



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

Auswirkungen des Maisanbaus zur Biomasseerzeugung auf den Nitratgehalt von Oberflächengewässern und Grundwasser

Am Beispiel Niedersachsen

Gesche Bergmann

Fakultät: Life Sciences

Studiengang: Umwelttechnik

Matrikelnummer: 1984989

28.02.2013

Erstgutachterin: Prof. Dr. Carolin Floeter

Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Jörn Einfeldt

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass die die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema Auswirkungen des Maisanbaus zur Biomasseerzeugung auf den Nitratgehalt von Oberflächengewässern und Grundwasser – Am Beispiel Niedersachsen – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 28. Februar 2013

Gesche Bergmann

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird beschrieben, welche Auswirkungen der zunehmende Maisanbau für die Biomasseproduktion auf die Nitratbelastungen von Oberflächengewässer und Grundwasser hat. Dieses wurde auf der Basis einer Literaturrecherche untersucht.

Norddeutschlands Landschaft wird größtenteils durch die Landwirtschaft geprägt. Doch die Landwirtschaft befindet sich zunehmend im Wandel und verändert damit das Landschaftsbild. Am auffälligsten sind dabei der beständig zunehmende Maisanbau und die immer mehr entstehenden Biogasanlagen in der Landschaft. Diese Entwicklung wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches seit dem Jahr 2000 besteht, gefördert. Das EEG wurde in den vergangenen 12 Jahren drei Novellierungen zur Anpassung des Gesetzes unterzogen.

Der größte Eintragspfad von Nährstoffen in Oberflächengewässer wird durch die diffusen Quellen gebildet. Zu den diffusen Quellen gehört der Eintragspfad über das Grundwasser. Besonders unter landwirtschaftlichen Nutzflächen ist die Nährstoffbelastung des Grundwassers erhöht. Damit entsteht eine Verbindung zwischen den Nährstoffbelastungen von Gewässern und der Landwirtschaft. Neben dem Eintragspfad über die Grundwasserkörper ist der Oberflächenabfluss in die Oberflächengewässer nicht zu vernachlässigen.

Aufgrund der Belastungen unserer Gewässer wurden zahlreiche Gesetze und Verordnungen erlassen, um diese und somit auch unser Trinkwasser zu entlasten bzw. zu schützen. Für die Begrenzung der Nährstoffbelastungen sind das Wasserhaushaltsgesetz, Oberflächengewässerverordnung, Grundwasserverordnung, Düngeverordnung und Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen in Anlagen maßgeblich. Innerhalb dieser Verordnungen werden die entsprechenden Bewertungsparameter und Grenzwerte für Nitrat und andere Nährstoffe festgelegt. Um die Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft zu verringern, müssen zunächst die Gesetze und Verordnungen (das Fachrecht) eingehalten werden. Für die Düngung ist die Düngeverordnung maßgeblich. Um besonders in Schutzgebieten, aber auch außerhalb dieser Gebiete, die Nährstoffeinträge zu minimieren werden Maßnahmen mit Ausgleichszahlungen angeboten. Finanziert werden die Maßnahmen durch die ELER-Verordnung oder durch die ansässigen Wasserversorger.

Da Niedersachsen als Flächenland stark durch die Landwirtschaft geprägt ist und der Maisanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche seit 2000 stark zugenommen hat, werden in dieser Arbeit die Auswirkungen des Maisanbaus zur Biomasseerzeugung auf die Nährstoffbelastungen der Oberflächengewässer und Grundwässer in Niedersachsen betrachtet. Um den Nährstoffbelastungen aus der Landwirtschaft und somit auch aus dem Maisanbau entgegen zu wirken, werden in Niedersachsen Maßnahmenprogramme mit Gewässerschutzwirkung angeboten. Maßnahmen, die beim Maisanbau möglich sind, werden in dieser Arbeit genauer erläutert und nach deren Wirksamkeit unterschieden. Zu den wirksamsten Maßnahmen zählen der Zwischenfruchtanbau, die gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung, die verringerte Bodenbearbeitung und die einzelbetriebliche Beratung.

Die Ergebnisse aus Niedersachsen werden denen aus Gesamtdeutschland gegenübergestellt. Dafür werden die Anbaufläche von Mais, die Anlagenzahl der Biogasanlagen mit der installierten elektrischen Leistung und die Gewässerbelastung verglichen.

Die Recherchen für diese Arbeit haben ergeben, dass zum aktuellen Zeitpunkt keine nachteiligen Auswirkungen des zunehmenden Maisanbaus auf die Nitratbelastung von Oberflächengewässer und Grundwasser ersichtlich sind. Doch ist der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft in Oberflächengewässer und Grundwasser nicht zu vernachlässigen und sollte weiter verringert werden.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Zusammenfassung.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Mais	4
2.1.1 Die Maispflanze	8
2.1.2 Konventioneller Maisanbau.....	9
2.1.3 Ökologischer Maisanbau	16
2.2 Stickstoffkreislauf	17
2.3 Rechtlicher Rahmen.....	20
2.3.1 Wasserhaushaltsgesetz.....	20
2.3.2 Oberflächengewässerverordnung	25
2.3.3 Grundwasserverordnung	25
2.3.4 Düngeverordnung	26
2.3.5 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe	29
2.3.6 Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds	30
2.3.7 Cross Compliance – Verordnung	32
2.3.8 Erneuerbare Energien Gesetz	34
2.3.9 Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung	38

3 Entwicklung der Nährstoffbelastung und Maßnahmenprogramme	39
3.1 Entwicklung der Nährstoffbelastung	39
3.1.1 Oberflächengewässer	39
3.1.2 Oberflächengewässer in Niedersachsen.....	42
3.1.3 Grundwasser	42
3.1.4 Grundwasser in Niedersachsen	44
3.2 Maßnahmenprogramme in Niedersachsen.....	45
3.2.1 Agrarumweltmaßnahmen.....	46
3.2.2 Freiwillige Gewässerschutzmaßnahmen.....	51
4 Diskussion und Folgerung	54
4.1 Wirksamkeit der Maßnahmen.....	54
4.1.1 Konservierende Bodenbearbeitung.....	56
4.1.2 Maisengsaat	56
4.1.3 Düngung.....	57
4.1.4 Fruchtfolge, Untersaaten und Zwischenfruchtanbau	59
4.1.5 Ökologischer Maisanbau	60
4.2 Wirksamkeit des rechtlichen Rahmens.....	60
4.3 Effiziente Maßnahmen	62
4.4 Vergleich des ökologischen und konventionellen Maisanbaus	64
4.5 Empfehlungen für gewässerschonenden Maisanbau	65
4.6 Niedersachsen im Bundesvergleich	67
4.7 Schlussfolgerung.....	70
Literaturverzeichnis	72
Internetquellen	75
Gesetze und Verordnungen	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anstieg der installierten elektrischen Leistung und der Anlagenzahl von 2000 bis 2011	1
Abbildung 2: Entwicklung des Maisanbaus in Deutschland – 2000 bis 2011 in 1000ha	4
Abbildung 3: Entwicklung des Maises in Niedersachsen	5
Abbildung 4: Flächenbedarf der Biogasanlagen von der LF im Vergleich zu den Ertragsmesszahlen.....	6
Abbildung 5: Entwicklung des Maisanbaus im Zusammenhang mit der Zunahme der Biogasanlagen	7
Abbildung 6: Bodenbeschaffenheit für ideale Starbedingungen	11
Abbildung 7: Beispiel schlecht strukturierter Boden	11
Abbildung 8: globale Stickstoffkreislauf	20
Abbildung 9: Entwicklung der Vergütung für Biogasanlagen.....	37
Abbildung 10: Trend und Güteklassifikation 2010 - Nitrat-Stickstoff.....	40
Abbildung 11: Veränderung der Nitratkonzentration in 18 ausgewählten Seen in Deutschland 2007 - 2010 gegenüber 1997 – 2000.....	41
Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratgehalte in Niedersachsen (2010).....	42
Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratgehalte	43
Abbildung 14: Entwicklung der Nitratgehalte der Grundwassermessstellen in Niedersachsen	44
Abbildung 15: Gemittelte Nitratkonzentration an ausgewählten Messstellen des Grundwassergüte-Grundmessnetzes (Entnahmetiefe bis 25 m), Jahr 2002	45

Abbildung 16: Zielkulissen der Wasserrahmenrichtlinie	49
Abbildung 17: Pflanzenverteilung bei der Maisengsaat	57
Abbildung 18: Zeitschema Aufbringungsverbote und -beschränkungen für Gülle, Jauche, Silosickersaft, Gärresten und Geflügelkot gemäß der Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO)	59
Abbildung 19: Gesamtviehichte in Deutschland.....	67
Abbildung 20: Maisanteil an der Ackerfläche und an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland auf Kreisebene 2010	68
Abbildung 21: Anzahl der Biogasanlagen und der elektrischen Leistung	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Verschiedenen Bodenarten (KWS 2009)	12
Tabelle 2: Wasserbedarf im Vergleich	13
Tabelle 3: Übersicht über die Entwicklung des EEGs in Bezug auf Biogasanlagen .	36
Tabelle 4: Übersicht über angebotene Maßnahmen beim Maisanbau	55

Abkürzungsverzeichnis

AEE	Agentur für erneuerbare Energien
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AFP	Agrarinvestitionsförderung
AG	Arbeitsgemeinschaft
ARUM	Arbeitsgemeinschaft Umwelt- und Stadtplanung GbR
AU	Agrarumweltmaßnahmen
BAU	Bremer Agrar-Umweltprogramm
BayLfSt	Bayrisches Landesamt für Steuern
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CAU	Cristian Albrecht Universität
CC	Cross Compliance
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DMK	Deutsches Maiskomitee e.V.
DüMV	Düngemittelverordnung
DüV	Düngeverordnung
EEG	Erneuerbares Energien Gesetz
ELER	Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds
EMZ	Ertragsmesszahl
EU	Europäische Union
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
GAP	gemeinsame Agrarpolitik
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
GrwV	Grundwasserverordnung
IGLU	Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
JGS	Jauche, Gülle und Silagesickersäfte
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LF	Landwirtschaftliche Fläche
LfL	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
LWK	Landwirtschaftskammer
ML	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft,

	Verbraucherschutz und Landesentwicklung
MW	Mega Watt
N	Stickstoff
NAU	Niedersächsisches Agrar-Umweltprogramm
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OOWV	Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband
P₂O₅	Phosphorpentoxid
SchuVO	Schutzgebietsverordnung
StromEinspG	Stromeinspeisegesetz
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
VO	Verordnung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSG	Wasserschutzgebiet

1 Einleitung

Im Jahr 2000 wurde die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erlassen. Sie fordert, dass alle Oberflächengewässer und Grundwässer bis 2015 einen guten chemischen und guten ökologischen Zustand erreicht haben sollen. Ein wichtiges Merkmal zur Beurteilung des chemischen Gewässerzustands sind die Nährstoffgehalte. Doch sind die Ziele der WRRL noch weit entfernt.

Im selben Jahr, in der die WRRL eingeführt wurde, ist das Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien (EEG) verabschiedet worden. Mit der Einführung des EEG sind besonders nach der ersten Novellierung im Jahr 2004 und der zweiten Novelle im Jahr 2009 die Anzahl an Biogasanlagen kontinuierlich gestiegen (siehe Abbildung 1).

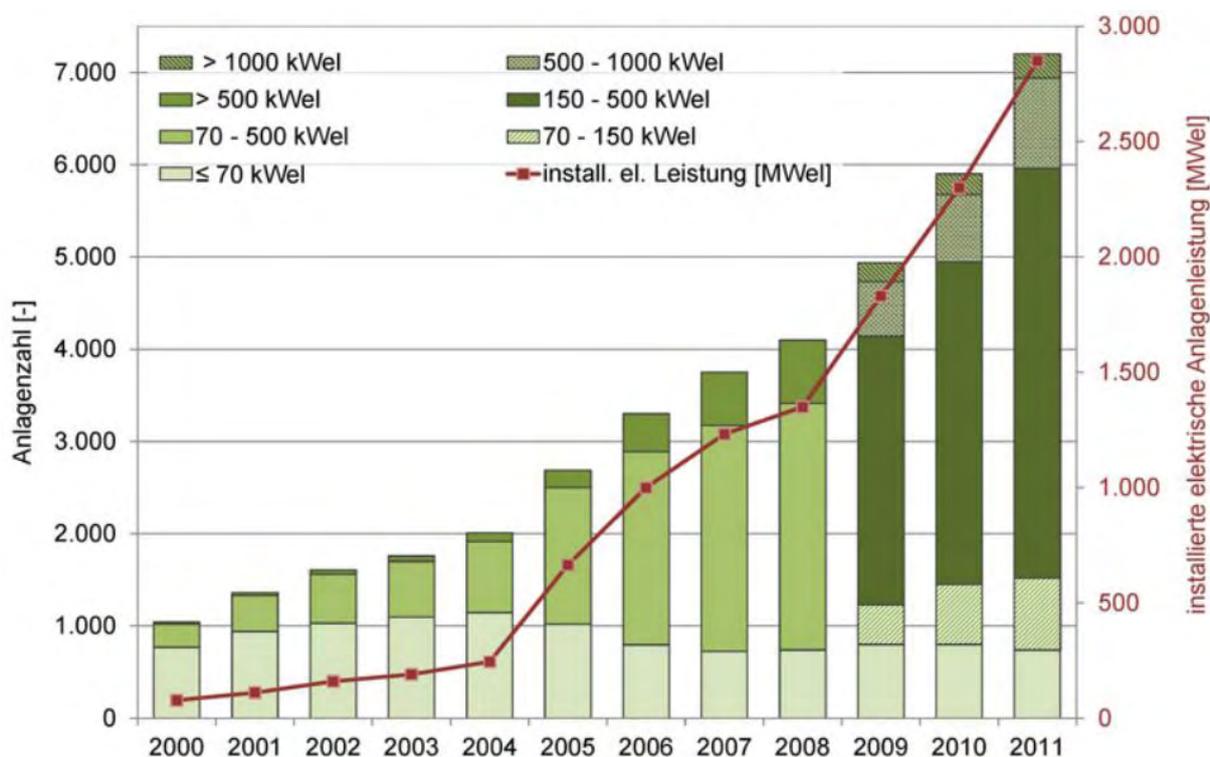


Abbildung 1: Anstieg der installierten elektrischen Leistung und der Anlagenzahl von 2000 bis 2011 (DBFZ 2012)

Da mit Abstand der größte Anteil der Anlagen mit Mais betrieben wird, ist folglich der Anteil an Mais auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche stark angestiegen. Seit der Einführung des EEGs, aber besonders ab der ersten Novellierung des EEG im Jahr 2004 ist die Anbaufläche für Mais in Deutschland von 1.516.000 ha auf 2.515.000 ha (DMK a Stand: k.A.) angestiegen. Dies entspricht einen Anstieg um den Faktor 1,7.

In Niedersachsen hat sich die Anbaufläche von Silomais verdoppelt, während die Anbaufläche für Körnermais, welcher in der Regel nur als Futtermittel dient, nahezu konstant geblieben ist (LWK Niedersachsen 2011b). Da die Anzahl der Rinder in diesem Zeitraum eher stagniert und erst in den letzten Jahren langsam wieder zunimmt (LWK Niedersachsen 2011b), kann darauf geschlossen werden, dass fast der gesamte zusätzliche Mais zur Biomasseproduktion verwendet wird.

Durch den zunehmenden Anteil an Mais auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wird bereits in der Politik und der Gesellschaft von einer sogenannten „Vermaisung“ der Landschaft gesprochen (Benke & Rieckmann 2012). Die Akzeptanz der Bevölkerung für Biogasanlagen nimmt aus diesem Grund zunehmend ab. Etwa ein Drittel der gesamten landwirtschaftlichen Fläche wird in Niedersachsen zum Maisanbau verwendet, daher kann davon gesprochen werden, dass das EEG die Kulturlandschaft auf den „Kopf stellt“ (Schütte 2012).

Der Mais ist eine Pflanze, die einen hohen Energieertrag erzielt, weshalb eine intensive bedarfsgerechte Düngung erforderlich ist. Um eine Auswaschung von Nährstoffen, insbesondere Nitrat zu vermeiden, muss die Düngung bedarfsgerecht erfolgen.

Der Mais weist nur eine relativ geringe Bodenbedeckung auf, weil er als Reihenkultur angebaut wird (i.d.R. Reihenabstand 75 cm). Besonders in Hanglagen besteht bei Starkregen oder bei Wind in jungen Beständen die Gefahr, dass Erosionen auftreten. Oftmals gelangt dann der mit vielen Nährstoffen versehene Ackerboden in stickstoffempfindliche Ökosysteme wie z.B. Oberflächengewässer und kann dort besonders in den Sommermonaten die Eutrophierung von Gewässern hervorrufen. Bei der Eutrophierung ist das Phosphat zwar oftmals der limitierende Faktor (Sauermost 2000), doch wird Phosphor für die Jugendentwicklung des Maises in wasserlöslicher Form zusätzlich gedüngt (LWK Niedersachsen 1011a), so dass bei Erosionen auch der zur Eutrophierung benötigte Phosphor mit ausgetragen werden kann.

Bei der Eutrophierung bildet sich Biomasse in Form von Algen in den Gewässern. Wenn diese absterben, sinken sie zum Grund und werden dort unter Sauerstoffverbrauch von Mikroorganismen abgebaut. Durch diesen Abbau kann es dazu kommen, dass so viel Sauerstoff für den Biomasseabbau verbraucht wird, dass

das Gewässer „umkippt“ und damit ein Fischsterben zur Folge haben kann (Sauermost 2000).

Der Stickstoff in der Umwelt kann in verschiedenen Verbindungen vorliegen. In der Luft macht der Stickstoff als elementarer Stickstoff ca. 80 % aus. Stickstoff ist nicht nur in der Luft zu finden, da ein kontinuierlicher, intensiver Austausch zwischen Luft, Wasser und Boden stattfindet (Fent 2007). Für Pflanzen ist der Stickstoff ein lebensnotwendiger Nährstoff und kann in Form von Ammonium und noch besser als Nitrat aufgenommen werden. Der Austausch von Stickstoff zwischen Boden, Luft und Wasser wird auch als Stickstoffkreislauf bezeichnet und wird in Kapitel 0 genauer erläutert (Campbell & Reece 2006).

Viele Gewässer weisen erhöhte Stickstoffwerte auf (UBA 2012). Grundwasserkörper, die der Trinkwassergewinnung dienen, weisen besonders unter landwirtschaftlich genutzten Flächen erhöhte Nitratgehalte auf (LWK Niedersachsen 2011b). In Oberflächengewässern ist die Nitratbelastung insgesamt rückläufig, doch muss für die Erreichung der Ziele der WRRL der Eintrag von Nitrat aus diffusen Quellen (insbesondere der Landwirtschaft) und Punktquellen stärker verringert werden (UBA 2012).

Doch hat der zunehmende Maisanbau mit seiner geringen Bodenbedeckung und intensiven Düngung Auswirkungen auf die Nährstoffgehalte von Oberflächengewässern oder Grundwasser? Um diese Fragestellung zu beantworten wird der Zustand der Gewässer zwischen 2000 und 2003 mit dem Zustand im Zeitraum von 2010 bis 2012 verglichen. Bevor dieser Vergleich vorgenommen wird, werden die Gesetze und Verordnungen erläutert, die einen Einfluss auf den Maisanbau aber auch die Nährstoffbelastungen von Oberflächengewässern und Grundwasser, die aus der Landwirtschaft stammen, haben.

In dieser Arbeit wird beschrieben, welche Auswirkungen der zunehmende Maisanbau für die Biomasseproduktion auf die Nitratbelastungen von Oberflächengewässern und Grundwasser hat. Dieses wurde auf der Basis einer Literaturrecherche untersucht.

2 Theoretische Grundlagen

Der Eintrag von Nährstoffen in Gewässern wird durch viele Faktoren beeinflusst. Auf der einen Seite stehen die Nutzer der Gewässer und auf der anderen Seite der Schutz von Natur und Umwelt. Um den Schutz der Natur und Umwelt gewährleisten zu können, wurden EU-Richtlinien, nationale Gesetze und Verordnungen erlassen, durch die die nachhaltige Nutzung der Gewässer ermöglicht werden soll.

Im folgenden Teil wird auf den Maisanbau als eine Form der Beeinflussung der Gewässer und die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Maisanbau als auch für den Gewässerschutz eingegangen.

2.1 Mais

Der Mais hat besonders durch die Zunahme der Anzahl an Biogasanlagen immer mehr Bedeutung in der Landwirtschaft bekommen. Deutschlandweit ist die Anbaufläche für Mais bereits seit 2002 stark angestiegen. In Abbildung 2 spiegeln sich die Novellen des EEG von 2004 und 2009 besonders deutlich wieder. Während der Anstieg nach 2004 sich erst verzögert abzeichnete, ist mit dem EEG 2009 ein sofortiger, starker Anstieg der Maisanbaufläche zu erkennen. Auch in Niedersachsen zeichnet sich der Trend des steigenden Maisanbaus seit 2003 deutlich ab.

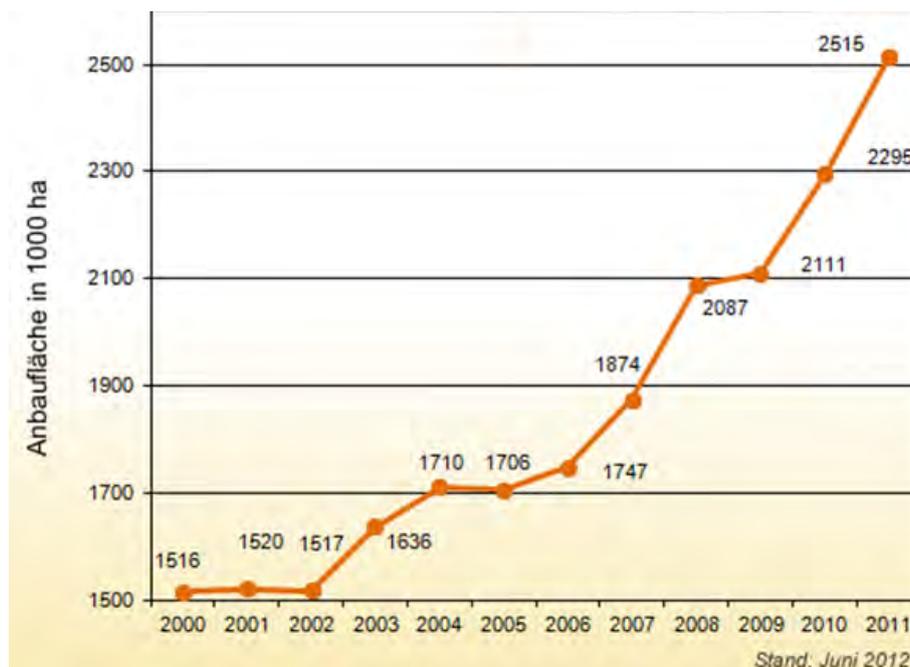


Abbildung 2: Entwicklung des Maisanbaus in Deutschland – 2000 bis 2011 in 1000ha (DMK a Stand: k.A.)

Anhand der Abbildung 3 ist zu sehen, dass der Anteil an Körnermais (inklusive Corn Cob Mix (CCM)) so gut wie konstant geblieben ist, während der Anteil an Silomais kontinuierlich, im gleichen Verhältnis wie die Gesamtanbaufläche zugenommen hat. Mais wird jedoch nicht nur für das Betreiben von Biogasanlagen benötigt, zudem ist er für die Rinderfütterung ein sehr wertvoller Energieträger. Dadurch, dass der Viehbesatz in Niedersachsen im betrachteten Zeitraum relativ konstant geblieben ist (LWK Niedersachsen 2011b), kann geschlossen werden, dass der zunehmende Maisanbau auf den Bedarf der Energiepflanze zur Energieerzeugung durch Biogasanlagen zurückzuführen ist.

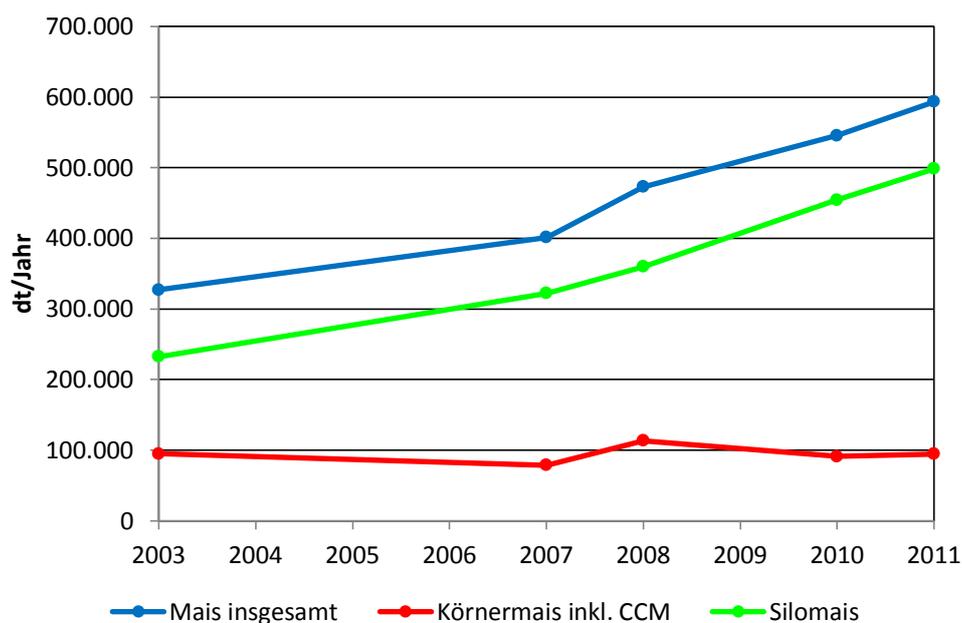


Abbildung 3: Entwicklung des Maises in Niedersachsen (Darstellung aus LWK Niedersachsen 2011b)

In der Abbildung 4 ist der Anteil der Fläche, die zur Biomasseproduktion benötigt wird, im Zusammenhang mit der relativen Ertragsmesszahl (EMZ) abgebildet. Die EMZ ist eine rechnerische Größe und wird aus dem Produkt der Flurstückgröße und der amtlich geschätzten Bodenzahl gebildet (BayLfSt 2009). Damit gibt sie die natürliche Ertragsfähigkeit des Bodens wieder. Eine hohe relative EMZ bedeutet, dass ein sehr guter Boden vorliegt und somit sehr gute Erträge erwartet werden können. In Regionen mit hohen relativen EMZ (z.B. Hildesheimer Börde) wird daher überwiegend Ackerbau betrieben, bei dem ertragreiche Früchte wie Weizen und Zuckerrüben angebaut werden. In diesen Regionen liegt ein relativ geringer

Im Durchschnitt umfasst der Maisanteil zur Erzeugung von Biomasse gerade mal 9 % der LF für Niedersachsen (LWK Niedersachsen 2011b). Der gesamte Maisanteil beträgt jedoch 22,5 % der LF (mit Grünland und Ackergras) das entspricht etwa einem Drittel der Ackerfläche (ohne Grünland und Ackergras) in Niedersachsen (LWK Niedersachsen 2011b). Daraus ist ersichtlich, dass noch immer mehr als die Hälfte des Silomaises als Futtermittel dient und nicht zur Erzeugung von Energie genutzt wird.

Beim Vergleich der Abbildung 4 mit der Abbildung 5 fällt zudem auf, dass der Maisanteil insgesamt in den Regionen mit relativ hohen EMZ sehr gering ist. Der geringe Maisanteil in diesen Regionen kommt unter anderem dadurch zustande, dass der Tierbesatz sehr gering ist und dort hauptsächlich reine Ackerbaubetriebe ansässig sind (LWK Niedersachsen 2011b).

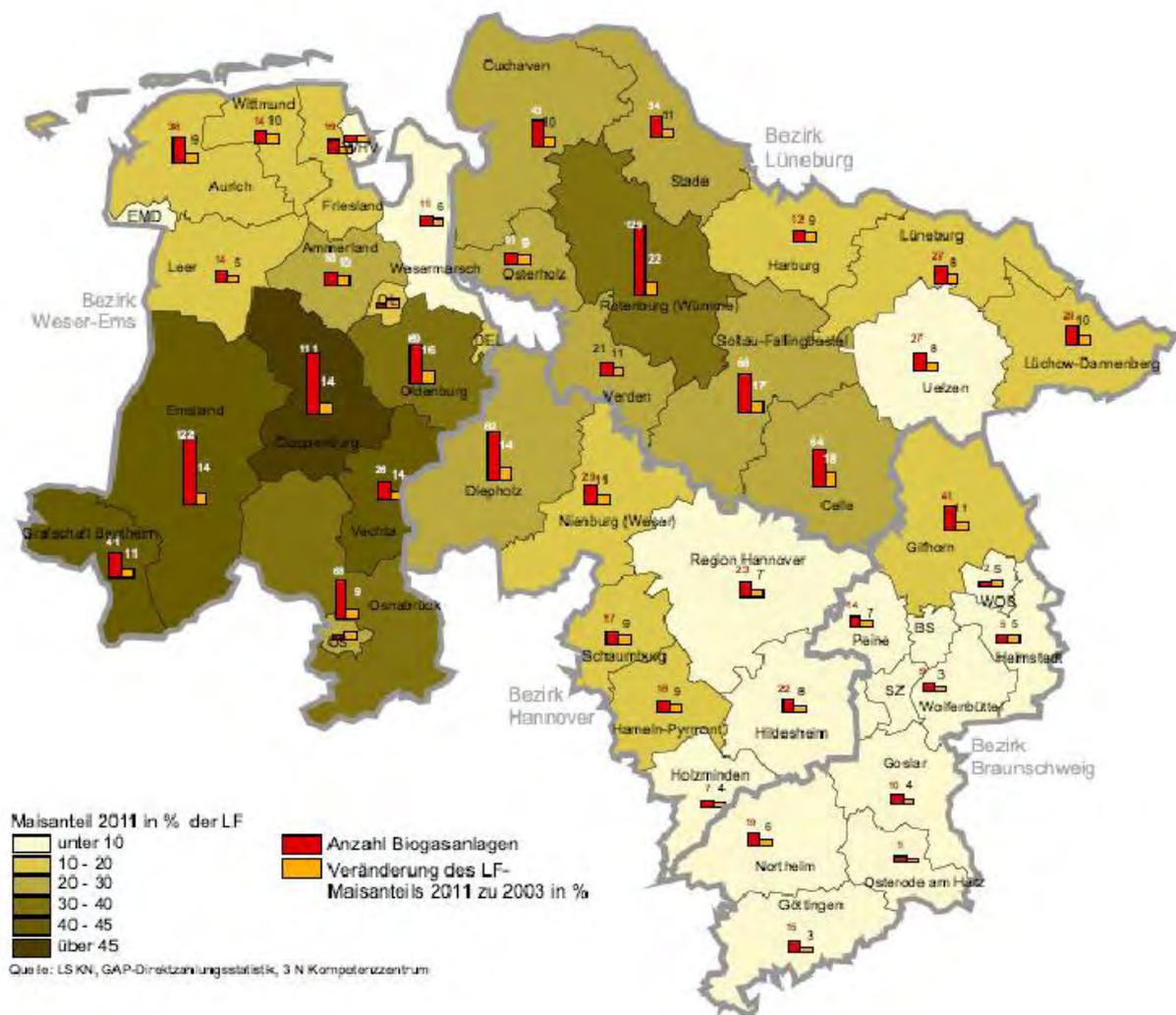


Abbildung 5: Entwicklung des Maisanbaus im Zusammenhang mit der Zunahme der Biogasanlagen (LWK Niedersachsen 2011b)

In der Abbildung 5 ist zudem zu sehen, dass der Kreis Cloppenburg mit 50,2 % Maisanteil an der LF (LWK Niedersachsen 2011b) der absolute Spitzenreiter beim Maisanbau ist. In diesem Landkreis hat neben den Biogasanlagen auch der Viehbesatz von 1991 bis 2007 mit Abstand am stärksten zugenommen (LWK Niedersachsen 2011b).

2.1.1 Die Maispflanze

Die Maispflanze (bot. *Zea mays L.*) stammt aus Südamerika. Mit Christopher Columbus ist sie 1493 aus der „neuen Welt“ nach Europa gelangt (Becker 1993). Doch in Europa angekommen brauchte die Pflanze einige hundert Jahre, um sich den klimatischen Bedingungen anzupassen. Erst dann war es ihr möglich, sich vom Mittelmeerraum weiter in die nördlicheren, kälteren Regionen auszubreiten. Der Mais hat seit 1950 eine immer stärkere Bedeutung für unsere Breitengrade bekommen. 1950 betrug der Maisanbau in Deutschland gerade mal 50.000 ha (Becker 1993), während er im Jahr 2011 2.520.300 ha (LWK Niedersachsen 2011b) beträgt. Mais gehört zu den Getreidepflanzen und hatte ursprünglich auch die Möglichkeit, sich wie das Getreide, zu bestocken. Diese Fähigkeit wurde jedoch im Laufe der Zeit durch die Züchtung reduziert, sodass der Mais in der Regel nur noch einen Haupttrieb ausbildet (DMK b Stand: k.A.). Dies führt zu einer geringen Bodenbedeckung im Bestand, welche eine Nährstoffdeposition begünstigt.

Der südamerikanische Mais erhält aufgrund der Tatsache, dass er zu den C4-Pflanzen gehört, die an heiße und trockene Standorte angepasst sind, eine besondere Bedeutung in der Landwirtschaft, da alle heimischen Gräser C3-Pflanzen sind. An heißen Tagen, wenn die Spaltöffnungen der C3-Pflanzen zur Reduzierung der Transpiration geschlossen sind, wird der Gasaustausch im Blatt verhindert. Das Enzym Rubisco kann als Carboxylase, das CO₂ an den Akzeptor im Calvin-Zyklus bindet und als Oxigenase, welches O₂ an den Akzeptor im Calvin-Zyklus bindet fungieren. Doch zum CO₂ hat Rubisco eine höhere Affinität als zum O₂ und arbeitet bei ausreichender CO₂-Konzentration als Carboxylase. Durch den verhinderten Gasaustausch bei geschlossenen Spaltöffnungen sinkt das CO₂/O₂-Verhältnis jedoch soweit ab, dass das Rubisco als Oxigenase fungiert. Durch die Bindung von O₂ an den Akzeptor wird die Photosyntheserate begrenzt. Dieser Vorgang wird als Photorespiration bezeichnet und kann an heißen, trockenen Tagen zu 50 % Verlust führen (Purves et al. 2006).

C4-Pflanzen haben gegenüber den C3-Pflanzen den Vorteil, dass sie einen Mechanismus besitzen, der die Photorespiration vermeidet. Dies geschieht hauptsächlich durch die räumliche Trennung der CO₂-Fixierung und des Calvin-Zyklus. Das CO₂ wird in den Mesophyllzellen durch das Enzym Phosphoenolpyruvat (PEP), welches nur als Carboxylase fungiert, an Pyruvat gebunden und es entsteht als erstes stabiles Produkt eine C4-Kette. Diese C4-Kette wird in die Bündelscheidenzellen transportiert und das zuvor aufgenommene CO₂ wird wieder abgegeben. Das Pyruvat wird wieder in die Mesophyllzellen transportiert und unter Energieverbrauch regeneriert. In den Bündelscheidenzellen liegt Rubisco in einer hohen Konzentration vor, welches das CO₂ an den CO₂-Akzeptor im Calvin-Zyklus bindet. Durch diese „CO₂-Pumpe“ wird die CO₂-Konzentration in der Umgebung des Rubisco aufrechterhalten, so dass dieses nur als Carboxylase und nicht als Oxigenase fungiert. Dieses Prinzip erhält somit die Photosyntheserate auch bei heißen, trockenen Tagen aufrecht und fördert die Biomassebildung (Purves et al. 2006).

Damit wird das CO₂ bei den C4-Pflanzen besser genutzt und sie können dadurch mehr Biomasse bei geschlossenen Spaltöffnungen erzeugen (pflanzenforschung.de). Durch die erhöhte Biomassebildung wird auch mehr Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen und gebunden.

Die Wachstumsrichtung der Wurzeln vom Mais wird maßgeblich durch den Boden, die Bodenart und das Nährstoffangebot im Boden bestimmt. Daher gilt er als ein Flach- und ein Tiefwurzler (DMK c Stand: k.A.). Für die optimale Nutzung der Nährstoffe im Boden sind gut entwickelte Wurzeln des Maises entscheidend.

2.1.2 Konventioneller Maisanbau

Für den ertragreichen Maisanbau sind die Sortenwahl, Standortfaktoren und Bestandsführung mit einer bedarfsgerechten Düngung entscheidend.

2.1.2.1 Sortenwahl

Die richtige Sortenwahl ist der Grundstein für die Erzielung des Ertrags. Für die Auswahl der richtigen Sorte sind die Standortbedingungen und die betrieblichen Anforderungen zu berücksichtigen. Beim Standort muss ermittelt werden, wie groß das zur Verfügung stehende Wärmeangebot in der Vegetationsperiode ist, wie

schnell sich der Boden im Frühjahr erwärmt, welche Wasserverfügbarkeit erwartet werden kann und welche Krankheiten in der Region auftreten können (KWS 2009).

Wenn damit gerechnet werden muss, dass Frühfröste auftreten können, sollte eine Sorte gewählt werden, die eine gute Jugendentwicklung hat und möglichst kälteresistent ist. Das Wärmeangebot ist entscheidend für die Reifezahl, welche angibt, wie schnell eine Sorte reif wird. Es ist wichtig, dass der Mais richtig abreift, damit das maximale Ertragspotential erzielt werden kann. Wasser ist ein begrenzender Faktor für die Ertragsfähigkeit, daher sollte bei trockenen Standorten eine stresstolerante Sorte gewählt werden (KWS 2009).

Für diese Punkte ist eine realistische Standorteinschätzung die Grundlage zur Bewertung. Für Gebiete, in denen es vermehrt zu Erkrankungen gekommen ist, sollten Sorten mit den entsprechenden Resistenzen gewählt werden (KWS 2009). Beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln werden fast ausschließlich Herbizide (zur Unkrautbekämpfung) eingesetzt. Der Einsatz von Fungiziden findet im Maisanbau in der Regel nicht statt (LWK Niedersachsen 2011a).

Zu den Standortfaktoren ist der Einsatzbereich des Maises entscheidend, denn wie bei der Züchtung gibt es auch hier Unterschiede (KWS 2009).

2.1.2.2 Standortansprüche

Für den Anbau von Mais sind die Temperatur, das Angebot an Wasser und die Beschaffenheit des Bodens für die Erzielung eines guten Ertrags weitere wichtige Faktoren.

Bodenbeschaffenheit:

Da der Mais eine wärmeliebende, tropische Pflanze ist, bevorzugt er einen schnell erwärmbaren, humosen, gut krümeligen, nährstoffreichen und ausreichend wasserliefernden Boden. In kalten Regionen ist es daher von Bedeutung, dass der Mais auf gut erwärmbaren Böden angebaut wird, da nur so eine rasche Keimung ermöglicht wird (KWS 2009).

Um eine schnelle Erwärmung des Bodens ermöglichen zu können, ist es erforderlich, dass ein lockerer und gut krümeliger Oberboden vorliegt. Bei der Saatbettbereitung sollte daher ein besonderes Augenmerk auf die Befahrbarkeit und die benötigte Rückverfestigung des Unterbodens geachtet werden (siehe Abbildung 6).

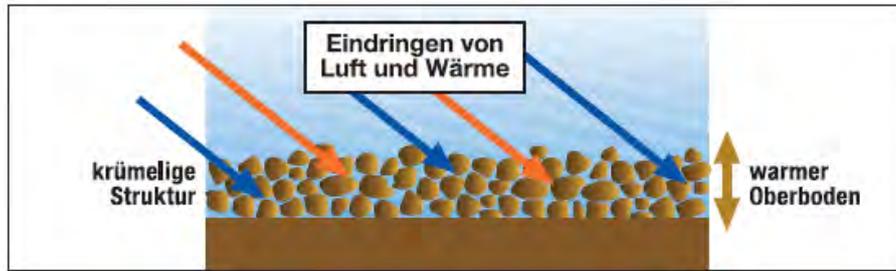


Abbildung 6: Bodenbeschaffenheit für ideale Starbedingungen (KWS 2009)

In der Abbildung 7 ist ein verdichteter Boden dargestellt. Solche Böden haben zur Folge, dass keine gute Erwärmung möglich ist und die Temperaturen, die zum Keimen des Maises notwendig sind erst spät erreicht werden. Eine weitere sichtbare Folge eines verdichteten Bodens ist die Verschlammung. Diese entsteht dadurch, dass der Regen nicht mehr die Möglichkeit hat, schnell genug vom Boden aufgenommen zu werden. Damit werden Nährstoffausträge über den Oberflächenabfluss begünstigt.

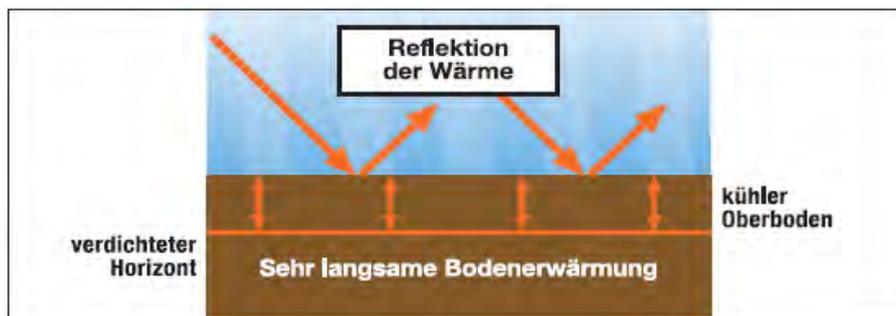


Abbildung 7: Beispiel schlecht strukturierter Boden (KWS 2009)

Es gibt zudem unsichtbare Faktoren, die im Grunde viel gravierender sind. Durch die Verdichtung kann nicht nur Regen nicht versickern, auch der Sauerstoff kann nicht mehr ausreichend ins Erdreich dringen, sodass ein Sauerstoffmangel entsteht. Durch den Sauerstoffmangel wird die biologische Aktivität verringert und wichtige Mineralisierungsprozesse finden nicht mehr im ausreichenden Maß statt (KWS 2009). Durch die Verdichtung werden die Kapillaren, die zum Wasseraufstieg benötigt werden, zerstört. In trockenen Perioden ist somit eine ausreichende Wasserverfügbarkeit nicht mehr gegeben (KWS 2009).

In der folgenden Tabelle werden verschiedene Böden gegenübergestellt. Daraus ist deutlich zu ersehen, dass die mittleren bis leichten Böden für den Maisanbau am geeignetsten sind.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Verschiedenen Bodenarten (KWS 2009)

Bodenart	Vorteile	Nachteile
leicht	Erwärmung Bearbeitbarkeit	Wassermangel Nährstoffverlagerung
mittel	Wasser, Nährstoffe, Bearbeitbarkeit	–
schwer	Wasser, Nährstoffe	langsame Erwärmung, Verkrustungen, Verdichtungen
Moorböden	Wasser	langsame Erwärmung, Spätfroste, pH-Wert
staunasse, verdichtete Böden		langsame Erwärmung, langsame Mineralisation, ungünstige Krümelstruktur

Temperaturbedarf:

Damit der Mais sich voll entwickeln kann, benötigt er zwischen April und Mitte November eine gewisse Temperatursumme. Wenn diese Summe nicht erreicht wird, kann das Wachstum dadurch begrenzt werden (DMK d Stand: k.A.).

Zum Keimen benötigt der Mais eine Bodentemperatur von 8 bis 10 °C. Während der Jugendentwicklung sollte sich die Bodentemperatur über 10 °C befinden. Wenn während der Jugendentwicklung die Temperatur mehrere Tage unter 10 °C ist, führt das zu Blattverfärbungen und beeinträchtigt damit das Wachstum. Die Beeinträchtigungen in der Jugendentwicklung können weitreichende Folgen für die weitere Entwicklung des Bestandes haben. Einsetzende Spätfröste von unter -3 °C können zum Abfrieren der ganzen Pflanze führen. Im Herbst kann es zudem zu Frühfrösten kommen. Diese führen ab -2 °C bei noch nicht beendeter Kornabreife zur frühzeitigen Beendigung des Wachstums (KWS 2009).

Wasserangebot:

Da Mais eine C4-Pflanze ist, hat sie einen relativ geringen Wasserbedarf (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Wasserbedarf im Vergleich (in Liter Wasser pro kg Trockenmasse (TM)) (KWS 2009)

Transpirationskoeffizient (l Wasser/kg TM)	Kulturarart
200–300	Hirsen (Sorghum)
300–400	Mais, Beta-Rübe
400–500	Gerste, Roggen, Durumweizen
500–600	Kartoffel, Sonnenblume, Weichweizen
600–700	Raps, Erbse, Ackerbohne, Hafer

In der Zeit von Mitte Juli bis Ende August hat der Mais jedoch teilweise einen Wasserbedarf von 6 mm/m² pro Tag. Dies ist die Zeit vom Fahnenschieben bis zur Milchreife. Der Zeitpunkt eines auftretenden Wassermangels hat verschiedene Auswirkungen auf die Pflanze. Bei Wassermangel zum Beginn der Blüte kann das Wachstum und die Kolbenbildung beeinträchtigt werden. Während der Blüte führt der Wassermangel besonders in Verbindung mit anhaltender Hitze zu einer unzureichenden Befruchtung. Nach der Beendigung der Befruchtung hat eintretender Wassermangel einschränkende Auswirkungen auf die Einlagerung der Assimilationsprodukte (z.B. Zucker) in das Korn (KWS 2009).

Wenn Beregnungsanlagen im Mais eingesetzt werden sollen, ist das Kosten-Nutzen Verhältnis sehr kritisch zu betrachten (DMK e Stand: k.A.).

2.1.2.3 Bodenbearbeitung

Bei der Bodenbearbeitung wird zwischen drei Verfahren unterschieden:

- Konventionelle Bodenbearbeitung
- Konservierende Bodenbearbeitung
- Direktsaat

Bei der **konventionellen Bodenbearbeitung** wird auf leichten Böden im Frühjahr und auf schwereren Böden vornehmlich im Herbst gepflügt. Hierbei ist zu beachten, dass nach der Cross Compliance-Verordnung eine wendende Bodenbearbeitung im Herbst nur durchgeführt werden darf, wenn anschließend eine Begrünung durch Aussaat sichergestellt wird (ML 2012). Die Vorteile der Bearbeitung mit dem Pflug sind eine gleichmäßige Verteilung der organischen Masse im Boden, eine verbesserte biologische Aktivität, schnellere Bodenerwärmung, erhöhtes

Wasserspeichervermögen und ein optimales Saatbett. Das Pflügen sollte dabei möglichst bodenschonend durchgeführt werden, indem die Pflugtiefe den Bodenverhältnissen angepasst wird, und um die Arbeitsgänge zu vermindern, sollte ein Packer oder andere Anbaugeräte mit dem Pflug kombiniert werden (DMK f Stand: k.A.).

Bei der **konservierenden Bodenbearbeitung** wird der Oberboden gegebenenfalls gelockert. Sonst bleiben die Pflanzenreststoffe der Vorfrucht oder Zwischenfrucht auf dem Feld als Mulchschicht liegen und tragen somit zur möglichst ganzjährigen Bodenbedeckung bei. Zudem schützt es vor Wind- und Wassererosionen und beugt damit der Verschlammung des Ackers vor. Die Saat wird dann als Mulchsaat durchgeführt (DMK f Stand: k.A.).

Bei der **Direktsaat** wird nach der Vorfrucht bzw. Zwischenfrucht auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet (DMK f Stand: k.A.).

2.1.2.4 Aussaat

Bei der Aussaat ist der optimale Termin zu finden. Hierbei gilt die Regel: so früh wie möglich, so spät wie nötig. Wenn der optimale Aussaatzeitpunkt nicht getroffen wird, zieht dies in den meisten Fällen Ertragseinbußen mit sich (KWS 2009). Die Aussaatzeit ist unter normalen Bedingungen zwischen dem 20. April und dem 10. Mai (LWK Niedersachsen 2011a).

Der Mais wird in der Regel als Einzelkornsaat gelegt. Bei dieser Maschine wird neben dem Maiskorn noch eine sogenannte Unterfußdüngung, die zur Förderung der Jugendentwicklung dient, durchgeführt. Das Maiskorn wird in einer Tiefe von drei bis 6 cm in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit abgelegt. Der Unterfußdünger wird 5 cm neben und 5 cm unterhalb vom Maiskorn gegeben. In diesem Dünger sind Phosphor, in Form von Phosphorpentoxid (P_2O_5) und Stickstoff in verschiedenen Formen enthalten. Der Stickstoff muss jedoch zum Teil als Ammonium vorliegen, damit dieser sofort von der jungen Maispflanze aufgenommen werden kann. Am häufigsten wird Diammonphosphat (mit 18 kg N pro 100 kg und 46 kg P_2O_5 pro 100 kg) verwendet, weil der Stickstoff in diesem Dünger ausschließlich als Ammoniumstickstoff vorliegt (LWK Niedersachsen 2011a).

2.1.2.5 Düngung

Nach den Empfehlungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011a), benötigt der Mais zur Aussaat einen Sollwert für Stickstoff von 180 kg N pro ha. Dieser Wert gibt an, wie viel der Mais insgesamt benötigt, um keinen Stickstoffmangel zu erleiden. Vom Sollwert muss zunächst der Gehalt der N_{\min} -Untersuchung abgezogen werden (LWK Niedersachsen, 2011a). Bei der N_{\min} -Untersuchung wird der im Boden vorliegende und pflanzenverfügbare Stickstoff anhand einer Bodenprobe bestimmt (LKS 2011). Bei schweren Böden wird ein Zuschlag von 20 kg/ha und bei Böden mit langjähriger organischer Düngung ein Abschlag von 20 bis 40 kg/ha empfohlen (LWK Niedersachsen 2011a).

Da der Mais ein guter Verwerter von Gülle ist, sollte diese möglichst dicht vor dem Aussaattermin ausgebracht und schnell eingearbeitet werden, um Stickstoffausgasungen und damit Nährstoffverluste und -depositionen zu vermeiden (LWK Niedersachsen 2011a).

Wenn ein Mangel an Stickstoff herrscht, führt dies zum verzögerten Wachstum, schlecht ausgebildeten Kolben und besonders nach längerer Trockenheit zum Absterben der Blätter (LWK Niedersachsen 2011a).

2.1.2.6 Monokultur Mais

Aufgrund der Selbstverträglichkeit vom Mais, besteht die Möglichkeit, mehrere Jahre in Folge auf einer Fläche Mais anzubauen. Es wird jedoch empfohlen den Mais nicht als Monokultur anzubauen, um den Boden und die Umwelt zu schonen (Benke & Rieckmann 2012). Besonders auf die Bodenstruktur, den Humusgehalt und die Nährstoffverlagerung bei nicht vorhandener Bodenbedeckung während der Sickerwasserperiode hat der Maisanbau als Monokultur negative Auswirkungen. Durch den relativ hohen Nährstoffbedarf des Maises wird zunehmend der Humus abgebaut und somit die Zusammensetzung bzw. Struktur des Bodens nachteilig verändert. Diese Veränderung begünstigt die Nährstoffdeposition vom Boden in das Grundwasser oder Oberflächengewässer (FNR 2012). Ein großes Problem von Mais-Monokulturen ist die Ausbreitung von Schädlingen wie zum Beispiel dem Maiszünsler (KWS 2011).

Ein weiterer Aspekt, der gegen die Monokultur Mais spricht, ist die Verringerung der Biodiversität in der Umwelt.

2.1.3 Ökologischer Maisanbau

Der ökologische Maisanbau unterscheidet sich schwerpunktmäßig in der Düngung und der Fruchtfolge, welche die zeitliche Abfolge der angebauten Kulturen beschreibt, vom konventionellen Maisanbau.

Es wird bei der Aussaat empfohlen, die Reihenabstände zu verringern, um einen schnelleren Reihenschluss zu erreichen. Damit soll die Verunkrautung unterdrückt und der vorhandene Stickstoff besser ausgenutzt werden (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).

Bei der Fruchtfolge ist besonders zu beachten, dass der Mais nach Klee gras oder zumindest einer Leguminose als Zwischenfrucht angebaut werden sollte. Dies wird empfohlen, weil Leguminosen eine Symbiose mit Knöllchenbakterien eingehen und diese die Möglichkeit haben, Stickstoff aus der Luft im Boden anzureichern. Der Maisanteil sollte in der Fruchtfolge nicht mehr als 20 % betragen, da durch einen höheren Anteil in der Fruchtfolge eine zu starke Verunkrautung, vermehrte Krankheiten und ein zu hoher Stickstoffentzug auftreten (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).

Bei der Düngung ist zu beachten, dass fast ausschließlich organische Dünger eingesetzt werden dürfen. Der Mais zählt in diesem Fall zu einem sehr guten Stickstoffverwerter, da sein Hauptnährstoffbedarf in der Zeit von Ende Juni bis Mitte August liegt. Zu diesem Zeitpunkt ist bereits der größte Teil des organisch gebundenen Stickstoffs mineralisiert worden und kann von der Pflanze aufgenommen werden. So kommt es dazu, dass der Mais bereits im selben Anbaujahr die meisten Nährstoffe aus organischen Düngemitteln nutzt (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).

Für eine optimale Jugendentwicklung benötigt die Maispflanze unbedingt ausreichend wasserlöslichen Phosphor. Aufgrund der relativ geringen Bodenbedeckung und geringen Wurzelmasse zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig den Dünger dicht unter der Pflanze zu platzieren.

2.2 Stickstoffkreislauf

Zwischen der Luft, die zum größten Teil aus Stickstoff besteht (78 % (Purves et al. 2006)), dem Wasser und dem Boden findet ein kontinuierlicher, intensiver Stickstoffaustausch statt (Fent 2007). Dabei liegt der Stickstoff in den unterschiedlichen Milieus in verschiedenen Formen vor. Der Luftstickstoff, der in elementarer Form (N_2) vorliegt, kann von den Pflanzen in dieser Form nicht aufgenommen werden. Es bestehen zwei Arten der Stickstoffzufuhr in den Boden. Der erste Weg ist die Deposition des Luftstickstoffs als pflanzenverfügbares Ammonium oder Nitrat mit dem Regen oder durch Staubablagerungen in den Boden zu nennen. Der zweite Weg ist die biologische Stickstoff-Fixierung, bei der zwischen der symbiontischen und nichtsymbiontischen Fixierung unterschieden wird (Campbell & Reece 2006).

Ein Beispiel für die symbiontische Stickstoff-Fixierung ist die Gattung der Rhisobium. Diese Gattung der Bakterien, die sich in den Wurzelknöllchen der Wirtspflanzen befinden, leben in Symbiose mit Leguminosen. Die Bakterien der Rhizobium können den elementaren Luftstickstoff in Ammonium umwandeln und der Pflanze zur Verfügung stellen. Die Pflanze liefert dafür den Bakterien Kohlenhydrate als Energiequelle. Die Leguminosen verbrauchen jedoch nicht den gesamten gebundenen Stickstoff, so dass eine Anreicherung im Boden stattfindet (Campbell & Reece 2006). Diese Eigenschaft der Leguminosen hat besonders in der ökologischen Landwirtschaft eine wichtige düngende Wirkung. Doch auch in der konventionellen Landwirtschaft werden Leguminosen als Gründünger eingesetzt (Campbell & Reece 2006).

Bei der nichtsymbiontischen Stickstoff-Fixierung leben die Mikroorganismen frei im Boden. Sie binden den Luftstickstoff als Ammoniak, der bei den in der Regel leicht sauren Bodenbedingungen ein Proton aufnimmt und zu Ammonium wird, welches von der Pflanze aufgenommen werden kann (Campbell & Reece 2006).

Der beim Wachstum der Pflanzen aufgenommene Stickstoff, in Form von Ammonium und Nitrat, wird in der gebildeten Biomasse fixiert. Bei der Ernte landwirtschaftlicher Nutzpflanzen findet ein Nährstoffentzug von der Fläche statt. Die auf dem Feld verbleibenden Pflanzenrückstände tragen zur Humusbildung und zur Düngung bei (Wild 1995). Die durch die Ernte entstandenen Entzüge werden über die

Wirtschaftsdünger, Mineraldünger und teilweise durch Gründünger wieder ausgeglichen.

Das nun im Boden vorliegende Ammonium wird aufgrund seiner positiven Ladung an negativ geladene Kolloide (z.B. Tonteilchen) im Boden adsorbiert und gespeichert. Es findet neben der Adsorption auch eine Desorption statt (LKSH 2011).

Bei Bodentemperaturen zwischen 6 und 10 °C wird das Ammonium durch Nitrifikation in Nitrat umgewandelt (Plieth 2009). Die Nitrifikation wird durch zwei Schritte realisiert. Zunächst wird das Ammonium durch z.B. *Nitrosomonas* zu Nitrit oxidiert. Im zweiten Schritt wird das Nitrit durch z.B. *Nitrobacter* zu Nitrat oxidiert. Diese Prozesse finden in aerobem Milieu statt. Die nitrifizierenden Bakterien bilden schneller Nitrit als die *Nitrobacter* dies zu Nitrat oxidieren können. Ein erhöhter Nitritgehalt im Boden weist auf eine gestörte Biologie hin. Das Problem hierbei ist, dass Nitrit ein sehr toxischer Stoff in Gewässern ist und zu einem Sterben der Lebewesen führen kann (Holler et al. 1996). Ammonium und Nitrat können zudem von Mikroorganismen aufgenommen und durch Absterben der Mikroorganismen zu Humus umgesetzt oder wieder zu Ammonium mineralisiert werden (Plieth 2009).

Durch die unerwünschte Denitrifikation, die in einem anaeroben Milieu stattfindet, wird das Nitrat im Boden zu elementarem Stickstoff und Lachgas (N_2O), welches auch ein Treibhausgas ist, reduziert. Diese sind gasförmig und gehen daher in die Atmosphäre über. Dadurch entstehen Verluste des gebundenen Stickstoffs im Boden (Holler et al. 1996).

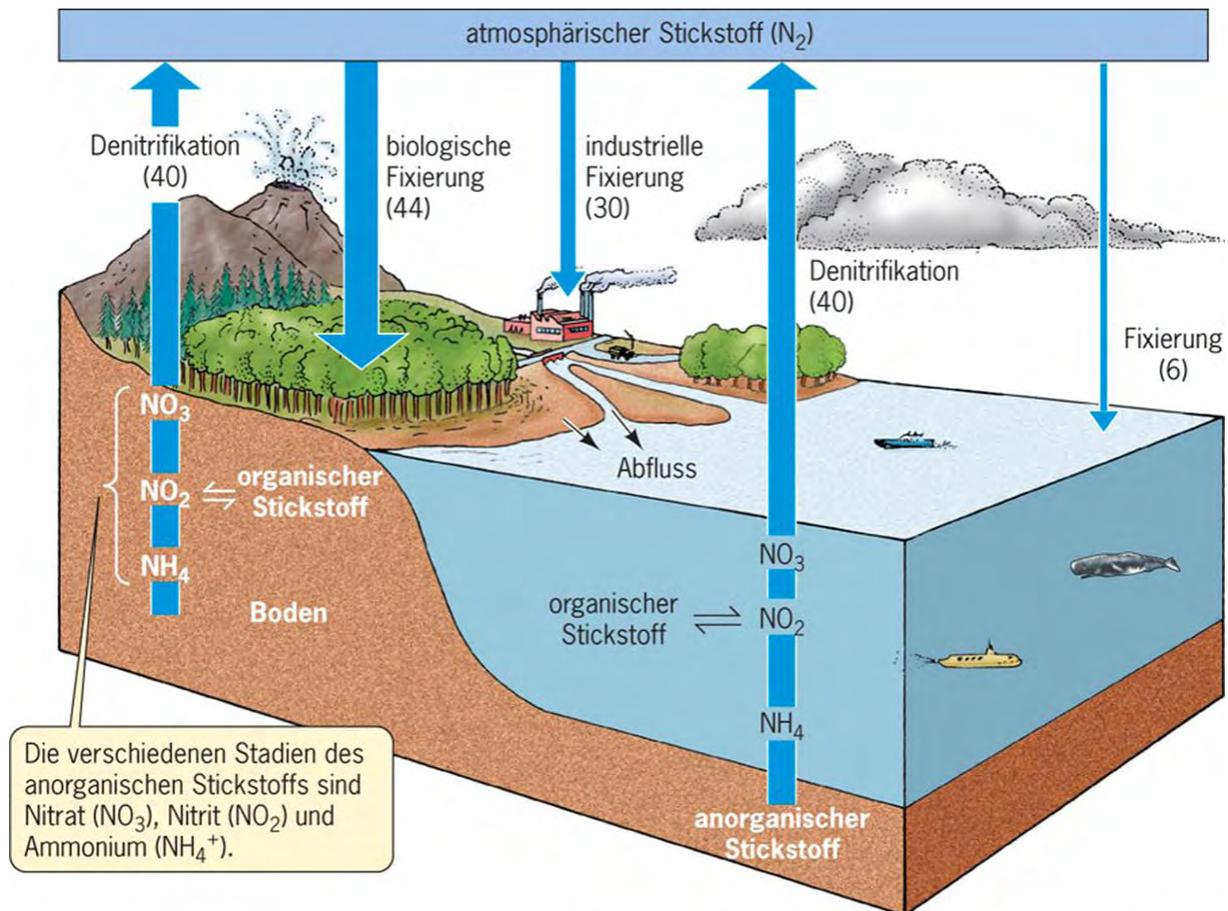
In der Landwirtschaft wird der von den Kulturpflanzen benötigte und bei der Ernte abgefahrene Stickstoff über organische und mineralische Dünger auf den Boden gebracht. Der Stickstoff liegt dabei in verschiedenen Formen vor. In Wirtschaftsdüngern ist der Stickstoff teilweise mineralisch (als Ammonium) und teilweise organisch gebunden (LKSH 2011). Der organisch gebundene Teil muss zunächst mineralisiert werden, damit er pflanzenverfügbar wird (Wild 1995). Bei den mineralischen Düngemitteln wird zwischen Amiddünger, Ammoniumdünger und Nitratdünger unterschieden. Der Amiddünger hat eine verzögerte Wirkung, da er zunächst ammonifiziert werden muss. Der Ammoniumdünger hat eine vergleichbare Wirkung wie der mineralische Anteil des Stickstoffs in der Gülle. Der Nitratdünger ist, wie der Ammoniumdünger, direkt pflanzenverfügbar, doch besteht bei beiden die

Gefahr der Stickstoffauswaschung, da sie wasserlöslich sind. Die Pflanzen können Nitrat etwas schneller aufnehmen als das Ammonium (LKSH 2011).

Bei der Ammonifikation der Amiddünger und durch die Reduktion des Ammoniums entsteht Ammoniak, welches ausgast und in die Atmosphäre entweicht. (Wild 1995).

Das Amid aus den organischen Düngern (z.B. Gülle) wird bei ungünstigen, d.h. kalten sauerstoffarmen Bedingungen zunächst im Humus gespeichert. Wenn günstige Bedingungen vorliegen, das heißt ausreichend Sauerstoff und eine ausreichend hohe Temperatur, wird der organisch gebundene Stickstoff ammonifiziert und damit direkt pflanzenverfügbar. Ab einer Bodentemperatur von 6 °C findet eine Mineralisation des Humus statt und es wird Ammonium gebildet. Die Ammonifikation des Amiddüngers findet bereits ab einer Bodentemperatur von 2 °C statt (Plieth 2009).

In der Abbildung ist der Globale Stickstoffkreislauf abgebildet. Hier kommt zu der natürlichen Stickstofffixierung die Fixierung durch die Industrie zur Erzeugung von mineralischen Düngemitteln hinzu. Anhand der Werte, die an den Pfeilen stehen, ist zu erkennen, dass die biologische Stickstoff-Fixierung aus der Luft etwas mehr als die Hälfte der gesamten Fixierung ausmacht. Während bei der Denitrifikation bzw. Freisetzung des Stickstoffs aus dem Meer und vom Land die Anteile gleich groß sind. Zudem wird der Nährstoffabfluss über die Gewässer dargestellt. In Gewässern finden die gleichen Umsetzungsprozesse wie im Boden statt.



Aus Purves/Sadava/Orians/Heller, *Biologie*, 7. Aufl., © 2006 Elsevier GmbH

Abbildung 8: globale Stickstoffkreislauf

2.3 Rechtlicher Rahmen

Der grundlegende rechtliche Rahmen wird von den verschiedensten EU Richtlinien und EU Verordnungen, nationalen Gesetzen und nationalen Verordnungen für den Gewässerschutz und den Maisanbau gebildet. Die im Folgenden dargestellten Rechtsgrundlagen zielen auf den Schutz verschiedener Gewässer, aber auch auf die Ermöglichung der Landwirtschaft inklusive der Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen ab.

2.3.1 Wasserhaushaltsgesetz

Das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, kurz Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 in der Fassung vom 24. Februar 2012 hat den Zweck,

durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen (§ 1 WHG).

Das WHG soll den Schutz der oberirdischen Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser (§ 2 WHG) sicherstellen. Im § 6 des WHG werden die allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung genauer erläutert. Im § 6 Absatz 1 wird die nachhaltige Bewirtschaftung aus § 1 WHG genauer erläutert. Danach werden die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts angesehen und dienen als Lebensraum für Lebewesen und Pflanzen. Um diese zu schützen sind Beeinträchtigungen der Wasserkörper und davon abhängenden Ökosysteme zu vermeiden bzw. bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen zu minimieren und auszugleichen. Des Weiteren soll der Schutz der Gewässer die öffentliche Wasserversorgung sicherstellen und nachhaltige Folgen durch Hochwasser durch einen möglichst natürlichen Abfluss mit gegebenenfalls Rückhaltung des Wassers in der Fläche vorzubeugen. Im Absatz 2 wird gefordert, dass sich die Gewässer in einem natürlichen oder zumindest naturnahen Zustand befinden und dahin zurückgeführt werden sollen, wenn dem keine überwiegenden Gründe des Wohls der Allgemeinheit entgegenstehen.

Wichtig ist zu vermerken, dass grundsätzlich alle fließenden oberirdischen Gewässer oder Grundwasser nicht eigentumsfähig sind (§ 4 Abs. 2 WHG). Deswegen besteht für den Ausbau und Nutzung die Pflicht eine behördliche Genehmigung dafür einzuholen (§ 4 Abs. 3 und 4 WHG).

2009 wurde die Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik in das WHG integriert. Diese Richtlinie ist unter dem Titel Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) besser bekannt.

Die WRRL fordert, dass sich alle Gewässer bis 2015 in einem guten chemischen und guten ökologischen Zustand befinden sollen (§§ 29, 47).

Zur Umsetzung der WRRL wurden die Wasserkörper zunächst in Flussgebietsgemeinschaften (FGG) unterteilt. Die FGG orientieren sich hierbei nicht an Staats- oder Landesgrenzen, sondern an dem Zusammenhang der Gewässer (§ 7 WHG). In Deutschland gibt es 10 FGG, wobei sich lediglich zwei FGG ausschließlich in Deutschland befinden. Die übrigen acht FGG sind grenzübergreifend angelegt (BMU 2010).

Für jede FGG mussten nach § 83 WHG Bewirtschaftungspläne erstellt werden, in denen der aktuelle Zustand und die Vorgehensweisen für die Umsetzung der WRRL beschrieben sind. Bei der Erstellung der Bewirtschaftungspläne werden die allgemeine Beschaffenheit und die chemischen und ökologischen bzw. mengenmäßigen Zustände der Oberflächengewässer und Grundwasser erfasst (§ 83 WHG). Innerhalb der Bewirtschaftungspläne werden auch die Maßnahmenprogramme genannt und erläutert, die zur Erreichung der Ziele dienen sollen. Es muss beschrieben werden, wie sie durchzuführen sind und auf welche Weise sie dazu beitragen, die Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer (§ 27 WHG) und Grundwasser (§ 47 WHG) der FGG zu erzielen.

Für Oberflächengewässer wird in § 27 Absatz 1 WHG als Bewirtschaftungsziel gefordert, dass eine Verschlechterung des chemischen und ökologischen Zustands vermieden wird und alle Oberflächengewässer einen guten Zustand erreichen sollen. In § 27 Absatz 2 WHG werden für Oberflächengewässer die nach § 28 als künstlich oder erheblich veränderte Gewässer eingestuft wurden (z.B. Kanäle) die Bewirtschaftungsziele genannt. Bei diesen Gewässern gilt auch das Verschlechterungsgebot, doch es muss ein gutes ökologisches Potential und guter chemischer Zustand erreicht werden.

Die Kriterien der WRRL für die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands von Oberflächengewässern werden nicht im WHG sondern in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) (s. Kap. 0) in das nationale Recht übertragen. Aus der OGewV ist zu erkennen, dass für die chemische Bewertung der Oberflächengewässer Nitrat ein wichtiger Bestandteil ist.

Bei den Bewirtschaftungszielen für Grundwasser gibt es keinen ökologischen Zustand, sondern einen mengenmäßigen Zustand als Kriterium. Das zweite Kriterium ist wie bei den Oberflächengewässern der chemische Zustand. Im § 47 Absatz 1 WHG wird ein Verschlechterungsverbot, die Verringerungsgebot von anthropogenen Schadstoffeinträgen und die Erreichung des guten Zustands gefordert.

Für das Grundwasser werden die Kriterien zur Bewertung des mengenmäßigen und chemischen Zustands ebenfalls nicht im WHG, sondern mit der Grundwasserverordnung (GrwV) (s. Kap. 2.3.3) in nationales Recht umgesetzt. Für

die Bewertung des chemischen Zustands des Grundwassers ist Nitrat ebenfalls ein Bestandteil.

Die Hauptziele aller Bewirtschaftungspläne der FGG innerhalb von Deutschland sind die Minderung, der aus Punkt- und diffusen Quellen stammenden Nähr- und Schadstoffeinträge und die Verbesserung der Hydromorphologie der Oberflächengewässer (BMU 2010). Der größte Anteil der Nährstoffe, die aus diffusen Quellen stammen, sind der Landwirtschaft zuzuordnen (BMU & BMELV 2012).

Allgemein gilt, dass immer alle Parameter für ein Oberflächengewässer und ein Grundwasserkörper mindestens in einem guten Zustand sein müssen, um den guten Zustand eines Gewässers nicht zu verfehlen.

Die Maßnahmenprogramme, die zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele für die Flussgebietseinheit festgelegt werden sollen, werden in Artikel 11 der WRRL behandelt. Dieser Artikel wird mit dem § 82 des WHG umgesetzt. Ein Maßnahmenprogramm besteht immer aus grundlegenden Maßnahmen und bei Bedarf aus ergänzenden Maßnahmen. Von den grundlegenden Maßnahmen ist die Vermeidung bzw. Minderung der Schadstoffe aus diffusen Quellen die Verringerung der Nährstoffeinträge in Gewässern die wichtigste.

Ergänzende Maßnahmen werden zusätzlich zu den grundlegenden Maßnahmen ergriffen, um die Bewirtschaftungsziele erreichen zu können.

Für Oberflächengewässer und Grundwasserkörper die aus verschiedenen Gründen die Bewirtschaftungsziele verfehlen, gibt es in §§ 30 und 31 WHG Abweichende bzw. Ausnahmen von den Bewirtschaftungszielen. In Deutschland werden für 82 % der Oberflächengewässer und 36 % der Grundwasserkörper in Anspruch genommen (BMU 2010).

Eine explizit genannte Maßnahme für den Schutz der oberirdischen Gewässern sind die in § 38 aufgeführten Regelungen für Gewässerrandstreifen. Sie sollen dem Schutz der ökologischen Funktion der Gewässer und der Verminderung von diffusen Stoffeinträgen dienen (§ 38 Abs. 1 WHG). Demnach sollte grundsätzlich ein Gewässerrandstreifen von fünf Metern eingehalten werden, doch diese können durch die zuständige Behörde verändert werden (§ 38 Abs. 3 WHG). Im Absatz 4 des § 38 wird festgelegt, dass die Eigentümer und Nutzungsberechtigten die

Gewässerrandstreifen im Hinblick auf die Funktion der Gewässer zu erhalten haben. Ein Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist innerhalb der Gewässerrandstreifen verboten. Die Anwendung von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln sind vom Verbot ausgenommen (§ 38 Abs. 4 Nr. 3 WHG). Doch in der Düngeverordnung werden im § 3 ergänzende Regelungen für Gewässerrandstreifen aufgeführt (s. Kap. 2.3.4).

Im niedersächsischen Wassergesetz (NWG) (vom 19. Februar 2010, zuletzt geändert 3. April 2012) findet eine Einteilung der Oberflächengewässer in erster bis dritter Ordnung statt (§§ 38 bis 40 NWG). Dabei sind die Gewässer erster Ordnung von *erheblicher Bedeutung für die Wasserwirtschaft* und in der Anlage 3 aufgeführt. (§ 38 Abs. 1 NWG). Gewässer zweiter Ordnung haben eine überörtliche Bedeutung für einen Unterhaltungsverband nach § 63 NWG und sind in Anlage 4 der NWG aufgeführt (§ 37 NWG). Die Gewässer dritter Ordnung fallen nicht unter die erste und zweite Ordnung.

Der § 58 NWG ist ergänzend zu den in § 38 WHG aufgeführten Regelungen für Gewässerrandstreifen. § 58 NWG sagt aus, dass grundsätzlich an Gewässern dritter Ordnung keine Gewässerrandstreifen eingehalten werden müssen, doch können die Wasserbehörden für diese Gewässer Abstände festlegen, in denen die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln untersagt wird.

Die zuvor beschriebenen Vorschriften des WHG bzw. WRRL stimmen mit dem Landesrecht in Niedersachsen überein. Deswegen wurde nicht weiter auf das Landesrecht eingegangen.

In Abschnitt 3 des WHG wird auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen eingegangen. In Niedersachsen ist für den Umgang mit nährstoffhaltigen Stoffen aus der Landwirtschaft die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe maßgeblich und wird in Kapitel 0 erläutert.

2.3.2 Oberflächengewässerverordnung

Die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) in der Fassung vom 20. Juli 2011 ist am 26. Juli 2011 auf der Basis des WHG in Kraft getreten und bildet damit eine Konkretisierung der WRRL im nationalen Recht (OGewV § 13). In der OGewV wird zusätzlich zum Schutz der Oberflächengewässer die wirtschaftliche Analyse der Nutzung des Wassers definiert.

Das Vorgehen bei der Einstufung und Typisierung von Oberflächengewässer wird in § 3 der OGewV beschrieben. Bei der Beurteilung der Oberflächengewässer wird eine Aufnahme der anthropogenen signifikanten Belastungen vorgenommen. Zu diesen Belastungen zählen unter anderem Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft.

In § 5 der OGewV ist die Einstufung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potentials und § 6 der OGewV ist die Einstufung des chemischen Zustands für Oberflächengewässer konkret beschrieben. Für die Bewertung des chemischen Zustands der Oberflächengewässer ist für die Qualitätskomponente Nitrat ein Grenzwert von 50 mg/l aufgeführt (Anhang 6 Tabelle 1.1.1 OGewV). Für Ammonium-Stickstoff ist für Fließgewässer des Tieflandes ein maximaler Mittelwert von 0,04 mg/l festgelegt.

2.3.3 Grundwasserverordnung

Die Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 9. November 2010 in der Fassung vom 11. August 2010 dient zur Erhaltung der Grundwässer, die in Deutschland einen Großteil der Trinkwasserversorgung abdecken. Die GrwV dient der Umsetzung der WRRL und der Konkretisierung des WHG (s. Kap. 2.3.1).

Im Anhang 2 der GrwV sind die Schwellenwerte für Schadstoffkonzentrationen in den Wasserkörpern für die Bewertung des chemischen Zustands definiert. Für Nitrat ist dort ein Schwellenwert von 50 mg/l angegeben. Sollte der Hintergrundwert jedoch bereits höher sein als der Schwellenwert, muss unter dessen Berücksichtigung ein abweichender Schwellenwert festgelegt werden (§ 5 Abs. 2 GrwV). Dies ist möglich, da der Hintergrundwert der Konzentrationswert des jeweiligen Schadstoffes ist, der nur zu einem unwesentlichen Teil anthropogenen Ursprungs ist (§ 1 Nr. 1 GrwV).

2.3.4 Düngeverordnung

Die Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach der guten fachlichen Praxis beim Düngen, kurz Düngeverordnung (DüV) wurde am 10. Januar 2006 erlassen und zuletzt am 24. Februar 2012 geändert. Sie dient der Umsetzung der EU Nitratrichtlinie in nationales Recht und regelt die gute fachliche Praxis und soll stoffliche Risiken die durch die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verringern (§ 1 DüV). Damit ist die DüV eine maßgebliche Vorschrift für Landwirte und somit auch wichtig beim Maisanbau.

Im §§ 3 und 4 der DüV werden die Grundsätze und zusätzliche Vorgaben für die Anwendung von organischen Düngemitteln mit wesentlichem Anteil an Nährstoffen (Stickstoffgehalt > 1,5% und Phosphorgehalt > 0,5% (§ 2 Nr. 10 DüV)) geregelt. Um eine Düngung durchzuführen muss zunächst der Düngebedarf sachgerecht festgestellt werden, um ein Gleichgewicht zwischen dem Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung der Pflanzen zu erreichen. Dabei muss für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit eine eigene Düngebedarfsermittlung durchgeführt werden. Dazu sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Der Nährstoffbedarf des Pflanzenbestandes unter der Berücksichtigung der Stickstoffgehalte in den pflanzlichen Erzeugnissen nach Anlage 1 der DüV und der zu erwartenden Erträge,
- die während der Vegetationsperiode aus dem Boden verfügbar werdenden und die festlegenden Nährstoffmengen,
- die Bodenreaktion (pH – Wert) und der Humusgehalt,
- die durch die Bewirtschaftung (ohne Düngung) zugeführten Nährstoffe und während des Wachstums nutzbaren Nährstoffe und
- Anbaubedingungen, welche die Nährstoffverfügbarkeit beeinflussen.

Neben der Berücksichtigung der genannten fünf Faktoren sollten zur Beurteilung Ergebnisse regionaler Feldversuche der regionalen Ämter mit herangezogen werden.

Vor der Ausbringung muss der Stickstoffgehalt im Boden und der organischen Wirtschaftsdünger ermittelt werden. Für die Ermittlung des Stickstoffgehalts im Boden gibt es die Möglichkeit Bodenuntersuchungen durchzuführen oder

Empfehlungen der berechtigten Beratungseinrichtung (in Niedersachsen: Landwirtschaftskammer) zu übernehmen (§ 3 Abs. 2 & 3 DüV).

Es sollte nur eine bedarfsgerechte Ausbringung von organischen Düngemitteln erfolgen. Dazu gehört, dass

1. die Düngung nur zum passenden Entwicklungsstadium der Kultur erfolgen,
2. die Sperrfristen vom 1. November bis zum 31. Januar auf Ackerland eingehalten werden müssen (bzw. bei Beantragung auf Verschiebung der Sperrfristen müssen mindestens 12 Wochen eingehalten werden) und
3. es müssen geeignete Bodenverhältnisse vorliegen. Das heißt, dass der Boden nicht überschwemmt, durchgängig mit mehr als 5 cm Schnee bedeckt, gefroren oder wassergesättigt sein darf.

Auf unbestellten Flächen ist der Anwender verpflichtet, den ausgebrachten Dünger unverzüglich einzuarbeiten, um Ausgasungen von Ammoniak zu vermeiden.

Bei angrenzenden Gewässern muss bei der Ausbringung von organischen Düngemitteln ein Mindestabstand von drei Metern eingehalten werden. Abweichend davon kann der Abstand auf einen Meter reduziert werden, wenn Techniken verwendet werden, die eine präzise Streuweite bzw. Begrenzung aufweisen (§ 3 Abs. 6 DüV). Der § 3 der DüV bildet damit eine Ergänzung des § 38 WHG (s. Kap. 2.3.1). Grundsätzlich muss ein Abschwemmen der Nährstoffe in angrenzende Oberflächengewässer vermieden werden (§ 3 DüV).

Sollte in einem Abstand von 20 m der Böschungsoberkante der Gewässer eine Hangneigung von mehr als 10 % vorliegen, darf im Abstand von 3 m kein Dünger ausgebracht werden. Im Bereich von drei bis 10 m darf lediglich flüssiger Wirtschaftsdünger direkt in den Boden (Injektion) ausgebracht werden (§ 3 Abs. 7 DüV).

Fester Wirtschaftsdünger darf im Abstand von drei bis 20 m nur aufgebracht werden, wenn:

- auf unbestellten Flächen eine direkte Einarbeitung erfolgt oder
- auf bestellten Flächen
 - bei Reihenkulturen mit einem Reihenabstand von mehr als 45 cm, eine gut entwickelte Untersaat vorliegt,
 - bei nicht Reihenkulturen eine hinreichende Bestandsentwicklung vorliegt oder
 - die Anwendung der Düngung nach dem Verfahren der Mulch- oder Direktsaat durchgeführt wird.

Grundsätzlich darf auf einem Betrieb im Durchschnitt all seiner Flächen (ausgenommen Ackergras und Grünland) eine maximale Düngung von 170 kg Stickstoff pro Jahr nicht überschritten werden (§ 4 Abs. 3 Satz 1 DüV). Nach der Ernte der Hauptfrucht im Herbst darf nur Dünger ausgebracht werden, wenn dieser zur Deckung des Nährstoffbedarfs der Folgekultur oder der Ausgleichsdüngung für die Verrottung des auf dem Feld verbleibenden Strohs dient. Dabei dürfen maximal 40 kg/ha Ammoniumstickstoff bzw. maximal 80 kg/ha Gesamtstickstoff ausgebracht werden (§ 4 Abs, 6 DüV).

Zur Ausbringung von Düngemitteln sind nur Geräte erlaubt, die dem Stand der Technik entsprechen und nicht im Anhang 4 der DüV aufgeführt sind.

Anwender von Düngemitteln sind dazu verpflichtet, für den Betrieb eine Nährstoffbilanz aufzustellen, damit sie bei Kontrollen nachweisen können, dass die zulässige Höchstaufwandmenge an Stickstoff nicht überschritten wurde. Von dieser Vorschrift sind verschiedene überwiegend kleine Betriebe die unter § 5 Absatz 4 DüV fallen ausgenommen.

Bei der Anwendung von Düngemitteln ist zu beachten, dass nachweislich nur zugelassene Düngemittel angewendet worden sind.

2.3.5 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe

In der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS) vom 17. Dezember 1997, zuletzt geändert 2006, ist eine Verordnung auf Landesebene. Im Anhang 1 sind die Anforderungen an die Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Jauche, Gülle, Silagesickersäften (JGS-Anlagen) aufgeführt.

Silagesickersäfte sind sehr nährstoffreiche Flüssigkeiten, die bei der Lagerung von Gras- und Maissilagen austreten können. Diese müssen aufgefangen werden und dürfen nicht ins Erdreich oder Gewässer gelangen.

Maßgebliche Punkte sind hier, dass eine Lagerkapazität für Jauche, Gülle und Silagesickersäften von mindestens 6 Monaten gegeben sein und ein Eindringen dieser Stoffe in die Umwelt in jeglicher Form vermieden werden muss. Diese Lagerkapazität ist erforderlich, um die während der Sperrfristen anfallenden nährstoffhaltigen Wirtschaftsdünger unterbringen zu können. Damit soll vermieden werden, dass Wirtschaftsdünger zu Zeiten ausgebracht wird, in denen der Boden nicht aufnahmefähig ist.

Ein aktuelles Problem stellen die nährstoffreichen Silagesickersäfte dar. An vielen Silagelagerplätzen wurden erhöhte Nitratgehalte im umliegenden Erdreich gemessen. Deshalb wird bei neuen Silagelagerplätzen eine Kanalisation mit einem Auffangbecken für plötzlich massiv auftretendes kontaminiertes Oberflächenwasser gebaut. Dieses wird mit einer Pumpenanlage in den Güllebehälter zur Lagerung befördert (LK ROW 2012).

Wenn ein Betrieb mit Agrarinvestitionsförderungen (AFP) einen neuen Stall bauen möchte, wird in der Regel bei der Bemessung einer JGS-Anlage die Erweiterung der Lagerkapazität aber nicht der Lagerpflicht von sechs auf neun Monate gefordert (Beverborg 2012).

2.3.6 Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds

Die Verordnung des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) wurde zuletzt am 21. Dezember 2011 geändert.

Die Zielsetzung der ELER-Verordnung ist die Festlegung der politischen Ziele zur Entwicklung des ländlichen Raums, das Abstecken eines strategischen Rahmens für die Umsetzung und die Festlegung der Schwerpunkte und Maßnahmen zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung im ländlichen Raum (Artikel 1 ELER-VO). Die primären Ziele der Verordnung sind die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit für die Land- und Forstwirtschaft, die Verbesserung der Umwelt und der Landschaft durch die Förderung der Landbewirtschaftung und die Steigerung der Lebensqualität und die Förderung der Diversifizierung der Wirtschaft (Artikel 4 ELER-VO).

Da die ELER-Verordnung zur gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Gemeinschaft zählt, wird die Vorschrift über die Richtlinie vom 21. Juni 2005 über die Finanzierung der gemeinsamen Agrarpolitik finanziert (Artikel 1 Nr. 1 ELER-VO).

Um die Richtlinie umzusetzen wurden vier Schwerpunkte festgelegt (Titel IV ELER-VO). Diese lauten:

1. Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft
2. Verbesserung der Umwelt und der Landschaft
3. Lebensqualität im ländlichen Raum und Diversifizierung der ländlichen Wirtschaft
4. Leader (-Konzept, dient der Umsetzung und Durchführung von Konzepten und Projekten durch lokale Aktionsgruppen.)

Innerhalb dieser Arbeit sind der erste und zweite Schwerpunkt der ELER-Verordnung entscheidend. Ergänzend dazu ist der dritte Schwerpunkt in einem relativ kleinem Anteil zu nennen.

Unter dem ersten Zweig der ELER-VO, der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft, sind die Maßnahmen in vier Unterabschnitten unterteilt.

Im ersten Unterabschnitt werden Maßnahmen zur Förderung der Kenntnisse und zur Stärkung des Humanpotentials zusammengefasst (Artikel 20 ELER-VO). Von diesen Maßnahmen sind die Weiterbildungsangebote, die über die landwirtschaftliche Ausbildung hinausgehen (Artikel 21 ELER-VO) und die Inanspruchnahme von Beratungsdienstleistungen für diese Arbeit relevant.

Aus dem zweiten Unterabschnitt, Maßnahmen zur Umstrukturierung und Weiterentwicklung des Sachkapitals und zur Innovationsförderung, ist nur die Modernisierung landwirtschaftlicher Betriebe relevant. Die Modernisierung der Betriebe hat insofern positive Auswirkungen auf die Verringerung der Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser, dass Altanlagen die nicht mehr den Anforderungen von z.B. lagern von Jauche, Gülle oder Mist entsprechen können außer Betrieb genommen werden und durch Anlagen ersetzt werden, die den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Der Unterabschnitt mit den Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität der landwirtschaftlichen Produktion und der landwirtschaftlichen Erzeugnisse, sowie der Unterabschnitt mit Übergangsmaßnahmen für die Tschechische Republik, Estland, Zypern, Lettland, Litauen, Ungarn, Malta, Polen, die Slowakei und Slowenien haben für diese Arbeit keine Bedeutung (Artikel 20 ELER-VO).

Der zweite Schwerpunkt der ELER-VO, Verbesserung der Umwelt und der Landschaft, werden die Maßnahmen ebenfalls in vier Unterabschnitten eingeteilt.

Im ersten Unterabschnitt werden die Maßnahmen zur Förderung der nachhaltigen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen zusammengefasst (Artikel 37ff ELER-VO). Relevant für die Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässern beim Maisanbau sind Ausgleichszahlungen in Gebieten mit Benachteiligungen (z.B. Wasserschutzgebiete (Artikel 37 ELER-VO), Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der WRRL, Zahlungen Agrarumweltmaßnahmen und die Beihilfe für nichtproduktive Investitionen (z.B. Steigerung des Naturwerts von Natura-2000-Gebieten (Artikel 41 ELER-VO)).

Der zweite Unterabschnitt hat hier keine Relevanz, da er nur Maßnahmen für die Bewirtschaftung bewaldeter Flächen enthält (Artikel 36 ELER-VO). Ebenfalls haben die Unterabschnitte drei und vier keine direkten Auswirkungen auf den Anbau von Mais.

Die Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes (Artikel 57) fördert die Erhaltung bzw. Wiederherstellung des natürlichen Erbes. Darunter fällt die Vermeidung des Anbaus von Monokulturen und stellt damit einen indirekten Schutz der Bodenstruktur dar (vgl. Kap. 2.1.2.6). Dieser Artikel ist Bestandteil des dritten Schwerpunkts der ELER-VO.

Im folgendem sind die für den Gewässerschutz relevanten Maßnahmen der ELER-VO nach dem BMU (2010) als Übersicht aufgeführt:

- Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft
 - Berufsbildung und Informationsmaßnahmen
 - Inanspruchnahme von Beratungsdiensten
 - Modernisierung landwirtschaftlicher Betriebe
- Verbesserung der Umwelt und Landschaft
 - Zahlung in anderen Gebieten (z.B. Wasserschutzgebiete) mit Benachteiligungen
 - Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und im Zusammenhang mit WRRL
 - Zahlungen für Agrarumweltmaßnahmen

2.3.7 Cross Compliance – Verordnung

Um die in der EU bestehenden im internationalen Vergleich hohen Qualitätsstandards erhalten zu können, aber auch die Konkurrenzfähigkeit der europäischen Landwirtschaft im internationalen Vergleich zu sichern, gibt es Direktzahlungen aus dem EU-Agrarhaushalt an die Landwirte in der EU. Um ein Druckmittel für die Einhaltung des Schutzzustandes zu erhalten, wurde in der europäischen Agrarreform 2003 beschlossen, die Direktzahlungen an Auflagen zur Einhaltung bestimmter Verpflichtungen (Cross Compliance) zu binden. Damit dient die Cross Compliance-Verordnung (CC-VO) eine Sicherung der Erhaltung der Natur und Umwelt in der Landwirtschaft (BMELV). In der CC-VO (2012) werden die bisher ohne Zusammenhang erstellten Vorschriften und Auflagen für die Landwirtschaft zusammengefasst, aber ersetzen diese nicht (vTI & IGLU 2008). Damit die Vorschriften und Richtlinien eingehalten werden, wurde im Jahr 2005 eine Cross Compliance-Betriebskontrolle (CC-Betriebskontrolle) eingeführt. Der Mechanismus, der hinter diesen Kontrollen steht, besteht darin, dass bei Nichteinhaltung der Vorschriften die beantragten staatlichen Hilfen für landwirtschaftliche Betriebe bis zu

100 % gekürzt werden können. Die CC-VO beinhaltet auch in der Regel flächenbezogene Maßnahmen der ELER-VO (z.B. Agrarumweltmaßnahmen) und die gute fachliche Praxis der Düngung (ML 2012). Damit ist die CC-VO auch ein Instrument zur Verringerung der Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser.

Es ist vorgeschrieben, dass 1 % aller Betriebe, die einen Antrag auf Direktzahlungen der EU gestellt haben oder an Programmen der ELER-VO teilnehmen, im Jahr überprüft werden müssen (ML 2012).

Bei den CC-Betriebskontrollen wird folgendes für den Bereich der Düngung überprüft (BMU & BMELV 2012):

- Liegen alle Untersuchungsergebnisse für Wirtschaftsdünger und Bodenproben vor,
- Sind die Lagerkapazitäten und -weisen für stickstoffhaltige Substanzen ausreichend und angemessen,
- Stimmen die Stickstoffbilanzen und ist die maximale Stickstoffausbringungsmenge nicht überschritten,
- Keine Einträge durch Ab- bzw. Überlaufen des Lagergutes ins Grund-, Oberflächengewässer oder in die Kanalisation,
- Nutzung von geeigneten und zugelassenen Geräten zur Ausbringung,
- Einhaltung von Gewässerrandstreifen,
- Ausbringungsmengen an stickstoffhaltigen Düngern im Herbst,
- Einhaltung der Sperrfristen für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger.

Die Verstöße, die in CC-Betriebskontrollen festgestellt werden, sind in verschiedene Schweregrade unterteilt und haben unterschiedliche Sanktionshöhen für die Direktzahlungen. Dabei werden kleinere Verstöße nicht bestraft. Mit der Steigerung des Schweregrads der festgestellten Verstöße werden die erhaltenen EU-Fördermittel mit 1 %, 3 % oder 5 % sanktioniert. Diese Sanktionshöhen werden bei erstmaligen Verstößen verhängt, doch wenn bei einer zweiten bzw. vierten oder fünften Prüfung gegen dieselben Tatbestände verstoßen wurde, können die Sanktion bis auf 100 % erhöhen werden (ML 2012).

Zusätzlich zu den CC-Betriebskontrollen werden stichprobenartige Fachrechtskontrollen durchgeführt. Diese Kontrollen werden auf Länderebene durchgeführt und

sind ergänzend zu den CC-Betriebskontrollen. In der Regel handelt es sich hierbei um anlassbezogene Kontrollen, die aufgrund von Anzeigen oder Verdachtshinweisen durchgeführt werden (BMU & BMELV 2012).

2.3.8 Erneuerbare Energien Gesetz

Das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien, kurz Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), ist zur Förderung der erneuerbaren Energien im Jahr 2000 (zuletzt geändert 2012) verabschiedet worden. Es beinhaltet die Förderung für Energien aus Wind, Sonne, Wasser und Biomasse.

In den folgenden Abschnitten wird auf die Ziele und Funktion des EEG sowie auf die Entwicklung der Vergütungssätze für erneuerbare Energie aus der Biomasseproduktion im EEG eingegangen.

2.3.8.1 Ziele und Funktion des erneuerbare Energien Gesetz

Im Aktuelltem EEG 2012 ist der Zweck des Gesetzes wie folgt im § 1 festgehalten:

„(1) Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“

Um den Zweck zu erreichen, wurden im § 1 Absatz 2 des EEG 2012 die Ziele formuliert. Die Ziele wurden in vier Etappen gegliedert, die bis zum Jahr 2050 reichen:

„(2) Um den Zweck des Absatzes 1 zu erreichen, verfolgt dieses Gesetz das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung mindestens zu erhöhen auf

- 1. 35 Prozent spätestens bis zum Jahr 2020,*
- 2. 50 Prozent spätestens bis zum Jahr 2030,*
- 3. 65 Prozent spätestens bis zum Jahr 2040 und*
- 4. 80 Prozent spätestens bis zum Jahr 2050*

und diese Strommengen in das Elektrizitätsversorgungssystem zu integrieren.“

Diese Ziele sind sehr ehrgeizig, der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung im Jahr 2012 beträgt 24 % (Energiepolitik.de 2012).

2.3.8.2 Entwicklung der Vergütungssätze für Biogasanlagen nach dem erneuerbaren Energien Gesetz

Bereits im Jahr 1991 wurde ein Gesetz erlassen, das der Förderung der erneuerbaren Energien galt. Dies war das Stromeinsparungsgesetz und gilt als Vorläufer des EEGs. Durch die Einführung des EEGs im Jahr 2000 erfuhr die Energieproduktion aus erneuerbaren Energien einen erheblichen Wachstumsschub (Agentur für erneuerbare Energien). Zur immer weitergehenden Anpassung an die Rahmendbedingungen wurde das EEG mehreren Novellierungen unterzogen. Die Novellierungen wurden in den Jahren 2004, 2009 und 2012 durchgeführt (AEE Stand: k.A.). In Tabelle 3 ist eine Übersicht über die durch die EEG-Novellen bedingten Veränderungen für die Vergütung von Biogasanlagen dargestellt.

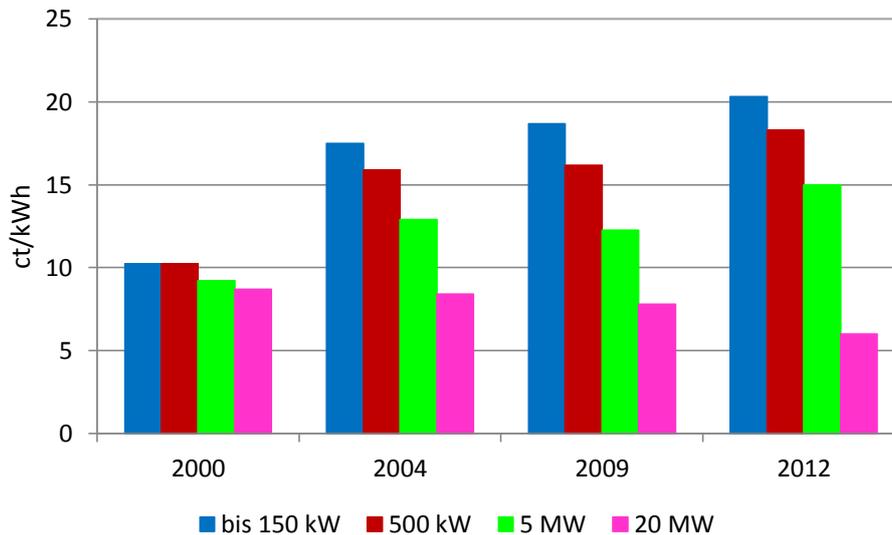
Alle Anlagen erhalten eine in der Regel 20-jährige Garantie für die Vergütung auf den von ihnen produzierten Strom. Die Vergütungssätze für die Inbetriebnahme neuer Anlagen erfahren eine Degression, so dass es zu einem Kostendruck in der Produktion führt. Die Produzenten von Biogasanlagen sind somit verpflichtet, immer effizienter und kostengünstiger zu produzieren, wodurch die die hohen Kosten beim Aufbau reduziert werden sollen und dadurch Anreize und ein vermindertes wirtschaftliches Risiko für den Anlagenbetreiber zu schaffen. Durch die Förderung der erneuerbaren Energien wird der Einstieg am Strommarkt für kleinere Unternehmen ermöglicht, da sie durch die 20-jährige Vergütungsgarantie eine relativ hohe wirtschaftliche Sicherheit erhalten.

Die Förderung des EEG wird nicht vollständig vom Staat aus Steuergeldern finanziert, wie das Stromeinsparungsgesetz von 1991, sondern über die EEG-Umlage (AEE Stand: k.A.). Somit bezahlt der, der viel Strom verbraucht, mehr für die EEG-Förderung, als der, der wenig verbraucht. Doch sind große Unternehmen (z.B. Deutsche Bahn) die besonders viel Strom verbrauchen von der EEG-Umlage befreit (§§ 40ff EEG 2012). Die EEG-Umlage wird jährlich aus der Differenz der Vergütungszahlung und dem Erlös, der aus dem Stromverkauf der erneuerbaren Energien erzielt wird, berechnet (AEE Stand: k.A.).

**Tabelle 3: Übersicht über die Entwicklung des EEGs in Bezug auf Biogasanlagen
(Darstellung aus EEG 2000, EEG 2004, EEG 2009 und EEG 2012)**

EEG	Veränderung, in Bezug auf die Vergütungen für Biogasanlagen
EEG 2000	Es werden lediglich Grundvergütungen in drei Stufen für verschiedene Anlagengrößen gewährt.
EEG 2004	Die Vergütungssätze für kleinere Anlagen werden angehoben. Es wird ein Bonus für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, für die Nutzung einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Bonus) und für den Einsatz von innovativen Technologien eingeführt.
EEG 2009	Die Biogasanlagen werden in 4 Kategorien anhand ihrer Größe, unterschieden. Für jede Kategorie gibt es eine Grundvergütung und je nach eingesetzter Biomasse kommt eine Boni-Zahlung nach Anlage 2 des EEG 2004 hinzu. Für den Einsatz von Gülle gibt es ab einer Menge von 30 Massenprozent einen neuen Bonus. Damit ist die Vergütung für Biogasanlagen im Vergleich zum EEG 2004 weiter angestiegen. Mit diesem EEG ist auf Basis des § 64 EEG 2009 die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (s. Kap. 2.3.9) erlassen worden.
EEG 2012	Nach dieser Novelle sind die Vergütungen für Biogasanlagen (ausgenommen Anlagen von 5-20 MW) nochmals gestiegen, doch sind an die Boni-Zahlungen erhebliche Verpflichtungen gebunden. Dieses EEG wird im Folgenden noch genauer erläutert.

Anhand der Abbildung 9 ist gut zu erkennen, dass die Förderung für Biogasanlagen, die mit Energiepflanzen betrieben werden, im Grundsatz mit jeder Novellierung gestiegen ist. Eine Ausnahme ist die Förderung der fünf bis 20 MW-Anlagen, daraus lässt sich schließen, dass insbesondere die kleineren und dezentraleren Anlagen gefördert werden sollen.



**Abbildung 9: Entwicklung der Vergütung für Biogasanlagen
(Darstellung aus EEG 2000, EEG 2004, EEG 2009 und EEG 2012)**

Die letzte Novellierung des EEGs wurde im Sommer 2011 verabschiedet, trat am 01. Januar 2012 in Kraft und wird als das EEG 2012 bezeichnet. Anhand der Abbildung 9 sieht es danach aus, dass der Ausbau von Biogasanlagen (ausgenommen 20 MW-Anlagen) unverändert zunimmt. Doch mit dieser Novellierung sind Verpflichtungen (u.a. Nachhaltigkeit (s. Kap. 2.3.9)) an die Boni-Zahlungen geknüpft. Um die volle Förderung für Biogasanlagen zu erhalten, dürfen sie laut § 27 Absatz 5 Nr. 1 des EEG 2012 lediglich nur bis zu 60 % mit Mais betrieben werden. Da Mais in unseren Breitengraden noch immer die Pflanze mit dem höchsten Energieertrag pro Fläche ist, ist die Leistung der anderen 40 % Substrate (z.B. Ganzpflanzensilage von Getreide, Gülle) wesentlich geringer (FNR 2012).

Neu ist im EEG 2012 die Förderung nach § 27 b zur Vergärung von Gülle. Damit werden Anlagen von bis zu 75 kW gefördert, die mit mindestens 80 % Gülle und/oder Mist (ausgenommen Geflügelmist) betrieben werden. Hier beträgt der Vergütungssatz im Jahr der Inbetriebnahme 2012 25,0 Cent pro kWh auf 20 Jahre.

Bei den Förderungssätzen ist der Zeitpunkt der Inbetriebnahme ein wichtiger Faktor, denn die Degression dieser beträgt 2 % für § 27b Biogasanlagen.

Durch die Novellierung des EEG sind sogenannte Standardanlagen (500 kW), welche für das EEG 2009 optimal gewesen wären, in der Wirtschaftlichkeit deutlich herabgesetzt. Dazu kommt, dass zu den EEG-Rahmenbedingungen die wirtschaftliche Ausgangssituation in Boom-Regionen für Biogasanlagen wie zum

Beispiel in Teilen von Niedersachsen sich verschlechtert haben. Denn das Preisniveau von Substraten und die Herstellungskosten der Anlagen sind in den letzten Jahren gestiegen. Zudem müssen neue Faktoren (z.B. Substrateinsatz) bei der Planung von Biogasanlagen berücksichtigt werden (Schünemann-Plag 2011).

Durch das EEG 2012 ist davon auszugehen, dass mit einer Zunahme der Anlagen, wie sie nach den Novellierungen in den Jahren 2004 und 2009 in der Abbildung 11 dargestellt, nicht zu rechnen ist. Dies wird daran liegen, dass die Bemessung und die Unterhaltung der Anlagen umfangreicher geworden sind. Dazu kommt, dass die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum EEG 2009 abgenommen hat und sich die Rahmenbedingungen verschlechtert haben (Schünemann-Plag 2011).

Aufgrund der aufgeführten Fakten ist davon auszugehen, dass der Maisanbau in naher Zukunft nicht mehr so stark wie in den Jahren vor dem EEG 2012 zunehmen wird. Mit einer Abnahme der Maisanbaufläche kann jedoch nicht gerechnet werden, da die bestehenden Biogasanlagen gefüttert werden müssen und der bestehende Maisanteil nicht sinken wird.

2.3.9 Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung

Die Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung, kurz Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV), wurde am 23. Juli 2009 auf der Grundlage des § 64 Absatz 1 Satz 1 Nummer 9 des EEG 2009 erlassen. Sie wurde zuletzt am 22. Dezember 2011 geändert.

Diese Verordnung soll dem Schutz der Natur und Kulturlandschaft dienen. Im Teil 2 der BioSt-NachV werden die Nachhaltigkeitsanforderungen für die Stromerzeugung aus Biogasanlagen festgelegt. Biogasanlagen erhalten nur die Förderungen nach dem EEG 2012, wenn die Anforderungen an die Nachhaltigkeit erfüllt werden. Als ein zentrales Instrument wird die Einhaltung der CC-VO (s. Kap. 2.3.7) im § 7 (BioSt-NachV) gefordert. Die §§ 4 bis 6 schützen Flächen mit einem besonderen Naturschutzwert, mit hohen Kohlenstoffbeständen und stellen einen Schutz für Torfmoore dar. Die meisten Flächen, die in diese Kategorien fallen, sind aus Sicht der guten fachlichen Praxis für den Anbau von Mais zur Biomasseproduktion nicht geeignet. In § 8 wird zusätzlich gefordert, dass die eingesetzte Biomasse ein Treibhausgas-Minderungspotential von mindestens 35 % aufweisen muss. In Anhang

1 wird die Methodik für die Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotentials festgelegt.

Dass die Anforderungen an die Nachhaltigkeit erfüllt werden, muss auf der Grundlage des Teils 3 der BioSt-NachV nachgewiesen werden.

3 Entwicklung der Nährstoffbelastung und Maßnahmenprogramme

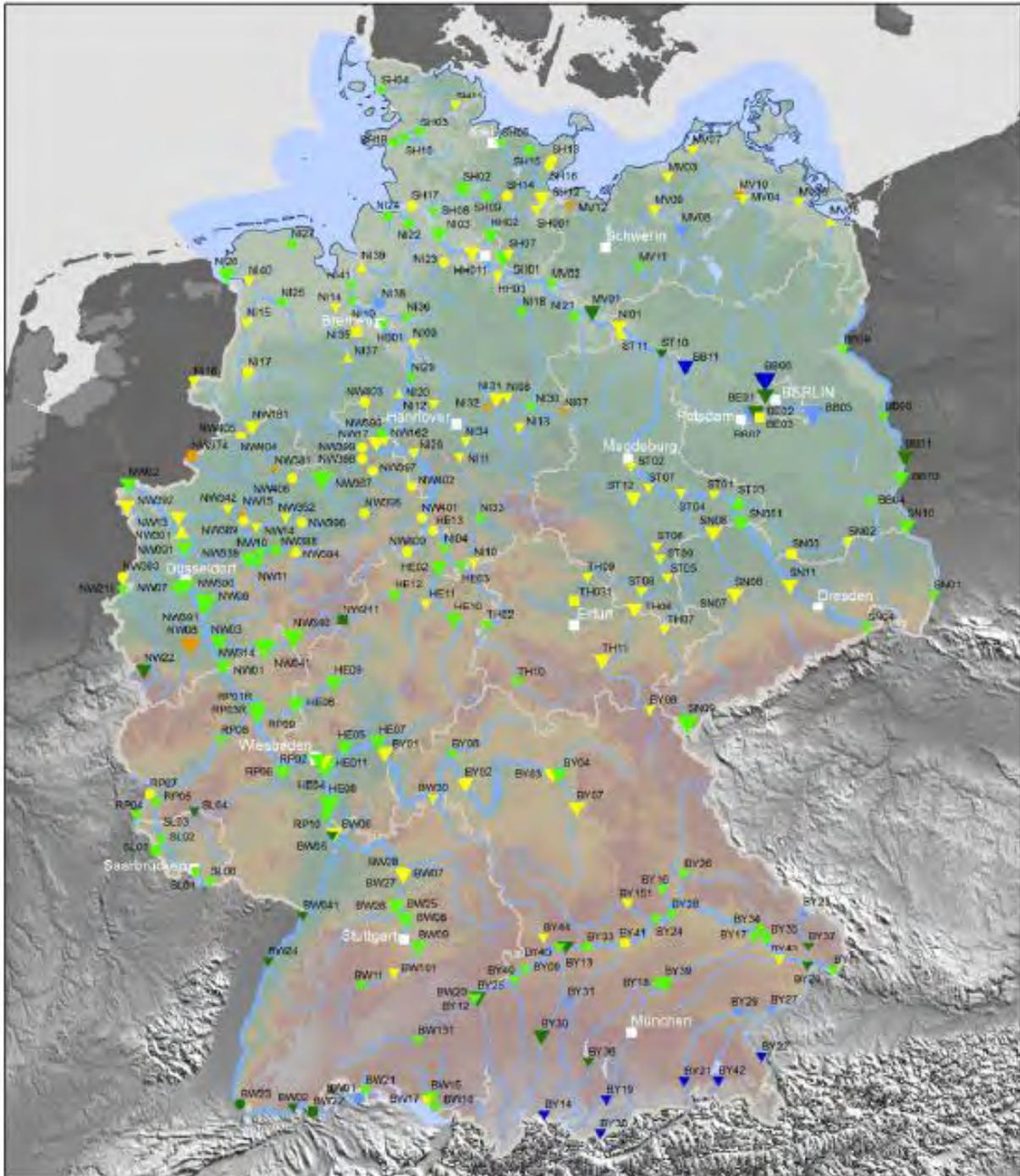
In diesem Kapitel werde ich zunächst auf die Entwicklung der Nährstoffbelastungen von Oberflächengewässern und Grundwasserkörpern in Deutschland und Niedersachsen eingehen. Die daraus folgenden vorgeschriebenen und bereits eingeleiteten notwendigen Maßnahmen, die zur Verbesserung der Gewässer in Niedersachsen dienen, werden im Anschluss erläutert.

3.1 Entwicklung der Nährstoffbelastung

3.1.1 Oberflächengewässer

Deutschlandweit besteht ein Messnetz zur Erfassung der Nitratgehalte der Fließgewässer. In der Abbildung 10 ist eine Übersicht über die aktuelle Nitratbelastung der Oberflächengewässer mit den Trends, gemessen im Zeitraum von 1991 bis 2010, für Deutschland dargestellt. Die farblich angegebenen Güteklassifikationen sind vom Jahr 2010 und beinhalten nur eine Aussage über den aktuellen Zustand. In der Abbildung 10 ist zu sehen, dass besonders in Gebieten, die durch die landwirtschaftliche Viehhaltung geprägt sind, einige Fließgewässer die Gewässergüteklasse II im Bereich der Nitratbelastung noch nicht erreicht haben. Die Gewässergüteklasse II ist noch eine alte Einteilung, die aufgrund der verbesserten Trendabschätzung bei der LAWA beibehalten wurde. In der OGewV (s. Kap. 2.3.2) wird dagegen nur in gut und schlecht unterschieden. In der Abbildung 10 ist jedoch durch die überwiegend nach unten gerichteten Pfeile erkennbar, dass der Trend zu einer abnehmenden Nitratbelastung führt.

Im Vergleich zwischen den Bewertungszeiträumen (1991 bis 1994 und 2007 bis 2010) wurden bei rund 89 % der Messstellen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Fließgewässern ein Rückgang der Nitratkonzentration, bei 5 % keine Veränderung und bei 6 % ansteigende Trends verzeichnet (BMU & BMELV 2012).



Trend	Güteklasse am Bsp. 'kein Trend'
▽ Abnahme > 50 %	■ I
▽ Abnahme zw. 25 und 50 %	■ I - II
▽ Abnahme zw. 5 und 25 %	■ II
□ kein Trend	■ II - III
△ Zunahme zw. 5 und 25 %	■ III
△ Zunahme > 25 %	■ III - IV
○ Datenreihe zu kurz	

Quelle: Umweltbundesamt, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2011

Abbildung 10: Trend und Güteklassifikation 2010 - Nitrat-Stickstoff

Bei Seen ist die Stickstoffbelastung überwiegend in der Gewässergüteklasse II-III und besser. Jedoch ist hier der Trend der Belastungen eher zunehmend. Dies wird durch die Abbildung 11 verdeutlicht. Bei neun Messstellen (entspricht 50 %) ist eine deutliche Zunahme der Nitratbelastung zu verzeichnen. Aufgrund der geringen Messstellenanzahl, kann dieser Trend jedoch nicht als repräsentativ für alle Seen in Deutschland angesehen werden.

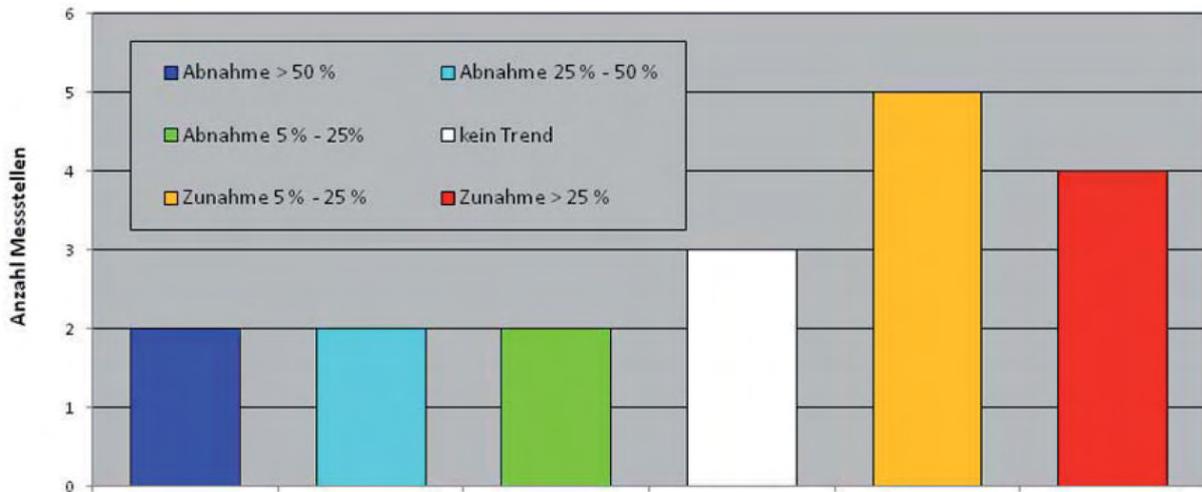


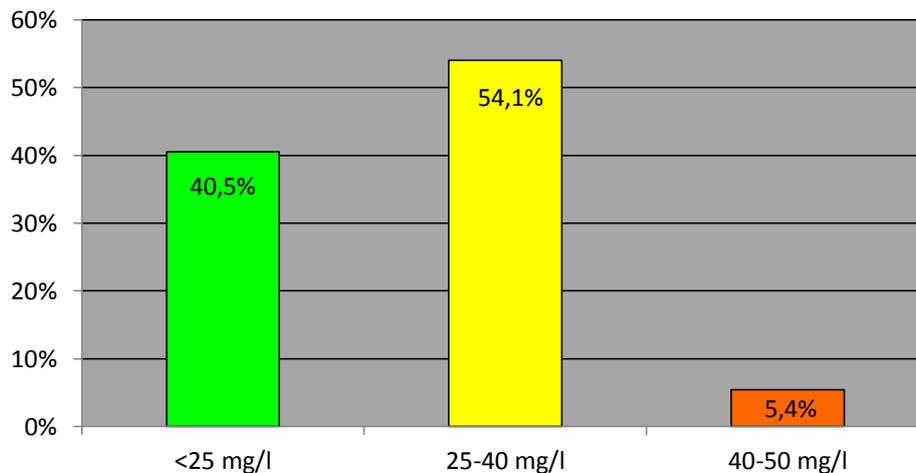
Abbildung 11: Veränderung der Nitratkonzentration in 18 ausgewählten Seen in Deutschland 2007 - 2010 gegenüber 1997 – 2000 (BMU & BMELV 2012)

Trotz des teilweisen Trends der zunehmenden Stickstoffbelastung von Oberflächengewässern wurde der Grenzwert der Oberflächengewässerverordnung mit 50 mg/l NO_3^- bei lediglich 8 Messstellen (entspricht 3 %) des LAWA-Messnetzes für die Oberflächengewässer verfehlt (BMU & BMELV 2012).

Die Quellen der Nitratbelastungen für Oberflächengewässer werden in Punktquellen und diffuse Quellen unterschieden. Im Jahr 1985 wurden die Haupteintragspfade für Nährstoffe durch Punktquellen und Einträge aus dem Grundwasser maßgeblich beschrieben. Der Eintragspfad über Punktquellen hat von 1985 bis zum Jahr 2005 deutlich abgenommen. Der Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft über das Grundwasser, den Oberflächenabfluss und die Dränagen, ist nahezu konstant geblieben. Daraus kann geschlossen werden, dass die Landwirtschaft für die Grundwasserbelastung eine zentrale Rolle spielt (BMU & BMELV 2012).

3.1.2 Oberflächengewässer in Niedersachsen

Insgesamt befinden sich die Oberflächengewässer in Niedersachsen in einem relativ guten Zustand. In Abbildung 12 ist zu sehen, dass keine Messstelle den Grenzwert von 50 mg/l überschreitet.



**Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratgehalte in Niedersachsen (2010)
(Darstellung aus BMU & BMELV 2012)**

In Niedersachsen ist bei vier von 33 vergleichbaren LAWA-Messstellen eine Zunahme der Nitratbelastung von fünf bis 25 % aufgetreten. Bei 26 Messstellen ist eine deutliche Abnahme der Nitratbelastung zu verzeichnen.

3.1.3 Grundwasser

Deutschlandweit sind knapp 50 % der LAWA-Messstellen mit mehr als 50 mg/l Nitrat belastet. Doch diese Messstellen wurden 1995 nach ihrer Belastung ausgewählt, das heißt, dass diese Messstellen keine Aussagen über die Gesamtsituation der Grundwasserkörper in Deutschland haben, sie dienen nur zur Erfassung der Entwicklung von beeinflussten Grundwasserkörpern (BMU & BMELV 2012).

Um eine Aussage über die bundesweite Nitratsituation geben zu können, wird das Messnetz zur jährlichen Berichtserstattung an die Europäische Umweltagentur (EUA-Messnetz) mit herangezogen (BMU & BMELV 2012). Das LAWA-Messnetz hat 739 gemeinsame Messstellen mit dem EUA-Messnetz. In der Abbildung 13 wurden die gemeinsamen Messstellen der beiden Netze ausgewählt, die einem Nutzungseinfluss aus der Landwirtschaft unterliegen.

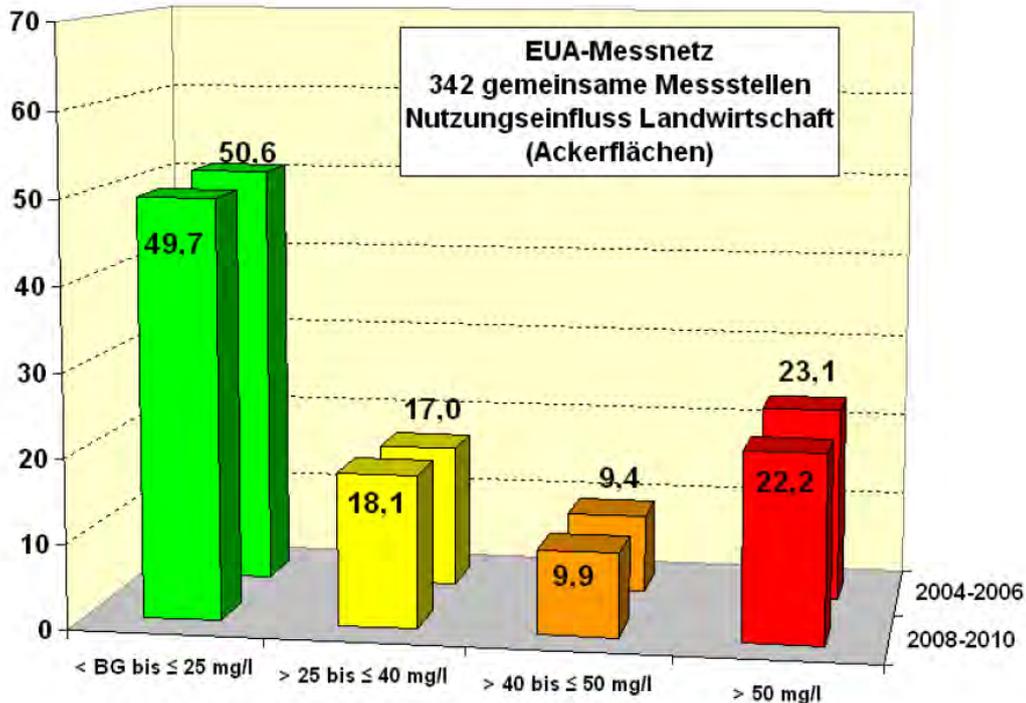


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratgehalte (BMU & BMELV 2012)

Es ist zu erkennen, dass besonders die Messstellenanzahl, die mit $> 50 \text{ mg/l}$ belastet sind leicht zurückgegangen ist. Zu vermerken ist, dass die Messstellen, die eine Nitratbelastung von kleiner 25 mg/l aufweisen, nicht außer Acht gelassen werden dürfen, denn die Grundwasserkörper haben Reduktionsvermögen, um dem Nitratintrag entgegen zu wirken. Wenn das Reduktionsverhalten ausgeschöpft werden sollte, werden die Grundwasserkörper wahrscheinlich schlagartig eine Belastung von mehr als 50 mg/l aufweisen (BMU & BMELV 2012).

Beim Vergleichen der gesamten gemeinsamen Messstellen und der gemeinsamen Messstellen, die durch die Landwirtschaft beeinflusst werden, ist auffällig, dass bei den gesamten Messstellen im Zeitraum von 2008 bis 2010 $14,3 \%$ (entspricht 106 Messstellen) und bei den landwirtschaftlich beeinflussten $22,2 \%$ (entspricht 76 Messstellen) eine Nitratbelastung von mehr als 50 mg/l aufweisen. Damit liegen ca. 80% der grenzwertüberschreitenden Messstellen unter direkter landwirtschaftlicher Beeinflussung (BMU & BMELV 2012).

3.1.4 Grundwasser in Niedersachsen

In Niedersachsen werden von dem Niedersächsischen Umweltministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (NLWKN) weitere Grundwassermessstellen betrieben. In der Abbildung 14 ist die Entwicklung der Grenzwert- bzw. Richtwertüberschreitungen (25 mg/l (ML 2010)) aufgezeichnet. Daraus ist ersichtlich, dass kein eindeutiger Trend der Zu- oder Abnahme bei der Anzahl der Gewässer, die die Richt-/Grenzwerte überschreiten, erkennbar ist.



Abbildung 14: Entwicklung der Nitratgehalte der Grundwassermessstellen in Niedersachsen (ML 2010)

Im Jahr 2002 wurde an 15 % der untersuchten Messstellen der Grenzwert der Trinkwasserverordnung überschritten. Als Ziel sollte die Annäherung der Grundwässer an den Richtwert von 25 mg N/l dienen. In der folgenden Abbildung sind die gemittelten Nitratkonzentrationen im Land Niedersachsen für das Jahr 2002 dargestellt. Belastungsschwerpunkte der Grundwasserkörper sind von Cloppenburg bis Nienburg und nördlich von Braunschweig auszumachen. Doch es ist auch auffällig, dass hohe und geringe Nitratkonzentrationen oft nicht räumlich stark voneinander getrennt sind (NLWKN 2005).

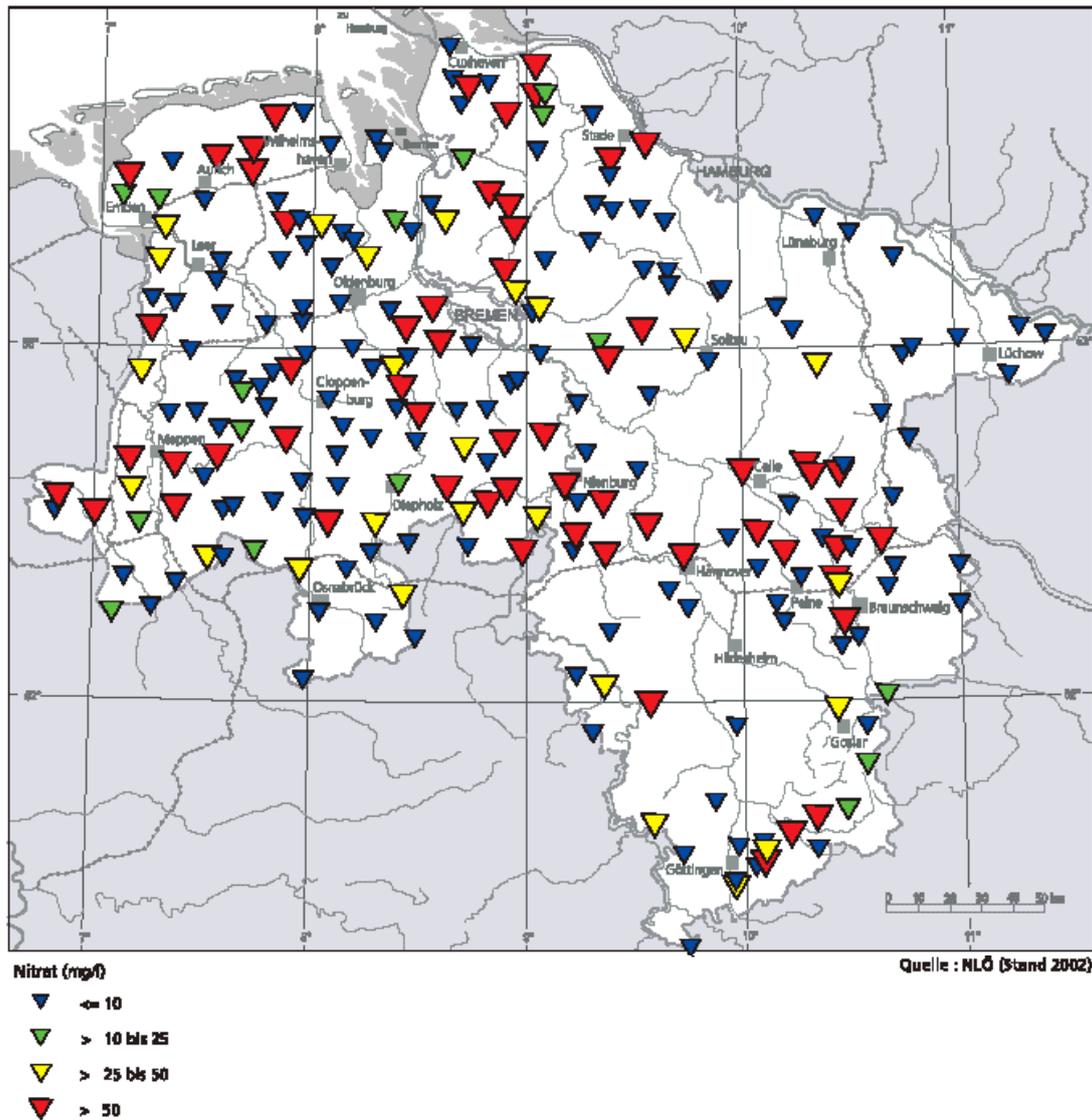


Abbildung 15: Gemittelte Nitratkonzentration an ausgewählten Messstellen des Grundwassergüte-Grundmessnetzes (Entnahmetiefe bis 25 m), Jahr 2002 (NLWKN 2005)

3.2 Maßnahmenprogramme in Niedersachsen

Für den Gewässerschutz gibt es verschiedene Maßnahmenprogramme in Niedersachsen, die auch zur Reduzierung der Nährstoffeinträge greifen. Alle Maßnahmen basieren auf Ausgleichszahlungen bzw. Entschädigungszahlungen für den Aufwand bzw. wirtschaftliche Nachteile des jeweiligen Anwenders der Maßnahmen.

Bevor Maßnahmen durch Ausgleichszahlungen gefördert werden können, müssen das Fachrecht (gute fachliche Praxis, WHG) und die Cross-Compliance Vorschriften eingehalten werden.

Zum Fachrecht und den Cross Compliance Vorschriften werden zusätzlich geförderte Agrarumweltmaßnahmen und freiwillige Gewässerschutzmaßnahmen auf Länderebene angeboten.

3.2.1 Agrarumweltmaßnahmen

Die Agrarumweltmaßnahmen (AU-Maßnahmen) werden unter der finanziellen Beteiligung der EU und des Bundes nach der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für das Niedersächsische und Bremer Agrar-Umweltprogramm (NAU/BAU) 2011 gewährt. Die Zuwendung wird auf der Basis der ELER-Verordnung (s. Kap.2.3.9) getätigt.

Diese Förderung wird mit dem erhöhten Arbeitsaufwand und den Mehrkosten durch zusätzliche Maschinen und Saatgut gerechtfertigt. Sie deckt allerdings in den meisten Fällen die Mehrkosten nicht ganz ab.

Die AU-Maßnahmen in Niedersachsen werden in vier Teilbereiche unterteilt.

- A. Förderung extensiver Produktionsverfahren auf Acker- oder Grünland
- B. Förderung extensiver Grünlandnutzung
- C. Förderung ökologischer Anbauverfahren
- W. Förderung einer Grundwasser schonenden Landbewirtschaftung

Die Maßnahmen der Bereiche A bis C sind zur Förderung der Beibehaltung extensiver, ressourcenschonender und besonders umweltverträglicher Anbauverfahren zur Förderung und Erhaltung der Landschaft (NAU/BAU 2011).

Bei den W-Maßnahmen soll der Schadstoffeintrag in das Grundwasser zur Erhaltung und zum Schutz der Trinkwasserressourcen und der direkt vom Grundwasser abhängigen Ökosysteme sichergestellt werden. Besonders wird hier auf die Verringerung der Nitrat- und Pflanzenschutzmitteleinträge geachtet (NAU/BAU 2011).

Gefördert werden können land- und forstwirtschaftliche Unternehmen, deren Flächen in Niedersachsen und Bremen liegen, bei denen der Antragssteller während der Verpflichtungsdauer die Flächen selbst bewirtschaftet und freiwillig eine der Maßnahmen anwendet. Der Verpflichtungszeitraum für die Maßnahmen beträgt mindestens fünf Jahre (NAU/BAU 2011).

Wenn beabsichtigt wird eine AU-Maßnahme durchzuführen muss ein schriftlicher Antrag bei der Landwirtschaftskammer (LWK) Niedersachsen eingereicht werden. Die LWK ist gleichzeitig die Bewilligungsstelle für die Anträge der AU-Maßnahme.

In Verbindung mit den von der ELER-Verordnung vorgesehenen Kontrollen, werden auch die Umsetzungen der AU in den Betrieben kontrolliert. Bei Verstößen wird zwischen flächenbezogenen Abweichungen und Nichterfüllung der Förderkriterien unterschieden. Wenn Verstöße festgestellt werden, werden sie über Sanktionen der Zuwendungen geahndet (NAU/BAU 2011).

3.2.1.1 AU-Maßnahmen mit Wasserschutzwirkung

In diesem Kapitel wird auf die AU-Maßnahmen eingegangen, die für den Grund- und Oberflächenwasserschutz beim Maisanbau relevant sind. Der Teilbereich B Förderung extensiver Grünlandnutzung ist vollständig ausgeschlossen, da er beim Maisanbau keine Anwendung findet.

A. Förderung extensiver Produktionsverfahren auf Acker- oder Grünland

A2 – Mulchsaat- oder Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren

Diese Maßnahme hat das Ziel, die Wassererosion auf potentiell gefährdeten Flächen zu reduzieren (ML a). Die Grundlage dieses Verfahrens liegt darin, dass vor der Bestellung des Ackers keine wendende Bodenbearbeitung durchgeführt werden darf, damit die Bodenstruktur bestehen bleibt (FAL & ARUM 2005). Bei Flächen, bei denen durch die Direktzahlung die Bestellung mittels Mulchsaat-, Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren bereits vorgeschrieben ist, findet diese AU-Maßnahme keine Anwendung.

Diese AU-Maßnahme steht allerdings nicht mehr zur Beantragung zur Verfügung (ML a).

A3 – Förderung von umweltfreundlicher Gülleausbringung

Diese AU-Maßnahme fordert die möglichst umweltschonende Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger, um den Nährstoffeintrag in andere Ökosysteme zu vermeiden (ML b). Es werden die Ausbringung mittels Schleppschläuchen, Schleppschuhtechnik und Injektion gefördert, welche durch Lohnunternehmer mit entsprechenden Geräten durchzuführen sind.

Allerdings steht diese AU-Maßnahme auch nicht mehr zur Beantragung zur Verfügung.

A5/A6 ein- oder mehrjährige Blühstreifen

Für beide Maßnahmen müssen sich die Unternehmen für eine Dauer von fünf Jahren verpflichten. Der Unterschied zwischen dem ein- und mehrjährigem Blühstreifen liegt darin, dass der einjährige Blühstreifen rotieren kann, während der mehrjährige Blühstreifen ortsgebunden ist und mit mehrjährigen Pflanzen bestückt sein muss (NAU/BAU 2011).

Sie dienen der Verbindung, dem Schutz von Biotopen und als Schutz bzw. Nahrungsquelle für wildlebende Tiere, insbesondere als Nahrungsquelle für Bienen. Der Aufwuchs des Blühstreifens darf nicht genutzt werden (NAU/BAU 2011).

Der Aspekt des Gewässerschutzes ist hier das Anwendungsverbot von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln auf den Blühstreifen (NAU/BAU 2011). Hinzu kommt, wenn die Blühstreifen entlang der Gewässergrenze angelegt werden, dass der Eintrag von Nährstoffen insbesondere aus dem Oberflächenabfluss vermieden werden kann.

Die Förderung für den einjährigen Blühstreifen beträgt 540 € pro ha und für den mehrjährigen 420 € pro ha (NAU/BAU 2011).

A7 – Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten auf Ackerflächen des Betriebes

Bei dieser Maßnahme wird der Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten

- zum Schutz vor Erosionen,
- zum Schutz vor Nährstoffausträgen,
- zur Förderung der biologischen Aktivität,
- zur Förderung der Struktur des Bodens und
- zum Schutz des Grundwassers

durchgeführt. Dafür wird nach der Ernte der Hauptfrucht die Untersaat erhalten oder eine Zwischenfrucht angebaut. Die Zwischenfrucht muss bis zum 15. September ausgesät worden sein und darf vor dem 15. Februar nicht umgebrochen werden.

Für den Anbau von Zwischenfrüchten oder einer Untersaat erhält der Antragssteller 70 € pro ha falls er nicht über das Maßnahmenprogramm der Kategorie C gefördert wird. Ist dies der Fall, beträgt die Ausgleichszahlung 45 € pro ha (NAU/BAU 2011).

C. Förderung ökologischer Anbauverfahren

In diesem Teilbereich der AU-Maßnahmen wird die ökologische Landwirtschaft gefördert, wenn diese auf dem gesamten Betrieb durchgeführt wird. In den ersten zwei Jahren nach der Einführung der ökologischen Bewirtschaftung erhält der Betrieb 262 € je ha Ackerfläche und Grünland. In den folgenden Jahren sinkt die Zuwendung auf 137 € je ha ab. Für den Gemüseanbau und für Dauerkulturen gibt es eigene Zuwendungssätze (NAU/BAU 2011).

W. Förderung einer Grundwasser schonenden Landwirtschaft

Die Maßnahmen der Kategorie W sind nur für Betriebe ausgelegt, bei denen mindestens 25 % oder über 10 ha der Betriebsfläche in einer Zielkulisse der WRRL befinden. In Abbildung 16 sind die Zielkulissen der WRRL für Niedersachsen dargestellt.

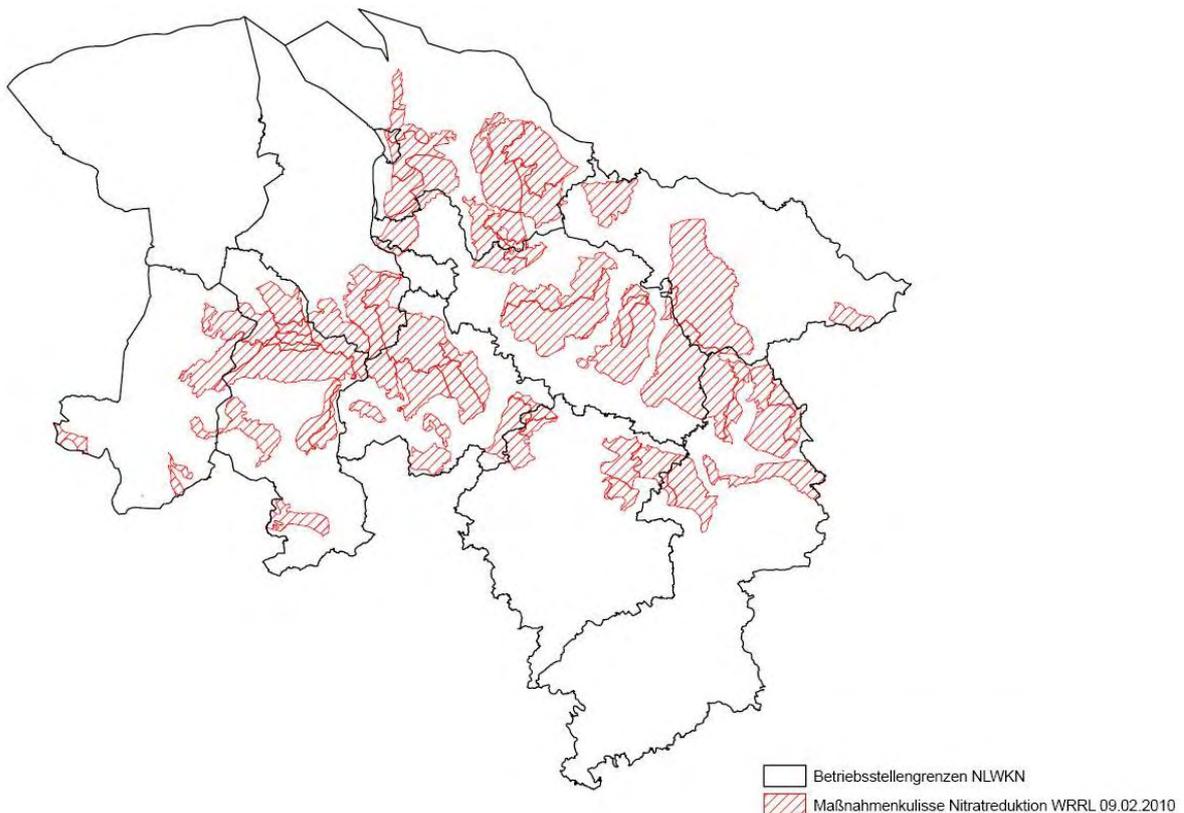


Abbildung 16: Zielkulissen der Wasserrahmenrichtlinie (ML c)

Diese Zielkulissen sind Grundwasserkörper, die in den Bewirtschaftungsplänen der FGG aufgenommen wurden, da sie einen guten Zustand verfehlen. Es fällt auf, dass es im Nordwesten und im Süden von Niedersachsen keine Zielkulissen der WRRL gibt.

W2 – Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder Untersaaten auf Ackerflächen des Betriebes

Diese Maßnahme hat die gleichen Zielsetzungen wie die Maßnahme A7. Während bei der Maßnahme A7 lediglich der Anbau von nicht winterharten Zwischenfrüchten gefördert wird, wird bei dieser Maßnahme speziell der Anbau winterharter Zwischenfrüchte nach Anlage 7c der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für das NAU/BAU 2011 gefördert.

Die Höhe der Zuwendungen beträgt 110 € je ha bzw. 85 € je ha für Betriebe, die bereits nach dem Förderungssatz C gefördert werden (NAU/BAU 2011).

Die Antragsteller sind dazu verpflichtet, nach der Ernte der Hauptfrucht leguminosenfreie, um den Stickstoffgehalt im Boden nicht weiter anzureichern (s. Kap. 0) und winterharte Zwischenfrüchte anzubauen, welche bis zum 15. September ausgesät sein und vor dem 15. März nicht umgebrochen werden dürfen. Bis zum 31. Mai müssen die Flächen nach dem Umbruch der Zwischenfrucht mit der folgenden Hauptfrucht bestellt werden (NAU/BAU 2011).

W3 – Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung

Der Verzicht auf die Bodenbearbeitung nach der Maisernte, wenn im folgenden Jahr eine Sommerung angebaut wird, dient zum Schutz vor Erosionen und Nährstoffausträgen. Parallel sollen die biologische Aktivität und die Struktur des Bodens gefördert und damit das Grundwasser geschützt werden. Die Ausgleichszahlung für diese Maßnahme beträgt 30 € je ha (NAU/BAU 2011).

Die Landwirte verpflichten sich mit der Teilnahme an dieser Maßnahme auf jegliche Bodenbearbeitung nach der Ernte des Mais bis zum 15. März des Folgejahres zu verzichten. Des Weiteren ist es ihnen untersagt, in dem Zeitraum von der Ernte bis zum 1. März des Folgejahres, jegliche Formen der Stickstoffdüngung auf dem Maisstoppel durchzuführen (NAU/BAU 2011).

3.2.2 Freiwillige Gewässerschutzmaßnahmen

Freiwillige Maßnahmen, die über das Fachrecht hinausgehen, sind lediglich für Betriebe vorgesehen, deren Flächen in Wasserschutzgebieten liegen. Durch die Auflagen, die Betriebe in Wasserschutzgebieten erhalten, können wirtschaftliche Benachteiligungen entstehen. Daraus ergibt sich der Anspruch auf Ausgleichszahlungen (§ 52 WHG). Seit dem 1. Juni 2007 sind die Unternehmen, die vom Wasserschutz begünstigt sind (in der Regel Wasserversorgungsunternehmen), für den Aufwand der Ausgleichszahlungen verpflichtet (LWK Niedersachsen 2011c).

Die Ausgleichszahlungen werden auf Empfehlungen des Landes Niedersachsen mit freiwilligen Gewässerschutzmaßnahmen verbunden. Dafür hat das Land Niedersachsen einen Katalog über die freiwilligen Maßnahmen verfasst. In diesem Katalog sind Maßnahmen zu den Punkten der zeitlichen Beschränkung der Aufbringung tierischer Wirtschaftsdünger, Verzicht auf tierische Wirtschaftsdünger, umbruchlose Grünlanderneuerung, aktive Begrünung und gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung aufgeführt (LWK Niedersachsen 2011c).

Im Folgenden sind nur die freiwilligen Vereinbarungen erläutert, die bei dem Anbau von Mais eine Bedeutung haben.

1. Zeitliche Beschränkung der Aufbringung tierischer Wirtschaftsdünger (max. 40 €/ha)
Die Voraussetzung für diese Maßnahme ist, dass der Einsatz von tierischen Wirtschaftsdüngern nur in einem für das Schutzgebiet freigegebenen Rahmen vorgenommen wird. Dies soll dazu dienen, dass der verzögert freiwerdende Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern garantiert genutzt wird und somit ein Austrag minimiert wird.
2. Verzicht auf den Einsatz tierischer Wirtschaftsdünger (max. 250 €/ha.)
Diese Maßnahme dient mehr Hygieneanforderungen als der Reduzierung der Stickstoffausträge. Sie wird auch hauptsächlich in den engeren Schutzzonen (in der Nähe Trinkwasserquellen) eingesetzt. Es werden gebietsspezifisch tierische Wirtschaftsdünger festgelegt, die nicht auf den entsprechenden Flächen ausgebracht werden dürfen.
3. Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (max. 50 €/ha.)
Bei dieser Vereinbarung darf nur in dem Zeitraum vom 1. Februar bis zum 15. Juli Wirtschaftsdünger ausgebracht werden. Zur Ausbringung von flüssigem

Wirtschaftsdünger müssen Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder Injektionstechniken verwendet werden. Zusätzlich dürfen nicht mehr als 30 m³/ha an flüssigem und 20 t/ha festem Wirtschaftsdünger ausgebracht werden. Es kann abweichend zu den Ausbringungsmengen in m³/ha bzw. t/ha auch eine definierte maximale Stickstoffgabemenge festgelegt werden.

4. Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen (max. 65 €/Analyse)

Die DüV schreibt keine Vollanalyse für die Wirtschaftsdünger vor. Es werden daher meist nur Schnelltests durchgeführt, die nicht so genau und umfangreich sind, bzw. es werden „vergleichbare“ Daten als Bilanzierungsgrundlage für die Düngebedarfsermittlung (§ 3 DüV) herangezogen. Diese Vorgehensweisen sind mit relativ hohen Fehlern behaftet.

In dieser Maßnahme werden die Volluntersuchungen der Wirtschaftsdünger auf Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Kalium und Phosphat, sowie die Bodenuntersuchung auf mineralischem Stickstoff (Ammonium und Nitrat) gefördert. Es muss zu jedem Ausbringungstermin eine Nährstoffanalyse der Wirtschaftsdünger durchgeführt werden. Damit soll die effizientere Stickstoffnutzung von Wirtschaftsdüngern gefördert werden.

5. Aktive Begrünung (max. 150 €/ha.)

Mit dieser Vereinbarung soll die dauerhafte Begrünung der Ackerflächen gefördert werden, damit der nach der Ernte noch verfügbare Stickstoff in den Pflanzen gebunden werden kann und somit die Auswaschung von Nitrat verringert wird. Beim Anbau von Zwischenfrüchten sind leguminosefreie Gräsermischungen zu wählen, ausgenommen sind ökologische Betriebe, bei denen muss nach dem Stickstoffbedarf entschieden werden, wie hoch der Leguminosenanteil in der Mischung sein darf. Der Umbruchzeitpunkt von Zwischenfrüchten ist standortabhängig.

6. Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung (max. 400 €/ha.)

Bei der gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung bestehen, von der Region abhängig, eventuell Anbauverbote für einige Kulturen. Zudem kann es sein, dass auf einige Produktionsverfahren verzichtet werden muss.

7. Reduzierte N-Düngung (max. 150 €/ha.)

Durch die Reduzierung der Stickstoffdüngung wird die Gefahr der Auswaschung von Stickstoff verringert. Es darf innerhalb dieser Vereinbarung

nur vor dem 15. Juni gedüngt und die maximale Aufwandmenge muss gebietsspezifisch festgelegt werden.

8. Reduzierte Bodenbearbeitung (max. 60 €/ha.)

Bei der reduzierten Bodenbearbeitung soll die Zersetzung der mit viel Stickstoff beinhalteten Erntereste verzögert werden, damit der Stickstoff nicht so leicht ausgewaschen werden kann. Der genaue Umfang der Maßnahme wird gebietsspezifisch festgelegt.

9. Maisengsaat (max. 60 €/ha.)

Maisengsaat bedeutet, dass der Reihenabstand maximal 45 cm betragen darf, damit die Wurzeln der Maispflanzen den Raum zwischen den Reihen schneller schließen können und die Auswaschung von Nitrat dadurch verringert wird. Dieses Verfahren war früher nicht möglich, da die Erntemaschinen nur definierte Reihenabstände abernten konnten, heute ist dies kein Hindernis mehr.

10. Unterfußdüngung (max. 50 €/ha.)

Diese Maßnahme ist im Maisanbau bei der mineralischen Düngung inzwischen zur gängigen Praxis geworden. Bei der Unterfußdüngung wird der Stickstoff dicht an die Saat gegeben, damit die Jugendentwicklung der Pflanzen gefördert wird. Relativ neu ist der bereits beschriebene Einsatz von Gülle als Unterfußdüngung.

11. Einsatz stabilisierter N-Dünger (max. 60 €/ha.)

Durch stabilisierende Stickstoffdünger wird die Auswaschung von Nitrat verringert. Dadurch, dass diese Düngemittel nicht so gut wasserlöslich sind, werden sie langsamer umgesetzt und haben damit eine Langzeitwirkung. Trotzdem liefern diese Düngemittel genügend Stickstoff für die Jugendentwicklung.

4 Diskussion und Folgerung

4.1 Wirksamkeit der Maßnahmen

Bei den bestehenden Maßnahmenangeboten stellt sich die Frage, welche Auswirkungen sie tatsächlich auf den Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers haben. In der folgenden Tabelle sind die Maßnahmen mit ihrer Förderhöhe und deren Wirksamkeit in einer tabellarischen Übersicht zusammengestellt. Anschließend habe ich die Maßnahmen zu Gruppen zusammengefasst und ihre Wirksamkeit erläutert.

Tabelle 4: Übersicht über angebotene Maßnahmen beim Maisanbau

Maßnahme	Fachgesetz	Ausgleichszahlung	Förderungsangebot	Wirksamkeit
A2-Mulchsaat-, Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren	AU	-	-	++
A3-Förderung umwelt-freundlicher Gülleausbringung	AU	-	-	+
A5-einjährige Blühstreifen	AU	540 €/ha	+	+
A6-mehnjährige Blühstreifen	AU	420 €/ha	+	+
A7-Anbau Zwischenfrüchte oder Untersaat	AU	70 €/ha	+	+++
		45 €/ha***	+	
C-Förderung ökologischer Anbauverfahren	AU	262 €/ha	+	++
		137 €/ha****	+	
W2-Anbau winterharter Zwischenfrüchte oder Untersaaten	AU	110 €/ha	+	+++
		85 €/ha***	+	
W3-Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgender Sommerung	AU	30 €/ha	+	++
Zeitliche Beschränkung - Aufbringung tierischer Wirtschaftsdünger	FM	40 €/ha	+	++
Verzicht auf den Einsatz Tierischer Wirtschaftsdünger	FM	250 €/ha	+	++
Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern	FM	50 €/ha	+	+
Wirtschaftsdünger- oder Bodenuntersuchungen	FM	65 €/Analyse	+	++
Aktive Begrünung	FM	150 €/ha	+	++
Gewässerschonende Fruchtfolge	FM	400 €/ha	+	+++
Reduzierte N-Düngung	FM	150 €/ha	+	++
Reduzierte Bodenbearbeitung	FM	60 €/ha	+	+++
Maisengsaat	FM	60 €/ha	+	+
Unterfußdüngung	FM	50 €/ha	+	+
Einsatz stabilisierender N-Dünger	FM	60 €/ha	+	+
Lagerkapazität für Gülle	FR	-	+	++
Einzelbetriebliche Beratung (z.B. Düngeplanung)	ELER	-	+	+++
Ausbringungstechniken für Mineraldünger	FR	-	+	++
Gewässerrandstreifen	WRL+FR	-	+	+

AU=Agrarumweltmaßnahmen, FM=freiwillige Maßnahmen, FR=Fachrecht (DüV)

* + wird zur Förderung angeboten, - steht nicht mehr zur Verfügung

** + geringe Wirksamkeit, ++ mittlere Wirksamkeit, +++ hohe Wirksamkeit

*** Förderung, wenn der Betrieb bereits nach AU C gefördert wird

**** ab dem dritten Jahr

Quelle: Darstellung nach Schmidt & Osterburg 2010 und Osterburg et al. 2007

4.1.1 Konservierende Bodenbearbeitung

Unter der konservierenden Bodenbearbeitung kann die Wirkung der Maßnahmen Mulch-, Direkt- oder Mulchpflanzverfahren (A2), der Verzicht auf die Bodenbearbeitung nach der Maisernte (W3) und die reduzierte Bodenbearbeitung zusammengefasst werden. Wie Untersuchungen in Sachsen ergeben haben, ist das Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung eine wirksame Methode, um eine Vermeidung der infiltrationshemmenden Bodenverschlämmung und Bodenverdichtung zu erreichen (Kurzer Stand: k.A.). Damit wird das Versickern des Wassers ermöglicht und die Wassererosion vermindert.

Es ist ratsam, diese Maßnahmen mit einer Untersaat oder einem Zwischenfruchtanbau zu kombinieren. Dadurch wird der Effekt der konservierenden Bodenbearbeitung verstärkt.

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung wird vollständig auf die Bodenbearbeitung mit dem Pflug (wendende Bodenbearbeitung) verzichtet. Nur bei einer konsequenten konservierenden Bodenbearbeitung kann eine gewässerschonende Bewirtschaftung erreicht werden. Bei einmaligem Einsatz eines Pfluges wird der ökologische aber auch der ökonomische Effekt der konservierenden Bodenbearbeitung zerstört (wrrl-info.de 2008).

Durch die Förderung der Maßnahmen und die verringerten Arbeitskosten durch den Verzicht auf den Pflug kann bei einer konsequenten Umsetzung ein Kostenvorteil entstehen (wrrl-info.de 2008).

4.1.2 Maisengsaat

Bei der Maisengsaat wird der schnellere Bestandsschluss und somit die bessere Nutzung der Nährstoffe und die Verringerung von Erosionen durch die gleichmäßigere Verteilung der Pflanzen (siehe Abbildung 17) gefördert. Nach Untersuchungen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) erzielt die Maisengsaat gute Ergebnisse.

Bei gleichbleibender Pflanzenanzahl pro ha, aber verringertem Reihenabstand (von 75 cm auf 37,5 cm) ist der Ertrag bei kurzwüchsigen Sorten angestiegen und bei großrahmigen Pflanzen ist kein Unterschied zu vermerken (TLL 2008). Durch den schnelleren Reihenschluss, der durch den geringeren Abstand zwischen den Reihen auftritt, ist der N_{\min} -Gehalt nach der Ernte deutlich geringer und weist damit darauf

hin, dass eine verbesserte Nährstoffnutzung der Fläche vorliegt. Neben der besseren Nährstoffnutzung hat das Unkraut bei schnellem Reihenschluss schlechtere Chancen aufzulaufen. Damit kann hier im besten Fall der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden.

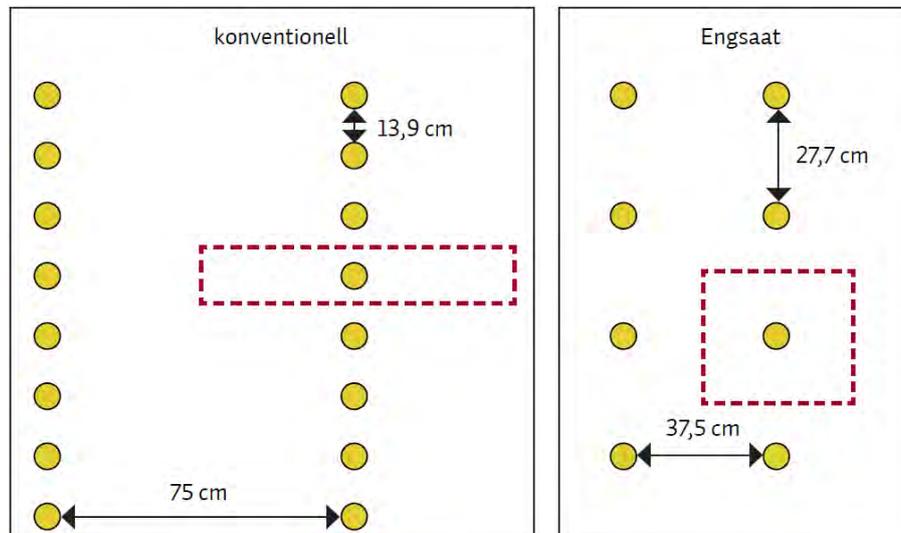


Abbildung 17: Pflanzenverteilung bei der Maisensaat (Beckmann Verlag GmbH & Co. KG 2010)

Laut den Untersuchungen de TLL ist zudem das Engsaatverfahren günstiger als das Normalsaatverfahren, da beim Drillen eine höhere Geschwindigkeit gefahren werden kann (TLL 2008).

4.1.3 Düngung

In diesem Abschnitt sind folgende Maßnahmen zusammengefasst:

- Förderung von umweltfreundlicher Gülleausbringung (A3)
- Einsatz stabilerer N-Dünger
- Unterfußdüngung
- Reduzierte N-Düngung
- Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen
- Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern
- Verzicht auf den Einsatz tierischer Wirtschaftsdünger
- Zeitliche Beschränkung der Aufbringung tierischer Wirtschaftsdünger

Bei der Düngung ist eine bedarfsgerechte Düngemittelberechnung das Fundament, um die Nährstoffdepositionen zu verringern bzw. zu vermeiden. Damit zählt die Maßnahme der einzelbetrieblichen Beratung, die von der ELER-Verordnung

gefördert wird, mit zum Bereich der Düngung. Für die Berechnung der Düngemengen sind die Erkenntnisse über den Nährstoffgehalt des Bodens und den Wirtschaftsdünger essentiell. Ab einer Stickstoffzufuhr von mehr als 150 kg/ha ist kein signifikanter Ertragszuwachs zu verzeichnen (Jovanovic et al. 2000). Doch bereits bei einer Stickstoffzufuhr von 150 kg/ha besteht bereits ein leichter N-Überschuss, daher sollte diese Marke beim Maisanbau nicht überschritten werden (Büchter et al. 2001).

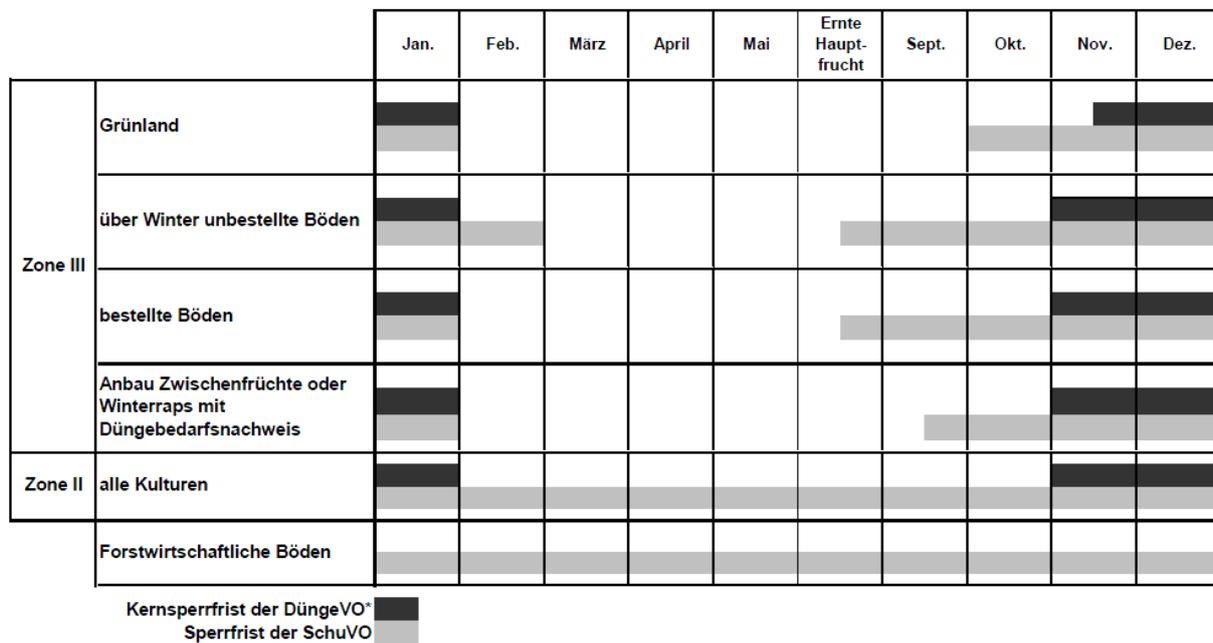
In Untersuchungen, die von der Cristian-Albrecht-Universität (CAU) Kiel durchgeführt wurden, hat sich eine Beziehung zwischen dem vorhandenen mineralischen Stickstoff im Herbst nach der Maisernte (N_{\min} -Wert) und dem darauf folgenden Austrag in der Sickerwasserperiode abgezeichnet. Doch ist zu beachten, dass nicht der gesamte vorhandene Stickstoff über die Sickerperiode ausgetragen wird, sondern nicht mal 50 % (Büchter et al. 2003). Damit unterschreitet die Stickstoffauswaschung in der Sickerperiode bei einer bedarfsgerechten Düngung die EU-Trinkwassergrenzwerte von 50 mg/l. Bei einer Überdüngung kann dieser Grenzwert jedoch leicht überschritten werden (Büchter et al. 2003).

Die umweltfreundliche Ausbringung, insbesondere von flüssigen Wirtschaftsdüngern, aber auch Festmist, reduziert das Risiko der Wassererosion und die Ammoniakausgasung. Durch die Verringerung der Ammoniakausgasungen wird die Deposition von Stickstoff in andere Ökosysteme verringert (FAL & ARUM 2005). Bei der gewässerschonenden Ausbringung ist die Einhaltung der Gewässerrandstreifen eine wirksame Maßnahme zur Reduzierung der oberflächlichen Nährstoffeinträge, doch haben diese Einträge eine geringere Bedeutung als der Eintragspfad über das Grundwasser (BMU & BMELV 2012).

Bei der Aussaat wird in der Regel durchgängig Stickstoff und Phosphor in mineralischer Form als Unterfußdüngung gegeben. Inzwischen wird die Unterfußdüngung mit Gülle in der Praxis zunehmend angewendet. Zurzeit ist das Verfahren der Gülle-Unterfußdüngung noch nicht ausgereift, doch liegen bereits Versuchsergebnisse vor und es wird bereits teilweise in der Praxis eingesetzt. Ein erhoffter Vorteil der Gülle-Unterfußdüngung ist, das im Idealfall auf die mineralische Düngung vollständig bzw. teilweise verzichtet werden kann und somit ein Nährstoffkreislauf im Betrieb entsteht. Zudem bietet bei Starkregen im Sommer das

Gülleband eine nicht so hohe Angriffsfläche für eine Nährstoffauswaschung im Vergleich zu der Breitverteilung (Harms & Benke 2010).

In Trinkwasserschutzgebieten wird die Ausbringung von Wirtschaftsgütern begrenzt oder verboten, da die Mineralisierung der organisch gebundenen Nährstoffe verzögert wird und abhängig von der Witterung verläuft. Damit kann es bei zunehmender Trockenheit im Sommer dazu führen, dass die Nährstoffe nicht umgesetzt werden und damit im feuchter werdenden Herbst ein Nährstoffüberschuss vorliegt. Der Nährstoffüberschuss im Herbst kann in der Sickerwasserperiode ausgetragen werden. Um dies zu vermeiden, wurden für Trinkwasserschutzgebiete längere Sperrfristen eingeführt (siehe **Abbildung 18**).



*) Festmist ohne Geflügelkot weiterhin ganzjährig ausbringbar
 Die nach Landesrecht zuständige Stelle kann für die zeitliche Begrenzung nur noch andere Zeiten genehmigen, soweit die Dauer des Zeitraumes ohne Unterbrechung bei Ackerland 12 Wochen und bei Grünland 10 Wochen nicht unterschreitet

Abbildung 18: Zeitschema Aufbringungsverbote und -beschränkungen für Gülle, Jauche, Silosickersaft, Gärresten und Geflügelkot gemäß der Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO) (LWK Niedersachsen 2011c)

4.1.4 Fruchtfolge, Untersaaten und Zwischenfruchtanbau

Innerhalb der Maßnahmenprogramme zum Anbau von Zwischenfrüchten (A7) und winterharten Zwischenfrüchten (W2), der gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung, der aktiven Begrünung und der Anlage von Blühstreifen (A5/A6) werden weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Nährstoffdepositionen angeboten.

Für den Maisanbau ist die Untersaat eine sehr gute Maßnahme, doch bietet sie sich nicht für alle Standorte an. Grundsätzlich werden die N-Depositionen ins Grundwasser reduziert (Büchter et al. 2001). Die nach der Ernte des Maises noch vorhandenen Nährstoffe werden in der Untersaat gebunden und reduzieren somit nachhaltig die Auswaschung der Nährstoffe (Büchter et al. 2003). Doch bei Standorten mit zu erwartendem Wassermangel kann sich eine Untersaat nachteilig auf den Ertrag des Maises auswirken.

Der Zwischenfruchtanbau hat eine vergleichbare Wirkung wie die der Untersaaten. Sie dienen auch der Nährstofffixierung über die Zeitdauer der Sickerwasserperiode. Bei Untersuchungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) hat sich herausgestellt, dass eine winterharte Zwischenfrucht (Winterrübsen) die höchste Verringerung der Nitratbelastung im Sickerwasser zur Folge hatte. Nicht winterharte Zwischenfrüchte haben auch die Nährstoffdeposition verringert, jedoch nicht in dem Maße (LfL 2006).

4.1.5 Ökologischer Maisanbau

Die Wasserschutzwirkung des ökologischen Maisanbaus liegt darin, dass in diesen Betrieben der Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger und Pflanzenschutzmitteln untersagt ist. Daher muss in diesen Betrieben ausschließlich auf die Stickstoffdüngung durch Wirtschaftsdünger zurückgegriffen werden (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002). Doch trotz des Verzichts auf eine mineralische Düngung ist die Auswaschung von Nährstoffen nicht ausgeschlossen, da bei ungünstigen Witterungsbedingungen (z.B. Kälte, Sauerstoffmangel im Boden, Staunässe) der Stickstoff aus den Wirtschaftsdüngern nicht von den Pflanzen aufgenommen werden kann (Büchter et al. 2001).

4.2 Wirksamkeit des rechtlichen Rahmens

Das WHG, in dem 2009 die WRRL zur Umsetzung in das nationale Recht eingearbeitet wurde, fordert als explizit genannte Maßnahme, die für den Gewässerschutz beim Maisanbau relevant ist, die Anlage von Gewässerrandstreifen. Die Anwendung von Düngemitteln innerhalb dieser Gewässerrandstreifen ist jedoch vom WHG erlaubt (s. Kap. 2.3.1). Dieses Gesetz bestimmt die Rahmenbedingungen der Anforderungen an bereits bestehenden Maßnahmen und für die Entwicklung weiterer Maßnahmen zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele nach der WRRL. Die

entwickelten Maßnahmen unterliegen dem fachrechtlichen Bestimmungen die durch unter anderem die DüV gebildet wird.

Die OGewV und GrwV dienen zur Konkretisierung des WHG und somit auch der Umsetzung der WRRL. Innerhalb dieser Verordnungen wird für Oberflächengewässer und Grundwasser der gleiche Grenzwert für Nitrat von 50 mg/l angegeben. Damit bildet die Einhaltung dieses Grenzwertes für Oberflächengewässer und Grundwasser die Erreichung eines Teilziels der WRRL.

Innerhalb der DüV werden Abstände zu Gewässern von drei bzw. einem Meter bei der Ausbringung von nährstoffhaltigen Düngemitteln auf nicht mehr als 10 % geneigten Flächen gefordert. Auf Flächen die eine Neigung von 10 % und mehr aufweisen müssen größere Abstände eingehalten werden (s. Kap. 2.3.4) Damit werden hier die Vorgaben des WHG für den Gewässerschutz durch Gewässerrandstreifen verschärft. Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe bildet eine Ergänzung der DüV, denn nur mit ausreichender Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger sind die Einhaltung der Sperrfristen nach der DüV möglich.

Das EEG ist mit der Förderung der Biogasanlagen und somit auch der Förderung des zunehmenden Maisanbaus kritisch zu sehen (s. Kap. 2.1). Ein Effekt des zunehmenden Maisanbaus zur Biomasseproduktion ist ein entstehender Flächenkonflikt zwischen dem Energiepflanzenanbau, der Futtermittelerzeugung und der Lebensmittelproduktion. Dieser Konflikt treibt zudem auch die Pachtpreise und in Folge dessen die Maispreise immer weiter in die Höhe (Reus et al. 2012). Durch den steigenden Maispreis wird auf immer ungünstigeren Flächen Mais angebaut. Dieser Anbau kann zu erhöhten Nährstoffeinträgen in Oberflächengewässer und Grundwasser führen, diese Annahme kann aber in dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

Während im Sommer der Mais ein guter Nährstoffverwerter ist, liegt besonders bei Monokulturen der Acker über die Sickerwasserperiode oft unbegrünt dar. Es besteht besonders im Winter die Gefahr der Nährstoffdeposition ins Grundwasser. Damit kollidieren die Ziele der WRRL mit den Auswirkungen des EEG.

Hier wird jedoch durch die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung ein Anbau von Mais auf ungeeigneten Flächen unterbunden und dadurch der Gewässerschutz beim

Maisanbau gestärkt. Durch diese Verordnung entsteht eine gewisse Anpassung des EEG an die Ziele der WRRL.

Durch die Förderung über die ELER-Verordnung soll ergänzend zu den bestehenden Vorschriften beim Maisanbau, die Nährstoffdeposition durch Maßnahmenprogramme (s. Kap. 3.2) verringert werden. Damit steht diese Verordnung zwischen dem EEG und der WRRL und fängt unter anderem die negativen Wirkungen, die durch das EEG entstehen, ab.

Bei der CC-Betriebskontrolle, die zur Überprüfung der landwirtschaftlichen Betriebe, die Fördergelder aus dem EU-Agrarhaushalt erhalten dient, besteht der Nachteil, dass die diffusen Stoffeinträge in Gewässer sehr schwer zu kontrollieren ist.

4.3 Effiziente Maßnahmen

Im Kapitel Maßnahmenprogramme sind die Maßnahmen aufgeführt, die für eine gewässerschonende Maisbewirtschaftung zur Verfügung stehen. Auffällig ist, dass aktuell nur wenige Maßnahmen außerhalb eines Schutzgebietes oder einer Gebietskulisse der WRRL angeboten werden. Es sind lediglich die Maßnahmen A5/A6 – ein- oder mehrjährige Blühstreifen, A7 – Anbau von Zwischenfrüchten oder einer Untersaat, C – Förderung ökologischer Anbauverfahren und einzelbetrieblicher Beratung (ELER-Verordnung) für Betriebe, die nicht in einem Wasserschutzgebiet oder einer Zielkulisse der WRRL liegen, möglich. Damit wird eindeutig der Schwerpunkt auf die Schutzgebiete gelegt.

Von den vorgestellten Maßnahmen gehören

- W2 – Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder einer Untersaat,
- A7 – Anbau von Zwischenfrüchten oder einer Untersaat,
- Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung,
- Reduzierte Bodenbearbeitung und
- Einzelbetriebliche Beratung

zu den effizientesten Maßnahmen beim Maisanbau. Um die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen zu verbessern bieten sich Kombinationen mit anderen Maßnahmen an (Osterburg 2007).

Die Maßnahme **W2 – Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder Untersaat** ist die wirksamste Maßnahme zur Reduzierung der Nährstoffdeposition (Schmidt & Osterburg 2010). In Verbindung mit einer gewässerschonenden Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Freiwillige Maßnahme und A3) kann die reduzierende Wirkung dieser Maßnahme deutlich verbessert werden. Die Verbindung von Zwischenfrüchten bzw. Untersaaten mit einer Maisengsaat dagegen zeigte in Untersuchungen des von Thünen Institutes (Schmidt & Osterburg 2010) negative Auswirkungen.

Der **Anbau von nichtwinterharten Zwischenfrüchten oder Untersaaten (A7)** hat eine etwas geringere Wirkung als die Maßnahme W2. Da die Maßnahme W2 nicht außerhalb der Wasserschutzgebiete und der Gebietskulissen der WRRL angeboten wird, ist der Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten (A7) eine der wirksamsten Maßnahmen für außenliegende Gebiete (Schmidt & Osterburg 2010).

Aufgrund des späten Erntetermins von Mais (Ende September bis Anfang Oktober) bietet sich der Zwischenfruchtanbau oftmals nicht an, da die Aussaat der Zwischenfrucht bis zum 15. September bei den Maßnahmen W2 und A7 durchgeführt sein muss (s. Kap. 3.2.1.1). Daher kommt beim Mais hauptsächlich die Untersaat in Betracht.

Die **gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung** ist sowohl in der konventionellen als auch der ökologischen Landwirtschaft ein wirksames Mittel um die Nitratauswaschung zu verringern. Doch auf ökologisch bewirtschafteten Flächen hat diese Maßnahme eine höhere Wirkung als auf konventionellen Flächen (vTI, 2010). Dies wird daran liegen, dass beim ökologischen Anbau die Düngung nur aus Wirtschaftsdüngern und aus der Düngewirkung der Vorfrucht geschieht. Hinzu kommt, dass der Maisanteil beim ökologischen Anbau in den meisten Fällen einen geringeren Anteil in der Fruchtfolge ausmacht (Sächsisches Landesamt für Landwirtschaft 2002). Damit bietet der ökologische Landbau eine größere Kombinationsmöglichkeit hinsichtlich der Fruchtfolge als der konventionelle Landbau. Die Maßnahme der gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung wird jedoch nur in Schutzgebieten angeboten.

Die **reduzierte Bodenbearbeitung** ist ebenfalls eine freiwillige Maßnahme und steht nur für Schutzgebiete zur Verfügung. In den außenliegenden Bereichen kann die Maßnahme A 2 – Mulchsaat-, Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren in Anspruch

genommen werden. Diese Maßnahme hat allerdings eine geringere Gewässerschutzwirkung (Schmidt & Oserburg 2010).

Um die Stickstoffverwertung aus mineralischen aber auch organischen Düngern zu optimieren ist die durch die ELER-Verordnung geförderter **einzelbetriebliche Beratung** ein wichtiger Ansatz (BMU 2010). Da bereits bei einer leichten Überversorgung an Nährstoffen der Nitrataustrag ansteigt (LWK Niedersachsen 2008), sollte die Bilanzierung der Nährstoffe so genau wie möglich durchgeführt werden. Bei der einzelbetrieblichen Beratung ist die Unterstützung bei der Ermittlung des Düngebedarfs, die von der DüV (§ 3 Abs. 2) vorgeschrieben ist, eingeschlossen.

Doch trotz der Ausgleichszahlungen für die Maßnahmen entstehen teilweise wirtschaftliche Verluste für den Landwirt. Da Mais einen relativ hohen Deckungsbeitrag (390,91 € pro ha (Reus et al. 2012)) hat, reichen die Ausgleichszahlungen der Maßnahmen nicht immer aus, um die Kosten abzudecken (Fixkosten), die durch den Deckungsbeitrag auszugleichen werden. Dies ist eine Tatsache, die einige Landwirte davon abhält AU-Maßnahmen auf ihren Flächen zu betreiben.

4.4 Vergleich des ökologischen und konventionellen Maisanbaus

Langjährige Untersuchungen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) haben gezeigt, dass der Nährstoffaustrag unter ökologisch bewirtschafteten Maisflächen geringer als unter konventionellen Flächen. Dies kommt durch verringerte Stickstoffdüngung und der unterschiedlichen Verfahrenstechniken (z.B. Art der Bodenbearbeitung), die beim ökologischen Maisanbau im Vergleich zum konventionellen Maisanbau angewendet werden (GROßE BEILAGE 2007).

Zum Vergleich zwischen konventioneller und ökologischer Landbewirtschaftung wurde der Biohof Bakenhus, der in einem Wasserschutzgebiet (WSG) liegt, mit den konventionell bewirtschafteten Flächen im gleichen WSG verglichen. Beim Vergleich der gesamten Flächen des WSG, gestaffelt in Biohof Bakenhus, WSG mit Zwischenfruchtanbau und WSG ohne Zwischenfruchtanbau ist zu sehen, dass sich der N_{\min} -Gehalt zu Beginn der Sickerwasserperiode (im Herbst) vom Biohof an die Gehalte des WSG mit Zwischenfruchtanbau annähert. Jedoch liegen die N_{\min} -Werte des Bakenhus leicht über denen des konventionellen Anbaus mit Zwischenfrüchten.

Eindeutig erhöhte N_{\min} -Werte weisen die konventionellen Flächen ohne Zwischenfruchtanbau auf (große Beilage 2007).

Speziell beim Maisanbau wurde nur zwischen den gesamt konventionell bewirtschafteten Flächen und den ökologisch bewirtschafteten Flächen unterschieden. Bei diesem Vergleich ist ersichtlich, dass die Nährstoffverluste beim konventionellen Maisanbau deutlich höher sind (große Beilage 2007).

Untersuchungen der CAU Kiel haben ergeben, dass beim Maisanbau mit Klee gras als Vorfrucht die N-Auswaschung in der nach der Ernte folgenden Sickerwasserperiode relativ hoch ist. Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft ist die Stickstoffdeposition in der ökologischen Landwirtschaft unter diesen Bedingungen sogar höher (Kelm et al. 2007).

Beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse der OOWV und der CAU Kiel scheinen zunächst Widersprüche aufzutreten, doch bei der Beachtung der Anbauweisen in den Versuchen ist zu sehen, dass sehr ähnliche Ergebnisse erzielt wurden.

Die erhöhten Nährstoffausträge unter ökologischen Flächen werden offenbar durch die fehlende Unterfußdüngung verursacht. Für eine gute Jugendentwicklung benötigt der Mais ausreichend wasserlöslichen Phosphor. Bedingt durch die Unterfußdüngung im konventionellen Maisanbau bilden die jungen Maispflanzen schneller mehr Wurzelmasse. Damit können die Pflanzen die Nährstoffe über die gesamte Wachstumsperiode besser aufnehmen. Im ökologischen Landbau hingegen besteht nicht die Möglichkeit einer mineralischen Unterfußdüngung, wodurch die Entwicklung der Pflanzen langsamer verläuft und somit insbesondere zwischen den Reihen Nährstoffe nicht aufgenommen bzw. ausgewaschen werden können.

4.5 Empfehlungen für gewässerschonenden Maisanbau

Um einen gewässerschonenden Maisanbau umzusetzen, müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Als Grundlage, um die Nährstoffdepositionen zu vermeiden bzw. zu verringern, ist eine Düngeplanung geeignet. Für die Erstellung einer Düngeplanung werden jährlich von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen aktualisierte Richtwerte herausgegeben (LWK Niedersachsen 2011a). Denn nur wenn eine bedarfsgerechte Düngung durchgeführt wird, kann die Gefahr der Nährstoffauswaschung verringert werden.

Maßnahmen zur Erosionsvermeidung sind, neben der Düngebilanz, weitere wichtige Möglichkeiten, die Nährstoffverluste beim Maisanbau zu verringern. Als Maßnahmen sollte an erster Stelle der Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten genannt werden, um eine Nährstoffdeposition über die Sickerwasserperiode zu vermeiden. Neben der Wassererosion wird auch die Winderosion durch den Zwischenfruchtanbau vermieden (Breitschuh & Gernand 2012). Eine weitere Maßnahme zum Schutz vor Wassererosionen ist die Bearbeitung quer zum Hang. Dies ist in einem kartierten erosionsgefährdeten Gebiet nach der Cross Compliance-Verordnung auch vorgeschrieben (ML 2012).

Die Fruchtfolge gibt den zeitlichen Ablauf der angebauten Kulturen wieder. Auch wenn der Mais aufgrund seiner Selbstverträglichkeit direkt hintereinander angebaut werden kann, sollte auf eine mehrjährige Fruchtfolge, das heißt mit mehreren Kulturen, zurückgegriffen werden (Benke & Rieckmann 2012). Ein wichtiger Grund für eine mehrjährige Fruchtfolge ist die bei Mais oft auftretende negative Humusbilanz, da der Mais ein Humuszehrer ist. Dies gilt es zu vermeiden, da Humus ein wichtiger Faktor für die Bodenfruchtbarkeit ist. Humus dient als Nahrung für das Bodenleben, trägt zur verbesserten Speicherung und Umsetzung der Nährstoffe bei, fördert das erhöhte Wasserhaltevermögen des Bodens und dient als CO₂-Senke sowie als CO₂-Quelle. Da der Mais eine Abnahme der Humusbilanz zur Folge hat, muss über die Fruchtfolge diese wieder ausgeglichen werden. Zum Ausgleich der Humusbilanz bietet sich der Anbau von Zwischenfrüchten oder Getreide an, bei dem das Stroh als Dünger auf dem Feld verbleibt. Die auf dem Feld verbleibende Biomasse trägt zur Humusbildung bei. Zu berücksichtigen ist, dass die organische Düngung auch die Humusbildung unterstützt und somit die Humusbilanz teilweise ausgleicht (Willms 2012).

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Einhaltung einer mehrjährigen Fruchtfolge ist die Erhaltung der Artenvielfalt der Pflanzen (Wildkräuter) und die Erhaltung des Lebensraumes für wildlebenden Tiere auf den landwirtschaftlichen Flächen. Bei immer größer werdenden Flächen, die oftmals an einem Tag abgeerntet werden, entsteht ein sogenannter „Ernteschock“. Von diesem Ernteschock sind besonders bodenbrütende Vögel und Niederwild betroffen. Daher sollte eine ausreichende Diversität in der Landwirtschaft bzw. Landschaft erhalten bleiben, um diesen Tieren ausreichend Lebensraum bieten zu können (Kelemen-Finan & Frühauf 2005).

Gegen den Anbau von Monokulturen spricht zudem der immer mehr zunehmende Nahrungsmangel für Bienen. Während der Rapsblüte im Frühjahr ist der Tisch für die Bienen reich gedeckt, doch danach gibt es zunehmend weniger Nahrung. Durch den zeitweiligen Nahrungsmangel gibt es immer weniger Bienen, doch sind diese unersetzlich für die Bestäubung vieler Nutzpflanzen. Wenn es keine Bienen mehr geben würde, hätte diese erhebliche Beeinträchtigung für die Ökologie (z.B. Bestäubung der Apfelbäume) (Donner 2008). Beim Maisanbau dienen die in den AU-Maßnahmen geförderten Blühstreifen neben der Wasserschutzwirkung als Nahrungsquelle für Bienen und andere Insekten.

4.6 Niedersachsen im Bundesvergleich

Niedersachsen ist ein durch Landwirtschaft geprägtes Bundesland. Von dem in Deutschland angebauten Mais wurden im Jahr 2012 ein Viertel des Maises in Niedersachsen angebaut. Doch dabei ist zu beachten, dass sich auch 16 % der gesamten Ackerfläche von Deutschland in Niedersachsen befinden. Hinzu kommt, dass das Land Niedersachsen in einigen Bezirken durch eine intensive Tierhaltung geprägt ist (siehe Abbildung 19), in denen der Mais als Futtermittel dient.

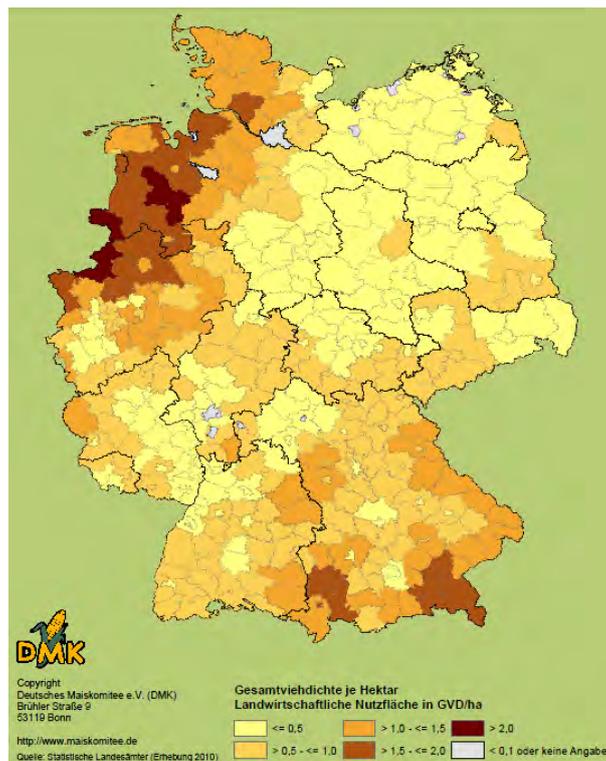


Abbildung 19: Gesamtvieh-dichte in Deutschland (DMK g Stand: k.A.)

In der Abbildung 20 (DMK g Stand: k.A.) ist der Maisanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche dem Maisanteil an der Ackerfläche gegenübergestellt. Wenn nur der Maisanteil von den Ackerflächen betrachtet wird, ist deutlich zu sehen, dass besonders im Norden und Westen von Niedersachsen, im nord-westlichen Teil von Nordrhein-Westfalen und zum Alpenrand relativ viel Mais angebaut wird. Doch beim Vergleich mit dem Maisanteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche wird dieses Bild relativiert. Beim Vergleich mit der Abbildung 19 ist auffällig, dass besonders in den Gebieten mit einem relativ hohen Viehbesatz auch der Maisanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche relativ hoch ist.

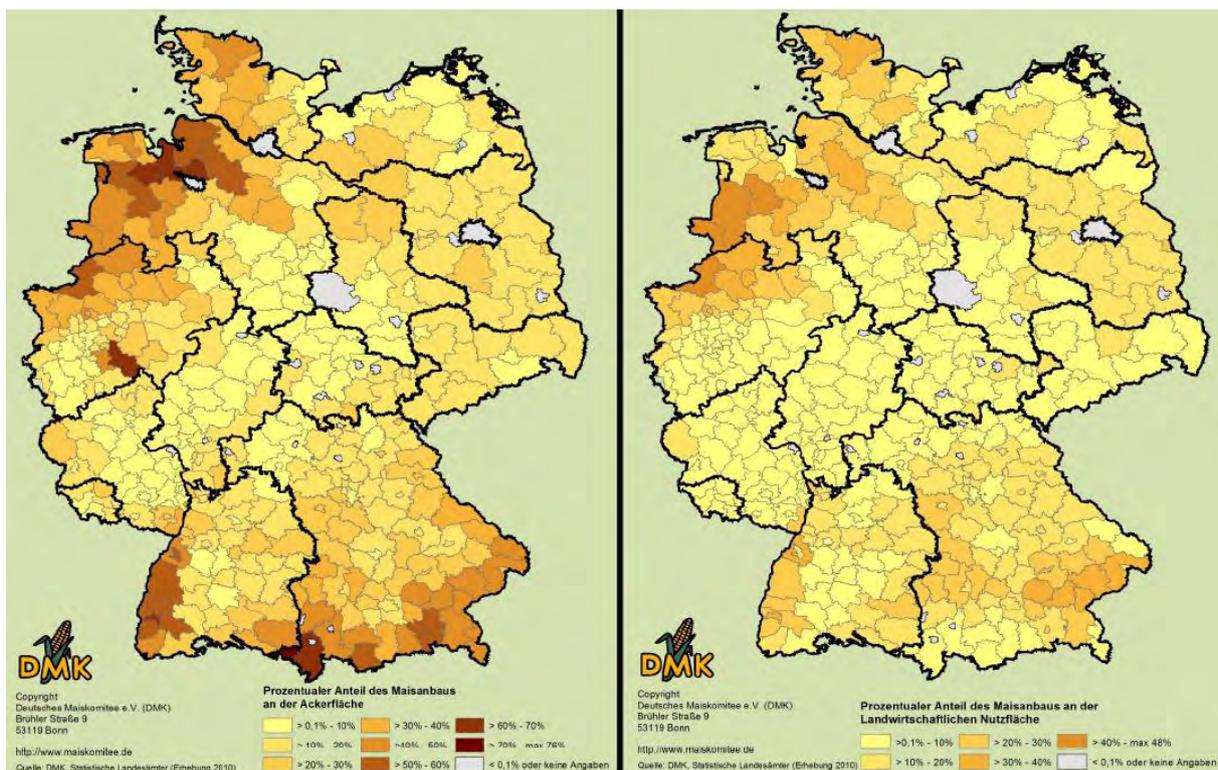


Abbildung 20: Maisanteil an der Ackerfläche und an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland auf Kreisebene 2010 (DMK h Stand: k.A.)

Beim Vergleich der Biogasanlagenzahl zwischen den Bundesländern im Jahr 2011 stehen besonders Bayern und Niedersachsen heraus (siehe Abbildung 21). Mit etwas größerem Abstand folgen Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein. Wenn man die Anlagenzahl isoliert betrachtet, müsste man aufgrund der Tatsache, dass Mais als häufigstes Substrat für Biogasanlagen eingesetzt wird (DMK h Stand: k.A.) annehmen, dass besonders in Bayern viel Mais angebaut wird. Bei der Betrachtung der installierten elektrischen Leistung jedoch fällt auf, dass Bayern trotz der fast doppelten Anlagenzahl nur eine vergleichbare installierte elektrische Leistung wie Niedersachsen aufweist. Daraus ist ersichtlich,

dass es in Bayern überwiegend kleine Biogasanlagen mit geringerer Leistung gibt (LfL & BBD 2012).

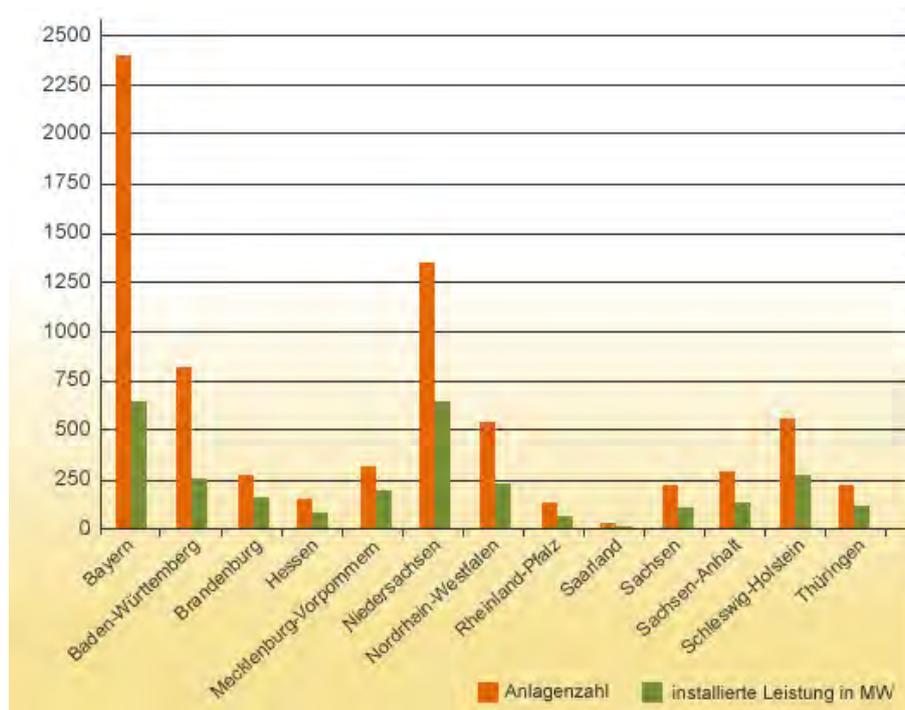


Abbildung 21: Anzahl der Biogasanlagen und der elektrischen Leistung nach Bundesländern in Deutschland 2011

Der Maisanbau in ökologischen Betrieben dient vorwiegend der Futtergewinnung und wird selten in Biogasanlagen eingesetzt (GROÙE BEILAGE 2013). Deutschlandweit werden 941.480 ha ökologisch bewirtschaftet. Dies entspricht 6 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. In Niedersachsen liegt die ökologisch bewirtschaftete Fläche bei 74.352 ha und macht lediglich 3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus (LWK Niedersachsen 2011b). Wenn der Mais wie von der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft empfohlen 20 % in der Fruchtfolge ausmacht, bedeutet das, dass maximal 0,6 % der LF für den ökologischen Maisanbau in Niedersachsen genutzt werden können. Damit haben diese Flächen einen sehr geringen Einfluss auf das Gesamtbild des Maisanbaus.

Trotz der weiter zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft und trotz der Einführung des EEG sowie der daraus folgenden Zunahme des Maisanbaus sind seit 2000 die Nährstoffbelastungen der Grundwässer (BMU & BMELV 2012) und Oberflächengewässer (UBA 2010) rückläufig. Es ist allerdings zu beachten, dass die Wirkungen der Maßnahmen, die zum Grundwasserschutz getätigt wurden, erst fünf bis 30 Jahre nach ihrer Durchführung Auswirkungen auf die Nährstoffgehalte im

Grundwasser zeigen (UBA 2012). Aufgrund der verzögerten Wirkung der Maßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Auswirkungen durch den zunehmenden Maisanbau auch erst in fünf bis 30 Jahren sichtbar werden. Grundwasserkörper haben zudem ein Reduktionsvermögen das eingetragene Nährstoffe zunächst kompensieren können. Ist dies Reduktionsvermögen jedoch ausgelastet, ist eine Steigerung der Nitratbelastung zu erwarten (BMU & BMELV 2012). Bei Oberflächengewässern besteht ein Mechanismus zur Selbstreinigung, der bei Überlastung zu einem Anstieg der Nitratkonzentration führt.

4.7 Schlussfolgerung

Trotz der immer weiter abnehmenden Nährstoffbelastungen in Oberflächengewässern und Grundwasser hat der durch die Landwirtschaft bedingte Eintragspfad eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung. Um die Ziele der WRRL erreichen zu können, müssen die Einträge von Nährstoffen deutlich reduziert werden.

Ein Weg, um die diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft weiter zu reduzieren, sind die AU- und die freiwilligen Maßnahmen, die über das Fachrecht hinausgehen. Der andere Weg ist die Förderung der Beratung insbesondere für ausgelernte Landwirte, die über ELER finanziert werden können. Denn nur wenn die Landwirte wissen, was der Nährstoffeintrag in Gewässer für Folgen hat und was ihnen für Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die Einträge zu reduzieren, können diese auch die Maßnahmen umsetzen. Dabei ist es essentiell, Landwirte, die bereits länger in der Praxis tätig sind, zu schulen, da die Junglandwirte nach der Ausbildung in der Regel bereits auf dem aktuellen Wissensstand sind.

Mais wird in den verschiedensten Literaturen als ein guter Nährstoffverwerter des Wirtschaftsdüngers beschrieben. Dies liegt an dem erst relativ späten Nährstoffbedarf. Wenn der Mais die Nährstoffe benötigt, ist der organisch gebundene Stickstoff aus den Wirtschaftsdüngern bereits mineralisiert und steht zur Aufnahme zur Verfügung. Ein Problem stellt die Sickerperiode und die geringe Bodenbedeckung dar. Daher sind bei Standorten mit einer ausreichenden Wasserversorgung Untersaaten und für alle Standorte der Anbau von Zwischenfrüchten bei nachfolgenden Sommerungen zu empfehlen, damit die vollständige Bodenbedeckung möglichst ganzjährig gegeben ist.

Der Maisanbau wird nach der letzten Novellierung nicht mehr so stark wie in den vergangenen Jahren zunehmen. Dies liegt am EEG 2012 aber auch daran, dass vielerorts die Flächenausschöpfung für den Maisanbau an ihre Grenzen stößt. Im Hinblick auf die Entwicklung der Nährstoffbelastungen von Oberflächengewässern und Grundwasser ist tendenziell eine weiter abnehmende Belastung zu erwarten, doch dies ist nur möglich, wenn ein Nährstoffüberschuss bei der Düngung vermieden wird.

Literaturverzeichnis

BayLfSt (Bayrisches Landesamt für Steuern) 2009: Merkblatt über den Aufbau der Bodenschätzung 02/2009.

Becker H 1993: Pflanzenzüchtung, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 303.

Benke M, Rieckmann C. 2012: Fruchtarten für Biogasproduktion. In: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Niedersachsen, Gülzow-Prüzen, 10-13.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) 2010: Die Wasserrahmenrichtlinie Auf dem Weg zu Guten Gewässern – Ergebnisse der Bewirtschaftungsplanung 2009 in Deutschland, 1. Auflage.

BMU & BMELV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) 2012: Nitratbericht 2012.

Büchter M, Wachendorf M, Taube F. 2001: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Band 3, S.75-77, Nitratauswaschung unter Silomais in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität – Ergebnisse aus dem N-Projekt Karkendamm.

Büchter M, Wachendorf M, Volkers K, Taube F. 2003: Pflanzenbauwissenschaften 7 (2), S.64-74, Silomaisanbau auf sandigen Böden Norddeutschlands: Einfluss von Untersaat, Gülle- und Mineral-N-Düngung auf den Nitrataustrag.

Campbell N. & Reece J. 2009: Biologie, 8. Auflage, Pearson Studium, München, 270-277.

DBFZ (Deutsches Biomasse-Forschungs-Zentrum gemeinnützige GmbH) 2012: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig-Jena.

FAL & ARUM (Institut für Ländliche Räume, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft & Arbeitsgemeinschaft Umwelt- und Stadtplanung Gbr.) 2005: Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes, Kapitel 6 Agrarumweltmaßnahmen – Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999, Braunschweig-Hannover.

Fent K. 2007: Ökotoxikologie – Umweltchemie, Toxikologie, Ökologie, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 7-11.

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (Hrsg.) 2012: Energiepflanzen für Biogasanlagen – Niedersachsen, Gülzow-Prüzen, 8-56.

- große Beilage J. (OOWV) 2007:** Wirkung des Ökolandbaus auf die Nitratauswaschung aus der Ackerkrume, Großenkneten.
- große Beilage J. (OOWV) 2013:** mündliche Mitteilung von Dr. große Beilage am 03.01.2013.
- Holler S, Schäfers C, Sonnenberg J. 1996:** Umweltanalytik und Ökotoxikologie, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 178-179.
- Jovanovic N, Wachendorf M, Taube F. 2000:** 44. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau, Kiel. Band 2, S.189-192, N-Bilanz und -Effizienz von Silomais bei variiertes N- und Gülledüngung, Kiel.
- Kelemen-Finan J, Frühauf J. 2005:** Einfluss des biologischen und konventionellen Landbaus sowie verschiedener Raumparameter auf bodenbrütende Vögel und Niederwild in der Ackerbau-landschaft: Problemanalyse – praktische Lösungsansätze Synthese, Deutsch Wagram.
- Kelm, M.; Loges, R.; Taube, F. (2007):** N-Auswaschung unter ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisflächen Norddeutschlands – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS, Kiel.
- KWS (2009):** Mais Anbauplaner, Einbeck.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2006:** Nitratgehalt im Sickerwasser bei Silomais und Winterweizen mit Zwischenfruchtanbau – Versuchsergebnisse aus Bayern 2006, Freisingen.
- LfL & BBD (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft & Biogas-Betreiberdatenbank Bayern) 2012:** Biogas in Zahlen - Stand in Bayern zum 31.12.2011 München.
- Loewe, P. (Ed.) 2009:** System Nordsee – Zustand 2005 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen. Berichte des BSH, Nr. 44, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg – Rostock.
- LWK Niedersachsen (Hrsg) 2011a:** Empfehlungen 2011 – Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Hannover.
- LWK Niedersachsen (Hrsg) 2011b:** Agrarstatistisches Kompendium 2011, Oldenburg.
- LWK Niedersachsen (Hrsg) 2011c:** Blaubuch – Erntejahr 2011, Berechnungsgrundlagen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.
- LWK Niedersachsen (Hrsg) 2008:** Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung – Versuchsbericht 2007/2008.

- LKSH (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein) 2011:** Richtwerte für die Düngung 2011, 21. Auflage, Rendsburg.
- ML (Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) 2012:** Informationsbroschüre über die einzuhaltenden anderweitigen Verpflichtungen - Cross Compliance, Januar 2012.
- Osterburg B, Rühling I, Runge T, Schmidt T G, Seidel K. (FAL); Antony F, Gödecke B, Witt-Altelder (INGUS) 2007:** Kosteneffiziente Maßnahmenkombination nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: Osterburg, Bernhard; Runge, Tania (Hrsg): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Braunschweig, 3-156.
- Plieth H.-E. (Albrecht-Thaer-Schule Celle) 2009:** Stickstoff – Düngung und Umsetzungsprozesse in Kulturpflanzenbeständen.
- Purves W.H, Sadava D, Orians G.H, Heller H.C. 2006:** Biologie, 7. Auflage, Elsevier GmbH, München.
- Reus D, Kornatz P, Aurbacher J. 2012:** Ökonomie des Energiepflanzenbaus. In: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Niedersachsen, Gülzow-Prüzen, 71-75.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002:** Maisanbau im Ökologischen Landbau – Informationen für Praxis und Beratung, Dresden.
- Sauermost, R. (Projektleitung) 2000:** Lexikon der Biologie in fünfzehn Bänden, Band 5, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.
- Schmitt T. & Oserburg B. 2010:** Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den mineralischen Stickstoffgehalt von Böden, in : NLWKN (Hrsg): WAagriCo 2 – Gewässerbewirtschaftung in Kooperation mit der Landwirtschaft in niedersächsischen Pilotgebieten, Norden, 126-163.
- TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft) 2008:** Standpunkt zur Standraumverteilung im Maisanbau, 2. Auflage, Jena.
- Wild A. 1995:** Umweltorientierte Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin-Oxford.
- Willms M. 2012:** Humusbilanzen, In: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Niedersachsen, Gülzow-Prüzen, 66-68.

Internetquellen

- AEE (Agentur für erneuerbare Energien):** Erfolgsgeschichte EEG - das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Stand: k.A. URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/politik/erneuerbare-energien-gesetz-eeg.html> [11.12.2012].
- Beckmann Verlag GmbH & Co. KG 2010:** Anbausysteme für Mais - Der richtige Reihenabstand, Lohnunternehmen 3/2010, URL: <http://www.hoegner-gbr.de/fileadmin/hoegner/aussaat.pdf> [26.12.2012].
- Beverborg R. (LWK Niedersachsen) 2012:** Agrarinvestitionsförderung 2013, Stand: 20.12.2012 URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/360/article/20846.html> [26.12.2012].
- BMELV:** Cross Compliance, Stand: k.A. URL: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Foerderung/Direktzahlungen/Cross-Compliance.html> [25.02.2013].
- Breitschuh T. & Gernand U. (VAFB Thüringen):** Nachhaltigkeit im Maisanbau sichern, Stand: k.A. URL: http://www.bio-energie.de/fileadmin/bioenergieberatung/sachsen-anhalt/dateien/Nachhaltigkeit_im_Maisanbau.pdf [22.11.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) a:** Bedeutung des Maisanbaues in Deutschland, Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/intranetHomepages.aspx?hp=30a01c5a-cb8c-9314-9398-742c9d12a03e> [25.12.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) b:** Spross, Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Züchtung/Morphologie/Spross>, [11.12.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) c:** Wurzel, Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Züchtung/Morphologie/Wurzel>, [11.12.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) d:** Standortansprüche – Temperatur, Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Produktion.aspx/Anbau/Standortansprüche/Temperatur> [11.12.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) e:** Standortansprüche – Wasser. Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Produktion.aspx/Anbau/Standortansprüche/Wasser> [11.12.2012].
- DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) f:** Bodenbearbeitung. Stand: k.A. URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Produktion.aspx/Anbau/Bodenbearbeitung> [11.12.2012].

DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) g: Maisanbau/Viehbesatz. Stand: k.A. URL: http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Maisanbau__Viehbesatz [08.02.2013].

DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.) h: Statistik zum Thema Biogas, Stand: k.A. URL: http://www.maiskomitee.de/web/public/Verwertung.aspx/Biogas/Statistik_Biogas [24.12.2012].

Donner S. (Die Welt) 2008: Bienen werden zur Landflucht gezwungen Stand: 01.07.08. URL: <http://www.welt.de/wissenschaft/article2165810/Bienen-werden-zur-Landflucht-gezwungen.html> [11.02.2013].

Energiopolitik.de 2012: Erneuerbare Energien: Anteil an der Endenergie 1990-2012, Stand: 10.11.2012. URL: <http://www.energiopolitik.de/erneuerbare-energien-anteil-an-endenergie-1990-2012/> [11.12.2012].

Kurzer H.J. (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft): Maßnahmenplanung und Stand der Umsetzung der WRRL im landwirtschaftlichen Bereich, Stand: k.A. URL: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/download/Forum_MWE2_TOP6.pdf [28.12.2012].

KWS (Hrsg.) 2011: Maiszünsler-Entwicklung und deren Bekämpfung in Deutschland, Stand: 01.2011, URL: http://www.kws.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaiaxocy [26.02.2013].

LK ROW (Landkreis Rotenburg (Wümme)) 2012: Silagesickersäfte, Stand: 2012 URL: http://www.lk-row.de/city_info/webaccessibility/index.cfm?region_id=160&waid=268&design_id=9926&item_id=849955&modul_id=15&record_id=8424&keyword=0&eps=20&cat=0 [27.02.2013].

Harms K.-G. & Benke M. (LWK Niedersachsen) 2010: Mais: Erkenntnisse aus der Unterfußdüngung mit Gülle, Stand : 30.03.2010. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/pflanze/nav/183/article/14123.html> [28.12.2012].

ML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) 2010: Nitratgehalt des Grundwassers, Stand: 16.03.2010. URL: http://www.mu1.niedersachsen.de/themen/nachhaltigkeit/umweltindikatoren/nitratgehalt_grundwassers/8343.html [18.12.2012].

ML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) a: A2-Mulch- oder Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren, Stand: k.A. URL: http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1539&article_id=5303&psmand=7 [20.12.2012].

ML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) b: A3 - Förderung von umweltfreundlicher Gülleausbringung, Stand: k.A. URL: http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1540&article_id=5302&psmand=7 [20.12.2012].

ML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) c: W2 - Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder Untersaaten auf Ackerflächen des Betriebes, Stand: k.A. URL: http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1549&article_id=5308&psmand=7 [20.12.2012].

NLWKN 2005: Nitratgehalte, Stand: 01.01.2005. URL: http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasserbeschaffenheit/mesergebnisse_landesweit/nitratgehalte/38698.html [18.12.2012].

pflanzenforschung.de: C4-Photosynthese, Stand: k.A. URL: <http://www.pflanzenforschung.de/wissenalphabetisch/detail/c4-photosynthese> [03.02.2013].

Schünemann-Plag P. (LWK Niedersachsen) 2011: Biogas im EEG 2012 - Aus für die Standardanlage?, Stand: 21.09.2011. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/360/article/17606.html> [03.02.2012].

Schütte R. (LWK Niedersachsen) 2012: EEG stellt Kulturlandschaft auf den Kopf, Stand: 09.07.2011. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/19589.html> [14.12.2012].

UBA (Umwelt Bundesamt) 2010: Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz - Flüsse und Seen – Nährstoffe. Stand: 10.08.2010. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/fluesse-und-seen/fluesse/belastungen/naehrstoffe.htm> [08.02.2013].

UBA (Umwelt Bundesamt) 2012: Biologische Vielfalt, Naturhaushalt und Landschaft – Belastung der Umweltmedien und Lebensräume durch Stoffe – Gewässergüteklasse II für Gesamtstickstoff. Stand: 02.2012. URL: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2875> [08.02.2013].

vTI & IGLU (Johann Heinrich von Thünen-Institut & Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Göttingen) 2008: Aspekte des Gewässerschutzes und der Gewässernutzung beim Anbau von Energiepflanzen, Braunschweig, URL: http://www.vti.bund.de/de/institute/lr/publikationen/bereich/ab_03_2008_de.pdf [22.12.2012].

wrrl-info.de 2008: Steckbriefe zur WRRL-Umsetzung, Konservierende Bodenbearbeitung im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe, Stand: 05.2008. URL: http://www.wrrl-info.de/docs/wrrl_steckbrief_kons_bodenbearbeitung.pdf [28.12.2012].

Gesetze und Verordnungen

Düngeverordnung: (DüV) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen vom 10. Januar 2006 in der Fassung vom 24. Februar 2012.

EEG 2000: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) in der Fassung vom 29. März 2000.

EEG 2004: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) in der Fassung vom 21. Juli 2004.

EEG 2009: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) in der Fassung vom 25. Oktober 2008.

EEG 2012: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) in der Fassung vom 22. Dezember 2011.

ELER Verordnung: Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums vom 20. September 2005 in der Fassung vom 21. Dezember 2011.

Grundwasserverordnung: (GrwV) Verordnung zum Schutz des Grundwassers vom 9. November 2010 in der Fassung vom 11. August 2010.

NAU/BAU 2011: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für das Niedersächsische und Bremer Agrar-Umweltprogramm vom 1. Oktober 2011, erschienen im Niedersächsischen Ministerialblatt 41/2011 S.788-799.

Nitratrichtlinie: Richtlinie des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen vom 12. Dezember 1991 in der Fassung vom 21. November 2008.

Oberflächengewässerverordnung: (OGewV) Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom 20. Juli 2011 in der Fassung vom 20. Juli 2011.

Stromeinspeisungsgesetz: (StromEinspG) Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz von 7. Dezember 1990.

Schutzgebietsverordnung: (SchuVO) Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten vom 09. November 2009.

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe: (VAwS) vom 17. Dezember 1997 in der Fassung vom 24. Januar 2006.

Wasserhaushaltsgesetz: (WHG) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes vom 31. Juli 2009 in der Fassung vom 24. Februar 2012.

Wasserrahmenrichtlinie: (WRRL) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 23. Oktober 2000 in der Fassung vom 23. April 2009.