

Universität für Bodenkultur, Wien
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna



 H73 Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
H736 Institut für Rechtswissenschaften

DIPLOMARBEIT

**Agrarumweltpolitische Maßnahmen für eine
grundwasserverträgliche Landwirtschaft –
dargestellt am Beispiel der Stickstoffproblematik**

Eingereicht von:

Wilfried Söllradl

Matrikelnummer: 9540299

Studienrichtung: H890, Landwirtschaft

Studienschwerpunkt: Agrarökonomik

Diplomarbeitsbetreuer:

Ao. Univ. Prof. Dr. Ruth-Elvira Groiss

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Liebhard

Wien, im Februar 2012

*Der Umweltschutz erfordert immer wieder die Überschreitung von Grenzen,
in der eigenen Gesellschaft und in den internationalen Beziehungen.*

Richard Freiherr von Weizsäcker, deutscher Politiker

Danksagung

An dieser Stelle der Diplomarbeit möchte ich die Gelegenheit nutzen, den Menschen zu danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein herzlicher Dank gilt dabei meiner Betreuerin, Frau Univ. Prof. Dr. Ruth-Elvira Groiss, die mir bei der Entstehung der Diplomarbeit mit hilfreichen Ratschlägen und Anmerkungen zur Seite stand. Besonders aber danke ich für die angeregten Gespräche und Diskussionen abseits der Betreuung der Diplomarbeit und dass sie es mir ermöglichte, die Arbeit in dieser Form zu gestalten. Ein großer Dank gilt auch meinem Betreuer, Herrn Univ. Prof. Dr. Peter Liebhard, für die fachliche Unterstützung und auch dafür, dass er mir nahe gelegt hat, den Abschluss des Studiums nie aus den Augen zu verlieren.

Ich bedanke mich auch bei Frau DI Anni Pichler, die sich bereit erklärt hat, meine Diplomarbeit gegenzulesen, sich nicht gescheut hat, Kritik zu üben und Verbesserungsvorschläge vorzubringen und mir auch moralisch zur Seite stand. Für die immer hervorragende Zusammenarbeit und die stets offenen Ohren und Worte bedanke ich mich bei Frau Martina Kern.

Ganz besonders aber danke ich meinen Eltern Luzia und Johann, die mir dieses Studium ermöglicht haben und auf deren Unterstützung ich immer zählen konnte. Zudem haben sie durch ständiges Fragen nach dem Fortschritt der Arbeit den nötigen Ehrgeiz in mir geweckt und mich zum Weitermachen angespornt. Außerdem sei an dieser Stelle meinen Brüdern Hans und Bernhard gedankt, dass sie stets für mich da sind.

Kurzzusammenfassung

Wasser ist eine unentbehrliche Ressource für die Menschen und die Umwelt. Aufgrund seiner vielfältigen Funktionen als Trink- und Brauchwasser, als Standort- und Produktionsfaktor und als Landschaftselement kommt dem Gewässerschutz eine bedeutende Rolle zu. Besondere Bedeutung hat der Grundwasserschutz, weil Grundwasser einerseits mit 99 Prozent die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung ist, andererseits aber auch vielfältige ökologische Funktionen erfüllt. Die wichtigsten direkten Gefährdungen der Grundwasserqualität betreffen vor allem Einträge aus Nitrat, die fast ausnahmslos auf anthropogene Ursachen zurückgehen. Die landwirtschaftliche Nutzung ist dabei eine der Hauptursachen für die Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Die vorliegende Arbeit setzt sich daher zum Ziel, am Beispiel der Stickstoffproblematik mögliche agrarumweltpolitische Maßnahmen darzustellen, die die ökologischen Erfordernisse der Umwelt mit den ökonomischen Notwendigkeiten der Landwirtschaft in Einklang bringen und so eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung gewährleisten. Dabei werden anhand einer umfassenden Literaturrecherche die Problemfelder den gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen gegenübergestellt und so eine umfassende Aufstellung an Maßnahmen und Handlungsinstrumenten beschrieben und bewertet.

Stickstoff ist unentbehrlich für das Pflanzenwachstum. Die Stickstoffdüngung ist vor allem im Ackerbau eines der wichtigsten Instrumente des Landwirtes zur Steuerung des Pflanzenbestandes sowie zur Ertrags- und Qualitätsbildung. Die Intensivierung der Landwirtschaft und eine Veränderung der Produktionsmethoden bringen allerdings umweltpolitische Probleme mit sich. Vor allem der gestiegene Stickstoffeinsatz bringt die Landwirtschaft in einen Konflikt mit dem Grundwasserschutz. Verschiedene Standortfaktoren und Bewirtschaftungsfaktoren beeinflussen dabei den Grad der Stickstoffeinträge und somit die Gefährdung des Grundwassers. Um die Stickstoffeinträge auf ein verträgliches Maß zu begrenzen, werden daher in der Landwirtschaft eine Reihe von Handlungsinstrumenten angewandt. Dies betrifft vor allem Maßnahmen zur Stickstoff-Auswaschung, Maßnahmen zur Verminderung der atmosphärischen Stickstoffverluste, der Mineralisation und des Oberflächenabflusses sowie Maßnahmen zum Düngemanagement. Anhand rechtlicher und politischer Vorgaben werden diese Maßnahmen auf europäischer und nationaler Ebene geregelt. Einen sehr wichtigen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten die Regelungen im Zuge der Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik. Verpflichtende umweltrelevante Kriterien sind für den Bezug von Marktordnungs-Direktzahlungen einzuhalten. Von besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft ist das Aktionsprogramm Nitrat zum „Schutz vor Verunreinigung der Gewässer durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen“. Ergänzend sollen Maßnahmen des

Österreichischen Programms für eine umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) durch finanzielle Anreize die Landwirte motivieren, über das gesetzliche Maß hinaus freiwillig Umweltleistungen zu erbringen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch eine konsequente Umsetzung des Aktionsprogramms Nitrat die Nitratbelastung des Grundwassers weiter reduziert werden wird. Die freiwilligen Maßnahmen des ÖPUL-Programms unterstützen dabei die Zielerreichung. Zusätzliche Anstrengungen werden aber im Sinne einer grundwasserverträglichen Landbewirtschaftung notwendig sein. Beratung und Bewusstseinsbildung können dabei einen wesentlichen Beitrag leisten.

Abstract

Water is an indispensable resource for the people and the environment. Because of its many features for drinking and industrial water, as location and production factor and as a landscape element, the ground water protection plays a crucial role. Particular importance is to be paid to the protection of groundwater as it accounts for 99 percent of the drinking water resources and is responsible for a variety of ecological functions. The main direct threats to groundwater quality are entries from nitrate that are essentially caused through agricultural use. In this work the example of the nitrogen problem is used to show potential agri-environmental policies that bring the environmental needs in line with the economic needs of agriculture. As such a consistent groundwater friendly land management should be, thus, ensured. This work is based on a widespread literature research of the problem areas faced with the legal and political framework through which a comprehensive list of measures and instruments of action are characterized and evaluated.

Nitrogen is indispensable for plant growth. Nitrogen fertilization is - especially in the cultivation of land - one of the most important tools for farmers to control the plant population as well as to generate earnings and quality. The intensification of agriculture and a change in production methods, however, bring environmental problems. The increased nitrogen use in agriculture, causes a conflict with the protection of groundwater. Various site-related factors and management factors influence the degree of nitrogen inputs and thus the risk of groundwater pollution. Treatment measures are taken to limit nitrogen inputs in agriculture to a tolerable level. This applies especially to the action of nitrogen elutriation, measures to reduce atmospheric nitrogen losses, the mineralization, the surface runoff and measures for fertilizer management. On the basis of legal and political requirements these measures are regulated at European and national level through mandatory and voluntary provisions.

Very important contributions to groundwater protection are the implemented regulations of the Common Agricultural Policy. Mandatory environmental criteria must be followed for the receipt of direct payments. Of particular importance to agriculture is the action program for nitrate for the "protection against water pollution by nitrates from agricultural sources". In addition, measures of the "Austrian program for sustainable agriculture" (ÖPUL) should motivate farmers through financial incentives to set additional voluntary environmental performances beyond the legally necessary extent.

It can be assumed that further consistent implementation of the action program for nitrate can further reduce the nitrate contamination of groundwater. The voluntary actions of the "ÖPUL" (Austrian program for sustainable agriculture) program support the achievement of objectives. Additional efforts will still be necessary for a groundwater-friendly land management. Advice and sensitization can provide a significant contribution.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Forschungsfragen	2
1.3	Aufbau der Arbeit	2
2	Wasserwirtschaftliche Gegebenheiten	4
2.1	Wasserdargebot und Verwendung in Österreich	4
2.2	Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch	6
2.2.1	Sozioökonomische Faktoren	6
2.2.2	Auswirkungen des Klimawandels	8
2.3	Wasserverbrauch in Österreich	9
2.3.1	Industrie, Gewerbe und Tourismus	9
2.3.2	Haushalte	10
2.3.3	Landwirtschaft	10
2.4	Grundwasser als Teil des Wasserkreislaufes	11
2.5	Zusammenfassung	12
3	Grundwassergüte – Ein Indikator für eine nachhaltige Nutzung	13
3.1	Grundwasserqualität in Österreich	13
3.2	Grundwasser als Ressource zur Trinkwassergewinnung	18
3.2.1	Trinkwasser in Österreich	18
3.2.2	Aktuelle Situation der Trinkwasserqualität in Österreich	19
3.3	Nitratbelastung des Grundwassers	19
3.3.1	Die Stickstoffbilanz – ein Indikator zur Erfassung von gefährdeten Gebieten ...	20
3.3.2	Geographische Verteilung	23
3.3.3	Zeitliche Entwicklung	24
3.4	Zusammenfassung	25
4	Rechtliche Rahmenbedingungen und politische Vorgaben	26
4.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	26
4.1.1	Europarecht	26
4.1.1.1	Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG)	26
4.1.1.2	Grundwasserrichtlinie (RL 2006/118/EG)	29
4.1.1.3	Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG)	30
4.1.1.4	Trinkwasserrichtlinie (RL 98/83/EG)	32
4.1.2	Nationales Recht	32
4.1.2.1	Wasserrechtsgesetz (WRG 1959, BGBl. Nr. 215/1959 idgF)	33
4.1.2.2	Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser	36

4.1.2.3	Gewässerzustandsüberwachungsverordnung	37
4.1.2.4	Trinkwasserverordnung	38
4.2	Politische Vorgaben	38
4.2.1	Entwicklung der gemeinsamen Agrarpolitik – Agrarumweltpolitik	39
4.2.2	Cross Compliance (CC)	41
4.2.3	Ländliche Entwicklung – Agrarumweltmaßnahmen	43
4.3	Zusammenfassung	44
5	Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft.....	46
5.1	Bedeutung von Stickstoff in der Landwirtschaft.....	46
5.2	Die Nährstoffbilanz in der Landwirtschaft.....	47
5.3	Stickstoffdynamik im Boden.....	49
5.3.1	Stickstoffumbau im Boden – Stickstoffmobilisierung und -immobilisierung.....	50
5.3.1.1	Stickstoffmobilisierung oder Mineralisierung.....	50
5.3.1.2	Immobilisierung	51
5.3.2	Atmosphärische Stickstoffverlagerung	52
5.3.2.1	Ammoniakausgasung	52
5.3.2.2	Denitrifikation	53
5.3.3	Stickstoffausträge aus dem Boden – Auswaschung	53
5.3.4	Nährstoffverluste durch Erosion	53
5.3.5	Biologische Bindung von Luftstickstoff	54
5.3.6	Stickstoffentzug durch die Pflanze	55
5.4	Stickstoffüberschüsse – eine Gefahr für die Umwelt.....	56
5.5	Einflussfaktoren der Nitratauswaschung in das Grundwasser im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Ackerland.....	57
5.5.1	Boden (Bodenart, Tiefgründigkeit, Wasserhaltevermögen).....	58
5.5.2	Klima (Niederschlagsmenge und –verteilung, Temperatur, Verdunstung).....	59
5.5.3	Bodennutzung (Fruchtfolge, Durchwurzelung, Zwischenfruchtanbau).....	60
5.5.4	Düngemanagement (Form, Menge, Zeitpunkt und Ausbringungstechnik).....	61
5.5.5	Bodenbearbeitung (Zeitpunkt, Bearbeitungstiefe)	62
5.6	Situationsanalyse – Spannungsfeld Landwirtschaft und Grundwasserschutz.....	63
5.7	Zusammenfassung.....	65
6	Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von N-Einträgen in das Grundwasser	66
6.1	Kurzeinführung in die Problematik.....	66
6.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in das Grundwasser.....	67
6.2.1	Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung.....	68
6.2.1.1	Zwischenfruchtanbau	68

6.2.1.2	Fruchtfolgeanpassungen.....	69
6.2.1.3	Untersaaten.....	70
6.2.2	Maßnahmen zur Verminderung der atmosphärischen Stickstoffverluste.....	71
6.2.2.1	Ausbringung von Wirtschaftsdünger.....	72
6.2.2.2	Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers.....	73
6.2.3	Maßnahmen zur Verminderung der Mineralisation.....	73
6.2.3.1	Verzicht auf Grünlandumbruch.....	74
6.2.3.2	Reduzierte Bodenbearbeitung.....	75
6.2.4	Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses.....	76
6.2.4.1	Konservierende Bodenbearbeitung – Direktsaat.....	76
6.2.4.2	Gewässerrandstreifen.....	77
6.2.5	Maßnahmen zum Düngemanagement.....	79
6.2.5.1	Düngeplanung – schlagbezogene Aufzeichnungen, N _{min} -Analyse.....	79
6.2.5.2	Zeitpunkt der Düngerausbringung.....	80
6.2.5.3	N-reduzierte Fütterung.....	82
6.2.5.4	Viehbesatz je Hektar.....	83
6.2.5.5	Wirtschaftsdüngermanagement (Stall, Lager).....	84
6.2.5.6	Wirtschaftsdüngeranalyse.....	85
6.2.6	Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität.....	86
6.2.6.1	Ökologischer Landbau.....	86
6.2.6.2	Precision Farming – Teilflächenspezifische Düngung.....	87
6.3	Beratung und Bewusstseinsbildung.....	88
6.4	Zusammenfassung.....	89
7	Diskussion und Schlussfolgerungen.....	90
8	Zusammenfassung.....	95
9	Literaturverzeichnis.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wasserbilanz in Österreich 1961 - 2000	5
Abbildung 2: Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch.....	6
Abbildung 3: Übersicht der Grundwasserkörper und des Messstellennetzes	15
Abbildung 4: Beobachtungs- und voraussichtliches Maßnahmengebiet Nitrat	17
Abbildung 5: Versorgung der österreichischen Bevölkerung aus privaten Hausbrunnen und Quellfassungen.....	18
Abbildung 6: Nationale Stickstoff-Flächenbilanz im Durchschnitt der Jahre 1985-2007	22
Abbildung 7: Anteil der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen	23
Abbildung 8: Entwicklung der jährlichen Schwellenwertüberschreitungen von Nitrat von Poren- , Karst- und Kluftgrundwassermessstellen im Verhältnis zur Gesamtanzahl der verfügbaren Messstellen (1.1.1997 bis 31.12.2009).....	24
Abbildung 9: Grafische Darstellung des Kapitels 4.....	45
Abbildung 10: Nährstoffkreisläufe im landwirtschaftlichen Betrieb sowie auftretende Nährstoffverluste.....	48
Abbildung 11: Stickstoffkreislauf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stickstoffbilanz für die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Österreich	21
Tabelle 2: Jährlicher Stickstoffverbrauch (in kg/ha) je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche und je ha düngungswürdiger landwirtschaftlich genutzter Fläche	23

1 Einleitung

Das einleitende Kapitel dient zur Erläuterung der Problemstellung, es beschreibt Zielsetzung und Forschungsfragen und gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit.

1.1 Problemstellung

"Wasser ist ein Lebenselixier, eine unentbehrliche Lebensgrundlage für den Menschen und alle anderen Lebewesen" (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011, 4). Es muss daher in Menge und Beschaffenheit für möglichst vielfältige Nutzungen erhalten bleiben.

Österreich ist eines der wasserreichsten Länder in Europa. Aufgrund der klimatisch günstigen Lage besteht in Österreich hinsichtlich Wassermenge kein Problem. Dieser Wasserreichtum bringt verschiedenste Nutzungsinteressen – als Lebensraum, Nahrungs- und Energiequelle oder als Verkehrsweg – mit sich. Die Anforderungen an die Wasserwirtschaft stiegen mit der Entwicklung der Bevölkerungszunahme, der Industrialisierung und der immer stärker werdenden kommerziellen Nutzung des Wassers. Wasser wurde zu einem Wirtschaftsfaktor (vgl. GROISS, 2007, 104). Die Aufgabe eines wasserwirtschaftlichen Handelns besteht darin, einen Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage herzustellen, d.h. eine Balance zwischen Verträglichkeit von Nutzung und notwendigem Schutz bei der Nutzbarmachung zu schaffen. Grundlegendes Ziel soll dabei sein, die Gewässer als Ökosysteme intakt zu halten und zu schützen, damit die Wasservorkommen für Mensch, Tier und Pflanze in ausreichender Menge und Qualität gesichert werden können.

In Österreich erfolgt die Trinkwasserversorgung zu 99 Prozent aus Grundwasser, lediglich ein Prozent wird aus Oberflächenwasser gewonnen (vgl. BMLFUW, 2011b, s.p.). Die einwandfreie Beschaffenheit des Grundwassers ist daher für die menschliche Gesundheit von großer Bedeutung. Die wichtigsten direkten Gefährdungen der Grundwasserqualität betreffen vor allem Einträge von Nitrat, die fast ausnahmslos auf anthropogene Ursachen zurückgehen.

Mitverantwortlich für die steigenden Nitratgehalte im Grundwasser ist die Landwirtschaft. Stickstoff (als die Grundform des Nitrats) ist der Nährstoff mit den größten Ertrags- und Qualitätseinflüssen (vgl. LFL, 2007, 26) und seine Nutzung in der Landwirtschaft für das Pflanzenwachstum und somit die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte unentbehrlich (vgl. GALLER, 2007, 4). Jedoch haben Bevölkerungswachstum und eine zunehmende Nachfrage nach höherwertigen Lebensmitteln bei gleichzeitig begrenzter Fläche eine Produktivitätssteigerung

verlangt. Diese Intensivierung, aber auch eine Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsmethoden, wie bspw. die regionale Spezialisierung auf einzelne Wirtschaftszweige, brachten allerdings auch umweltpolitische Probleme mit sich (vgl. GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 1). Vor allem der gestiegene Stickstoffeinsatz bringt die Landwirtschaft in einen Konflikt mit dem Grundwasserschutz, wobei besonders der (intensive) Ackerbau ein hohes Risiko der Gefährdung des Trinkwassers mit Nitrat birgt.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dieser Stickstoffproblematik und zeigt das Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Grundwasserschutz auf. Im Mittelpunkt stehen mögliche Maßnahmen, die einen bestmöglichen Grundwasserschutz bei aktiver Landwirtschaft gewährleisten.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Ziel dieser Arbeit ist, das Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Grundwasserschutz am Beispiel Stickstoff aufzuzeigen und mögliche agrarumweltpolitische Lösungsansätze darzustellen, die die ökologischen Erfordernisse der Umwelt mit den ökonomischen Notwendigkeiten der Landwirtschaft in Einklang bringen und eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung gewährleisten.

Aus dieser Zielsetzung ergeben sich die folgenden Forschungsfragen, die anhand einer Literaturrecherche erarbeitet werden.

Forschungsfragen:

- *Forschungsfrage 1:* Welche rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Vorgaben werden in Österreich in der Landwirtschaft angewandt, um den Grundwasserschutz zu gewährleisten?
- *Forschungsfrage 2:* Welche Konfliktfelder bestehen zwischen Landwirtschaft und Grundwasserschutz?
- *Forschungsfrage 3:* Welche Lösungsansätze zur Verminderung von Nitratreinträgen in das Grundwasser gibt es und wie können sie hinsichtlich Grundwasserschutz bewertet werden?

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in 9 Kapitel gegliedert. Am Beginn steht ein einführendes Kapitel über die wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten in Österreich. Anschließend werden in Kapitel drei die

Grundwasserqualität und seine Bedeutung für das Trinkwasser dargestellt. Beide Kapitel dienen als Grundlage für die Aufarbeitung der nachfolgend behandelten Thematiken. Kapitel vier erläutert die für Österreich relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen sowie politischen Vorgaben, womit Forschungsfrage eins beantwortet werden soll. Als Grundlage für Überlegungen zum Grundwasserschutz wird in Kapitel fünf auf die stofflichen Grundlagen des Stickstoffproblems und die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft eingegangen. Das Spannungsfeld Landwirtschaft und Grundwasserschutz wird dargestellt und damit Forschungsfrage zwei beantwortet. In Kapitel sechs werden schließlich die Maßnahmen, die in der Landwirtschaft für einen bestmöglichen Gewässerschutz getätigt werden, beschrieben und bewertet. Dies soll Antwort auf Forschungsfrage drei liefern. Kapitel sieben diskutiert die Ergebnisse anhand der zu Beginn gestellten Forschungsfragen. Kapitel acht fasst schließlich die Arbeit zusammen. Kapitel neun stellt die verwendete Literatur dar.

2 Wasserwirtschaftliche Gegebenheiten

Die Wasserwirtschaft in ihrer Gesamtheit reicht von der Darstellung des natürlichen Wasserdargebots bis hin zu den vielfältigen Ansprüchen und Einflussnahmen der menschlichen Gesellschaft. In diesem umfassenden Sinn zählen zur Wasserwirtschaft Aufgaben wie Sicherstellung einer nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser, Schutz des menschlichen Lebensraumes vor den Bedrohungen durch Wasser, Reinhaltung aller Gewässer, Erhaltung oder Wiederherstellung regenerationsfähiger Gewässerökosysteme sowie auch Bereitstellung von Wasser zur Nutzung verschiedener gewerblicher und industrieller Zwecke (Schifffahrt, Tourismus, Energiegewinnung, etc.) (vgl. GRÜNEWALD, 2001, 1125).

In diesem Kapitel werden das Wasserdargebot und dessen Verwendung in Österreich dargestellt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Grundwasser infolge dessen großer Bedeutung für die Trinkwasserversorgung in Österreich.

2.1 Wasserdargebot und Verwendung in Österreich

Als Basis für die Bewirtschaftung von Wasserressourcen dient die Wasserbilanz. Die wichtigsten Komponenten sind dabei Niederschlag, Abfluss und Verdunstung. Im Hydrologischen Atlas Österreichs wird die Wasserbilanz für den Zeitabschnitt der Jahre 1961 – 2000 dargestellt. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 1100 mm, ein Gesamtabfluss aus Österreich von rund 920 mm pro Jahr sowie eine jährliche Verdunstung von 500 mm (vgl. BMLFUW, 2011b, s.p.). Abbildung 1 veranschaulicht die Wasserbilanz.

Aus dem Niederschlag und dem Zufluss von Wasser aus den Nachbarländern ergibt sich ein Süßwasser-Dargebot von ca. 120 Mrd. m³/Jahr (vgl. BMLFUW, 2007, 5). Abzüglich der Verdunstung beträgt das theoretisch verfügbare Wasserdargebot rund 84 Mrd. Kubikmeter. Davon werden jährlich 2,6 Mrd. Kubikmeter Wasser entnommen, das entspricht nur etwa 3 Prozent des jährlich verfügbaren Wassers. Im internationalen Vergleich stellt dies einen sehr niedrigen Wert dar (vgl. ÖVGW, 2011, s.p.).

Ein Drittel des gesamten verfügbaren Wassers ist Grundwasser. Dieses große Angebot ermöglicht, dass in Österreich der Trinkwasserbedarf zu 99 Prozent aus Grund- und Quellwasser gedeckt werden kann, weniger als 1 Prozent wird aus Oberflächenwasser gewonnen. Dadurch entfällt oft die Notwendigkeit von aufwändigen Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren (vgl. STATISTIK AUSTRIA, 2007, s.p.).

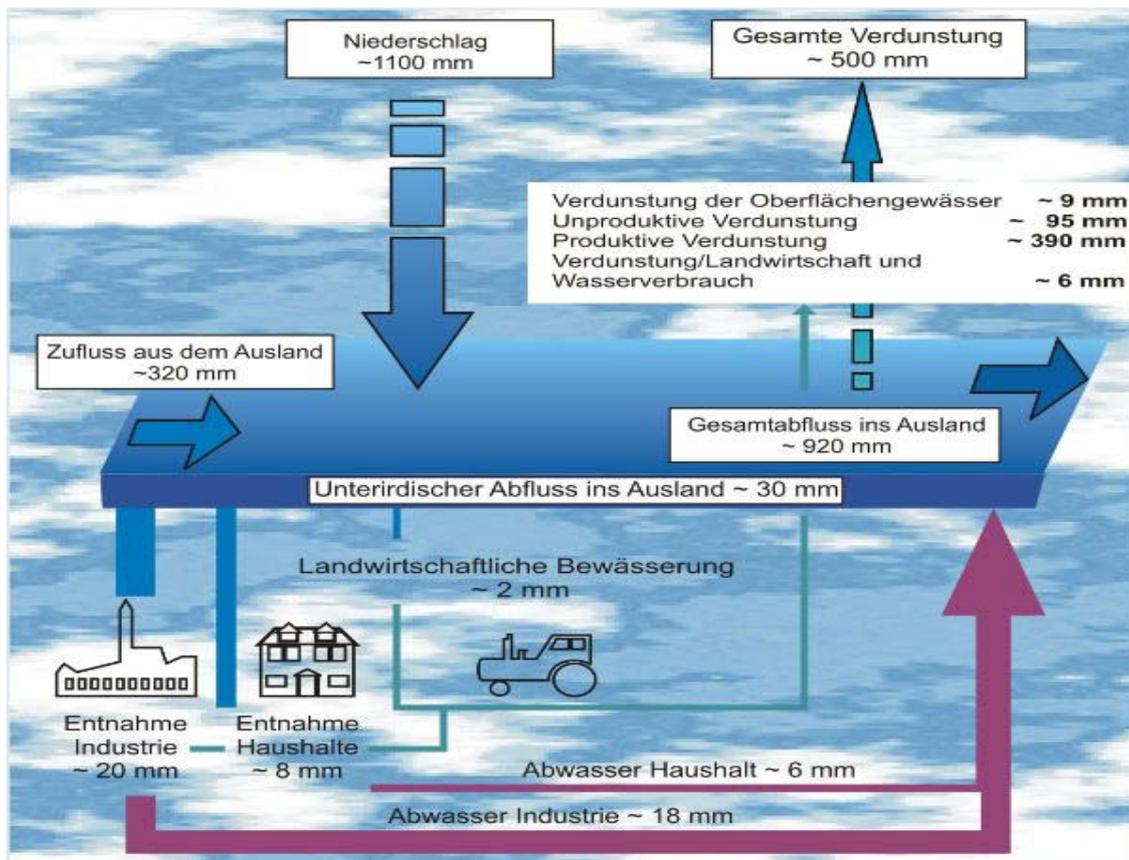


Abbildung 1: Wasserbilanz in Österreich 1961 - 2000 (BMLFUW, 2011, s.p.)

Beim Wasserverbrauch steht die Industrie an erster Stelle, mit etwa 60 Prozent weist sie den höchsten Wasserbedarf in Österreich auf. 35 Prozent werden für die Trinkwasserversorgung aufgewendet und nur 5 Prozent werden in der Landwirtschaft benötigt. Der Anteil des Nutz- und Trinkwassers am theoretisch verfügbaren Wasser beträgt also nur rund ein Prozent (vgl. STATISTIK AUSTRIA, 2007, s.p.).

Die Funktionen und die Nutzung des Wassers sind sehr vielfältig. Neben der Nutzung als Trinkwasser oder als Brauchwasser in den Haushalten wird das Wasser in Österreich auf viele andere Arten und zu unterschiedlichen Zwecken genutzt. Beispielsweise in der Energiegewinnung spielt das Wasser eine entscheidende Rolle – rund 65 Prozent des österreichischen Strombedarfs werden durch Wasserkraftwerke gedeckt. Neben der Wasserkraft haben die eisen- und stahlverarbeitende Industrie, die Papierindustrie oder die Nahrungsmittelindustrie einen beträchtlichen Anteil an der Wassernutzung. Wasser hat in Österreich aber auch eine große touristische Bedeutung. Sei es für Freizeitaktivitäten und Abenteuerurlaube oder im Zuge des Wellness-Booms – für den Tourismusbereich, einem wirtschaftlich bedeutenden Sektor, ist das Wasser zu einem unverzichtbaren Faktor geworden und zählt als eine der wichtigsten Ressourcen für den österreichischen Tourismus (vgl. BMLFUW, 2010c, 29ff).

2.2 Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch

Der Einfluss auf den Wasserverbrauch lässt sich durch eine Reihe von Faktoren beschreiben. Die Weltbevölkerung soll bis zum Jahr 2050 auf neun Milliarden Menschen ansteigen (vgl. UNESCO 2009, 10). Der Bedarf an Wasser und Nahrung wird folglich stark zunehmen. Aber nicht nur der Anstieg der Bevölkerungszahl, sondern auch das wirtschaftliche Wachstum, die Besiedlungsdichte, technische Weiterentwicklungen und ein verändertes Konsumverhalten nehmen unmittelbaren Einfluss auf den Wasserverbrauch. Die Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Risiken für die künftigen Entwicklungen des Wasserhaushaltes und auch des Wasserverbrauchs können noch nicht eingeschätzt werden. In Abbildung 2 werden die Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch schematisch dargestellt.

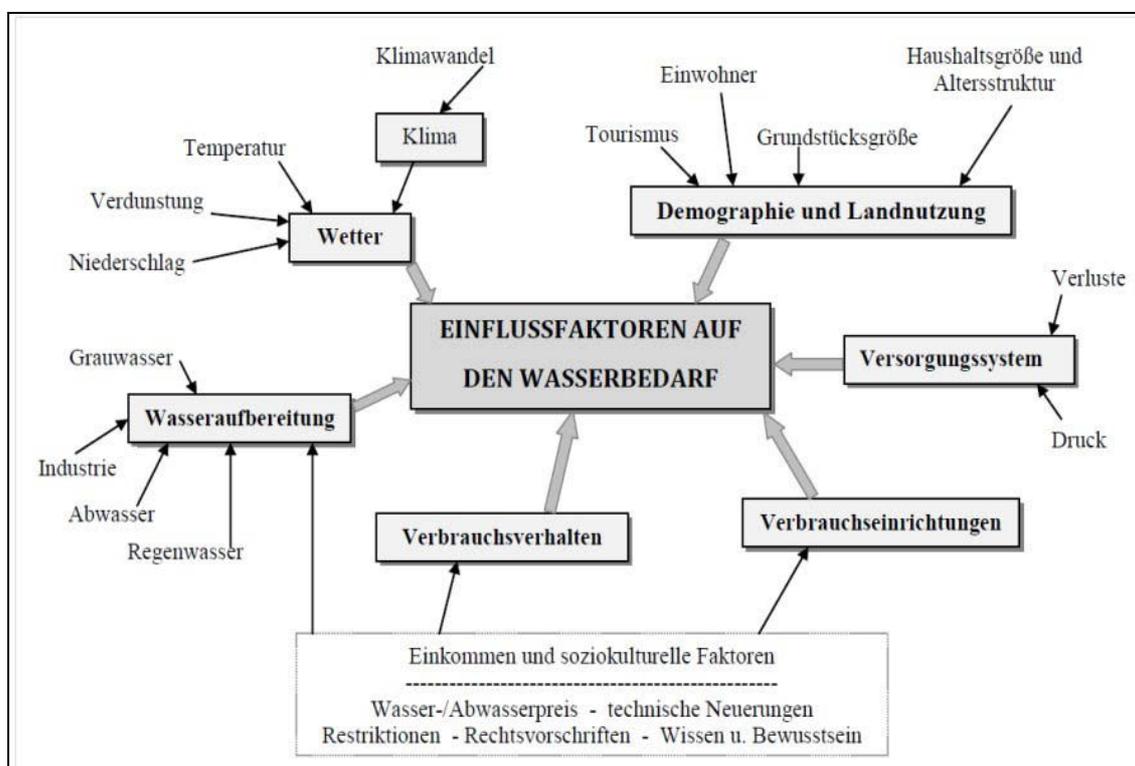


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch (Eigene Darstellung nach WHITE et al., 2003, 15)

2.2.1 Sozioökonomische Faktoren

Zu den sozioökonomischen Faktoren zählen Größen wie demografische, wirtschaftliche und technische Entwicklung, Besiedlungsdichte und Verbraucherverhalten. Die mit der demografischen Entwicklung erfasste Bevölkerungszahl und Altersstruktur sowie die geografische Verteilung der Bevölkerung beeinflussen den Wasserverbrauch grundlegend. Für Österreich wird davon ausgegangen, dass bis 2050 die Einwohnerzahl auf 9 Mio. Menschen ansteigen wird. Raumordnung und wirtschaftliche Entwicklung nehmen unmittelbaren Einfluss

auf die Bevölkerungsdichte und diese wiederum beeinflusst die Wohnform. Je nach Wohnform – Wohnbau oder Häuser – verändern sich auch die Kosten für den Wasserleitungsbau und daraus folgend jene für die Abwasserbeseitigung, welche die Gesamtkosten für die Wasserbereitstellung je Haushalt beeinflussen. Regional unterschiedlich ist auch ein Trend in Richtung zunehmender Eigenversorgung zu verzeichnen (Regenwassernutzung), ob aus Gründen der Kostenreduktion oder des Umweltbewusstseins ist nicht eindeutig verifizierbar (vgl. BMLFUW, 2010c, 35ff).

Die Einkommenssituation und der Wasserpreis haben einen entscheidenden Einfluss auf den Wasserkonsum, wobei die Preiselastizität beim Wasser in Mitteleuropa aufgrund der ausreichenden Versorgung eher gering ausgeprägt ist. Das Verbraucherverhalten hat sich in den letzten Jahrzehnten maßgeblich in Richtung Wassersparen durch zunehmendes Umweltbewusstsein verändert. Die technischen Weiterentwicklungen bei den diversen Haushaltsgeräten unterstützten diesen Trend (vgl. BMLFUW, 2010c, 35ff).

Mit der wirtschaftlichen Entwicklung steigt auch die Intensität der industriellen Produktion und des Gewerbes. Die größten Verbraucher in der Industrie sind die kalorische Elektrizitätserzeugung (knapp 40 Prozent), die Metallerzeugung und -bearbeitung (31 Prozent) und die chemische Produktion (20 Prozent) (vgl. ETLINGER, 2005, 37). Angesichts steigender Produktionskosten und verstärktem Umweltbewusstsein der Bevölkerung wurde in den Industrie- und Gewerbebetrieben zunehmend auf neue, wassersparende Technologien umgerüstet.

Die Art und Intensität der Landwirtschaft beeinflussen je nach Region den Wasserbedarf in den landwirtschaftlichen Betrieben. Dabei sind die Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft nicht allzu groß, zumal sich die Bodenbearbeitung in der konventionellen Landwirtschaft ständig weiterentwickelt und dadurch Wasserverluste vermieden werden können (vgl. BMLFUW, 2010c, 35ff). Im Bereich der Pflanzengenetik hat sich die Züchtung dahingehend entwickelt, dass bei gleichen oder besseren Ertragskennzahlen genügsamer mit der Ressource Wasser umgegangen wird. Durch politische Einflussnahme konnte in den letzten Jahren erreicht werden, dass ein Großteil der österreichischen Landwirte auf umwelt- und ressourcenschonende Landbewirtschaftung umgestiegen ist. Besonders im Spannungsfeld Landwirtschaft – Grundwasserschutz konnten dadurch erste Erfolge hinsichtlich Grundwasserbelastung mit Nährstoffen (v.a. Nitrate) erreicht werden. Diese Thematik wird im Zuge der Grundwasserproblematik in der Landwirtschaft in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert.

2.2.2 Auswirkungen des Klimawandels

Der globale Klimawandel ist seit Jahren Gegenstand eines international kontrovers geführten Diskurses. Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur in den letzten Jahrzehnten wird vom Großteil der internationalen Experten nicht mehr angezweifelt (vgl. ALWARDT, 2011, 26). Eindeutige wissenschaftliche Studien, wie etwa der Stern-Report oder jene des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), bestätigen, dass der Klimawandel Realität ist und dringend gehandelt werden muss, um ihn auf ein beherrschbares Maß zu begrenzen. In Folgenabschätzungen wird bereits genauer beziffert, dass Untätigkeit enorme Kosten für die Wirtschaft, aber auch für das Sozialwesen und die Umwelt verursachen wird. Es wird letztlich davon abhängen, wie erfolgreich die Länder in der Umsetzung der Reduzierung der Treibhausgasemissionen sind und wie effizient sich die Länder an den Klimawandel anpassen können (vgl. UNESCO, 2009, 7f).

Eine Änderung des Klimas wird unausweichlich spürbare Folgen haben wie etwa steigende Temperaturen, zunehmende Niederschläge, Verknappung der Wasserressourcen und häufigere Unwetter. Der Klimawandel stellt daher eine doppelte Herausforderung dar. Einerseits sind sämtliche Bemühungen zu unternehmen, damit der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf weniger als 2° C begrenzt wird. Diese Zielerreichung kann nur im internationalen Gleichklang funktionieren, etwa durch effizienteren Einsatz von Energie, Reduzierung von Treibhausgasemissionen und Nutzung erneuerbarer Energien. Andererseits müssen infolge eines sich wandelnden Klimas Anpassungsstrategien entworfen und umgesetzt werden. Beispiele für Anpassungsmaßnahmen sind eine effiziente Nutzung knapper Wasserressourcen, wasserschonende Landwirtschaft oder der Anbau wassersparender Pflanzen (vgl. KOM, 2007, s.p.).

Zahlreiche Wirtschaftssektoren wie Landwirtschaft, Fischerei, Tourismus und auch Industrie sind zum Teil sehr von den Klimabedingungen abhängig und werden die Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Tätigkeit und ihre Unternehmen deutlich spüren. Beispielsweise kann in trockenen Sommern weniger Wasser zur Erzeugung von Energie zur Verfügung stehen, in der Landwirtschaft kann es in Trockenperioden zu Ernteausschlägen kommen oder in Haushalten wird mehr Wasser verbraucht für die Bewässerung im Garten. Hingegen kann es bei Starkniederschlägen, Hagel oder Hochwasser zu dramatischen Auswirkungen für sämtliche Bereiche kommen. Durch sich verändernde Ökosysteme ist aber nicht nur der produzierende Sektor betroffen. Für den Fremdenverkehr sind die Auswirkungen des Klimawandels nur schwer vorherzusehen. Durch wärmere Sommermonate erwartet sich die Tourismusbranche eher positive Effekte für den alpinen Raum oder den Städtetourismus. Für den Wintertourismus dagegen sind die Auswirkungen nur sehr vage abzuschätzen (vgl. BMLFUW, 2010c, 33ff).

Für die Wasserwirtschaft rücken die elementaren Fragen nach Versorgungssicherheit mit Trinkwasser in annehmbarer Qualität und Quantität wieder in den Vordergrund. Österreich deckt seinen Trinkwasserverbrauch zu 99 Prozent aus Grundwasser. Generell reicht die Grundwasserneubildungsrate leicht aus, um die Nachfrage zu decken. Aussagen über regionale Verfügbarkeit in besonders trockenen Sommern können aber nicht verlässlich getroffen werden. Andererseits stellt sich auch die Frage der ausreichenden Qualität, vor allem bei sehr hohen Grundwasserständen. Die besondere Eigenschaft des Grundwassers, aufgrund der Filtrationseigenschaft des Bodens besonders rein zur Verfügung zu stehen, könnte durch dieses Szenario stark beeinträchtigt werden (vgl. BMLFUW, 2011a, 1ff).

2.3 Wasserverbrauch in Österreich

Unsere Gesellschaft benötigt Wasser, um durch ihr Tun und ihre Aktivitäten wie Energieerzeugung, industrielle Verarbeitung, Verkehr, Tourismus und Landbewirtschaftung wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand zu erzielen. Das gesundheitliche Wohlbefinden des Menschen hängt nicht nur von sauberem Trinkwasser ab, sauberes Brauchwasser und die Abwasserentsorgung nehmen ebenso eine wesentliche Position ein. In Form von Bade- und Fischereigewässern oder einfach nur als Landschaftselement (Fluss- oder Seenlandschaften) besitzt Wasser auch Freizeitwert. Als eines der wasserreichsten Länder ist Wasserknappheit für Österreich kein Thema. Ein sorgsamer Umgang mit der Ressource ist dennoch angesagt. Ein Blick in andere Regionen der Erde zeigt, dass ausreichende Wasservorräte für wirtschaftliche und private Zwecke keine Selbstverständlichkeit sind.

2.3.1 Industrie, Gewerbe und Tourismus

Wasser ist ein wichtiger Standorts- und Produktionsfaktor. In Österreich entfallen rund 60 Prozent des Wasserbedarfs auf den Industriesektor. Typische industrielle Großverbraucher sind die Nahrungsmittel-, Getränke- und Milchindustrie. Etwa zwei Drittel des gesamten hier eingesetzten Wassers muss Trinkwasserqualität aufweisen, in Molkereien oder in der Getränkeindustrie sind es sogar 98 Prozent. Weitere Großverbraucher sind die Stahlindustrie, die chemische Industrie und die Papierindustrie (vgl. BMLFUW, 2010c, 72ff).

Der Wasserverbrauch in der Industrie ist in den letzten Jahren rückläufig. Maßgebend dafür sind neben den ökologischen Aspekten und den technischen Weiterentwicklungen die hohen Kosten der Ver- und Entsorgung. Durch Umstellung der Produktionsverfahren und durch vermehrte Kreislaufwirtschaft konnten die Kosten gesenkt werden. Auch die Belastungen des Wassers aus Industrie und Gewerbe konnten deutlich reduziert werden (vgl. BMLFUW, 2010c, 72ff). Die wirtschaftliche Entwicklung hat großen Einfluss auf den Wasserbedarf von Industrie, Gewerbe und Tourismus. Verringert sich das wirtschaftliche Wachstum, ist mit weniger Verbrauch zu

rechnen. In der Tourismusbranche ist neben der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung auch das verfügbare Einkommen ein wesentlicher Einflussfaktor. Das Verbraucherverhalten darf in diesem Zusammenhang nicht außer Acht gelassen werden. Ähnlich zum CO₂-Fußabdruck gibt es bereits erste Konzepte zu einem Wasser-Fußabdruck. Unabhängig in welchem Gewerbe- oder Industriezweig ist dieses Kriterium eine immer mehr an Einfluss gewinnende Größe im Konsumverhalten.

2.3.2 Haushalte

In Österreichs Haushalten werden durchschnittlich 135 Liter pro Tag und Person verbraucht. Ein Vier-Personenhaushalt benötigt somit umgerechnet 200 m³ Wasser pro Jahr. Der Großteil des Trinkwassers wird in Österreich für Baden und Duschen (44 l), WC-Spülung (40 l), Wäschewaschen (15 l), Körperpflege (9 l) oder Geschirrspüler (6 l) gebraucht. Etwa vier Liter werden für Kochen und Trinken verwendet, für Garten, Wohnungsreinigung, etc. werden ca. 13 Liter aufgewendet. Trotz des Bevölkerungsanstiegs nimmt der Süßwasserverbrauch in Österreich stetig ab. In den letzten 30 Jahren ist der tägliche Verbrauch um etwa 20 Liter pro Tag gesunken. Zurückzuführen ist dies auf mehrere Gründe. So brauchen moderne Haushaltsgeräte und Sanitäranlagen heute deutlich weniger Wasser als früher. Aber auch das Verbraucherverhalten hat sich dahingehend geändert, dass vermehrt versucht wird, mit dem Wasser sparsamer umzugehen (Wasserstoptasten bei WC-Spülung, nur volle Geschirrspülmaschinen in Betrieb nehmen, Duschen statt Baden, etc.) (vgl. ÖVGW 2011, s.p.).

Die Prognosen für Österreich zeigen eine steigende Zahl von Privathaushalten. Ausgehend von 3,35 Mio. Haushalten im Jahr 2001 liegt die Anzahl der Haushalte im Jahr 2010 bei 3,62 Mio. und soll bis zum Jahr 2030 auf 4,06 Mio. ansteigen. Gleichzeitig setzt sich der Trend zu kleineren Haushalten fort. Eine sinkende Haushaltsgröße wiederum bedeutet einen Anstieg des durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauchs an Wasser (vgl. BMLFUW, 2010c, 142ff).

2.3.3 Landwirtschaft

Die Land- und Forstwirtschaft ist hinsichtlich der Flächennutzung der bedeutendste Sektor in Österreich, rund 44 Prozent der Staatsfläche werden durch die Landwirtschaft genutzt, gefolgt von der Forstwirtschaft mit 43 Prozent der Fläche (vgl. BMLFUW, 2010b, 49). Neben der Nutzung von Boden ist das Wasser ein ganz wesentlicher Produktionsfaktor in der Landwirtschaft. Sowohl Wassermenge als auch –qualität sind Faktoren, mit denen die Landwirtschaft eng in Verbindung steht. Das Vorhandensein ausreichender Wassermengen für die Landbewirtschaftung und die Tierhaltung ist von entscheidender Bedeutung.

Die Weltbevölkerung wird nach Schätzungen der Vereinten Nationen von heute 7 Mrd. Menschen auf über 9 Mrd. Menschen im Jahr 2050 anwachsen. Mit diesem Bevölkerungswachstum steigt auch die Nachfrage nach Lebensmitteln, insbesondere nach höherwertigen Lebensmitteln wie Fleisch, Milchprodukte, Obst und Gemüse. Gerade diese höherwertigen Produkte bedingen einen hohen Wassereinsatz. Nachdem die landwirtschaftlich nutzbaren Flächen begrenzt sind, können die notwendigen Steigerungen nur durch eine Intensivierung der Produktion erzielt werden. Jegliche Steigerung der Agrarproduktion ist, wie auch aus der Vergangenheit ersichtlich, mit einem steigenden Verbrauch von Wasser einhergegangen (vgl. BMLFUW, 2010c, 58ff).

Durch die Änderung des Konsumverhaltens kann auch der Wasserverbrauch in der Landwirtschaft nachhaltig verändert werden. Dabei steht vielleicht weniger im Vordergrund, ob die Lebensmittel biologisch oder konventionell erzeugt wurden. Vielmehr können veränderte Ernährungsgewohnheiten einen Einfluss auf den Wasserverbrauch ausüben infolge der Nachfrage an mehr oder weniger höherwertigen Produkten.

2.4 Grundwasser als Teil des Wasserkreislaufes

Gemäß ÖNORM 2400 (vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, 2004, 15f) ist Grundwasser unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde (Poren, Klüfte und dergleichen) zusammenhängend ausfüllt, unter gleichem oder größerem Druck steht, als er in der Atmosphäre herrscht, und dessen Bewegung durch Schwerkraft und Reibungskräfte bestimmt wird.

Grundwasser ist weltweit eine der wichtigsten Ressourcen zur Trinkwassergewinnung. Im Vergleich zu Oberflächengewässern zeichnet es sich in der Regel durch eine hohe Reinheit und ein relativ konstantes Dargebot aus. Weltweit wird der Anteil des Trinkwassers am Grundwasservorkommen auf rund 55 Prozent geschätzt (vgl. GRÜNEWALD, 2001, 277), in Österreich beträgt er 99 Prozent. Das Grundwasser nimmt unter den natürlichen Rohstoffen der Erde eine Sonderstellung ein. Es nimmt an einem Kreislauf teil und steht in einem endlosen Zyklus immer wieder für eine Nutzung zur Verfügung. Gespeist wird das Grundwasser aus einsickernden Niederschlägen sowie durch Zusickerung aus Oberflächengewässern. Der natürliche Grundwasserhaushalt ist durch Spiegelschwankungen gekennzeichnet, welcher sich um einen langjährigen mittleren Grundwasserstand bewegt (vgl. MATTHESS/UBEL, 2003, 311ff).

Die Betrachtung von Grundwasser beschränkt sich aber nicht nur auf seine Verwendung als Trinkwasser bzw. seine Verwendung in der Industrie und in der Landwirtschaft. Als wesentliches Element des Naturhaushaltes und als ein wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufes erfüllt das Grundwasser unverzichtbare ökologische Funktionen. Es ist entscheidend für die Erhaltung von Feuchtgebieten und wirkt als Puffer in Trockenperioden. Das Grundwasser tritt in Quellen zu Tage und speist Bäche und Flüsse, die vielfach wieder selbst zur Wasserversorgung und für Erholungszwecke genutzt werden. Viele Flüsse in Europa werden zu 50 Prozent aus Grundwasser gespeist, in Niedrigwasserperioden kann dieser Anteil auf bis zu 90 Prozent ansteigen (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008b, 7).

Anthropogene Eingriffe beeinflussen in vielfältiger Weise die Wasserbilanz und damit auch mehr oder weniger stark den Grundwasserhaushalt. So macht sich beispielsweise durch die voranschreitende Urbanisierung und die damit verbundene Erhöhung des Wasser- und Energieverbrauchs sowie durch die Versiegelung von Landoberfläche, was einen schnelleren Abfluss des Wassers zur Folge hat, eine Veränderung des Kleinklimas bemerkbar und demzufolge auch des Wasserhaushalts des Bodens.

Ebenso nimmt die Landwirtschaft mit ihrer Bewirtschaftung direkten Einfluss auf den Grundwasserhaushalt. Durch Gestaltung der Fruchtfolge und dadurch zum Teil notwendiger Bewässerung, durch Urbarmachung von Landflächen mittels Melioration oder durch Rodung von Landschaftselementen wie Hecken oder Baumgruppen beeinflusst die Landwirtschaft das Grundwasser in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht.

2.5 Zusammenfassung

Im vorliegenden Kapitel wurde dargestellt, dass in Österreich als eines der wasserreichsten Länder Wasserknappheit kaum eine Rolle spielt. Nicht nur als Trink- und Brauchwasser, sondern auch als Standort- und Produktionsfaktor und als Landschaftselement erfüllt das Wasser unzählige Funktionen. Dem Gewässerschutz kommt somit eine bedeutende Funktion zu. Besondere Bedeutung hat der Grundwasserschutz. Zum einen, weil Grundwasser die wichtigste Trinkwasserressource ist, zum anderen aber auch aufgrund seiner vielfältigen ökologischen Funktionen. Im folgenden Kapitel sollen zunächst die Grundwassergüte und Trinkwasserqualität dargestellt werden, um anschließend genauer auf die Nitratbelastung des Grundwassers einzugehen.

3 Grundwassergüte – Ein Indikator für eine nachhaltige Nutzung

Wie in Kapitel 2 gezeigt wurde, reicht das mengenmäßige Wasserdargebot in Österreich für die Versorgung mit Trinkwasser aufgrund der hohen Grundwasserneubildungsrate leicht aus. Auch bei steigenden Temperaturen und geringem Niederschlag ist kaum mit Trinkwasserproblemen zu rechnen. Erheblich größere Probleme bestehen jedoch bei der Qualität des Grundwassers. Insbesondere das oberflächennahe Grundwasser ist fast flächendeckend mehr oder weniger stark den anthropogenen Belastungen ausgesetzt. Als grundwasserbelastende Schadstoffe sind vor allem Nitrat und Pestizide sowie zu einem kleinen Teil auch Phosphat zu nennen (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 14ff).

In diesem Kapitel wird die Grundwasserqualität in Österreich und die besondere Bedeutung von Grundwasser zur Trinkwassergewinnung dargestellt. Weiters wird im Speziellen auf die Nitratbelastung des Grundwassers eingegangen, da Nitrat die Hauptbelastung des Grundwassers darstellt.

3.1 Grundwasserqualität in Österreich

Grundwasser ist ein wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufes und des Naturhaushaltes. Unter dem Schutz des Bodens, welcher als Puffer- und Reinigungssystem gegenüber menschlichen Eingriffen auftritt, tritt das Grundwasser in einwandfreier Qualität zutage. In den letzten Jahrzehnten wurde aber immer deutlicher, dass die Reinigungskraft des Bodens aufgrund vermehrter Nährstoffeinträge alleine nicht mehr ausreicht. Nachdem die Selbstreinigungskraft des Grundwassers sehr gering ist, können einmal eingetretene Verunreinigungen des Grundwassers lange bestehen bleiben (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 6). Auswirkungen menschlicher Aktivitäten können über einen sehr langen Zeitraum andauern, da sich Grundwasser nur schrittweise erneuert. Belastungen des Grundwassers sind häufig Langzeitschäden, die nicht unmittelbar erkennbar sind. Eine Sanierung ist nur mit großem Aufwand und in langen Zeiträumen möglich. Ein vorsorgender, flächendeckender Grundwasserschutz ist daher von besonderer Bedeutung (vgl. BMU, 2006, 33).

Die wichtigsten direkten Gefährdungen der Grundwasserqualität erfolgen durch Stickstoff und Pestizide. Diese sind vor allem auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung zurückzuführen. Phosphoreinträge, vor allem bedingt durch Landwirtschaft und Haushalt, spielen in der Grundwassergefährdung nur begrenzt eine Rolle, da Phosphor durch den Boden absorbiert wird,

so dass dieser die Rolle eines Phosphorspeichers übernimmt und die Auswaschung in das Grundwasser somit begrenzt. Nährstoffeinträge von Phosphor erfolgen im Wesentlichen in oberirdische Gewässer (Fließgewässer und Seen) durch oberflächliche Abschwemmung. Stickstoff hingegen, und insbesondere das sehr leichtlösliche Nitrat, gelangt über den Weg der Versickerung in das Grundwasser. Die Belastung des Grundwassers mit Nitraten ist eines der Hauptprobleme im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung. Zu stark kontaminiertes Grundwasser – bei Nitratgehalten von über 100 mg/l – kann nicht mehr als Trinkwasser verwendet werden und verursacht zusätzliche Kosten für die Wasserwirtschaft, welche das Grundwasser zur Trinkwassernutzung wieder aufbereiten muss (vgl. FELDWISCH/FREDE, 1999, 4ff).

Um vorsorglich reagieren zu können, wird die Qualität der österreichischen Gewässer in Österreich seit 1991 für Grundwasser und Oberflächengewässer unter einheitlichen und gesetzlich vorgegebenen Kriterien bundesweit erhoben. In regelmäßigen Abständen werden dazu Jahresberichte zur "Wassergüte in Österreich" veröffentlicht. Die rechtliche Grundlage zur Überwachung des Gewässerzustandes bildete bis 2006 die Wassergüteehebungsverordnung (WGEV) und seit 2006 die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV). Auf Basis der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und in nationaler Umsetzung durch das Wasserrechtsgesetz (WRG) bietet dieses Monitoringkonzept die Möglichkeit, den tatsächlichen Zustand der Gewässer (Wasserkörper) zu ermitteln. Letztlich dienen diese Ergebnisse der Darstellung der Ist-Situation und bei negativen Entwicklungstendenzen innerhalb eines Wasserkörpers können frühzeitig entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Zur Durchführung der Überwachung über die Beschaffenheit, die Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffeinträge und die Entwicklung der Grundwasserkörper wird das gesamte Bundesgebiet in 136 ausgewiesenen Grundwasserkörpern mittels ca. 2000 Messstellen lückenlos erfasst (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 23f). Eine ausführliche Beschreibung der rechtlichen Komponenten folgt in Kapitel 4. Nachfolgende Abbildung 3 zeigt die Karte der Grundwasserkörper sowie das Messstellennetz in Österreich. An den Häufigkeiten der Grundwassermessstellen sind die besonderen Gefährdungsgebiete zu erkennen.

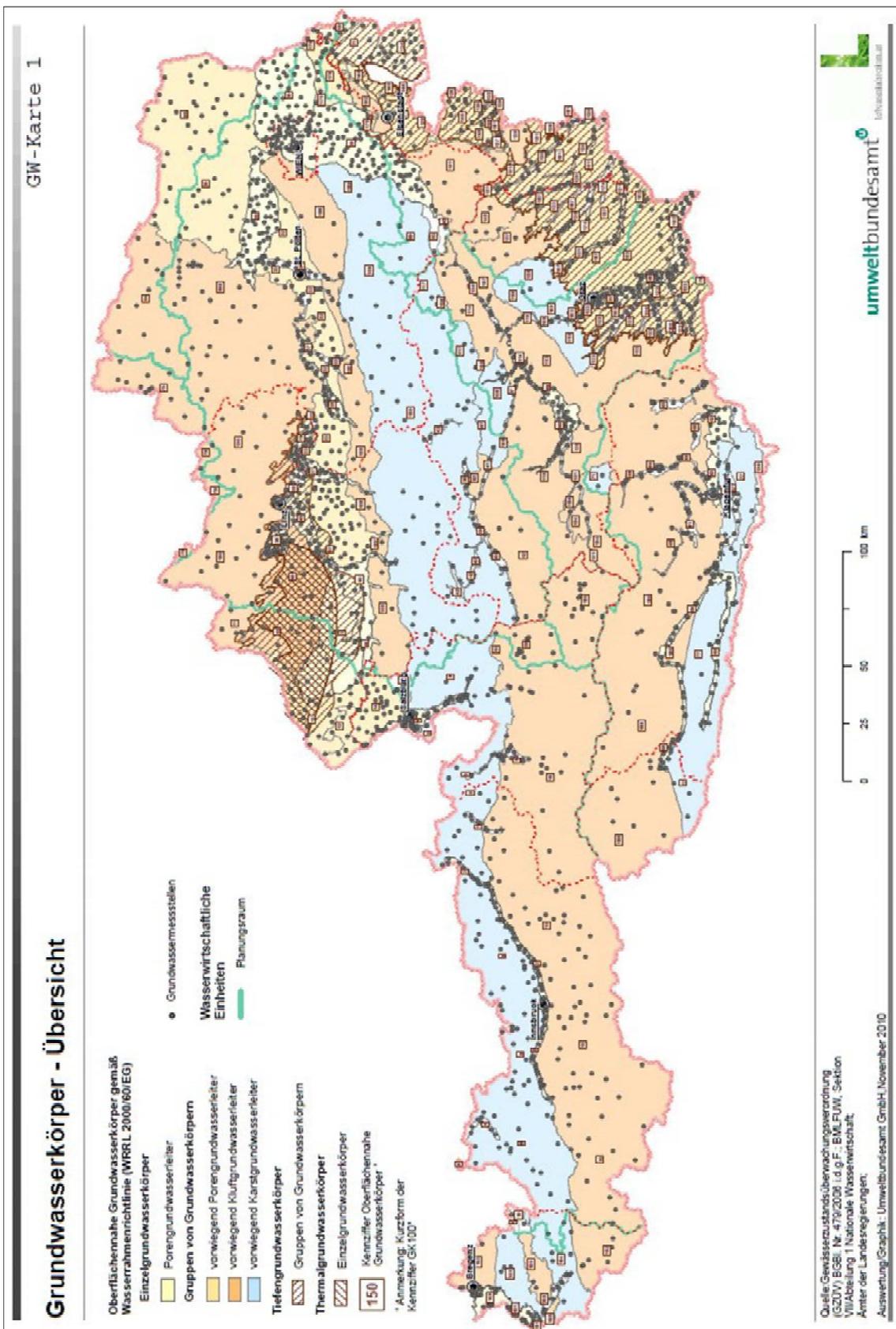


Abbildung 3: Übersicht der Grundwasserkörper und des Messstellennetzes (Umweltbundesamt, 2006, 182)

Bei den Gefährdungen für das Grundwasser unterscheidet man grundsätzlich zwischen punktuellen und diffusen Einträgen. Einträge aus punktuellen Quellen wie beispielsweise durch Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, undichte Abwasserkanäle oder durch zivile Altlasten wie etwa Deponien sind eine Ursache für die Verschmutzung des Grundwassers. In der kommunalen Abwasserwirtschaft konnten durch den Ausbau eines zentralen Abwassernetzes in Siedlungsgebieten mit angeschlossenen Kläranlagen die Belastungen aus diesem Bereich deutlich reduziert werden. Mehr Probleme bereiten alte Deponien. Von bis 01. Jänner 2007 festgestellten 238 Altlasten sind 78 saniert, bei weiteren 66 Altlasten wird die Sanierung durchgeführt. Jedoch muss erschwerend festgestellt werden, dass die Gesamtzahl der Flächen, bei denen der Verdacht auf Altlasten besteht, noch nicht erfasst ist. Die andere Ursache für Verunreinigungen des Grundwassers besteht in diffusen Einträgen aus Landwirtschaft, Verkehr und Industrie. Nachdem rund 44 Prozent der gesamten Bundesfläche durch die Landwirtschaft genutzt werden, kommt ihr hinsichtlich Grundwasserbelastung und –schutz eine erhöhte Aufmerksamkeit zu. Vor allem die Einträge von Stickstoff und Pflanzenschutzmittel (Pestizide) aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung stellen signifikante Belastungen der Grundwasserqualität dar (vgl. BMLFUW, 2010b, 44ff).

Für Pestizide auf Basis der erhobenen Daten wurden nur lokale bzw. regionale Überschreitungen des Grenzwertes von $0,1\mu\text{g/l}$ gemäß Trinkwasserverordnung (TWV; BGBl. II 304/2001, i.d.g.F.) und Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW; BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.F. BGBl. II Nr. 461/2010) registriert (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 49f).

Der Belastung des Grundwassers durch Nitrat wird in den letzten Jahrzehnten besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da das Trinkwasser zu annähernd 100 Prozent aus Grundwasser gewonnen wird (siehe Kapitel 2.1). Gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW; BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.F. BGBl. II Nr. 461/2010) darf im jeweiligen Grundwassergebiet (oder –körper) ein Schwellenwert von 45 mg/l nicht überschritten werden. Wird dieser Schwellenwert an mehr als 30 Prozent der Messstellen im jeweiligen Grundwasserkörper überschritten, muss dieses Gebiet als "Beobachtungsgebiet" bezeichnet werden. Bei mehr als 50 Prozent Überschreitung ist das Grundwassergebiet als "voraussichtliches Maßnahmengebiet" zu bezeichnen (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 44f). In der nachfolgenden Abbildung werden die Beobachtungs- und voraussichtlichen Maßnahmengebiete für den grundwasserbelastenden Schadstoff Nitrat dargestellt.

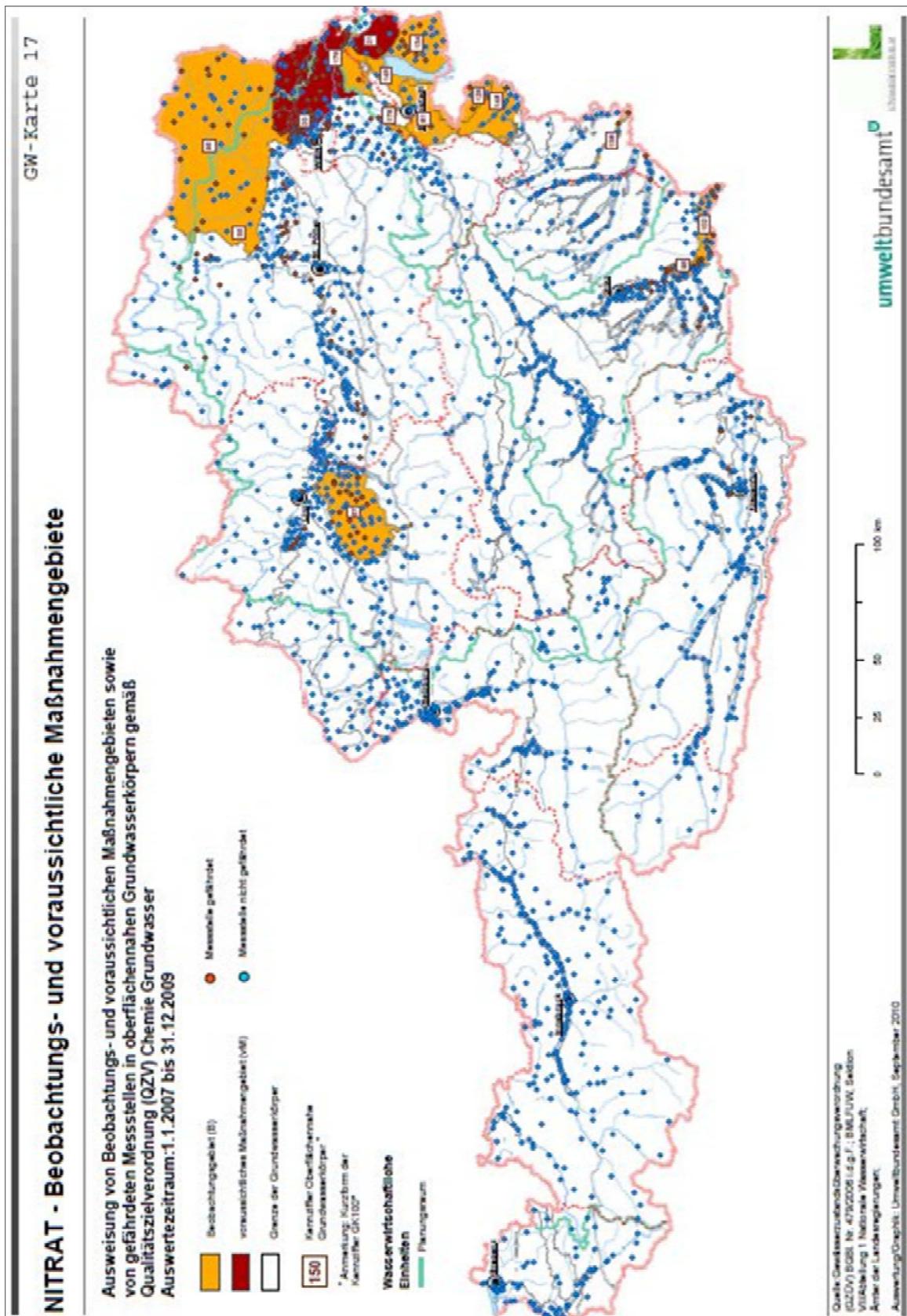


Abbildung 4: Beobachtungs- und voraussichtliches Maßnahmengebiet Nitrat (UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 199)

3.2 Grundwasser als Ressource zur Trinkwassergewinnung

Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Das Grundwasser dient dabei als unerschöpfliches Trinkwasserreservoir und ist die wichtigste Quelle für die Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser. Dem Schutz des Grundwassers kommt daher ein hoher Stellenwert zu (vgl. WEINGARTEN 1996, 4).

3.2.1 Trinkwasser in Österreich

Gemäß Österreichischem Lebensmittelbuch (BMG, 2011, 5) ist Trinkwasser " Wasser, das in nativem Zustand oder nach Aufbereitung geeignet ist, vom Menschen ohne Gefährdung seiner Gesundheit verzehrt zu werden, und das geruchlich, geschmacklich und dem Aussehen nach einwandfrei ist".

In Österreich ist bereits ein hoher Anteil der Bevölkerung an eine öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. Die Betreiber von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen sind per Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) verpflichtet, ihre Anlagen regelmäßig nach hygienischen und technischen Kriterien überprüfen zu lassen und Trinkwasser in gesundheitlich unbedenklichem Zustand zur Verfügung zu stellen. Andererseits beziehen rund 10 Prozent der Bevölkerung ihr Trinkwasser aber nach wie vor aus einem eigenen Brunnen oder einer eigenen Quelfassung. Für den Zustand und die Qualität ihres Trinkwassers sind die Betreiber dieser Einzelwasserversorgungsanlagen wiederum selbst verantwortlich (vgl. AGES 2008, 8). Nachfolgende Abbildung 5 veranschaulicht den Versorgungsgrad (Stand 31.12.2006) von Hausbrunnen und Quelfassungen.

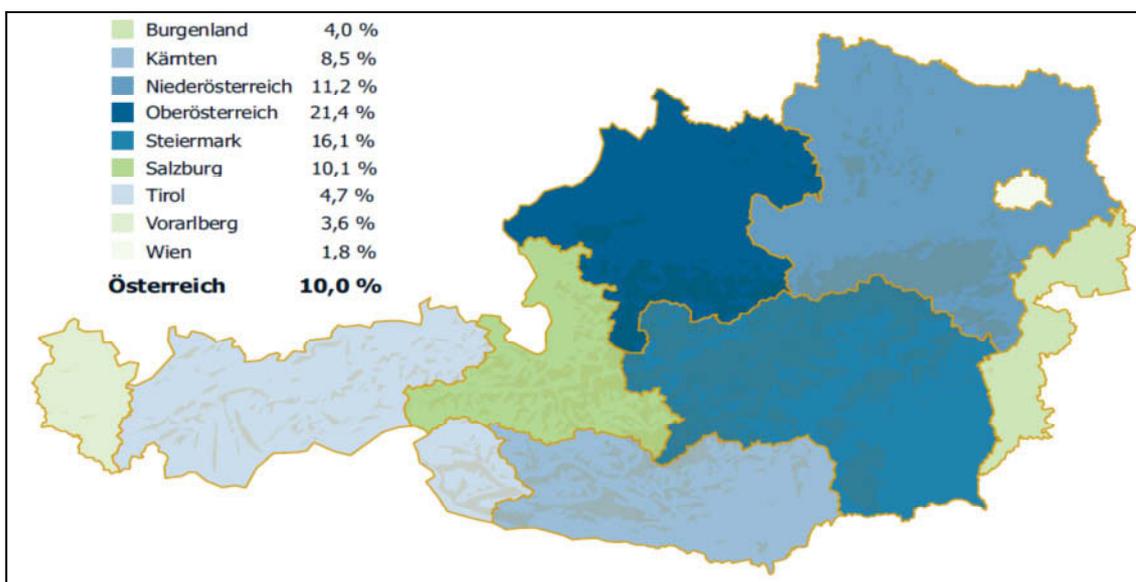


Abbildung 5: Versorgung der österreichischen Bevölkerung aus privaten Hausbrunnen und Quelfassungen (AGES, 2008, 9)

In den Bundesländern mit einem hohen Versorgungsgrad an Einzelwasserversorgungsanlagen kommt einem einwandfreien Grundwasser eine besondere Bedeutung zu. Private Brunnen oder Quellen zur Trinkwassergewinnung werden meist von Grundwasser gespeist. Grundwasser in einwandfreier Qualität ist daher durch diverse Maßnahmen sicherzustellen.

3.2.2 Aktuelle Situation der Trinkwasserqualität in Österreich

Die Anforderungen an die Qualität des Trinkwassers werden durch die Trinkwasserverordnung (BGBl. II 304/2001, i.d.g.F.) geregelt. Dabei werden die Ansprüche an die Qualität, das Inverkehrbringen und die Überwachung von Trinkwasser näher definiert und sie beinhaltet die aus gesundheitlichen Gründen unverzichtbaren Mindestanforderungen an trinkbares Wasser. Dabei müssen die mikrobiologischen, chemischen und physikalischen Parameter innerhalb der in der Trinkwasserverordnung vorgesehenen Grenzen liegen (vgl. BMG, 2009, 9).

Nitrat nimmt in der Betrachtung der Trinkwasserqualität eine besondere Stellung ein. Der aktuelle Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser liegt dabei gemäß der Trinkwasserverordnung bei 50 mg/l. Um mögliche Verunreinigungen im Trinkwasser frühzeitig zu erkennen und wirksam entgegenzutreten zu können, wird in der sogenannten Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser ein Vorsorgewert von 45 mg/l definiert (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 46). Erhöhte Nitratkonzentrationen im Trinkwasser können für den Menschen gesundheitsgefährdend wirken. Bei Säuglingen kann das Umwandlungsprodukt Nitrit Blausucht auslösen, dabei wird anstelle von Sauerstoff Nitrit an das rote Blutkörperchen Hämoglobin gebunden. Besonders in den ersten drei Lebensmonaten kann eine erhöhte Nitratkonzentration stark toxisch wirken. Es besteht ebenso der Verdacht, dass durch die Aufnahme von erhöhten Nitratmengen in Lebensmitteln auch ein höheres Krebsrisiko besteht. Der Parameterwert von 50 bzw. 45 mg/l Nitrat im Trinkwasser gestaltet sich auch daher, dass nicht nur durch Trinkwasser, sondern vor allem über Gemüse (Salat, Spinat) und über Zusatzstoffe in Lebensmitteln zur Konservierung (Fleisch, Wurst, Käse) Nitrat aufgenommen wird. In Summe werden täglich durchschnittlich 68 mg Nitrat je Tag aufgenommen. Trinkwasser leistet dabei einen Beitrag von etwa 25 Prozent bei 25 mg Nitrat je Liter Trinkwasser. Dieser Wert erhöht sich auf 39 Prozent bei 50 mg Nitrat je Liter (vgl. AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG, 2009, 1ff).

3.3 Nitratbelastung des Grundwassers

Allgemein lässt sich sagen, dass Österreichs Grundwässer bundesweit gesehen von sehr guter bis guter Qualität sind. Die überwiegende Mehrheit aller beobachteten Grundwassermessstellen weist in den Perioden von 1999 bis 2003 und 2003 bis 2007 Nitratmittelwerte unter 25 mg/l auf (vgl. BMLFUW, 2008, 23). Gemäß Umweltbericht zum Nitrataktionsprogramm 2012 (vgl.

BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 32) wird ein positiver Trend in Bezug auf die Nitratbelastungen des Grundwassers beschrieben.

Erhöhte Nitratgehalte im Grundwasser sind meist zurückzuführen auf landwirtschaftliche Bodennutzung. Aber auch Belastungen aus Siedlungsgebieten (z.B. undichte Abwasserkanäle), ungesicherte Deponien oder in geringem Maße atmosphärische Einträge können Ursache für erhöhte Nitratbelastung im Grundwasser sein. Häufig ist eine intensive Bewirtschaftung auf seichten Böden ausschlaggebend für eine Gefährdung von Grundwasserkörpern durch Nitrat. Dies trifft vor allem im Norden, Osten und Südosten Österreichs zu (z.B. Marchfeld, Parndorfer Platte, Traun-Enns-Platte, Leibnitzer Raum). Verstärkt wird dieser Effekt durch geringere Niederschlagsmengen (geringe Verdünnung) (vgl. BMLFUW, 2011c, 152). Im Folgenden werden die geographische Verteilung sowie die zeitliche Entwicklung der Stickstoffbelastung im Grundwasser dargestellt. Bezugnehmend auf die nationale Stickstoffbilanz können Rückschlüsse auf die Gefährdung von Gebieten getroffen werden.

3.3.1 Die Stickstoffbilanz – ein Indikator zur Erfassung von gefährdeten Gebieten

Mit Hilfe einer landwirtschaftlichen Nährstoffbilanz kann die Düngungsintensität einer Region erfasst und die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft beurteilt werden. Aufgrund des Gefährdungspotentials von Stickstoff für das Grundwasser wird besonderer Bezug auf die Stickstoffbilanzierung genommen. Dabei werden einander die Stickstoffeinträge über Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, N-Fixierung, Mineralisierung und atmosphärische Einlagerungen einerseits und Schätzungen des Stickstoffentzuges durch Marktfrüchte und Grünland andererseits gegenübergestellt (vgl. GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 9). Als Ergebnis der Bilanzierung ergibt sich ein (positiver oder negativer) Differenzbetrag, welcher als Maß und Indikator für die Umweltbeeinträchtigungen durch die landwirtschaftliche Tätigkeit dienen kann. Bei Betrachtung über mehrere Jahre hinweg können durch die Stickstoffbilanzierung die Nährstoffflüsse einer Region gut dargestellt, verglichen und bewertet werden (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, s.a., s.p.).

Die Berechnung der Überschüsse kann nicht direkt als Indikator des Stickstoffeintrags in das Grundwasser gesehen werden. Die Bilanz zwischen Eintrag und Entzug beinhaltet alle möglichen Verlustwege für Stickstoff wie

- direkte Verflüchtigung in die Atmosphäre nach Ausbringung des Wirtschaftsdüngers
- Ausgasung in die Atmosphäre durch Denitrifikation
- Nitratauswaschung in das Grundwasser und
- Austragung in Flüsse und Seen durch Abschwemmung nach heftigen Regenfällen.

Darüber hinaus sind noch Faktoren wie landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraktiken (intensiv – extensiv), der Bodentyp (durchlässig oder weniger durchlässig), die klimatischen Bedingungen (Niederschlagsmenge – Verdünnung), Art und Dauer des Bewuchses (landwirtschaftliche Nutzung) und letztlich auch die ausgebrachten Düngermengen relevant (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, s.a., s.p.).

Die folgende Tabelle 1 zeigt die nationale Stickstoffbilanz für die landwirtschaftlich genutzten Flächen gemäß OECD-Berechnungen. Dabei wurden auf den rund 3,20 Mio. ha landwirtschaftlich genutzten Flächen (vgl. BMLFUW, 2011, 209) mehr als 100.000 Tonnen Stickstoff als Mineraldünger und über 160.000 Tonnen an stickstoffhaltigem Wirtschaftsdünger ausgebracht (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 32).

STICKSTOFFBILANZ FÜR DIE LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTE FLÄCHE IN ÖSTERREICH (OECD, 2007):								
JAHR		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Input		407.128	402.029	378.129	381.983	381.408	384.615	385.258
Handelsdünger		120.000	118.000	94.400	100.600	99.700	103.700	103.300
Wirtschaftsdünger		170.858	167.104	166.206	163.766	163.673	162.022	163.306
Lagerdifferenz		-364	-295	-295	-295	-295	-295	-295
Organische Dünger		4.660	4.450	4.871	4.722	4.729	4.884	4.841
Deposition		48.343	48.329	48.329	46.506	46.296	45.748	46.142
N-Fixierung		61.240	62.074	62.227	64.270	64.891	66.142	65.335
Saatgut	[t * a ⁻¹]	2.391	2.367	2.391	2.414	2.414	2.414	2.629
Output		257.607	264.872	235.165	267.712	304.057	285.970	273.419
Marktfrüchte		102.441	100.188	94.515	117.262	105.160	99.005	101.057
Feldfutter und Grünland		155.166	164.683	140.650	150.450	198.897	186.965	172.362
Differenz		149.521	137.157	142.963	114.270	77.351	98.645	111.839
Landwirtschaftliche Fläche	[km ²]	33.340	33.330	33.330	32.073	31.928	31.550	31.820
Überschuss	[kg N * ha ⁻¹ * a ⁻¹]	44,8	41,2	42,9	35,6	24,2	31,3	35,1

Tabelle 1: Stickstoffbilanz für die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Österreich (BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 33)

Ein Nährstoffüberschuss, wie in Tabelle 1 ersichtlich, stellt ein Umweltgefährdungspotential dar. Durch die Bilanzrechnung kann der hauptverursachende Faktor, welcher für den Überschuss verantwortlich ist, festgestellt werden. Hohe Überschüsse lassen die generelle

Vermutung einer höheren Umweltbelastung zu. Wie oben erwähnt ist diese isolierte Betrachtung alleine nicht zulässig, zahlreiche Faktoren nehmen hier noch Einfluss. Europaweit reicht die Bandbreite des Stickstoffüberschusses gemäß dem letzten Bericht der Europäischen Kommission von 37 kg/ha in Italien bis 226 kg/ha in den Niederlanden. In Deutschland liegt der Überschuss bei knapp unter 100 kg Stickstoff je ha. Die Beurteilung der Auswirkungen der Stickstoffüberschüsse der daraus resultierenden diffusen Belastungen erfolgt durch das flächendeckende Messstellennetz zur Erhebung der Grundwassergüte (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 33). In Abbildung 6 wird die nationale Stickstoff-Flächenbilanz im Durchschnitt der Jahre 1985 bis 2007 dargestellt.

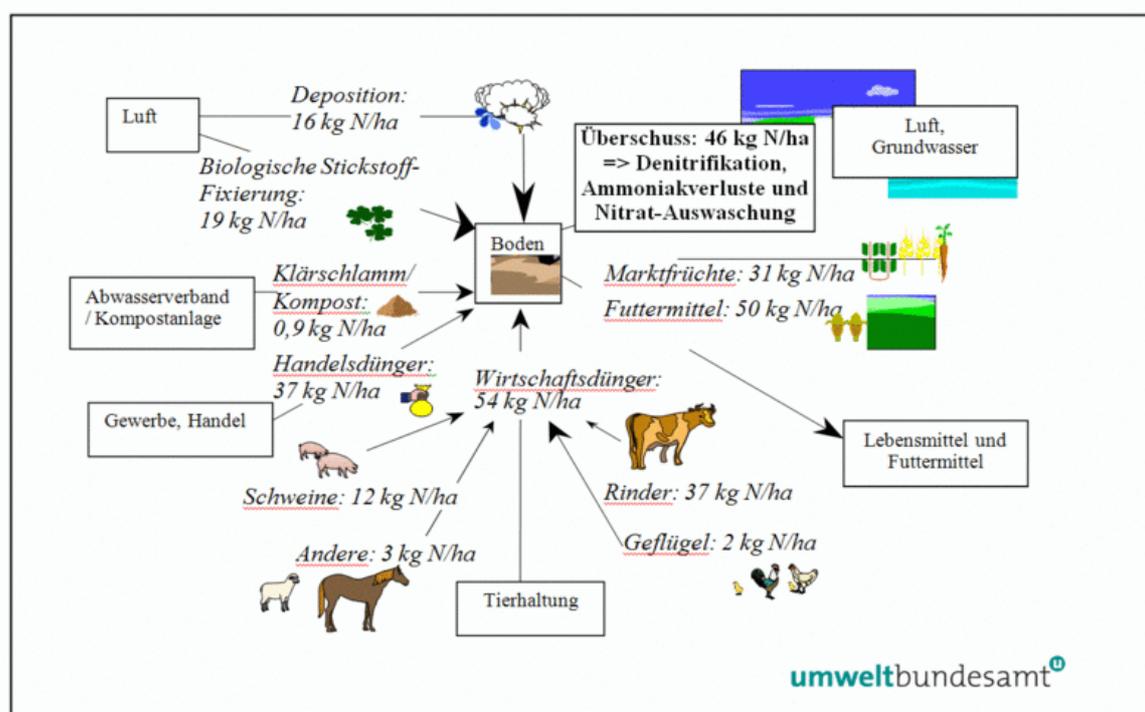


Abbildung 6: Nationale Stickstoff-Flächenbilanz im Durchschnitt der Jahre 1985-2007 (UMWELTBUNDESAMT, s.a.)

Der österreichischen Berechnung liegt die düngungswürdige Fläche zugrunde. Dabei werden von der landwirtschaftlich genutzten Fläche die Almen und Bergmäher als nicht düngungswürdige Flächen abgezogen. Auf diesen Flächen wird Wirtschaftsdünger nur in begrenztem Ausmaß und in sehr begrenztem Zeitraum ausgebracht. Obwohl es international nicht üblich ist, die extensiv genutzten Flächen aus der Düngerstatistik heraus zu rechnen, werden für Österreich beide Werte angegeben (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 27). Folgende Tabelle 2 zeigt den jährlichen Stickstoffverbrauch in kg je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche und düngungswürdiger landwirtschaftlich genutzter Fläche. Aufgrund der

leichten Abnahme der Stickstoffmenge je Hektar kann eine positive Tendenz hinsichtlich der Stickstoffeinträge festgestellt werden.

JÄHRLICHER STICKSTOFFVERBRAUCH (IN KG/HA) JE HA LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTER FLÄCHE UND JE HA DÜNGUNGSWÜRDIGER LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTER FLÄCHE (OECD)				
	Kg N/HA LF		Kg N/HA LF DÜNGERWÜRDIG	
	2001/03	2004/06	2001/03	2004/06
Wirtschaftsdünger	50,4	51,2	71,8	70,7
Mineraldünger	33,2	31,8	47,4	43,9

Tabelle 2: Jährlicher Stickstoffverbrauch (in kg/ha) je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche und je ha düngungswürdiger landwirtschaftlich genutzter Fläche (BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 27)

3.3.2 Geographische Verteilung

In den landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden im Osten und Süden Österreichs kommt es am häufigsten zu Schwellenwertüberschreitungen bei Nitrat. Der höchste Anteil der Messstellen, deren Mittelwert den Schwellenwert von 45 mg/l überschreitet, ist im Bundesland Wien zu verzeichnen (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 48). Drei Grundwasserkörper - Marchfeld, Parndorfer Platte und Südliches Wiener Becken-Ostrand - weisen für den Parameter Nitrat im Beurteilungszeitraum 2007 bis 2009 einen nicht guten chemischen Zustand auf, weil an zumindest 50 Prozent der Messstellen der Schwellenwert von 45 mg/l überschritten wird. Abbildung 7 zeigt den Anteil der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen für das Jahr 2009 nach Bundesländern gegliedert.

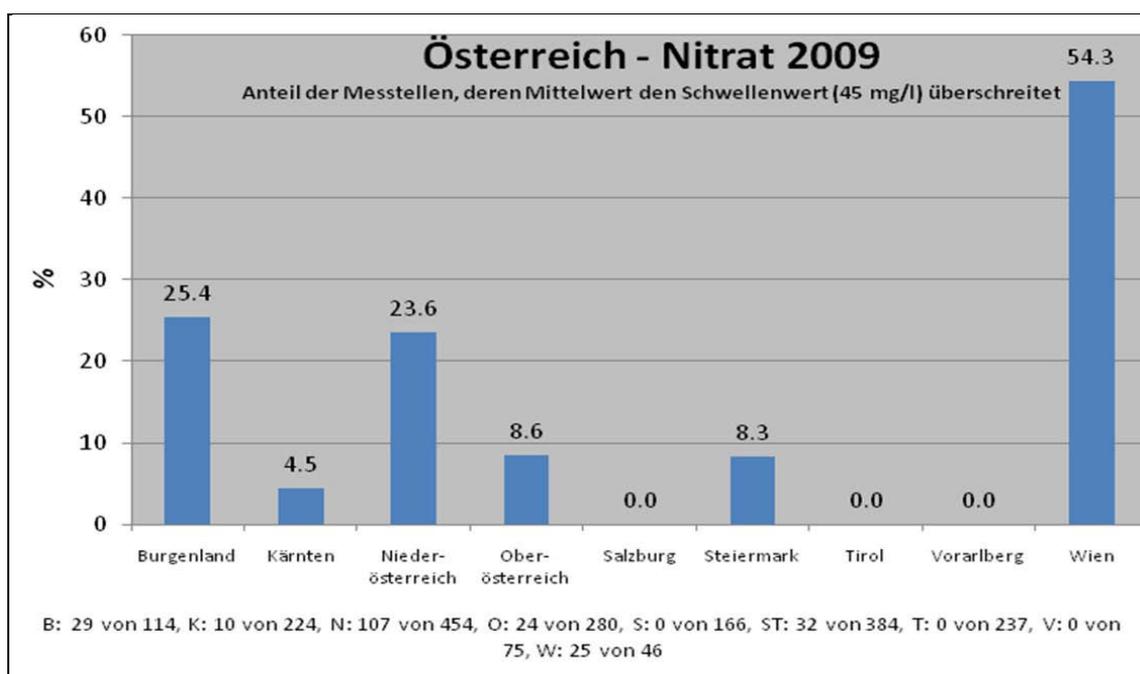


Abbildung 7: Anteil der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen (UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 48)

Jene Grundwasserkörper, die nicht im guten chemischen Zustand sind, werden als voraussichtliches Maßnahmengbiet ausgewiesen. Dazu werden Umweltziele definiert, um stufenweise die Qualität des Grundwassers wieder herzustellen (vgl. BMLFUW, 2010b, 83ff).

3.3.3 Zeitliche Entwicklung

Die Entwicklung der Nitratgehalte zeigt seit 1997 eine Abnahme der Belastung des Grundwassers. Es ist aber auch ersichtlich, dass nach einem starken Rückgang vom Jahr 2006 auf 2007, seit 2007 wieder eine steigende Tendenz der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitung festzustellen ist (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 47). Der Nitratgehalt im Grundwasser wird durch zahlreiche, einander zum Teil überlagernde, aber auch gegenläufige Faktoren bestimmt. Neben hydrologischen Bedingungen (Bodenfaktoren, Kommunikation mit Oberflächengewässern, etc.) sind es klimatische Faktoren wie Niederschlagshöhe und jahreszeitliche Niederschlagsverteilung, die die Grundwassererneuerung bestimmen und kurzfristige Schwankungen der Nitratgehalte verursachen. Mittel- und längerfristig ist dagegen die Bewirtschaftung der relevante Faktor (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2006, 42). Nachfolgende Abbildung 8 zeigt den Anteil der Messstellen für den Zeitraum 1997 bis 2009, deren Mittelwert den Schwellenwert von 45 mg/l überschreitet.

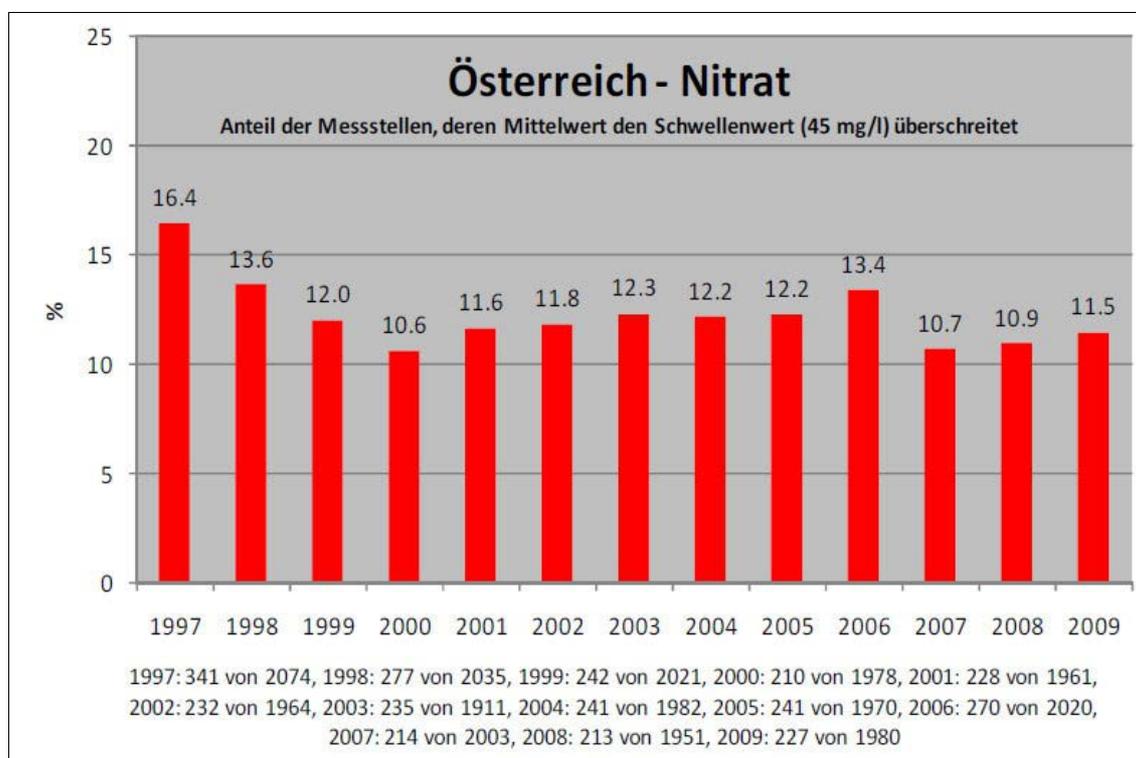


Abbildung 8: Entwicklung der jährlichen Schwellenwertüberschreitungen von Nitrat von Poren-, Karst- und Kluftgrundwassermessstellen im Verhältnis zur Gesamtanzahl der verfügbaren Messstellen (1.1.1997 bis 31.12.2009) (UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 47)

3.4 Zusammenfassung

Die wichtigste Ressource zur Trinkwassergewinnung ist in Österreich zu 99 Prozent das Grundwasser. Allgemein lässt sich sagen, dass das Grundwasser in Österreich von guter bis sehr guter Qualität ist, einige neuralgische Punkte mit besonderem Gefährdungspotential bedürfen aber einer besonderen Beobachtung.

Die wichtigsten direkten Gefährdungen der Grundwasserqualität, insbesondere durch flächenhafte Einträge von Nitrat in das Grundwasser, gehen fast ausnahmslos auf anthropogene Ursachen zurück. Die landwirtschaftliche Nutzung ist dabei eine der Hauptursachen für die Belastung des Grundwassers mit Nitraten. Somit kommt der Landwirtschaft eine entscheidende Rolle beim Grundwasserschutz zu.

Wie die Problematik bezüglich des Stickstoffes in der Landwirtschaft aussieht und in welchem Spannungsfeld sich Landwirtschaft und Gewässerschutz befinden, soll also nachfolgend erläutert werden. Zuvor werden aber noch die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen, die im Hinblick auf den Grundwasserschutz zur Anwendung kommen, dargestellt.

4 Rechtliche Rahmenbedingungen und politische Vorgaben

Dieses Kapitel gibt einen Abriss über die wichtigsten rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen, die im Kontext des Grundwasserschutzes für die Landwirtschaft relevant sind, wobei besonderer Bezug auf den Stickstoff genommen wird. Die Darstellung der derzeit gültigen Rahmenbedingungen ist eine wichtige Voraussetzung, um Handlungsinstrumente und Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers im Verursacherbereich Landwirtschaft beschreiben zu können.

4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden jene EU-weiten und nationalen gesetzlichen Bestimmungen im Bereich der Wasserwirtschaft dargestellt, welche für den Gewässerschutz und im Besonderen für den Grundwasserschutz in Zusammenhang mit der Landwirtschaft relevant sind. Die rechtlichen Regelungen greifen dabei auf zweifache Weise ein: einerseits direkt durch Gebote und Verbote, andererseits indirekt durch Qualitätsziele, Richtwerte und Grenzwerte für Wasserinhaltsstoffe.

4.1.1 Europarecht

Das EU-Recht mit seinen geltenden Maßnahmen und Vorschriften wird in Form von Verordnungen und Richtlinien erlassen. Die Richtlinien gelten - im Gegensatz zu Verordnungen der Europäischen Union - nicht unmittelbar und bedürfen für das Wirksamwerden grundsätzlich einer Übernahme in das nationale Recht der Mitgliedstaaten.

Als europäisches Wasserrecht können die Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) und die von ihr einbezogenen sonstigen wasserbezogenen Vorschriften und Bestimmungen des EG-Rechts bezeichnet werden. Dazu zählen beispielsweise die Grundwasserrichtlinie, die Nitratrichtlinie oder die Trinkwasserrichtlinie. Zu diesem Kernbereich des europäischen Wasserrechts treten jene Regelungen hinzu, deren Inhalte und Ziele nicht explizit wasserbezogen sind, aber von der WRRL unterstützt werden, wie z.B. die Vogelschutzrichtlinie oder die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (vgl. OBERLEITNER, 2009, 12).

4.1.1.1 Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG)

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union hat am 23. Oktober 2000 die „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, im

Folgenden kurz als Wasserrahmenrichtlinie angesprochen bzw. mit WRRL abgekürzt, veröffentlicht.

Die WRRL als Kernbereich des europäischen Wasserrechts schafft einen Ordnungsrahmen für den qualitativen Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Mit ihr wurden alle bisherigen Gewässerschutzvorschriften der Europäischen Gemeinschaft in ein kohärentes System gebracht und die Richtung für die weitere wasserwirtschaftliche Entwicklung vorgegeben (vgl. OBERLEITNER, 2009, 12ff). So stellt die WRRL deutlich auf eine kombinierte Vorgehensweise von einerseits Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Einleitungen von Schadstoffen und andererseits Verbesserungen der Gewässerqualität ab. Die Wasserrahmenrichtlinie wird über eine flusseinzugsgebietsbezogene Planung umgesetzt, d.h. die Gewässerbewirtschaftung ist in Einzugsgebieten vorzunehmen und innerhalb derselben abzustimmen. Der notwendige flusseinzugsbezogene Ansatz der Bewirtschaftung verlangt nach länderübergreifender Abstimmung der zukünftigen Maßnahmen zur Erreichung einer guten ökologischen Qualität ohne Rücksicht auf hergebrachte Verwaltungsgrenzen (vgl. RUMM/KEITZ/SCHMALHOLZ, 2006, 11f). Wenn ein Gewässer die Grenze von einem oder mehreren Mitgliedstaaten überschreitet, wird es einer internationalen Flussgebietseinheit zugeordnet. Die Flusseinzugsgebiete in Österreich wurden den drei (internationalen) Flussgebietseinheiten Donau, Rhein und Elbe zugeordnet (vgl. BMLFUW, 2010b, 13).

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie verfolgt das grundlegende Ziel, in allen Gewässern (Oberflächengewässer und Grundwasser) bis 2015 einen guten Zustand zu erreichen. Für Grundwasser wird der gute chemische sowie der gute mengenmäßige und bei Oberflächengewässern ergänzend auch der gute ökologische Zustand, d.h. die Qualität eines Gewässers als Lebensraum für Tiere, definiert. Die rechtliche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie erfolgte in Österreich mit der Wasserrechtsgesetznovelle 2003, BGBl. I Nr. 112/2003, die am 22.12.2003 in Kraft getreten ist. Wie die Ziele der Richtlinie erreicht werden sollen, wird in einem Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan festgelegt. Der erste Gewässerbewirtschaftungsplan für Österreich wurde im März 2010 veröffentlicht (vgl. BMLFUW, 2011b, 150).

Für jede Flussgebietseinheit müssen die Mitgliedstaaten einen Bewirtschaftungsplan sowie ein Maßnahmenprogramm verabschieden. Die Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete sind die wichtigsten Instrumente für die Umsetzung der Richtlinie in den Flussgebietseinheiten. Sie haben eine Laufzeit von jeweils sechs Jahren und werden nach Ablauf dieser Frist überarbeitet. Die Pläne beinhalten stets eine Zusammenfassung der vorherigen Umsetzungsphasen, wie eine

Bewertung des Zustands von Wasserkörpern, sowie die Zielvorgaben für die Wasserkörper für 2015 (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011, 18). Die Aufstellung von Umweltqualitätszielen ist eine zentrale Aufgabe im Rahmen des Flussgebietsplanungsprozesses. Die Umweltziele im Gewässerbewirtschaftungsplan legen jenen Gewässerzustand fest, der in allen Oberflächenwasserkörpern und Grundwasserkörpern im jeweiligen sechsjährigen Planungszyklus – beginnend mit 2009 – erreicht werden soll (vgl. BMLFUW, 2010b, 66).

Umweltqualitätsziele haben zum Ziel:

- einen guten Zustand für alle Wasserkörper zu gewährleisten
- eine Verschlechterung des bestehenden Zustands zu verhindern
- nachhaltige Nutzungen zu fördern
- spezielle Anforderungen für geschützte Gebiete zu erreichen (vgl. BMLFUW, 2010b, 66)

Die Entwicklung eines Maßnahmenprogramms, das die Zielerreichung sicherstellen soll, ist eine der zentralen Aufgaben des Planungsprozesses für den Gewässerbewirtschaftungsplan. In den Maßnahmenprogrammen werden geeignete Aktivitäten zur Erreichung der Umweltziele definiert und für die Umsetzung auf Ebene des wasserwirtschaftlichen Vollzugs verbindlich festgelegt. Manche der Regelungsmechanismen wie das Aktionsprogramm Nitrat gelten in allen EU-Staaten, während sich andere bspw. auf ein Bundesgebiet (z.B. Begrenzungen bei Bewilligungen) oder auf besonders zu schützende Gebiete (z.B. Trinkwasserschutzgebiete) beziehen. Dabei wird unterschieden zwischen Erhaltungsmaßnahmen (z.B. Einhaltung der guten fachlichen Praxis), Sanierungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Förderung der wasserwirtschaftlichen Entwicklung, mit denen man den unterschiedlichen Ansprüchen an die Gewässer gerecht wird (vgl. BMLFUW, 2010b, 90).

In Bezug auf das Grundwasser verpflichtet die WRRL die Mitgliedstaaten, das Grundwasser zu schützen, zu verbessern und zu sanieren. Das Ziel ist, bis zum Jahr 2015 einen guten Zustand des Grundwassers zu erreichen. Unter bestimmten Voraussetzungen – die Verbesserungen dauern aus technischen Gründen länger oder verursachen unverhältnismäßig hohe Kosten bzw. natürliche Gegebenheiten lassen keine rechtzeitigen Verbesserungen zu – sind Fristverlängerungen und Abstriche an den Zielen möglich (vgl. RUMM/KEITZ/SCHMALHOLZ, 2006, 199). Das Vorsorgeprinzip ist für den Grundwasserschutz traditionell von herausragender Bedeutung. Schadstoffeinträge in das Grundwasser sind meist nicht unmittelbar, sondern erst dann erkennbar, wenn die Verunreinigung erheblich fortgeschritten ist. Um einen guten Zustand des Grundwassers zu gewährleisten, sind aufgrund der natürlichen zeitlichen Verzögerung bei der Bildung und Erneuerung von Grundwasserressourcen frühzeitige Maßnahmen und eine beständige langfristige Planung von Schutzmaßnahmen nötig (vgl. OBERLEITNER, 2009, 35f).

Eine gegebenenfalls notwendige Sanierung von Verunreinigungen ist, wenn überhaupt, nur mit großem finanziellen und technischen Aufwand möglich. Zudem ist das Grundwasser in vielen EU-Mitgliedstaaten die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung. Dieser Tatsache begegnet die WRRL mit der Forderung, die Einleitungen von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen (vgl. RUMM/KEITZ/SCHMALHOLZ, 2006, 199f).

Diffuse Einträge von Stickstoff aus landwirtschaftlichen Quellen stellen im Hinblick auf die Erreichung der Qualitätsziele der WRRL und der damit verbundenen Kosten eine große Herausforderung dar (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 14). Die Maßnahmen in Bezug auf Nitrat haben seit den 90er Jahren zu einem deutlichen Rückgang der Nitratbelastung geführt. In den letzten Jahren ist allerdings keine signifikante Reduktion mehr erkennbar, sondern ein tendenziell gleichbleibender Zustand. Es stellt sich somit die Frage, mit welchen Maßnahmen weitere Fortschritte realisiert werden sollen (vgl. BMLFUW, 2010b, 167). Nach der Definition der WRRL sind im Rahmen der Maßnahmenprogramme grundlegende und ergänzende Maßnahmen zu unterscheiden. Grundlegende Maßnahmen dienen der Umsetzung bestehender Richtlinien wie etwa der Nitratrichtlinie ("Gute fachliche Praxis"), der Grundwasserrichtlinie oder der Natura 2000 Richtlinie. Die Einhaltung dieser Maßnahmen ist verbindlich. In der Landwirtschaft werden diese Anforderungen durch das Cross-Compliance-System überprüft und bei Verstößen entsprechend sanktioniert (vgl. AMBROS, 2009, 7). Ergänzende Maßnahmen sind überall dort notwendig, wo die verpflichtenden Maßnahmen zur Zielerreichung der WRRL nicht ausreichen. Dazu zählen etwa Agrarumweltmaßnahmen des Programms der ländlichen Entwicklung sowie regional angebotene freiwillige Maßnahmen. Um sowohl grundlegende als auch ergänzende Maßnahmen in ihren Auswirkungen zu optimieren, werden begleitende umfangreiche Beratungen für die Landwirte angeboten (vgl. BMLFUW, 2010b, 167f).

4.1.1.2 Grundwasserrichtlinie (RL 2006/118/EG)

Die *"Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung"* enthält Kriterien für die Beurteilung des guten chemischen Zustands von Grundwasser, regelt die Ermittlung und Umkehr von Verschmutzungstrends und verpflichtet zur Verhinderung oder Begrenzung von Schadstoffeinträgen (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011, 21). Die Richtlinie trägt somit den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Hinblick auf die Bewertung des chemischen Zustands des Grundwassers Rechnung. Ergänzend zur WRRL fordert die Grundwasserrichtlinie

- die Festlegung von Grundwasser-Schwellenwerten (Qualitätsnormen) durch die Mitgliedstaaten bis Ende 2008
- die Durchführung von Untersuchungen zu den Belastungstrends anhand von vorhandenen Daten und Überwachungsdaten, deren Erhebung nach der WRRL verpflichtend ist

- die Umkehrung von Belastungstrends
- die Umsetzung von Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung der Einträge von Schadstoffen ins Grundwasser
- die Einhaltung der Kriterien, die den guten chemischen Zustand bestimmen, der bis 2015 zu erreichen ist (basierend auf EU-weiten Grundwasserqualitätsnormen für Nitrat und Pestizide) (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, 24f)

Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte durch die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie Grundwasser BGBl. II Nr. 98/2010 idgF) sowie durch die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV BGBl. II Nr. 479/2006) (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 34).

4.1.1.3 Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG)

Die *"Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz von Gewässern vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen"* hat gemäß Artikel 1 zum Ziel

- die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und
- weiteren Gewässerverunreinigungen dieser Art vorzubeugen.

Artikel 5 Ziffer 2 verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Festlegung eines Aktionsprogramms für die als gefährdet ausgewiesenen Gebiete oder für das gesamte Gebiet eines Mitgliedstaates zur Verwirklichung der in Artikel 1 genannten Ziele (vgl. RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 1991, s.p.). In Österreich kommt das Aktionsprogramm auf dem gesamten Hoheitsgebiet zur Anwendung, eine Ausweisung einzelner, gefährdeter Gebiete entfällt daher (vgl. BMLFUW, 2008, 2).

Die Maßnahmen des Aktionsprogramms gehören zu den grundlegenden Maßnahmen nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie. Das nach der Wasserrahmenrichtlinie vorgeschriebene Maßnahmenprogramm ist in Österreich Bestandteil des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans (NGP) und wurde 2010 mittels Verordnung erlassen (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 6). Das derzeit gültige Aktionsprogramm Nitrat 2008 ist eine Verordnung nach § 55p WRG (vgl. BMLFUW, 2011c, 152) und ist am 31.1.2008 im Amtsblatt zur Wiener Zeitung, ABl. Nr. 22, veröffentlicht worden und seit 01. Februar 2008 in Kraft. Aufgrund der Verpflichtung der Mitgliedstaaten, ihre Aktionsprogramme mindestens alle vier Jahre zu überprüfen und – falls erforderlich – fortzuschreiben, ist ein neues Aktionsprogramm in Ausarbeitung (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 6).

Die Mitgliedstaaten haben für die Aufstellung und Durchführung geeigneter Überwachungsprogramme zu sorgen, damit die Wirksamkeit der Aktionsprogramme beurteilt werden kann. In Österreich wird die Wirksamkeit des Aktionsprogramms durch gezielte Grundwassermessungen anhand der Entwicklung der Wassergüte beurteilt. Österreich stützt daher sein Überwachungsprogramm vorwiegend auf die Ergebnisse seines flächendeckenden nationalen Messstellennetzes zur Erfassung der Wassergüte – durch die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung – an Österreichs Porengrundwässern und Fließgewässern. Alle vier Jahre muss der Kommission ein Bericht über die Ergebnisse der Überwachungsprogramme sowie den Inhalt der Aktionsprogramme vorgelegt werden (vgl. BMLFUW, 2008, 3).

In Artikel 4 verlangt die Nitratrichtlinie die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis“ von den Landwirten, wobei sowohl freiwillige als auch obligatorische Maßnahmen vorgesehen sind, sowie die Erarbeitung von Programmen, das Schulungs- und Informationsmaßnahmen für Landwirte vorsieht und die Anwendung der "guten fachlichen Praxis" in der Landwirtschaft fördert (vgl. RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 1991, s.p.). Die obligatorischen Bestimmungen der Regeln der "guten fachlichen Praxis" werden in den folgenden Parametern festgelegt:

- Ausbringungszeiträume von Düngemitteln
- Ausbringung von Düngemitteln auf stark geneigten Flächen
- Ausbringung von Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden
- Bedingungen für das Ausbringen von Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Flächen in der Nähe von Wasserläufen
- Fassungsvermögen und Bauweise von Behältern zur Lagerung von Dung
- Verfahren für das Ausbringen auf landwirtschaftlichen Flächen von sowohl Mineraldünger als auch Dung

Die Mitgliedstaaten können zusätzlich noch folgende Punkte in die "gute fachliche Praxis" aufnehmen:

- Bodenbewirtschaftung einschließlich Fruchtfolgegestaltung und Anbauverhältnisse
- Beibehaltung einer Mindestpflanzenbedeckung
- Aufstellen von Düngeplänen für die einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe
- Verhinderung von Gewässerverunreinigungen durch Abfließen und Versickerung von Wasser in Bewässerungssystemen

Da das österreichische Aktionsprogramm flächendeckend auf dem gesamten Staatsgebiet zur Anwendung gebracht worden ist, wurden die Regeln der guten fachlichen Praxis, kundgemacht

mit BGBl Nr. 859/95 am 22. Dezember 1995, in das derzeit gültige Aktionsprogramm Nitrat 2008 eingearbeitet (vgl. BMLFUW, 2008, 43).

Als Ziel soll sichergestellt werden, dass insgesamt in Ackerbau- oder Tierhaltungsbetrieben die ausgebrachte Dungmenge, einschließlich des von den Tieren selbst ausgebrachten Wirtschaftsdüngers, grundsätzlich eine Höchstmenge pro Jahr und Hektar von 170 kg Stickstoff nicht überschreitet (vgl. OBERLEITNER, 2009, 119).

Das Aktionsprogramm Nitrat, das zur Umsetzung der Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie sowie der Nitratrichtlinie dient, wird mit den beinhaltenden Maßnahmen zum Grundwasserschutz in Kapitel 6 näher beschrieben.

4.1.1.4 Trinkwasserrichtlinie (RL 98/83/EG)

Angesichts der Bedeutung von Trinkwasser werden in der *"Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch"* einheitliche Parameter für die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch festgelegt und die Verwendung in der Lebensmittelindustrie geregelt. Für zahlreiche Qualitätsparameter des Trinkwassers werden höchstzulässige Konzentrationen bzw. Richtwerte festgelegt. Die Mitgliedstaaten ergreifen alle erforderlichen Maßnahmen, um die Genussauglichkeit und Reinheit des für den menschlichen Gebrauch bestimmten Wassers sicherzustellen. Sie sind auch dazu verpflichtet, regelmäßig die Qualität des Trinkwassers zu überwachen (vgl. OBERLEITNER, 2009, 114). Alle drei Jahre müssen die Mitgliedstaaten der Europäischen Kommission einen Bericht über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vorlegen. Die WRRL ergänzt diese Richtlinie insoweit, als sie den Wasserschutz an der Quelle gewährleistet (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011, 22). Die Trinkwasserrichtlinie wird mit der Trinkwasserverordnung in österreichisches Recht umgesetzt.

4.1.2 Nationales Recht

Österreich wird immer wieder eine ausgezeichnete rechtliche Situation hinsichtlich des Wasserrechts beschieden. Dabei ist zwischen zwei Gesetzesmaterien zu unterscheiden: Einerseits der Schutz der Trinkwasserversorgung und andererseits der Schutz des Lebensmittels Trinkwasser selbst. Damit sind die beiden Rahmengesetze Wasserrecht und Lebensmittelrecht bereits angesprochen.

Das Wasserrecht wird dabei durch das Wasserrechtsgesetz, die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung geregelt. Das Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959, BGBl. Nr. 215/1959 idgF) ist die nationale Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung stellen die nationale Umsetzung der Grundwasserrichtlinie dar.

Das Lebensmittelrecht wird durch das Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz – LMSVG und die Trinkwasserverordnung abgedeckt. Die Trinkwasserverordnung ist dabei die Umsetzung der europäischen Trinkwasserrichtlinie.

Nachfolgend werden die nationalen Gesetze sowie Verordnungen mit Relevanz für Grundwasserschutz und Trinkwasserschutz in Zusammenhang mit der Landwirtschaft näher erläutert.

4.1.2.1 Wasserrechtsgesetz (WRG 1959, BGBl. Nr. 215/1959 idgF)

Das Wasserrecht als Summe der Rechtsvorschriften über die Beziehungen der Menschen zum Wasser geht weit über den Bereich einzelner Rechtsmaterien hinaus. Das nationale Wasserrecht wird heute in wesentlichen Teilen durch EU-Recht bestimmt. Beides baut auch auf völkerrechtlichen Regelungen und Grundsätzen auf. Das österreichische Wasserrecht musste sich daher in einen europarechtlichen Gesamtrahmen einfügen (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 1). Mit der WRG-Novelle 2003 wurde der Umbau des Wasserrechts im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG eingeleitet (vgl. BMLFUW, 2011c, 150).

Das Wasserrecht bildet den rechtlichen Rahmen für die Wasserwirtschaft, um wasserbezogene Interessen dauerhaft aufeinander abzustimmen. Dies gilt für die wechselseitigen Beziehungen der Bürger ebenso wie für die Interessen der Allgemeinheit dem Einzelnen gegenüber sowie der Staaten untereinander (vgl. OBERLEITNER, 2008, 17). Das österreichische Wasserrecht kann als ein Ressourcenbewirtschaftungsrecht bezeichnet werden, das auch längerfristige wasserwirtschaftliche Planungen umfasst. Das Wasserrechtsgesetz beinhaltet die rechtlichen Grundlagen für eine Vielzahl von Maßnahmen sowie die zu ihrer Umsetzung erforderlichen rechtlichen Instrumente, wonach die Wasserwirtschaft unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips auszurichten ist, insbesondere für folgende drei Themenkreise:

- einen vernünftigen Umgang mit Wasser als Lebensgrundlage,
- die nachhaltige Nutzung von Wasser als Wirtschaftsfaktor und
- die Berücksichtigung des Wassers als Gefahrenelement (vgl. BMLFUW, 2010b, 13f).

Angelegenheiten des Wasserrechts sind in Gesetzgebung und Vollziehung dem Bund zugewiesen, wobei die Vollziehung in mittelbarer Bundesverwaltung erfolgt, (d.h. durch den Landeshauptmann und die Bezirksverwaltungsbehörden) (vgl. OBERLEITNER, 2008, 19).

Praktisch alle menschlichen Aktivitäten sind mit direkten oder indirekten Auswirkungen auf Oberflächengewässer und Grundwasser verbunden. Schutz der Gewässer und Nutzung der Gewässer stehen zueinander in untrennbarer Wechselbeziehung. § 30 (WRG 1959) regelt Ziele und Begriff der Reinhaltung und des Gewässerschutzes. Nach den einschlägigen Bestimmungen des WRG sind alle Gewässer einschließlich des Grundwassers bestmöglich rein zu halten und zu schützen (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 211f). So ist gemäß Abs. 1 *"Grundwasser [...] so reinzuhalten, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann. Grundwasser ist weiters so zu schützen, dass eine schrittweise Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung der weiteren Verschmutzung sichergestellt wird"*. Zwei zentrale Elemente der WRRL – die Reinhaltbestimmungen und das Verschlechterungsverbot – werden in § 30 abgehandelt.

Grundwasser ist, wie bereits mehrfach erwähnt, eine wertvolle und natürliche Ressource, die als solche vor Verschlechterungen geschützt werden muss. Dies ist von besonderer Bedeutung für grundwasserabhängige Ökosysteme und für die Nutzung von Grundwasser für die Versorgung mit Wasser für den menschlichen Gebrauch (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 227). Die Umweltziele sind in § 30c konkretisiert. Nach § 30c Abs. 1 ist *„Grundwasser derart zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass [...] eine Verschlechterung des jeweiligen Zustandes verhindert und [...] bis spätestens 22. Dezember 2015 der gute Zustand erreicht wird“*. Kriterien für den guten Zustand sind dabei der gute mengenmäßige und chemische Zustand des Grundwasserkörpers. Gemäß § 30c Abs. 2 hat der *„Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit Verordnung den gem. Abs. 1 zu erreichenden Zustand sowie die im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot maßgeblichen Kriterien zu bezeichnen“*. Darauf aufbauend wurde die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser erlassen, in welcher die Bezeichnung des guten chemischen Zustands und die dafür maßgeblichen Kriterien des Grundwassers definiert sind. Ziel dieser Verordnung ist gemäß den Erläuterungen (vgl. QZV CHEMIE GW BGBl. II Nr. 98/2010 idgF) die Beurteilung des chemischen Zustands von Grundwasser mittels festgelegter Werte für den gemäß § 30c Abs. 1 WRG 1959 zu erreichenden Zustand sowie die Festlegung von Kriterien und Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers vor Verschlechterung und Verschmutzung.

Die Sorgfaltspflichten betreffend die Reinhaltung der Gewässer sind in § 31 konkretisiert. Die allgemeine öffentlich-rechtliche Reinhaltungsverpflichtung betrifft gem. § 31 Abs. 1 jedermann

und umfasst eine Verhaltenspflicht und eine Handlungspflicht. Wenn der Sorgfaltspflichtige keine ausreichenden Maßnahmen zur Vermeidung von Gewässerverunreinigungen gesetzt hat, kann die Wasserrechtsbehörde (meist die Bezirksverwaltungsbehörde) per Bescheid die erforderlichen Maßnahmen dem Verpflichteten auftragen oder – bei Gefahr im Verzug – anordnen und auf Kosten des Verpflichteten durchführen lassen. Die Kostenersatzpflicht folgt dabei dem Verursacherprinzip ("polluter pays – principle") (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 241ff). Dies betrifft ua die Lagerung von Wirtschaftsdünger und anderen wassergefährdenden Stoffen, die Ausbringung von Dünger, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und unter Umständen auch abschwemmungsfördernde Bodenbearbeitung sowie Ackerbau und Viehhaltung im Nahbereich von Gewässern (vgl. OBERLEITNER, 2008, 59).

In § 32 sind die bewilligungspflichtigen Maßnahmen konkretisiert. Für die Landwirtschaft ist dieser Paragraph insofern interessant, da auf die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung Bezug genommen wird. Gemäß § 32 Abs. 1 sind *„Einwirkungen auf Gewässer, die unmittelbar oder mittelbar deren Beschaffenheit (§ 30 Abs. 3) beeinträchtigen, nur nach wasserrechtlicher Bewilligung zulässig. Bloß geringfügige Einwirkungen, insbesondere der Gemeindegebrauch (§ 8) sowie die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung (Abs. 8) gelten bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Beeinträchtigung“*. Die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung gilt gemäß Abs. 8 dann als ordnungsgemäß, wenn sie *„unter Einhaltung der bezughabenden Rechtsvorschriften, insbesondere betreffend Chemikalien, Pflanzenschutz- und Düngemittel, Klärschlamm, Bodenschutz und Waldbehandlung, sowie besonderer wasserrechtlicher Anordnungen erfolgt“*. § 32 Abs. 2 zählt typische Formen von Einwirkungen, etwa die Ausbringung von Düngemitteln bzw. Düngegaben auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, beispielhaft auf. Diese Bestimmung hat den Schutz des Grundwassers vor Stickstoffeinträgen vor Augen und legt ab einer bestimmten Mengenschwelle eine wasserrechtliche Bewilligung ausdrücklich vor (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 282f). Als bewilligungspflichtig gilt gemäß § 32 Abs. 2 lit. f *„das Ausbringen von Handelsdünger, Klärschlamm, Kompost oder anderen zur Düngung ausgebrachten Abfällen, ausgenommen auf Gartenbauflächen, soweit die Düngergabe auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ohne Gründeckung 175 kg Stickstoff je Hektar und Jahr, auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Gründeckung einschließlich Dauergrünland oder mit stickstoffzehrenden Fruchtfolgen 210 kg Stickstoff je Hektar und Jahr übersteigt. Dabei ist jene Menge an Stickstoff in feldfallender Wirkung anzurechnen, die gemäß einer Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (§ 55l) in zulässiger Weise durch Wirtschaftsdünger ausgebracht wird“*. Höhere Düngegaben sind damit nicht verboten und können zulässig (bewilligungsfähig) sein, soweit sie standortbezogen (noch)

gewässerverträglich sind. Andererseits können – ebenfalls standortabhängig - auch bereits geringere Düngergaben bewilligungspflichtig bzw. gar nicht bewilligungsfähig sein, wenn sie mehr als bloß geringfügige Gewässerverunreinigungen bewirken (vgl. OBERLEITNER, 2008, 60).

Zur Umsetzung der Richtlinie 91/676/EG des Rates (Nitratrichtlinie) wurde mit Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz vor Verunreinigung der Gewässer durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen gemäß § 55p erlassen. Durch dieses Programm soll sichergestellt werden, dass pro Jahr und Hektar die ausgebrachte Menge an Wirtschaftsdünger eine Höchstmenge von 170 kg Stickstoff nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste nicht überschreitet (vgl. OBERLEITNER/BERGER, 2011, 473). Das Aktionsprogramm verlangt die Umsetzung der guten fachlichen Praxis, wie sie bereits im Kapitel Nitratrichtlinie beschrieben wurde. In diesem Zusammenhang wurden von der Agentur für Gesundheits- und Ernährungssicherheit/Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Ernährungssicherheit die "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" (6. Auflage 2006) veröffentlicht. Diese Richtlinie stellt grundsätzlich eine fachliche Empfehlung dar. Für die Einhaltung der Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes (insbesondere die Bestimmungen über die bewilligungspflichtigen sowie Beobachtungs- und Maßnahmenggebiete, das Aktionsprogramm Nitrat, und Schutz- und Schongebiete) sowie die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen sind allerdings die Vorgaben dieser Richtlinie einzuhalten (vgl. BMLFUW, 2006, 3).

Zur Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des Wasserrechtsgesetzes 1959 idGF – die Qualitätsziele für Grundwasser etwa werden in der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser definiert - hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit den wasserwirtschaftlichen Planungen der Länder alle sechs Jahre einen Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) zu erstellen. Der NGP soll die Planung in die Lage versetzen, einen ausgewogenen kostenwirksamen Zugang zu Gewässerschutz und Gewässerverbesserung zu finden, der die Wassernutzer – unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips – in angemessener Weise zu Leistungen heranzieht (vgl. BMLFUW, 2010b, 13f). Aufgrund des Bezugs auf Flussgebietseinheiten und der Notwendigkeit der überregionalen Koordination wurde der NGP bereits in Kapitel 4.1.1.1 näher beleuchtet.

4.1.2.2 Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser

In Umsetzung der Richtlinie 2006/118/EG (Grundwasserrichtlinie) des Europäischen Parlaments und des Rates wurde die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV CHEMIE GW BGBl. II Nr. 98/2010 idF BGBl. II Nr. 461/2010) erlassen.

In der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser werden die zu erreichenden Qualitätsziele, die Bezeichnung des guten chemischen Zustandes sowie die im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot maßgeblichen Kriterien zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung durch die Festlegung von Schwellenwerten für Schadstoffe definiert (vgl. BMLFUW, 2010b, 82). Weitere wichtige Punkte in der Verordnung sind Kriterien für die Ausweisung von Beobachtungs- und voraussichtlichen Maßnahmengebieten, Maßnahmen zur Verringerung oder Begrenzung des Eintrages von Schadstoffen in das Grundwasser sowie Kriterien für die Ermittlung und Beurteilung von Messergebnissen (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 7).

Der Grenzwert für die Trinkwassernutzung liegt bei 50 mg NO₃/l. Von einer Gefährdung des Grundwassers spricht man bereits ab dem Vorsorgewert von 45 mg NO₃/l (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 46). Grundwasserkörper weisen für den Parameter Nitrat einen nicht guten chemischen Zustand auf, wenn mehr als 50 % der Messstellen den Schwellenwert (Vorsorgewert) von 45 mg NO₃/l überschreiten (vgl. BMLFUW, 2010b, 82).

Bei Überschreitung der Schwellenwerte bei mehr als 50 % der Messstellen wird das Gebiet als voraussichtliches Maßnahmengebiet ausgewiesen, bei Überschreitung von mehr als 30 % als Beobachtungsgebiet.

4.1.2.3 Gewässerzustandsüberwachungsverordnung

Die Qualität der österreichischen Gewässer wird seit 1991 unter einheitlichen, gesetzlich vorgegebenen Kriterien, im Rahmen eines nationalen Überwachungsprogramms über das gesamte Bundesgebiet untersucht. Die fachliche und administrative Umsetzung des Untersuchungsauftrages erfolgt durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und den Ämtern der Landesregierungen. Die konkrete gesetzliche Grundlage für die Erhebung der Wassergüte ist die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV BGBl. II Nr. 479/2006 idF BGBl. II Nr. 465/2010) (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 13f).

Gemäß Artikel 8 der WRRL haben die Anwendungsprogramme zur Überwachung der Gewässer ab 22. Dezember 2006 bereitgestellt zu sein. Die nationale Umsetzung erfolgte durch §§ 59c bis 59f WRG 1959. Als Zielvorgabe ist in der Wasserrahmenrichtlinie die Erreichung des guten ökologischen und chemischen Zustandes in Oberflächen- und Grundwässern verankert (vgl. GZÜV BGBl. II Nr. 479/2006 idF BGBl. II Nr. 465/2010). Zur Erfassung des Zustands der Gewässer auf einer gut abgesicherten Datenbasis und für die frühzeitige Erkennung von negativen Entwicklungstendenzen erfolgt in regelmäßigen Abständen und nach

bundesweit einheitlichen Kriterien die Überwachung der Gewässer. Dieses Monitoring ist letztendlich die Basis für die Entscheidung, ob in Zukunft Maßnahmen erforderlich werden oder nicht (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 23).

4.1.2.4 *Trinkwasserverordnung*

Trinkwasser stellt im Sinne der lebensmittelrechtlichen Bestimmungen die höchste Nutzungsmöglichkeit für Wasser dar. Das Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz – LMSVG (BGBl. I Nr. 13/2006 idgF) – regelt das Inverkehrbringen von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) (vgl. BMG, 2011, 3). Nähere Anforderungen an das Inverkehrbringen, an die Qualität und die Kontrolle von Trinkwasser sowie die aus gesundheitlichen Gründen unverzichtbaren Mindestanforderungen an trinkbares Wasser wird durch die Trinkwasserverordnung (TWV, BGBl. II Nr. 304/2001 idF BGBl. II Nr. 121/2007) geregelt (vgl. BMG, 2009, 9). Die Trinkwasserverordnung (TWV) stellt die Umsetzung der Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserrichtlinie) in österreichisches Recht dar.

Die Trinkwasserverordnung sieht für Nitrat einen Parameterwert von 50 mg NO₃/l vor (vgl. AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG, 2009, 4). Parameterwerte (im Sinne von zulässigen Höchstkonzentrationen bzw. Grenzwerten) sind die oberen Begrenzungen der Gehalte von Inhaltsstoffen und Mikroorganismen, die nicht überschritten werden dürfen. Bei Einhaltung der Parameterwerte ist nach dem derzeitigen Wissensstand zu erwarten, dass auch bei lebenslangem täglichen Verzehr des Trinkwassers keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen auftreten (vgl. BMG, 2011, 21). Bei einer Überschreitung einer Nitratkonzentration von 25 mg NO₃/l und wenn ein Anstieg zu befürchten ist, hat zumindest eine vierteljährliche Untersuchung des Wassers auf Nitrat zu erfolgen (vgl. BMG, 2011, 41).

4.2 Politische Vorgaben

Die Agrarpolitik ist mit den sich wandelnden Bedürfnissen der Landwirtschaft und gesamten Gesellschaft konfrontiert. Stand die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln vor allem in der Nachkriegszeit im Vordergrund, rücken mittlerweile, aufgrund derzeit ausreichender Versorgung, andere Aspekte wie der Umweltschutz in den Mittelpunkt der gesellschaftlichen Diskussion. Die Aufgabe der Agrarpolitik ist es daher, die Landbewirtschaftung sicherzustellen und einen Kompromiss zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Gesichtspunkten zu erreichen.

In den folgenden Kapiteln wird die Entwicklung der Agrarpolitik hin zur Agrarumweltpolitik dargestellt. Darauf aufbauend wird auf die verpflichtend einzuhaltenden Bestimmungen – Cross Compliance - im Rahmen der 1. Säule der Agrarpolitik, den Direktzahlungen, eingegangen. Die Ländliche Entwicklung, die 2. Säule der Agrarpolitik, mit den freiwilligen Agrarumweltmaßnahmen rundet dieses Kapitel ab.

4.2.1 Entwicklung der gemeinsamen Agrarpolitik – Agrarumweltpolitik

Die Landwirtschaft nutzt natürliche Ressourcen für die Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen. Sie schafft dadurch zusätzliche Werte in Form von öffentlichen Gütern wie etwa Versorgungssicherheit, fruchtbaren Kulturboden, Biodiversität und Kulturlandschaft sowie Voraussetzungen für einen lebendigen ländlichen Raum (vgl. HOFER et al., 2009, 19). Die Tatsache, dass die Landwirtschaft vielfach Leistungen bereitstellt, die über die eigentliche Produktionsfunktion hinausreichen, wird auch als Multifunktionalität bezeichnet. Bezugnehmend auf ländliche Räume, deren Flächennutzung weitgehend von der Landwirtschaft geprägt wird, stehen drei Funktionen im Vordergrund:

- die ökologische Funktion als Bereitstellung von ökologischem Ausgleichsraum sowie Naturschutz- und Umweltschutzfunktionen,
- die Standortfunktion als Infrastrukturstandort, als Raumreserve und zur Ausfüllung von Ver- und Entsorgungsfunktionen und
- die Erholungsfunktion als Bereitstellung von Freizeit- und Erholungslandschaft sowie von Kulturlandschaft (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 28).

Seit Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) verfolgte die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) die Ziele, die Versorgung mit Nahrungsmitteln sicherzustellen und die Einkommen der Landwirte zu sichern. Stützungen der Produktpreise und Subventionen an die Landwirte wirkten als Produktionsanreiz und verhalfen der ländlichen Bevölkerung zu einem angemessenen Lebensstandard. Das Ergebnis war eine produktions- und mengenorientierte Agrarpolitik, die bis in die 1990er Jahre Bestand hatte (vgl. DEUTSCHER BAUERNVERBAND, 2011, 126). Sehr bald jedoch schlug die Mangel- in eine Überschusssituation um und die Europäische Union (EU) hatte mit fast ständigen Überschüssen bei den wichtigsten landwirtschaftlichen Erzeugnissen zu kämpfen. Technische Fortschritte und die Intensivierung der Produktion führten zu raschen Angebotssteigerungen bei den meisten Produkten. Die landwirtschaftlichen Produkte mussten mit hohen Exportsubventionen ausgeführt werden. Diese Maßnahmen verschlangen hohe EU-Haushaltsmittel und die Einkommen der Landwirte stagnierten trotzdem. In dieser Situation sind staatliche Ausgaben zur Preisstützung in Bezug auf die Verbesserung der bäuerlichen Einkommen ineffizient, weil sie in der Tendenz die Produktion anheizen und sinkende Marktpreise zur Folge haben. Gleichzeitig wuchs in der

Gesellschaft aufgrund der intensiven Produktion die Sorge um eine ökologisch nachhaltige Landwirtschaft (vgl. HOFER et al., 2009, 23).

Die Gemeinsame Agrarpolitik musste daher geändert werden. Anlässe für eine grundlegende Reform der europäischen Agrarpolitik zu Beginn der neunziger Jahre (MacSherry-Reform 1992) waren strukturelle Überschüsse, eine unbefriedigende Einkommensentwicklung in der Landwirtschaft sowie steigende Ausgaben des europäischen Agrarfonds (u.a. Exportsubventionen). Ausgelöst wurde der Reformprozess unter anderem durch die Verhandlungen der Welthandelsorganisation (WTO), die einen Abbau der Handelsbeschränkungen auf globaler Ebene vorsahen und eine Liberalisierung der Agrarpolitik forcierten (vgl. BARUNKE, 2002, 48). Die Preisstützungen der Agrarprodukte wurden schrittweise aufgehoben und Produktionsobergrenzen (Milchquoten) eingeführt. Im Gegenzug wurden Direktzahlungen an die Landwirte eingeführt. Landwirte, die die Direktzahlungen in Anspruch nehmen wollten, mussten einen Teil der Fläche stilllegen. Die Flächenstilllegung war primär als Instrument zur Marktentlastung vorgesehen (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, 6f). Zur Flankierung dieses Umstellungsprozesses wurden die Fördermaßnahmen der sogenannten zweiten Säule der Agrarpolitik ausgebaut. Umweltverträgliche Bewirtschaftungsmethoden traten in den Vordergrund (vgl. DEUTSCHER BAUERNVERBAND, 2011, 126).

Die Voraussetzung für den Erhalt der Direktzahlungen war aber weiterhin die Produktion. Mit der Reform der GAP im Rahmen der "Agenda 2000" wurde eine weitere Schwerpunktverlagerung vorgenommen, die die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft weiter fördern sollte. Deutlicher als bei der Reform von 1992 wurden jedoch Umweltziele sowie Ziele zur Entwicklung des ländlichen Raumes, wie etwa Unterstützung bei der Umstrukturierung sowie Diversifizierung von Betrieben, hervorgehoben und enger miteinander verknüpft (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, 7).

Mit der Reform 2003, umgesetzt seit 2005, fiel die Produktion als Voraussetzung für die meisten Direktzahlungen weg. Dieser Reformschritt sah die Entkoppelung der Produktion von den staatlichen Zahlungen, den weiteren Abbau von Interventionszahlungen sowie die Einführung von "Cross Compliance" vor. Cross Compliance, kurz CC, bedeutet die Koppelung der von der Europäischen Union geleisteten Zahlungen an Umwelt- und Qualitätsauflagen (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 43). Die Preisausgleichszahlungen für Getreide, Milch, Ölsaaten und die Tierprämien sind seit 2005 zu einer einzigen Betriebsprämie zusammengefasst und von ihrer früheren Bemessungsrundlage entkoppelt. Der Landwirt erhält weiterhin Direktzahlungen zur Stabilisierung der Einkommen, sie sind aber nicht mehr an die Erzeugung

gekoppelt. Die Folge ist, dass Landwirte sich bei den Produktionsentscheidungen an den jeweiligen Marktbedingungen orientieren können (vgl. DEUTSCHER BAUERNVERBAND, 2011, 127). So vermindert die Entkoppelung beispielsweise die Bevorzugung von aus Umweltsicht vergleichsweise ungünstig zu bewertenden Produktionsverfahren (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 44).

Die entkoppelten Direktzahlungen bieten heute eine Grundsicherung für die Einkommen und fördern die Bereitstellung von grundlegenden öffentlichen Gütern wie etwa Kulturlandschaften, auf die die Bevölkerung nicht verzichten will. Die Politik des ländlichen Raums fördert mithilfe gezielter Maßnahmen die Wettbewerbsfähigkeit, die nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und eine ausgewogene Entwicklung des ländlichen Raums. Zusammen ergibt die derzeitige Maßnahmenpalette den Hauptbeitrag der GAP - eine räumlich und ökologisch ausgewogene europäische Landwirtschaft (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010, 5).

Hinsichtlich des Umweltgefährdungspotentials und im Besonderen des N-Gefährdungspotentials kann festgehalten werden, dass die Politik der Markt- und Preisstützung sowie die Direktzahlungen nur sehr begrenzte Intensitätsminderungen und keinen ausreichenden Erfolg brachten. Unter dem damit verbundenen Düngungsverhalten, der Erhöhung der Stickstoffgehalte der Böden und den damit einhergehenden Nitrateinträgen in das Grundwasser hat die Grundwasserqualität noch immer zu leiden. Mit der Entkoppelung von der Produktion und der Politik des ländlichen Raums konnten aber spürbar positive Auswirkungen und eine Verbesserung der N-Problematik festgestellt werden.

4.2.2 Cross Compliance (CC)

Cross Compliance stellt die Verknüpfung der bis 2005 ohne Zusatzaufgaben gewährten staatlichen Beihilfen mit der Einhaltung definierter Auflagen, z.B. umweltrelevante Kriterien, dar. Diese Standards beruhen im Wesentlichen auf bestehendem Fachrecht oder betreffen neue, bisher nicht rechtlich geregelte Festlegungen. Bei Nichteinhaltung der Anforderungen werden die Beihilfen gekürzt. Dieser Sanktionsmechanismus ist Kernelement von Cross Compliance (vgl. NITSCH/OSTERBURG, 2007, 5).

Mit der EU-Agrarreform im Jahr 2003 wurde Cross Compliance zu einem zentralen Bestandteil der Gemeinsamen Agrarpolitik. Alle Bezieher von Marktordnungs-Direktzahlungen (seit 2005) sowie Bezieher von bestimmten Zahlungen im Rahmen der ländlichen Entwicklung (seit 2007) sind verpflichtet, bestimmte Grundanforderungen an die Betriebsführung zu erfüllen und ihre Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu erhalten (vgl. AGRAR

MARKT AUSTRIA, 2010, 3). CC-relevante Maßnahmen bei den Marktordnungsdirektzahlungen sind beispielsweise die Einheitliche Betriebsprämie, die Mutterkuhprämie und die Milchprämie. Bei der Ländlichen Entwicklung sind es etwa das Umweltprogramm ÖPUL 2007, Zahlungen für naturbedingte Nachteile in Berggebieten oder Natura 2000-Maßnahmen (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 4).

Unter Cross Compliance versteht man im Gemeinschaftsrecht die Bindung der Gewährung von Ausgleichszahlungen und Beihilfen an die Einhaltung obligatorischer ökologischer oder sonstiger rechtlicher Standards. Die Cross Compliance Standards betreffend die Anforderungen an die Betriebsführung resultieren aus 19 EU-Richtlinien und Verordnungen für den Bereich Umwelt und Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie dem Tierschutz. Diese Grundanforderungen an die Betriebsführung sind keine im Zuge der GAP-Reform 2003 neu geschaffenen Vorschriften, sondern mussten auch vor 2005 von allen Landwirten eingehalten werden (vgl. NITSCH/OSTERBURG, 2007, 16). Die CC-Bestimmungen bezüglich Auflagen zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) betreffen die Einhaltung von Kriterien hinsichtlich Bodenschutz (Bodenerosion, Erhaltung organischer Substanz, Bodenstruktur). Weiters ist ein Mindestmaß an Instandhaltung von Flächen – auch jene, die vorübergehend nicht zu Produktionszwecken genutzt werden – zu gewährleisten und eine Zerstörung von Lebensräumen zu vermeiden. Zudem müssen die einzelnen EU-Mitgliedstaaten sicherstellen, dass Flächen, die im Jahr 2003 als Dauergrünland genutzt wurden, weiterhin als Dauergrünland erhalten bleiben. Die Länder müssen Gegenmaßnahmen ergreifen, um eine erhebliche Abnahme von Dauergrünland zu vermeiden (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 3).

Cross Compliance bietet aus rein fachlicher Sicht mehrere Ansatzpunkte, die dem Gewässerschutz zu Gute kommen können. Einige Anforderungen zur Erhaltung des guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands landwirtschaftlicher Flächen können einen entscheidenden Einfluss auf die Reduzierung der Nitratbelastung ausüben. Diese umfassen die Anforderungen zur Erosionsvermeidung, zur Erhaltung der organischen Substanz im Boden und der Bodenstruktur sowie zum Erhalt von Dauergrünland. Von den 19 EU-Regelungen, deren Einhaltung im Rahmen von Cross Compliance gefordert wird, sind insbesondere die Regelungen in den Bereichen Nitrat, Grundwasserschutz und Klärschlamm von Bedeutung (vgl. HOLLÄNDER et al., 2008, 24). Cross Compliance bezieht sich dabei auf bestehende gesetzliche Grundlagen, im Bereich Nitratbelastung etwa auf die EU-Nitratrichtlinie (Umsetzung durch das Nitrataktionsprogramm) und im Bereich Grundwasserschutz auf die EU-Grundwasserrichtlinie (Umsetzung durch die QZV Chemie Grundwasser und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung) (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 9f).

4.2.3 Ländliche Entwicklung – Agrarumweltmaßnahmen

Fast 60 Prozent der Bevölkerung der 27 EU-Mitgliedstaaten leben in ländlichen Gebieten, 90 Prozent der gesamten Fläche der EU entfallen auf ländliche Gebiete und über die Hälfte wird landwirtschaftlich genutzt. Dies zeigt, dass die ländliche Entwicklung ein wichtiger Politikbereich ist. Dies zeigt aber auch, wie stark die Landwirtschaft die natürliche Umwelt in der EU mitgestaltet. Die EU fördert daher die Agrarumweltmaßnahmen im Rahmen der Ländlichen Entwicklung, seitdem diese mit der GAP-Reform 1992 eingeführt wurden. Diese Maßnahmen sollen die Landwirte motivieren, freiwillig Umweltleistungen zu erbringen, die über die gute landwirtschaftliche Praxis hinausgehen (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, 12ff).

Eine der zentralen Herausforderung für die zukünftige Gestaltung der Agrarpolitik besteht darin, im landwirtschaftlichen Bereich gewährte Förderungen stärker an gesellschaftlich erwünschte Leistungen zu binden. Durch Cross Compliance erfolgt bereits eine solche Bindung der Direktzahlungen an bestimmte Grundanforderungen der Betriebsführung sowie die Erhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands. Darüber hinaus trägt insbesondere die sogenannte "zweite Säule" (Entwicklung des ländlichen Raums) zur gezielten Honorierung von gesellschaftlich erwünschten Leistungen bei. Ein solches Vorgehen dürfte auch die gesellschaftliche Akzeptanz der landwirtschaftlichen Förderungen verbessern (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 44).

Die Verordnung zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums (ELER-Verordnung) bildet den Rahmen für die 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) im Zeitraum 2007 bis 2013. Die Politik für ländliche Räume soll die Reformen der 1. Säule der GAP flankieren und gleichzeitig einen Beitrag zur Umsetzung von Wachstum, Beschäftigung und Nachhaltigkeit in ländlichen Räumen leisten (vgl. DEUTSCHER BAUERNVERBAND, 2011, 141). Sie gründet auf drei Schwerpunkten:

- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft,
- Verbesserung der Umwelt und der Landschaft durch Förderung der Landbewirtschaftung sowie
- Steigerung der Lebensqualität im ländlichen Raum und Förderung der Diversifizierung der Wirtschaft.

Mit einem vierten Schwerpunkt, dem Leader-Schwerpunkt, sollen örtliche Strategien für die Entwicklung des ländlichen Raums durch örtliche Partnerschaften zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor umgesetzt werden (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, 14).

In Schwerpunkt 2 finden sich die Agrarumweltmaßnahmen wieder. Im "Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2007)" werden verschiedene Maßnahmen, die besonders hinsichtlich Boden- und Grundwasserschutz relevant sind, angeboten. Gegenstand der Förderung im Rahmen von ÖPUL ist die Abgeltung von Umweltleistungen in den Bereichen "Schutz des Bodens", "Schutz von Oberflächen- und Grundwasser", „Luftreinhaltung und Klimaschutz“, „Erhaltung und Förderung der Biodiversität“ und "Erhaltung der traditionellen Kulturlandschaft", die über die gesetzlichen Maßnahmen hinausgehen (vgl. BMLFUW, 2011e, 224). Einige der Maßnahmen im ÖPUL 2007 sind direkt auf den Gewässerschutz ausgerichtet wie beispielsweise die Einhaltung von Düngegrenzen, die niedriger sind als jene des „Aktionsprogramm Nitrat“ (Reduzierung von N-Salden), erosionsmindernde Produktionsverfahren im Ackerbau (Mulch- und Direktsaat), Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel, Begrünung von Ackerflächen, umweltfreundliche Ausbringung von Wirtschaftsdünger und die Maßnahmen zum vorbeugenden Boden- und Gewässerschutz (vgl. BMLFUW, 2011c, 152).

Nach Vorschlag der europäischen Kommission zur Reform der gemeinsamen Agrarpolitik 2020 (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010, 10) wird auch nach Ende der Förderperiode 2013 die „Ökologisierung“ der Agrarsubventionen durch verstärkte Umweltmaßnahmen und Maßnahmen zur Entwicklung des ländlichen Raumes fortgesetzt. Somit kann es auch zu einer steigenden Bedeutung von Agrarumweltprogrammen in der GAP kommen.

4.3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Kapitel wurden die im Kontext „Grundwasserschutz und Landwirtschaft“ relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Vorgaben dargestellt. Es wurde dabei ersichtlich, dass das Wasserrecht auf europäischer und nationaler Ebene mittels verpflichtender und freiwilliger Maßnahmen sehr umfassend in vielen verschiedenen Bereichen geregelt ist. Abbildung 9 soll abschließend einen Überblick über die beschriebenen Maßnahmen und ihre Vernetzungen geben.

Trotz der weitreichenden Regelungen stellt der Stickstoff nach wie vor ein Problem für den Grundwasserschutz dar, das sich insbesondere in der Landwirtschaft bemerkbar macht. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dieser Problematik.

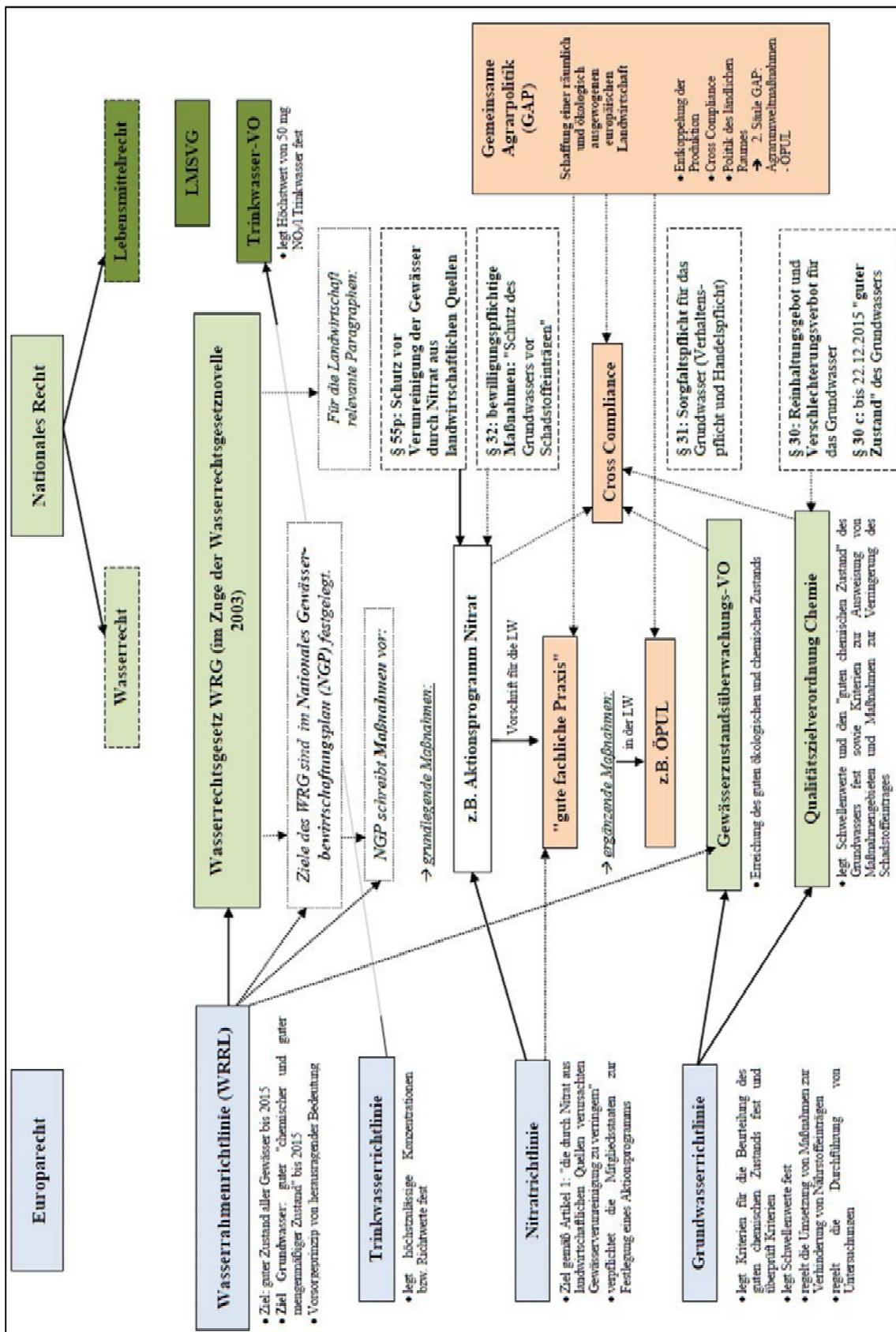


Abbildung 9: Grafische Darstellung des Kapitels 4 (eigene Darstellung)

5 Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft

Der Landwirt arbeitet in der Natur und mit der Natur. Die Landwirtschaft ist viel mehr als andere Branchen von den natürlichen Standortfaktoren Boden und Klima abhängig. Auch unter besonderer Berücksichtigung der Standortverhältnisse ist eine Landbewirtschaftung ohne Auswirkungen auf die natürlichen Lebensgrundlagen Boden, Wasser und Luft nicht möglich. Negative Auswirkungen müssen dabei aber so gering wie möglich gehalten werden (vgl. STMELF/STMLU, 1999, 3f). Die Landwirtschaft zählt neben dem Eintrag aus Siedlungsabwässern (undichte Senkgruben und Kanäle) oder Auslaugungen von alten Deponien, der Industrie und dem Verkehr zu den größten Emittenten von Stickstoff (vgl. BARUNKE, 2002, 4f).

Ziel dieses Kapitels ist eine umfassende Darstellung der Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft und des Spannungsfeldes Landwirtschaft und Gewässerschutz. Zunächst wird auf die besondere Bedeutung von Stickstoff in der Landwirtschaft eingegangen und die wichtigsten Komponenten des Stickstoffkreislaufes diskutiert. Im Anschluss werden Ursachen von Stickstoffeinträgen sowie Einflussfaktoren von Nitrateinträgen in das Grundwasser beschrieben, wobei besonderes Augenmerk auf dem Ackerland liegt.

5.1 Bedeutung von Stickstoff in der Landwirtschaft

Stickstoff ist ein wichtiger Nährstoff, der für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte unentbehrlich ist. Er ist in gebundener Form ein Baustein in Eiweißen und anderen biologisch wichtigen Molekülen, also ein unabdingbarer Nährstoff. Der durchschnittliche Gehalt in den Pflanzen beträgt 3 bis 4 Prozent. Er ist als der „Motor des Wachstums“ bekannt und hat von allen Nährstoffen die höchste Energieeffizienz. Ohne Stickstoff gäbe es keine grünen Pflanzen und kein Leben auf unserem Planeten (vgl. GALLER, 2007, 4).

Vor fast 100 Jahren ist es Fritz Haber und Carl Bosch gelungen, Mineralstickstoffdünger mit hohem Energieaufwand technisch zu produzieren (vgl. GALLER, 2007, 8). Die Erhöhung der Agrarproduktion und die Verbesserung der Welternährungssituation sind zu einem beträchtlichen Anteil auf die vermehrte Anwendung von Stickstoffdünger zurückzuführen. Die Landwirtschaft stellt dabei einen Teil des gesamten Stickstoffkreislaufes dar. Um den steigenden Nahrungsbedarf abzudecken, hat der Mensch mit der Entwicklung moderner Produktionsmethoden in den natürlichen Kreislauf eingegriffen. Die Produktivität der Landwirtschaft hat zwar kontinuierlich zugenommen – die Menge reaktiver

Stickstoffverbindungen in der Umwelt allerdings ebenso. Der Einsatz von Stickstoff ist über lange Zeit schneller gestiegen als der Entzug über die Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Dies hat zum Teil zu erhöhten Austragungen von Stickstoff in die Atmosphäre und in die Hydrosphäre geführt, woraus sich Auswirkungen auf die Umwelt ergeben (vgl. WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT, 1993, 1f).

Die Stickstoffdüngung ist eines der wichtigsten Instrumente des Landwirtes zur Steuerung des Pflanzenbestandes sowie der Ertrags- und Qualitätsbildung, sie nimmt daher unter den für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen eine Sonderstellung ein. Stickstoff unterliegt im Boden zahlreichen Ab-, Um- und Aufbauprozessen, die von vielen Faktoren wie Standort, Klima und Bewirtschaftung beeinflusst werden (vgl. LAD, 2010, 7). Die Pflanzen haben einen erheblich höheren Bedarf an Stickstoff als an anderen Nährelementen. Die erdnahe Atmosphäre besteht zu 78 Prozent aus elementarem Stickstoff in Form von N_2 . Das sind etwa 86.000 t Stickstoff in der Luft über jedem Hektar Land. Pflanzen können jedoch diesen Stickstoff aufgrund der starken Bindungskräfte zwischen den beiden Atomen eines N_2 -Moleküls nicht direkt nutzen. Die riesigen Vorräte an Luftstickstoff kann die Pflanze nicht direkt nutzen. Nur durch einige Pflanzenarten (Leguminosen), die eine Symbiose mit N-bindenden Mikroorganismen eingegangen sind, oder durch das technische Verfahren der Stickstoffsynthese (Haber-Bosch-Verfahren) kann Luftstickstoff in bedeutsamen Mengen in eine pflanzenverwertbare Form übergeführt werden (vgl. GALLER, 2007, 9).

5.2 Die Nährstoffbilanz in der Landwirtschaft

Eine Nährstoffbilanz in der Landwirtschaft stellt die Nährstoffzufuhr der Nährstoffabfuhr gegenüber. Ergebnis einer Nährstoffbilanzierung ist der Bilanzsaldo, der Aussagen über Austragungspotenziale zulässt: Ist der Bilanzsaldo null oder negativ, wurde ohne Überschüsse gewirtschaftet. Ist der Bilanzsaldo positiv (d.h. die Zufuhr größer als die Abfuhr mit der Ernte), sind in der Bewirtschaftung Nährstoffüberschüsse entstanden (vgl. AID INFODIENST, 2005, 25). Ein positiver Nährstoffsaldo stellt somit eine Schätzgröße für die gesamten, potentiell umweltbelastenden Nährstoffverluste dar, die an die Umwelt abgegeben werden (vgl. BARUNKE, 2002, 26). Zur Optimierung der Pflanzenproduktion und zur Vermeidung von Umweltproblemen durch die Düngung ist eine ausgeglichene Nährstoffbilanz erforderlich.

Grundsätzlich wird zwischen Betriebsbilanzen und Flächenbilanzen unterschieden. Betriebsbilanzen (wie etwa die Hoftorbilanz oder Feld-Stall-Bilanz) geben einen Überblick über den Stand des gesamtbetrieblichen Nährstoffmanagements. Dabei werden die Nährstoffflüsse im landwirtschaftlichen Betrieb dargestellt. An den Bilanzsalden ist zu erkennen, ob der Betrieb

insgesamt ausgeglichen mit Nährstoffen wirtschaftet. Nicht zu erkennen ist allerdings, ob auf einzelnen Schlägen des Betriebes hohe Überschüsse, vor allem durch Wirtschaftsdünger, entstehen. Flächenbilanzen (wie etwa die Schlagbilanz oder die Fruchtfolgebilanz) betrachten die Nährstoffflüsse eines Schlags (Bewirtschaftungseinheit) des landwirtschaftlichen Betriebes. Dabei kann auf den einzelnen Schlägen die Nährstoffbilanz für ein Jahr oder über mehrere Jahre (Fruchtfolgebilanz) dargestellt werden (vgl. AID INFODIENST, 2005, 26f).

Zu beachten ist allerdings für die Interpretation und den Vergleich von Nährstoffbilanzen, dass die Eingangsgrößen für die Bilanzrechnungen oft Schätzgrößen (Erträge, Ausbringungsmenge bei Wirtschaftsdüngern) und Faustzahlen (Nährstoffgehalte, Verluste) sind. Der Bilanzsaldo kann daher ebenfalls nur als Schätzwert gesehen werden. Bei Stickstoff kommt erschwerend hinzu, dass der Verbleib von Stickstoff-Überschüssen mit einfachen Methoden nicht erfasst werden kann. Für eine sachgerechte Beurteilung der potentiellen Belastung des Grundwassers durch Stickstoff sollte die Stickstoffbilanz jeweils jährlich ausgewertet werden, da wegen der leichten Verlagerung des Nitrates über die Dauer einer Fruchtfolge kein vollständiger Ausgleich zwischen Bilanzüberschüssen und –defiziten erfolgen kann (vgl. AID INFODIENST, 2005, 28f). Nachfolgende Abbildung 10 zeigt den Nährstoffkreislauf im landwirtschaftlichen Betrieb sowie auftretende Nährstoffverluste.

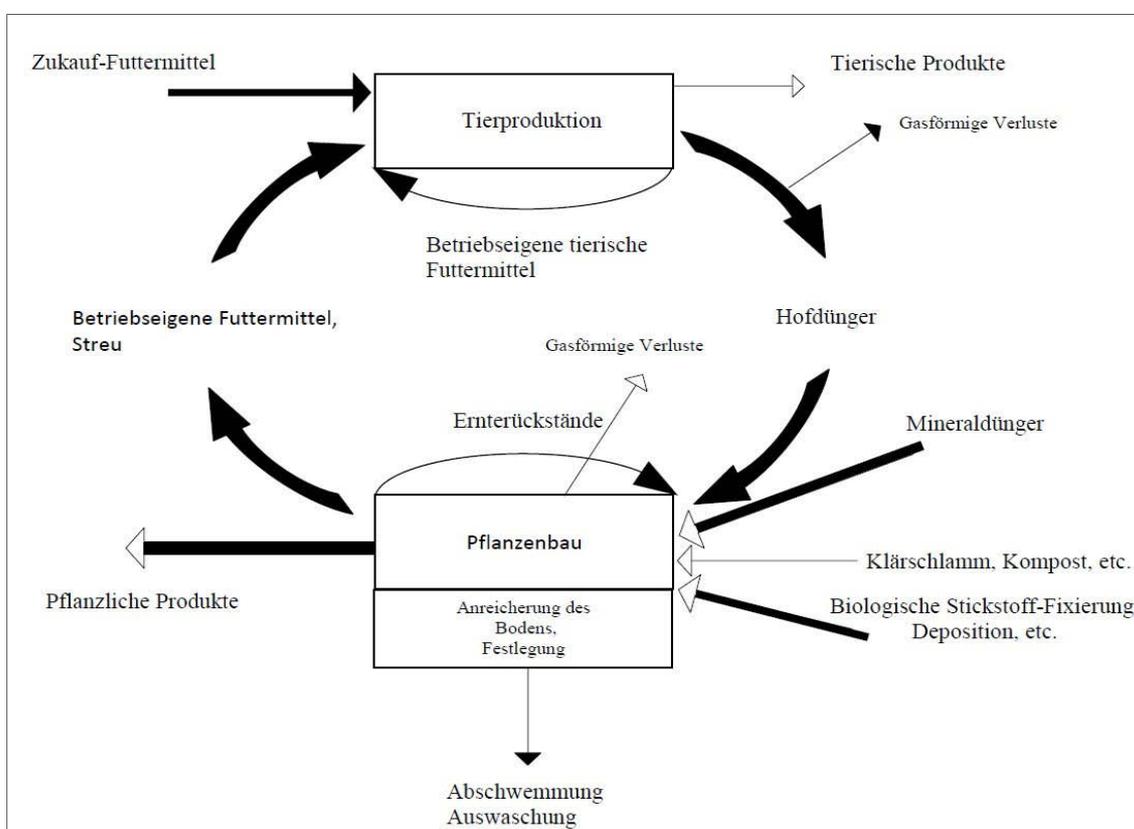


Abbildung 10: Nährstoffkreisläufe im landwirtschaftlichen Betrieb sowie auftretende Nährstoffverluste (eigene Darstellung nach LBL, 1994, s.p. in GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 2)

Die Bilanz für den Bodenstickstoff ergibt sich aus den Stickstoff-Gewinnen und Stickstoff-Verlusten. Zufuhren ergeben sich aus der mineralischen und organischen Düngung, Zufuhr über Niederschläge und der biologischen Stickstoff-Fixierung. Abfuhren bzw. Verluste entstehen durch Pflanzenentzug, Auswaschung, Entweichen gasförmiger Verbindungen (N_2 , Stickstoffoxide und Ammoniak) und durch Erosion (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2002, 307).

Defizite in der Nährstoffzufuhr sollten zunächst über betriebseigene organische Düngemittel (Mist, Jauche, Gülle) zugeführt werden. Diese Vorgehensweise trägt der Notwendigkeit Rechnung, die Nährstoffe in einem Kreislauf zu halten und sie wieder zu verwenden. Mit zunehmender Bedeutung nachwachsender Rohstoffe für die Energiegewinnung, z.B. in Form von Bioethanol, Biodiesel und Biogas, kommt den stickstoff- und phosphorhaltigen Reststoffen aus der Extraktion und Vergärung eine wichtige Bedeutung zu. Der Stickstoffbindung durch Leguminosen kommt angesichts der steigenden Stickstoffpreise eine immer höhere Bedeutung zu. Erst nach Ausschöpfung dieser Möglichkeiten und der Minimierung vermeidbarer Verluste sollte die mineralische Düngung genutzt werden, um Defizite in der Nährstoffbilanz auszugleichen (vgl. SCHUBERT, 2006, 187). Hohe und/oder zeitlich falsche Düngergaben resultieren in Nährstoffüberschüssen, welche nicht mit den Ernteprodukten vom Feld abgeführt werden. Sie gelangen über verschiedene Verlustwege in angrenzende Ökosysteme und belasten die Umwelt (vgl. GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 2).

Die Nährstoffabfuhren bzw. Verluste ergeben sich einerseits aus dem Entzug des Pflanzenbestandes und andererseits aus Verlusten durch Auswaschung, Erosion sowie Verluste in die Atmosphäre. Für eine optimale Berechnung der Düngung entsprechend dem Entzug der jeweiligen Kulturart unter Berücksichtigung der Ertragslage hat das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft die Richtlinie für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006, s.p.) herausgegeben. Andererseits können Verluste durch Auswaschung, Erosion, atmosphärische Verluste durch geeignete agronomische Maßnahmen (z.B. Fruchtfolge) weitgehend reduziert werden.

5.3 Stickstoffdynamik im Boden

Der Gehalt des Bodens an mineralischem Stickstoff ist im Laufe des Jahres, besonders aber während der Vegetation, großen Schwankungen unterworfen. Diese Dynamik von Stickstoff im Boden resultiert aus einer Vielzahl von Faktoren. Es sind dies zum einen die ökologischen Größen wie Bodenfeuchte, Bodentemperatur sowie die Durchlüftung des Bodens. Diese nehmen Einfluss auf die anderen Faktoren wie Freisetzung von organisch gebundenem

Stickstoff, Entweichen von gasförmigem Stickstoff, Stickstoffverluste durch Auswaschung und durch Erosion, biologische Bindung von Luftstickstoff oder der Nährstoffentzug durch die Pflanzen. Im Anschluss werden diese Faktoren näher erläutert, da sie unmittelbare Auswirkungen auf die Nitratgehalte im Grundwasser haben. Abbildung 11 veranschaulicht anhand des Stickstoffkreislaufes die verschiedenen Um- und Abbauprozesse im Boden.

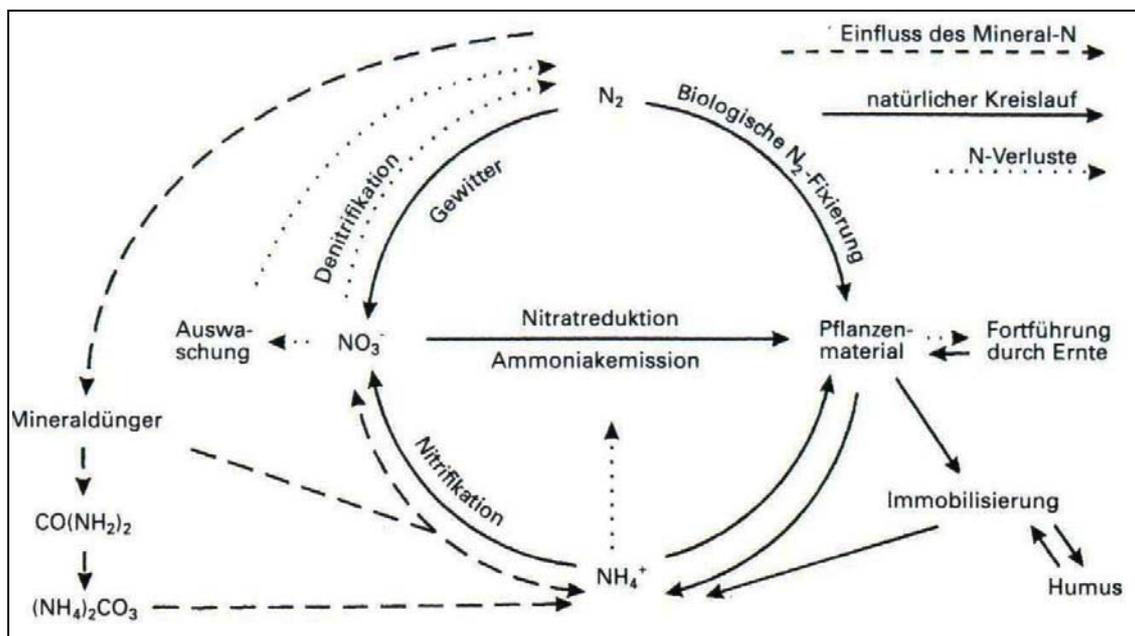


Abbildung 11: Stickstoffkreislauf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (SCHILLING, 2000, 257)

5.3.1 Stickstoffumbau im Boden – Stickstoffmobilisierung und -immobilisierung

5.3.1.1 Stickstoffmobilisierung oder Mineralisierung

Der Gesamtstickstoffvorrat von Mineralböden stellt eine große Stickstoffreserve dar. Im gemäßigt-humiden Klima beträgt er meist zwischen 0,1 und 0,2 Prozent. Er ist abhängig vom Standort und von der Bodennutzung und beträgt bei mittlerer Lagerungsdichte und einer Ackerkrume von 30 cm Mächtigkeit 4.500 bis 9.000 Kilogramm Stickstoff je Hektar (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2002, 305f). Stickstoff kommt im Oberboden zu etwa 90 - 95 Prozent in organischer Form vor und zu nur 5 - 10 Prozent in anorganischer. Der organisch gebundene Stickstoff hat sich aus abgestorbenen Pflanzen und Lebewesen durch ständigen Umbau mittels Mikroorganismen gebildet. Dieser Stickstoff wird jährlich zu einem Anteil von 1 – 3 Prozent mobilisiert. Diese Mobilisierung von Stickstoff wird auch als Stickstoffmineralisierung bezeichnet. Die Stickstoffmineralisierung ist ein komplexer Prozess, der durch verschiedene Faktoren wie Bodentemperatur und -feuchtigkeit, Sauerstoffangebot, C/N-Verhältnis und verfügbare organische Substanz bestimmt wird (vgl. OEHMICHEN, 1983, 348). Sie besteht aus zwei Teilprozessen: der Ammonifikation und der Nitrifikation. Bei der Ammonifikation werden stickstoffhaltige organische Verbindungen von einem breiten

Spektrum von Mikroorganismen zu Ammonium (NH_4) abgebaut. Im zweiten Schritt, bei der Nitrifikation, wird NH_4 durch die Bodenbakterien *Nitrosomonas* zu Nitrit (NO_2^-) und durch *Nitrobacter* zu Nitrat (NO_3^-) umgewandelt (vgl. SCHILLING, 2000, 259).

Die jährliche Mineralisierungsrate ist besonders von den Standortbedingungen und von der Art der Bodennutzung und der Bodenbearbeitung abhängig. Sie beträgt auf Mineralböden 1 - 3 Prozent des organisch gebundenen Stickstoffs. Dies kann 20 – 150 kg Stickstoff pro ha und Jahr ausmachen, wobei nach einem Grünlandumbruch Werte bis zu 250 kg Stickstoff pro ha und Jahr erreicht werden können. Unabhängig vom Ertragsniveau wird mit zunehmender Tiefe und Intensität der Bodenbearbeitung die N-Mineralisierung beschleunigt (vgl. OEHMICHEN, 1983, 348).

Im Rahmen der Bodenbearbeitung werden durch die Lockerung des Bodens die Umwandlungsprozesse und die daraus folgenden Verluste von Stickstoff gefördert, da höhere Sauerstoffgehalte in der Bodenluft das Bodenleben anregen. Stickstoff in Nitratform ist sehr beweglich und kann relativ schnell aus dem Wurzelbereich verlagert werden und ist damit für die Pflanzen nicht mehr verfügbar (vgl. KNITTEL/ALBERT, 2003, 30).

5.3.1.2 Immobilisierung

Bei der Immobilisierung wird pflanzenverfügbarer Stickstoff in organisch gebundenen Stickstoff umgesetzt und wirkt somit der Mineralisierung entgegen. Dabei wird hauptsächlich Ammonium-Stickstoff (NH_4^+) von den Mikroorganismen aus dem Boden aufgenommen und für den Aufbau von Körpereiwweiß verbraucht oder durch den Einbau in Huminstoffen festgelegt. Der auf diese Weise festgelegte Stickstoff ist für die Pflanzen nicht verfügbar. Erst nach dem Absterben der Organismen kann der Stickstoff durch Mineralisierung wieder freigesetzt werden. Die Festlegung im Mikrobeneiwweiß dauert einige Monate an, beim Einbau in Huminstoffe kann der Stickstoff über mehrere Jahre hinweg fixiert werden (vgl. OEHMICHEN, 1983, 350).

Der Prozess der Immobilisierung entzieht dem Boden vor allem dann Stickstoffverbindungen, wenn kohlenstoffreiches (C) aber stickstoffarmes (N) organisches Material im Boden abgebaut wird. Unter diesen für die Mikroben günstigen Verhältnissen kommt es aufgrund der hohen Kohlenstoffquelle zu einer starken Entwicklung der Bodenorganismen. Aufgrund des zu geringen Angebots an Stickstoff wird zum Aufbau von Körpersubstanz auf die Stickstoffverbindungen im Boden zurückgegriffen. Dies kann besonders bei der Zufuhr von organischer Substanz mit weitem C/N-Verhältnis passieren wie etwa bei Getreidestroh (40 - 100:1). Hier empfiehlt es sich, durch Zugabe von N-Dünger wie Gülle oder mineralische Dünger Stickstoff dem Boden zuzuführen, um einen Stickstoffmangel bei den Kulturpflanzen

zu vermeiden. Im Gegensatz dazu haben Stallmist und grüne Pflanzensubstanz ein sehr günstiges C/N-Verhältnis von ca. 18:1 (vgl. SCHILLING, 2000, 260f).

5.3.2 Atmosphärische Stickstoffverlagerung

Umweltrelevante gasförmige Austräge in die Atmosphäre aus der Landwirtschaft treten vor allem bei Ammoniak (NH_3), Distickstoffoxid (N_2O), Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) auf. Hinsichtlich der direkten Gewässergefährdung sind jedoch nur NH_3 -Austräge bedeutsam. Im Boden treten auch Nitratverluste durch mikrobielle Umwandlung von Nitrat in elementaren Stickstoff oder Stickstoffoxide (N_2O , NOX) auf.

5.3.2.1 Ammoniakausgasung

Für die NH_3 -Emissionen ist vor allem der tierische Wirtschaftsdünger verantwortlich, weniger der mineralische Stickstoffdünger. Landwirtschaftliche NH_3 -Emissionen treten bei der Viehhaltung, der Lagerung von Wirtschaftsdünger und der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern auf.

Bereits in der Tierhaltung kann Einfluss genommen werden auf die Stickstoffüberschüsse. Die Tierproduktion weist nur eine geringe Nährstoffeffizienz auf, etwa 84 Prozent der eingesetzten Stickstoffverbindungen gehen verloren. Durch gezielte Fütterungsmaßnahmen wie etwa Absenkung des Rohproteingehaltes im Mischfutter bei Rindern, Phasenfütterung bei Zuchtschweinen oder Reduzierung des teilweise überhöhten Eiweißgehaltes im Mastschweinefutter lässt sich die Nährstoffverwertung verbessern und der N-Gehalt im Wirtschaftsdünger verringern. Besonders in der Schweinehaltung lassen sich durch stickstoffreduzierte Fütterung Einsparungen in den N-Ausscheidungen von 15 – 30 Prozent erzielen (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 115).

Im Rahmen der Ausbringung können die Verluste bei der Ausbringung von Flüssigmist mit etwa 1 Prozent sehr gering sein, beispielsweise bei Bodeninjektion. Bei ungünstigen Bedingungen wie etwa einer oberflächlichen Ausbringung auf Getreidestoppeln können die Verluste auf bis zu 95 Prozent ansteigen. Durch schnelle Einarbeitung des flüssigen Wirtschaftsdüngers, Vermeidung der Ausbringung bei trocken-heißer Witterung, geringer Niederschlagswahrscheinlichkeit oder starkem Wind lassen sich die Ammoniakverluste stark reduzieren (vgl. KRAYL, 1993, 12f).

5.3.2.2 Denitrifikation

Unter Denitrifikation versteht man die mikrobielle Umwandlung von Nitratstickstoff zu molekularem Stickstoff (N_2) bzw. zu Stickstoffoxiden (N_2O , NO_x). Gemäß OEHMICHEN (1993, 351) sind besonders Böden mit hohem Gehalt an leicht mineralisierbarer Substanz betroffen. Dieser Vorgang findet vor allem in feuchten, verdichteten Böden mit ungünstigem Luft-Wasserverhältnis bei einem Temperaturoptimum von 15 bis 30 Grad Celsius statt. In Abhängigkeit von den Standortbedingungen können die Stickstoffverluste des Bodens durch Denitrifikation höher sein als durch Auswaschung (vgl. KRAYL, 1993, 13). Untersuchungen auf verschiedenen europäischen Standorten haben ergeben, dass die Jahresverluste von N_2O -Stickstoff bis zu 6,58 kg je ha und von N_2 -Stickstoff bis zu 10,63 kg je ha betragen können (vgl. SCHILLING, 2000, 262).

5.3.3 Stickstoffausträge aus dem Boden – Auswaschung

Nitratüberschüsse im Boden infolge von Mineralisation oder überhöhter und zum falschen Zeitpunkt ausgebrachter Düngung können mit dem Sickerwasser ins Grundwasser ausgewaschen werden. Neben dem Stickstoffüberschuss ist der Nitratreintrag in das Grundwasser im Wesentlichen abhängig von der Beschaffenheit der Vegetationsdecke, der Bodenart, der Grundwasserneubildung und dem Grundwasserstand. Eine besonders starke Gefährdung des Grundwassers besteht im Winter, da dem nahezu fehlenden Stickstoffentzug durch Pflanzen eine erhöhte Grundwasserneubildung gegenübersteht (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 82). Im Spätherbst ausgebrachte Gülle führt daher zu einer überhöhten Belastung des Grundwassers an Nitrat.

In Kapitel 5.5 werden verschiedene Einflussfaktoren hinsichtlich der Nitratauswaschung in das Grundwasser im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Ackerland näher beleuchtet.

5.3.4 Nährstoffverluste durch Erosion

Ein unbedeckter Boden ist der Energie von Wasser ungeschützt ausgesetzt, so dass bei starken Niederschlagsereignissen Bodenerosion und damit ein Bodenverlust auftritt. Die direkte Folge ist eine Verringerung der Bodenmächtigkeit und ein Verlust des nährstoffreichen, humushaltigen Oberbodens, der maßgeblich für die landwirtschaftlichen Erträge ist (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011a, 42). Der entscheidende Faktor für das Ausmaß der Bodenerosion ist die landwirtschaftliche Nutzung. Die Kommassierungen der Ackerflächen, der Umbruch von Grünland, die Ausweitung der Kulturarten mit später und unvollständiger Bodenbedeckung (Hackfrüchte wie Rüben und Mais), die Intensivierung der Bodenbearbeitung und die zunehmende Belastung durch schwere Maschinen haben dazu geführt, dass die Bodenerosion

und die Bodenverdichtung zugenommen haben (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 130f). Die Bodenerosion bewirkt durch Verlagerung und Austragung der Bodenpartikel und der daran gebundenen Nährstoffe eine Minderung der Bodenfruchtbarkeit und trägt dadurch zur Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) der Gewässer bei. Bei fortschreitender Erosion tritt zunehmende Flachgründigkeit verbunden mit verringerter Wasserkapazität und Verschlechterung der Krümelbildung ein. Ein Boden mit begrenzter Krümelstabilität verschlämmt leicht. Ein verschlämmter Boden behindert die Versickerung von Regenwasser und begünstigt den oberflächlichen Wasserabfluss. Zudem führen Bodenerosion und Bodenverdichtung zu einer nachlassenden Filterkapazität des Bodens und damit zu einer Verschlechterung der Qualität des neu gebildeten Grundwassers (vgl. OEHMICHEN, 1983, 19ff).

5.3.5 Biologische Bindung von Luftstickstoff

Höhere entwickelte Pflanzen können den atmosphärischen Luftstickstoff (N_2) nicht direkt nutzen. Nur bestimmte Prokaryoten (Bakterien) sind in der Lage N_2 zu fixieren. Man unterscheidet dabei frei im Boden lebende und in Symbiose mit höheren Pflanzen lebende Mikroorganismen. Diese Bodenorganismen haben die Fähigkeit, das Enzym Nitrogenase zu synthetisieren und damit in mehreren Schritten Luftstickstoff zu NH_3 umzubauen (vgl. SCHUBERT, 2006, 116).

Frei im Boden lebende Stickstoffbinder können in der Regel nur sehr wenig Stickstoff binden. Bedeutsamer ist die Stickstoff-Bindung durch symbiotische Mikroorganismen. Die landwirtschaftlich wichtigste N_2 -fixierende Symbiose ist diejenige zwischen Leguminosen (Hülsenfrüchtler) und Rhizobien (Knöllchenbakterien). Dabei erhalten die Bakterien von der Pflanze Kohlenhydrate, Mineralstoffe und Wirkstoffe und liefern für sie NH_3 . Zur Bindung von 250 mg Luftstickstoff benötigen sie etwa 1g Kohlenhydrate (vgl. OEHMICHEN, 1983, 352). Die durch Leguminosen symbiotisch fixierte Stickstoffmenge wird im Mittel wie folgt geschätzt: bei Soja 100 kg/ha und Jahr, bei Erbsen 120 kg/ha und Jahr, bei Ackerbohnen 150 kg/ha und Jahr, bei Rotklee 170 kg/ha und Jahr und bei Luzerne 225 kg/ha und Jahr. Eine Schätzung ist deshalb nur möglich, weil die fixierte N-Menge durch verschiedene Faktoren wie Einstrahlung, Niederschlag, Temperatur und Nährstoffmangel der Pflanze beeinflusst wird (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2002, 313).

Die durch Leguminosen gebundenen und zum Teil sehr hohen Stickstoffmengen müssen im Boden gebunden werden, um nicht Gefahr zu laufen, in das Grundwasser ausgewaschen zu werden. Durch eine Reihe von ackerbaulichen Maßnahmen ist es möglich, die Verluste zu minimieren. Dazu zählen neben anderen die Extensivierung der Bodenbearbeitung, frühe Aussaat von nachfolgenden Hauptkulturen, Zwischenfruchtanbau, Verschiebung des

Umbruchzeitpunktes bei Feldfutterbau (Klee gras) auf den Spätherbst oder Winter und Verzicht auf die Wirtschaftsdüngerausbringung zum Umbruch (vgl. DABBERT/PIOR, 1999, 289f).

5.3.6 Stickstoffentzug durch die Pflanze

Aus ökologischer und ökonomischer Sicht muss auf das Stickstoffmanagement bei landwirtschaftlicher Nutzung ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Zu hohe Stickstoffgaben können zu Mindererträgen und Qualitätseinbußen führen und die Auswaschungsgefahr steigt. Eine zu geringe Zufuhr kann hingegen das mögliche Ertragspotential der Pflanze nicht ausnutzen (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2002, 314). Es ist daher eine möglichst genaue Bemessung des Stickstoffbedarfs nach den Entzugszahlen der Pflanzen notwendig.

Der Gesamtbedarf an Stickstoff ist im Wesentlichen von der Kultur und deren Ertragsniveau abhängig. Hinzu kommen Einflüsse wie Witterung, Standorteigenschaften, Bewirtschaftungsweisen, Vorfrucht und Nährstoffgehalte der Böden, die auf die Höhe des Stickstoffbedarfs einwirken (vgl. BMLFUW, 2006, 15). Die Ermittlung des Stickstoffbedarfs einer Kultur kann nach verschiedenen Methoden erfolgen: nach Faustzahlen und Erfahrungswerten, nach Boden- und Pflanzenanalysen, nach Entzugswerten und nach Pflanzenversuchen. Letztere Methode erscheint am sichersten, jedoch ist diese langwierig und aufwändig, weshalb meist erstere zur Anwendung gelangt (vgl. OEHMICHEN, 1983, 328). Die Bemessung der Stickstoffdüngung erfolgt daher meist auf Basis von Richtwerten, die anhand von Feldversuchen unter Berücksichtigung des Pflanzenentzuges erstellt wurden. Hierbei können nach Erfahrungen des Landwirtes und in Abhängigkeit von den Standortbedingungen (Ertragslage) Zu- und Abschläge berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung der Stickstoff-Nachlieferung aus dem Boden (Mineralisierung) lässt sich die zu düngende Stickstoffdüngermenge ermitteln (vgl. BMLFUW, 2006, 22).

Je nach Ertragslage und Pflanzenart ist mit unterschiedlichen Stickstoffentzügen zu kalkulieren. Im Gegensatz zum Stickstoffbedarf gibt der Entzug nur jene Nährstoffmenge an, welche mit den Erntemengen dem Boden entzogen und fortgeschafft wird. Der Gesamtbedarf an Stickstoff ist für die Pflanzenentwicklung notwendig, die Differenz an Bedarf und Entzug – Vegetationsrückstände wie Stroh, Rübenblatt, Wurzelmasse, etc. – verbleibt am Standort und geht in den Nährstoffkreislauf wieder ein (vgl. OEHMICHEN, 1983, 329).

5.4 Stickstoffüberschüsse – eine Gefahr für die Umwelt

Wie in Kapitel 5.3 gezeigt wurde, ist Stickstoff für das Pflanzenwachstum unentbehrlich. Es werden dabei Nährstoffe wie Stickstoff dem Boden entzogen und müssen wieder ersetzt werden. Die entzogenen Nährstoffe werden einerseits durch stickstoffhaltige Mineraldünger ergänzt. Andererseits gelangt Wirtschaftsdünger in Form von Stallmist, Jauche und Gülle besonders in Regionen mit hohem Tierbesatz zum Einsatz. Dabei kann es bei übermäßigen und nicht ordnungsgemäßen Einsatz des Düngers zu negativen Folgen für die Umwelt kommen, die zu Verunreinigungen von Wasser, Luft und Boden führen können. Diese Eintragungspfade in andere Ökosysteme sind bei Stickstoff vor allem Nitratauswaschung in das Grundwasser sowie Ammoniakabgasung und Lachgasemissionen in die Luft (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, s.a, s.p.).

Überschüsse an Stickstoff im Boden, die nicht von den Pflanzen aufgenommen werden, können leicht in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Bei hohen Niederschlägen besteht die Gefahr, dass Stickstoff und insbesondere das sehr leichtlösliche Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen wird oder in das Oberflächenwasser abfließt (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011d, 45). Der im Grundwasser in Form von Nitraten vorhandene Stickstoff kann sich in hohen Konzentrationen negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Neben der Gesundheitsgefährdung sind Nitratbelastungen des Grundwassers auch unter ökologischen Aspekten bedenklich, da sie zur Eutrophierung der Gewässer beitragen. Annähernd 2/3 der diffusen Stickstoffeinträge in die Fließgewässer erfolgen über das Grundwasser. Besonders Flüsse mit geringer Fließgeschwindigkeit, Seen oder Stauseen neigen bei einem Überangebot an Nährstoffen zu erhöhtem Algenwuchs. Dadurch erschöpft sich der Sauerstoffvorrat im Gewässer und diese werden für Lebewesen unbrauchbar und nicht mehr genießbar (vgl. GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 4).

Umweltrelevante Nährstoffausträge aus der Landwirtschaft in die Atmosphäre betreffen vor allem das Element Stickstoff. Mit rund 93 Prozent der Ammoniakemissionen (NH_3) entstammt dieser Luftschadstoff überwiegend aus dem landwirtschaftlichen Sektor. Ammoniak (NH_3) entsteht hauptsächlich bei der Viehhaltung, beim Abbau von organischem und mineralischem Dünger sowie bei der Lagerung von Gülle. Im Jahr 2009 wurden in Österreich rund 63.200 Tonnen Ammoniak emittiert. Die Höchstmenge ist gemäß Emissionshöchstmengengesetz-Luft ab 2010 mit 66.000 Tonnen festgelegt (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011b, 76f). Ammoniakverluste in die Atmosphäre gelangen durch Deposition über Wind in andere Ökosysteme. Die chemische Umwandlung von Ammoniak zu Nitrat im Boden führt zur Bodenversauerung und einer erheblichen Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, vor allem durch

eine Beeinträchtigung des Bodenlebens, Verlust der Pufferkapazität des Bodens (Neutralisierung von Säure) und Verlust von Pflanzennährstoffen. Die Bodenversauerung hat zudem negative Auswirkungen auf die Wasserqualität und somit auch auf den Lebensraum Wasser, auf das Grundwasser und letztlich auf die Trinkwasserversorgung (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, s.a., s.p.).

Die Landwirtschaft ist mit etwa 74 Prozent der gesamten Distickstoffmonoxidemissionen (N_2O , Lachgas) der Hauptverursacher der anthropogenen N_2O -Emissionen. Von 1990 bis 2009 konnten die N_2O -Emissionen um 12,6 Prozent gesenkt werden, im Jahr 2009 wurden 17.500 Tonnen Lachgas emittiert (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011b, 56). Das Lachgas ist ein klimawirksames Gas. Die tatsächlichen Emissionen sind gering, jedoch ist die Treibhausgaswirksamkeit, der Index eines Treibhausgases in Relation zu Kohlendioxid (CO_2), 310 mal höher als jenes von CO_2 (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2011c, 30). Lachgas entsteht als Zwischenprodukt durch Reduktion von Nitrat (Denitrifikation) zu gasförmigen Stickstoff mithilfe von Bakterien bei Abwesenheit von Sauerstoff. Böden mit schlechter Wasserführung und unzureichender Belüftung sind besonders anfällig. Die größte Emissionsquelle ist die Düngung mit mineralischen Stickstoffdüngern oder Wirtschaftsdünger. Eine weitere Emissionsquelle stellt die Verrottung von Ernterückständen am Feld dar. Auch bei der Lagerung von Mist oder Gülle wird je nach Art des Lagersystems und Dauer der Lagerung N_2O freigesetzt (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, s.s., s.p.).

5.5 Einflussfaktoren der Nitratauswaschung in das Grundwasser im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Ackerland

Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion wie die flächenunabhängige Tierhaltung, die regionale Konzentration der Tierhaltung, die Verengung von Fruchtfolgen, der Grünlandumbruch und die Intensivierung der Pflanzenproduktion haben in den letzten Jahrzehnten zu Grundwasserbelastungen geführt (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER 1995, 8). Die Ursachen für das Auftreten bzw. den Anstieg der Stickstoffbilanzüberschüsse in der Landwirtschaft liegen in einer Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsmethoden (vgl. WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT, 1993, 7f). Die wichtigsten direkten Gefährdungen der Grundwasserqualität, insbesondere durch flächenhafte Einträge von Nitrat in das Grundwasser, gehen fast ausnahmslos auf anthropogene Ursachen zurück. Die Quellen der Nitratbelastung lassen sich in zwei Gruppen einteilen (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 69f):

- örtlich eng begrenzte, punktuelle Belastungsquellen (undichte Kanalisation, Mülldeponien, Gülle- und Silagelagerung)

- großflächige, diffuse Belastungsquellen (landwirtschaftliche Bodennutzung, Niederschläge mit Luftverunreinigungen)

Von Bedeutung sind insbesondere die diffusen Einträge ins Grundwasser, bei denen die Landwirtschaft der Hauptverursacher ist. Punktuelle Einträge von Nitrat aus der Landwirtschaft und anderen Verursacherbereichen sind bei lokaler Relevanz insgesamt von untergeordneter Bedeutung.

Grundwasser enthält von Natur aus bis zu 10 mg NO₃ je Liter. Diese Grundbelastung hat sich in den letzten Jahrzehnten besonders in den gefährdeten Grundwassergebieten deutlich erhöht. Eine wesentliche Ursache ist in nicht bedarfs- und zeitgerechten Stickstoffgaben von Mineral- und Wirtschaftsdünger zu sehen. Deshalb finden sich gerade in Gebieten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung oder Gebieten mit einem großen Nutztierviehbestand sehr hohe Nitratkonzentrationen (vgl. AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG, 2009, 1).

Der Nährstoffkreislauf des Grünlandes unterscheidet sich aufgrund fehlender Bodenbearbeitung und ganzjähriger Bodenbedeckung mit überwiegend langlebigen Pflanzenarten stark vom Nährstoffhaushalt des Ackerlandes. Das Risiko der Nitratauswaschung gestaltet sich daher am Ackerland wesentlich höher. Aus diesem Grund wird besonderer Bezug auf die Ackerwirtschaft genommen.

Die hohe Nitratbelastung im Grundwasser von Gebieten mit intensivem Ackerbau, Sonderkulturen und intensiver Tierhaltung wird allgemein auf die landwirtschaftliche Bodennutzung zurückgeführt. Die Zusammenhänge zwischen Bodenbewirtschaftung und Nitratbelastung sind sehr komplex und von verschiedenen Faktoren abhängig. Von Bedeutung für die Nitratauswaschung sind vor allem Bodenart- und Bodentyp, Witterung, Niederschlagsmengen, Grundwasserstand, Art und Zeitpunkt der Düngung, Bewuchs, Mächtigkeit der Wurzelzone und Bodenbearbeitung. Im konkreten Einzelfall lässt sich daher eine bestimmte Nitratbelastung nur selten auf eine bestimmte Bewirtschaftungsmaßnahme zurückführen (vgl. BURBERG/SIEDHOFF/WIEMERS 1990, 4f). Im Folgenden sollen die wichtigsten Einflussfaktoren der Nitratverlagerung vom Wurzelraum zur Grundwasseroberfläche beschrieben werden.

5.5.1 Boden (Bodenart, Tiefgründigkeit, Wasserhaltevermögen)

Aufgrund seiner Bedeutung für die Lebensmittel- und Biomasseproduktion, seiner Reinigungsleistung für Grundwasser, Nahrungskette und Atmosphäre sowie seiner Lebensraumfunktion für zahlreiche Organismen ist das Schutzgut Boden als kostbares Gut anzusehen (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT 2011, 18). Er ist für die Pflanzen Lieferant und

Vermittler von Nährstoffen und Wasser, aber auch Medium, in dem die Wurzeln sich ausbreiten können. Je tiefgründiger ein Standort ist, desto größer ist das durchwurzelbare Bodenvolumen und desto mehr Nährstoffe können aufgenommen werden. Der Boden ist ein Gemisch von Bodenteilchen unterschiedlicher Größe, die als Sand, Schluff oder Ton bezeichnet werden. Je nach Zusammensetzung der verschiedenen Korngrößen spricht man dann von einem Sand-, Lehm- oder Tonboden (vgl. KNITTEL/ALBERT 2003, 22f). Diese Korngrößenverteilung, auch Bodentextur genannt, beeinflusst die Porenverhältnisse und damit die Bereitstellung von Wasser und Luft im Wurzelraum. Sandböden haben eine gute Durchlüftung, aber ein geringes Nährstoffpotential und eine geringe Wasserspeicherkapazität. Aufgrund des Wassermangels und dadurch geringer entwickelten Wurzelvolumens können die Pflanzen nur einen Teil der Nährstoffe verwerten. Das Risiko der Auswaschung von Nährstoffen ist höher. Tonböden hingegen haben viele wasserhaltende Poren, aber zu wenig Luft im Wurzelraum. Die Nährstoffbindung in diesen Böden ist groß, aufgrund der schlechteren Durchlüftung werden die Entwicklung der Pflanze und damit die Aufnahmefähigkeit von Nährstoffen gehemmt. Diese Zusammenhänge zeigen, dass die Landbewirtschaftung sich an den Eigenschaften des Standortes orientieren muss (vgl. SCHILLING, 2000, 240).

Neben der Bodentextur ist die Organische Bodensubstanz (Humus) von entscheidender Bedeutung für alle Bodeneigenschaften und -funktionen. Der Humus wirkt Bodengefügeschaffend und -stabilisierend, dadurch beeinflusst er wesentlich den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens. Die Durchlüftung des Bodens, die Wasserspeicherfähigkeit und die Speicherfähigkeit von Nährstoffen wird bei optimaler Humusversorgung nachhaltig verbessert (vgl. LFL, 2007, 13). Der Humusgehalt im Boden beeinflusst somit die Geschwindigkeit der Auswaschung. Bei gleicher Sickerwassermenge und sonst gleichen Bedingungen erreichen die verlagerten Stoffe eine bestimmte Tiefe umso später, je höher die Feldkapazität und damit das Wasserspeichervermögen des Bodens sind. Bei Böden hoher Feldkapazität können daher im Profil auch mehrere Maxima an leicht löslichen Nährstoffen auftreten, die verschiedenen Jahren zuzuordnen sind und für die Nährstoffversorgung der Pflanzen von Bedeutung sein können (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2002, 277).

5.5.2 Klima (Niederschlagsmenge und -verteilung, Temperatur, Verdunstung)

Witterungseinflüsse haben eine wichtige Bedeutung im Hinblick auf die Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten und damit eine mögliche Auswaschung in das Grundwasser. Im Winterhalbjahr wird der Nitratreintrag weitgehend durch die in Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe entstehenden Sickerwassermengen (Grundwasserneubildung) bestimmt. Etwa drei Viertel des gesamten Nitratreintrages unter einem Meter Bodentiefe erfolgt aufgrund der fehlenden oder geringen Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen im Winterhalbjahr. Im

Sommer besteht dagegen eine erhöhte Auswaschungsgefahr bei starkem Gewitterregen. Ein besonderes Problem ergibt sich bei spätschließenden Reihenkulturen (z.B. Zuckerrübe, Mais). Bei hohen Niederschlagsmengen im Frühjahr besteht vor allem auf hängigen Standorten die Gefahr von Nitratauswaschung und oberflächiger Nährstoffabfuhr durch Bodenerosion (vgl. MEINHARDT 1991, 17). Wie in Kapitel 3.3.3 bereits erwähnt, sind es auch klimatische Faktoren wie Niederschlagshöhe und jahreszeitliche Niederschlagsverteilung, die die Grundwassererneuerung bestimmen und kurzfristige Schwankungen der Nitratgehalte im Grundwasser verursachen.

5.5.3 Bodennutzung (Fruchtfolge, Durchwurzelung, Zwischenfruchtanbau)

Jede landwirtschaftliche Bodennutzung ist grundsätzlich, auch bei Düngung nach guter fachlicher Praxis, mit N-Verlusten verbunden. Sie hängt von vielen Faktoren ab, die unmittelbar durch die Landbewirtschaftung beeinflusst wird. Dazu gehören eine ausgewogene Fruchtfolge, standortgerechte Nutzung von Ackerland, ein gut entwickelter Pflanzenbestand mit entsprechendem Durchwurzelungsvermögen und ganzjährige Bodenbedeckung durch Anbau von Zwischenfrüchten.

Fruchtfolgen bilden die Grundlage des Ackerbaues und beeinflussen über ihre Fruchtfolgeglieder mögliche Stoffausträge in die Gewässer. Anzustreben ist daher eine standortgerechte Auswahl von Kulturarten mit einer möglichst ständigen Bodenbedeckung (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIß, 1999, 58). Ein Hauptproblem der heutigen Form der Landbewirtschaftung besteht in der Artenverarmung in den Fruchtfolgen und der sich daraus ergebenden Dominanz weniger Arten. Bei Fruchtfolgen mit geringer Winterbedeckung, wie etwa hoher Maisanteil mit geringem Wintergetreide- und Zwischenfruchtanbau, liegt ein erheblicher Anteil der Ackerfläche von der Ernte im Herbst bis zum Anbau im Frühjahr ohne Bewuchs. Mehrere Monate steht dabei einem kontinuierlichen Angebot von pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden kein nennenswerter Entzug durch die Pflanzen gegenüber. Je länger eine Wuchszeit einer Fruchtfolge demnach ist, desto geringer ist das Risiko einer N-Auswaschung (vgl. BURBERG/SIEDHOFF/WIEMERS, 1990, 5). Besonders hoch und langanhaltend ist die Stickstoffnachlieferung nach Umbruch von Grünland. Auch nach mehrjährigen Futter- oder Stilllegungsflächen mit Leguminosen (Klee gras, Luzerne gras) ist mit einer höheren Mineralisierungsrate zu rechnen (vgl. STMELF/STMLU, 1999, 16).

Zwischenfrüchte können die N-Auswaschung über die Wintermonate deutlich verringern. Jedoch verringern nur dichte Zwischenfruchtbestände die N-Auswaschungsverluste wesentlich. Zu spät gesäte Bestände mit einem zu geringen Aufwuchs entwickeln zu geringe Pflanzen- und Wurzelmasse, um genügend Stickstoff anreichern zu können. Wird zu einer Spätsaat noch

Wirtschaftsdünger ausgebracht, kann das N-Auswaschungsrisiko noch ansteigen. Spät gesäeter Winterweizen etwa (im November oder Dezember) vermag aufgrund des zu geringen Entwicklungsstandes ebenso wenig Stickstoff aus dem Boden binden (vgl. FELDWISCH, 1999, 108f).

5.5.4 Düngemanagement (Form, Menge, Zeitpunkt und Ausbringungstechnik)

Stickstoffbilanzrechnungen der vergangenen Jahre zeigen eine im Vergleich zu den Ernteentzügen überproportionale Nährstoffzufuhr mit Handelsdüngern und wirtschaftseigenen Düngemitteln. Pflanzenbauliche Untersuchungen zeigen jedoch, dass hohe Erträge keine Überdüngung erfordern. Wichtig ist daher eine am Ertragsniveau ausgerichtete entzugsorientierte Düngung. Die Problematik der Düngung in der Praxis liegt oft darin, dass die Bemessung der Stickstoff-Menge, die Platzierung und die Terminierung zu wenig am Bedarf der Pflanze ausgerichtet werden (vgl. MAIDL, 1991, 84). Zu beachten gilt aber in diesem Zusammenhang, dass die Berechnungen des möglicherweise zu hohen Düngerniveaus ex post stattfinden, während die Landwirte ihre Düngungsplanung ex ante vornehmen müssen. Dabei gehen sie von einer standorttypischen Ertragserwartung aus, die sich in Abhängigkeit von den späteren Wetterverhältnissen als für dieses Jahr unrealistisch herausstellen kann. In diesem Fall erscheint die gewählte Düngermenge zu hoch, doch wäre es für den Landwirt nicht sinnvoll gewesen, seine Düngungsplanung von vornherein auf das mögliche niedrigere Ertragsniveau zu berechnen (vgl. ISERMEYER, 1991, 11).

Synthetisch hergestellte Dünger (Mineraldünger) liegen oftmals in der leicht pflanzenverfügbaren Form der NO_3^- -Ionen und NH_4^+ -Ionen vor. Während alle organischen N-Dünger (Wirtschaftsdünger) bzw. Harnstoff (zählt chemisch zu den organischen N-Düngern) zuerst im Boden mikrobiell umgesetzt werden müssen, kann vor allem Nitrat und auch Ammonium aus Mineraldüngern relativ rasch ohne wesentliche Verluste im Boden von der Pflanze aufgenommen werden (vgl. GALLER, 2007, 16). Die mineralische Düngung kann somit sehr bedarfsgerecht ausgebracht werden. Die bedarfsgerechte Anwendung von organischen Düngemitteln (einschließlich Ernterückständen) stellt im Vergleich zu mineralischen Düngern eine wesentlich größere Herausforderung dar.

Der Stickstoff der organischen Düngemittel besteht im Wesentlichen aus zwei Fraktionen: eine ist in der organischen Substanz gebunden, die andere liegt als leicht verfügbares Ammonium (NH_4) vor. Die Verfügbarkeit des in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffs ist unterschiedlich. Ein kleiner Teil wird relativ schnell mineralisiert und steht den Kulturen noch im Ausbringungsjahr zur Verfügung. Zusammen mit dem bereits erwähnten Ammoniumanteil wird dieser Anteil des Stickstoffs als im Anwendungsjahr verfügbarer Stickstoff bezeichnet.

Dieser verfügbare Stickstoff in organischen Düngern kann nicht zu 100 Prozent von den Pflanzen genutzt werden, da mit Verlusten, insbesondere bei der Ausbringung (Ausbringungsverluste) gerechnet werden muss. Je nach Ausbringungszeitpunkt und -bedingungen können deshalb bei der Düngebedarfsermittlung nur ca. 60 – 75 Prozent des verfügbaren Stickstoffs angerechnet werden. Die jeweiligen Anteile sind bei den verschiedenen Wirtschaftsdüngern unterschiedlich. Während zum Beispiel in der Jauche ca. 95 Prozent im Anwendungsjahr verfügbarer Stickstoff vorhanden sind, enthält der Stallmist nur ca. 15 – 25 Prozent verfügbaren Stickstoff. Der Rest des organischen Stickstoffanteils geht vorerst in den N-Pool des Bodens und wird nur langsam in den Folgejahren nachgeliefert (vgl. WENDLAND/ATTENBERGER, 2009, 15).

Die organische Düngung verursacht zweifellos die größeren Probleme hinsichtlich Nitratauswaschung. Im Vergleich zum Mineraldünger sind die genauen Inhaltsstoffe nicht bekannt. Mittels Viehbestand und den dafür zugrundeliegenden Nährstoffgehalten sowie der ausgebrachten Menge können die Inhaltsstoffe näherungsweise berechnet werden. Dies wiederum ermöglicht keine exakte Düngeplanung, die vor allem bei der Bemessung der Aufdüngung durch Mineraldünger notwendig ist. Weitere Gründe liegen in der Lagerkapazität, der Befahrbarkeit der Felder und in der Ausbringungstechnik. Mittlerweile muss eine Lagerkapazität von Wirtschaftsdünger von mindestens sechs Monaten gewährleistet sein. Aufgrund der Umsetzungsprozesse und der Notwendigkeit von Stickstoff in der Vegetationszeit der Feldfrüchte wäre ein generelle Ausbringung im Frühjahr und somit eine längere Lagerkapazität des Wirtschaftsdüngers von Vorteil (vgl. BMLFUW, 2008, 43).

5.5.5 Bodenbearbeitung (Zeitpunkt, Bearbeitungstiefe)

Bedingt durch die Nutzung der Kulturpflanzen auf dem Acker bleibt die Bodenoberfläche innerhalb einer Vegetationsperiode mehr oder weniger lange unbedeckt oder nur schwach begrünt. Niederschläge oder Temperaturschwankungen können das Gefüge des Bodens negativ beeinflussen. Durch mechanische Eingriffe über Bodenbearbeitungsverfahren können die ungünstigen Wirkungen einer fehlenden Vegetationsdecke ausgeglichen werden (vgl. OEHMICHEN, 1983, 74). Eine intensive Bodenbearbeitung führt zu einer starken Mineralisierung der organischen Substanz und erhöht somit die Gefahr der Auswaschung von Stickstoff. Folgt auf die Bearbeitung nicht unmittelbar eine Kultur, die das N-Angebot verwertet, ist auf eine tiefgreifende Bodenbearbeitung zu verzichten. Vor allem im Herbst nach der Ernte ist mit einem erhöhten N-Angebot zu rechnen. Unterschiedliche Bodenbearbeitungssysteme, wie Pflugverfahren, nicht wendende Verfahren oder Direktsaat weisen zwar eine unterschiedliche N-Dynamik im Jahresverlauf im Boden auf, hinsichtlich N-Auswaschung ist aber keines der Verfahren schlechter zu bewerten (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIß, 1999, 110).

5.6 Situationsanalyse – Spannungsfeld Landwirtschaft und Grundwasserschutz

Die Landwirtschaft ist die flächenmäßig bedeutendste Bodennutzung in Österreich (rund 44 Prozent der Staatsfläche) und ist damit von maßgeblicher Bedeutung für die Qualität abiotischer und biotischer Ressourcen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung kommt daher der Landwirtschaft eine besondere Verantwortung für die Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals zu. Neben der Produktion von Nahrungsmitteln erfüllt die Landwirtschaft noch zahlreiche weitere Funktionen, ihr gesellschaftlicher Beitrag geht weit über die Produktionsfunktion hinaus (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 25). Die Gesellschaft erwartet daher in zunehmende Maße, dass die Landwirtschaft die natürlichen Ressourcen nicht mehr als notwendig belastet und darüber hinaus einen Beitrag zum Erhalt einer vielfältigen, durch landwirtschaftliche Tätigkeit geprägten Kulturlandschaft leistet (vgl. HEIBENHUBER/RING, 1991, 145).

Die wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft besteht aber zweifelsohne in der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln. Durch erhebliche Produktionssteigerungen infolge der Nutzung des technischen Fortschritts und der dadurch ausreichenden Produktion von Nahrungsmitteln rücken andere Aspekte wie der Umweltschutz in den Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 26). Jede landwirtschaftliche Aktivität ist immer mit einem Eingriff in die Natur verbunden. Es liegt daher nahe, dass die Art und Weise der Landbewirtschaftung einen großen Einfluss auf die Umweltqualität ausübt. Der Einfluss der Landbewirtschaftung auf die Umweltqualität im Allgemeinen und auf die Qualität des Wassers im Besonderen wird seitens der Gesellschaft mit großer Aufmerksamkeit beobachtet (vgl. HEIBENHUBER/RING, 1991, 145).

Eine Ursache für die Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft ist der gestiegene Stickstoffeinsatz. Die Nebeneffekte – oder externen Effekte - daraus sind erhöhte Lachgasemissionen (N_2O), Versauerung der Böden durch Ammoniak-Emissionen (NH_3) oder die Belastungen des Grundwassers mit Nitraten (NO_2). Entscheidend aus gesellschaftlicher und umweltpolitischer Sicht ist, dass viele der von der Landwirtschaft erbrachten und von der Gesellschaft erwünschten Leistungen an eine bestimmte Form der Landnutzung gekoppelt sind (vgl. KANTELHARDT/HEIBENHUBER, 2005, 26ff).

Die Probleme des Grundwasserschutzes durch Belastungen mit Nitrat (NO_2) sind seit mehreren Jahrzehnten ein agrar- und umweltpolitisches Dauerthema. Die Politik hat in den vergangenen Jahren bereits eine Reihe von Maßnahmen zur Verminderung von Stickstoffemissionen

ergriffen. Diese Regelungen beinhalten in erster Linie flächendeckende Maßnahmen oder auf bestimmte Regionen begrenzte Bewirtschaftungsge- und -verbote. Teilweise werden aber auch im Rahmen von Subventionsprogrammen finanzielle Anreize zur Verringerung der Stickstoffemissionen gegeben (z.B. Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft – ÖPUL) (vgl. SCHEELE/ISERMEYER/SCHMITT, 1993, 294).

Die Art der Landbewirtschaftung wird wesentlich von den wirtschafts- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Folglich sind die zu beobachtenden Ressourcenbelastungen wie erhöhte Nitratwerte im Grundwasser infolge der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion als ein Ergebnis der einzelbetrieblichen Reaktion auf die gegebenen Rahmenbedingungen zu sehen (vgl. HEIßENHUBER/RING, 1991, 146). Ob die Nitratwerte weiter gesenkt werden können, hängt von unterschiedlichen Einflussgrößen ab. Die Europäische Agrarpolitik, die Wasserrahmenrichtlinie oder der technische Fortschritt hinsichtlich einer effizienten Stickstoff-Düngung leisten einen wesentlichen Beitrag dazu. Inwieweit die steigenden Preise für Agrarprodukte oder die zunehmende Nachfrage nach Rohstoffen im Bereich der erneuerbaren Energien (Biogas, Biokraftstoffe) zu einer intensiveren Bewirtschaftung der Flächen führen und wie sich diese auf die Nitratbelastung des Grundwassers auswirken können, lässt sich nur schwer abschätzen.

Aufgrund der oftmals jahrzehntelangen Regenerationszeiten von Grundwasser ist jede Belastung über das Maß seiner Selbstreinigungskraft hinaus als eine Einschränkung des jeweiligen Grundwasserleiters zu bewerten. Dieser Sachverhalt betrifft nicht nur die aktuell handelnde Generation, sondern hat auch massive Auswirkungen auf das Nutzungspotential künftiger Generationen. Beschränkungen bei der Nutzbarkeit des Grundwassers wird häufig dadurch begegnet, dass unbelastetes Wasser aus größerer Entfernung herbeigeführt oder auf tiefere Grundwasserstöcke ausgewichen wird. Jedoch können weder ein Ausweichen auf entfernte Wasservorkommen oder tiefere Grundwasserbohrungen noch die Aufbereitung von belastetem Grundwasser als Problemlösung angesehen werden. Im Sinne der nachhaltigen Nutzung der Ressource Grundwasser hat eine flächendeckende, grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung absoluten Vorrang (vgl. FLAIG et al., 2002, 29f).

Die flächenhaften Stickstoffeinträge infolge landwirtschaftlicher Produktion stellen noch immer die wichtigste Quelle der Nitratbelastung des Grundwassers und somit unserer Trinkwasserressourcen dar. Ziel einer grundwasserverträglichen Landwirtschaft muss sein, den Grundwasserschutz mit einer intensiven landwirtschaftlichen Produktion in Einklang zu bringen. Dies ist nur denkbar, wenn die ökologischen Erfordernisse mit den ökonomischen Notwendigkeiten der Landwirtschaft aufeinander abgestimmt werden. Die Notwendigkeit der

Verbesserung der Grundwasserqualität muss daher auch in den Köpfen der Akteure verankert werden (vgl. FANK et al., 2010, 44).

5.7 Zusammenfassung

Im vorliegenden Kapitel wurde dargestellt, dass Stickstoff unter den für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen eine Sonderstellung einnimmt. Er ist unentbehrlich für das Pflanzenwachstum und somit für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte. Die Stickstoffdüngung ist daher eines der wichtigsten Instrumente des Landwirtes zur Steuerung des Pflanzenbestandes sowie zur Ertrags- und Qualitätsbildung.

Bevölkerungswachstum und eine steigende Nachfrage nach höherwertigen Lebensmitteln bei gleichzeitig begrenzter Fläche haben in den letzten Jahrzehnten eine Produktivitätssteigerung verlangt. Diese Intensivierung, gemeinsam mit einer Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsmethoden, wie bspw. die flächenunabhängige Tierhaltung, bringen allerdings unweigerlich umweltpolitische Probleme mit sich. Vor allem der gestiegene Stickstoffeinsatz bringt die Landwirtschaft in einen Konflikt mit dem Grundwasserschutz. Besonders der (intensive) Ackerbau birgt ein hohes Risiko der Nitratauswaschung in das Grundwasser. Standortfaktoren (Bodenart, Klima) sowie Bewirtschaftungsfaktoren (Bodennutzung, Düngemanagement, Bodenbearbeitung) beeinflussen den Grad der Auswaschung und somit die Gefährdung für das Grundwasser.

Hinsichtlich der in den vorhergehenden Kapiteln erläuterten Bedeutung des Grundwassers einerseits für das Trinkwasser und andererseits für vielfältige ökologische Funktionen muss also das Ziel einer grundwasserverträglichen Landwirtschaft verfolgt werden. Welche Maßnahmen dies gewährleisten sollen, steht im Mittelpunkt des nächsten Kapitels.

6 Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von N-Einträgen in das Grundwasser

Im folgenden Kapitel werden die agrarumweltpolitischen Maßnahmen für eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung dargestellt. Dabei werden die in Kapitel fünf beschriebenen Problemfelder den in Kapitel vier beschriebenen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen gegenübergestellt und so eine umfassende Aufstellung an Maßnahmen und Handlungsinstrumenten beschrieben, die die Stickstoff-Einträge in das Grundwasser vermindern und begrenzen sollen.

Am Beginn wird in einem einführenden Kapitel noch einmal die Problematik zusammengefasst. Anschließend werden Maßnahmen zur Stickstoff-Auswaschung, Maßnahmen zur Verminderung der atmosphärischen Stickstoffverluste, der Mineralisation und des Oberflächenabflusses und Maßnahmen zum Düngemanagement sowie Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität analysiert und bewertet. Abschließend werden Beratung und Bewusstseinsbildung als wichtige Querschnittsmaterie beschrieben.

6.1 Kurzeinführung in die Problematik

Wasser ist ein wertvolles Gut. Wir alle sind auf unsere Gewässer angewiesen, sei es als Quelle für unser Trinkwasser und für Erholungszwecke, für die Landwirtschaft oder als Grundlage für die Energieerzeugung. Für einen nachhaltigen Gewässerschutz ist eine gewässerschonende Landwirtschaft besonders wichtig. Neben dem Nitrataktionsprogramm nach dem Wasserrechtsgesetz 1959 und den Cross Compliance Bedingungen sind die im ÖPUL-Programm vorgeschlagenen freiwilligen Agrarumweltmaßnahmen ein wesentlicher Bestandteil der Strategie zur Verbesserung der Situation vor allem in der Nitratbelastung (vgl. SCHENKER/FENZ, 2010, 5).

Die Probleme Österreichs im Bereich Landwirtschaft - Grundwasser beziehen sich vor allem auf Überschreitungen der Nitratschwellenwerte. Die Belastung des Grundwassers durch Nitrat aus Stickstoffüberschüssen stellt ein zentrales Problem auf dem Weg zur Erreichung der Ziele bezüglich des guten chemischen Grundwasserzustands in Österreich dar. Die Zielsetzungen der WRRL – und darauf aufbauend die national definierten Gesetze und Verordnungen – bedeuten neue und gestiegene Ansprüche an eine effiziente Politikgestaltung im Zusammenhang von Landwirtschaft und Grundwasserschutz.

Auf Seiten der Landwirtschaft als einer der Hauptverursacher von stofflichen Belastungen durch diffuse Stickstoffeinträge kommen dabei unterschiedliche, sowohl ordnungsrechtliche als auch freiwillige, anreizbasierte Maßnahmen im Grundwasserschutz zum Einsatz. Ordnungsrechtliche Maßnahmen umfassen die Einhaltung vorhandener Rechtsvorschriften wie die Einhaltung der relevanten Vorgaben aus Cross Compliance und die daraus sich ergebenden Anforderungen an die gute fachliche Praxis (vgl. HOLLÄNDER et al., 2008, 21). Die Anforderungen des Nitrataktionsprogramms etwa sind verpflichtend einzuhaltende Bestimmungen. Darüber hinaus sind aber noch ergänzende Maßnahmen notwendig, um die Ziele des Grundwasserschutzes zu erreichen. Freiwillige Vereinbarungen begleiten die gesetzlich vorgeschriebenen Maßnahmen zusätzlich. Agrarumweltmaßnahmen im Programm der ländlichen Entwicklung (ÖPUL, Beratung), die österreichweit angeboten werden, unterstützen und beschleunigen dabei die Zielerreichung. Durch die Zahlungen für die Einhaltung freiwilliger Agrarumweltverpflichtungen sollen dem Landwirt Anreize geboten werden, Produktionsverfahren anzuwenden, die dem Schutz der Umwelt, des ländlichen Raums und der natürlichen Ressourcen dienen (vgl. BMLFUW, 2010b, 97f). Im Zusammenhang mit dem Grundwasserschutz werden in diesem Rahmen u.a. Begrünungsmaßnahmen (Zwischenfrucht/Untersaat), Fruchtfolgegestaltung, Maßnahmen zur Bodenbearbeitung und Aussaat, Stärkung von Grünland und Maßnahmen zum effizienten Düngemittleinsatz gefördert.

6.2 Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in das Grundwasser

Es gibt eine Reihe von bereits laufenden und aktuell in Planung befindlichen gesetzlichen bzw. freiwilligen Maßnahmen, die geeignet sind, Stickstoffeinträge ins Grundwasser zu reduzieren und damit zum Schutz des Grundwassers vor diffusen Einträgen beizutragen. Jede einzelne der ausgewählten Maßnahmen wird unter Anwendung eines einheitlichen Schemas beschrieben und bewertet. Die nachfolgende Analyse orientiert sich dabei an folgendem Muster: Am Beginn erfolgt jeweils eine Beschreibung der Maßnahme. Anschließend wird diese auf bereits anzuwendende Bestimmungen analysiert, d.h. es wird dargestellt, inwieweit die Maßnahme durch gesetzlich geregelte (Cross Compliance, Nitrataktionsprogramm) und zusätzlich freiwillige (ÖPUL) Bestimmungen abgedeckt wird. Abschließend wird eine Bewertung der Maßnahme durchgeführt.

6.2.1 Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung

Aufgrund fehlenden bzw. verringerten Stickstoffentzugs durch Pflanzen und niedriger Verdunstungsraten im Herbst/Winter sowie im Frühjahr entfällt der größte Teil des N-Austrags auf diesen Zeitraum. Vor allem bei frühräumenden Kulturen wie Raps und Wintergerste sowie nach Leguminosen lassen sich nach der Ernte erhöhte Stickstoffgehalte im Oberboden feststellen. Durch eine Verkürzung der Zeiten ohne (Schwarzbrache) bzw. unzureichender Pflanzenbedeckung wird die Gefahr des N-Austrags in tiefere Bodenschichten reduziert. Ziel dieser Maßnahmen ist es, den nach der Ernte der Vorfrucht vorhandenen Stickstoff im Boden und in der Pflanzenmasse zu konservieren und so für die Folgefrucht verfügbar zu halten (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 167f).

6.2.1.1 Zwischenfruchtanbau

a) Beschreibung

Nach dem Hauptfruchtanbau ergeben sich je nach Fruchtfolge mehr oder weniger lange vegetationslose Zeiträume. Durch den Zwischenfruchtanbau können diese Brachephasen zwischen Winter- und Sommerfrüchten überbrückt werden. Dabei lassen sich unterschiedliche Ziele verfolgen – von der Futternutzung bis zum Boden- und Gewässerschutz (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIß, 1999, 61). Die Wahl der geeigneten Zwischenfrüchte ist abhängig vom Standort, der Fruchtfolge und dem Einsatz zu Futterzwecken oder zur Gründüngung. Nach der Ernte der Hauptfrucht im Sommer erfolgt die Aussaat der Zwischenfrucht möglichst früh (spätestens Ende August), um eine ausreichende Entwicklung und N-Aufnahme vor dem Winter zu gewährleisten. Um eine möglichst effiziente Reduzierung der Stickstoff-Auswaschung über den Winter zu erreichen, ist eine Einarbeitung der Zwischenfrucht erst kurz vor Bestellung der Folgefrucht wichtig. Damit kann eine vorzeitige Mineralisierung von Ernterückständen und organisch gebundenem Stickstoff im Boden vermieden werden. Das gilt insbesondere bei Sommerungen mit spätem Bestandesschluss wie z.B. Zuckerrüben oder Mais (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 168f)

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Für alle Empfänger von Direktzahlungen muss im Rahmen der gesetzlich festgelegten Mindestanforderungen (Cross-Compliance-Bestimmungen) Ackerland, das vorübergehend nicht für die landwirtschaftliche Produktion verwendet wird, eine Begrünung aufweisen und über die gesamte Vegetationsperiode gepflegt werden (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 39). Bei der Agrarumweltmaßnahme "Begrünung von Ackerflächen" gehen die Auflagen insbesondere im Bereich Grundwasserschutz und Schutz der Gewässer vor Nitrateintrag über das gesetzliche Maß hinaus und werden entsprechend gefördert. Die Prämienvergütung erfolgt auf die begrünte Fläche, es müssen dabei mindestens 25 Prozent der Ackerfläche begrünt werden. Die

Prämie wird für maximal 40 Prozent der Ackerfläche gewährt, bei der Teilnahme an der Maßnahme "Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz" kann der Prämienumfang auf 50 Prozent der Ackerfläche ausgeweitet werden (vgl. BMLFUW, 2011e, 344ff).

c) Qualitative Beurteilung

Die positiven Wirkungen auf das Grundwasser beruhen vor allem auf der Reduktion der Nitratauswaschung in tiefere Bodenschichten, wobei die Grundwasserneubildung nicht zu stark reduziert werden darf. Durch die Festlegung von Nährstoffen – insbesondere Stickstoff – in der Pflanzenmasse der Zwischenfrucht (biologische Nährstoffkonservierung) wird die NO₃-Auswaschung in das Grundwasser reduziert. Der so gespeicherte Stickstoff steht der Folgefrucht über ein höheres bodenbürtiges N-Angebot zur Verfügung und senkt somit auch den N-Düngerbedarf (vgl. Feldwisch/Schultheiß, 1999, 62). Aus ökologischen Gründen kommt dem Zwischenfruchtanbau ein sehr hoher Stellenwert zu. In diesem Zusammenhang sind die erhöhte biologische Aktivität, die Strukturverbesserung im Boden sowie der Erosionsschutz zu nennen (vgl. BMLFUW, 2011e, 345). Die im Rahmen der ÖPUL-Evaluierung durchgeführte Studie "Änderungen in der Gesamtwirksamkeit der Begrünungsvarianten und Nebeneffekte" (vgl. BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009b, 26) zeigt die Wirksamkeit der Begrünungsmaßnahmen auf. Demnach bedeutet im mehrjährigen Versuch die Inanspruchnahme der ÖPUL-Maßnahme "Begrünung von Ackerflächen" für Niederösterreich eine Reduktion der Nitratkonzentration im Sickerwasser von 16 Prozent im Vergleich zur Schwarzbrache. Für Oberösterreich ergab sich eine Reduktion der Nitratkonzentration im Sickerwasser um etwa 18 Prozent gegenüber der Situation keiner Begrünungsmaßnahme.

6.2.1.2 Fruchtfolgeanpassungen

a) Beschreibung

Fruchtfolgen bilden die Grundlage des Ackerbaus und beeinflussen über ihre Fruchtfolgeglieder mögliche Stoffausträge in die Gewässer. Kritisch sind lange Zeitspannen ohne Pflanzenbewuchs, weil dann kein Stickstoff durch Pflanzen aufgenommen werden kann und folglich das Risiko der Nitratauswaschung besonders hoch ist (vgl. AID INFODIENST, 2005, 40). Anpassungen bei der Fruchtfolge, die dem Gewässerschutz dienen, können entweder durch die Wahl der Früchte (Fruchtartendiversifizierung) oder über einen verbesserten Wechsel einzelner Kulturarten (Fruchtstellung) erreicht werden. Für den Gewässerschutz kritisch zu bewerten ist der Leguminosenanbau, da diese Kulturen zum Teil hohe Stickstoffmengen binden und die nachfolgenden Kulturen diese nur zum Teil verwerten können. Kulturen mit hohem N-Düngerbedarf und niedriger N-Abfuhr durch das Erntegut (z.B. Raps) erfordern viel pflanzenbauliches Geschick, um den im Boden verfügbaren Stickstoff im Rahmen einer

ausgewogenen Fruchtfolge für Nachfolgekultur verfügbar zu halten (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 172).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Gemäß den CC-Bestimmungen dürfen Betriebe, die über mehr als 5 ha Ackerfläche verfügen, auf höchstens 85 Prozent der Ackerflächen Getreide (Dinkel, Durum, Gerste, Hafer, Weichweizen, etc.) und Mais anbauen (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 41). Die Maßnahme "Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen" geht in den Fruchtfolgeanforderungen über die Cross-Compliance-Anforderungen hinaus. Um die entsprechenden Prämien gewährt zu bekommen, wird die Begrenzung auf maximal 85 Prozent Getreide und Mais in zwei Punkten weiter eingeschränkt:

- keine Kultur darf mehr als 66 Prozent an der Ackerfläche haben und
- maximal 75 Prozent Getreide, Mais und nach "gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand" gepflegte Flächen (vgl. BMLFUW, 2011e, 269f)

c) Qualitative Beurteilung

Durch eine veränderte Anbauweise und die Reduktion der Kulturanteile in der Fruchtfolge kann die Aufnahme der im Boden vorhandenen Nährstoffe verbessert und somit die Gefahr der N-Auswaschung reduziert werden. Begleitende Maßnahmen zur Konservierung des Stickstoffs im Oberboden sollten bei Kulturen ergriffen werden, deren Erntereste große N-Mengen auf der Fläche zurücklassen (Kulturen mit hohem N-Bedarf und geringer N-Abfuhr). Dies gilt etwa für Körnermais, Winterraps und in der Regel für Gemüse. Hier kann im Rahmen der Fruchtfolge durch Anbau von darauffolgenden Winterungen oder durch Zwischenfruchtanbau entgegengewirkt werden (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIB, 1999, 60). Die Erweiterung der Fruchtfolgen vermindert im Allgemeinen auch den Krankheits-, Schädlings und Unkrautdruck, so dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden kann. Zudem fördert eine Fruchtfolge mit langer Bodenbedeckung die Bodenfruchtbarkeit und die Erosionsgefährdung nimmt ab (vgl. BURBERG/SIEDHOFF/WIEMERS, 1990, 39).

6.2.1.3 Untersaaten

a) Beschreibung

Nach späträumenden Kulturen wie etwa bei Mais können nicht immer Zwischenfrüchte ausgesät werden. Um dennoch einen ausreichenden Schutz vor Bodenerosion und NO₃-Auswaschung zu gewährleisten, bietet sich im Maisanbau der Einsatz von Untersaaten etwa mit Gräsern an (vgl. AID INFODIENST, 2005, 42). Im Vergleich zu den Zwischenfrüchten werden die Untersaaten entweder mit der Hauptfrucht oder während der Wachstumsphase der Hauptfrucht eingesät. Sie dienen entweder zur Futternutzung im Herbst oder zum Boden- und

Gewässerschutz, wobei der Schutzeffekt auf der Bodenbedeckung (Pflanzenaufwuchs, Mulchdecke) oder auf der Stickstoffbindung beruht (vgl. FELDWISCH/FREDE, 1999, 63).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Im Rahmen von ÖPUL 2007 wird die Maßnahme "Untersaat bei Mais" angeboten. Bei der Kulturart Mais soll durch die Anlage von Untersaaten der N-Auswaschung sowie der Bodenerosion entgegengewirkt werden. Die Untersaat muss spätestens 8 Wochen nach der Aussaat von Mais durchgeführt werden und kann im Rahmen der Maßnahme "Begrünung von Ackerflächen" angerechnet werden. Es muss eine flächige Untersaat mit Gräsern oder Mischungen aus Gräsern und Leguminosen erfolgen.

c) Qualitative Beurteilung

Die Maßnahme "Untersaat bei Mais" hat als Ziel die Steigerung der Wirkung der Begrünungsmaßnahmen in bestimmten "grundwassersensiblen" Gebieten. Sie erfordert ein gutes Timing für das Einbringen der Untersaat und den Einsatz der geeigneten Technik. Eine zu frühe Einsaat und darauffolgende zu starke Entwicklung der Untersaat kann zu Ertragseinbußen der Hauptfrucht führen. Umgekehrt können stark entwickelte Deckfrüchte die Untersaat gefährden. Zumeist sind auch Anpassungen im Pflanzenschutz erforderlich, was die Umsetzung erschwert (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 44). Der Vorteil in der Verwendung von Gräsern oder Gräsermischungen liegt in der hohen Stickstoffbindung. Besonders beim Übergang der Maispflanze in die Abreifephase im Herbst besteht die Gefahr des Austrags von im Boden befindlichen Stickstoff in das Grundwasser. Unter Mais ausgesäte Gräser sind zu diesem Zeitpunkt noch in der Lage, einen Großteil des Stickstoffes zu binden und in Pflanzenmasse umzusetzen. Weitere positive Eigenschaften der Untersaaten sind die bessere Befahrbarkeit der Böden zur Ernte im Herbst sowie der Schutz des Bodens vor Erosion (vgl. BMLFUW, 2011e, 365).

6.2.2 Maßnahmen zur Verminderung der atmosphärischen Stickstoffverluste

Atmosphärische Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft treten vor allem bei Ammoniak (NH_3), Distickstoffoxid (N_2O), Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) auf. Gewässergefährdend wirken NH_3 -Austräge, die zur Eutrophierung naturnaher Ökosysteme beitragen und in bedeutenden Mengen N-Auswaschungen bewirken können. Für die NH_3 -Emissionen ist vor allem tierischer Wirtschaftsdünger verantwortlich. Um die Verluste möglichst gering zu halten, ist eine rasche Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers notwendig und die Ausbringung nur bei geeigneten Bedingungen und mit der entsprechenden Technik durchzuführen (vgl. FELDWISCH, 1999b, 119f).

6.2.2.1 Ausbringung von Wirtschaftsdünger

a) Beschreibung

Die Emissionen von Schadstoffen aus vor allem flüssigen Wirtschaftsdüngern in die Luft, in Oberflächengewässer und in das Grundwasser hängen wesentlich von der Ausbringungsmethode ab. Gängige Praxis ist die Ausbringung mit Prallteller, wobei bei dieser Methode sehr hohe Verluste entstehen können. Durch umweltfreundlichere Ausbringungsmethoden kann ein wichtiger Beitrag hinsichtlich Luftreinhaltung geleistet werden (deutliche Reduktion von Ammoniak) und somit in weiterer Folge die Bodenversauerung eingedämmt werden (vgl. BMLFUW, 2011e, 367).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Zur Minimierung des Nährstoffaustrages in Grund-, Oberflächengewässern und Atmosphäre sowie zur Minimierung der Geruchsemission bei der Ausbringung wurde die Maßnahme "Verlustarme Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Biogasgülle" erstmals im ÖPUL 2000 eingeführt. Um auch hinsichtlich des Klimaschutzes einen Beitrag zu leisten, wird diese Maßnahme im ÖPUL 2007 weitergeführt. Bei dieser Maßnahme müssen als eine der Fördervoraussetzungen mindestens 50 Prozent des am Betrieb ausgebrachten Wirtschaftsdüngers mit Geräten ausgebracht werden, die den Dünger unmittelbar auf oder in den Boden ablegen (Schleppschlauchverteiler, Schleppschuhverteiler, Gülleinjektor) (vgl. BMLFUW, 2011e, 367f).

c) Qualitative Bewertung

Die Ausbringungstechnik für organische Düngemittel wurde dahingehend verbessert, dass die Nährstoffe gleichmäßiger auf der Fläche verteilt werden. Die verbesserte Technik für die Ausbringung von Gülle und Jauche bietet zusätzlich die Möglichkeit der bodennahen Ausbringung. Es können dadurch die Düngergaben zeitlich und räumlich dem Nährstoffbedarf der Pflanzen besser angepasst werden. Insbesondere bei Ackerkulturen kann durch die bodennahe Ausbringung die Düngung mit Wirtschaftsdünger in wachsende Bestände durchgeführt und somit Mineraldünger eingespart werden. Durch diese Ausbringungstechnik, v.a. aber einer direkten Einbringung in den Oberboden mittels Schleppschuh oder Schlitztechnik, können die Nährstoffverluste in die Luft begrenzt werden. Durch diese verbesserte Düngewirksamkeit lassen sich zudem N-Überschüsse reduzieren (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 179). Die ÖPUL-Förderung umfasste im Jahr 2010 rund 2,2 Mio. m³ Gülle, das entspricht rund 9 Prozent der gesamten Gülle. Es ist somit noch deutliches Potential vorhanden (vgl. BMFLUW, 2011e, 208).

6.2.2.2 *Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers*

a) Beschreibung

Bei oberflächlicher Ausbringung von Gülle oder Jauche auf abgeernteten Getreidefeldern können aufgrund der hohen Lufttemperaturen die Verluste von Ammoniak auf bis zu 95 Prozent ansteigen. Besonders bei unbearbeiteten Böden ist das Infiltrationsvermögen des Bodens sehr niedrig, wodurch die Ausgasungsverluste der oberflächlich abgelagerten Gülle entsprechend hoch sind (vgl. KRAYL, 1993, 13). Am geringsten sind jedoch die Ammoniakverluste bei Gölledüngung im Frühjahr, auch ohne Einarbeitung. Dies ist wiederum zurückzuführen auf die feuchtere und kühlere Witterung im Frühjahr (vgl. MAIDL, 1991, 90).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Gemäß den CC-Bestimmungen "Grundanforderungen an die Betriebsführung" im Rahmen des Nitrataktionsprogramms 2008 sollte die Einarbeitung von Gülle, Jauche oder Klärschlamm auf Flächen ohne Bodenbedeckung innerhalb von 4 Stunden, muss jedoch spätestens während des auf die Ausbringung folgenden Tages erfolgen (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 16). Durch die Maßnahme der "verlustarmen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern" wird die bodennahe Ausbringung gefördert, diese kann auch mit Schleppschuhverteiler oder mit Gölleinjektor erfolgen und somit eine gleichzeitige Einarbeitung in den Boden gewährleistet werden.

c) Qualitative Beurteilung

Durch rasche Einarbeitung der Gülle (wenige Stunden nach der Ausbringung) lassen sich die Verluste von Ammoniak mindern. Darüber hinaus ist das Witterungsgeschehen so auszunutzen, dass die Ammoniakverluste so gering wie möglich gehalten werden, etwa durch Ausbringung des Wirtschaftsdüngers vor Niederschlägen, bei niedrigeren Tagestemperaturen oder bei Windstille (vgl. KRAYL, 1993 12f). Durch die Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger mittels neuester Technik (Schleppschuhverteiler, Gölleinjektor) lassen sich die Ausbringungs- und Abgasverluste minimieren.

6.2.3 **Maßnahmen zur Verminderung der Mineralisation**

Die Bodenbearbeitung führt infolge Durchmischung und Durchlüftung des Bodens zu einer verstärkten Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden und der Ernterückstände. Besonders unter Dauergrünland können die in der organischen Substanz gebundenen N-Mengen im Mittel mehr als doppelt so hoch sein wie unter vergleichbaren Ackerflächen (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 194, 200). Aus diesen Gründen sind eine reduzierte Bodenbearbeitung sowie ein Verzicht von Grünlandumbruch anzustreben, um das Ausmaß der Mineralisierung und somit auch das Auswaschungspotenzial von Stickstoff in das Grundwasser niedrig zu halten.

6.2.3.1 *Verzicht auf Grünlandumbruch*

a) Beschreibung

Die Höhe der Nitratauswaschung von landwirtschaftlich genutzten Flächen hängt besonders von der Nutzungsart ab. Der Einfluss der Nutzung resultiert aus Unterschieden in der Pflanzenart, Dauer der Bodenbedeckung sowie Häufigkeit und Intensität der Bodenbearbeitung. Unter Grünland kommt es aufgrund der hohen Stickstoff- und Wasseraufnahmen, der langen Vegetationsperiode, langer Bodenruhe sowie auch höheren Denitrifikationsverlusten in der Regel zu deutlich niedrigeren Stickstoffauswaschungsverlusten bei gleichzeitigem Aufbau organischer Substanz (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 194). Besonders hoch und langanhaltend ist jedoch die Stickstoffnachlieferung nach Umbruch von Grünland. Die Lockerung des Bodens führt zu einer starken Mineralisierung der organischen Substanz. Der freiwerdende Stickstoff kann von den Folgefrüchten oft nicht in vollem Umfang aufgenommen werden, so dass ein hohes Maß an Auswaschung von Stickstoff besteht (vgl. STMELF/STMLU, 1999, 16). Untersuchungen ergaben einen N-Austrag von ca. 100 kg N/ha nach dem Umbruch von Grünland und anschließender Ackernutzung (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 194).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Gemäß den Cross-Compliance-Bestimmungen muss sichergestellt werden, dass Flächen, die im Jahr 2003 als Dauergrünland genutzt wurden, weiterhin als Dauergrünland erhalten bleiben. Der Grünlandanteil wird als Verhältnis von der als Dauergrünland genutzten Fläche zu der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche angegeben. Es muss sichergestellt werden, dass das Verhältnis um nicht mehr als 10 Prozent abnimmt. Für Dauergrünlandflächen auf Hanglagen mit einer durchschnittlichen Hangneigung größer 15 Prozent und für Grünlandflächen auf Gewässerrandstreifen gilt ein generelles Umbruchverbot (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 41f). Die Maßnahme "Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünland (UBAG)" im ÖPUL 2007 leistet einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung des Grünlandflächenausmaßes. Als eine der Förderungsvoraussetzungen gilt die Verpflichtung zur Erhaltung des Grünlandflächenausmaßes. Über den Verpflichtungszeitraum dürfen jedoch 5 Prozent der Grünlandfläche, jedenfalls 1 ha und maximal 5 ha, in Ackerland umgewandelt werden. Damit soll vor allem Betrieben mit hohem Grünlandanteil entgegengekommen werden (vgl. BMLFUW, 2011e, 272).

c) Qualitative Beurteilung

Die Erhaltung des Grünlandflächenausmaßes ist im Zusammenhang mit der nachgewiesenen Wirkung auf Landschaft, Erosionsschutz und Vermeidung von Stickstoffaustrag in das Grundwasser zu sehen (vgl. BMLFUW, 2011e, 266). Durch die ganzjährige Bodenbedeckung und die fehlende Bodenbearbeitung kommt es zu einer verminderten Mineralisation und daher

zu einem geringen Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden. Allerdings ist der Verzicht auf Grünlandumbruch in reinen Ackerbau- oder Veredelungsbetrieben oder bei Aufgabe der Rinderhaltung aufgrund der fehlenden Nutzungsmöglichkeiten des Grünlands nicht sehr attraktiv (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 194f).

6.2.3.2 *Reduzierte Bodenbearbeitung*

a) Beschreibung

Bei der Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung greift der Landwirt direkt in den Boden ein, um ihn zu lockern, Erntereste oder Wirtschaftsdünger einzuarbeiten, das Saatbett zu bereiten oder Unkräuter zu entfernen. Jedoch beeinflussen alle in den Boden eingreifenden Maßnahmen das Ökosystem des Bodens (Humus, Bodenlebewesen, Wasser, Luft, Nährstoffe, Pflanzenwurzeln) und verändern damit das Potenzial für Nährstoffauswaschung und Bodenerosion. Je intensiver der Boden bearbeitet wird, umso höher ist die Stickstoffmineralisation und folglich die Auswaschungsgefährdung. Die Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Mineralisation wird stark von der Witterung beeinflusst. Bei trockenen Böden und niedrigen Temperaturen unter 5 Grad Celsius findet keine Mineralisation statt. Bei ausreichender Bodenfeuchte und entsprechenden Bodentemperaturen (> 5 Grad Celsius) werden die Lebensbedingungen der wichtigsten Bodenbakterien durch die Sauerstoffzufuhr infolge der Bodenbearbeitung deutlich verbessert (vgl. AID INFODIENST, 2005, 49f).

c) Bereits gesetzte Maßnahmen

Durch die Maßnahme "Begrünung von Ackerflächen" im ÖPUL 2007 wird sichergestellt, dass nach der Bodenbearbeitung im Spätsommer (nach der Ernte der Hauptfrüchte) und anschließender Anlage einer Begrünung der anfallende Stickstoff aus der Mineralisierung aufgenommen wird (vgl. BMLFUW, 2011e, 345). Über die Maßnahme "Mulch- und Direktsaat" im ÖPUL 2007 wird besonders im Frühjahr vermieden, dass stark in das Bodengefüge eingegriffen wird. Der Zeitraum zwischen der ersten Bodenbearbeitung und dem Anbau der Folgekultur darf maximal 4 Wochen betragen. Eine wendende Bodenbearbeitung (Pflugeinsatz) ist dabei nicht zulässig. Eine mischende Bodenbearbeitung mit einem Grubber oder eine Tiefenlockerung sind maximal 4 Wochen vor der Saat erlaubt (vgl. BMLFUW, 2011e, 351f).

c) Qualitative Beurteilung

Eine intensive Bodenbearbeitung kann das Austragungsrisiko erhöhen, weil sie die Mineralisation anregt, ein bei kalten und untätigen Böden im Frühjahr oft unerwünschter Effekt. Folgt auf die Bearbeitung nicht unmittelbar eine Frucht, die das erhöhte N-Angebot verwertet, sollte man auf eine tiefgreifende Bodenbearbeitung verzichten (vgl. FELDWISCH, 1999b, 110).

Durch eine reduzierte Bodenbearbeitung oder Direktsaat wird die Mineralisierung von Stickstoff verringert. Entscheidend für die Minderung der Mineralisierungsrate ist neben dem Zeitpunkt der Bearbeitung die Verringerung der Bearbeitungstiefe. Bewährt hat sich etwa die pfluglose Bestellung von Winterweizen nach Fruchtarten wie Raps oder Sojabohnen (vgl. STMELF/STMLU 1999, 15). Durch die Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung oder Direktsaatverfahren verändert sich auch die Stickstoffdynamik im Boden. Die Bodentemperatur schwankt langsamer, abrupte Wechsel werden abgemildert. Mineralisationsschübe bleiben aus, da der Boden nicht so intensiv bearbeitet und durchlüftet wird (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIB, 1999, 73f). Die wirksamste Maßnahme zur Verminderung der Mineralisationsrate und Vermeidung von Nitratauswaschung ist die Beschränkung der Bearbeitungsintensität zwischen Ernte und Beginn des Winters bzw. vor der Frühjahrssaat auf das absolut notwendige Maß (vgl. AID INFODIENST, 2005, 53). Durch die entsprechende Bearbeitungstechnik einerseits und durch finanzielle Abgeltung über die angebotenen Maßnahmen andererseits kann dieses Ziel erreicht werden.

6.2.4 Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses

Für eine nachhaltige Bodennutzung ist es wichtig, dass die Böden ihre Aufgaben wie Produktions-, Speicher-, Filter- und Pufferfunktion aufrechterhalten. Bodenverluste durch Wasser- oder Winderosion beeinträchtigen diese Bodenfunktionen wesentlich. Durch unsachgemäße Bodenbearbeitung kann es zu Bodenerosion, Oberflächenabfluss und somit zu Nährstoffverlusten kommen. Damit einher geht auch der Verlust der Bodenfruchtbarkeit. Durch entsprechende Bodenbearbeitungssysteme sowie die Bewirtschaftung quer zum Hang und Schutzstreifen entlang von Fließgewässern können die Verluste durch Oberflächenabtrag verringert werden (vgl. KLIK, 2010, 15).

6.2.4.1 Konservierende Bodenbearbeitung – Direktsaat

a) Beschreibung

Mit der Konservierenden Bodenbearbeitung werden Bearbeitungsverfahren beschrieben, die im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung (Pflug) Boden- und Wasserverluste vermindern (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 202). Konservierende Bodenbearbeitungssysteme – dazu zählen Mulchsaat und Direktsaat - verzichten auf eine wendende Bodenbearbeitung und setzen stattdessen nur lockernde Geräte ein. Die im Oberboden bzw. auf der Bodenoberfläche abgelegten Pflanzenreste (Erntereste, Zwischenfrucht) bremsen die Regentropfen ab und verhindern dadurch eine Verschlammung des Bodens (vgl. FELDWISCH, 1999b, 102). Mulchsaatverfahren können mit und ohne Saatbettbereitung zur Hauptfruchtaussaat durchgeführt werden. Bei der Direktsaat hingegen wird auf jegliche Bodenbearbeitung

verzichtet (vgl. AID INFODIENST, 2005, 50). Grundsätzlich wird die konservierende Bodenbearbeitung durch zwei Aspekte gekennzeichnet. Zum einen soll die Intensität der Bodenbearbeitung (Art, Tiefe, Häufigkeit) verringert werden, um durch die längere Bodenruhe ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge zu erreichen. Zum anderen sollen Pflanzenrückstände der Vor- bzw. Zwischenfrucht nahe oder auf der Bodenoberfläche belassen werden, um über eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung einen Schutz vor Erosion und Verschlammung zu erreichen (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 202).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Dem Bodenabtrag durch Wassererosion auf landwirtschaftlichen Flächen wird im ÖPUL 2007 durch die Maßnahmen "Begrünung von Ackerflächen" und "Mulch- und Direktsaat" begegnet. Die Maßnahme "Mulch- und Direktsaat" hat primär als Ziel die Verringerung von Erosion, aber auch die Reduktion der Stickstoffauswaschung im Frühjahr. Dabei gehen die Auflagen insbesondere im Bereich Grundwasserschutz und Schutz der Gewässer vor Nitrateinträgen über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus (CC-Bestimmungen), da diese keine Saatmethoden vorschreiben. Durch die Kombination mit bestimmten Begrünungsvarianten der Maßnahme "Begrünung von Ackerflächen" wird die positive Wirkung deutlich verbessert (vgl. BMLFUW, 2011e, 351).

c) Qualitative Beurteilung

Von der gesamten Ackerfläche ist fast ein Drittel über den Herbst bzw. Winter im Rahmen der ÖPUL-Maßnahme "Begrünung von Ackerflächen" begrünt. Die Maßnahme "Mulch- und Direktsaat" wird auf 10,6 Prozent der Ackerfläche durchgeführt. Durch die Bündelung von Maßnahmen (z.B. Begrünungen, Mulch- und Direktsaat) ist es nachweislich zu einer Steigerung des Humusgehaltes gekommen. Dieser verbessert die Puffer-, Filter- und Speicherfunktion der Ackerböden. Durch die Verbesserung der Bodenqualität, die auch vom Humusgehalt abhängt, sind eine höhere Infiltrationsleistung (Wasseraufnahmefähigkeit) und weniger Verschlammung (Aggregatstabilität) der Böden zu erwarten bzw. wird das Bodenleben nachweislich gefördert. Die Wirkungen der Agrarumweltmaßnahmen auf die Bodenqualität gehen deutlich in Richtung einer Win-Win-Situation: Die Produktivität der Böden wird gesteigert, die Bodenerosion vermindert und die Effizienz des Düngemiteleinsatzes wird verbessert (vgl. BMLFUW, 2010a, 198f).

6.2.4.2 Gewässerrandstreifen

a) Beschreibung

Als Gewässerrandstreifen werden die Randbereiche entlang von Oberflächengewässern bezeichnet, die keiner landwirtschaftlichen Nutzung mehr unterliegen. Es handelt sich dabei um

Flächen in einer Breite von rund 10 bis 25 Meter, z.T. bis 50 Meter, die eine geschlossene Vegetationsdecke aufweisen (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 205). Sie sind in erster Linie eine Erosionsschutzmaßnahme. Gewässerrandstreifen halten Sedimente, Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel effizient zurück und verhindern, dass diese in Bäche und Flüsse gelangen und somit wird die Nitrat- und Phosphorbelastung reduziert (vgl. BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009a, 14).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Gemäß Nitrataktionsprogramm 2008 ist bei der Düngung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen entlang von Oberflächengewässern dafür Sorge zu tragen, dass ein direkter Düngereintrag oder ein Abschwemmen in die Gewässer vermieden wird. Die Abstände richten sich je nach Art des Gewässers und betragen je nach Hangneigung zwischen 5 und 20 m. Diese Flächen gelten als absolute Düngeverbotszonen (vgl. BMLFUW, 2008, 46). Die Maßnahmen "Erhaltung und Entwicklung naturschutzfachlich wertvoller und gewässerschutzfachlich bedeutsamer Flächen (Blauflächen – WFB)", kurz Gewässerrandzonen bzw. -streifen, ist seit 2007 im ÖPUL verankert. Diese Maßnahme geht in vielen Bereichen über die gesetzlich festgelegten Mindestanforderungen (Cross Compliance) hinaus. Dabei sind etwa die Einschränkungen beim Einsatz von Betriebsmitteln (Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) zu nennen. Bei dieser Maßnahme handelt es sich vor allem um eine Kooperation zwischen der Wasserwirtschaft und dem Naturschutz (vgl. BMLFUW, 2011e, 384).

c) Qualitative Bewertung

Gewässerrandstreifen stellen eine prinzipiell gut wirksame Maßnahme für den Gewässerschutz dar, da sie zu einer Verringerung des Eintrags von Düngemitteln sowie von abgeschwemmtem Boden von landwirtschaftlichen Nutzflächen in die Gewässer führen. Um ihren ökologischen Zweck zu erfüllen, ist es erforderlich, Randstreifen möglichst langfristig nicht mehr zu bewirtschaften. Nur durchgängige Gewässerrandstreifen können ihre Funktion sowohl im Gewässerschutz als auch als Lebensraum für Flora und Fauna ausreichend erfüllen (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 205). Aufgrund der extrem niedrigen Teilnahme (z.B. Steiermark: 0,04 Prozent, Niederösterreich: 2 Prozent der Flächen) ist allerdings de facto keine Schutzwirkung durch die Maßnahme gegeben (vgl. BMLFUW, 2010a, 235). Der wichtigste Grund für die Nicht-Annahme der Maßnahme dürfte darin bestehen, dass für Ackerflächen die Maßnahme in einer Stilllegung besteht, die Fläche also nicht genutzt werden kann. Im Falle von Stilllegungen, die eine ÖPUL-Prämie und eine Einheitliche Betriebsprämie erhalten, muss ein Betrag von 300 Euro/ha abgezogen werden um Doppelförderungen auszuschließen. Eine Teilnahme an dieser Maßnahme ist daher auch aus wirtschaftlichen Gründen uninteressant (vgl. BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009a, 154).

6.2.5 Maßnahmen zum Düngemanagement

Aus betriebswirtschaftlichen Gründen und für den Grundwasserschutz ist es notwendig, die Düngermenge möglichst an einer realistischen und standortbezogenen Ertrags- und Qualitätserwartung der Kulturpflanzen auszurichten. Nachfolgend werden verschiedene Maßnahmen angeführt, die für ein optimales Düngemanagement von Bedeutung sind.

6.2.5.1 *Düngeplanung – schlagbezogene Aufzeichnungen, N_{min} -Analyse*

a) Beschreibung

Eine genaue Düngeplanung hilft dem Landwirt, Nährstoffüberschüsse zu vermeiden. Mit dem Vergleich der Nährstoffzu- und -abfuhr des Betriebes kann ein mögliches Gefährdungspotential erkannt werden (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIB, 1999, 84). Die Düngeplanung geht von einem Ertragsziel aus, das mit geeigneten Düngemaßnahmen unter Berücksichtigung des vorhandenen Stickstoffs im Boden und dem Mineralisierungspotential während der Vegetationsperiode erreicht werden kann. Die Ertragsschätzung ist von den jeweiligen Standorteigenschaften abhängig. Anhand von Richtwerten (Richtlinien zur sachgerechten Düngung) wird der Nährstoffbedarf je nach Ertragslage und in Abhängigkeit von der Stickstoffnachlieferung des Bodens ermittelt (vgl. BMLFUW, 2006, 22). Während umfangreiche und realistische Bedarfsschätzungen für verschiedene Kulturen vorliegen, liegt die Schwierigkeit einer Düngeplanung darin, den Ertrag ex ante vorherzusagen und die N-Nachlieferung des Bodens abzuschätzen (vgl. SCHMIDHALTER, 2011, 2). Als Hilfsmittel zur Abschätzung der Stickstoffnachlieferung aus dem Boden durch Mineralisation (N_{min} -Analyse) werden seitens der Wasserschutzberatung und der Landwirtschaftskammer Bodenuntersuchungen organisiert. Die so erhaltenen N-Werte im Boden tragen zu einer Optimierung der Düngeplanung bei (vgl. SCHENKER/FENZ, 2010, 7).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Im Rahmen der Maßnahme "Umweltgerechte Bewirtschaftung" (UBAG) und "Biologische Wirtschaftsweise" im ÖPUL 2007 ist eine jährliche, betriebsbezogene Stickstoffbilanz zu führen. In der Maßnahme UBAG sind zusätzlich schlagbezogene Aufzeichnungen tagesaktuell zu führen und haben jedenfalls den Anbau, die Stickstoffdüngung und das Erntedatum zu beinhalten. Über diese Verpflichtungen hinaus sind in der Maßnahme "Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz" eine schlagbezogene Düngeplanung, eine tagesaktuell zu führende schlagbezogene Aufzeichnung inklusive der Erntemenge bzw. des Stickstoffentzugs durch die Ernte sowie eine schlagbezogene Stickstoffbilanzierung zu führen (vgl. BMLFUW, 2011e, 263, 272, 361). In einigen Bundesländern werden die Messergebnisse von N_{min} -Untersuchungen auf ausgewählten Standorten und daraus abgeleitete Düngeempfehlungen für bestimmte Kulturen ins Internet gestellt (vgl. SCHENKER/FENZ, 2010, 7).

c) Qualitative Beurteilung

Die gesamtbetriebliche Düngeplanung (mineralisch und organisch) ermöglicht ein effektives Nährstoffmanagement in landwirtschaftlichen Betrieben. Mögliche Nährstoffüberschüsse können durch die Düngeplanung nachweislich gemindert werden (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 85). Die schlagbezogene Planung der Düngung in Kombination mit der Führung von Aufzeichnungen über die verwendeten Dünger und über die vom Feld entnommenen Ernterückstände sind ein probates Mittel, um über die Nährstoffströme auf den einzelnen Schlägen Informationen zu erhalten. Die Bilanzierung kann als Information für die Düngung herangezogen und eine Überdüngung wirksam vermieden werden (vgl. BMLFUW, 2011e, 358). Die Düngevorschriften in der Maßnahme "Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünland" geben vor, dass die Düngung je nach Ertragslage bzw. zu erwartender Erträge zu erfolgen hat. Die tatsächliche Höhe der Erträge muss aber im Rahmen dieser Maßnahme nicht dokumentiert werden und es bleibt fraglich, ob sie tatsächlich immer ermittelt und berücksichtigt werden. Im Rahmen der Maßnahme "Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz" erfolgt durch eine schlagbezogene Bilanz, bei der die tatsächlich erzielten Erträge verwendet werden, eine Rückkoppelung mit dem Düngeverhalten. Von dieser Maßnahme sind daher stärkere Auswirkungen auf den Gewässerschutz zu erwarten (vgl. BMLFUW, 2010a, 233). Bei der Maßnahme "Vorbeugender Gewässerschutz" haben sich aber im Rahmen der Programmverhandlungen die Einstiegsschwelle (insbesondere 2 GVE/ha) und die angestrebte Prämienhöhe deutlich verschärft. Daraus geht hervor, dass vor allem Betriebe in viehintensiven Regionen, in welchen meist auch Grundwasserprobleme auftauchen, an dieser Maßnahme nicht teilnehmen können (vgl. BMLFUW, 2010a, 208). Für eine optimale Düngeplanung muss der Stickstoffvorrat im Boden berücksichtigt werden. Im Frühjahr können je nach Fruchtfolge, Bodenart, Bodentyp, organischer Düngung und Herbst- bzw. Winterwitterung sehr unterschiedliche Mengen an mineralisiertem, d.h. pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden vorhanden sein (vgl. STMELF/STMLU, 1999, 10). Durch eine Bodenbeprobung im Frühjahr bis zu einer Tiefe von 90 cm wird der N-Gehalt im Boden über eine N_{\min} -Analyse festgestellt. Die so erhaltenen N_{\min} -Werte werden bei der Düngung angerechnet und sparen somit Mineraldünger über ein verbessertes Dünge-management (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 86).

6.2.5.2 *Zeitpunkt der Düngerausbringung*

a) Beschreibung

Für eine gute Stickstoffverwertung muss die Stickstoffverfügbarkeit optimal auf den Pflanzenbedarf abgestimmt sein. Eine zeitliche Verschiebung der Düngung (Vermeidung einer Herstdüngung oder durch Aufteilung in mehrere Einzelgaben) ermöglicht eine bedarfsgerechte Düngung und erlaubt eine Reduzierung der ausgebrachten Düngermenge. Das Ausbringen weit

vor dem Bedarf, z.B. Gülledüngung im Herbst, kann hingegen zu Auswaschungsverlusten führen (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 175).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Im Aktionsprogramm Nitrat 2008 ist das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen für folgende Zeiträume jedenfalls verboten:

- landwirtschaftlich genutzte Flächen ohne Gründeckung: 15. Oktober bis 15. Februar
- landwirtschaftlich genutzte Flächen mit Gründeckung: 15. November bis 15. Februar (diese Zeiträume gelten für stickstoffhaltige Mineraldünger, Gülle, Jauche und Klärschlamm)
- vom 01. Oktober bis zum Beginn des Verbotszeitraums dürfen maximal 60 kg Reinstickstoff je Hektar ausgebracht werden
- Stallmist, Kompost und Klärschlammkompost dürfen bis 30. November ausgebracht werden

Bei Gründeckungen mit frühem Stickstoffbedarf (z.B. Raps und Wintergerste) und früh anzubauende Kulturen ist eine Düngung bereits ab 01. Februar zulässig. Diese Verbotszeiträume können sich je nach Witterung verlängern, da das Ausbringen auf durchgefrorenen Böden, auf wassergesättigten oder überschwemmten Böden sowie bei geschlossener Schneedecke (mind. 5 cm) verboten ist (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 14). In der Maßnahme "Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz" wird das Ausbringungsverbot insofern verlängert, dass auf allen Ackerflächen vom 15. Oktober bis zum 28. Februar keine stickstoffhaltigen Düngemittel ausgebracht werden dürfen. Auf allen Durum-, Gemüse-, Wintergerste- und Rapsflächen gilt das Ausbringungsverbot vom 15. Oktober bis zum 15. Februar (vgl. BMLFUW, 2011e, 360).

c) Qualitative Bewertung

Während der winterlichen Wachstumspause (in den Monaten Oktober bis Januar) sollte insbesondere auf eine Gülledüngung verzichtet werden, da die Nährstoffe von den Pflanzen nicht mehr ausgenutzt werden können. Am besten nutzen Pflanzen die Gullenährstoffe aus, wenn die Gülle kurz vor oder zu Beginn der Wachstumsperiode ausgebracht wird (vgl. FELDWISCH/SCHULTHEIß, 1999, 85). Durch eine Verkürzung der Ausbringungszeit ergibt sich für Wirtschaftsdünger die Notwendigkeit von zusätzlicher Lagerkapazität. Ergänzend ist hier anzumerken, dass im Nitrataktionsprogramm bereits eine Lagerkapazität für 6 Monate vorgesehen ist.

6.2.5.3 *N-reduzierte Fütterung*

a) Beschreibung

Der Stickstoffbedarf von Schweinen und Geflügel sinkt mit zunehmendem Alter der Tiere. Während bei jungen Tieren für die Ausschöpfung des Wachstumspotenzials ein recht hoher Rohproteingehalt notwendig ist, nimmt dieser mit fortschreitender Mast deutlich ab (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 189). Durch die Anpassung der Fütterung an die Leistungs- und Entwicklungsphasen der Nutztiere (Phasenfütterung) können Rohproteinüberschüsse (und Stickstoff ist ein zentrales Element von Rohprotein) vermieden werden. Durch den Zusatz von essentiellen Aminosäuren kann der N-Gehalt im Futter weiter vermindert werden, ohne dass die täglichen Zunahmen beeinträchtigt werden (vgl. AID INFODIENST, 2005, 91).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Unter Einhaltung der verpflichtenden Cross Compliance Bestimmungen wird im Rahmen des Nitrataktionsprogramms 2008 die zulässige Stickstoffhöchstmenge aus Wirtschaftsdünger von 170 kg je Hektar und Jahr im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Fläche angegeben. Dabei dürfen vom Stickstoffanfall je Stallplatz neben den Stall- und Lagerungsverlusten auch die Ausbringungsverluste abgezogen werden. Gleiches gilt auch bei den Gesamtstickstoffobergrenzen von 175 kg (ohne Gründeckung) bzw. 210 kg (mit Gründeckung oder stickstoffzehrender Fruchtfolge) je Hektar und Jahr landwirtschaftlicher Nutzfläche (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, s.p.). In der freiwilligen ÖPUL-Maßnahme "Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünland" (UBAG) sind max. 150 kg Stickstoff je Hektar und Jahr landwirtschaftlicher Nutzfläche erlaubt. Für die Berechnung der Stickstoffobergrenzen werden die Nährstoffwerte gemäß der "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" (vgl. BMLFUW, 2006, 54) herangezogen. Bei einer N-reduzierten Fütterung können für die Berechnung die entsprechend niedrigeren Werte herangezogen werden.

c) Qualitative Bewertung

Durch eine bedarfsgerechte Fütterung wie etwa durch Vermeidung von Rohproteinüberschüssen können die N-Ausscheidungen ohne Leistungsverlust je nach Tierart zwischen 10 und 25 Prozent reduziert werden. Besonders in Betrieben mit hoher Viehbesatzdichte ergeben sich viel mehr Möglichkeiten, das Gewässerbelastungspotential über eine optimierte Tierernährung zu verringern und damit umweltverträglicher zu produzieren. Sie entgehen mit solchen Maßnahmen unter Umständen dem Zwang, den Bestand verkleinern zu müssen (vgl. FELDWISCH, 1999a, 167f).

6.2.5.4 *Viehbesatz je Hektar*

a) Beschreibung

Hauptursache der schon seit Jahrzehnten zu beobachtenden Nitratanreicherung des Grund- und Oberflächenwassers ist die Intensivierung der landwirtschaftlichen Bodennutzung und Viehhaltung und die daraus resultierenden Stickstoffüberschüsse. Ein hoher regionaler Viehbesatz bedingt hohe regionale Ausbringungsmengen an organischem Stickstoff (durch Gülle, Jauche, Festmist), der in der Regel weniger gut verwertet werden kann und daher zu höheren N-Überschüssen beiträgt. Im Hinblick auf Wasserschutzmaßnahmen können unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. So können bei Betrieben mit hohem organischem N-Aufkommen Maßnahmen im Bereich des Wirtschaftsdüngermanagements sowie eine verbesserte N-Wirksamkeit durch Düngeplanung eine hohe Wasserschutzwirksamkeit entfalten (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 110). Ein wirksames Zusammenspiel zur Reduzierung der N-Belastungen wird durch die N-reduzierte Fütterung erreicht, wobei die Potentiale schon sehr ausgereizt sind.

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Im Rahmen der gesetzlichen Mindestanforderungen und durch die Cross Compliance Bestimmungen ist im Nitrataktionsprogramm 2008 eine maximale Ausbringungsmenge von Wirtschaftsdünger von 170 kg Stickstoff je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche erlaubt (feldfallend, d.h. Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste können abgezogen werden). Dadurch ergibt sich indirekt eine Flächenbindung des Viehbestandes (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 13). Bei den Agrarumweltmaßnahmen "Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünland" (UBAG) sowie "Biologische Wirtschaftsweise" im ÖPUL 2007 ist dezidiert eine Viehbestandsobergrenze von 2 GVE je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche angeführt (GVE – Großvieheinheiten, über diese wird der Nährstoffanfall berechnet). Im Rahmen der Maßnahme "Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz" im ÖPUL 2007 ist eine Teilnahme an UBAG zwingend erforderlich, daher ergibt sich auch bei dieser Maßnahme eine Flächenbindung (vgl. BMLFUW, 2011e, 263, 269, 358).

c) Qualitative Bewertung

Stickstoffüberschüsse im Grundwasser treten besonders in Gebieten mit konzentrierter Veredelungswirtschaft auf. Diese Gebiete sind durch einen hohen Viehbesatz je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche gekennzeichnet. Dadurch fallen große Mengen an organischem Stickstoff (Gülle, Jauche, Festmist) an, der nur zum Teil von den Pflanzen ausgenutzt wird. Diese Regionen weisen ein erhöhtes Grundwassergefährdungspotential auf (vgl. MEYER/JÖRISSEN/SOCHER, 1995, 78). Durch die Bindung der Ausgleichszahlungen an einen maximalen Viehbesatzfaktor wird der Anreiz zur Aufstockung des Viehbestandes je Hektar

eingeschränkt und eine flächengebundene Tierhaltung gefördert (vgl. BARUNKE, 2002, 66). Ein besonderes Problem in einigen sensiblen Gebieten bezüglich des Grundwassers stellen Tierhaltungsbetriebe mit mehr als 2 GVE/ha dar, die an gewässerschonenden Agrarumweltmaßnahmen nicht teilnehmen können. Die Statistiken in Grundwasserprojektgebieten belegen, dass zwar der Viehbesatz absolut etwas rückläufig ist und auch die Zahl der Tierhaltungsbetriebe abnimmt. Die Zahl der Betriebe mit mehr als 2 GVE/ha nimmt jedoch zu. In der Traun-Enns-Platte entfallen rund 40 Prozent der GVE auf Betriebe mit mehr als 2 GVE je Hektar, im Leibnitzer Feld und im Unteren Murtal über 50 Prozent (vgl. BMLFUW, 2010a, 221). Die Tendenz viehhaltender Betriebe hin zu höherem Viehbesatz je Hektar und die damit nicht mögliche Teilnahme an Agrarumweltmaßnahmen aufgrund der Überschreitung von Grenzen sollte in Zukunft in den Überlegungen zur Verbesserung der Grundwassersituation berücksichtigt werden. Die Viehbesatzgrenze ist zwar einfach anzuwenden, die tatsächliche Ausbringung von Nitrat auf die Fläche als Begrenzungsfaktor wird aber als zielgerichteter angesehen (vgl. BMLFUW, 2010a, 309).

6.2.5.5 *Wirtschaftsdüngermanagement (Stall, Lager)*

a) Beschreibung

Tierhaltende Betriebe können durch eine optimierte Verwertung des Wirtschaftsdüngers die Kosten für den Zukauf und die Ausbringung von mineralischen Düngern senken. Gleichzeitig leisten sie einen Beitrag zur Verringerung von Ammoniakemissionen und Auswaschungsverlusten (vgl. AID INFODIENST, 2005, 96). Bereits die bauliche Gestaltung beeinflusst die Höhe der gasförmigen Ammoniakverluste. Diese Emissionen lassen sich durch geeignete Maßnahmen im Stall reduzieren: durch die Stickstoffausscheidung (etwa über N-reduzierte Fütterung), das Haltungssystem, das Entmistungssystem und durch das Lüftungssystem (vgl. FELDWISCH, 1999a, 147). Die bauliche Gestaltung von Düngerlagerstätten hat großen Einfluss auf die Ammoniak-Emissionen und besitzt ein größeres Minderungspotential als Maßnahmen im Stallbereich. Durch die Erweiterung der Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger wird vermieden, dass die Ausbringung des Düngers zu Zeiten geringen Nährstoffbedarfs erfolgt (vgl. FELDWISCH, 1999a, 152).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Gemäß den Bestimmungen des Nitrataktionsprogramms, deren Einhaltung im Rahmen von Cross Compliance verpflichtend ist, sind die Düngersammelanlagen neben weiteren technischen Randbedingungen (z.B. Dichtheitstest) für mindestens 6 Monate Lagerkapazität auszurichten (vgl. AGRAR MARKT AUSTRIA, 2010, 14).

c) Qualitative Bewertung

Die Erweiterung der Lagerkapazität von Wirtschaftsdünger erlaubt eine Wirtschaftsdüngerausbringung kurz vor oder während des größten Stickstoffbedarfs der Pflanzen. Durch die entsprechenden baulichen Gestaltungen im Stall und der Düngerlagerstätte (z.B. Abdeckung des Güllelagers) lassen sich die Ammoniakverluste wirksam reduzieren (vgl. OSTERBURG et al., 2007, s.p.).

6.2.5.6 *Wirtschaftsdüngeranalyse*

a) Beschreibung

Eine genaue Düngeplanung hilft dem Landwirt, Nährstoffüberschüsse zu vermeiden. Die Düngeplanung erfordert dazu sämtliche Informationen über die Nährstoffe im Betriebsablauf. Dazu gehören neben den absoluten Mengen aller In- und Outputs auch die prozentuellen Anteile der verschiedenen Inhaltsstoffe (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 166). Für eine näherungsweise Bewertung der Wirtschaftsdünger werden die "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" herangezogen (vgl. BMLFUW, 2006, 52). Da die Nährstoffgehalte von Betrieb zu Betrieb sehr stark schwanken, ist eine Nährstoffanalyse für die exakte Düngeplanung unabdingbar. Im Zuge der Lagerung von Wirtschaftsdünger kann sich dieser entmischen (entweder durch Schwimm- oder Sinkschichten). Es muss darauf geachtet werden, dass die Nährstoffgehalte des Wirtschaftsdüngers durch entsprechende Maßnahmen, z.B. durch Aufrühren, ausreichend homogenisiert werden (vgl. FELDWISCH, 1999b, 84).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Sowohl in den verpflichtenden Cross-Compliance-Bestimmungen als auch in den freiwilligen Agrarumweltmaßnahmen wird keine Durchführung einer Wirtschaftsdüngeranalyse vorausgesetzt.

c) Qualitative Bewertung

Die Wirtschaftsdüngeranalyse unterstützt den Landwirt in der Düngeplanung. Es lässt sich dadurch aufgrund der Anrechnung der sofort pflanzenverfügbaren N-Gehalte Mineraldünger einsparen und dementsprechend sinkt der Bilanzüberschuss. Eine Wirtschaftsdüngeranalyse ist grundsätzlich positiv zu bewerten, denn der Landwirt setzt sich bewusst mit den Nährstoffgehalten des Wirtschaftsdüngers auseinander. Eine derartige Analyse muss nicht zwingend im Labor stattfinden, sondern kann auch durch Schnelltests erfolgen, was die Akzeptanz durchaus erhöhen kann (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 88).

6.2.6 Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität

Neben einer Reihe von Maßnahmen für einen umfangreichen Grundwasserschutz kann auch eine Umstellung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise positive Auswirkungen auf die Grundwasserqualität haben. Beispielhaft angeführt sind nachfolgend der Ökologische Landbau sowie die Teilflächenspezifische Düngung im Rahmen von Precision Farming.

6.2.6.1 Ökologischer Landbau

a) Beschreibung

Der ökologische Landbau ist nach eigenem Selbstverständnis ein landwirtschaftliches System, das sich besonders um den Schutz natürlicher Ressourcen kümmert. Die ökologischen Anbauverfahren sind in der entsprechenden EU-Verordnung 2092/91 geregelt. Die Nachhaltigkeit der ökologischen Bewirtschaftung basiert einerseits auf der Nutzung erneuerbarer Ressourcen (z.B. biologische Stickstoffbindung durch Leguminosen) und andererseits auf der Dynamik des innerbetrieblichen Kreislaufs (Düngung mit betriebseigenem Wirtschaftsdünger und Verfütterung wirtschaftseigenen Futters) (vgl. AID INFODIENST, 2005, 86). Stickstoff ist der Produktionsfaktor, der im ökologischen Landbau am schwierigsten zu beschaffen ist. Die Stickstoffbindung durch Leguminosen ist deshalb entscheidend. Eine weitere wichtige Stickstoffquelle stellt der Wirtschaftsdünger dar, welcher aber aufgrund des allgemein niedrigeren Viehbesatzes je ha in geringeren Mengen anfällt (vgl. DABBERT/PIORR, 1999, 282f).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Die Umstellung auf den ökologischen Landbau wird durch die Maßnahme "Biologische Wirtschaftsweise" gefördert. Diese Maßnahme geht in vielen Bereichen über die gesetzlich festgelegten Mindestanforderungen und die Bestimmungen der "Cross Compliance" hinaus. Dabei sind insbesondere die Einschränkungen beim Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmittel, im Bereich der Tierhaltung und Aspekte der Biodiversität zu nennen (vgl. BMLFUW, 2011e, 260).

c) Qualitative Bewertung

Die Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise wird als mögliche Maßnahme gesehen, um negative Umweltwirkungen der Landwirtschaft zu vermindern. Das Risiko der Gewässerbelastung durch Stickstoffauswaschung ist bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben grundsätzlich erheblich geringer als bei konventionellen Betrieben, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Betrieben mit Tierhaltung (vgl. DABBERT/PIORR, 1999, 282ff). Die Verringerung der Nitratausträge ist in erster Linie auf die geringere Viehbesatzdichte und dementsprechend geringeren Wirtschaftsdüngeranfall, den verminderten N-Input und eine vielfältige Fruchtfolge mit möglichst ganzjähriger Bodenbedeckung zurückzuführen. Aus diesen

Gründen weisen ökologisch wirtschaftende Betriebe im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden meist einen deutlich geringeren Stickstoffbilanzüberschuss aus. Positive Einflüsse lassen sich auch die Bodenstruktur erkennen, etwa durch einen steigenden Gehalt an organischer Substanz und durch eine höhere Aktivität des Bodenlebens (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 207f). Mögliche Probleme hinsichtlich Grundwasserbelastung durch Nitrat ergeben sich vor allem beim Umbruch von Leguminosen. Der im Boden vorhandene Stickstoff kann von der Folgefrucht – meist Winterungen – nur zu einem geringen Teil aufgenommen werden. Der Rest unterliegt der Auswaschung. Durch entsprechende Fruchtfolgestrategien können diese Verluste vermindert werden (vgl. AID INFODIENST, 2005, 88).

6.2.6.2 *Precision Farming – Teilflächenspezifische Düngung*

a) Beschreibung

Precision Farming bezeichnet eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Schläge. Ziel ist es, pflanzenbauliche Maßnahmen zur richtigen Zeit am richtigen Ort unter Berücksichtigung der Boden- und Ertragsvariabilität durchzuführen. Dadurch können die Produktivität, die Profitabilität und die Effizienz der gesetzten Maßnahmen erhöht und gleichzeitig unerwünschte Effekte auf die natürlichen Ressourcen vermindert werden. Neben der teilflächenspezifischen N-Düngung gehören die teilflächenspezifische Optimierung von Saatgut, Grunddünger sowie Pflanzenschutzmitteln zu den Bestandteilen eines Precision Farmings (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 209). Entwicklung, Wachstum und Stickstoffaufnahme von Pflanzen können auf Feldern lokal variieren. Mit der teilflächenspezifischen N-Düngung kann eine an die lokale Heterogenität angepasste N-Düngung durchgeführt werden. Als Basis für die Umsetzung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung können Kartensätze, basierend auf zuvor gewonnenen Informationen z.B. durch die Ernte (mapping-Verfahren) oder Echtzeitinformationen (online-Verfahren), die mit Hilfe von Sensortechnik die Stickstoffversorgung der Pflanzen messen, bzw. auch Kombinationen dieser zwei Verfahren gewählt werden (vgl. SCHMIDHALTER, 2011, 2).

b) Bereits gesetzte Maßnahmen

Precision Farming erfordert hohe Anforderungen an den Bewirtschafter. Für einen funktionierenden Einsatz müssen eine Reihe von Informationen wie Flächenvermessung mit GPS-Technik, Bodenbeprobung und Ertragskartierung gewonnen werden. Zusätzlich sind hohe Anschaffungskosten für die Technik erforderlich. Doch während die Kosten für Datenerfassung und Technik bekannt sind, lässt sich der Nutzen durch Düngereinsparung und Mehrertrag nur schwer abschätzen, da er von verschiedenen Faktoren wie Standort, Witterung, etc. abhängig ist (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 211). Aus diesen Gründen hat das Precision Farming noch keine Berücksichtigung in den Agrarumweltmaßnahmen gefunden.

c) Qualitative Beurteilung

Technische Weiterentwicklungen haben in den letzten zwanzig Jahren zu Verbesserungen im N-Management beigetragen. Die Gründe hierfür liegen unter anderem in verbesserten Ausbringungstechniken von Mineraldüngern und organischen Düngern. Als wesentliche technische Innovation in den letzten fünfzehn Jahren kann die Entwicklung in der teilflächenspezifischen Düngung genannt werden (vgl. SCHMIDHALTER, 2011, 1). Die teilflächenspezifische N-Düngung ist eine wichtige Komponente des Precision Farmings, ein Einsatz dieser Technik sollte in Kombination mit Pflanzenschutz und Erntetechnik erfolgen. Mit Hilfe dieser Technik ist eine bedarfsgerechte Düngung auf Basis der aktuellen Bestandesentwicklung möglich (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 69). Mit der teilflächenspezifischen Düngung kann bei gleichen oder höheren Erträgen Dünger eingespart werden. Hierdurch lassen sich N-Überschüsse und die N-Auswaschung reduzieren. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten ist diese Technik eher im überbetrieblichen Einsatz sinnvoll (vgl. SCHMIDT et al., 2007, 210f).

6.3 Beratung und Bewusstseinsbildung

Mit dem Ziel, Gewässerschutz zu erhalten und zu verbessern, bekommen Beratung, Bildung und Information im Agrarbereich einen besonderen Stellenwert. So soll das Wissen um die Ursachen der Gewässerbelastung die Landwirte dazu befähigen, die Folgen ihrer Handlungen abzuschätzen. Zudem sollen sie auch unterschiedliche Agrarumweltmaßnahmen kennen lernen und sich mit Hilfe der Beratung zwischen Alternativen entscheiden (vgl. THOMAS/HOFFMANN/GERBER, 1999, 400).

In den Bundesländern laufen Beratungsaktivitäten (z.B. Nitratinformationsdienst, Wasserschutzberatung), die oft von den Ämtern der Landesregierung und der Landwirtschaftskammer gemeinsam organisiert werden. Um die oben angeführten Maßnahmen in ihren Auswirkungen zu optimieren, sind auch entsprechende Fachkenntnisse über die in den Böden ablaufenden Prozesse mit den Auswirkungen auf das Grundwasser bei den Bewirtschaftenden selbst sehr wichtig. Speziell bei Grundwasserkörpern und Oberflächengewässern in nicht gutem Zustand sollte die Beratung weiter intensiviert werden. Mit einer umfassenden und auf das Thema zugeschnittenen Beratung kann die Wirksamkeit von Maßnahmen erheblich gesteigert werden (vgl. BMLFUW, 2010b, 166f).

Bildung, Beratung und Information können dazu beitragen, das Verständnis für die komplexen Gewässerschutzmaßnahmen zu erhöhen und Verhaltensweisen freiwillig zu ändern (vgl. THOMAS/HOFFMANN/GERBER, 1999, 400). Das Ziel der Beratung ist daher, in der

Landwirtschaft die Anliegen des Gewässerschutzes durch Bewusstseinsbildung und Weiterbildungsmaßnahmen zu verankern, indem die Agrarumweltmaßnahmen mit ihren Fördermöglichkeiten verständlich gemacht und dadurch die Landwirte zur Teilnahme bewegt werden. Gut beratene und im Anschluss auch gut betreute Landwirte sind in einem wesentlich stärkeren Maß bereit, Agrarumweltmaßnahmen umzusetzen. Damit kann auch die Akzeptanz und das Erkennen der Notwendigkeit von bestimmten Maßnahmen erhöht werden (vgl. HOLLÄNDER et al., 2008, 77).

Wasser braucht aber nicht nur im realen Raum, sondern auch im Bewusstsein aller Verantwortlichen und Nutzer im Umgang mit dieser Ressource den notwendigen Platz. Der Umgang mit Wasser kann nur dann sinnvoll gestaltet werden, wenn er als Bestandteil einer Gesellschaft verstanden und behandelt wird. Mit der Darlegung der eigenen historisch gewachsenen Wasserkultur liegt für jede Gesellschaft eine Chance für einen veränderten, der Gegenwart angepassten bewussten Umgang mit dem Lebensmittel Wasser (vgl. GROISS, 2007, 104).

6.4 Zusammenfassung

Aufgrund der bekannt langen Grundwassererneuerungszeiten (7 - 30 Jahre), vor allem in den wasserwirtschaftlich bedeutenden Grundwasserkörpern im Osten und Nordosten Österreichs, sind Verunreinigungen des Grundwassers von besonderer Bedeutung. Ein umfassender Grundwasserschutz muss demnach insbesondere in der Landwirtschaft Ziel sein. Zahlreiche verpflichtende sowie ergänzend freiwillige Maßnahmen sollen dies gewährleisten.

Es wird davon ausgegangen, dass durch eine konsequente Umsetzung des Aktionsprogramms die Nitratbelastung des Grundwassers weiter reduziert werden wird. Die freiwilligen Maßnahmen des ÖPUL-Programms 2007-2013 unterstützen dabei die Zielerreichung. Kontinuierliche Verbesserungen und zusätzliche Anstrengungen werden aber im Sinne einer grundwasserverträglichen Landbewirtschaftung notwendig sein. Dabei soll insbesondere der bereits eingeschlagene Weg, vor allem in gefährdeten Gebieten mit spezifischen freiwilligen Maßnahmen den Gewässerschutz zu forcieren, weiterhin konsequent fortgeführt werden. Beratung und Bewusstseinsbildung können dabei eine wichtige Rolle spielen.

7 Diskussion und Schlussfolgerungen

Lange Zeit galt die Landwirtschaft als umweltschützend, so dass es keiner spezifischen umweltrechtlichen oder agrarumweltpolitischen Maßnahmen bedurfte. In den vergangenen Jahrzehnten sind jedoch die negativen Auswirkungen auf die Umwelt infolge einer intensiv betriebenen Landwirtschaft zunehmend ins öffentliche Bewusstsein gedrungen. Vor allem im Problembereich Stickstoff hat durch die Belastung von Grund- und Oberflächengewässer mit Nitrat, durch die Eutrophierung von Gewässern oder durch die Belastung der Luft mit Ammoniak eine zunehmende Sensibilisierung der Öffentlichkeit stattgefunden. Aus dieser Stimmungslage heraus gerät auch die Agrarpolitik unter einen immer stärkeren Zugzwang, eine Erneuerung ihrer ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen zu betreiben. Aufgabe und Ziel ist es daher, den Grundwasserschutz mit einer intensiven landwirtschaftlichen Produktion in Einklang zu bringen. Dabei geht es in erster Linie um eine Verbesserung der Effizienz der landwirtschaftlichen Erzeugung durch einen optimalen Einsatz der Betriebsmittel.

Die Landwirtschaft hat auf Belastungen der Umwelt durch Stickstoffüberschüsse reagiert, der Rückgang dieser von der Landwirtschaft verursachten Emissionen in die Gewässer wird durch den aktuellen Wassergütebericht bestätigt. Das wachsende Umweltbewusstsein der Landwirte und wirtschaftliche Überlegungen führten dazu, dass weniger und gezielter gedüngt wird und die Ausbringung von Wirtschaftsdünger durch entsprechende Ausbringungstechnik und ausreichend Lagerkapazität optimiert wird. Die Bewirtschaftung von Ackerland wurde aufgrund neuer Erkenntnisse und Techniken im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung verbessert (Fruchtfolge, Winterzwischenfrüchte, Bodenbearbeitung).

Politische und rechtliche Instrumente kommen selten isoliert zum Einsatz. Dem Zusammenspiel und der Abstimmung zwischen den Instrumenten ("policy mix") ist daher besondere Beachtung zu schenken. Zu den für die Landwirtschaft relevanten Instrumenten gehören beispielsweise das Ordnungsrecht, förderpolitische, finanzpolitische und informatorische Instrumente (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 114). In Bezug auf Forschungsfrage 1 werden im Kapitel 4 die für die Landwirtschaft relevanten politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen näher erläutert.

Für die Verwirklichung von Umweltzielen sind ein ordnungsrechtlicher Rahmen mit Geboten und Verboten mit entsprechenden Sanktionsmöglichkeiten unerlässlich. Mit Hilfe des Ordnungsrechts können mit hoher Verbindlichkeit Mindestanforderungen und –standards festgelegt und durchgesetzt werden. Es besteht jedoch wenig Anreiz für darüber hinaus gehende Handlungen zur Verbesserung des Umweltzustandes. Um aber eine hinreichende Akzeptanz

von Agrarumweltmaßnahmen über das Ordnungsrecht hinaus durch die Landwirte zu erreichen, sind finanzielle Anreize zu gewährleisten, um dabei wirtschaftlich auftretende Verluste zu kompensieren. Über eine Kompensation von auflagebedingten Mehraufwendungen und verringerten Erlösen hinaus kann es dabei auch zu positiven betrieblichen Einkommenseffekten kommen.

Eine nachhaltige Reduktion diffuser Nähr- und Schadstoffeinträge in die Gewässer ist nur durch abgestimmte Handlungskonzepte für die Politikbereiche Landwirtschaft und Gewässerschutz erreichbar. In Beantwortung der Forschungsfrage 2 wird im Kapitel 5 dieses Thema gesondert behandelt. Die Notwendigkeit der Kooperation zwischen den Politikfeldern Landwirtschaft und Gewässerschutz hat durch die Wasserrahmenrichtlinie eine neue Bedeutung gewonnen. Obwohl bereits vielfältige Kooperationsstrukturen zwischen den beiden Politikfeldern bestehen, verbleiben Abstimmungsschwierigkeiten, die teilweise auf unterschiedliche Planungshorizonte oder auf begrenzte finanzielle Ressourcen zurückzuführen sind. Zudem erschweren Kommunikationsdefizite ein abgestimmtes Vorgehen betreffend Zielerreichung.

Dass Agrarumweltmaßnahmen eine positive Auswirkung auf die Grundwassergüte haben, wird nicht zuletzt durch die in dieser Arbeit zitierten Studien belegt. In Kapitel 6 werden in diesem Zusammenhang einerseits die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen und andererseits die möglichen Belastungsszenarien durch die Landwirtschaft gegenübergestellt sowie die aktuell gültigen verpflichtenden und freiwilligen Maßnahmen. Es wird damit Bezug auf die Forschungsfrage 3 genommen und versucht, die Wichtigkeit von Agrarumweltmaßnahmen für den Grundwasserschutz im Rahmen einer Bewertung darzustellen. Eine Einstellung der öffentlichen Förderungen beispielsweise würde zu einer stärkeren Konzentration der landwirtschaftlichen Erzeugung in einigen Gebieten mit besonders günstigen Bedingungen und intensiveren landwirtschaftlichen Praktiken führen, während die weniger wettbewerbsfähigen Gebiete von Marginalisierung und Landaufgabe bedroht wären. Solche Entwicklungen hätten zunehmende Umweltbelastungen und die Verschlechterung von wertvollen Lebensräumen zur Folge mit gravierenden wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen einschließlich einer irreversiblen Beeinträchtigung des landwirtschaftlichen Produktionspotenzials in Europa (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010, 4). Es ist auch zu hinterfragen, ob eine Ausrichtung der Agrarumweltförderung auf "Extensivierung" den damit erhofften Erfolg im Grundwasserschutz bringt. Die Teilnahme an einzelnen Maßnahmen beschränkt sich dabei auf die bereits extensiv wirtschaftenden Betriebe. Intensiv geführte Betriebe können an den Agrarumweltmaßnahmen aufgrund diverser Grenzen (z.B. GVE/ha) nicht teilnehmen. Gerade aber diese Betriebe haben ein größeres Potential hinsichtlich Grundwasserschutz. Es sollte daher in der Ausgestaltung künftiger Programme geprüft werden, wie Betriebe mit höherer Intensität und

überdurchschnittlichen Belastungspotenzialen in eine Förderung einbezogen werden können (vgl. OSTERBURG et al., 2007, 121). In diesem Zusammenhang wird auch auf das Nitrataktionsprogramm verwiesen, welches aufgrund von Vorgaben der EU-Kommission alle vier Jahre aktualisiert werden muss. Dies ist 2012 neuerlich fällig. Gemäß des Umweltberichts zum Nitrataktionsprogramm (vgl. BMLFUW/UMWELTBUNDESAMT, 2011, 51ff), welcher als Basis für den Verordnungsentwurf gilt, ist vor allem die verpflichtende Aufzeichnung für alle Betriebe mit einem Stickstoff-Anfall von mehr als 90 kg je Hektar zu hinterfragen. In dieser Arbeit wurde aufgezeigt, dass die Grundwasserqualität in Österreich gesamthaft gesehen sehr zufriedenstellend (Nitratwerte im Grundwasser unter 45 mg/l) ist. In Gebieten mit hohem Viehbesatz oder klimatisch bedingten Nachteilen bestehen Grundwasserprobleme. Die Aufzeichnungspflicht sollte sich auf diese Gebiete beschränken. Dort, wo keine Nitratprobleme vorliegen, sollte weiterhin die Möglichkeit bestehen, im Rahmen von Umweltprogrammen freiwillig Aufzeichnungen zu führen. Wie in der Arbeit ausgeführt, führen freiwillige Maßnahmen zu einer höheren Akzeptanz diverser Maßnahmen. Die Beschränkung der Ausbringung von 60 kg Stickstoff je Hektar nach Ernte der Hauptkultur generell und der Verbot der Düngung auf Maisstroh im speziellen ist ebenfalls kritisch zu hinterfragen. Dies würde einen Güllelagerraum von mehr als 6 Monaten notwendig machen und somit über die Vorgaben gemäß Nitratrichtlinie hinausgehen. Auch hier wäre der freiwillige Ansatz vorzuziehen und im Rahmen von Investitionsförderungen der Ländlichen Entwicklung finanzielle Anreize zum Bau von Güllelagerraum zu gewähren. Aus Sicht des Grundwasserschutzes und aus pflanzenbaulicher Sicht ist jedoch ein vorzugsweises Düngen von Wirtschaftsdünger im Frühjahr als positiv zu bewerten. Das Aktionsprogramm Nitrat 2012 soll nach entsprechender Begutachtungsphase im März dieses Jahres in Kraft gesetzt werden.

Über eine gezielte landwirtschaftliche Beratung können das Umweltbewusstsein und die Akzeptanz der Landwirte für nachhaltigere Bewirtschaftungsmaßnahmen weiter gesteigert werden. Zu prüfen ist in Hinblick auf den zielführenden "policy mix", in welchem Verhältnis Agrarumweltmaßnahmen und wasserschutzorientierte Ausbildung und Beratung stehen sollen. Die Anforderungen an den Gewässerschutz aus landwirtschaftlicher Sicht werden oft als schwer verständlich, wenig exakt und an vielen Stellen interpretationsfähig empfunden. Daher sollte seitens der Politik und Verwaltung ein besonderes Augenmerk auf die Kommunikation der Inhalte, Erwartungen und Möglichkeiten der Zusammenarbeit von Gewässerschutz und Landwirtschaft gelegt werden. Die Kosten-Wirksamkeit und die ökologische Treffsicherheit der Agrarumweltmaßnahmen kann damit deutlich verbessert werden.

Eine auf den jeweiligen Standort abgestimmte Feinsteuerung der Bewirtschaftungsmaßnahmen einschließlich der Ausgleichsleistungen ist in dialogorientierten Verfahren unter Beteiligung

aller betroffener Akteure (Landwirt, Wasserversorger, Verwaltung) zu entwickeln. Die landwirtschaftliche Beratung ist daher ein entscheidender Faktor für den Grundwasserschutz. Einerseits können in der Landwirtschaft die Anliegen des Gewässerschutzes durch Bewusstseinsbildung und Weiterbildungsmaßnahmen verankert werden, indem die Agrarumweltmaßnahmen mit ihren Fördermöglichkeiten verständlich gemacht und dadurch die Landwirte zur Teilnahme bewegt werden. Andererseits wird durch Information und Beratung über den Produktionsmitteleinsatz eine effizientere und umweltschonendere Anwendung von Betriebsmitteln ermöglicht. Als Zusatznutzen ergeben sich daraus niedrigere Düngerkosten bei gleichbleibenden Erträgen und Qualitäten.

Als eine der wirksamsten Maßnahme für den Grundwasserschutz kann die Düngeplanung angesehen werden. Sie stellt ein wirksames Instrument dar, um einen Überblick über die gesamte ausgebrachte Düngermenge am Betrieb oder auf dem jeweiligen Feldstück gewinnen zu können. Ein Problem der Düngeplanung ergibt sich aber insofern, dass die Planung vor den einzelnen Düngemaßnahmen erfolgt. Dabei wird von standorttypischen Ertragerwartungen ausgegangen und mit Hilfe von Richtlinien zur sachgerechten Düngung die Planung durchgeführt. Aufgrund nicht vorhersehbarer Witterungsbedingungen kann eine endgültige Bilanz erst nach der Ernte mit den tatsächlichen Erträgen vollzogen werden.

Die Abschätzung der Stickstoffmengen, welche durch die landwirtschaftliche Tätigkeit in das Agrarökosystem gelangen und durch Auswaschung wieder verloren gehen, erscheint notwendig und wichtig. Die Aufklärung über die hauptverursachenden Stoffströme, welche zu Nährstoffüberschüssen auf den Flächen führen, ist daher von besonderem Interesse für die Ausarbeitung von Grundwassersanierungsmaßnahmen. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen Witterung, der Stickstoffdynamik im Wurzelraum sowie den Bewirtschaftungsverhältnissen erlauben es aber nicht, ein allgemein gültiges Patentrezept für jeden Standort zu erstellen. Ein standort- und nutzungsangepasstes Maßnahmenpaket ist erforderlich (vgl. GÖTZ/ZEHETNER, 1996, 5). Diese wiederum verursachen einen höheren Kontroll- und Verwaltungsaufwand und sind in weiterer Folge mit höheren Kosten verbunden. Ein möglicher Ansatz ist, neben flächendeckend anzuwendenden Maßnahmen für besonders grundwassergefährdende Gebiete speziell abgestimmte Projekte anzubieten.

Neben der Nahrungsmittelerzeugung wird in Zukunft die Nutzung nachwachsender Rohstoffe eine größere Rolle spielen. Durch die zunehmende Nachfrage nach Biomasse lässt sich bereits heute eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion feststellen. In der Biogasproduktion etwa kann es durch eine Zunahme des Maisanbaues und einer Verengung der Fruchtfolge zu einer erhöhten Nährstoffauswaschung kommen. Zudem steigen mit wachsender

Zahl der Biogasanlagen die Menge der Gärrückstände und die damit ausgebrachten Nährstoffmengen auf vor allem im Umkreis der Anlage befindlichen Flächen, wodurch wiederum das Risiko der Nährstoffauswaschung steigt. Inwieweit die Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen tatsächlich Auswirkungen auf das Grundwasser hat, ist aber schwer abzuschätzen. Tatsache ist aber, dass mögliche Gewässerbelastungen gesellschaftliche Kosten bedeuten und dadurch die Effizienz von Erneuerbaren Energien verringern.

Die künftige Agrarpolitik wird neue Herausforderungen zu bewältigen haben. Insbesondere geht es darum, den zunehmenden Problemen in Bezug auf die Ernährungssicherheit sowohl in der EU als auch weltweit zu begegnen. Die nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen wie Wasser, Luft, Biodiversität und Böden soll weiterhin gefördert werden, um einerseits eine aktive Rolle im Klimaschutz zu spielen und andererseits den zunehmenden Beeinträchtigungen der Bedingungen für die landwirtschaftliche Erzeugung durch die laufenden Klimaveränderungen begegnen zu können. Die Hauptaufgabe der Landwirtschaft ist aber die Bereitstellung von Nahrungsmitteln. Da der weltweite Bedarf künftig weiter ansteigen wird, muss die Europäische Union in der Lage sein, zur Deckung des weltweiten Nahrungsmittelbedarfs ihren Beitrag zu leisten. Die Landwirtschaft der Europäischen Union muss daher ihre Produktionskapazität aufrechterhalten und verbessern.

Eine Analyse des Grundwasserschutzes kann nicht nur die Effektivität der Maßnahmen und Instrumente bewerten ("Ist das Ziel geringerer Nitratkonzentration im Grundwasser erreicht worden?"). Aufgrund der öffentlichen Gelder, die sowohl für Direktzahlungen als auch für Agrarumweltmaßnahmen eingesetzt werden, müsste auch die Effizienz ins Kalkül gezogen werden ("Ist der angestrebte Nutzen mit angemessenen Kosten erreicht worden?"). Allerdings können infolge der komplexen Zusammenhänge zwischen den Maßnahmen der Landbewirtschaftung, der Stickstoffauswaschung und der Nitratkonzentration im Grundwasser keine eindeutigen Aussagen zu Nettowirkungen von einzelnen Maßnahmen gemacht werden. Unterschiedliche Standortbedingungen, Witterungseinflüsse, verzögerte Wirkungen von Maßnahmen oder mehrere Maßnahmen mit unterschiedlicher Wirkung lassen nur eine Gesamtbeurteilung zu.

Abschließend hat die Literaturanalyse gezeigt, dass es zwar eine Vielzahl von Publikationen zu Wasserschutzmaßnahmen gibt, einer Systematisierung von Ergebnissen und der Quantifizierung von Wirkungen aber Grenzen gesetzt sind. Besonders der Nachweis von Maßnahmenwirkungen bleibt weiterhin eine wichtige Aufgabe.

8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Spannungsfeld Landwirtschaft und Grundwasserschutz und stellt am Beispiel der Stickstoffproblematik mögliche agrarumweltpolitische Maßnahmen dar, die die ökologischen Erfordernisse der Umwelt mit den ökonomischen Notwendigkeiten der Landwirtschaft in Einklang bringen und so eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung gewährleisten. Der Ackerbau wird dabei speziell betrachtet, da dort ein besonders hohes Risikopotenzial besteht und Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge in das Grundwasser unbedingt erforderlich sind. Die Arbeit wurde anhand einer umfassenden Literaturrecherche verfasst, die Ergebnisse daraus geben Antwort auf die eingangs gestellten Forschungsfragen und stellen die Situation in Österreich dar.

Um einen Überblick über die wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten zu geben, wurden in Kapitel zwei Wasserdargebot und Wasserverbrauch in Österreich dargestellt. Das theoretisch verfügbare Wasserdargebot, das sich aus Niederschlag und Zufluss abzüglich der Verdunstung ergibt, beträgt etwa 84 Mrd. m³/Jahr. Davon werden jährlich nur etwa 2,6 Mrd. m³ (3 Prozent) entnommen, was international einen sehr niedrigen Wert darstellt. Beim Wasserverbrauch steht die Industrie mit 60 Prozent an erster Stelle, 35 Prozent werden für die Trink- und Nutzwasserversorgung aufgewendet und fünf Prozent werden in der Landwirtschaft benötigt. Einen Einfluss auf den zukünftigen Wasserverbrauch werden neben einer steigenden Bevölkerungsanzahl vor allem das wirtschaftliche Wachstum, die Besiedlungsdichte, technische Weiterentwicklungen sowie ein verändertes Konsumverhalten haben, aber auch der Klimawandel wird Auswirkungen zeigen. Wasserknappheit spielt in Österreich als eines der wasserreichsten Länder eine untergeordnete Rolle. Dem Gewässerschutz kommt allerdings eine bedeutende Funktion zu, da Wasser als Trink- und Brauchwasser, als Standort- und Produktionsfaktor und als Landschaftselement unzählige Funktionen erfüllt.

Besondere Bedeutung hat der Grundwasserschutz. Zum einen, weil Grundwasser mit 99 Prozent die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung ist, zum anderen aber auch aufgrund seiner vielfältigen ökologischen Funktionen. In Kapitel drei wurde deshalb die Grund- und Trinkwasserqualität betrachtet und die Nitratbelastung des Grundwassers analysiert. Die wichtigsten Gefährdungen der Grundwasserqualität, insbesondere durch flächenhafte Einträge von Nitrat, gehen fast ausnahmslos auf anthropogene Ursachen zurück. Die landwirtschaftliche Nutzung ist dabei eine der Hauptursachen für die Belastung des Grundwassers mit Nitrat.

Nitrat nimmt in der Betrachtung der Trinkwasserqualität eine besondere Stellung ein. Erhöhte Nitratkonzentrationen im Trinkwasser können für den Menschen gesundheitsgefährdend wirken. Der aktuelle Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser liegt gemäß der Trinkwasserverordnung bei 50 mg/l. Um mögliche Verunreinigungen im Trinkwasser frühzeitig zu erkennen und wirksam entgegenzutreten zu können, wird allerdings ein Vorsorge- bzw. Schwellenwert von 45 mg/l definiert. Mittels etwa 2000 Messstellen in 136 ausgewiesenen Grundwasserkörpern bzw. -gebieten wird die Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffeinträge und die Entwicklung der Grundwasserkörper überwacht. Allgemein lässt sich sagen, dass Österreichs Grundwässer bundesweit gesehen von guter bis sehr guter Qualität sind. Die überwiegende Mehrheit aller beobachteten Grundwassermessstellen weist in den Perioden von 1999 bis 2003 und 2003 bis 2007 Nitratmittelwerte unter 25 mg/l auf. Auch gemäß Umweltbericht zum Nitrataktionsprogramm wird ein positiver Trend in Bezug auf die Nitratbelastungen des Grundwassers beschrieben. Trotzdem gibt es einige neuralgische Punkte mit besonderem Gefährdungspotential, wobei es vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen zu Schwellenwertüberschreitungen und somit zur Ausweisung von sogenannten „Beobachtungs- bzw. voraussichtlichen Maßnahmengebieten“ kommt.

Der Landwirtschaft kommt folglich hinsichtlich Grundwassergefährdung und Grundwasserschutz vor allem in Bezug auf den Stickstoff eine besondere Rolle zu. Die Belastungen des Grundwassers mit Nitrat sind ein agrar- und umweltpolitisches Dauerthema, das entsprechende Regelungen verlangt. Kapitel vier gibt dementsprechend einen Abriss über die wichtigsten rechtlichen und politischen Vorgaben, die im Kontext des Grundwasserschutzes für die Landwirtschaft relevant sind. Es wurde dabei ersichtlich, dass das Wasserrecht auf europäischer und internationaler Ebene mittels verpflichtender und freiwilliger Maßnahmen sehr umfassend in vielen verschiedenen Bereichen geregelt ist, die ineinander greifen und miteinander vernetzt sind. Von besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft ist vor allem das Aktionsprogramm Nitrat zum „Schutz vor Verunreinigung der Gewässer durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen“, das aus der Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie resultiert. Unter anderem verlangt das Aktionsprogramm Nitrat die Umsetzung der „guten fachlichen Praxis“, in der insbesondere Ausbringungszeitpunkt und Ausbringungsmenge von Düngemitteln geregelt werden.

Einen sehr wichtigen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten die Regelungen im Zuge der Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP). Ziel ist die Schaffung einer räumlich und ökologisch ausgewogenen europäischen Landwirtschaft, wobei allerdings der Umweltschutzgedanke erst in den letzten GAP-Reformen vermehrt in den Programmen Einzug halten konnte. Hinsichtlich des N-Gefährdungspotenzials lässt sich sagen, dass die anfängliche

Politik der Markt- und Preisstützungen sowie die Direktzahlungen nur sehr begrenzte Intensitätsminderungen brachten. Erst mit der Entkoppelung von der Produktion, der Verknüpfung von staatlichen Beihilfen an die Einhaltung bspw. umweltrelevanter Kriterien im Zuge der Cross Compliance-Bestimmungen und zusätzlichen Agrarumweltmaßnahmen (ÖPUL) konnten spürbar positive Auswirkungen auf die Umwelt und eine Verbesserung der N-Problematik festgestellt werden.

In der Arbeit wurde ersichtlich, dass es zwischen dem Grundwasserschutz und der Landwirtschaft zu einem Spannungsfeld kommt, das in Kapitel fünf beschrieben wird. Dabei wurde zu Beginn die Bedeutung des Stickstoffs für die Landwirtschaft dargestellt und die Stickstoffdynamik im Boden samt den möglichen Ursachen für Stickstoffeinträge in das Grundwasser beschrieben. Stickstoff nimmt unter den für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen eine Sonderstellung ein. Als „Motor des Wachstums“ hat er die höchste Energieeffizienz und ist unentbehrlich für das Pflanzenwachstum und somit für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte. In weiterer Folge ist somit die Stickstoffdüngung eines der wichtigsten Instrumente des Landwirtes zur Steuerung des Pflanzenbestandes sowie zur Ertrags- und Qualitätsbildung. Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion und eine Veränderung der Produktionsmethoden, wie bspw. die flächenunabhängige Tierhaltung, bringen allerdings unweigerlich umweltpolitische Probleme mit sich. Vor allem der gestiegene Stickstoffeinsatz bringt die Landwirtschaft in einen Konflikt mit dem Grundwasserschutz. Standortfaktoren sowie Bewirtschaftungsfaktoren beeinflussen den Grad der Stickstoffeinträge und somit die Gefährdung des Grundwassers. Die wichtigsten (beeinflussbaren) Faktoren sind dabei die Auswaschung, die Mineralisierung, die atmosphärische Stickstoffverlagerung sowie die Erosion. Besondere Betrachtung wurde wiederum auf die Bewirtschaftung von Ackerland gelegt, da hier das Risiko der Stickstoffeinträge vor allem aufgrund von starker Bodenbearbeitung und nicht ganzjähriger Bodenbedeckung wesentlich höher ist.

Das Ziel der Arbeit – agrarumweltpolitische Maßnahmen für eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung darzustellen – wurde schließlich in Kapitel sechs erreicht. Dabei wurden die in Kapitel vier beschriebenen Problemfelder den in Kapitel fünf beschriebenen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen gegenübergestellt und so eine umfassende Aufstellung an Maßnahmen und Handlungsinstrumenten beschrieben, die die Stickstoff-Einträge in das Grundwasser vermindern und begrenzen sollen. Dabei wurden Maßnahmen zur Reduzierung der Stickstoff-Auswaschung, Maßnahmen zur Verminderung der atmosphärischen Stickstoffverluste, der Mineralisation und des Oberflächenabflusses und Maßnahmen zum Düngemanagement sowie Produktionssysteme mit positiver Wirkung auf die Wasserqualität analysiert und bewertet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch eine konsequente Umsetzung des Aktionsprogramms Nitrat die Nitratbelastung des Grundwassers weiter reduziert werden wird. Die freiwilligen Maßnahmen des ÖPUL-Programms unterstützen dabei die Zielerreichung. Zusätzliche Anstrengungen sind aber im Sinne einer grundwasserverträglichen Landwirtschaft auch zukünftig notwendig. Maßnahmen zur Beratung und Bewusstseinsbildung, denen sich das Kapitel sechs abschließend widmet, werden auf dem Weg zur Zielerreichung eine große Rolle spielen.

9 Literaturverzeichnis

AGES (2008): Trinkwasser aus Hausbrunnen und Quelfassungen. AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit / Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hrsg.). Wien.

AGRAR MARKT AUSTRIA (2010): Cross Compliance - Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, Merkblatt 2010. Agrarmarkt Austria (Hrsg.). Wien: Selbstverlag. (abrufbar unter: <http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.am=PCP&p.contentid=10007.19468>)

AID INFODIENST (2005): Landbewirtschaftung und Gewässerschutz. aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. und dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.). Bonn - Darmstadt.

ALWARDT, C. (2011): Wasser als globale Herausforderung. Die Ressource Wasser. Working paper No. 17, Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität (Hrsg.). Hamburg.

AMBROS, W. (2009): Landwirtschaft und Gewässerschutz - Standortbestimmung aus Sicht des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. In: Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.): Landwirtschaft und Wasserrahmenrichtlinie - Wie sollen die Ziele der ersten Maßnahmenprogramme erreicht werden? Bonn: Selbstverlag.

BARUNKE, A. (2002): Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft. In: Weingarten, Peter (Hrsg.): Erfahrungen mit Stickstoffminderungspolitiken. Band 19. Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.

BMG (2009): Österreichischer Trinkwasserbericht 2005-2007. Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMG (2011): Österreichisches Lebensmittelbuch. Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.): IV. Auflage, Codexkapitel/B1/Trinkwasser. Wien: Selbstverlag.

BMLFUW UND UMWELTBUNDESAMT (2011): Aktionsprogramm Nitrat 2012 - Umweltbericht im Rahmen der strategischen Umweltprüfung gemäß RL 2001/42/EG. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft - Sektion VII (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). 6. Auflage. Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2007): Wasser in Österreich - Zahlen und Fakten. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Österreichische Vereinigung für Gas und Wasser OVGW (Hrsg.). Wien: Selbstverlag. (abrufbar unter:
http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasser_in_oesterreich-zahlen_und_fakten.html)

BMLFUW (2008): Österreichischer Bericht – EU-Nitratrichtlinie 91/676/EWG. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft - Sektion VII (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2010a): Evaluierungsbericht 2010 - Teil B - Bewertung der Einzelmaßnahmen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2010b): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 - NGP 2009. Bundesministerium für Land- und Fortswirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2010c): Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Bundesministerium für Land- und Fortswirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.).
<http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasserverbrauch_und_wasserbedarf.html> [Zugriff am 02.03.2011]

BMLFUW (2011a): Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien. (abrufbar unter
http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik.html)

BMLFUW (Hrsg.) (2011b): Die Wassermengen - Bilanz Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.).

⟨<http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/Wasserbilanz.html>⟩ [Zugriff: 05. November 2011]

BMLFUW (2011c): Grüner Bericht 2011. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Bericht über die Situation der österreichischen Landwirtschaft. Wien: Selbstverlag.

BMLFUW (2011d): Wasser in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.). ⟨<http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich.html>⟩ [Zugriff: 06. November 2011]

BMLFUW (2011e): Österreichisches Programm für die Entwicklung des ländlichen Raums 2007 - 2013. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

BMU (2006): Wasserwirtschaft in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Teil 1 - Grundlagen. Berlin.

BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2009a): Effektivität von Gewässerrandstreifen zum Schutz von Oberflächengewässern. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien.

BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2009b): ÖPUL Evaluierung - Änderungen in der Gesamtwirksamkeit der Begrünungsvarianten und Nebeneffekte. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Wien.

BURBERG, P.-H.; SIEDHOFF, K. und WIEMERS, H. (1990): Gewässerschutzprogramme für landwirtschaftliche Intensivgebiete: Maßnahmen, Verfahren, Durchführung. In: Ernst, Werner; Hoppe, Werner und Thoss, Rainer (Hrsg.): Beiträge zum Siedlungs- und Wohnungswesen und zur Raumplanung. Bd. 131. Münster: Selbstverlag des Instituts für Siedlungs- und Wohnungswesen und des Zentralinstituts für Raumplanung der Universität Münster.

DABBERT, S. und PIOR, A. (1999): Ökologischer Landbau. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Auflage. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.

DAMBROTH, M. (1991): Stickstoffeinsatz in der Pflanzenproduktion. In: Isermeyer, Folkhard (Hrsg.): Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft - Vorträge einer gemeinsamen Tagung der FAL, der Landwirtschaftskammer Hannover und der Landwirtschaftskammer Weser-Ems am 08. Oktober 1991. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

DEUTSCHER BAUERNVERBAND (2011): Situationsbericht 2011/12 - Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband (Hrsg.). Berlin: Selbstverlag.

ETLINGER, E. (2005): EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.). Österreichischer Bericht der IST-Bestandsaufnahme, Ökonomische Analyse der Wassernutzung. Wien.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008a): Die gemeinsame Agrarpolitik erklärt. Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft und ländliche Entwicklung (Hrsg.). Brüssel. (abrufbar unter: http://ec.europa.eu/agriculture/publi/capexplained/cap_de.pdf)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008b): Grundwasserschutz in Europa - Die neue Grundwasserrichtlinie - Konsolidierung des Rechtsrahmens der EU. Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt (Hrsg.). Brüssel. (abrufbar unter: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/brochure/de.pdf>)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2010): Die GAP bis 2020: Nahrungsmittel, natürliche Ressourcen und ländliche Gebiete - die künftigen Herausforderungen. In: Europäische Kommission (Hrsg.): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel. (abrufbar unter: http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/communication/index_de.htm)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011): Lebenselixier Wasser - Wie die Wasserrahmenrichtlinie dazu beiträgt, die Wasserressourcen Europas zu schützen. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (Hrsg.). Brüssel. (abrufbar unter: http://ec.europa.eu/environment/water/pdf/wfd_brochure_de.pdf)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Landwirtschaft, Umwelt, ländliche Entwicklung: Zahlen und Fakten - Herausforderungen für die Landwirtschaft.

⟨http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/nitro_de/report.htm⟩ [Zugriff: 30. November 2011]

- FANK, J.; DERSCH, G.; FEICHTINGER, F. und ROBIER, J. (2010): Erforderliche Maßnahmen und Umsetzungsoptionen für eine grundwasserverträgliche Landwirtschaft im Murtal-Grundwasserleiter. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft - 2. Umweltökologisches Symposium am 2. und 3. März 2010 am LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: Selbstverlag.
- FELDWISCH, N. (1999a): Tierhaltung. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Auflage. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.
- FELDWISCH, N. (1999b): Verfahren zur Verminderung der Stoffausträge aus der Pflanzenproduktion - Austragungspfad Auswaschung. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. 2. Auflage. Landsberg ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.
- FELDWISCH, N. und FREDE, H.-G. (1999): Stoffeinträge in Gewässer aus der Landwirtschaft. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Auflage. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.
- FELDWISCH, N. und SCHULTHEIB, U. (1999): Verfahren zur Verminderung der Stoffausträge aus der Pflanzenproduktion - Allgemeine ackerbauliche Aspekte. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Auflage. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.
- FLAIG, H.; LEHN, H.; PFENNING, U.; AKKAN, Z.; ELSNER, D. und WACLAWSKI, N. (2002): Umsetzungsdefizite bei der Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Materialienband (Hrsg.). Stuttgart.
- GALLER, J. (2007): Stickstoff, Kreislauf - Düngung - Umwelt. Landwirtschaftskammer Salzburg (Hrsg.). Salzburg
- GÖTZ, B. und ZEHETNER, G. (1996): Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt (Hrsg.). Wien.

GROISS, R.-E. (2007): Ein Recht auf Wasser für alle Menschen - für ein Menschenrecht auf Wasser. In: Norer, Roland (Hrsg.): Agrarrecht im Lichte des öffentlichen Rechts. Wien - Graz: Neuer Wissenschaftlicher Verlag.

GRÜNEWALD, U. (2001): Wasserwirtschaftliche Planung“. In: Lecher, Kurt; Lühr, Hans-Peter; Zanke, Ulrich C.E. (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 8. Auflage. Wien: Parey Buchverlag.

GZÜV (BGBl. II Nr. 479/2006 idF BGBl. II Nr. 465/2010): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zur Erhebung des Zustandes von Gewässern (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung – GZÜV). (abrufbar unter: http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/planung/GZUEV.html)

HEIßENHUBER, A. und RING, H. (1991): Perspektiven für eine ressourcenschonende Landbewirtschaftung. In: Heißenhuber, Alois und Ring, Helmut (Hrsg.): Grundwasserschutz und Landbewirtschaftung - Wasserwirtschaftliche, pflanzenbauliche und ökonomische Aspekte; Vorträge anlässlich einer Tagung am 11. April 1991 an der Technischen Universität München-Weihenstephan. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag GmbH.

HOFER, E.; HEBAUER, C.; HOFFMANN, H. und KIRNER, L. (2009): Direktzahlungen an die Landwirtschaft in der Europäischen Union nach 2013 - Grundlagenbericht. Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Heißenhuber, Prof. Dr. Dr. h.c. Alois (Hrsg.). Freising.

HOLLÄNDER, R.; ZENKER, C.; PIELEN, B.; FÄLSCH, M.; CHOUDHURY, K. (2008): Gewässerschutz und Landwirtschaft: Widerspruch oder lösbares Problem. WWF Deutschland (Hrsg.). Frankfurt am Main.

ISERMEYER, F. (1991): Optimaler Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft aus betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Sicht. In: Isermeyer, Folkhard (Hrsg.): Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft - Vorträge einer gemeinsamen Tagung der FAL, der Landwirtschaftskammer Hannover und der Landwirtschaftskammer Weser-Ems am 08. Oktober 1991. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

- KANTELHARDT, J. und HEIßENHUBER, A. (2005): Nachhaltigkeit und Landwirtschaft. In: Brunner, Karl-Michael und Schönberger, Gesa U. (Hrsg.): Nachhaltigkeit und Ernährung. Frankfurt/Main: Campus Verlag GmbH.
- KLIK, A. (2010): Agronomische Bodenschutzmaßnahmen und ihre Auswirkungen. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft - 2. Umweltökologisches Symposium am 2. und 3. März 2010 am LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: Selbstverlag
- KNITTEL, Harry und ALBERT, Erhard (2003): Praxishandbuch Dünger und Düngung. Knittel, Harry und Albert, Erhard (Hrsg.). Bergen/Dumme: Agrimedia GmbH.
- KOM, Kommission der europäischen Gemeinschaften (2007): Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. In: Europäische Kommission, (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel in Europa - Optionen für Maßnahmen der EU. Brüssel.
- KRAYL, E. (1993): Strategien zur Verminderung der Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft. In: H. de Haan, Institut für Agrarökonomie der Georg-August-Universität Göttingen (Hrsg.): Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik, Band 8. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.
- LAD (2010): Informationen zur Düngung. Landesarbeitskreis Düngung Baden-Württemberg, LAD, K+S Kali GmbH (Hrsg.), 4. Auflage. Baden-Württemberg. (abrufbar unter: http://www.kali-gmbh.com/de/pdf-news/info_20100823_lad_bw_rottes_heft.pdf)
- LANDESREGIERUNG, Amt der Oö. (2009): Nitrat im Grundwasser. Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Soziales und Gesundheit (Hrsg.). Linz. (abrufbar unter: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-D8732090-A7396316/ooe/Infoblatt_Nitrat_im_Trinkwasser.pdf)
- LFL (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). 8. Auflage. Freising-Weihenstephan. (abrufbar unter: http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_24402.pdf)
- MAIDL, F. X. (1991): Verbesserung der Trinkwasserqualität durch Optimierung der Landbewirtschaftung. In: Heißenhuber, Alois und Ring, Helmut (Hrsg.): Grundwasserschutz und Landbewirtschaftung - Wasserwirtschaftliche, pflanzenbauliche und ökonomische Aspekte;

Vorträge anlässlich einer Tagung am 11. April 1991 an der Technischen Universität München-Weihenstephan. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.

MATTHESS, G. und UBEL, K. (2003): Lehrbuch der Hydrogeologie. In: Matthess, Georg (Hrsg.): Allgemeine Hydrogeologie - Grundwasserhaushalt, Band 1. Berlin - Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.

MEINHARDT, P. (1991): Auswirkungen von Gewässerschutzauflagen auf die Ertrags- und Vermögenslage landwirtschaftlicher Betriebe. Schriftenreihe des Hauptverbandes der Landwirtschaftlichen Buchstellen und Sachverständigen (Hrsg.). Bonn: Pflug und Feder GmbH.

MEYER, R.; JÖRISSEN, J. und SOCHER, M. (1995): Entwicklungsperspektiven der Landwirtschaft, Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bereich Landwirtschaft, Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bausektor, Problemanalyse zum Grundwasserschutz im Verkehrssektor. In: Technikfolgen-Abschätzung Grundwasserschutz und Wasserversorgung, Band 1. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

NITSCH, H. und OSTERBURG, B. (2007): Umsetzung von Cross Compliance in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ländliche Räume (Hrsg.): Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 04/2007. Braunschweig.

OBERLEITNER, F. (2008): Wasserrecht - Einführung und Überblick. In: Oberleitner, Franz (Hrsg.): Unterlagen zur Vorlesung Wasser- und Umweltrecht, Skriptum Wasserrecht. (abrufbar unter: <http://www.hydro.tuwien.ac.at/print/lehre/lva/downloads.html>)

OBERLEITNER, F. (2009): Europäisches Wasserrecht. Oberleitner, Franz (Hrsg.): Vorlesungsunterlage. (abrufbar unter: http://www.boku.ac.at/hfa/lehre/europ_wasserrecht/Vorlesung_Europ_Wasserrecht_2009.pdf)

OBERLEITNER, F. und BERGER, W. (2011): Kommentar zum Wasserrechtsgesetz 1959. 3. aktualisierte Auflage. Wien: Manzsche Verlags und Universitätsbuchhandlung.

OEHMICHEN, J. (1983): Pflanzenproduktion“. In: Oehmichen, Jobst (Hrsg.): Grundlagen, Band 1. Berlin: Verlag Paul Parey.

OSTERBURG, B.; RÜHLING, I.; RUNGE, T.; SCHMIDT, T. G.; SEIDEL, K.; ANTONY, F.; GÖDECKE, B.; WITT-ALTFELDER, P. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach

Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: Osterburg, Bernhard und Runge, Tania (Hrsg.): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie.

Braunschweig: Landbauforschung Völkenrode - Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2004): Hydrologie - Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen. Normungsinstitut, Österreichisches (Hrsg.). Wien.

ÖVGW (2011): Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (Hrsg.)
<<http://www.ovgw.at/wasser/themen/?uid:int=294>> [Zugriff: 27. Oktober 2011]

ÖVGW (2011): Verbrauch - Wasserwerk. Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (Hrsg.). <<http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/verbrauch>> [Zugriff: 05. November 2011]

QZV CHEMIE GW (BGBl. II Nr. 98/2010 idgF): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW). (abrufbar unter: http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/recht_gewaesserschutz/QZVChemieGW.html)

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1991): Richtlinie 91/676/ EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, Amtsblatt Nr. L 375 vom 31/12/1991. (abrufbar unter: http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-eu-international/eu_wasserrecht/Nitratrichtlinie_1.html)

RUMM, P.; KEITZ, S. von und SCHMALHOLZ, M. (2006): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie - Inhalte, Neuerungen und Anregungen für die nationale Umsetzung. In: Rumm, Peter; Keitz, Stephan von und Schmalholz, Michael (Hrsg.). Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.

SCHEELE, M.; ISERMAYER, F. und SCHMITT, G. (1993): Umweltpolitische Strategien zur Lösung der Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft. Agrarwirtschaft, Band 42, Heft 8/9.

SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer, Fritz (Hrsg.). 15. Auflage. Berlin: Heidelberg Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.

SCHENKER, P. und FENZ, R. (2010): Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Österreich - Bedeutung für die Landwirtschaft. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft - 2. Umweltökologisches Symposium am 2. und 3. März 2010 am LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: Selbstverlag.

SCHILLING, G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co.

SCHMIDHALTER, U. (2011): N-Düngung - Präzisionsdüngung und Gießkannenprinzip. In: Märlander, B. et al. (Hrsg.): Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwelt; Gemeinsam Tagung der Deutschen Gesellschaft für Pflanzenernährung und der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 23. Göttingen: Liddy Halm.

SCHMIDT, T. G.; RUNGE, T.; SEIDEL, K. und OSTERBURG, B. (2007): Bewertung der ökologischen Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft. In: Osterburg, Bernhard und Runge, Tania (Hrsg.): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Braunschweig: Landbauforschung Völkenrode - Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).

SCHUBERT, S. (2006): Pflanzenernährung - Grundwissen Bachelor. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

STATISTIK AUSTRIA (Hrsg.) (2007): Wasser – kostbares Gut – vielseitig verwendbar. <http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/020296> [Zugriff: 28. Oktober 2011]

STMELF/STMLU (1999): Verminderung der Nitratauswaschung. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten / Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.). München: Selbstverlag. (abrufbar unter: http://www.lichtenfels.bayern.de/de/redaktion/pdf/25/Brosch_Verminderung_der_Nitratauswaschung.pdf)

THOMAS, A.; HOFFMANN, V. und GERBER, A. (1999): Bildung, Beratung und Information. In: Frede, Hans-Georg und Dabbert, Stephan (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Auflage. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co KG.

UMWELTBUNDESAMT (2006): Wassergüte in Österreich 2006. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft / Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 2006. Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2010a): Gewässerschutz mit der Landwirtschaft. Umweltbundesamt (Hrsg.). Berlin. (abrufbar unter: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3894.pdf>)

UMWELTBUNDESAMT (2010b): Neunter Umweltkontrollbericht. Umweltbundesamt (Hrsg.) Umweltsituation in Österreich. Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2011a): Daten zur Umwelt - Umwelt und Landwirtschaft. Umweltbundesamt (Hrsg.), Ausgabe 2011. Bonn. (abrufbar unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4056.html>)

UMWELTBUNDESAMT (2011b): Emissionstrends 1990-2009. Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.). Wien: Selbstverlag.

UMWELTBUNDESAMT (2011c): Klimaschutzbericht. Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.). Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2011d): Wassergüte in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft / Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 2010. Wien: Selbstverlag.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (s.a.): Stickstoffbilanz für Österreich.
<<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/landwirtschaft/duenger/stickstoffbilanz/>>
[Zugriff: 10. Januar 2012]

UNESCO (2009): Water in a changing world. UNESCO (Hrsg.): Wasser in einer sich verändernden Welt. (abrufbar unter <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/>)

WEINGARTEN, P. (1996): Grundwasserschutz und Landwirtschaft. Eine quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwasser vor Nitrateinträgen. Kiel: Wiss.-Verl. Vauk.

WENDLAND, M. und ATTENBERGER, E. (2009): Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz - Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern in der Landwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Bayerische Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.). Freising-Weißenstephan.

WHITE, S.; ROBINSON, J.; CORDELL, D.; JHA, M. UND MILNE, G. (2003): Urban Water Demand Forecasting and Demand Management: Research Needs Review and Recommendations (Occasional Paper No. 9). Institute for Sustainable Futures University of Technology Sydney (Hrsg.). Sydney.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT (1993): Reduzierung der Stickstoffemissionen der Landwirtschaft. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Reihe A, Angewandte Wissenschaft; Band 423. Münster: Landwirtschaftsverlag.

WASSERRECHTSGESETZ 1959, WRG 1959, BGBl. Nr. 215/1959 idgF. (abrufbar unter: http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/wasserrechtsgesetz/WRG1959.html)