

Platzierung von Harnstoff-Ammoniumsulfat- Lösung bei Mais und Kartoffel am Oberrhein

Endbericht zum Projekt Nr. 2008-2

Neue Wege der Stickstoffdüngung bei Mais und Kartoffel –
mehr Effizienz für Landwirtschaft und Umwelt mit dem
CULTAN-Verfahren

Autoren:

Jürgen Maier, Karl Müller-Sämann, Thomas Hölscher,
Wolf-Anno Bischoff und Andreas Schwarz

Freiburg, 30. September 2011

gefördert durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz
der badenova AG & Co. KG



Projektdurchführung:

Projektleitung:



Jürgen Maier
Fachbereich Landwirtschaft
Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald
Europaplatz 3, 79206 Breisach
www.lkbh.de

Projektpartner:



Dr. Karl Müller-Sämann und Thomas Hölscher
Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften
Klarastraße 94, 79106 Freiburg i.Br.
www.anna-consult.de



Dr. Wolf-Anno Bischoff und Andreas Schwarz
Schellingstraße 43, 72622 Nürtingen
www.TerrAquat.com



Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg,
Neßlerstraße 23-31, 79098 Karlsruhe
www.itz-bw.de



Landhandel Ernst Kopf
Im Unteren Stollen 11, Bad Krozingen



Andreas Böbe, Domo Caproleuna
Am Haupttor, Bau 3101, 06234 Leuna

**Kooperierende
landwirtschaftliche Betriebe:**

Klaus Schitterer, Freiburg, Lohnunternehmer Mais
Johannes Wick, Biengen, Lohnunternehmer Kartoffel
Ottmar Grethler, Biengen, Kartoffel
Martin Hauß, Hartheim-Feldkirch, Kartoffel
Rolf Kaiser, Schallstadt, Mais
Wolfgang Kaiser, Schallstadt, Mais

Inhaltsverzeichnis:***Zusammenfassung***

1	<i>Einleitung und Zielsetzung</i>	1
2	<i>Material und Methoden</i>	3
2.1	Kurzbeschreibung des Projektgebiets	3
2.1.1	Naturraum südlicher Oberrhein	3
2.1.2	Situation der Landwirtschaft	5
2.2	Versuchsdurchführung	5
2.2.1	Versuchsanlage	5
2.2.2	Versuchsstandorte	10
2.2.3	Temperaturen und Niederschläge 2008-2010	11
2.2.4	Böden	12
2.2.5	Düngung und Düngungsverfahren	13
2.2.6	Produktionsverfahren Körnermais	13
2.2.7	Produktionsverfahren Kartoffel	14
2.2.8	Messungen und Beobachtungen	15
2.2.9	Auswertung und Statistik	21
3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	23
3.1	Mais in den Jahren 2008 bis 2010	23
3.1.1	N-Dynamik und Depotstabilität im Boden	23
3.1.2	Bestandesentwicklung und Erträge	29
3.1.3	Nitratauswaschung	32
3.1.4	Grundwasserrelevanz	36
3.1.5	N-Bilanz und Humusbilanz	37
3.1.6	Tastversuche mit reduzierter Düngung 2010	41
3.1.7	Düngerkosten im Vergleich	42
3.1.8	Gesamtbewertung CULTAN bei Mais	43
3.2	Kartoffel in den Jahren 2009 bis 2010	45
3.2.1	N-Dynamik im Boden	45
3.2.2	Bestandesentwicklung und Erträge	52
3.2.3	Nitratauswaschung	57
3.2.4	Grundwasserrelevanz	60

3.2.5	N-Bilanz und Humusbilanz	61
3.2.6	Tastversuche mit reduzierter Düngung 2010	62
3.2.7	Gesamtbewertung CULTAN bei Kartoffel.....	63
3.3	Methodenvergleich zur Abschätzung der Nitratauswaschung mit $N_{\min}$ versus SIA Messung.....	64
4	<i>Bewertung und Schlussfolgerungen.....</i>	69
5	<i>Ausblick und offene Fragen</i>	71
6	<i>Öffentlichkeitsarbeit.....</i>	73
7	<i>Literaturverzeichnis.....</i>	75
8	<i>Anlagen</i>	77
8.1	Sicherheitsdatenblatt Domamon L26	77
8.2	Klimadaten nach Stationen und Jahren	78
8.2.1	Mengen.....	78
8.2.2	Freiburg im Breisgau	79
8.3	Profilaufnahmen der Standorte	82
8.4	Ergebnisse der Bodenanalysen auf den Maisversuchsflächen.....	99
8.5	Ergebnisse der Bodenanalysen auf den Kartoffelversuchsflächen.....	100
8.6	Ergebnisse vegetationsbegleitender $N_{\min}$ -Messungen in Kartoffel (2009- 2010)	102
8.7	Ergebnisse vegetationsbegeitender $N_{\min}$ -Messungen in Mais (2008-2010).....	105
8.8	Tabellenanhang zu gemessenen Nitratauswaschungen mit SIA	110
8.9	Übersichtstabellen: Bewirtschaftung Maisparzellen 2008 bis 2010	121
8.10	Übersichtstabellen: Bewirtschaftung Kartoffelparzellen 2009-2010.....	124
8.11	Schema der $N_{\min}$ Untersuchungen in den Maisparzellen während der Vegetationszeit (Termine N2 und N3)	126
8.12	Phänologische Entwicklung der Maisbestände bei konventioneller Düngung und bei platzierter Depotdüngung mit Domamon L26 (2008-2010)	127
8.13	Phänologische Entwicklung von Kartoffelbeständen bei konventioneller Düngung und bei platzierter Depotdüngung mit Domamon L26	128
8.14	Unkrautbiomasse in Spritzfenstern der Maisparzellen bei unterschiedlichen Düngevarianten in den Zwischenreihen.....	128
8.15	Gesamtpflanzenbiomasse von Mais mit konventioneller und mit CULTAN Düngung.....	129

Verzeichnis der Abbildungen:

Abbildung 1: Naturräume des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald und der Stadt Freiburg	3
Abbildung 2: Verteilung der jährlichen Niederschlagsmengen am Beispiel der Wetterstation Mengen 2008 – 2010	4
Abbildung 3: Jahrestemperaturverlauf an der Wetterstation Mengen 2008 – 2010 (LTZ)	4
Abbildung 4: Injektionstechnik für Flüssigdünger bei Mais an der Sämaschine	6
Abbildung 5: Erschließung eines CULTAN-Depots zwischen zwei Maisreihen durch die Wurzeln gleichartig benachbarter Maispflanzen (Sommer, 2001).....	7
Abbildung 6: Schema zur Wirkung zunehmender Stickstoffversorgung in frühen Wachstumsstadien auf das Spross- und Wurzelwachstum von Getreidepflanzen	7
Abbildung 7: Injektionstechnik für Flüssigdünger bei Kartoffel an der Pflanzmaschine	8
Abbildung 8: Position des Flüssigdüngerdepots (blauer Stecker) unter der Kartoffelknolle.....	9
Abbildung 9: N _{min} -Beprobung in Cultan Parzellen bei Mais (roter Kreis markiert Lage der N-Depots)	17
Abbildung 10: Einbau der SIA.	19
Abbildung 11: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen zu drei Terminen der Vegetation im Mittel der 5 Orte und Jahre 2008-10.....	23
Abbildung 12: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen der 5 Orte im 6-Blattstadium im Mittel der Jahre 2008-10.....	24
Abbildung 13: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen der 5 Orte zur Blüte im Mittel der Jahre 2008-10	25
Abbildung 14: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen der 5 Orte nach der Ernte im Mittel der Jahre 2008-10	26
Abbildung 15: Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2008	27
Abbildung 16: Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2009	27
Abbildung 17: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2010.....	28
Abbildung 18: Nitratkonzentrationen am CULTAN-Depot in einem 2 D-Bodenprofil im 7-Blattstadium des Mais am Standort M 3 (05.06.2009);.....	29
Abbildung 19: Wurzelbildung am CULTAN-Depot (Pfeil) zwischen zwei Maisreihen am Standort M 5 (2009)	30
Abbildung 20: Kornerträge bei Mais an den fünf Orten (Mittel der Jahre 2008-10).....	32
Abbildung 21: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Maisstandorte.	33
Abbildung 22: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Maisstandorte.	35
Abbildung 23: Normierte jährliche Nitrat-N-Auswaschungen der Maisstandorte.....	35

Abbildung 24: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisstandorte (Mittelwert 2008 –2010).....	36
Abbildung 25: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisstandorte nach Ausgangsmaterial (Mittelwert 2008 –2010).....	37
Abbildung 26: Jährliche N-Bilanz für alle Schläge (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).	39
Abbildung 27: Jährliche N-Bilanz für alle Schläge, gruppiert nach Standorteigenschaften (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).	40
Abbildung 28: Tastversuch Mais am Standort M 3 im Jahr 2010	41
Abbildung 29:Tastversuch Mais am Standort M 5 im Jahr 2010	42
Abbildung 30: Mittlere Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung im Jahr 2009.....	45
Abbildung 31: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung; Mittelwert der 5 Orte im Jahr 2009	46
Abbildung 32: Nitrat- und Ammoniumgehalte nach Ernte im Mittel der 5 Orte im Jahr 2009.	47
Abbildung 33: Nitrat- und Ammoniumgehalte nach der Ernte der 5 Orte im Jahr 2009.....	48
Abbildung 34: Mittlere Nitratgehalte bzw. -konzentrationen auf Kartoffelflächen nach Folienentfernung im Jahr 2010.....	49
Abbildung 35: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung an 5 Orten in 2010	50
Abbildung 36: Nitratgehalte nach Ernte der Kartoffel im Mittel der 5 Orte im Jahr 2010.....	51
Abbildung 37: Nitratgehalte nach der Ernte auf den fünf Kartoffelflächen im Jahr 2010.....	52
Abbildung 38: Erträge und Knollenzahl der Kartoffel an 5 Orten 2009.....	53
Abbildung 39: Erträge und Knollenzahl der Kartoffel an 5 Orten 2010.....	55
Abbildung 40: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den einzelnen Schlägen der Kartoffelstandorte.*)	58
Abbildung 41: Gesamte Nitrat-N-Auswaschung aus den Schlägen der Kartoffelstandorte.*)	59
Abbildung 42: Normierte, mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Kartoffelstandorte. *).....	59
Abbildung 43: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Kartoffelstandorte (K1 bis – K5: 2009; K6 bis K10: 2010).	60
Abbildung 44: N-Bilanz für den Kartoffel-Schlag K1 im Jahr 2009 (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).....	62
Abbildung 45: Vergleich der hebstlichen $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen bei Mais.	65
Abbildung 46: Vergleich $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen bei Mais: *).....	65
Abbildung 47: Vergleich $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen (Mais).*).....	66

Verzeichnis der Tabellen:

Tabelle 1: Anbau auf Ackerland im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald in Hektar (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2007)	5
Tabelle 2: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Mais 2008 - 2010	10
Tabelle 3: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Kartoffel 2009.....	11
Tabelle 4: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Kartoffel 2010.....	11
Tabelle 5: Temperaturen und Niederschläge – Jahreswerte 2008-2010 *)	12
Tabelle 6: Produktionsverfahren Körnermais 2008 – 2010	14
Tabelle 7: Produktionsverfahren Kartoffel 2009	14
Tabelle 8: Produktionsverfahren Kartoffel 2010	15
Tabelle 9: Messzeiträume auf den einzelnen Standorten	20
Tabelle 10: Mittlere Sickerwassermenge der Versuchsstandorte (nach LUBW, 2007).....	22
Tabelle 11: Erträge und Kornqualität beim Mais im Mittel der 5 Orte (2008-2010)	31
Tabelle 12: Anteil der Düngerkosten ohne Ausbringung an den Stückkosten bei Mais	42
Tabelle 13: Anteil der Düngerkosten ohne Ausbringung an den Stückkosten bei Mais mit reduzierter CULTAN-Düngung (Tastversuch)	43
Tabelle 14: Ertragsaufbau und Sortierung der Kartoffel an 5 Orten 2009	54
Tabelle 15: Knollenqualität der Kartoffel an 5 Orten 2009	54
Tabelle 16: Ertragsaufbau und Sortierung der Kartoffel an 5 Orten 2010	56
Tabelle 17: Knollenqualität der Kartoffel an 5 Orten 2010	56
Tabelle 18: Kartoffelerträge mit reduzierter CULTAN-Düngung (2 Orte, Tastversuch 2010)	63
Tabelle 19: Mittlere Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)	110
Tabelle 20: Mittlere Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)	110
Tabelle 21: Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)	111
Tabelle 22: Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)	114

Abkürzungsverzeichnis

BSA	Bundessortenamt
CULTAN	Controlled Uptake of Long Term Ammonium Nutrition
LTZ	Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg
SIA	Selbst-Integrierende Akkumulatoren
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WBI	Weinbauinstitut Freiburg

Zusammenfassung

Stickstoffdünger spielen eine zentrale Rolle im intensiven Ackerbau, stellen gleichzeitig aber auch einen bedeutenden Kostenfaktor und ein potenzielles Risiko hinsichtlich Klima- und Gewässerschutz dar. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Stickstoffdüngereinsatzes bietet die Platzierung des Düngers in kleinräumigen Düngerdepots im Boden. In Versuchen mit Mais und Kartoffel wurde deshalb der Frage nachgegangen, wie sich ein streifenförmig als Depot in den Boden injizierter, flüssiger N-Dünger im Vergleich mit konventioneller, breitwürfiger Düngung auf Erträge, Qualitäten und Grundwasserbelastungen auswirkt.

Auf jeweils fünf Mais- und Kartoffelflächen mit praxisüblicher Bewirtschaftung durch projektbeteiligte Landwirte wurden die Düngeverfahren „CULTAN-Depotdüngung“ und „konventionelle Düngung“ über drei bzw. zwei Jahre miteinander verglichen.

Bei Mais konnten mit den streifenförmig in 15–18 cm Tiefe ausgebrachten N-Düngerdepots, die mit einem Abstand von 1,5 m in jeder zweiten Zwischenreihe in den Boden injiziert waren, zumindest gleich hohe Erträge erzielt werden, wie mit dem konventionellen Verfahren. Tastversuche lassen zudem vermuten, dass gleiche Erträge mit den CULTAN-Verfahren auch dann zu erzielen sind, wenn 20 % weniger N-Dünger ohne Unterfußdüngung ausgebracht werden. Bei Mais und bei Kartoffel wurden die Aufnahme anderer Grundnährstoffe und die Qualität des Erntegutes mit der N-Depotdüngung voll gewährleistet. Auch die Kartoffelerträge waren 2009 im Mittel zumindest gleichwertig, es kam aber zu sortenbedingten Abweichungen nach oben und unten. In 2010 waren die Erträge mit dem CULTAN-Verfahren tendenziell etwas höher.

Im Bezug auf den Grundwasserschutz konnte festgestellt werden, dass aufgrund von Mineralisierungsvorgängen die Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisflächen auf alluvialen Kiesen mit 155 mg/L deutlich über dem Trinkwassergrenzwert lag. Die Nitratkonzentration der Lössstandorte lag mit 21 mg/L unter dem Grenzwert. Im Maisanbau konnte die Nitratauswaschung mit dem CULTAN-Verfahren signifikant um 21 % gesenkt werden. Damit kann der Einsatz von CULTAN im Mais zu einer deutlichen Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser und damit zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität beitragen.

Im Kartoffelanbau wurde im CULTAN-Verfahren hingegen eine tendenziell höhere Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser festgestellt.

In beiden Kulturen kann eine Absenkung des Düngeniveaus auf 80 % vermutlich zu einer deutlichen Reduktion der Nitratauswaschung und damit zu einer Verbesserung der Trinkwasserqualität führen.

Vor allem bei Mais bietet die platzierte N-Depotdüngung damit aussichtsreiche Perspektiven, für einen großflächigen Einsatz in der Praxis fehlt es aber noch an serienreifer Injektionstechnik für flüssige und feste Dünger.

Auch bei Kartoffel bietet sich Potenzial zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz durch das CULTAN-Verfahren. Aus technischer und logistischer Sicht scheint hier aber eine Entkopplung von Pflanzung und Düngung angezeigt. Hinsichtlich möglicher Lachgasemissionen, der Lokalisation des Depots, der Düngerformulierung und der Entwicklung einer praxisreifen, großflächig einsetzbaren Injektionstechnik besteht noch Forschungs- und Handlungsbedarf.

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft gibt es mehrere Gründe, die Effizienz des eingesetzten Stickstoffdüngers zu erhöhen. Dazu zählen die Stagnation bzw. der Anstieg der Nitratgehalte im Boden und im Grundwasser im Projektgebiet des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald und der Stadt Freiburg, der ständige Kostenanstieg für mineralischen Stickstoffdünger, die zunehmende Sommertrockenheit aufgrund des Klimawandels, sowie die notwendige Reduktion der aus der Stickstoffdüngung stammenden Treibhausgasemissionen zum Schutz des Klimas. Eine wirkungsvolle Form der Effizienzsteigerung ist die Verringerung der Stickstoffverluste durch Stabilisierung des Düngers. Neben einer Stabilisierung von Stickstoffdüngern durch chemisch-synthetische Stabilisatoren kann dies auch durch eine Platzierung in Form eines Düngerdepots im Boden erreicht werden. Mit zunehmendem Ammoniumanteil im Stickstoffdünger nimmt die Stabilität solcher Depots zu.

Bei Verwendung von überwiegend ammoniumhaltigen Stickstoffdüngern spricht man dabei nach Professor Karl Sommer (Sommer, 2001) auch vom so genannten CULTAN-Verfahren (**C**ontrolled **L**ong **T**erm **A**mmonium **N**utrition). Verglichen mit einer oberflächlich breit gestreuten Stickstoffdüngung sind bei einer Platzierung von Düngerdepots mit ammoniumhaltigen Düngern im Boden unter anderem folgende Auswirkungen zu erwarten: Reduktion der Düngeraufwandmenge und Verringerung von Nährstoffverlusten, größere Flexibilität beim Düngungszeitpunkt und dadurch Möglichkeit der Kombination von Arbeitsgängen sowie Vorteile der Ammoniumernährung für die Pflanzengesundheit. Die Platzierung von Stickstoffdüngern, auch in Form des CULTAN-Verfahrens, eignet sich besonders für Kulturen mit weiten Reihenabständen und kann mit flüssigen oder festen Düngern praktiziert werden. Im Projektgebiet wird etwa die Hälfte der Ackerfläche für den Anbau der Reihenkulturen Mais und Kartoffeln genutzt. Beide Kulturen weisen nach der Ernte teilweise hohe Nitratreste im Boden auf, die bis über 100 Kilogramm Nitratstickstoff pro Hektar betragen können und welche in Verbindung mit Sickerwasser zu Grundwasserbelastungen führen können.

Ein wichtiges Ziel des Projektes bestand deshalb darin, ein für die Region neues Düngungsverfahren mit einem flüssig formulierten Stickstoffdünger technisch umzusetzen, unter Praxisbedingungen zu testen und zu evaluieren. Die Praktikabilität, Effizienz und Wirksamkeit des eingesetzten Verfahrens und die möglichen Auswirkungen auf die Grundwasserqualität standen im Vordergrund der Untersuchungen.

Aus agronomischer Sicht galt es, eine funktionierende Applikationstechnik zur Platzierung der Flüssigdüngerdepots im Boden zu entwickeln und die Ertragswirksamkeit mit der konventionellen Mineraldüngung, das heißt mit der oberflächlich breitwürfigen Ausbringung granulierter Dünger zu vergleichen. Gegenstand der Evaluierung des Verfahrens auf Praxis schlägen sollten zunächst die Untersuchungen zur technischen Machbarkeit und zur Qualität und Dynamik der angelegten Düngerdepots sein. Beobachtungen der Bestandesentwicklung, Ertragsmessungen und Qualitätsuntersuchungen am Erntegut wurden

durchgeführt, um die Wirksamkeit und Effizienz der platzierten Stickstoffdüngung bei Mais und Kartoffel zu untersuchen.

Außerdem sollten regelmäßige $N_{\min}$ -Beprobungen des Ackerbodens in den Anbaugassen mit den Düngerdepots und in den damit abwechselnden Anbaugassen, die ungedüngt waren, durchgeführt werden. Dies mit dem Ziel, das neue Verfahren im Vergleich mit der konventionellen Mineraldüngung hinsichtlich der Stickstoffdynamik zu charakterisieren und mögliche Auswirkungen auf die Nitratverlagerung in das Grundwasser quantitativ beschreiben zu können. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch ganzjährige, quantitative Messungen der Nitratverluste über das Sickerwasser mit SIA (Selbst-Integrierende Akkumulatoren, Bischoff, 2009) in 100 bzw. 60 cm Tiefe.

Die regelmäßig durchgeführten $N_{\min}$ -Untersuchungen des Ackerbodens an den Stellen der Düngedepots und in ungedüngten Anbaugassen dienten außerdem zur Verfolgung der Veränderungen in den Düngerdepots und ihrer Stabilität. Im Frühjahr dienten sie zur Bestimmung des schon im Boden vorhandenen, anrechenbaren Stickstoffs.

Die begleitenden Untersuchungen sollten es erlauben, das CULTAN-System und die konventionelle Düngung in Hinblick auf die Qualität der Grundwasserneubildung direkt zu vergleichen und zu bewerten. Darüber hinaus sollen die Messung zur N-Gesamtbilanzierung Verwendung finden und Rückschlüsse zur Humusbilanz möglich machen.

Da in der Praxis die möglichen Nitratausträge mit dem Sickerwasser über Winter anhand von Herbstbeprobungen mit der $N_{\min}$ -Methode abgeschätzt werden, erlaubt ein Vergleich der ermittelten $N_{\min}$ -Werte mit den gemessenen Nitratauswaschungen auch Aussagen zur Anwendbarkeit und Gültigkeit dieses Vorgehens.

Die Abbildungen 2 und 3 veranschaulichen die unterschiedlichen Niederschläge und Temperaturen der einzelnen Monate in den Versuchsjahren 2008-2010.

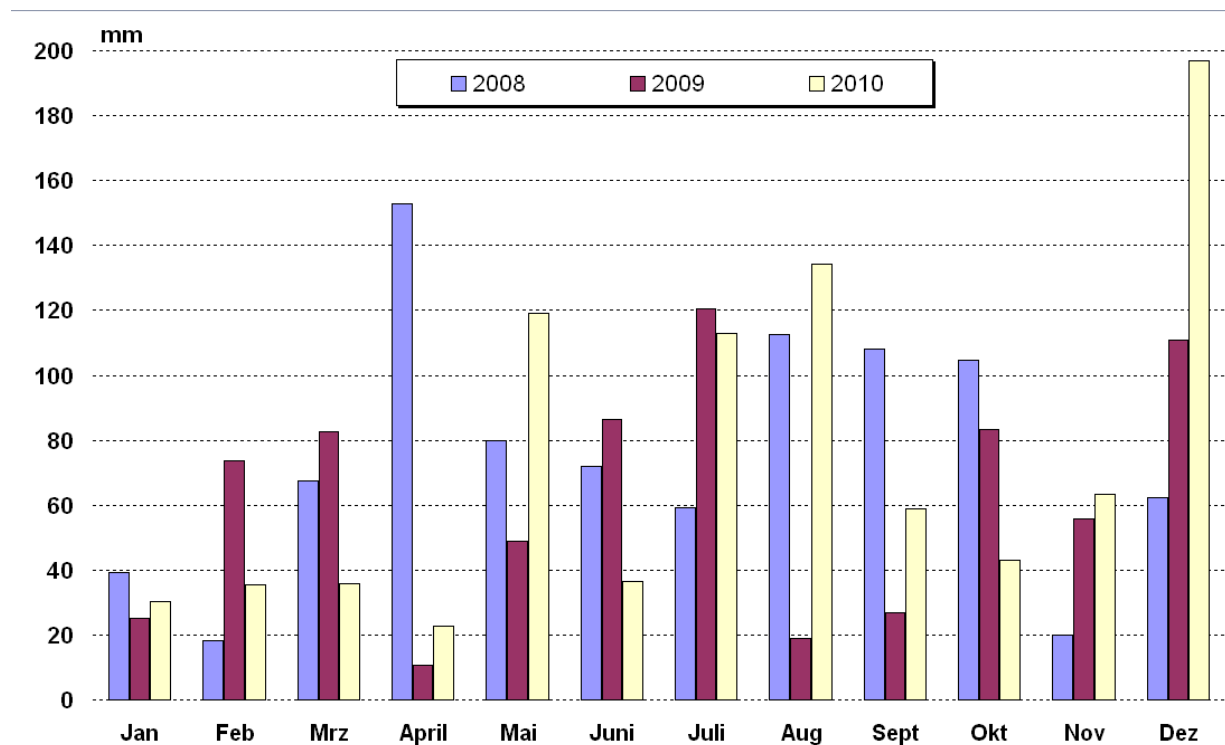


Abbildung 2: Verteilung der jährlichen Niederschlagsmengen am Beispiel der Wetterstation Mengen 2008 – 2010

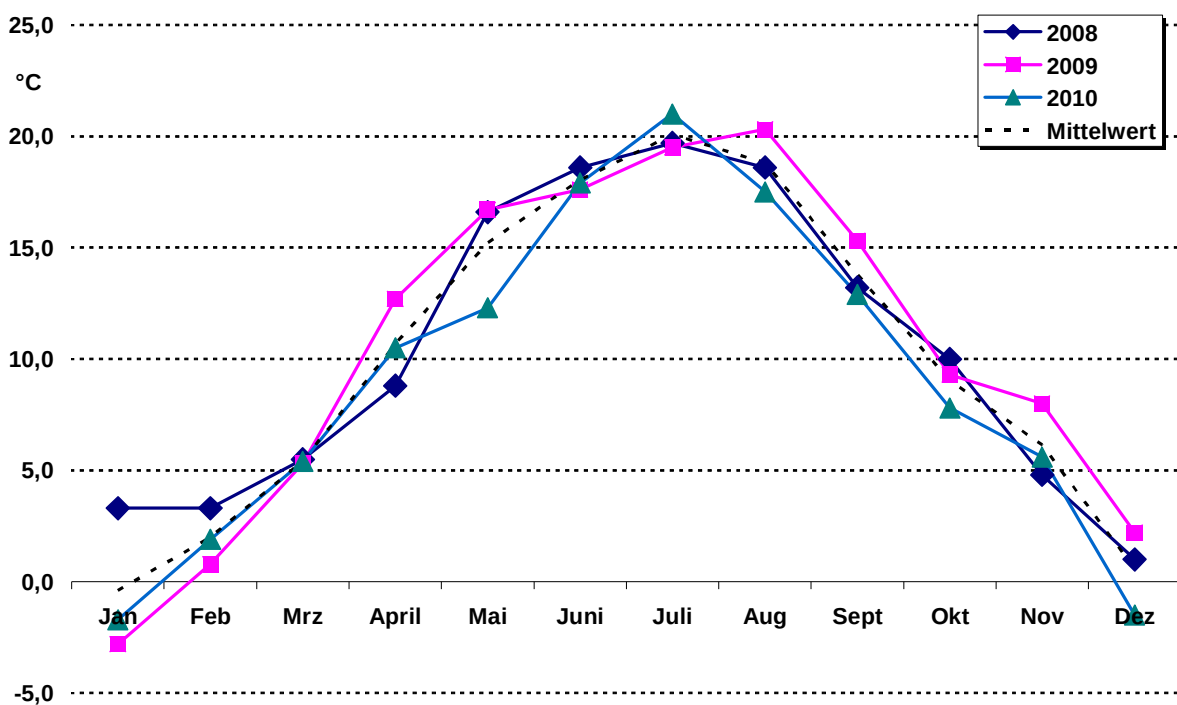


Abbildung 3: Jahrestemperaturverlauf an der Wetterstation Mengen 2008 – 2010 (LTZ)

Aufgrund der hohen jährlichen Wärmesummen eignet sich das Projektgebiet besonders für den Maisanbau sowie für andere wärmeliebende Dauerkulturen wie Spargel, Beerenobst und Reben. Besonders geeignet für den Maisanbau sind die tiefgründigen Lössstandorte mit hoher nutzbarer Wasserkapazität.

2.1.2 Situation der Landwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet wird die landwirtschaftliche Nutzfläche überwiegend als Acker und immer weniger als Grünland genutzt. Dabei dominiert der Maisanbau auf etwa 50 Prozent der Ackerfläche, was im Landkreis etwa 9.000 Hektar Anbaufläche entspricht (Tab. 1). Ungefähr ein Drittel der Maisanbaufläche wird ohne Fruchtwechsel mit anderen Kulturen genutzt. Der Kartoffelanbau spielt vom Flächenumfang her mit circa 600 Hektar eine geringere Rolle, hat aufgrund seiner teilweise höheren Nitratgehalte nach der Ernte jedoch einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Grundwasserqualität.

Tabelle 1: Anbau auf Ackerland im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald in Hektar (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2007)

Mais	Getreide	Kartoffeln	Sonstige	Gesamt (Hektar)
9.063	6.951	674	1.155	17.169

2.2 Versuchsdurchführung

2.2.1 Versuchsanlage

2.2.1.1 Hauptversuche

Für die Feldversuche wurden pro Kultur und Jahr fünf Versuchsorte unterschiedlicher Bodengüte im Projektgebiet ausgesucht. Bei Mais waren es - mit Ausnahme von Standort M 2, der wegen Wildschweinschäden im ersten Versuchsjahr gewechselt werden musste - Dauerstandorte ohne Fruchtwechsel von 2008 bis 2010. Bei Kartoffel konnten wegen relativ später Projektbewilligung nur 2009 und 2010 an jeweils fünf jährlich wechselnden Orten die Feldversuche durchgeführt werden. In jeder Kultur wurden pro Ort zwei Düngungsverfahren als Streifenversuch ohne Wiederholung getestet.

Bei **Mais** unterschieden sich die Versuchsvarianten (Behandlungen) nur durch die angewandten Stickstoffdüngungsverfahren. Alle anderen Behandlungsfaktoren wie Bodenbearbeitung (Pflug), Aussaattechnik und -termine, Sorten, Pflanzenschutz, Stickstoffdüngungshöhe (100 % N nach guter landwirtschaftlicher Praxis auf Basis von $N_{\min}$ -Untersuchungen vor der Saat) und Unterfußdüngung waren in allen Varianten exakt gleich (siehe nachfolgende Übersicht).

Versuchsvarianten Körnermaisbau:

Varianten	Düngerform	Formulierung	Düngungszeitpunkt	Technik
Konventionell	Harnstoff	fest	Saat bis 6-Blatt	breitwürfig Oberfläche
CULTAN	Domamon L26	flüssig	zur Saat	Injektion 15-18 cm tief 1,5 m Abstand (2x75 cm, bzw. jede zweite Reihengasse)

Die Injektionstechnik für Mais wurde in Eigenleistung des landwirtschaftlichen Lohnunternehmers in Abstimmung mit der Projektleitung hergestellt. Die Injektion der Düngertlösung wurde mit der Aussaat kombiniert (Abb. 4).



Abbildung 4: Injektionstechnik für Flüssigdünger bei Mais an der Sämaschine

In den CULTAN-Varianten bei Mais wurde das Stickstoffdepot in jeder zweiten Zwischenreihe platziert, weil

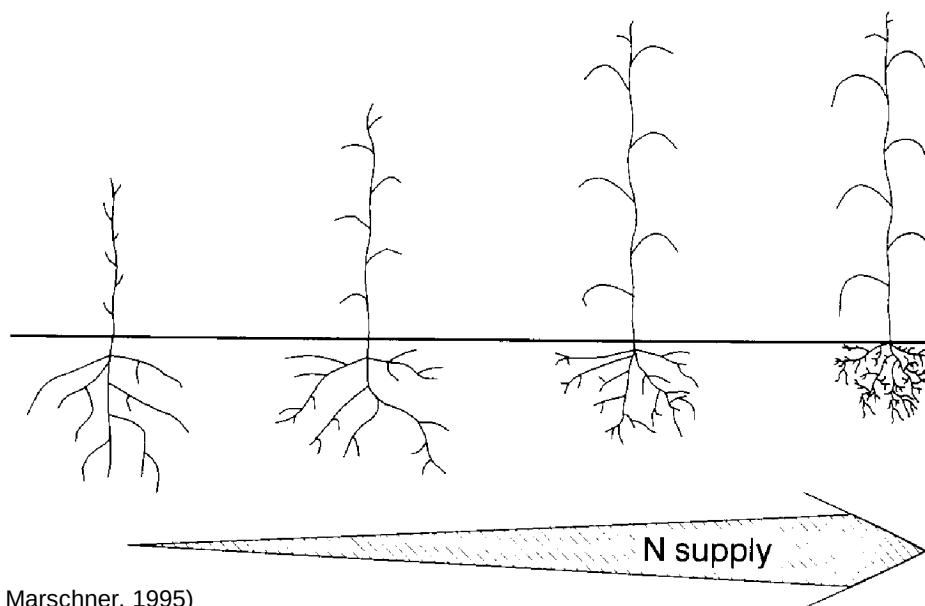
- die Platzierung zwischen zwei Maisreihen vom Entwickler des CULTAN-Verfahrens, Prof. K. Sommer, entsprechend vorgeschlagen wird (Sommer, 2001a),
- dieses Verfahren in den CULTAN-Versuchen der LTZ-Außenstelle Müllheim in den Jahren 2002 – 2006 erfolgreich getestet wurde,
- die Oberfläche der ausgebrachten Düngermenge dadurch auf ein Minimum reduziert und die Depots dadurch maximal stabilisiert werden,
- die Wurzelentwicklung des Maises durch ein niederes N-Angebot in einem frühen Stadium in Wurzelnähe maximal gefördert wird,
- durch die großräumig geringen Nitratkonzentrationen im Boden das C:N-Verhältnis geweitet und die biologische Aktivität strukturbildender Bodenfauna verbessert wird.

In Abbildung 5 ist veranschaulicht wie die von Prof. K. Sommer empfohlene kleinräumige Platzierung von CULTAN-Depots zwischen zwei Maisreihen in jeder zweiten Reihengasse von den Wurzeln der angrenzenden Maisreihen erschlossen wird (Sommer, 2001).



Abbildung 5: Erschließung eines CULTAN-Depots zwischen zwei Maisreihen durch die Wurzeln gleichartig benachbarter Maispflanzen (Sommer, 2001)

In Abbildung 6 wird dargestellt, wie mit abnehmendem Stickstoffangebot in Wurzelnähe in frühen Entwicklungsstadien die Wurzelentwicklung gefördert werden kann (Marschner, 1995).



(nach Marschner, 1995)

Abbildung 6: Schema zur Wirkung zunehmender Stickstoffversorgung in frühen Wachstumsstadien auf das Spross- und Wurzelwachstum von Getreidepflanzen

Die Außenstelle Müllheim des LTZ Augustenberg setzte in ihren CULTAN-Versuchen der Jahre 2002 bis 2006 die von Sommer beschriebene Platzierung in jeder zweiten Maiszwischenreihe ein (Maier, 2006). Da für die notwendige Injektionstiefe keine entsprechende Technik am Markt verfügbar war, wurde in den Versuchen eine Eigenkonstruktion eingesetzt, die die angestrebten Funktionen weitgehend erfüllte, die jedoch in Hinblick auf einen großflächigen Praxiseinsatz noch deutliche Defizite auswies.

Bei **Kartoffel** unterschieden sich die Behandlungen nur in Bezug auf das Stickstoffdüngungsverfahren in den Versuchsvarianten. Keine Unterschiede gab es bei der Bodenbearbeitung (Pflug), beim Pflanzenschutz und in der Stickstoffdüngungshöhe (100 % N nach guter landwirtschaftlicher Praxis auf Basis von N_{min} -Untersuchungen). In den einzelnen Jahren wurden die Versuchspartzen im Unterschied zu Mais allerdings verlegt, da bei Kartoffel ein Folgeanbau auf den gleichen Parzellen aus Fruchtfolgegründen nicht möglich war (Tab. 2 bis 4). Variationen zwischen den Wiederholungen ergaben sich auch bei den Pflanzterminen und bei den angebauten Sorten:

Varianten	Düngerform	Formulierung	Düngungszeitpunkt	Technik
Konventionell	Kalkammon-Salpeter	fest	vor Pflanzung	breitwürfig oberflächlich eingearbeitet (Kreiselegge)
CULTAN	Domamon L26	flüssig	bei Pflanzung	Injektion unter Knolle 75 cm Abstand

Die Injektionstechnik für Kartoffeln wurde in Eigenleistung des landwirtschaftlichen Lohnunternehmers in Abstimmung mit dem Projektteam hergestellt. Die Injektion der Düngelösung wurde mit der Pflanzung kombiniert (Abb. 7).



Abbildung 7: Injektionstechnik für Flüssigdünger bei Kartoffel an der Pflanzmaschine

Das Stickstoffdepot wurde bei Kartoffel in jeder Reihe platziert (s. Abb. 8), weil

- Kartoffel eine andere Wurzelmorphologie als der Mais aufweist,
- die Depots zwischen zwei Pflanzreihen durch Bearbeitungsgänge wie das Häufeln zerstört werden könnten,
- weil das Depot zwischen den Dämmen erhöhter Auswaschung ausgesetzt wäre
- dies in vergleichbaren Untersuchungen anderer Versuchsansteller in ähnlicher Weise beschrieben ist (Beck, 2010).

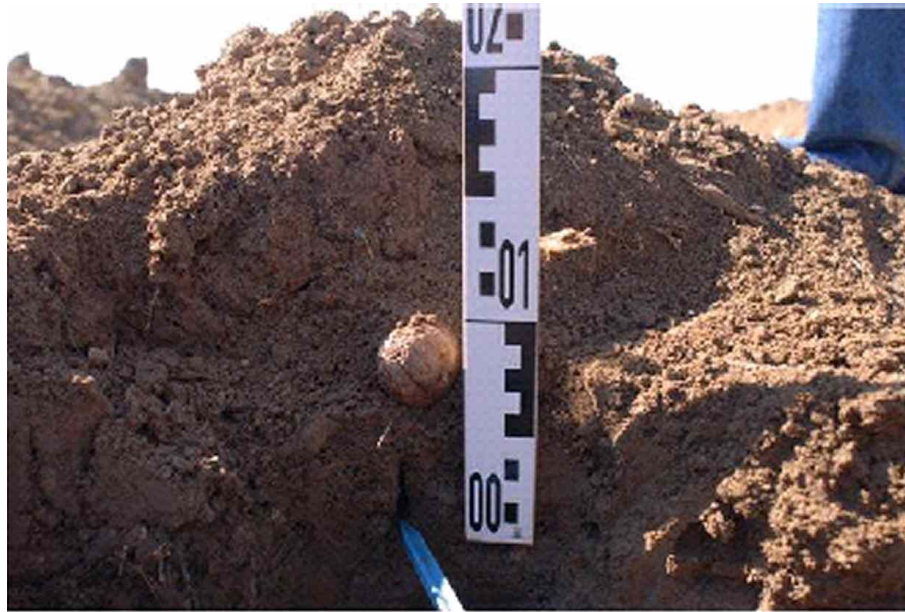


Abbildung 8: Position des Flüssigdüngerdepots (blauer Stecker) unter der Kartoffelknolle

Der bei allen CULTAN-Varianten eingesetzte Flüssigdünger „Domamon L26“ war eine Harnstoff-Ammonium-Sulfat-Lösung mit 20 % Stickstoff (14 % Harnstoff-N, 6 % Ammonium-N) und 6 % Schwefel (siehe auch Produktinformation in Anlage 8.1).

Alle Versuche mit Mais und Kartoffel wurden im Feldmaßstab angelegt und mit betriebsüblichen Maschinen bewirtschaftet und beerntet.

2.2.1.2 Tastversuche mit reduzierter Düngung in 2010

Da mit der oben genannten Versuchsanlage aus Kapazitätsgründen nicht alle für ein praxisgerechtes CULTAN-Verfahren relevanten Fragen geprüft werden konnten, wurden im letzten Versuchsjahr begleitende Tastversuche bei Mais und Kartoffel durchgeführt:

Kultur	N-Düngungshöhe	Unterfußdüngung	Ort
Mais	80 und 100 % N	mit und ohne	M 3, M 5
Kartoffel	80 und 100 % N	entfällt	K 2, K 4

Auch die Tastversuche wurden als Streifenversuche angelegt. Da aus Platzgründen Wiederholungen nicht möglich waren, konnten die Ergebnisse (Kornertrag/Knollenertrag) statistisch nicht verrechnet werden und erlauben nur Trendaussagen zum voraussichtlichen Verhalten.

2.2.2 Versuchsstandorte

Die insgesamt sechs Versuchsstandorte für **Mais** in den Jahre 2008 bis 2010 waren durch unterschiedliche Bodengüte gekennzeichnet. Diese bestimmt die Ertragsfähigkeit und beeinflusst die potenzielle Nitratauswaschungsgefahr. Die vorgefundene Ackerzahl reichte auf den leichteren und durchlässigeren Böden der Standorte M 1 und M 2 von Ackerzahl 47 bis 58, auf den drei Lössstandorten M 3 bis M 5 von Ackerzahl 71 bis 85 (Tabelle 2). Dies ist überwiegend auf die höheren Schluff- und niedrigeren Sandanteile zurückzuführen. Alle Versuchsstandorte lagen in einer Höhe zwischen 208 und 234 m ü.NN.

Tabelle 2: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Mais 2008 - 2010

Ort	M 1	M 2 (2008)	M 2 (ab 2009)	M 3	M 4	M 5
Boden-/Ackerzahl	52	47	58	71	85	83
Bodentyp	Vega (Flussskies)	Paternia	Parabraunerde	Haftpseudogley- Parabraunerde	Pseudogley- Parabraunerde	Parabraunerde
Bodenart (VDLUFA)	uL	sL	sL	uL	uL	uL
Ton <2 µm (%)	20	20	n.n.	18	25	22
Feinschluff 2-6 µm (%)	5	5	n.n.	3	3	3
Mittelschluff 6-20 µm (%)	12	15	n.n.	23	21	23
Grobschluff 20-63 µm (%)	20	21	n.n.	50	44	46
Feinsand 0,06-0,2 mm (%)	17	15	n.n.	5	4	4
Mittelsand 0,2-0,6 mm (%)	19	18	n.n.	2	1	2
Grobsand 0,6-2 mm (%)	7	6	n.n.	1	1	1
pH	6,3	5,5	6,2	7,5	7,5	7,5
Humus (%)	2,4	2,9	2,1	1,9	2,0	2,0
C ges (%)	1,4	1,6	1,2	1,1	1,1	1,1
N ges (%)	0,14	0,17	0,11	0,13	0,14	0,14
C : N = : 1,0	10,0	9,5	10,6	8,1	7,9	7,9

Die Versuchsstandorte bei **Kartoffel** wechselten von Jahr zu Jahr, so dass jährlich fünf Standorte für den Verfahrensvergleich ausgewählt und analysiert wurden. Im Jahr 2009 waren das zwei sehr gute Lössstandorte für die mittelfrühen Kartoffeln ohne Folien (K 1 und K 2), zwei mittlerer Standorte (K 3 und K 4) und ein flachgründiger, sandig-kiesiger Standort (K 5) mit geringer Wasserspeicherkapazität, erhöhtem Auswaschungsrisiko und geringerem Ertragsvermögen. Im Versuchsjahr 2010 lagen die Kartoffelstandorte mit Ausnahme des Standorts K 10 in den Ackerzahlen enger beieinander, sowohl auf Standort K 7 als auch kam es aufgrund physikalischer Strukturmängel nach Starkregen im Juli zu Problemen mit der Drainage (Tabelle 3 und Tabelle 4). Weitere Detailangaben zu den Versuchstandorten finden sich in den Anlagen 8.3 bis 8.5.

Tabelle 3: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Kartoffel 2009

Ort	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5
Boden-/Ackerzahl	91	92	79	72	42
Bodentyp	Parabraunerde aus Löss	Parabraunerde aus Löss	Braunerde aus alluvialem Lösslehm	Braunerde aus Lösslehm	Regosol aus reliktschem Gley
Bodenart (VDLUF)	Ul	uL	uL	sL	sL
Ton <2 µm (%)	23	24	20	19	20
Feinschluff 2-6 µm (%)	2	3	4	3	4
Mittelschluff 6-20 µm (%)	20	21	15	13	11
Grobschluff 20-63 µm (%)	50	48	33	33	22
Feinsand 0,06-0,2 mm (%)	4	3	13	15	27
Mittelsand 0,2-0,6 mm (%)	2	1	13	14	15
Grobsand 0,6-2 mm (%)	1	1	4	4	1
pH	6,8	6,2	6,7	6,5	6,7
Humus (%)	1,7	1,8	1,8	2,0	1,4
C ges (%)	0,9	1,0	1,0	1,1	0,8
N ges (%)	0,11	0,11	0,11	0,12	0,09
C : N = : 1,0	8,6	9,1	9,1	9,3	8,6

Tabelle 4: Bodeneigenschaften der Versuchsorte Kartoffel 2010

Ort	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
Boden-/Ackerzahl	88	81	74	67	38
Bodentyp	Parabraunerde	Pseudogley-Braunerde	Pseudogley	Pseudogley	Braunerde aus reliktscher Braunerde
Bodenart (VDLUF)	uL	uL	uL	uL	sL
pH	7,4	7,1	7,2	6,2	6,3
Humus (%)	2,1	1,9	2,0	4,5	1,7
C ges (%)	1,2	1,1	1,1	2,5	0,9
N ges (%)	0,13	0,12	0,12	0,28	0,11
C : N = : 1,0	9,0	8,8	9,3	8,9	8,6

2.2.3 Temperaturen und Niederschläge 2008-2010

Die drei Versuchsjahre unterschieden sich deutlich hinsichtlich der klimatischen Bedingungen, was entsprechend auch Einfluss hatte auf die jährlichen Erträge und die Stickstoffdynamik im Boden. Das Jahr 2008 wies die höchsten Jahresniederschläge und eine etwas überdurchschnittliche Jahresdurchschnittstemperatur auf, das zweite Versuchsjahr 2009 hatte die geringsten Niederschläge und die höchsten Temperaturen. Das letzte Versuchsjahr 2010 war durch ähnliche Gesamtniederschläge, einen kühlen Mai und einen überdurchschnittlich feuchten Herbst gekennzeichnet, was insgesamt die niedrigste Jahresdurchschnittstemperatur zur Folge hatte (siehe Übersicht zu Klimakennwerten in Tabelle 5).

Tabelle 5: Temperaturen und Niederschläge – Jahreswerte 2008-2010 *)

	2008	2009	2010	Mittelwert
	Mengen (LTZ Augustenberg)			
mm (Summe)	896	743	889	843
°C (Mittelwert)	10,3	10,4	9,1	9,9
	Hausen (badenova)			
mm (Summe)	863	757	759	793
°C (Mittelwert)	9,8	10,2	8,9	9,7
	Freiburg-St. Georgen (K. Schitterer)			
mm (Summe)	n.n.	687	703	695
	Freiburg-WBI (LTZ Augustenberg)			
mm (Summe)	1085	984	950	1006
°C (Mittelwert)	11,3	11,7	10,4	11,1

*) Die Jahresübersichten mit den detaillierten Monatswerten der Wetterstationen Mengen und Freiburg sind in Anlage 8.2 zusammen gestellt.

2.2.4 Böden

Die bodenanalytischen Kennwerte dieser Standorte und aller anderen Böden sind in Tabelle 2 bis Tabelle 4 und in den Anlagen 8.4 und 8.5 aufgeführt. Die Böden der unterschiedlichen Versuchsstandorte wiesen beabsichtigt einen beachtlichen Gradienten auf hinsichtlich der nutzbaren Wasserkapazität des durchwurzelbaren Bodenvolumens und in Bezug auf die Fähigkeit, Wasser und Nährstoffe zu speichern. Auch bezüglich der Bearbeitbarkeit unterschieden sie sich stark und deckten ein breites Spektrum ab, das von sandig kiesiger Textur bis hin zu plastisch verformbaren schluff- und tonreichen Lössböden reicht. Dies mit der Absicht, sowohl die angewandte Technik als auch das Nährstoff- und Emissionsverhalten unter repräsentativen und variablen Feldbedingungen evaluieren zu können.

Die Flächen M 1 und M 2 (alt) und M 2 (neu) lagen in einem Auenbereich, der erst seit den 1980er Jahren ackerbaulich genutzt wird. Im Zusammenhang mit Ausbau der Bundesstraße B3 westlich von St. Georgen wurde das Grundwasser so weit abgesenkt, dass Ackerbau erst ermöglicht wurde. Entsprechend ihrer Vorgeschichte als Auenböden liegt der Humusgehalt im Oberboden mit 2 bis 3 % noch deutlich über dem Gehalt, den gut durchlüftete Böden mit entsprechender Textur nach langer ackerbaulicher Nutzung in der Regel aufweisen. Auch der Unterboden ist aufgrund der Entstehung aus Sedimenten humos (Gehalte wurden nicht bestimmt). Bis zum Erreichen eines neuen Gleichgewichts kann auf diesen Böden noch von überdurchschnittlichen Mineralisationsraten ausgegangen werden.

2.2.5 Düngung und Düngungsverfahren

Für die Ausbringung der Stickstoffdüngung mit dem Flüssigdünger Domamon L26 (siehe Anlage 8.1) in der „CULTAN“-Düngungsvariante wurden die Schlepper mit einem Fronttank (Mais) bzw. einem Aufbau tank auf der Pflanzmaschine (Kartoffel) ausgerüstet, so dass die Düngung zeitgleich mit der Aussaat bzw. dem Pflanzen erfolgen konnte (Abbildung 4 und Abbildung 7). Für die genaue Dosierung der Düngermenge war neben Pumpe und Armaturen auch ein Bordrechner notwendig, der es erlaubte, die Flüssigkeitsmenge in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit genau zu dosieren. Die ausgebrachten Flüssigkeitsmengen pro Hektar entsprachen dabei, je nach ausgebrachter Düngermenge, zwischen ca. 400 l/ha bei 100 kg N/ha und ca. 600 l/ha bei 150 kg N/ha.

Die Ablage der Flüssigdüngerdepots erfolgte wie in Kapitel 2.1.1 bereits beschrieben bei Mais in etwa 15-18 cm Bodentiefe in jeder zweiten Zwischenreihe bzw. Reihengasse. Die Maispflanzen erschließen sich dabei die Depots durch aktives Heranwachsen der Wurzeln. Ergänzend dazu wurde bei Mais in allen Versuchsjahren und Behandlungsvarianten eine Unterfußdüngung mit 20 bzw. 36 kg N/ha durchgeführt. Im Jahr 2010 wurden in Tastversuchen auch Mais-Düngungsvarianten ohne Unterfußanwendung mitgeprüft (Kapitel 2.2.1.2).

Bei Kartoffel erfolgte die Stickstoffdüngung in der „CULTAN“-Variante aufgrund der bereits unter Kapitel 2.1.1 aufgeführten Gründe im Damm unter jeder Kartoffelreihe. Die Ablagetiefe betrug hier ca. 10-12 cm (vor dem Anhäufeln) und etwa 7-8 cm unter der ausgelegten Saatknohle. Zur Injektion kam wie bei Mais eine von den landwirtschaftlichen Lohnunternehmen gefertigte und mit dem Projektteam abgestimmte Technik zum Einsatz. Die Injektionsschare erfüllten dabei die grundlegenden funktionalen Anforderungen für die Versuchsanstellung, wiesen aber noch Mängel und Defizite hinsichtlich eines großflächigen Praxiseinsatzes auf. Insbesondere bei der Kartoffelpflanzung, wo auch noch Flüssigbeizmittel und viel Pflanzmaterial mitgeführt werden müssen, stellt das Verfahren mit der Flüssigdüngung zur Pflanzung hohe Anforderungen an Konstruktion und Logistik. Bei der Maissaat war das Verfahren einfacher durchzuführen, ein Verzicht auf eine zeitgleich durchgeführte Unterfußdüngung würde aber auch bei Mais zur einer Vereinfachung führen und die Akzeptanz verbessern.

In den konventionell gedüngten Varianten erfolgte die Stickstoffdüngung mit granulierten, breitwürfig ausgebrachten Düngern, die bei Kartoffel vor der Pflanzung als Kalkammonsalpeter ausgebracht und mit der Kreiselegge eingearbeitet wurden. Bei Mais erfolgte die Hauptanwendung der Stickstoffdüngung (nach verabreichter Unterfußdüngung zur Saat) mit Harnstoff, der 2008 etwa 2-3 Wochen nach der Saat im 3-Blatt-Stadium und 2009 sowie 2010 etwa drei bis vier Wochen nach der Saat im 5-6-Blatt-Stadium des Mais. Details zur Düngung und zu allen anderen Anbaumaßnahmen bei Mais und Kartoffel sind für die einzelnen Versuchsjahre in den Übersichtstabellen der Anlagen 8.7 und 8.8 aufgeführt.

2.2.6 Produktionsverfahren Körnermais

Die Anbaumaßnahmen für den Körnermais entsprachen auf den Praxisflächen – mit Ausnahme der im Kapitel 2.1.1 beschriebenen Versuchsvarianten bei der Düngung – der Pra-

xis und den Regeln des jeweiligen Betriebes. Bei Körnermais bedeutete dies, dass Bodenbearbeitung, Maissorte, Saattermin, Pflanzenschutz und Erntetermine an den fünf Orten in den einzelnen Jahren identisch waren. Die wichtigsten Angaben für die fünf Dauerstandorte sind Tabelle 6 zu entnehmen, die Details sind im Anlage 8.7 aufgeführt.

Tabelle 6: Produktionsverfahren Körnermais 2008 – 2010

Maßnahme	Jahr	Ort				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Vorfrucht	alle	Körnermais				
Bodenbearbeitung	alle	Grubber, Pflug Herbst (25 cm), Saatbettkombination				
Ausssaat	2008	09.05.				
	2009	24.04.				
	2010	27.04.				
Sorte	2008	PR38B85 (290)				
	2009	PR38A79 (280)				
	2010	PR37Y12 (ca. 290)				
N-Düngungshöhe 100 % *	2008	140	140	160	160	160
	2009	138	139	157	173	169
	2010	129	130	180	180	175
Pflanzenschutz	alle	Herbizid (NA)				
Ernte	2008	07.11.				
	2009	02.10.				
	2010	17.11.				

* kg N/ha nach DüngeVO auf Basis N_{min}-Messung inkl. 20 kg N/ha (2008) bzw. 39 kg N/ha (2009, 2010)
Unterfußdüngung mit DAP

2.2.7 Produktionsverfahren Kartoffel

Die 5 Versuchsflächen bei Kartoffel unterschieden sich im Gegensatz zu den 5 Maisorten in beiden Versuchsjahren, da Kartoffel nicht nach Kartoffel angebaut wird. Innerhalb der Versuchsjahre 2009 und 2010 gab es von Fläche zu Fläche Unterschiede bei der Sortenwahl, bei den ausgebrachten Berechnungsmengen und hinsichtlich der Pflanz- und Erntetermine. Die wichtigsten Angaben zur Bewirtschaftung der Kartoffelflächen sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 aufgeführt. Ausführliche Angaben finden sich in den Übersichtstabellen in Anlage 8.8.

Tabelle 7: Produktionsverfahren Kartoffel 2009

Maßnahme	Ort				
	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5
Bodenbearbeitung	Grubber, Pflug Herbst, Kreiselegge				
Pflanzung	02.04.	03.04.	17.03.	16.03.	14.03.
Sorte	Belana	Marabel	Lady Rosetta	Berber	Berber
Reifegruppe	spät	mittelfrüh	früh	früh	früh
Folie (Beregnung)	nein	nein	ja	ja	ja
N-Düngungshöhe 100 % *	99	98	153	145	145
Pflanzenschutz	Knollenbeize, Herbizid				
Ernte	18.09.	13.08.	22.06.	25.06.	24.06.

* kg N/ha nach DüngeVO auf Basis N_{min}-Messung

Tabelle 8. Produktionsverfahren Kartoffel 2010

Maßnahme	K 6	K 7	Ort K 8	K 9	K 10
Bodenbearbeitung	Grubber, Pflug Herbst, Kreiselegge				
Pflanzung	19.03.	08.04.	19.03.	08.04.	18.03.
Sorte	Lady Rosetta	Natascha	Anais	Belana	Annabelle
Reifegruppe	früh		früh		
Folie (Beregnung)	ja	ja	ja	ja	ja
N-Düngungshöhe 100 % *	150	81	130	96	160
Pflanzenschutz	Knollenbeize, Herbizid				
Ernte	21.06.	21.09.	17.06.	15.09.	28.06.

* kg N/ha nach DüngeVO auf Basis N_{min} -Messung

2.2.8 Messungen und Beobachtungen

2.2.8.1 Mais

Beginnend mit der Erfassung der Daten zum Auflaufen der Kulturpflanzen wurde in allen Jahren und Parzellen die phänologische Entwicklung der Pflanzenbestände während der Vegetationszeit dokumentiert. Dabei kam die BBCH Skala nach den Richtlinien des Bundessortenamtes zur Anwendung (Hack et al. 1992). Auftretende Krankheiten und Schädlinge wurden in Anlehnung an die Boniturschemata des Bundessortenamtes mit einem Boniturschlüssel von 1 (fehlend oder nicht vorhanden) bis 9 (sehr stark oder abgestorben) unter Berücksichtigung der Befallsprozente von Pflanzen und Pflanzenteilen bonitiert (BSA, 2000).

Die Bestandesdichten (Maispflanzen/ha) wurden durch Auszählen von 5*2,5 m Reihengänge in diagonaler Linie ermittelt und dann von 9,375 m² auf Anzahl Pflanzen/ha umgerechnet.

Für die Bewertung einer unkrautmindernden Wirkung (Stickstoff wurde in der CULTAN-Variante nur alle 1,5 m als Streifen- oder Schnurdepot in 15 cm Tiefe abgelegt) wurden 2009 und 2010 Spritzfenster über vier Reihen (drei Gassen) * 5 m Länge (15 m²) angelegt. Bei der Biomassebeprobung wurden zentral zwei Gassen mit 2 m Länge und je 0,75 m Breite ausgewertet (Reihen mit bzw. ohne Injektion oder breit gedüngt).

Zur Bestimmung der Gesamtpflanzenenerträge zum Zeitpunkt der Siloreife wurden jeweils 20 Pflanzen/Parzelle entnommen (4*5 Pflanzen diagonal über die gesamten Parzellen). Sie wurden sofort nach dem Schnitt gewogen und anhand von zehn zufällig ausgewählten Pflanzen auf ihren Trockenmassegehalt analysiert. Dazu wurden die Teilproben erneut eingewogen, gehäckselt und repräsentative Analyseproben eingewogen und bei 100°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Für das Jahr 2009 konnten wegen eines technischen Fehlers nur die Frischmasseerträge der Gesamtpflanzen ermittelt werden.

Der Körnermaisertrag wurde mittels GPS-Mähdrescher ermittelt. Für Qualitätsuntersuchungen wurde aus dem Erntegut jeder Düngungsvariante und jeden Ortes während des Druschs jeweils eine repräsentative Mischprobe aus dem Erntestrom entnommen. Die Qualitätsuntersuchungen des Ernteguts wurden von der LTZ Augustenberg nach den Standards der VDLUFA durchgeführt. Auf Parzelle M 208 konnte der repräsentative Maisertrag in 2008 nicht mittels GPS-Drusch ermittelt werden, weil erhebliche Wildschweinschäden auftraten. Hier wurde der Kornertrag anhand einer Handbeprobung von 6*2 m Maisreihen diagonal über das Feld verteilt abgeschätzt (in Bezug auf die Nährstoffabfuhr waren die Erträge deutlich geringer, da schon viele Maispflanzen (ab dem Milchreife-Stadium) lagerten und auch bei der Ernte nicht vom Mähdrescher erfasst wurden).

Die Bodenproben für die Grunduntersuchungen wurden jährlich als eine Mischprobe pro Ort im Winter in 0 bis 25 cm Bodentiefe gezogen und wie alle Bodenproben bei der LTZ Augustenberg nach den Standardmethoden der VDLUFA analysiert.

2.2.8.2 Kartoffel

Beginnend mit dem Auflaufen der Kartoffel wurde in allen Parzellen die phänologische Entwicklung der Pflanzenbestände während der Vegetationszeit dokumentiert. Dabei kam die BBCH Skala nach den Richtlinien des Bundessortenamtes zur Anwendung (Hack et al. 1992). Auftretende Krankheiten und Schädlinge wurden in Anlehnung an die Boniturschemata des Bundessortenamtes mit einem Boniturschlüssel von 1 (fehlend oder nicht vorhanden) bis 9 (sehr stark oder abgestorben) unter Berücksichtigung der Befallsprozentage von Pflanzen und Pflanzenteilen bonitiert (BSA, 2000).

Zur Evaluierung der Bestandesdichten wurden 4*5 laufende Meter in diagonalen Feldlinie ausgezählt (3,75 m²) und auf Pflanzdichte pro Hektar umgerechnet.

Der Knollenertrag wurde bei Kartoffel dadurch bestimmt, dass die mit dem Vollernter geernteten Versuchspartzen ausgewogen wurden. Zur Bestimmung des Ertragsparameters Knollen/Pflanze, der Sortiergrößen und zur ersten Abschätzung der Ertragsmenge und –struktur wurden vor der Ernte auf allen Teilparzellen Proberodungen durchgeführt. Dazu wurden je 5 * 2 Pflanzen aus den zentralen Erntereihen, diagonal versetzt über die ganze Feldlänge geerntet und ausgewertet (nur ungestörte Reihen ohne Fahrspuren bzw. Beregnungsrohre).

Von den maschinell geernteten Proben wurden repräsentative Teilproben abgetrennt und zur Untersuchung weiterer Qualitätsmerkmale verwendet. Anhand von 15 Knollen mittlerer Größe wurde die sensorische Prüfung der Kartoffeln in Anhängigkeit von den Düngungsvarianten durch die LTZ-Außenstelle Donaueschingen geprüft. 1,5 kg der handelsüblichen Größen wurden für die Trockenmasse-, Stärke- und Nährstoffanalysen an das LTZ Augustenberg verschickt und dort nach Standardmethoden der VDLUFA analysiert. 25 kg Proben wurden dem Landhandel zur Beurteilung nach handelsrelevanten Qualitätsmerkmalen zur Verfügung gestellt.

2.2.8.3 N_{min} -Beprobungen

Die N_{min} -Bodenproben 0-90 cm bei **Mais** wurden in den CULTAN-Parzellen als Mischproben und als repräsentative Positionsproben gezogen (siehe Abbildung 9 und Beprobungsplan in Anlage 8.9), wobei wie folgt vorgegangen wurde:

- vor der Aussaat als eine Mischprobe pro Düngungsvariante und Ort gezogen.
- im 6-Blatt, bei der Blüte und nach der Ernte bei den CULTAN-Düngungsvarianten
 - a) in der Injektionsreihe (C 1)
 - b) in der Maisreihe (C 2)
 - c) in der ungedüngten Maiszwischenreihe (C 3)
- und Mischprobe konventionell
- vor Winter zum SchALVO-Termin als Mischprobe pro Düngungsvariante und Ort

In den konventionell gedüngten Parzellen immer jeweils eine Mischprobe pro Parzelle und Termin gezogen. Die Proben wurden unmittelbar nach den Probenahmen in Kühlboxen überführt und danach in Kühltruhen bis zur Analyse frostgelagert.

In der nachfolgenden Abbildung ist ein Schema zu den N_{min} -Bodenprobenahmen in den „Cultan“-Parzellen im Querprofil wiedergegeben (Mischprobe à 8 Einstiche 0-90 cm in 3 Schichten). Die differenzierte Beprobung vor Beginn des Hauptwachstums und nach der Blüte wurde gewählt, um die Stickstoffdynamik im Boden und im Depot darstellen zu können. In 0-30 cm wurde jeweils Nitrat und Ammonium bestimmt, in den Bodenschichten von unter 30 cm bis 90 cm wurde nur Nitrat analysiert.

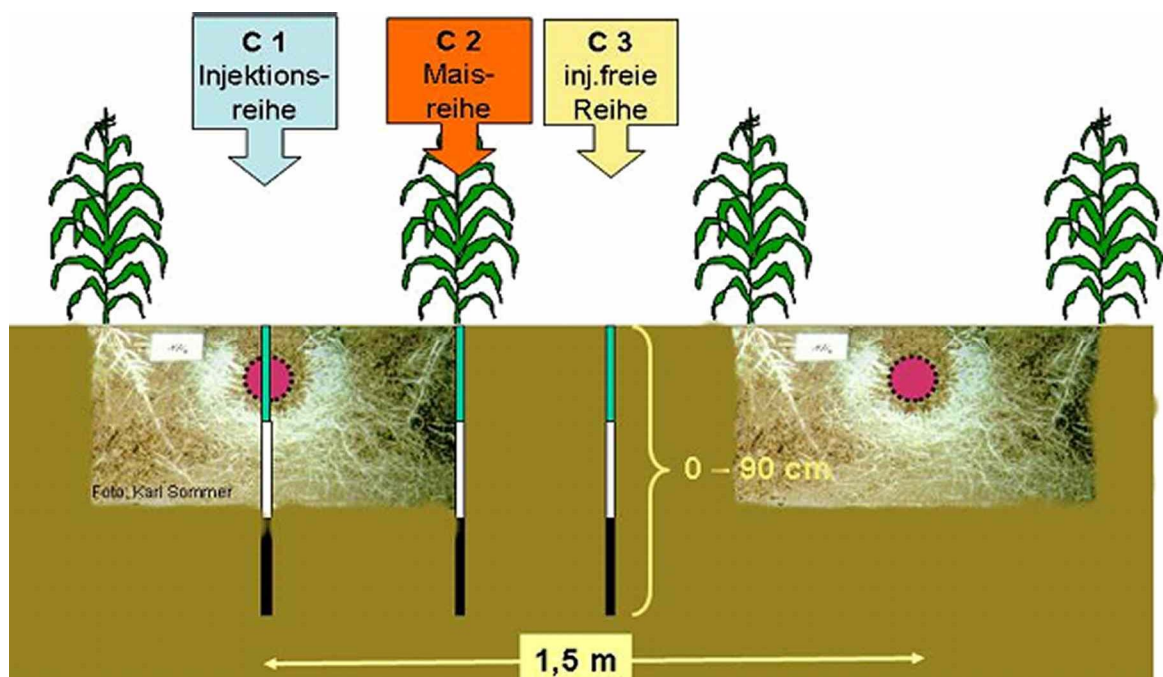


Abbildung 9: N_{min} -Beprobung in Cultan Parzellen bei Mais (roter Kreis markiert Lage der N-Depots)

Im Jahr 2009 wurde am Standort M 3 im 7-Blattstadium des Mais eine Detailbeprobung im Raster 5 x 5 cm um das CULTAN-Depot durchgeführt, um die räumliche Diffusion des Nitrats am Depot abbilden zu können. Dafür wurden quer zum Verlauf des Injektionsstreifens 5 Bodenproben bis 25 cm Tiefe mit dem Depot im Zentrum gezogen (25 Zellen von 5*5 cm).

Die $N_{\min}$ -Beprobung 0-90 cm bei **Kartoffel** wurde in jeder Düngungsvariante

- vor der Pflanzung als eine Mischprobe aus 8 Einstichen pro Parzelle pro Düngungs-Variante pro Ort,
- nach Entfernen der Folie in jeder Düngungsvariante im Damm (C1) und im Tal (C3),
- nach der Ernte erneut als eine Mischprobe pro Düngungs-Variante pro Ort

gezogen.

Dabei wurde entsprechend dem Vorgehen bei Mais (siehe Anlage 8.11) die Beprobungen entlang einer Diagonalen über die ganze Parzellenlänge entnommen.

Anmerkung: Analog zum Vorgehen bei homogen und breitwürfig ausgebrachter Düngung, wird bei den differenzierten Beprobungen einer Düngungsvariante (Einstiche in das Depot oder Einstich in die ungedüngte Zwischenreihe) das Ergebnis in den Laborberichten und in den Grafiken als kg NO_3-N je Hektar angegeben. Dies ist bei Verfahren mit platzierter Düngung allerdings nicht korrekt, denn die ermittelten Nitratkonzentrationen beschreiben hier lediglich die Stickstoffkonzentration am Ort der Probenahme. Die gemessenen Nitratkonzentrationen können deshalb nicht in gleicher Weise auf die Gesamtfläche übertragen werden. Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

Von allen Mais und Kartoffelparzellen wurde zusätzlich jährlich im Winter eine Mischprobe aus dem Profil 0-25 cm für die Untersuchung auf Grundnährstoffe, pH und Humusgehalt entnommen.

2.2.8.4 Nitratauswaschung

Zur Messung der flächenbezogenen Nitratauswaschung wurden SIA (Selbst-Integrierende Akkumulatoren, Bischoff, 2009) in 100 cm Tiefe unter Mais bzw. in 60 cm Tiefe unter Kartoffel eingebaut. Damit befanden sie sich unterhalb des Hauptwurzelsraumes. Die Installation erfolgte von einer Grube aus seitlich unter den ungestörten Boden (Abbildung 10). Nach dem Einbau wurden die Gruben verfüllt, so dass keine Einschränkungen für die reguläre Bewirtschaftung bestanden. Die SIA verblieben in der Regel ein halbes Jahr im Boden, entzogen während dieser Zeit dem Sickerwasser das Nitrat und adsorbierten es. Durch Rücktausch des adsorbierten Nitrats nach dem Ausbau der SIA wurde die flächenbezogene Nitratauswaschung als Gesamtfracht in kg N/ha berechnet.



Abbildung 10: Einbau der SIA.

Um die standörtliche Heterogenitäten erfassen zu können, wurden die SIA in jeder Variante in zehnfacher Wiederholung eingebaut. Dabei wurden je Variante drei Profile mit je drei bis vier SIA angelegt.

Im Mais wurden die SIA jeweils vor der Saat (Ende März/Anfang April) und nach der Ernte (Ende Oktober/Anfang November) getauscht (Tabelle 9). Es wurde angestrebt, den Wechsel auf allen fünf Flächen gleichzeitig vorzunehmen. Im Oktober 2009 musste der SIA-Wechsel auf M 5 witterungsbedingt gegenüber den anderen Flächen um eine Woche verschoben werden.

Da in gut durchlüfteten Böden im Unterboden nicht mit nennenswerten Ammoniumfrachten zu rechnen ist, wurde zur Bestimmung der N-Austräge lediglich die Nitratauswaschung bestimmt.

Tabelle 9: Messzeiträume auf den einzelnen Standorten

Standort	Sommer 08	Winter 08/09	Sommer 09	Winter 09/10	Sommer 10	Winter 10/11
M1 – M4	14.04.08 – 10.11.08	10.11.08 – 05.04.09	05.04.09 – 20.10.09	20.10.09 – 23.03.10	23.03.10 – 18.11.10	18.11.10 – 07.03.11
M5	14.04.08 – 10.11.08	10.11.08 – 05.04.09	05.04.09 – 28.10.09	28.10.09 – 23.03.10	23.03.10 – 18.11.10	18.11.10 – 07.03.11
K1 – K3			16.03.09 – 21.10.09	21.10.09 – 09.03.10		
K4 – K5			16.03.09 – 06.08.09	06.08.09 – 09.03.10		
K6					25.11.09 – 23.11.10	23.11.10 – 07.03.11
K7, K8, K10					25.11.09 – 27.10.10	27.10.10 – 07.03.11
K9					25.11.09 – 17.09.10	17.09.10 – 07.03.11

Auf den Kartoffelschlägen fand der Einbau vor dem Legen der Frühkartoffeln statt. Auf den fünf Schlägen desselben Jahres begann und endete die Messung immer gleichzeitig. Für die Flächen K1 – K5 war dies im März 2009 der Fall. Um Verzögerungen durch die Installation der SIA beim Pflanzen zu vermeiden, wurden sie auf den Flächen K6 bis K10 bereits Ende November 2009 eingebaut (Tabelle 9). Der Termin des SIA-Wechsels im Sommer orientierte sich immer an der Folgefrucht, die nach den Kartoffeln angebaut wurde. Damit konnten Schäden an der Kultur vermieden werden. Es ergaben sich jedoch unterschiedliche Termine für den Wechsel im Sommer/Herbst.

2.2.8.5 Berechnung der mittleren Nitratbelastung bei Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung wurde aus den Daten des Wasser- und Bodenatlas Baden Württemberg (LUBW, 2007) entnommen. Für die alluvialen, kiesigen Standorte ist eine Nettosickerung von 300-350 mm/a, für die Lössstandorte 100-150 mm/a angegeben. Der relative Unterschied ist durch die unterschiedliche Wasserspeicherefähigkeit der Böden begründet.

Aus den Flächenausträgen von Nitrat-N und den durchschnittlichen Versickerungsmengen lässt sich die Konzentration von Nitrat im Sickerwasser berechnen. Dabei wird angenommen, dass zwar nicht im Einzeljahr der Messung, aber doch im Mittel der Jahre die Nettosickerung korrekt geschätzt ist, weil durch die unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Boden Dispersionseffekte für eine Durchmischung der Wässer verschiedener Jahrgänge und damit eine Mittelung verschieden feuchter und nitratreicher Jahre sorgen.

2.2.9 Auswertung und Statistik

2.2.9.1 Agronomischer Teil

Die Ergebnisse der einzelnen Orte und Jahre wurden statistisch nicht verrechnet, da es sich um Einzelwerte ohne echte Wiederholungen handelte. Die pro Kultur und Jahr jeweils auf fünf Standorten angestellten Düngungsvergleiche wurden als Wiederholungen betrachtet, um Unterschiede bei den Düngungsverfahren statistisch bewerten zu können. Für die statistische Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p=0,05$) durchgeführt.

2.2.9.2 Nitratauswaschung

Da die Wasser- und Stoffflüsse im Boden sehr heterogen sind, wurden die SIA zur Erfassung der Nitratausträge je Variante in zehn Wiederholungen eingebaut. Es wurden jeweils der Mittelwert und der Standardfehler berechnet. Einzelne Extremwerte, deren Wert um mehr als das Zweifache der Standardabweichung vom Mittelwert abwich, wurden als Ausreißer behandelt und nicht in die weitere Auswertung einbezogen. Für einige Fragestellungen war es sinnvoll, weitere Berechnungen mit der Summe zweier Messperioden durchzuführen. Hierzu wurden die beiden Messwerte der SIA an derselben Position addiert. In der weiteren Auswertung wurde diese Summe wie ein Messwert behandelt.

Werden die jährlichen Nitratauswaschungen gemittelt, führt dies implizit zu einer Gewichtung der Standorte: Die Informationen von Standorten mit einem hohen Austragsniveau (z.B. M 1, M 2) werden stark gewichtet, die Informationen von Standorten mit einem niedrigen Austragsniveau (z.B. M 3 – M 5) gehen hingegen kaum ein. Durch eine Normierung werden die Messwerte aller Standorte gleich gewichtet. Hierzu wurde für jeden Standort und jede Messperiode der mittlere Austrag der beiden Behandlungsvarianten bestimmt. Jeder einzelne Messwert wurde durch diesen Mittelwert dividiert. Der Standortsmittelwert beträgt nun 100 %, für jedes SIA kann die Abweichung von diesem mittleren Wert angegeben werden, unabhängig vom Gesamtniveau.

Die beiden Varianten desselben Schlages (bzw. derselben Gesamtheit von Schlägen) und desselben Messzeitraumes wurden mit einem t-Test (Levene's Test) auf Signifikanz ($p < 0,05$) untersucht.

N-Bilanzen wurden durch Differenzenbildung berechnet, wobei als Input-Größe die Düngung, als Output-Größen der N-Entzug mit dem Erntegut und die Auswaschung mit dem Sickerwasser herangezogen wurden. Atmosphärische Deposition und Denitrifikation gleichen sich im Untersuchungsgebiet aus (LTZ, 2009a und 2009b) und wurden daher vernachlässigt. Mit einer solchen Bilanz kann auf Veränderungen der im Boden gespeicherten N-Vorräte geschlossen werden.

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser wurde berechnet, indem die mittleren jährlichen Nitratfrachten durch die mittlere jährliche Sickerwassermenge nach dem Wasser- und Boden-Atlas Baden-Württemberg (LUBW, 2007, Tabelle 10) dividiert wurde.

Tabelle 10: Mittlere Sickerwassermenge der Versuchsstandorte (nach LUBW, 2007)

Standort	Mittlere Sickerwassermenge [mm]
M5	125
M3, M4	175
K1, K3, K4, K6 – K10	225
K2, K5	275
M1, M2	325

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Mais in den Jahren 2008 bis 2010

3.1.1 N-Dynamik und Depotstabilität im Boden

Die Abbildung 11 zeigt die Boden-Nitratgehalte bei Mais in der konventionellen Düngungsvariante (links) und in den Positionen „Injektionsreihe“, „Maisreihe“ und „injektionsfreie Zwischenreihe“ in den CULTAN-Düngungsvarianten zu den Terminen „6-Blatt-Stadium“, „Blüte“ und „Ernte“. Die Angaben stellen den Mittelwert aus fünf Standorten und drei Versuchsjahren 2008 bis 2010 dar.

Dabei wurde deutlich, dass die Nitratkonzentration im CULTAN-Depot bei allen drei Terminen höher war, als zwischen den Maispflanzen in der Reihe und in der ungedüngten Zwischenreihe der CULTAN-Variante. Die Nitratkonzentrationen in den Reihen und in den ungedüngten Zwischenreihen lagen wiederum deutlich unter dem Nitratgehalt der konventionellen Düngung. Obwohl kein Nitratstickstoff ins CULTAN-Depot platziert wurde, sind die Nitratkonzentrationen bereits im 6-Blattstadium in der obersten Bodenschicht recht hoch. Auch bei der Beprobung nach der Ernte lagen die Nitratkonzentrationen im CULTAN-Depot noch über den Werten aller anderen Proben.

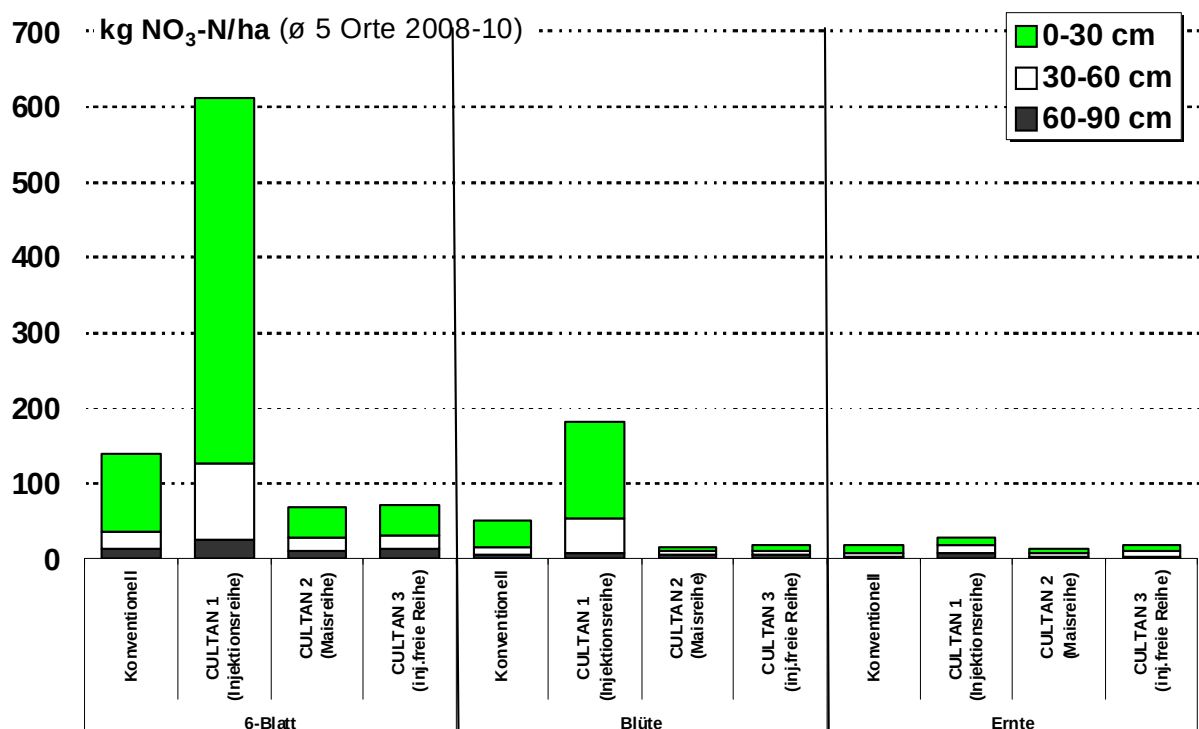


Abbildung 11: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen zu drei Terminen der Vegetation im Mittel der 5 Orte und Jahre 2008-10

Die Nitratgehalte und –konzentrationen im 6-Blattstadium, d.h. ca. 6 Wochen nach der Domamon-CULTAN-Düngung bzw. ca. 3 Wochen nach der Harnstoff-Düngung des Mais, sind als Mittelwert aller drei Versuchsjahre in der nachfolgenden Abbildung zusammengestellt. Ein Vergleich der Nitratwerte in der oberen Bodenschicht von 0-30 cm zeigt deutlich, dass sowohl in der konventionellen Variante, als auch in der CULTAN Injektionsreihe (Position C 1) ein Großteil des applizierten Harnstoffes bereits in Nitrat umgewandelt worden war. Die beiden leichten Standorte M 1 und M 2 wiesen niedrigere NO_3 -Konzentrationen auf, auch weil sie schwächer gedüngt wurden.

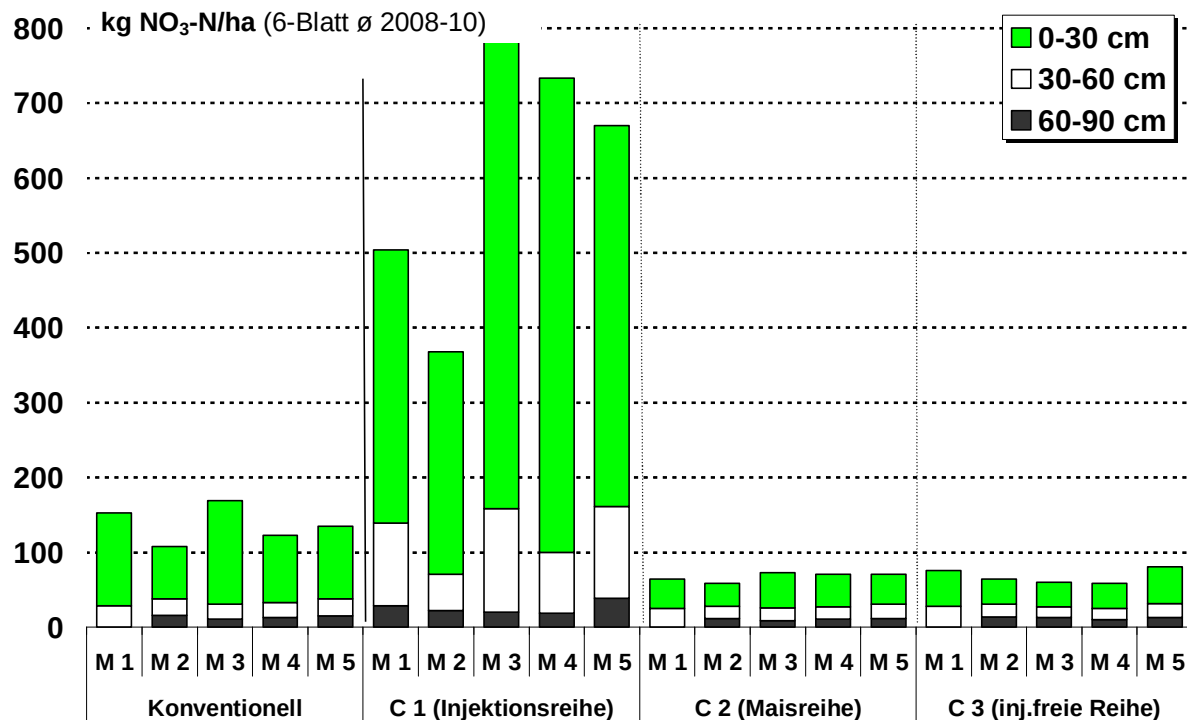


Abbildung 12: Nitratgehalte bzw. –konzentrationen der 5 Orte im 6-Blattstadium im Mittel der Jahre 2008-10

Mit der Blüte ist die Stickstoffaufnahme des Maises überwiegend abgeschlossen und bis zur Ernte besteht nur noch ein geringer Stickstoffbedarf. Die Nitratgehalte in den konventionell gedüngten Parzellen lagen im Mittel der drei Jahre im Bereich von 50 kg NO_3 -N je Hektar, wobei der Hauptanteil in der obersten Bodenschicht zu finden war (Abbildung 13). In den CULTAN-Parzellen waren die NO_3 -Konzentrationen in der Injektionsreihe (C 1) etwa 3-4-mal so hoch als in den konventionellen Parzellen. Der größte Teil davon war in der obersten Bodenschicht vorzufinden, ein Teil des Nitrats war bereits in eine Tiefe von 30–60 cm gewandert. Die Nitratwerte der Proben aus ungedüngten Bereichen der CULTAN-Parzellen, d.h. aus den Maisreihen und aus den ungedüngten Zwischenreihen (Positionen C 2 und C 3) lagen deutlich unter den Werten der konventionellen Parzellen.

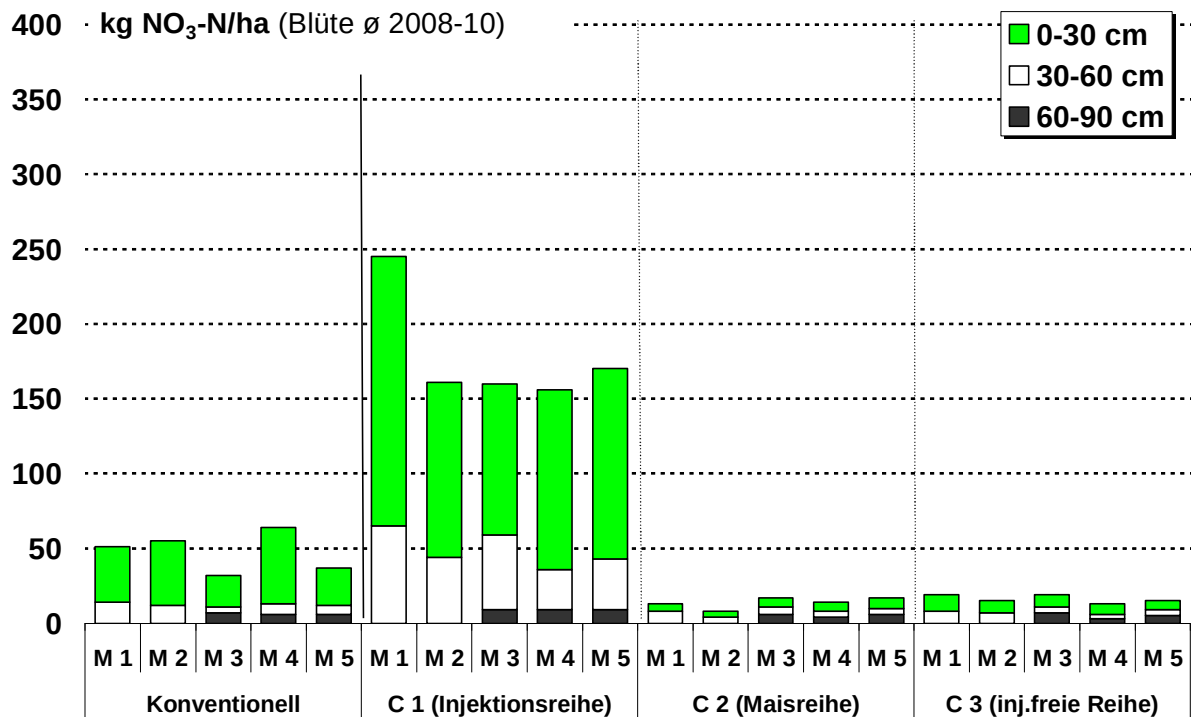


Abbildung 13: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen der 5 Orte zur Blüte im Mittel der Jahre 2008-10

Die noch im Boden vorhandene Stickstoffmenge zum Zeitpunkt der Ernte einer Kultur liefert ein Indiz für die Ausnutzung des eingesetzten Düngerstickstoffs. Die Nitratkonzentrationen der CULTAN-Injektionsreihen waren mit Ausnahme der Standorte M 1 und M 4 zu diesem Zeitpunkt noch mehr als doppelt so hoch wie in den injektionsfreien Zwischenreihen und den konventionell gedüngten Parzellen (Abbildung 14). Beim sandig-kiesigen Standort M 1 könnte eine erhöhte Auswaschung, am häufig unter Staunässe leidenden Standort M 4 eine hohe Denitrifizierungsrate zu den niedrigen Konzentrationen geführt haben.

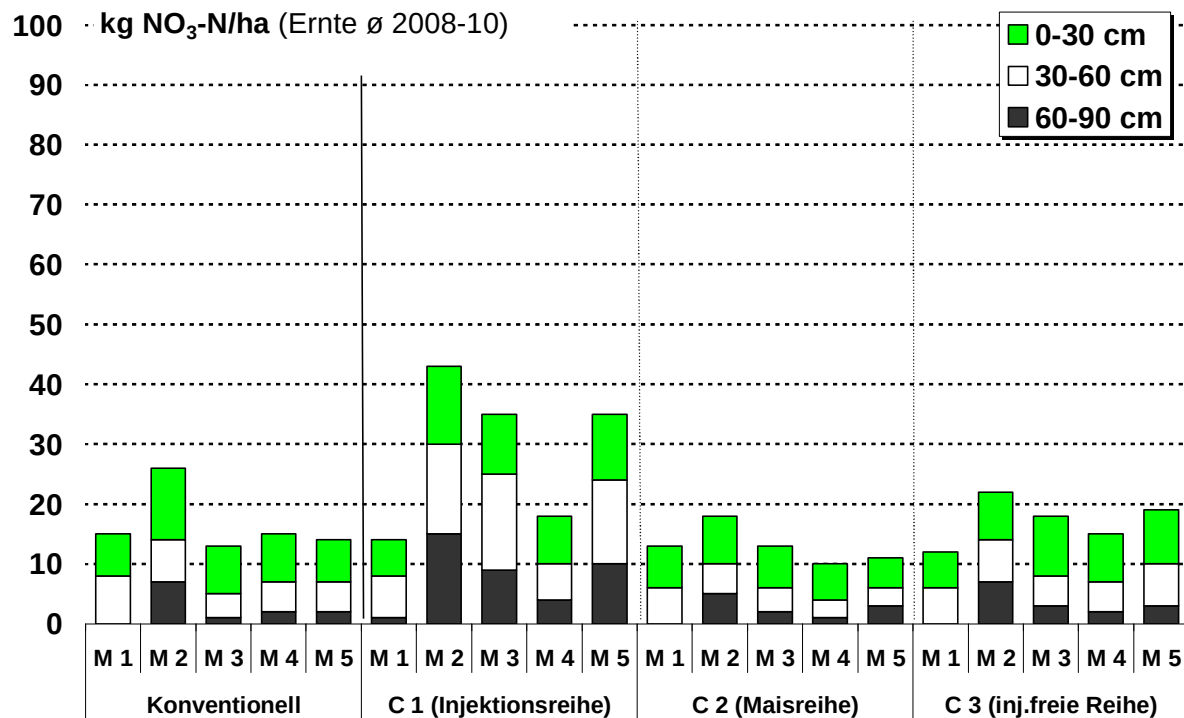


Abbildung 14: Nitratgehalte bzw. –konzentrationen der 5 Orte nach der Ernte im Mittel der Jahre 2008-10

Im Jahr 2008 wurden im Mittel der fünf Orte bei den drei Probenahmeterminen „6-Blatt“, „Blüte“ und „Ernte“ in den CULTAN-Injektionsreihen stets einen höhere Nitratkonzentration gemessen als in den injektionsfreien Zwischenreihen der CULTAN-Variante und in den konventionell gedüngten Parzellen (Abbildung 15). Bis zur Blüte waren die Nitratgehalte in den konventionell gedüngten Parzellen höher als in den injektionsfreien Zwischenreihen der CULTAN-Variante. Zum Erntetermin waren sie dann ähnlich niedrig. Die Depots in der CULTAN Injektionsreihe waren noch nicht ganz aufgebraucht.

Anmerkung: Die mit Rauten in den nachfolgenden Abbildungen aufgeführten Werte bezeichnen die zu den gleichen Terminen gemessenen Ammonium-N-Gehalte bzw. Ammonium-N-Konzentrationen (NH_4) in der Bodenschicht 0-30 cm, in der auch die Düngerdepots angelegt waren.

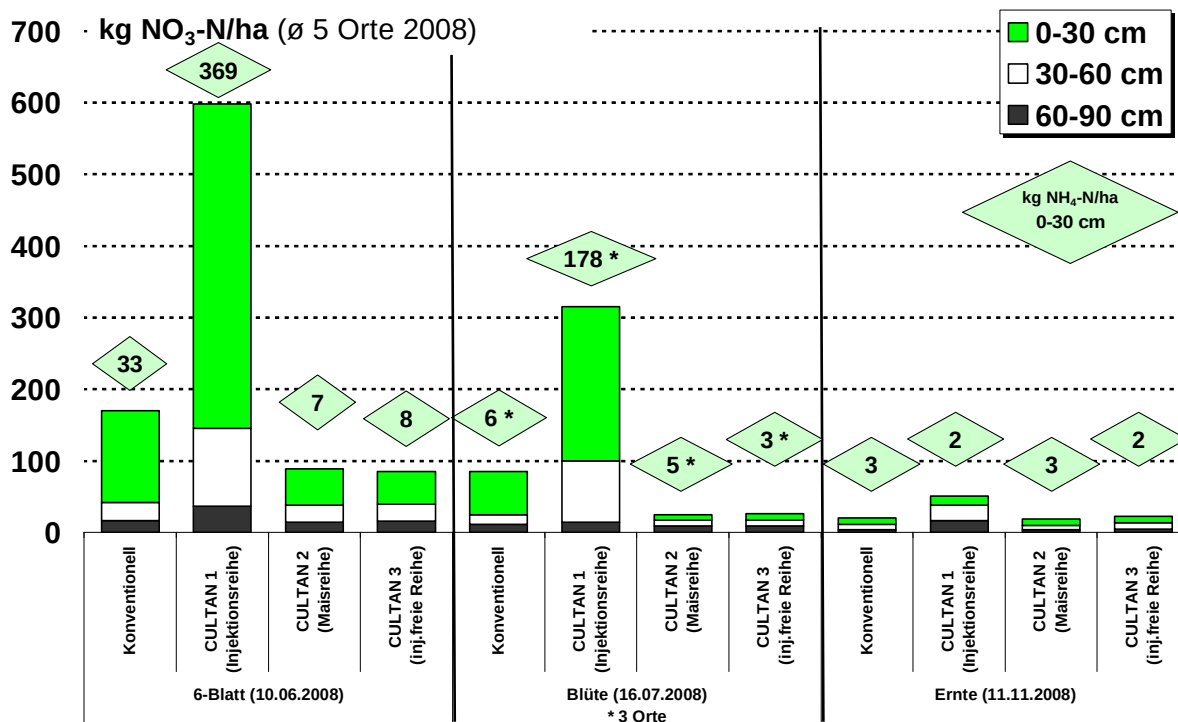


Abbildung 15: Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2008

Im Jahr 2009 waren die Unterschiede zwischen den Probenvarianten ähnlich wie im Jahr 2008, allerdings auf einem etwas niedrigeren Niveau (Abbildung 16).

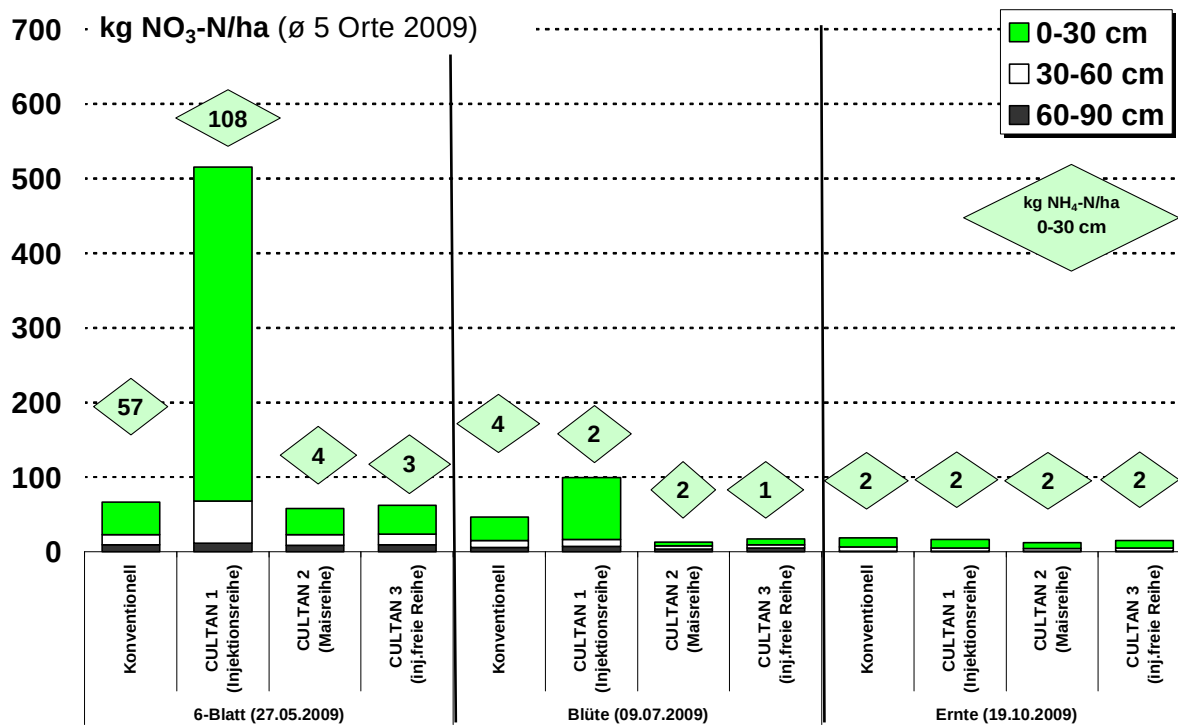


Abbildung 16: Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2009

Das Jahr 2010 war tendenziell mit dem Vorjahr vergleichbar (Abbildung 17).

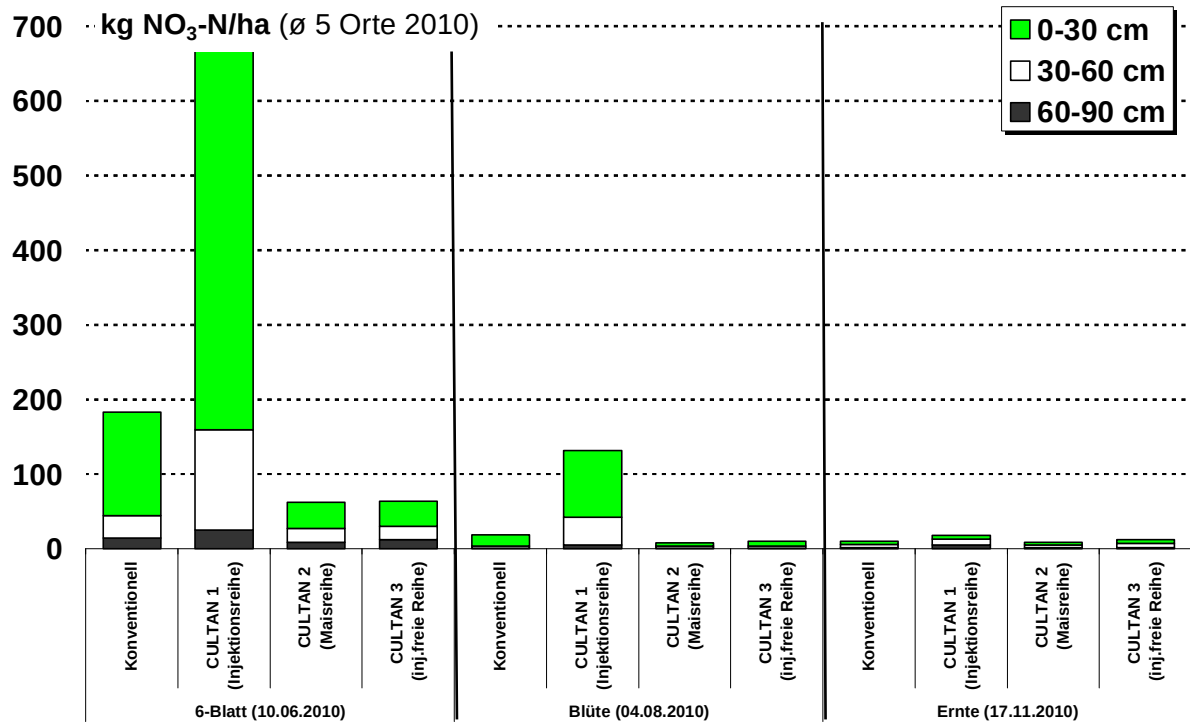


Abbildung 17: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen im Mittel der 5 Orte zu drei Terminen der Vegetation im Jahr 2010

Die Ergebnisse einer quer zur den Maisreihen und zur Injektionsrichtung durchgeführten Detailbeprobung des Bodenprofils im oberen Bodenhorizont um das Injektionsdepot sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die an Standort M 3 im Jahr 2009 am CULTAN-Depot durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Nitratkonzentration im Depot (zentrale Säule) ca. sechs Wochen nach der Platzierung einen sehr hohen Wert erreichte, der dann vertikal und horizontal im Umkreis von 10 cm stark abfiel (Abbildung 18). Die Stabilität des ausgebrachten Düngerdepots ließ sich mit der kleinräumigen Beprobung der NO_3 -konzentrationen gut erfassen. Die Untersuchung erlaubt damit Aussagen zur zeitlichen, räumlichen und chemischen Stabilität ausgebrachter Nährstoffdepots. Im vorliegenden Fall konnte damit auch gezeigt werden, dass bis zum 7-Blatt-Stadium keine bedeutende Verlagerung des gebildeten Nitrats in tiefere Bodenschichten festzustellen war.

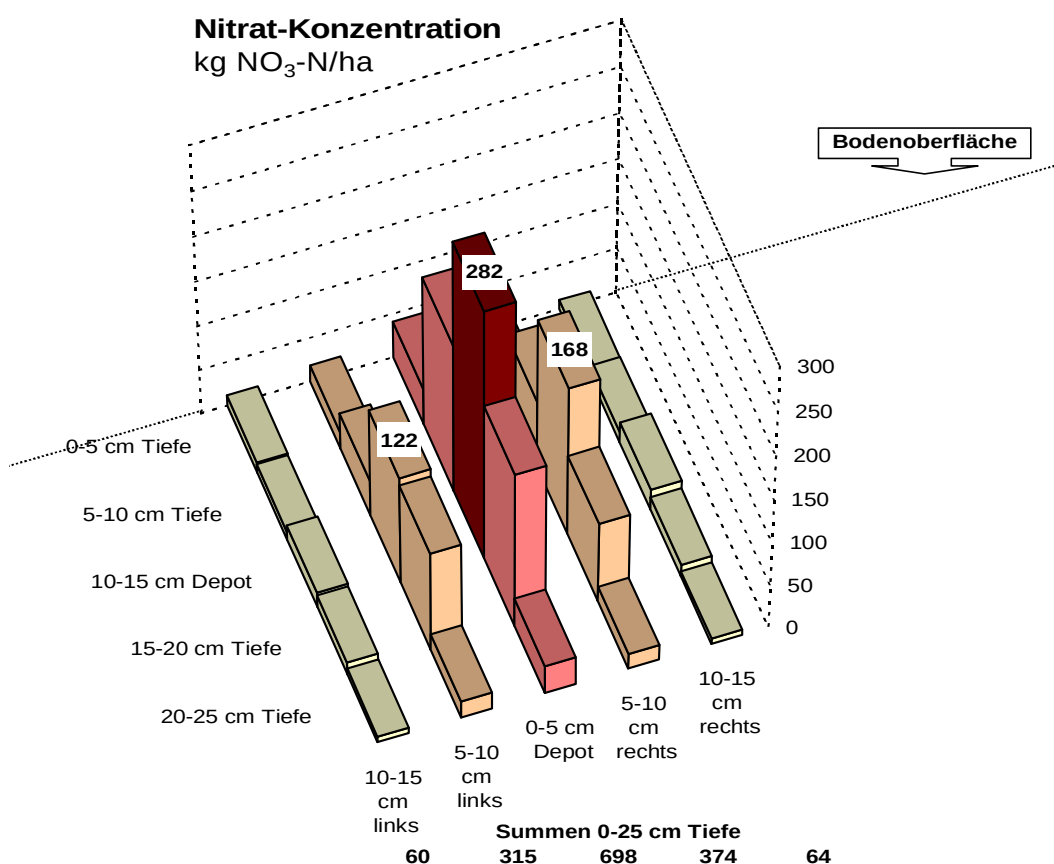


Abbildung 18: Nitratkonzentrationen am CULTAN-Depot in einem 2 D-Bodenprofil im 7-Blattstadium des Mais am Standort M 3 (05.06.2009);

3.1.2 Bestandesentwicklung und Erträge

Bei Körnermais konnten während der vegetativen Entwicklung vom Keimen über den Blühbeginn bis hin zur Abreife zwischen den zwei Düngeverfahren keine Unterschiede in der Pflanzenentwicklung festgestellt werden (Ergebnisse in Anlage 8.12). Dieses Verhalten konnte bis hin zur Abreife und dem Feuchtegehalt der Körner beobachtet werden (Tabelle 11).

Das Düngungsverfahren hatte auch keinen Einfluss auf die Bestandesdichten zur Ernte. Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen konnten anhand der Bonituren nicht beobachtet werden (Ergebnisse nicht dargestellt).

Bei der Verunkrautung konnte in allen Jahren beobachtet werden, dass die Massewüchsigkeit der Unkräuter (Dominanz von Bingelkraut, Melde, Weißer Gänsefuß, Amaranth, Knötericharten und Hirsen) in den Reihen ohne Düngerinjektion geringer war, als in den Injektionsreihen. Dies führte auch zu einer im Mittel verringerten Unkrautbiomasse in der CULTAN-Variante gegenüber konventioneller, breitflächiger Düngung. Der Effekt der Unkrautminderung war auf den relativ fruchtbaren Ackerböden aber in keinem Fall so stark, dass auf eine Unkrautbekämpfung hätte verzichtet werden können. Ob mit dem neuen Düngeverfahren nach mehreren Jahren Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung und bedeutende Unkrautminderungen auftreten, muss nach gegenwärtigem Sachstand noch offen bleiben. Die Ergebnisse sind in den Übersichtstabellen in Anlage 8.9 und für das Jahr 2009; nach Messpositionen und Standorten aufgelöst in Anlage 8.14 dargestellt.

In Abbildung 19 ist die Wurzelentwicklung im Bereich des exakt zwischen zwei Maisreihen platzierten CULTAN-Depots zum Zeitpunkt der Blüte zu erkennen. Um das Depot herum, das von den Wurzeln zweier Maisreihen aktiv erschlossen wurde, war die Wurzelentwicklung und die Wurzeldichte deutlich verstärkt (der Pfeil in der Abbildung deutet auf das Depot in etwa 18 cm Tiefe).



Abbildung 19: Wurzelbildung am CULTAN-Depot (Pfeil) zwischen zwei Maisreihen am Standort M 5 (2009)

Die Maiserträge mit konventioneller Düngung und mit CULTAN-Düngung unterschieden sich im Mittel der fünf Orte in den einzelnen Jahren nur im Jahr 2008 signifikant, als bei der CULTAN-Düngung 9 Dezitonnen je Hektar mehr gedroschen wurde (Tabelle 11). Die im Mittel der fünf Orte und drei Jahre um 3 Dezitonnen pro Hektar höheren Kornerträge bei den CULTAN-Varianten waren statistisch nicht signifikant.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit einer kleinräumigen Platzierung der Stickstoff-Depots im Mais im Abstand von 1,5 Meter und in einer Bodentiefe von 15-18 Zentimeter eine ausreichende Stickstoffversorgung sichergestellt werden konnte. Dies wird auch dadurch untermauert, dass die Tausendkornmasse ebenso hoch war wie bei konventioneller, breitflächiger Stickstoffdüngung und die Stickstoffgehalte des Kornes im Jahr 2008 und 2010 sogar signifikant höher waren. Die Versorgung mit den Grundnährstoffen P, K und Mg war bei der platzierten Düngung genauso gewährleistet wie bei der konventionellen Variante.

Tabelle 11: Erträge und Kornqualität beim Mais im Mittel der 5 Orte (2008-2010)

Düngung / Jahr		<i>dt/ha</i> (85 %TS)	% TS (Ernte)	TKM (g)	N (%iTS)	P (%iTS)	K (%iTS)	Mg (%iTS)
Konventionell (100 % N)	2008	117	69,9	300	1,52	0,3	0,4	0,1
	2009	114	82,5	308	1,44	0,3	0,4	0,1
	2010	107	72,0	276	1,16	0,3	0,4	0,1
	Mittel	113	74,8	295	1,37	0,3	0,4	0,1
CULTAN (100 % N)	2008	126	69,6	314	1,64	0,3	0,4	0,1
	2009	113	82,5	296	1,40	0,3	0,4	0,1
	2010	110	71,8	290	1,24	0,3	0,4	0,1
	Mittel	116	74,6	300	1,43	0,3	0,4	0,1
Statistik		Grenzdifferenz Newman-Keuls-Test ($\alpha = 0,05$):						
2008		3,92	ns	11,11	0,06	ns	ns	ns
2009		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2010		ns	ns	ns	0,06	ns	ns	ns
Mittel		ns	ns	ns	0,05	ns	ns	ns

Die leichteren Standorte M 1 und M 2 unterschieden sich im durchschnittlichen Ertragsniveau der drei Jahre von den tiefgründigeren Lössstandorten M 3 bis M 5 (Abb. 20). Im Mittel der drei Versuchsjahre war auch bei den leichteren Orten die platzierte Düngungsvariante ertraglich gleich gut wie die konventionelle Düngungsvariante.

Was für die Kornerträge gilt, konnte auch bei der Biomasseproduktion der Gesamtpflanzen gemessen werden. Im Mittel ergaben sich bei Ernte der Gesamtpflanzen kurz vor der Siloreife leichte Ertragsvorteile für die CULTAN-Düngungsvariante, die Unterschiede wa-

ren aber statistisch betrachtet ebenfalls nicht signifikant. Die Daten von 2009 und 2010 sind in Anlage 8.15 dargestellt. 2009 konnten aufgrund eines Datenverlustes nur die Frischmassen verglichen werden.

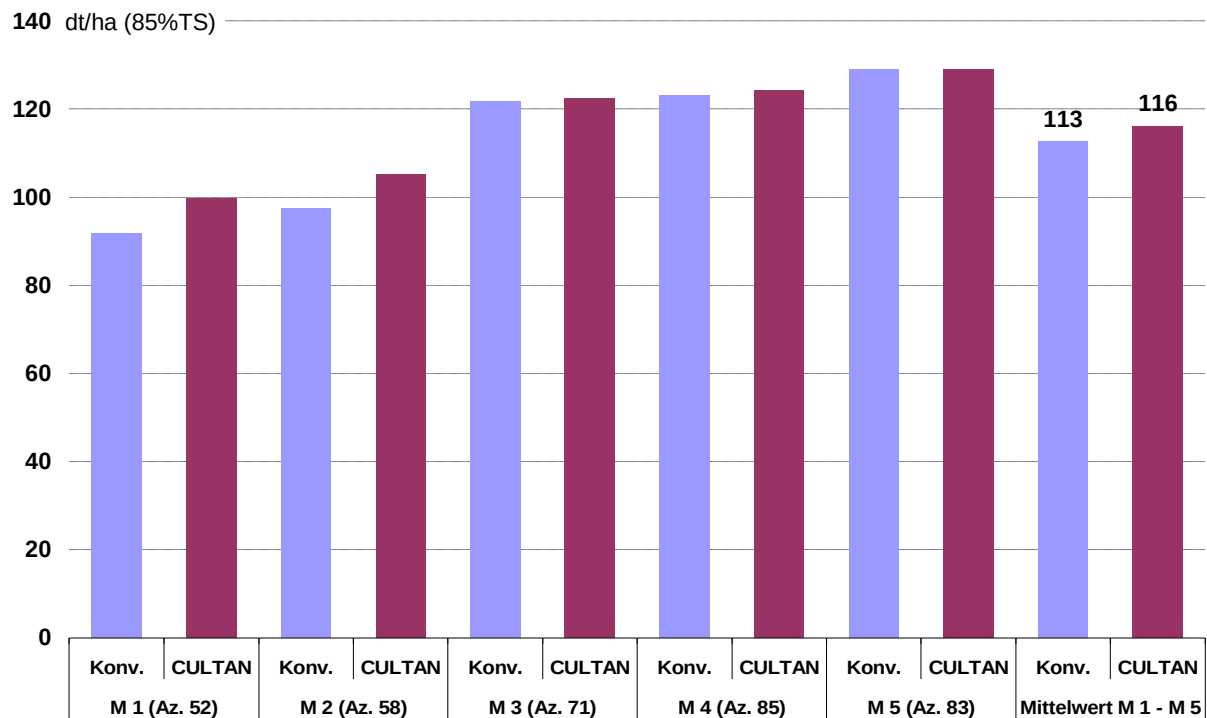


Abbildung 20: Kornerträge bei Mais an den fünf Orten (Mittel der Jahre 2008-10)

3.1.3 Nitratauswaschung

Die SIA zur Erfassung der Nitratauswaschung wurden etwa halbjährlich ausgetauscht, so dass die Austräge getrennt für die Vegetationsphase (ca. April bis November) und die vegetationsfreie Zeit (November bis April) gemessen wurden. Die N-Verluste, die aus einer Kultur bzw. Düngung resultieren, werden in der zugehörigen Vegetationsphase und in der folgenden vegetationsfreien Zeit ausgetragen. Daher werden die N-Austräge der beiden aufeinanderfolgenden Messperioden gestapelt dargestellt (Abbildung 21) und die statistischen Auswertungen mit diesen Summen durchgeführt.

Die jährliche Nitratauswaschung hängt stark von der Textur des Bodens ab (Abbildung 21, Abbildung 22). Die mittlere jährliche Auswaschung aus den alluvialen Kiesen (M 1 und M 2) liegt mit 105 kg N/(ha a) deutlich über den N-Austrägen aus den Lössstandorten M 3 – M 5 (6 kg N/(ha a)).

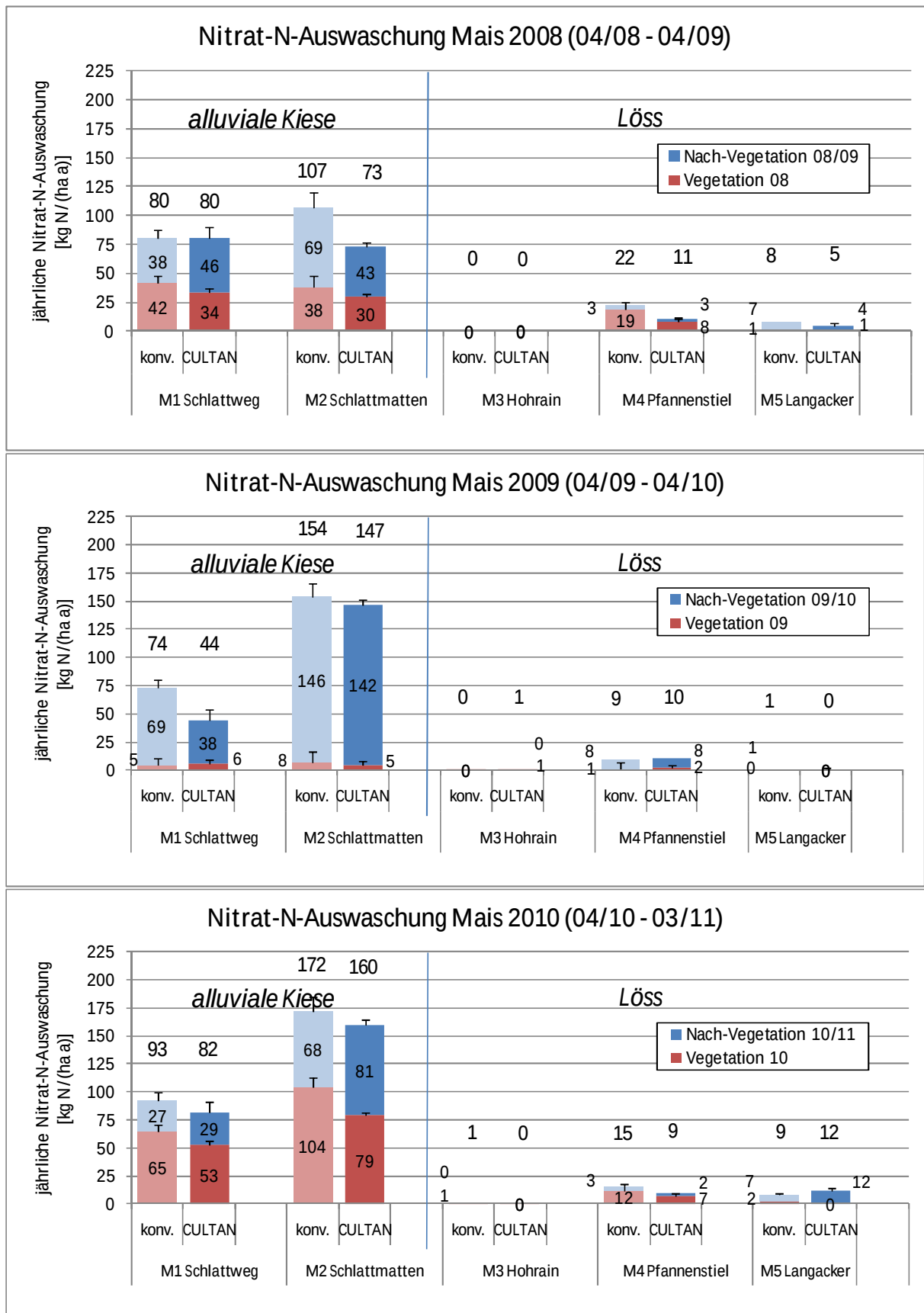


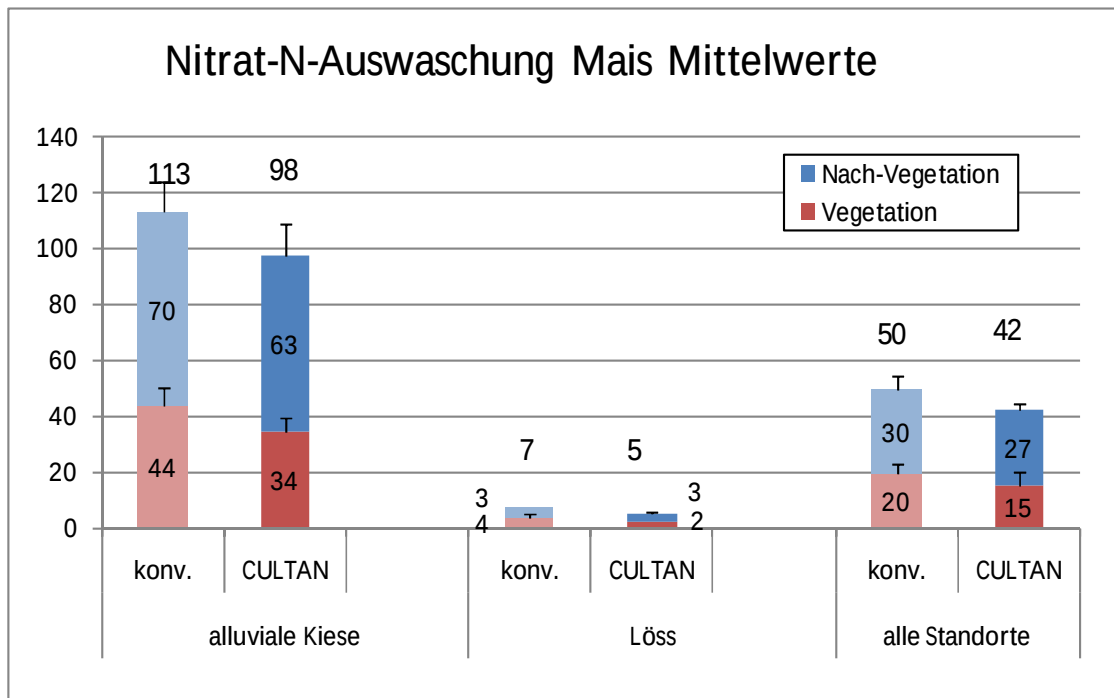
Abbildung 21: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Maisstandorte.

Die alluvialen Kiese sind durch einen hohen Stein- und Sandanteil charakterisiert, was zu einer hohen Wasserleitfähigkeit führt. Die nutzbare Feldkapazität, also die Fähigkeit, pflanzenverfügbares Wasser zu speichern, wird mit „gering bis mittel“ angegeben (LUBW, 2007). Im Sommerhalbjahr können Starkniederschläge zu N-Austrägen führen, im vegetationsfreien Winterhalbjahr können die N-Überschüsse, die nach der Ernte vorliegen (Erntereste, Wurzelbiomasse, evtl. nicht verbrauchter Dünger), mineralisieren und vollständig ausgewaschen werden. Infolge der Grundwasserabsenkung vor einigen Jahrzehnten wird auf diesen Standorten außerdem noch beständig Humus abgebaut, der zur Freisetzung von Stickstoff führt.

Die Lössе besitzen eine deutlich geringere Wasserleitfähigkeit und durch das Fehlen von Struktur im Sommer nur eine geringe Neigung zu schnellem Stofftransport in bevorzugten Fließwegen (preferential flow). Die nutzbare Feldkapazität wird mit „hoch“ klassifiziert (LUBW, 2007). Der langsame Wasserfluss und die hohe Wasserspeicherkapazität führen dazu, dass durch die Niederschläge im Herbst und Winter vor allem der Wasserspeicher im Boden aufgefüllt wird. Es versickert nur eine geringe Wassermenge in die Tiefe mit der auch nur geringe Mengen Nitrat ausgetragen werden können.

Die absolute Höhe der Nitrat-N-Austräge und die Verteilung auf die beiden Messperioden hängen stark vom Witterungsverlauf und insbesondere von der Niederschlagsverteilung ab. Im Jahr 2009 fiel von April bis Juni deutlich weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel (vgl. 2.2.3). Daher wurde in der Vegetationsperiode fast kein Stickstoff ausgetragen. Die gesamte N-Auswaschung des Anbaujahres 2009 fand in nachfolgenden vegetationsfreien Zeit statt. Da im August 2010 überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen fielen (vgl. 2.2.3), setzte die Sickerung bereits frühzeitig während der Vegetationsperiode ein, die Nitratauswaschung im Winter war entsprechend geringer.

Die jährlichen Summen der N-Austräge der beiden Varianten eines Schlages unterschieden sich in keinem Jahr signifikant voneinander (Abbildung 21). Die dreijährigen Mittel für die Standortgruppen und alle Standorte weisen zwar auf eine Reduktion der Nitratauswaschung bei CULTAN um 8 kg N/(ha a) bzw. 15 % hin, sie war jedoch nicht signifikant (Abbildung 22).

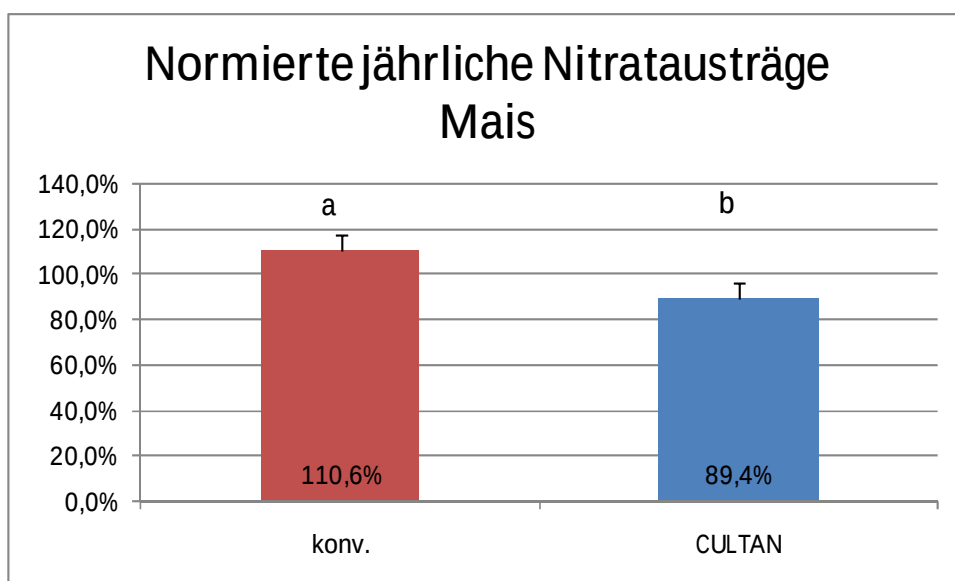


*) Keine signifikanten Unterschiede ($p < 5\%$) zwischen den beiden Varianten.

Abbildung 22: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Maisstandorte.

Werden die jährlichen Nitratauswaschungen gemittelt, führt dies implizit zu einer teilweise unerwünschten Gewichtung der Standorte für den Vergleich der Düngevarianten: Die Informationen der Standorte mit einem hohen Austragsniveau (M 1, M 2) werden stark gewichtet, die Informationen der Standorte mit einem niedrigen Austragsniveau (M 3 – M 5) gehen hingegen kaum ein. Um dies bei der statistischen Bewertung der Varianten auszugleichen, wurden die Nitratverluste pro Fläche normiert (vgl. 2.2.9.2).

Im Mittel über alle Standorte und Jahre wurden durch die CULTAN Düngung die Nitrat-N-Austräge statistisch signifikant um ca. 21 % reduziert (Abbildung 23).



*) Signifikante Unterschiede ($p < 5\%$) sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Abbildung 23: Normierte jährliche Nitrat-N-Auswaschungen der Maisstandorte.

Der Grund für den Auswaschungsunterschied waren die höheren Entzüge. In der CULTAN-Variante war ein größerer Teil des Dünger-N von den Pflanzen aufgenommen, verwertet und in Kornertrag umgesetzt worden (vgl. Tabelle 11), so dass weniger Stickstoff für eine Auswaschung zur Verfügung stand.

3.1.4 Grundwasserrelevanz

Aus den gemessenen Nitratfrachten und der mittleren jährlichen Sickerwassermenge (LUBW, 2007) lassen sich die mittleren Nitratkonzentrationen im neu gebildeten Sickerwasser berechnen (Abbildung 24).

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser der CULTAN-Varianten war kleiner als oder zumindest gleich hoch wie diejenige im Sickerwasser der konventionell bewirtschafteten Varianten. Die Konzentration konnte um bis zu 25 mg/L gesenkt werden (M 2). Dies unterstreicht die Ergebnisse aus 3.1.3 in dem Sinne, dass die Verwendung von CULTAN aus Sicht des Grundwasserschutzes empfehlenswert ist.

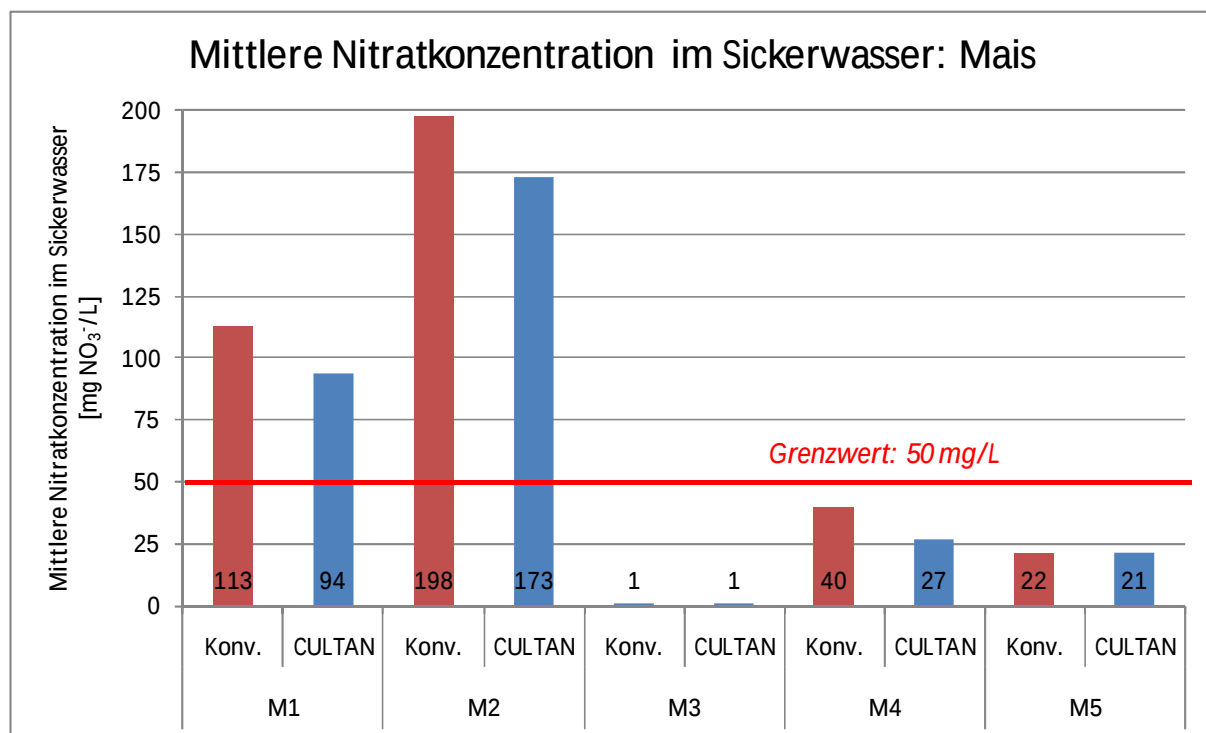


Abbildung 24: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisstandorte (Mittelwert 2008 –2010).

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisstandorte auf alluvialen Kiesen betrug mit 155 mg/L (konv.) bzw. 134 mg/L (CULTAN) etwa das Dreifache des Trinkwassergrenzwertes von 50 mg/L (Abbildung 25). Auch wenn der Einsatz von CULTAN die Konzentration verringert, trägt der Maisanbau auf diesen Standorten zur Verschlechterung der Grundwasserqualität bei. Aufgrund der vermuteten Humusmineralisierung kann auf diesen Schlägen - unabhängig von der Nutzung - von einer Nitratkonzentration über dem Grenzwert ausgegangen werden. Wäre der Grundwasserschutz das vorrangige Ziel, wäre

eine extensive Nutzung ohne N-Düngung eine Strategie. Die mittlere Konzentration im Sickerwasser der Lössstandorte betrug 21 mg/L (konv.) und konnte durch den Einsatz von CULTAN um etwa 21 % auf 16 mg/L gesenkt werden. Das CULTAN-Verfahren trägt bei betriebsüblicher Düngungshöhe auf diesen Standorten mit hoher nutzbarer Feldkapazität ebenfalls zum Grundwasserschutz bei.

Die auf den Lössstandorten berechnete Sickerwasserkonzentration ist vermutlich zu gering, weil die Sickerrate von LUBW (2007) für die Standorte M 3, M 5 mit 100-150 mm/a sehr hoch geschätzt wird. Dies liegt an kleinräumigen Variationen, die von einer Modellierung kaum erfasst, aber durch Feldbeobachtungen recht gut belegt werden können. In den Jahren 2008 und 2010 waren die Profile M 3 und M 5 jeweils schon im April im unteren Bereich so trocken, dass eine Sickerung > 50 mm/a kaum stattgefunden haben kann. Im Jahr 2009 waren auf beiden Standorten die N-Austräge nahe 0, was auch auf eine Limitierung der N-Verluste durch zu geringe Wassersickerung schließen lässt. Mindestens für den Kuppenstandort M 5 kommt noch eine erheblich höhere Evapotranspiration durch höhere Windgeschwindigkeiten und Einstrahlung hinzu. Nimmt man eine verringerte Grundwasserneubildung an, so ergibt sich daraus eine entsprechende Erhöhung der Konzentration durch die Anreicherung des Nitrats.

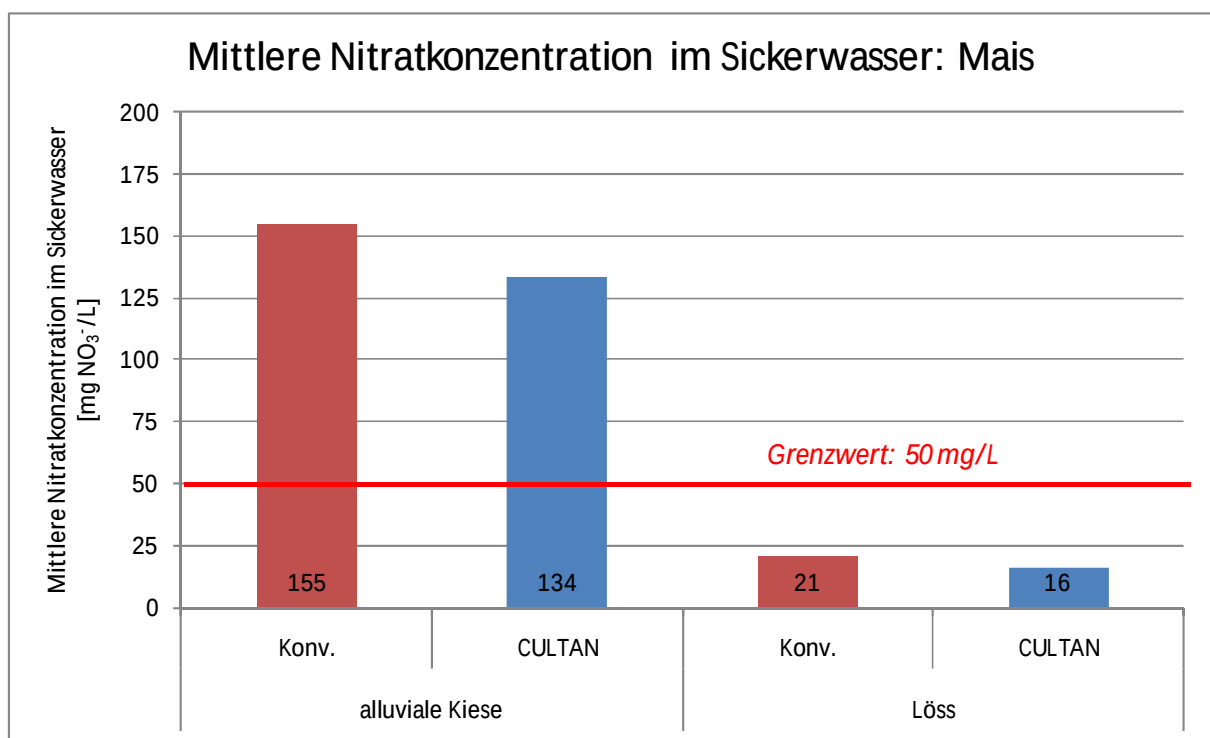


Abbildung 25: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Maisstandorte nach Ausgangsmaterial (Mittelwert 2008 –2010).

3.1.5 N-Bilanz und Humusbilanz

Entsprechend der Vorgaben zur Cross-Compliance müssen Äcker eine ausgeglichene oder positive Humusbilanz aufweisen (EU, 2003, 2004). Der Humusgehalt im Boden kann jedoch nicht mit der Genauigkeit bestimmt werden, die ausreichend wäre, um Verände-

rungen im Laufe weniger Jahre feststellen zu können. Eine Möglichkeit, um indirekt auf Veränderungen im Humusgehalt schließen zu können, ist eine vereinfachte N-Bilanz, in die die wesentlichen Zufuhren und Entzüge (Düngung, Abfuhr mit dem Erntegut und Auswaschung) eingehen. Diese Rückschlüsse sind deshalb möglich, weil überschüssiges $N_{\min}$ im Zuge des Humusaufbaus zu N_{org} umgewandelt und damit im Humus oder in der Bodenbiomasse gespeichert wird. Im Gegenzug wird bei Mineralisierung N_{org} aus Humus und Bodenbiomasse in $N_{\min}$ umgewandelt und wieder frei gesetzt.

Die N-Einträge über atmosphärische Deposition wurden für Äcker im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2005 mit 13 – 15 kg N/(ha a) abgeschätzt (LTZ, 2009a, 2009b), N-Austräge über Denitrifikation dagegen mit 14 – 15 kg N/(ha a) (LTZ, 2009a, 2009b). Diese beiden Größen gleichen sich in etwa aus und wurden daher bei den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt.

Im Jahr 2008 waren die Bilanzen aller fünf Schläge negativ (Abbildung 26). Die Entzüge über das Erntegut entsprachen etwa der N-Düngung, hinzu kam die Auswaschung als weiterer Output. Auf den kiesigen Standorten M 1 und M 2 war die Differenz aufgrund von stärkerer N-Auswaschung deutlich höher als auf den Lössstandorten M 3 bis M 5.

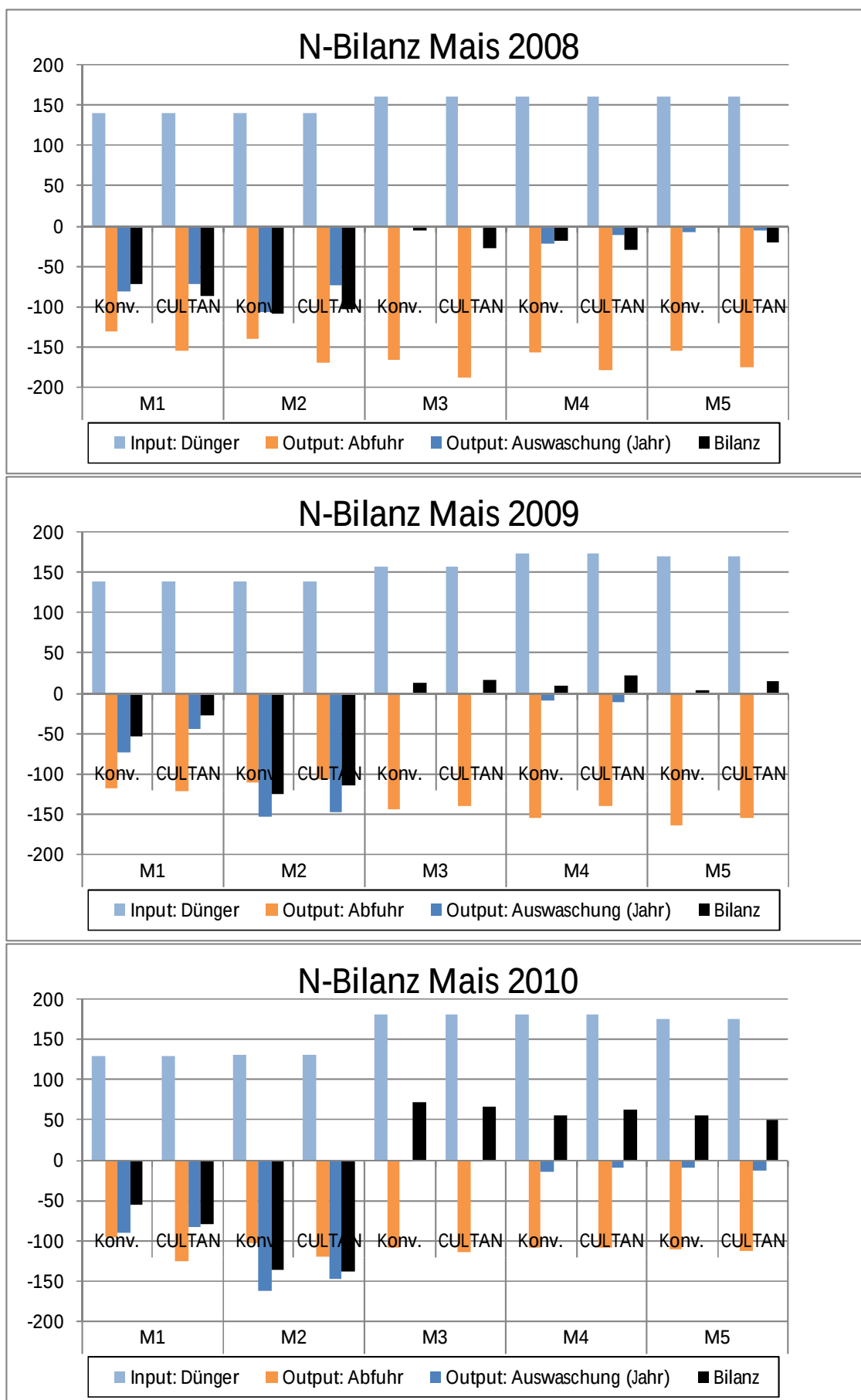


Abbildung 26: Jährliche N-Bilanz für alle Schläge (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).

Im Jahr 2009 führten niedrigere Erträge zu einer leicht positiven N-Bilanz auf M 3 – M 5, die N-Verluste auf M 3 fielen geringer aus als im Vorjahr.

Im Jahr 2010 wurde auf den Standorten auf Löss ein N-Überschuss von ca. 60 kg N/(ha a) gemessen, auf M 1 und M 2 wurde erneut ein N-Defizit errechnet. In diesem Jahr fielen sowohl die Erträge als auch die N-Gehalte im Erntegut niedriger aus als in den Vorjahren, was zu verringerten N-Entzügen bei gleichbleibender Düngung führte.

Die N-Bilanz der Flächen auf Löss war im Mittel der Jahre 2008 und 2009 etwa ausgeglichen (Abbildung 27). Dies entspricht der Forderung, dass kein Humus abgebaut werden soll. Der N-Überschuss im Jahr 2010 ist die Folge von niedrigeren Erträgen und geringeren N-Gehalten im Erntegut (vgl. 3.1.2). Vermutlich ist dieser N-Überschuss kein Indiz für Humusaufbau; vielmehr dürfte das Nitrat vorübergehend von Mikroorganismen aufgenommen worden und so der Bodenlösung entzogen worden sein. Dieser zwischengespeicherte Stickstoff kann leicht wieder verfügbar werden.

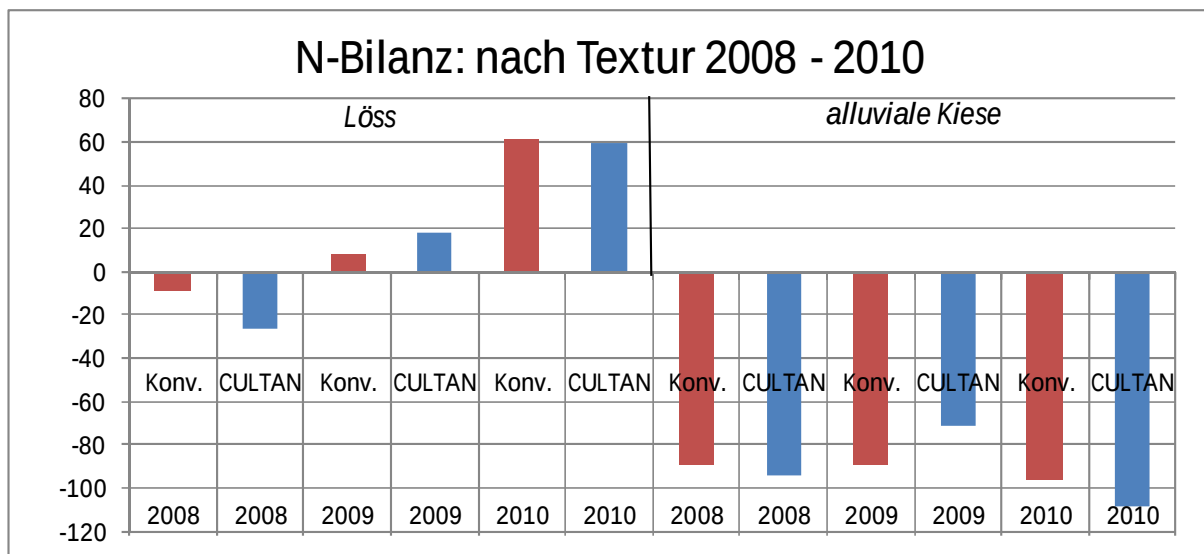


Abbildung 27: Jährliche N-Bilanz für alle Schläge, gruppiert nach Standorteigenschaften (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).

Auf den alluvialen Kiesen ergab sich eine mittlere jährliche Differenz von etwa 90 kg N/(ha a). Dies muss zumindest zum großen Teil damit erklärt werden, dass nach der Grundwasserabsenkung im Zuge von Straßenbaumaßnahmen in großem Umfang Humusabbau stattfindet, der zur Freisetzung von Stickstoff führt. Dieser Prozess wird so lange anhalten, bis sich ein neues dynamisches Humusgleichgewicht eingestellt hat.

3.1.6 Tastversuche mit reduzierter Düngung 2010

Mit den Tastversuchen sollten wichtige Punkte für eine Umsetzung des CULTAN-Verfahrens in die Praxis geklärt werden, wie etwa die im Projektverlauf aufgetauchte Frage, ob die Unterfußdüngung bei der CULTAN-Düngung notwendig ist. Beim Tastversuch am Standort M 3 im Jahr 2010 waren die Erträge der betriebsüblichen Düngung mit Harnstoff „100 % N konventionell mit Unterfußdüngung“ und der geprüften Variante mit „Domamon L26 mit 80 % N ohne Unterfußdüngung“ mindestens gleichwertig; in der Tendenz war die CULTAN-Variante sogar leicht überlegen (Abbildung 28). Aus Platzgründen konnte die Variante „Konventionelle Stickstoffdüngung mit Unterfußdüngung und 80 % N“ hier nicht mehr angelegt werden.

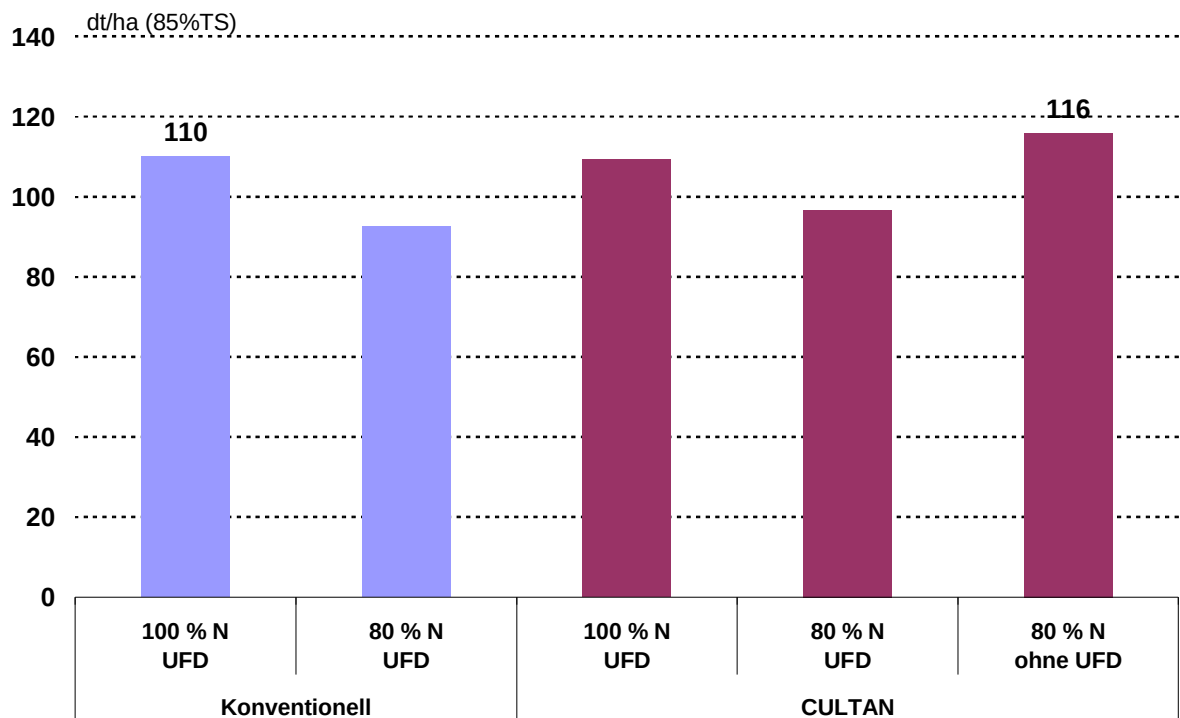


Abbildung 28: Tastversuch Mais am Standort M 3 im Jahr 2010

Ein ähnliches Ergebnis war am Standort M 5 festzustellen. Die betriebsübliche Variante „Harnstoff 100 % N mit Unterfußdüngung“ war der als Zielvorstellung angestrebten Variante „CULTAN mit 80 % N ohne Unterfußdüngung“ auch hier ertraglich nicht überlegen, sondern tendenziell ebenfalls leicht unterlegen (Abbildung 29). Die entsprechende konventionelle Variante „80 % N ohne Unterfußdüngung“ wies den niedrigsten Ertrag auf.

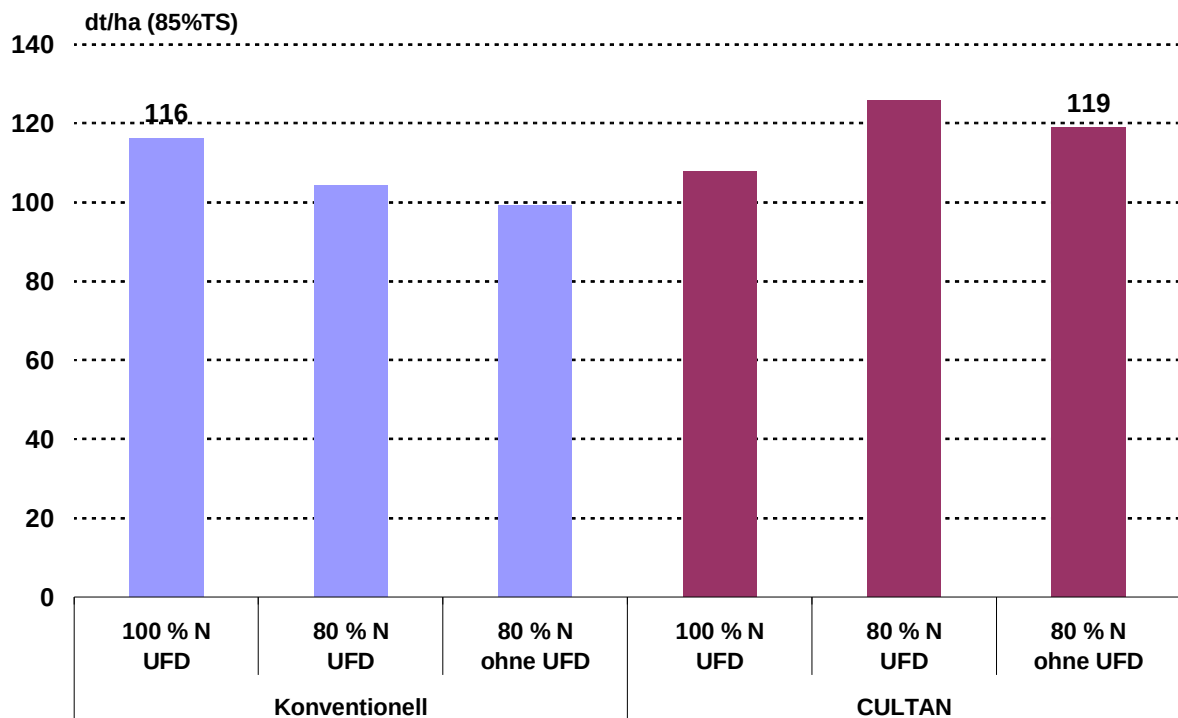


Abbildung 29: Tastversuch Mais am Standort M 5 im Jahr 2010

3.1.7 Düngerkosten im Vergleich

Die folgende Tabelle zeigt den Anteil der Düngerkosten für Stickstoff (ohne Ausbringung) an den Stückkosten von Mais für die beiden Düngungsverfahren. Bei den in den Versuchen ausgebrachten gleich hohen Düngermengen war die CULTAN-Variante über alle Jahre und Standorte gemittelt mit Stickstoffkosten von 1,13 EURO pro Dezitonne Mais um 4 Cent pro Dezitonne teurer als die konventionelle Variante.

Tabelle 12: Anteil der Düngerkosten ohne Ausbringung an den Stückkosten bei Mais

Mittelwert 5 Orte 2008-2010	Stickstoffdüngungsverfahren				
	Konventionell 100 % N			CULTAN 100 % N	
Düngung	kg N/ha	EUR/kg N	EUR/ha	EUR/kg N	EUR/ha
Unterfuß: Diammonphosphat	31	0,78	24,18	31	0,78
Breitflächig: Harnstoff	126	0,78	98,28		
Injektion: DOMAMON L 26				126	0,85
Summe	157		122	157	131
Ertrag (dt/ha 85 %TS)			113		116
Anteil an Stückkosten (EUR/dt)			1,09		1,13

Vergleicht man beim Tastversuch am Ort M 5 im Jahr 2010 die Varianten „Konventionell 100 % N mit Unterfußdüngung“ (entspricht dem Praxisstandard) und die „CULTAN-Variante mit 80 % N ohne Unterfußdüngung“ mit denselben Preisen, dann schnitt die CULTAN-Variante um 17 Cent pro Dezitonne günstiger ab als die konventionelle Variante (Tabelle 13). Das entspricht bei einem erzielten Ertrag von 119 dt/ha einer Reduktion der

Düngerkosten um ca. 20 EURO je Hektar. Bei einem 100 Hektar-Betrieb entspräche das einem Einsparpotenzial von 2.000 € pro Jahr beim Stickstoffdünger. Dazu kommt der Wegfall eines getrennten Arbeitsgangs für die Düngung.

Tabelle 13: Anteil der Düngerkosten ohne Ausbringung an den Stückkosten bei Mais mit reduzierter CULTAN-Düngung (Tastversuch)

	Stickstoffdüngungsverfahren (Tastversuch M 5 2010)				
	Konventionell 100 % N			CULTAN 80 % N	
Düngung	kg N/ha	EUR/kg N	EUR/ha	EUR/kg N	EUR/ha
Unterfuß: Diammonphosphat	31	0,78	24,18		
Breitflächig: Harnstoff	126	0,78	98,28		
Injektion: DOMAMON L 26				125	0,85
Summe	157		122	125	106
Ertrag (dt/ha 85 %TS)			116		119
Anteil an Stückkosten (EUR/dt)			1,06		0,89

3.1.8 Gesamtbewertung CULTAN bei Mais

Die dreijährigen Versuch bei Mais an fünf Orten unterschiedlicher Bodengüte zeigten, dass mit der im Projekt eingesetzten Eigenbau-Injektionstechnik für Flüssigdünger

- im gewünschten Reihenabstand von 1,5 Meter und in der gewünschten Bodentiefe von 15 bis 18 Zentimeter die CULTAN-Depots bei der Saat platziert werden konnten,
- der Mais mit diesen Stickstoffdepots ausreichend und langfristig mit Stickstoff versorgt werden konnte,
- gleichwertige Erträge und Qualitäten erzielt werden konnten und
- eine ausreichende Versorgung mit Grundnährstoffen gegeben war.

Die technischen Voraussetzungen für eine Platzierung eines CULTAN-Depots mit Flüssigdüngern konnte vom Lohnunternehmer durch die beschriebene Eigenkonstruktion für die Versuchsanstellung sicher gewährleistet werden. Für eine serienreife und großflächig praxistaugliche Platzierung von Flüssigdüngern wies die Technik des Projektes ebenso wie die von der LTZ Außenstelle Müllheim eingesetzte Lösung jedoch noch Defizite auf: Dazu zählten nach den Projekterfahrungen:

- ungenaue Platzierung in gewünschter Bodentiefe wegen fehlendem Parallelogramm
- die federnde Aufhängung führte zu teilweise unerwünschten Seitenbewegungen
- Fehlen eines sicher schneidenden Werkzeugs für organisches Material in Mulchsaatverfahren
- Injektionsschar noch zu breit (18 mm) mit der Folge erhöhten Zugkraftbedarfs bzw. hohem notwendigem Schardruck
- Injektionsschlitz konnte durch oberflächlich arbeitende Werkzeuge nicht vollständig geschlossen werden

Für einen großflächigen Einsatz in der Praxis, stellen sich nach diesen Erfahrungen für die Zukunft die nachfolgend genannten Aufgaben:

- Entwicklung einer serienreifen und praxistauglichen Injektionstechnik für flüssige und feste Dünger ohne die oben genannten Defizite
- Klärung der Entbehrlichkeit (Notwendigkeit) einer Unterfußdüngung und der erkennbaren Möglichkeiten einer Reduzierung der N-Düngermengen mit CULTAN durch weitere Exaktversuche.

Anmerkung: Die Ergebnisse der Tastversuche im Jahr 2010 waren hinsichtlich der Frage, ob bei einer CULTAN-Düngung eine Unterfußdüngung und eine 100 % N-Düngung notwendig ist, so aussichtsreich, dass der Fachbereich Landwirtschaft des Landratsamtes Breisgau-Hochschwarzwald die Versuche für weitere drei Jahre (2011-2014) im Rahmen seiner Versuche zur Wasserrahmenrichtlinie an den Standorten M 2 und M 5 weiterführen wird.

Die Nitratauswaschung konnte im Mais durch den Einsatz von CULTAN bei betriebsüblicher Düngungshöhe signifikant um 21 % verringert werden (normierte Daten). Die N-Überschüsse gingen von 50 kg N/ha (konventionell) auf 42 kg N/ha (CULTAN) zurück. Daraus resultiert auch ein Rückgang der Nitratkonzentration im neu gebildeten Sickerwasser um 21 mg NO_3^-/L auf 134 mg/L (alluviale Kiese) bzw. um 5 mg/L auf 16 mg/L (Löss). Durch den Einsatz des CULTAN-Düngeverfahrens in Mais kann somit einen Beitrag zur Reduktion der Nitratkonzentration im Sickerwasser und damit zur Qualität des Grundwassers geleistet werden. Trotzdem waren die Konzentrationen im Sickerwasser der alluvialen Kiese über doppelt so hoch wie nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie angestrebt. Dies erklärt sich zum Teil aus der hohen Durchlässigkeit für Wasser und zum Teil durch einen standorttypischen Sondereffekt, die Humusmineralisierung nach Absenkung des Grundwasserspiegels.

3.2 Kartoffel in den Jahren 2009 bis 2010

3.2.1 N-Dynamik im Boden

Die Untersuchungen der Nitrat- und Ammoniumgehalte (bei Flächenbeprobung) bzw. -konzentrationen (bei Teilflächenbeprobung) zeigten zum Zeitpunkt der Folienentfernung (bei Frühkartoffel) im Jahr 2009, dass der platzierte Stickstoff im Damm im Mittel der fünf Orte noch etwa doppelte so hohe Konzentrationen aufwies wie die konventionell gedüngten Parzellen (Abbildung 30). In der obersten Bodenschicht (0-30 cm) war im Damm der CULTAN-Parzellen mehr als doppelt soviel Nitrat und etwa sechsmal soviel Ammonium als im Damm der konventionell gedüngten Parzellen. Zwischen den Dämmen im Tal waren die Nitratkonzentrationen in den CULTAN-Parzellen deutlich geringer und die Ammoniumkonzentrationen gleich niedrig wie im konventionell gedüngten Boden

Die Zahlen in den Rauten der folgenden Abbildung zeigen die zum gleichen Zeitpunkt in 0-30 cm gemessenen Ammonium-N-Konzentrationen.

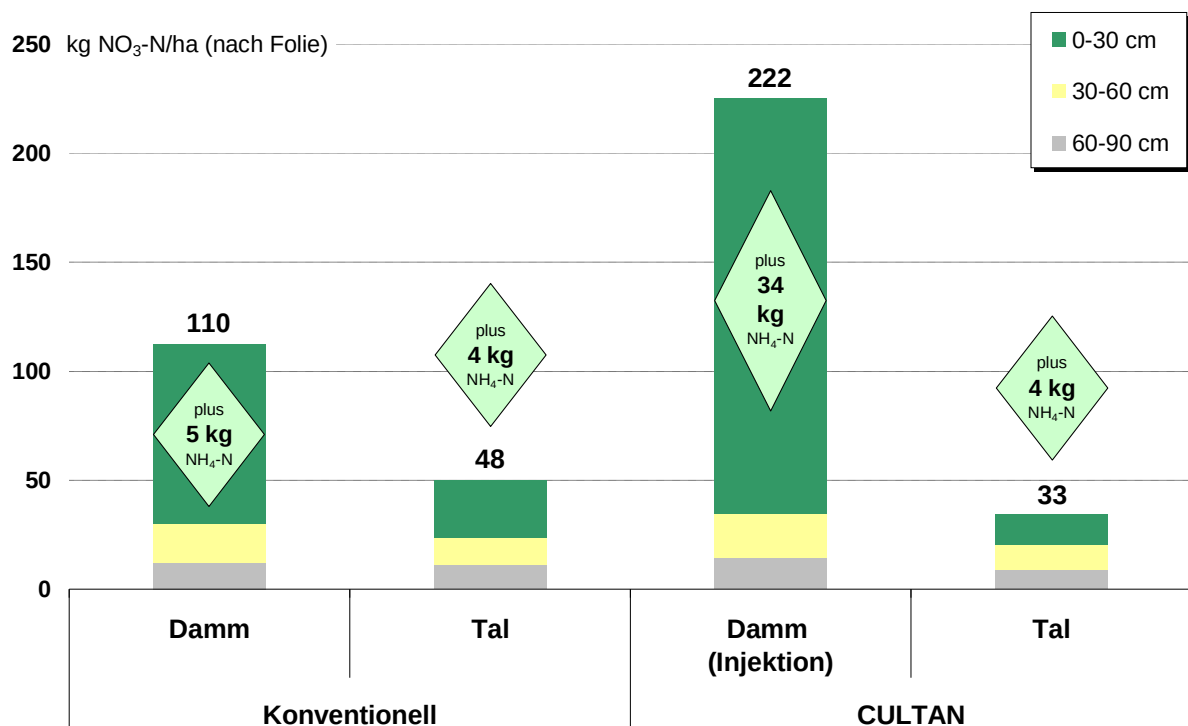


Abbildung 30: Mittlere Nitrat- und Ammoniumgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung im Jahr 2009

Betrachtet man die einzelnen Standorte bei der Folienentfernung im Jahr 2009, dann wiesen alle die ähnliche Tendenz wie der Mittelwert auf (Abbildung 31). Lediglich am Standort K 3 mit der Sorte „Lady Rosetta“ fielen die hohen Nitratkonzentrationen in der obersten Bodenschicht des Dammes bei den CULTAN-Parzellen auf.

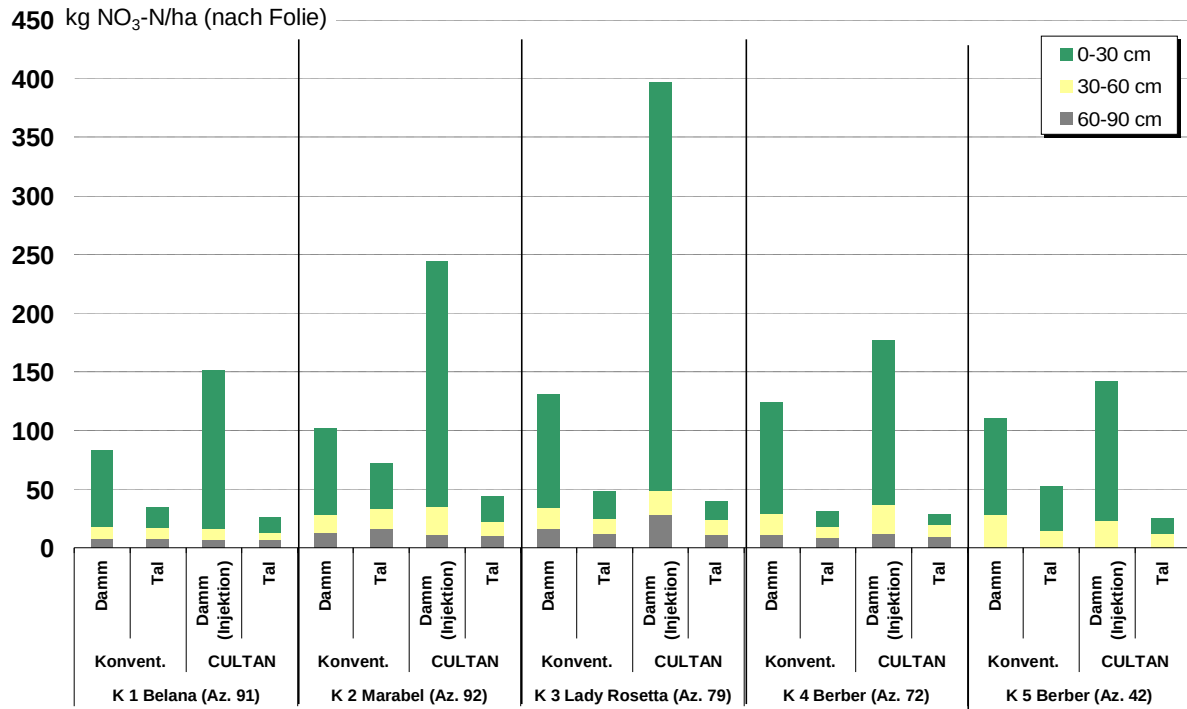


Abbildung 31: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung; Mittelwert der 5 Orte im Jahr 2009

Die Nitrat- und Ammoniumgehalte nach der Ernte im Jahr 2010 hatten bei den konventionell gedüngten Parzellen und bei den CULTAN-Flächen etwa dieselbe Höhe (Abbildung 32), wobei auf den CULTAN-Parzellen in der obersten Bodenschicht noch ein etwas höherer Wert vorlag.

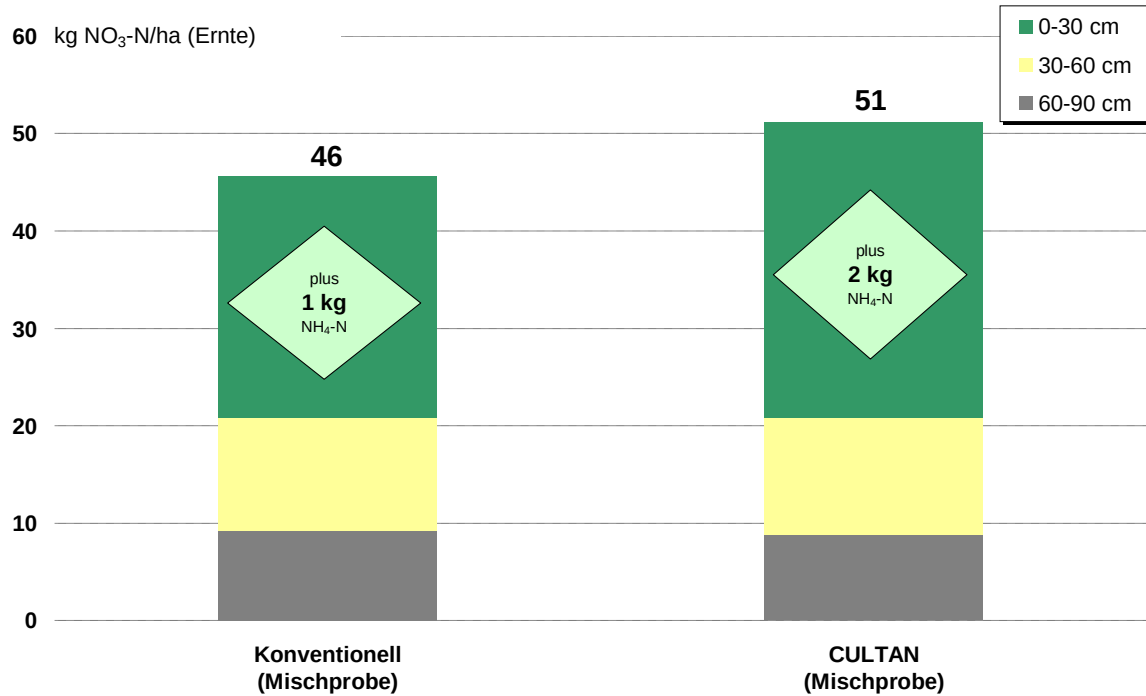


Abbildung 32: Nitrat- und Ammoniumgehalte nach Ernte im Mittel der 5 Orte im Jahr 2009

Die Nitratmesswerte nach der Kartoffelernte unterschieden sich an den fünf Orten im Jahr 2009 auf vier von fünf Flächen lediglich im Niveau und auf einer Fläche auch im Verhältnis der Düngungsvarianten zueinander (Abbildung 33). Die Standorte K 1 bis K 4 mit mittleren Böden zeigten in den CULTAN-Parzellen stets die höheren Werte auf ähnlichem Niveau, mit Ausnahme des Standortes K 3, auf dem eine Chipkartoffelsorte angebaut war. Am leichtesten Standort K 5 hatte die CULTAN-Parzelle einen niedrigeren Wert als die konventionelle Parzelle.

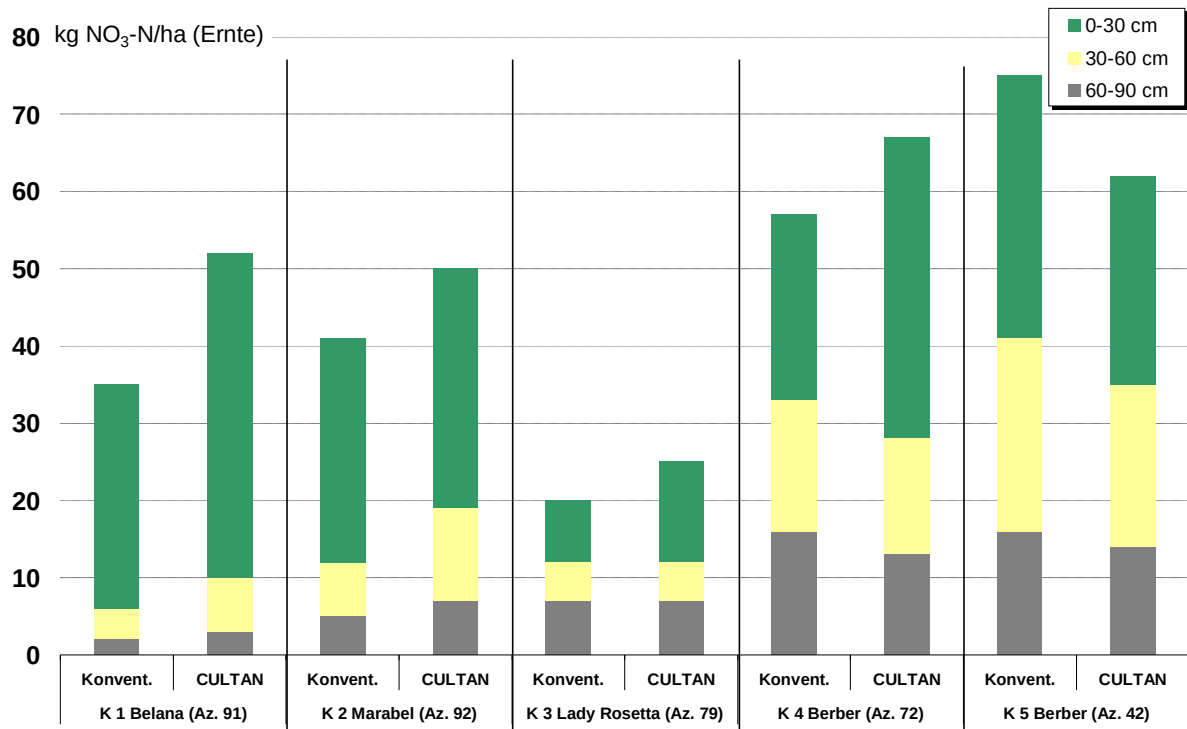


Abbildung 33: Nitrat- und Ammoniumgehalte nach der Ernte der 5 Orte im Jahr 2009

Im Jahr 2010 wurden auf den fünf Kartoffelflächen nach der Entfernung der Folien ähnliche Werte festgestellt wie bereits im Jahr 2009 (Abbildung 34). Der Unterschied zu 2009 bestand hauptsächlich darin, dass die Nitratkonzentrationen im Damm der CULTAN-Variante in der zweiten Bodenschicht von 30-60 cm beinahe ebenso hoch waren wie in der ersten Schicht, in der das Depot platziert wurde.

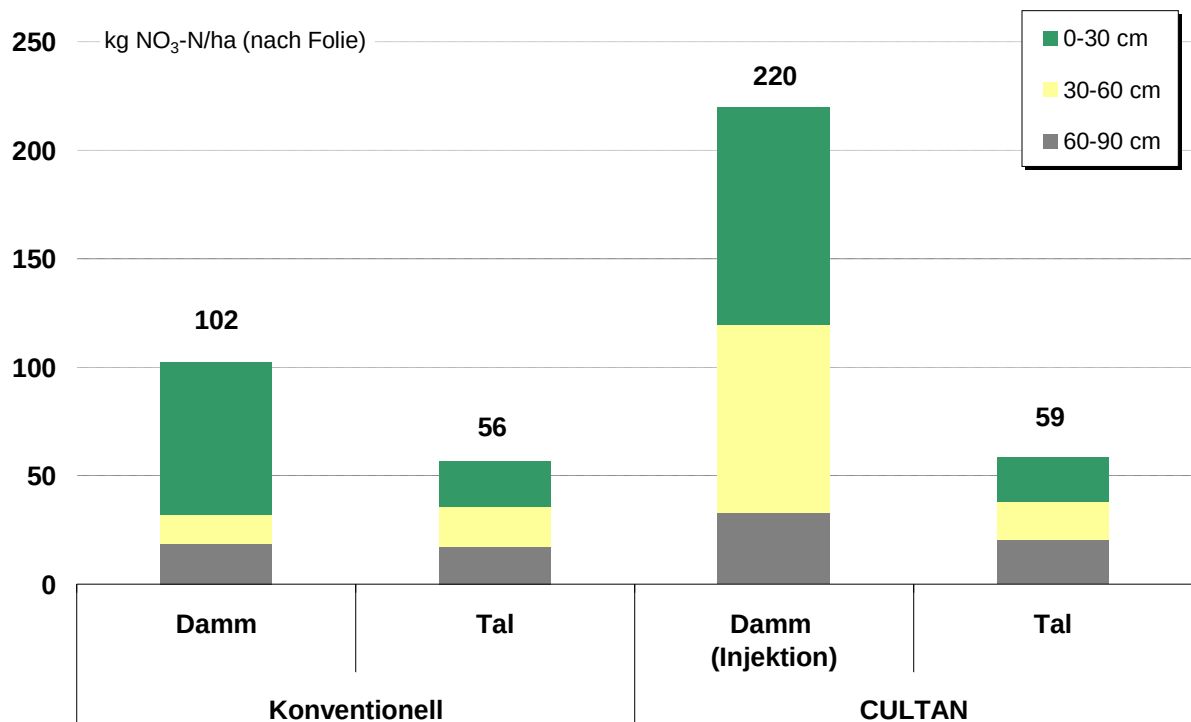


Abbildung 34: Mittlere Nitratgehalte bzw. -konzentrationen auf Kartoffelflächen nach Folienentfernung im Jahr 2010

Bei der Betrachtung der einzelnen Orte in 2010 fiel auf, dass wiederum der Standort mit der Kartoffelsorte „Lady Rosetta“ den höchsten gefundenen Nitratgehalt im Damm vorwies (Abbildung 35). Die zweite Bodenschicht im Damm mit der CULTAN-Injektion wies bei allen Orten weitaus höhere Werte auf als im Damm der konventionell gedüngten Parzellen.

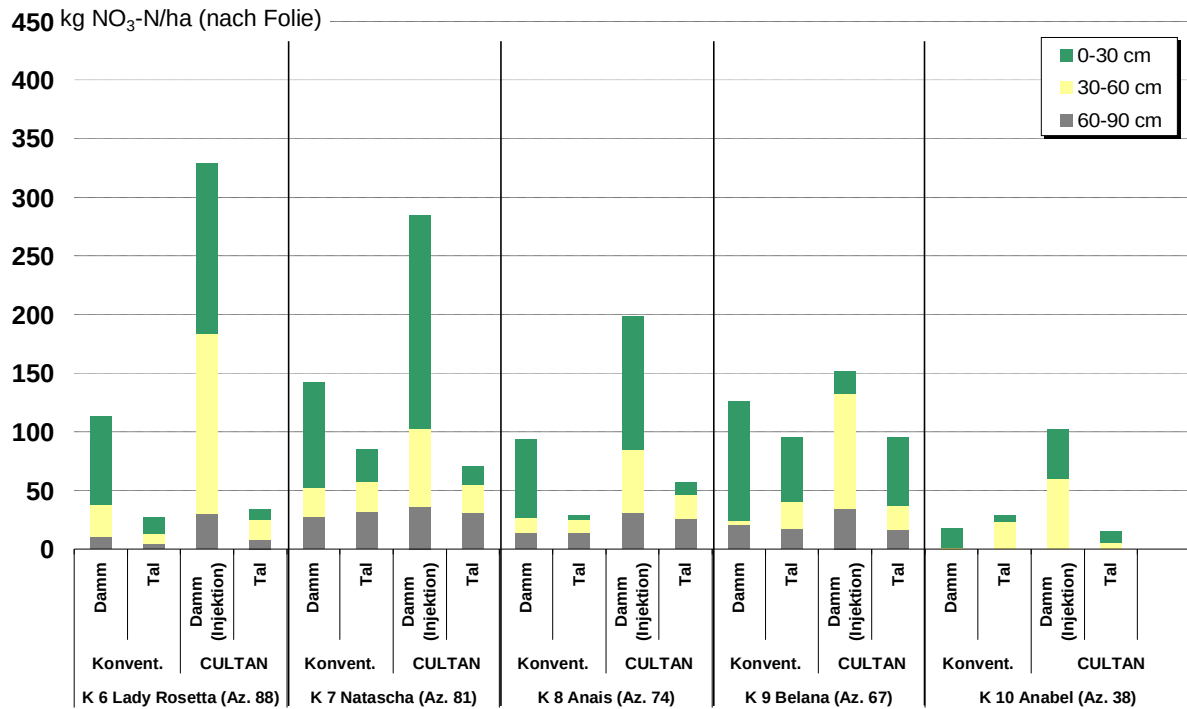


Abbildung 35: Nitratgehalte bzw. -konzentrationen nach Folienentfernung an 5 Orten in 2010

Die Nitratreste nach der Ernte im Jahr 2010 lagen im Mittel der fünf Orte auf einem ähnlichen Niveau wie im Vorjahr bei den fünf anderen Flächen (Abbildung 36). Die CULTAN-Parzellen hatten tendenziell wieder höhere Werte in 0-90 cm, da vor allem die oberste Schicht und im Unterschied zu 2009 auch die mittlere Schicht (von 30-60 cm) höhere Gehalte aufwies.

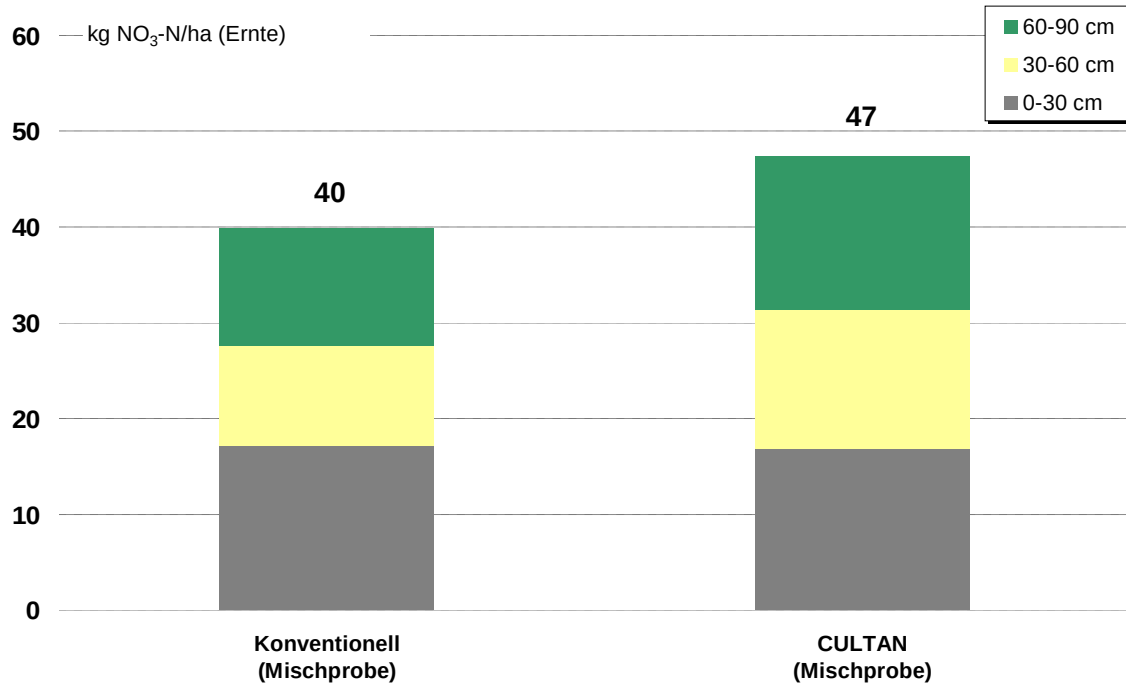


Abbildung 36: Nitratgehalte nach Ernte der Kartoffel im Mittel der 5 Orte im Jahr 2010

Nach der Ernte 2010 unterschieden sich die einzelnen Orte anders untereinander als im Vorjahr, mit Ausnahme des Ortes K 6 mit der Kartoffelsorte ‚Lady Rosetta‘, der an einem besseren Standort wiederum die niedrigsten Werte aufwies (Abbildung 37). Mit abnehmender Bodengüte nahmen die Gehalte von K 9 zu K 10 in 0-90 cm ab, am Ort K 10 waren die Nitratgehalte in der zweiten Schicht höher als in der ersten und an den anderen Orten.

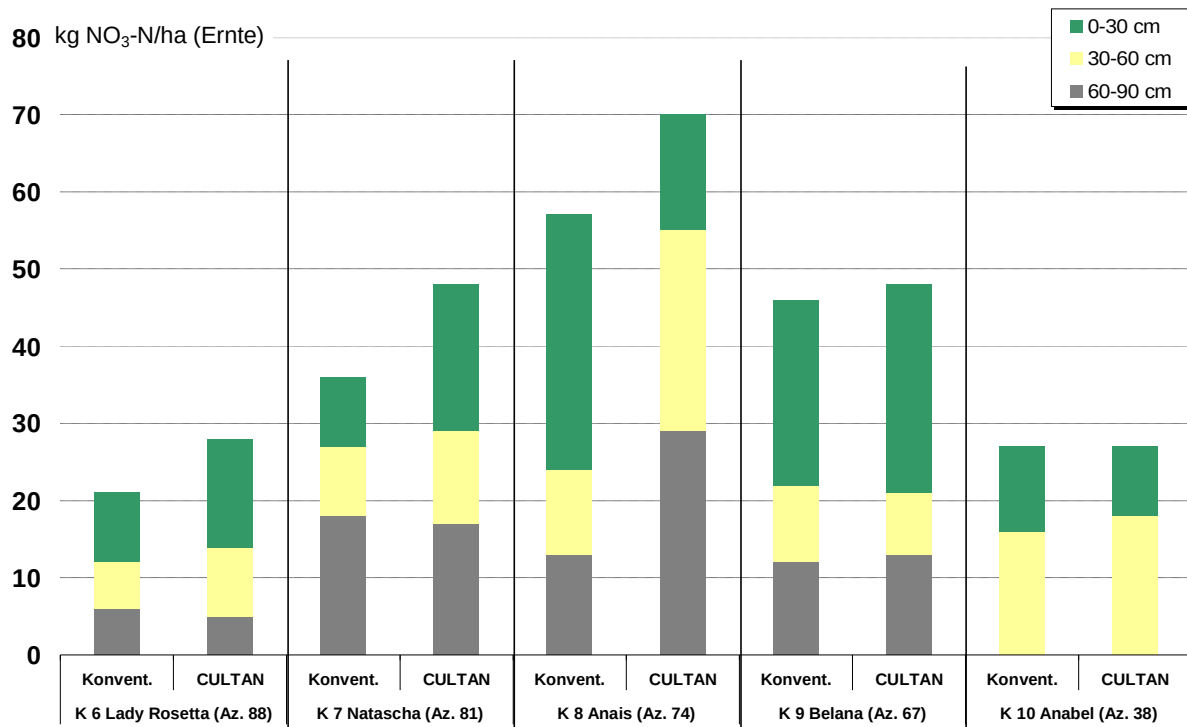


Abbildung 37: Nitratgehalte nach der Ernte auf den fünf Kartoffelflächen im Jahr 2010

3.2.2 Bestandesentwicklung und Erträge

Bei den Bonituren zur phänologischen Entwicklung der Kartoffelbestände ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Düngeverfahren (die Ergebnisse der Bonituren 2009 sind beispielhaft in Anlage 8.13 dargestellt).

Beim visuellen Vergleich zeigten die Kulturen mit platzierter Domamon-Düngung bis zum Blühbeginn in der Regel eine tiefer grüne Blattfärbung und die Bestände waren ausgeglichener. Diese Differenzen verwuchsen sich im weiteren Vegetationsverlauf dann wieder. Bei den Bestandesdichten, erhoben nach der Blüte, ergaben sich bei unterschiedlich gedüngten Beständen mit ca. 40.200 Pflanzen/ha ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Düngeverfahren. Im Bezug auf die Blattkrankheiten konnten bei praxisüblich durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen in beiden Jahren keine bedeutenden Unterschiede festgestellt werden (wie sie teilweise bei reiner Ammoniumdüngung berichtet werden). Nur bei mittelfrühen Kartoffeln konnte auf Parzelle K 1 in 2009 einmalig ein leicht höherer, aber ebenfalls nur mäßiger Befall bonitiert werden.

Die Knollenerträge wiesen im Jahr 2009 im Mittel der 5 Orte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Stickstoffdüngungsverfahren auf (Abb. 38). Das Ertragsni-

veau war auf den beiden Standorten mit den schwächeren Ackerzahlen und der Sorte ‚Berber‘ deutlich geringer. An den einzelnen Orten waren die Erträge der CULTAN-Parzellen den Erträgen der konventionell gedüngten Parzellen teilweise überlegen und teilweise unterlegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass an den 5 Orten mit Ausnahme von K 4 und K 5 unterschiedliche Sorten angebaut wurden. Der Knollenansatz war im Mittel der Orte bei den CULTAN-Parzellen signifikant höher.

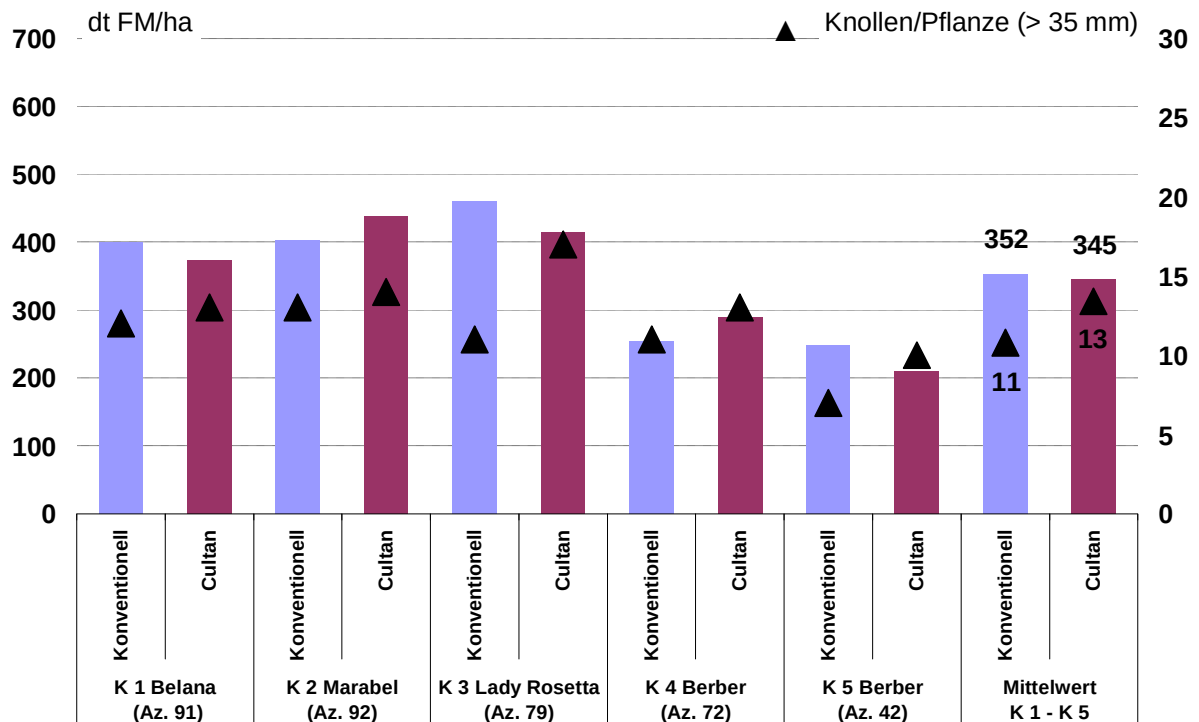


Abbildung 38: Erträge und Knollenzahl der Kartoffel an 5 Orten 2009

Der höhere Knollenansatz, der bei der vorab durchgeführten Einzelpflanzenrodung festgestellt wurde, bedeutete zwar eine signifikant höhere Knollenzahl mit Untergröße bei CULTAN aber auch eine um zwei Knollen signifikant höhere Knollenzahl pro Pflanze bei der Handrodung (Abbildung 38). Die unmittelbar danach maschinell geernteten Knollen zeigten bei der Sortierung in der Klasse > 30/35 mm eine etwas höhere Knollenzahl bei CULTAN, der Unterschied war statistisch betrachtet wieder nicht signifikant (Tabelle 14).

Im Jahr 2010 lagen die Erträge auf den gegenüber 2009 gewechselten Versuchsflächen bei den CULTAN-Varianten im Mittel der fünf Orte um 27 Dezitonnen Frischmasse pro Hektar höher als bei den konventionell gedüngten Varianten (Abbildung 39). Die Zahl der gebildeten Knollen pro Pflanze war in beiden Düngungsvarianten gleich. Beim Vergleich zwischen den einzelnen Orten war das Ertragsniveau mit Ausnahme des Standortes K 9 recht ausgeglichen.

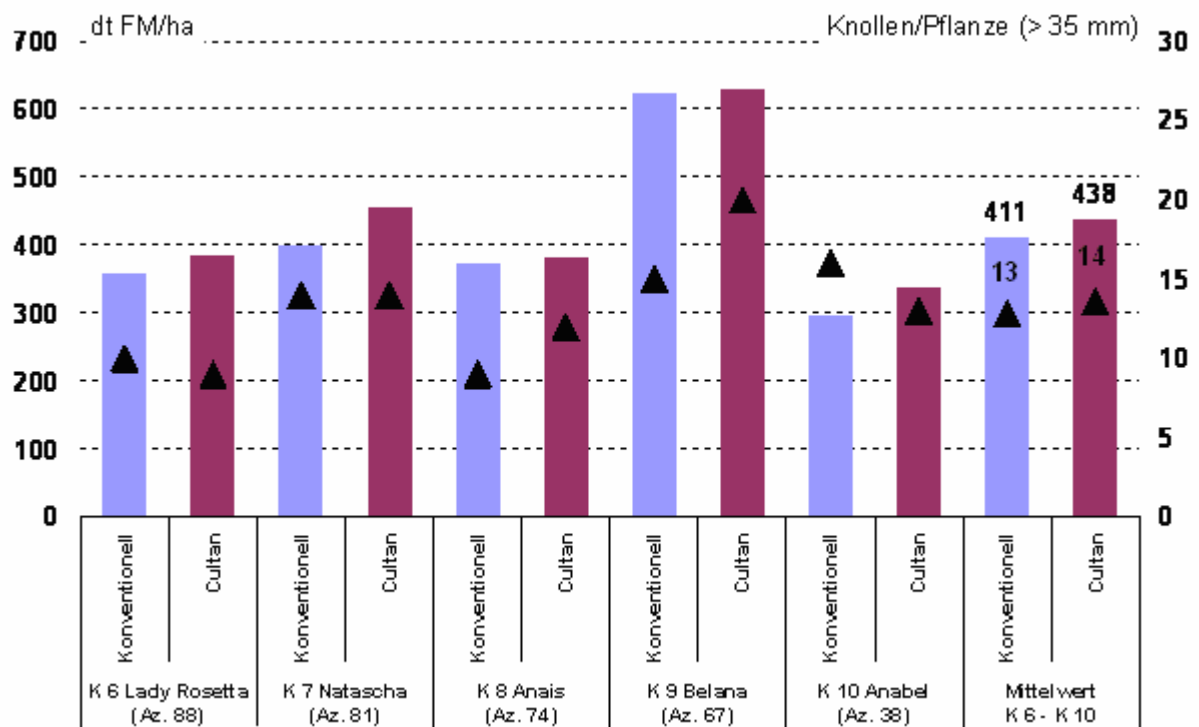


Abbildung 39: Erträge und Knollenzahl der Kartoffel an 5 Orten 2010

Hinsichtlich der Knollenbildung und Sortierung unterschieden sich die Düngungsvarianten im Jahr 2010 nicht voneinander, wohl aber die Orte mit den fünf verschiedenen Kartoffelsorten (Tabelle 16, folgende Seite).

Im Bezug auf die Kartoffelqualität zeigte bei den Untersuchungen im Jahr 2010 bei fünf unterschiedlichen Sorten an den fünf Standorten ein ähnliches Bild wie im Jahr 2009. Es gab keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten bei den Inhaltsstoffen Wasser, Stärke, Gesamt-Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium (Tabelle 17, folgende Seite).

3.2.3 Nitratauswaschung

Die Anbaubedingungen der Kartoffelschläge sind aufgrund der variablen Marktanforderungen nicht so einheitlich wie im Mais: Die Kartoffeln wurden auf den unterschiedlichen Feldern zu unterschiedlichen Zeitpunkten gepflanzt und geerntet, der Anbau erfolgte teilweise mit und teilweise ohne Folie oder Bewässerung und es folgten unterschiedliche Kulturen innerhalb des Messzeitraumes für die Nitratauswaschung.

In beiden Untersuchungsjahren wurden die SIA zum jeweils gleichen Zeitpunkt erstmalig eingebaut und endgültig ausgebaut (Tabelle 9). Der Austausch der SIA im Sommer/Herbst erfolgte jedoch in Abhängigkeit von der Fruchtfolge zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Der Messzeitraum für das zweite Anbaujahr begann vor dem Legen der Kartoffeln und umfasst daher deutlich mehr als ein Jahr (Ende November 2009 bis Anfang März 2011). Daraus ergeben sich folgende Einschränkungen bei der Bewertung der Nitrat-N-Auswaschungen:

- Die Höhe der Nitrat-N-Auswaschung ist nicht nur von N-Überschüssen der Kartoffeln, sondern auch der Folgefrüchte und (im Anbaujahr 2010) auch von der vorherigen Kultur abhängig.
- Es können nur die Jahressummen miteinander verglichen werden, nicht jedoch die einzelnen Messperioden.

Die mittlere Nitrat-N-Auswaschung lag unter Kartoffel etwa doppelt so hoch wie unter Mais. Dies hat verschiedene Gründe: Kartoffeln werden häufig bewässert, daher können Nitratüberschüsse leichter mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden. Zudem ist bei dieser Hackfrucht durch die verstärkte Bodenbearbeitung eine verstärkte Mineralisierung zu erwarten. Schließlich war für das Versuchsjahr 2010 die Messperiode deutlich länger als ein Jahr (s.o.), wodurch auch die Nitratverlagerung über mehr als ein Jahr erfasst wurde.

Im Anbaujahr 2009 ergaben sich bei betriebsüblicher Düngung keine signifikanten Unterschiede in der Nitratauswaschung zwischen dem CULTAN-Verfahren und konventioneller Düngung auf der jeweiligen Fläche (Abbildung 40). Auch innerhalb der späten Sorten (ohne Folie und ohne Beregnung; K 1 und K 2) bzw. innerhalb der frühen Sorten (mit Folie und Beregnung; K 3 bis K 5) bestanden keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten.

Im Anbaujahr 2010 wurde auf K 9 aus der CULTAN-Variante signifikant mehr Nitrat ausgewaschen. Ansonsten unterschieden sich CULTAN und konventionelle Düngung ebenfalls nicht signifikant voneinander. Erneut ergaben sich auch keine statistisch nachweisbaren Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Managementmaßnahmen (Pflanztermin, Bewässerung, Folie).

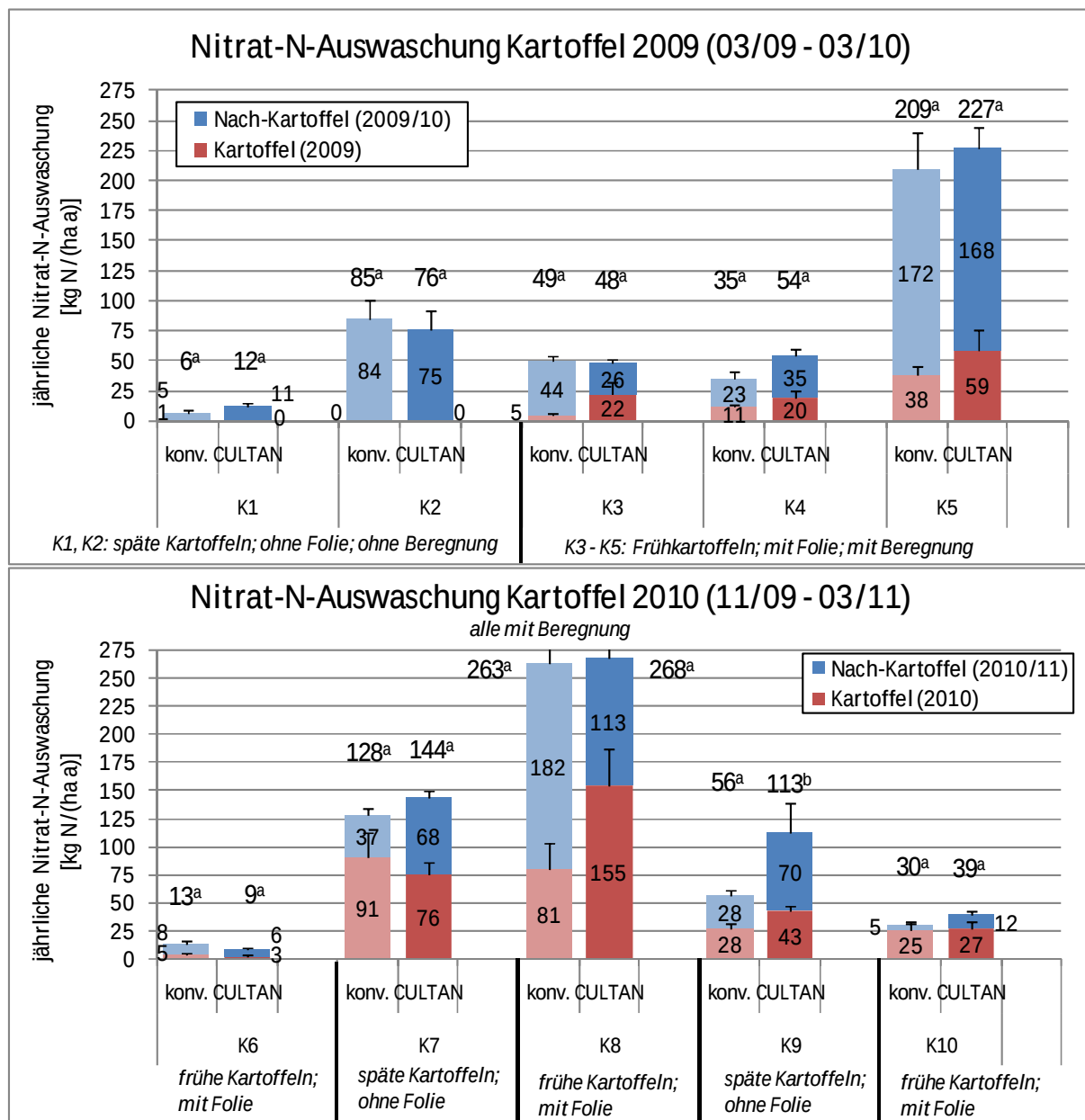


Abbildung 40: Jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den einzelnen Schlägen der Kartoffelstandorte.*)

*) signifikante Unterschiede auf der jeweiligen Fläche ($p < 5\%$) sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Die mittlere Nitratauswaschung lag bei CULTAN mit 98 kg N/ha um 10 kg N/ha höher als bei den konventionell gedüngten Streifen (88 kg N/ha), jedoch nicht signifikant (Abbildung 41).

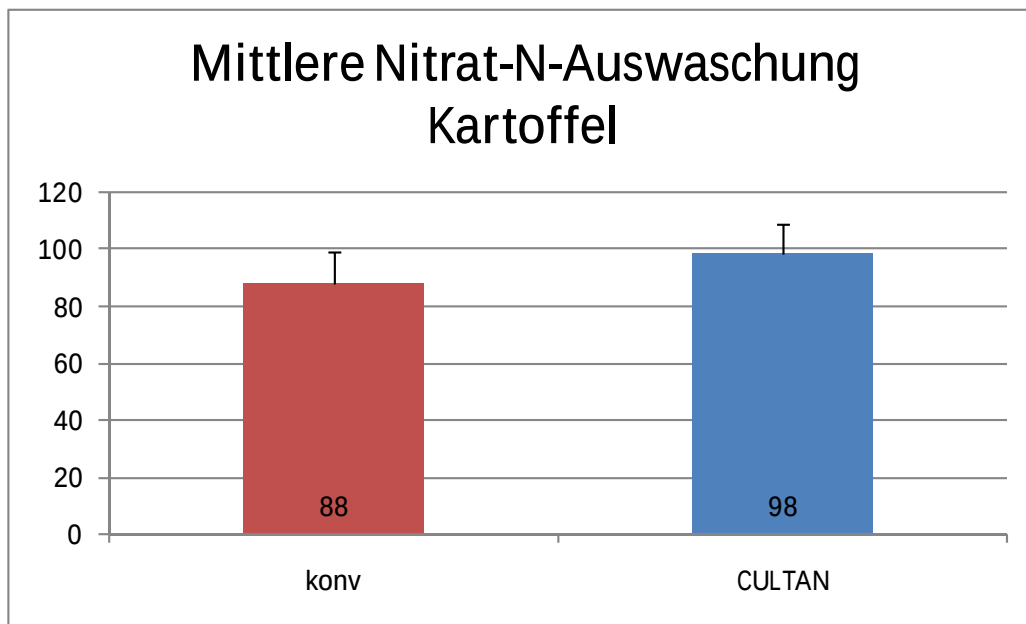


Abbildung 41: Gesamte Nitrat-N-Auswaschung aus den Schlägen der Kartoffelstandorte.*)

*) keine signifikanten Unterschiede ($p < 5\%$) zwischen den beiden Varianten

Aufgrund der heterogenen Standort- und Anbaubedingungen wurde auch hier eine Normierung der Nitrat-N-Auswaschung vorgenommen (Abbildung 42). Die 18 %-ige Erhöhung der Nitratauswaschung unter CULTAN ist nicht signifikant.

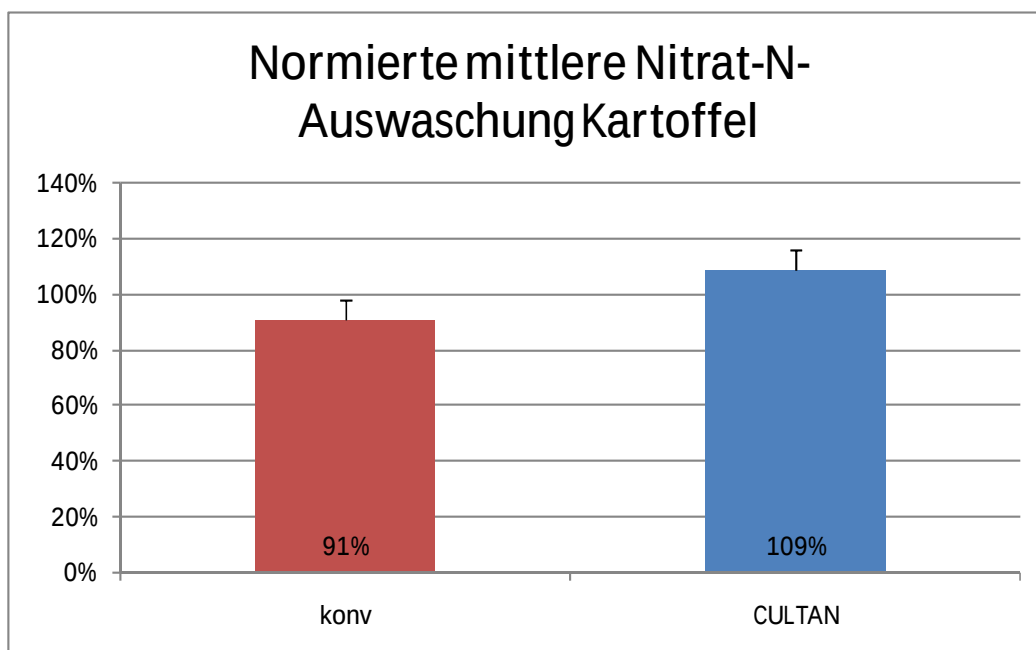


Abbildung 42: Normierte, mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschungen aus den Schlägen der Kartoffelstandorte. *)

*) keine signifikanten Unterschiede ($p < 5\%$) zwischen den beiden Varianten.

Der Einsatz von CULTAN im Kartoffelanbau beeinflusste bei betriebsüblicher Düngungshöhe demnach die Nitrat-N-Verluste mit dem Sickerwasser nicht signifikant. Für die tendenziell höheren N-Verluste in der CULTAN-Variante gibt es verschiedene Erklärungsansätze:

- Möglicherweise war die Kartoffel mit einer eher seitlich ausgreifenden Wurzelanatomie in dieser Zeitspanne nicht in der Lage, das Depot voll zu erschließen.
- Unter Folie herrschen auch höhere Temperaturen. Dies kann zu einer schnelleren Nitrifizierung des Ammoniums im CULTAN-Depot und damit zu einer erleichterten Auswaschung führen.
- Die N-Versorgung der Kartoffeln liegt meist im Bereich des Luxuskonsums. Möglicherweise führt eine Reduzierung des CULTAN-Düngeniveaus auf 80 % zu vergleichbaren Erträgen mit geringeren N-Überschüssen.

Um diese Vermutungen zu belegen und um zu testen, ob ein reduziertes CULTAN-Düngeniveau zu vergleichbaren Erträgen und niedrigeren Nitratauswaschungen führt, sind weitere Versuche nötig.

3.2.4 Grundwasserrelevanz

Die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Kartoffelschläge variierte stark zwischen 12 und 534 mg/L (Abbildung 43). Es war kein Einfluss der Varianten auf die Konzentration zu erkennen. Die Messperiode der Anbauphase 2010 war länger als ein Jahr, wodurch die Nitratkonzentration etwas überschätzt wurde.

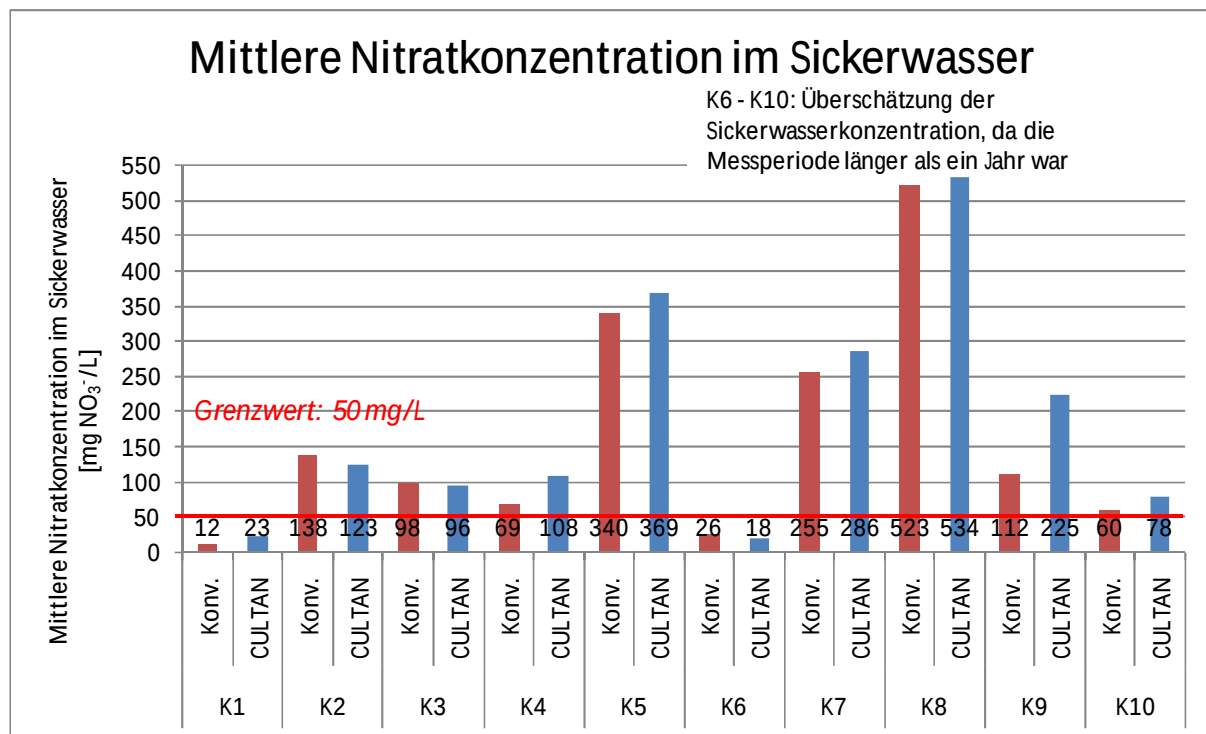


Abbildung 43: Mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser der Kartoffelstandorte (K1 bis – K5: 2009; K6 bis K10: 2010).

Im Jahr 2009 betrug die Messperiode genau ein Jahr, so dass die Sickerwasserkonzentration korrekt berechnet werden konnte. Lediglich für K 10 wurde in beiden Varianten der Grenzwert unterschritten (12 bzw. 23 mg/L). Der Boden dieses Schläges hat sich aus Löss entwickelt und besitzt daher eine hohe Wasserspeicherkapazität. Auf den vier anderen Schlägen K 2 bis K 5 wurde der Trinkwassergrenzwert mit Konzentrationen von 69 bis 369 mg/L zum Teil um ein Vielfaches überschritten. Verschiedene Faktoren dürften dazu beigetragen haben: Die nutzbare Feldkapazität war auf den Flächen K 3 bis K 5, die sich aus alluvialen Kiesen entwickelt haben, niedriger, so dass Nitratüberschüsse - insbesondere in Verbindung mit Bewässerungsmaßnahmen - schneller ausgewaschen werden. Der Anbau weiterer Kulturen nach der Kartoffelernte kann zu weiteren N-Überschüssen führen, die ausgewaschen werden können.

Im Jahr 2010 wurde die Nitrat Auswaschung über mehr als 15 Monate gemessen. Die berechneten Konzentrationen überschätzen die tatsächlichen daher. Berücksichtigt man diese Überschätzung, lag die Nitratkonzentration von mindestens drei Flächen (K 7 bis K 9) erneut deutlich über dem Grenzwert. Lediglich das Sickerwasser aus dem Lössstandort K 6 unterschritt sicher den Grenzwert.

Die N-Überschüsse im Kartoffelanbau führten dazu, dass die gefundene Nitratkonzentration im Sickerwasser meist den Trinkwassergrenzwert überschritt. Lediglich auf einem Teil der Lössstandorte wurde eine zufriedenstellende Qualität des Sickerwassers erreicht.

3.2.5 N-Bilanz und Humusbilanz

Für den Schlag K 1 wurde in 2009 eine N-Bilanz erstellt. Auf diesem Schlag folgte nach späten Kartoffeln ohne Beregnung keine weitere Kultur, so dass sämtliche N-Einträge über Düngung und N-Entzüge über das Erntegut während der Messdauer der SIA (März 2009 bis März 2010) bekannt sind. In die Bilanz ging die Nitrat Auswaschung des gesamten Zeitraumes ein, da Nitratüberschüsse, die während des Sommers entstanden sind, häufig erst während der folgenden Sickerperiode im Winterhalbjahr ausgewaschen werden.

Das Ergebnis der Bilanzierung zeigt, dass sich in beiden Varianten die Düngung und die Entzüge mit dem Erntegut mit jeweils ca. 90 kg N/ha in etwa ausgleichen. Als Verlust kamen die N-Auswaschungen hinzu, so dass sich eine negative N-Bilanz von 18 kg N/ha (konventionelle Düngung) bzw. 29 kg N/ha (CULTAN-Düngung) ergab (Abbildung 44). Der Kartoffelanbau auf diesem Lössschlag war demnach mit einem geringen Netto-N-Entzug aus dem Boden verbunden.

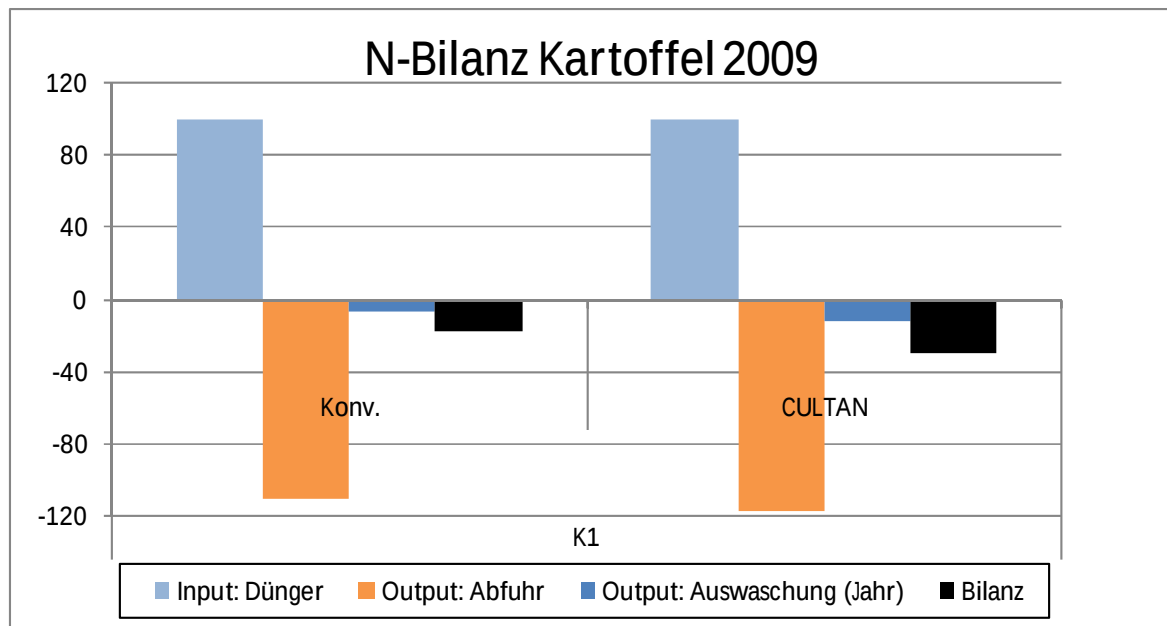


Abbildung 44: N-Bilanz für den Kartoffel-Schlag K1 im Jahr 2009 (Dünger, Abfuhr durch Ernte und Auswaschung).

Eine vollständige Bilanz konnte für die anderen Kartoffelversuchsflächen nicht sinnvoll erstellt werden. Dies hatte zwei Ursachen:

- Auf den meisten Schlägen folgte eine weitere Kultur, zu der weder Dünge- noch Ertragsdaten erfasst wurden, die jedoch zur N-Auswaschung beigetragen hat.
- Die Messung der Nitratauswaschung der Schläge im Versuchsjahr 2010 begann bereits im November des Vorjahres. Es wurden daher auch die N-Überschüsse der Vorkultur mit erfasst.

3.2.6 Tastversuche mit reduzierter Düngung 2010

Die Tastversuche zur Prüfung einer reduzierten Stickstoffdüngermenge beim CULTAN-Verfahren im Jahr 2010 zeigten an den beiden Standorten K 7 und K 9 unterschiedliche Ergebnisse (Tabelle 18). An dem Standort K 7 mit der Ackerzahl 81 hatte die um 20 % reduzierte CULTAN-Variante denselben Ertrag wie die 100 %N-Variante die deutlich über dem Ertrag der konventionell gedüngten Variante lag. Am Standort K 9 mit der geringeren Ackerzahl 67 war die 80 % -CULTAN-Variante den beiden Düngungsvarianten mit 100 % Stickstoff im Ertrag unterlegen.

Tabelle 18: Kartoffelerträge mit reduzierter CULTAN-Düngung (2 Orte, Tastversuch 2010)

Ort	Verfahren	% N	dt FM/ha	rel. (%)
K 7	Konventionell	100	401	100
Ackerzahl 81	CULTAN	100	455	114
<i>Natascha</i>	CULTAN	80	475	118
K 9	Konventionell	100	625	100
Ackerzahl 67	CULTAN	100	629	101
<i>Belana</i>	CULTAN	80	536	86

3.2.7 Gesamtbewertung CULTAN bei Kartoffel

Die Anwendung des CULTAN-Verfahrens auf zehn Kartoffelversuchsflächen in zwei Versuchsjahren zeigte folgende Ergebnisse und Erkenntnisse:

- mit der vom landwirtschaftlichen Lohnunternehmer und dem Projektteam gefertigten Injektionstechnik für Flüssigdünger konnte bei der Pflanzung das gewünschte Depot unter jeder Kartoffelreihe in der gewünschten Tiefe von ca. 10 cm unter der Knolle platziert werden. Die Platzierung in Kombination mit der Pflanzung stößt jedoch unter Praxisbedingungen an die Grenzen des technisch Machbaren, weil bei diesem Arbeitsgang auch noch Pflanzkartoffeln, flüssiges Beizmittel und Granulat mit ausgebracht werden.
- mit dem praktizierten CULTAN-Verfahren konnten unter Verwendung einer Harnstoff-Ammonium-Sulfat-Lösung langlebige Stickstoffdepots im Boden platziert werden.
- mit dem CULTAN-Verfahren konnten bei gleicher Stickstoffdüngungshöhe im allgemeinen die gleichen Knollenerträge und –qualitäten erzielt werden wie bei konventioneller Düngung; sorten- und standortbedingt kam es allerdings im Einzelfall zu positiven und negativen Ertragsdifferenzen.
- die Versorgung mit Grundnährstoffen wurde durch die platzierte Depotdüngung nicht beeinträchtigt.
- die Nitratkonzentrationen im Bodenprofil waren nach der Ernte geringfügig höher.

Es besteht noch Forschungsbedarf bezüglich einer optimalen Platzierung von Stickstoffdüngern bei Kartoffeln und insbesondere bei den Fragen,

- mit welcher Injektionstechnik ein praxistaugliches Verfahren der Platzierung umgesetzt werden kann?

- ob und in welchem Umfang die Stickstoffdüngungshöhe reduziert werden kann - auch in Abhängigkeit von den Sorten?
- wann der ideale Zeitpunkt für eine Platzierung ist?
- wo das Depot optimal platziert werden kann; evtl. auch im Nachgang zur Pflanzung?
- welchen Einfluss der Ammoniumgehalt des Stickstoffdüngers auf den Erfolg des Verfahrens hat?

Insgesamt führte der Einsatz des CULTAN-Verfahrens bei Kartoffeln zu einer statistisch nicht absicherbaren Erhöhung der Nitratauswaschung um 18 % (normierte Daten). Daher kann der Einsatz von Domamon L26 im CULTAN Verfahren bei gleich hohem Düngenniveau keinen Beitrag zum Grundwasserschutz im Frühkartoffelanbau leisten. Eine Verbesserung der Ausbringungstechnik und eine Reduktion der Düngemenge auf 80 % und / oder eine andere Düngerformulierung könnten möglicherweise auch hier zu einer ertragsneutralen Verringerung von Verlusten und einer Verbesserung der Grundwasserqualität führen.

3.3 Methodenvergleich zur Abschätzung der Nitratauswaschung mit $N_{\min}$ versus SIA Messung

Der $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens im Herbst (0 – 90 cm) wird in Baden-Württemberg herangezogen, um die Nitratauswaschung während der Sickerperiode im Winterhalbjahr abzuschätzen (SchALVO, 2001). Anhand dieser Schätzung werden Ausgleichszahlungen an die Landwirte in Wasserschutzgebieten bemessen.

Auf den Maisschlägen wurden die SIA jeweils kurz nach der Ernte und damit etwa zeitgleich mit der Herbst- $N_{\min}$ -Beprobung gewechselt. Der Wechsel im Frühjahr fand kurz vor der Maisaussaat statt. Die Messperiode während der Nach-Vegetation im Winterhalbjahr deckt sich daher mit der Phase der Sickerperiode.

Die gewählte Versuchsanordnung im Mais bietet sich daher an, um zu überprüfen, inwiefern die $N_{\min}$ -Methode geeignet ist, die tatsächliche N-Auswaschung aus den Maisschlägen im Projekt abzuschätzen.

In Abbildung 45 wurde dem Herbst- $N_{\min}$ -Wert aus jeder Variante aller drei Versuchsjahre die entsprechende tatsächlich gemessene N-Auswaschung zugeordnet. Wenn die $N_{\min}$ -Beprobung die Auswaschung richtig vorhersagt, müssten die Punkte etwa auf der 1:1-Linie liegen.

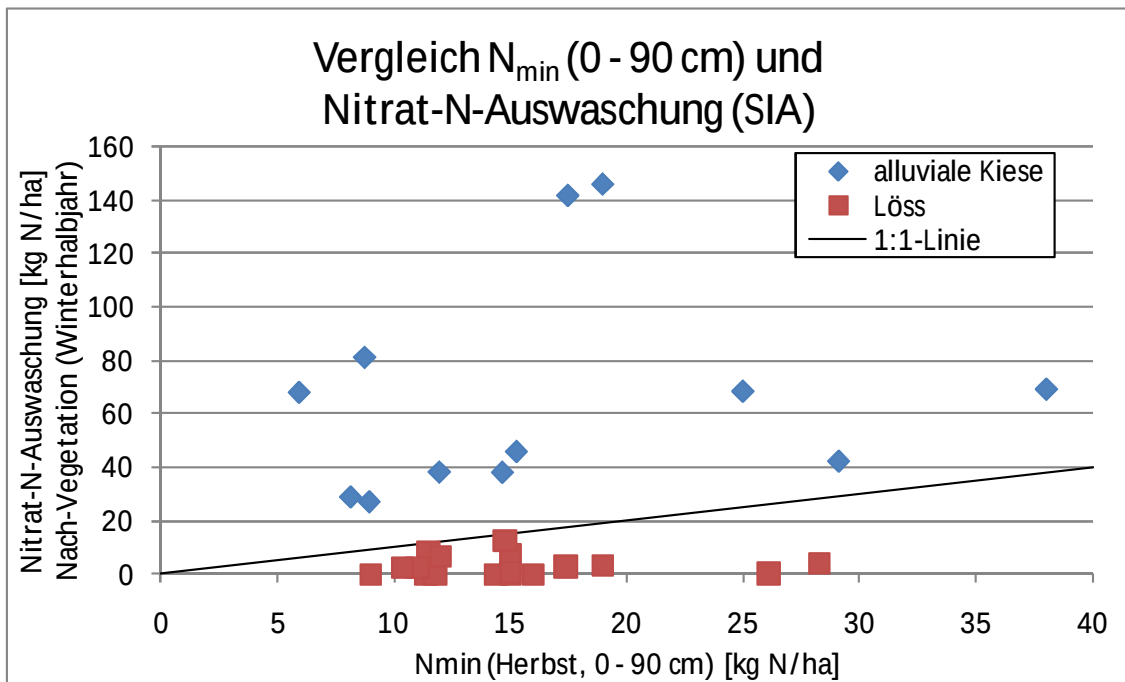


Abbildung 45: Vergleich der hebstlichen $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen bei Mais

Zwischen den gemessenen Nitratauswaschungen (SIA) und den Herbst- $N_{\min}$ -Proben der **alluvialen Kiese** bestand lediglich ein schwacher linearer Zusammenhang (Abbildung 46), so dass die $N_{\min}$ -Methode in diesem Fall nicht zur Abschätzung potenzieller Nitratverluste dienen kann.

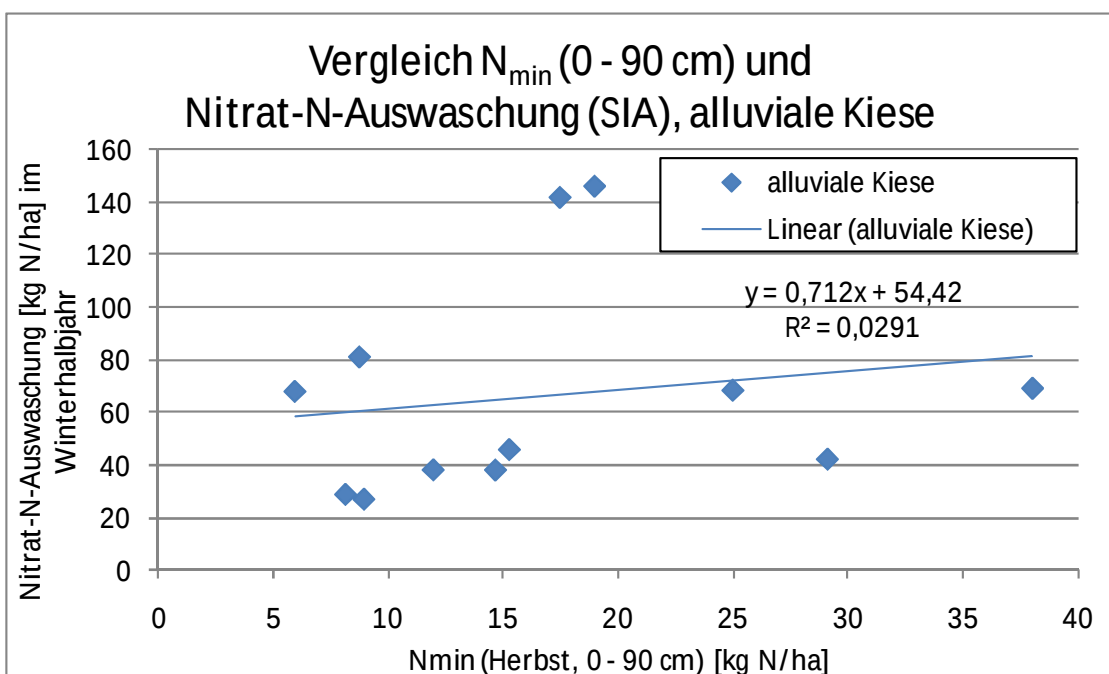


Abbildung 46: Vergleich $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen bei Mais: *)

*) lineare Regression für die alluvialen Kiese (nicht signifikant).

Aus den Standorten, die sich aus **Löss** entwickelt haben, wurde meist deutlich weniger Stickstoff ausgewaschen, als anhand des $N_{\min}$ -Wertes vorhergesagt wurde. Die hohe Feldkapazität dieser Böden führt dazu, dass die Niederschläge im Winterhalbjahr größtenteils in den obersten 100 cm gespeichert werden und nur zu einem geringen Teil in die Tiefe versickern. Durch diese Transportlimitierung verblieb auch ein (großer) Teil des $N_{\min}$ in den obersten 100 cm und konnte von der folgenden Kultur genutzt werden. Dass die Sickerung auf diesen Standorten nur gering ausfiel, ließ sich unter anderem daran erkennen, dass die Profile beim Wechsel der SIA im April unterhalb von ca. 60 cm meist vollkommen trocken waren. Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen von Lössstandorten in anderen Wasserschutzgebieten, in denen die N-Auswaschung im Winterhalbjahr ebenfalls wasserlimitiert war und in denen die Nitratauswaschung deutlich niedriger lag, als mit der $N_{\min}$ -Beprobung prognostiziert worden war (TerrAquat, 2007).

Zwischen den gemessenen Nitratauswaschungen (SIA) und den Herbst- $N_{\min}$ -Proben der Lössstandorte bestand keinerlei Zusammenhang (Abbildung 47), so dass die $N_{\min}$ -Methode in diesem Fall ebenfalls nicht zur Abschätzung der Nitratverluste dienen kann.

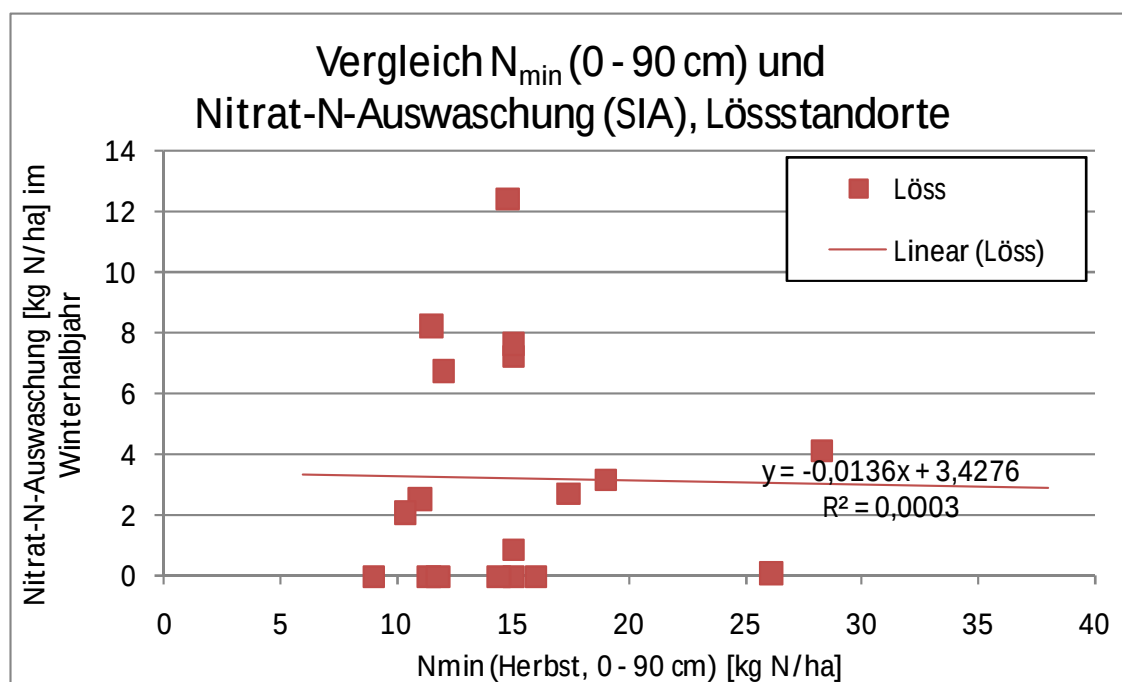


Abbildung 47: Vergleich $N_{\min}$ -Werte mit Nitrat-N-Auswaschungen (Mais).*)

*) lineare Regression für die Lössstandorte (nicht signifikant).

Die $N_{\min}$ -Methode ist demnach unter den Projektbedingungen nicht geeignet, die N-Auswaschung im Winterhalbjahr korrekt vorherzusagen:

- Auf Standorten mit hoher Wasserleitfähigkeit und einer langen Brachezeit im Winter wird mit der $N_{\min}$ -Methode eine **zu geringe N-Auswaschung** vorhergesagt, da durch Mineralisierungsprozesse weiterer Stickstoff ausgewaschen werden kann.
- Auf Standorten mit hoher Wasserspeicherefähigkeit (Feldkapazität) wird mit der $N_{\min}$ -Methode eine **zu hohe N-Auswaschung** vorhergesagt, da eine geringe Wassersickerung zu einer Transportlimitierung der Austräge führt.

Demnach stellt sich die Frage, ob die $N_{\min}$ -Methode zum SchALVO-Termin das geeignete Instrument ist, um die Belastung von Grundwasserkörpern abzuschätzen und die Ausgleichszahlungen an Landwirte zu bemessen.

Eine entsprechende Auswertung der Daten aus den Kartoffelschlägen war aufgrund der unterschiedlichen Fruchtfolgen, $N_{\min}$ -Probenahmeterminen und vor allem aufgrund der variierenden Termine für den SIA-Wechsel nicht möglich.

4 Bewertung und Schlussfolgerungen

Die Platzierung eines flüssigen Stickstoffdüngers nach den CULTAN-Verfahren in **Mais** wurde vom Lohnunternehmer im Projekt mit einem selbst konstruierten Injektionsgerät durchgeführt. Für den schleppergebundenen Transport, die Zuführung zum Injektionsgerät und für die exakte Dosierung wurde serienreife Pflanzenschutzmitteltechnik verwendet. Mit der eingesetzten Technik konnte die Platzierung bei der Aussaat des Maises in jeder zweiten Maiszwischenreihe, in der gewünschten Bodentiefe und Düngungshöhe im Versuchsmaßstab durchgeführt werden. Für eine weite Verbreitung des CULTAN-Verfahrens in der Praxis fehlen jedoch noch geeignete serienreife Injektionstechniken. Bei Ertrag und Qualität des Maiskornes gab es durch die Platzierung keine Einbußen gegenüber der konventionellen Stickstoffdüngung, sondern tendenziell sogar Vorteile. Die im Projekt durchgeführte CULTAN-Düngung mit Unterfußdüngung und damit in gleicher Düngungshöhe wie bei konventioneller Düngung hatte keine ökonomischen Vorteile bei den Düngerkosten. Die möglichen arbeitswirtschaftlichen Vorteile der CULTAN-Düngung durch Einsparung eines zusätzlichen Arbeitsganges für die Stickstoffdüngung waren nicht Gegenstand der Untersuchungen. Die Umsetzung der Platzierung in die Praxis nach Projektende scheitert vor allem daran, dass die Kombination von Aussaat, Unterfußdüngung und CULTAN-Düngung in einem Arbeitsgang an die Grenzen der Praktikabilität stößt. Erste Tastversuche mit reduzierter Stickstoffdüngermenge von circa 80 % und mit Verzicht auf die Unterfußdüngung waren sehr vielversprechend und sind von großer praktischer Relevanz.

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser der alluvialen Kiese war vermutlich auch aufgrund von Mineralisierungsprozessen nach einer Absenkung des Grundwasserspiegels hoch (155 mg/L) und überschritt den Trinkwassergrenzwert um das 3-fache. Durch den Einsatz des CULTAN-Verfahrens konnte die Konzentration auf diesem hohen Niveau um 21 mg/L gesenkt werden. Die Konzentration im Sickerwasser der Lössstandorte lag mit 21 mg/L unter dem Grenzwert, wenn man die modellierten Werte (LUBW, 2007) zu Grunde legt. Insgesamt konnte mit dem CULTAN-Verfahren der Nitratverlust um 21 % gesenkt werden. Damit kann der Einsatz von CULTAN im Mais bei betriebsüblicher Düngungshöhe zu einer deutlichen Verringerung der Nitratkonzentration im Sickerwasser und damit zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität beitragen.

Die im Projekt entwickelte und vom Lohnunternehmer für **Kartoffel** gefertigte Injektionschar zur Platzierung eines Stickstoffdüngerdepots ca. 8-10 cm unter der Kartoffelknolle erwies sich als funktional. Eine genaue Dosierung der Düngermenge konnte mit handelsüblicher Pflanzenschutztechnik ebenfalls erzielt werden. Nach zwei Versuchsjahren auf unterschiedlichen Standorten kann gefolgert werden, dass der Knollenertrag bei einer CULTAN-Düngung in gleicher Stickstoffdüngungshöhe im Erntejahr 2009 identisch war mit der konventionellen Stickstoffdüngung. Bei gleichem Ertrag hatten die CULTAN-Varianten bei der Handbeprobung einen signifikant höheren Knollenansatz (> 30/35 mm) je Pflanze. Hinsichtlich der Inhaltsstoffe der Knollen gab es keine Unterschiede zwischen den beiden

Düngungsverfahren. Bei der Ernte im Jahr 2010 war der Knollenertrag bei der CULTAN-Düngung signifikant höher, hinsichtlich Knollenansatz und –qualität gab es wieder keine Unterschiede.

Für die praktische Umsetzung der CULTAN-Düngung nach Projektende gibt es im Kartoffelanbau vor allem drei Hemmnisse:

- das Eigenbau-Injektionsschar ist nicht im Handel erhältlich und wird nicht von jedem interessierten Landwirt hergestellt werden können,
- die Kombination der Düngung mit der Pflanzung bedeutet, dass auf der Pflanzmaschine neben den Pflanzkartoffeln ein Behälter für das flüssige Beizmittel der Knollen, das Granulat gegen den Drahtwurm und den Flüssigdünger mitgeführt werden muss. Dies stößt bei den verwendeten Pflanzmaschinen, wie sie die Kartoffelanbauer meist selbst besitzen, an die Grenzen der Machbarkeit, sowohl in technischer, als auch in logistischer und organisatorischer Hinsicht,
- ohne Reduzierung der Düngungshöhe, die im Projekt aus Kapazitätsgründen nicht eingehend untersucht werden konnte, fehlt der entscheidende Anreiz für den Landwirt.

Auf den Kartoffelflächen wurden im Schnitt um 18 % höhere N-Verluste in der CULTAN-Variante festgestellt. Da diese statistisch nicht signifikant über denen der konventionellen Düngung lagen, kann zumindest gesagt werden, dass sich mit der erprobten CULTAN-Technik und dem 100% Düngerniveau keine Verbesserungen erzielen ließen. Für eine mögliche Verbesserung wären erhebliche Veränderungen nötig. Es bleiben auch prinzipielle Unterschiede zum Mais erhalten: Die meist intensivere Bodenbearbeitung, Bewässerung, andere Wurzelmorphologie und abweichende Nährstoffaufnahme stellen noch zu klärende Fragen dar auf dem Weg zum Einsatz bei der Kartoffel.

Bei den im Projekt vorliegenden Dünge- und Ertragsniveaus sowie der offensichtlich recht starken Nachlieferung von Stickstoff aus dem Humus der alluvialen Kiesstandorte waren die Sickerwasserkonzentrationen von Nitrat mit ca. 140 mg/L (Mais) und 170 mg/L (Kartoffel) ungünstig für die Trinkwassernutzung des Grundwassers und tragen zur Eutrophierung von Grund- und Oberflächenwasser bei.

Auch hier kann die weitere Erprobung der in den Tastversuchen ausgebrachten 80 %-Düngung einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Qualität der Grundwasserneubildung leisten. Unberücksichtigt bleibt bei dieser Betrachtung eine mögliche ‚Selbstreinigung‘ in der ungesättigten Bodenzone oder dem Grundwasserkörper durch Denitrifikation. Dies war nicht Gegenstand der Untersuchungen.

5 Ausblick und offene Fragen

Aus den Tastversuchen bei Mais und Kartoffel ergaben sich erste Hinweise darauf, dass beim Einsatz des CULTAN-Verfahrens das Düngenniveau abgesenkt werden kann, ohne dass ein Rückgang der Erträge zu befürchten ist. Hier besteht das Potenzial, dass einerseits die Grundwasserbelastung durch den Maisanbau weiter verringert werden kann und andererseits auch im Kartoffelanbau die Nitratkonzentration im Sickerwasser gesenkt werden können. Hierzu sind weitere Versuche nötig.

Insbesondere der Anbau auf den alluvialen Kiesstandorten lässt aus Sicht des Grundwasserschutzes noch viele Fragen offen. Es wäre wünschenswert, die Nachlieferung aus dem Humusabbau nach Trockenlegung zu quantifizieren und sie ggf. beim Düngenniveau zu berücksichtigen.

Ebenso gibt es erheblichen Forschungsbedarf beim Anbau von Kartoffeln. Allein die Sorten- und Anbauvariabilität in der Praxis erfordern hier einen größeren Aufwand, als er vom abgeschlossenen Projekt geleistet werden konnte.

Es bleiben aber auch prinzipielle Fragen offen, die auf die Verträglichkeit von CULTAN mit Bewässerungskulturen und/oder gehackten und intensiv bearbeiteten Kulturen zielen. Ob im Umkehrschluss eine Anwendung in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung besonders vielversprechend ist, bleibt ebenfalls zu erarbeiten.

Für die Umsetzung der Platzierung von flüssigen Stickstoffdüngern in die Praxis der Maisdüngung sind vor allem die Fragen nach der Düngungshöhe bzw. Notwendigkeit der Unterfußdüngung und die Verfügbarkeit einer praxistauglichen und großflächig einsetzbaren serienreifen Injektionstechnik für größere Bodentiefen als in Getreide üblich zu klären. Bei einem optimierten CULTAN-Verfahren sind zukünftig auch noch die ökonomischen Vorteile gegenüber einer konventionellen Düngung zu klären.

Für die zukünftige Einführung des CULTAN-Verfahrens müssen demgemäß vor allem folgende Aspekte geklärt werden:

- kann den Landwirten eine serienreife und praxistaugliche Injektionstechnik für flüssige und feste Dünger zur Verfügung gestellt werden?
- kann die Stickstoffdüngungshöhe reduziert werden, und wenn ja in welchem Umfang?
- wie und mit welchen Stickstoffformulierungen kann der Stickstoffdünger in einem separaten Arbeitsgang vor- oder nach der Pflanzung optimal platziert werden?

6 Öffentlichkeitsarbeit

Nachfolgend sind die Daten zu wesentlichen Veranstaltungen und Präsentationen aufgelistet, in deren Rahmen bereits im Verlauf des Projektes Zwischenergebnisse der Öffentlichkeit vorgestellt wurden.

Datum	Veranstaltungen/ Veröffentlichungen
26.06.2009	ITADA-Rundfahrt für französische Berater, Landwirte, Journalisten: CULTAN-Versuch Mais und Kartoffel 2009 (Versuchsbesichtigung)
11.-13.09.2009	„Euromais 2009“, Ostheim (Elsass): CULTAN-Projekt Mais (Infostand)
19.01.-15.03.2010	„Investitionen in die Zukunft“, Präsentation ausgewählter Projekte des Innovationsfonds, badenova: CULTAN-Projekt: Präzise Stickstoffdüngung (Infostand)
09.-10.02.2010	Internationales Symposium „Stand der Injektionsdüngung“, Julius Kühn Institut, Braunschweig. Neue Wege der Stickstoffdüngung bei Mais und Kartoffel – mehr Effizienz für Landwirtschaft und Umwelt mit dem CULTAN-Verfahren (2 Vorträge)
24.02.2011	„Maistagung“ des Regierungspräsidiums Freiburg, Landwirtschaftliches Bildungszentrum Hochburg, Emmendingen: CULTAN-Düngung – Ergebnisse des CULTAN-Projektes Mais 2008-2010 (Vortrag)
Oktober 2011	Veröffentlichung von Projektergebnissen in der Fachpresse Schwarz, A.; Bischoff, W.-A.; Maier, J.; Müller-Sämann, K. (2011): CULTAN-Düngung und Grundwasserschutz - Kann die Nitratauswaschung durch CULTAN-Düngung reduziert werden? gwf-Wasser Abwasser 10/2011, S. 942-950.

7 Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis KLIWA [Hrsg.] (2006): Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland – Abschätzungen der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. KLIWA-Berichte Heft. 9, Karlsruhe, 100 S.
- Beck, W. (2010): Injektionsdüngung von Stickstoff im landwirtschaftlichen Betrieb beim Anbau von Speisekartoffeln. DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück. Tagungsbeitrag Internationales Symposium: Injektionsdüngung. Julius Kühn-Institut, Braunschweig, 9. – 10. Februar 2010.
- Bischoff, W.-A. (2009): Development and Applications of the Self-Integrating Accumulators: A Method to Quantify the Leaching Losses of Environmentally relevant Substances. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 91, Herausgeber: Kandeler, E.; Kuzyakov, Y. Stahr, K. Streck, T. Kaupenjohann, M., Universität Hohenheim, Stuttgart. 145 S.
- BSA [Bundessortenamt] (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuchverlag, Hannover. ISSN 1431 – 1089.
- EU (2003): Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 2019/93, (EG) Nr. 1452/2001, (EG) Nr. 1453/2001, (EG) Nr. 1454/2001, (EG) Nr. 1868/94, (EG) Nr. 1251/1999, (EG) Nr. 1254/1999, (EG) Nr. 1673/2000, (EWG) Nr. 2358/71 und (EG) Nr. 2529/2001
- EU (2004): Verordnung (EG) Nr. 796/2004 der Kommission vom 21. April 2004 mit Durchführungsbestimmungen zur Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, zur Modulation und zum Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem nach der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe; 71 S.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Schnock-Fricke, U., Weber, E., Witzenberger, A. (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein – Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, Heft 44(12) 265 – 270.
- LTZ [Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg] (2009a): Modellierung des N-Austrags im gefährdeten Grundwasserkörper Freiburger Bucht (16.7). Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (Hrsg.), Stuttgart. 124 S.
- LTZ [Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg] (2009b): Modellierung des N-Austrags im gefährdeten Grundwasserkörper Markgräflerland (16.8). Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (Hrsg.), Stuttgart. 126 S.
- LUBW [Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg] (2007): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, 3. Ausgabe (WaBoA digital).
- Maier, J. (2006): Vergleich verschiedener N-Düngungssysteme, Schwerpunkt CULTAN-Düngung. Tagungsband Maistagung am 8. Februar 2006, Hrsg. Regierungspräsidium Freiburg, Emmendingen.

- Marschner, H. (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, London, 2. Auflage, 889 S.
- SchALVO [Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung] (2001): Gesetzblatt für Baden-Württemberg, 28.02.2001.
- Sommer, K. (2001): Erfahrungen mit Ammoniumdepotdüngung (CULTAN-Verfahren), "CULTAN" und Ackerbau ohne Pflug. Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 6/2001:11-16.
- Sommer, K. (2001a): Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN): Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. 1. CULTAN-Workshop, 29.Nov. 2001, Braunschweig (mündl. Mitteilung).
- TerrAquat (2007): Vergleichende Prüfung von CULTAN-Düngung und konventioneller N-Düngung im Main-Tauber-Kreis Auswirkungen auf den Nitrataustrag in das Grundwasser und die Ertrags-/Qualitätsbildung bei Winterraps, Winterweizen und Sommerbraugerste. Endbericht, Frühjahr 2003 bis Frühjahr 2007. Auftraggeber: Wasserversorgungs-Zweckverband Grünbachgruppe. 94 S.

8 Anlagen

8.1 Sicherheitsdatenblatt Domamon L26

DOMO Caproleuna GmbH D-06236 Leuna  + 49 (0) 34 61 / 43 20 77 erstellt am 23. 11. 2000	EG-SICHERHEITSDATENBLATT für DOMAMON® L26	 Seite 1 von 3
--	--	--

1 STOFF-/ZUBEREITUNGS- UND FIRMENBEZEICHNUNG	
Handelsname:	DOMAMON® L26
Hersteller/Lieferant:	DOMO Caproleuna GmbH Am Haupttor, Bau 3101 D-06236 Leuna
Telefon:	+ 49 (0) 34 61 / 43 20 77
Auskunftsgebender:	Ammonsulfat + 49 (0) 34 61 / 43 21 55 Meßwarte + 49 (0) 34 61 / 43 47 12 Fax + 49 (0) 34 61 / 43 30 89 Notruftelefon + 49 (0) 34 61 / 43 44 33
2 ZUSAMMENSETZUNG/ANGABEN ZU BESTANDTEILEN	
<u>Chemische Charakterisierung</u>	
Ammoniumsulfat , Gehalt ca. 28 Gew.-% CAS-Nr. 7783-20-2 EINECS-Nr. 231-984-1	
Harnstoff , Gehalt ca. 30 Gew.-% CAS-Nr. 57-13-6 EINECS-Nr. 200-315-5	
Wasser , Gehalt ca. 42 Gew.-%	
3 MÖGLICHE GEFAHREN	
- gesundheitsschädlich beim Verschlucken - reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut	
4 ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN	
Allgemeine Hinweise:	Verunreinigte Kleidung sofort entfernen.
Nach Einatmen:	Ruhe, Frischluft, ärztliche Hilfe.
Nach Hautkontakt:	Mit Wasser und Seife gründlich abwaschen.
Nach Augenkontakt:	15 Minuten bei gespreizten Lidern unter fließendem Wasser gründlich ausspülen, augenärztliche Nachkontrolle.
Nach Verschlucken:	Sofort Mund ausspülen und reichlich Wasser nachtrinken, ärztliche Hilfe.
5 MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG	
Geeignete Löschmittel: Nicht brennbar.	
6 MASSNAHMEN BEI UNBEABSICHTIGTER FREISETZUNG	
Umweltschutzmaßnahmen: Nicht in größeren Mengen in die Gewässer, Grundwasser oder Kanalisation gelangen lassen. Kleine Mengen mit Wasser abspülen. Abwasser vorschriftsmäßig entsorgen. Verwertung bei Landwirten als Düngemittel möglich.	
Verfahren zur Reinigung/Aufnahme: Größere Mengen in Behälter pumpen; Rest mit saugfähigem Material aufnehmen.	

8.2 Klimadaten nach Stationen und Jahren

8.2.1 Mengen

Klimadaten Mengen 2008

	Temperatur (°C)			Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Ø rel. 2 m	mm
Januar	3,3	13,9	-5,7	88,8	39,2
Februar	3,3	19,2	-9,7	84,9	18,4
März	5,5	22,5	-7,6	80,8	67,6
April	8,8	22,9	-5,6	82,4	153,0
Mai	16,6	28,9	3,8	72,8	80,0
Juni	18,6	34,4	5,8	80,7	71,8
Juli	19,7	35,1	6,0	76,6	59,2
August	18,6	32,1	5,8	80,7	112,6
September	13,2	28,5	-0,5	86,6	108,0
Oktober	10,0	25,3	-2,6	88,0	104,6
November	4,8	17,9	-7,8	88,5	19,8
Dezember	1,0	9,1	-10,2	89,8	62,2
Ø oder Σ	10,3	35,1	-10,2	83	896,4

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

Klimadaten Mengen 2009

	Temperatur (°C)			Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Ø rel. 2 m	mm
Januar	-2,8	11,1	-13,7	90,6	25,0
Februar	0,8	13,9	-9,2	87,5	73,8
März	5,3	14,9	-4,5	77,5	82,6
April	12,7	24,8	0,8	67,1	10,8
Mai	16,7	35,6	0,2	68,3	49,0
Juni	17,6	30,7	3,5	71,1	86,4
Juli	19,5	32,3	8,1	73,1	120,4
August	20,3	37,1	3,7	72,9	18,8
September	15,3	32,6	4,4	80,9	27,0
Oktober	9,3	30,3	-5,1	85,3	83,2
November	8,0	19,9	-3,5	82,8	55,6
Dezember	2,2	13,0	-18,8	86,1	110,8
Ø oder Σ	10,4	37,1	-18,8	79	743,4

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

Klimadaten Mengen 2010

	Temperatur (°C)			Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Ø rel. 2 m	mm
Januar	-1,7	7,9	-10,5	92,3	30,4
Februar	1,9	14,7	-11,4	84,2	35,6
März	5,4	22,2	-7,1	71,9	35,8
April	10,5	28,2	-2,9	68,1	22,6
Mai	12,3	29,6	3,1	80,6	119,2
Juni	17,9	31,0	3,5	75,6	36,6
Juli	21,0	36,1	7,8	74,3	113,0
August	17,5	32,0	7,1	81,9	134,2
September	12,9	25,4	-0,3	85,1	58,8
Oktober	7,8	26,0	-5,7	90,2	43,0
November	5,6	20,2	-10,4	88,9	63,2
Dezember	-1,5	12,1	-15,5	94,2	196,8
Ø oder Σ	9,1	36,1	-15,5	82	889,2

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

8.2.2 Freiburg im Breisgau

(Maisparzellen 108/109/110 du 208/209/210)

Klimadaten Freiburg (WBI), 2008

	Temperatur (°C)			Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Ø rel. 2 m	mm
Januar	5,3	16,0	-4,3	78,2	53,9
Februar	5,6	19,5	-5,5	73,5	40,5
März	6,2	22,7	-5,0	74,8	110,0
April	9,3	23,7	-2,5	77,5	169,4
Mai	17,1	29,1	6,9	67,2	62,5
Juni	18,7	33,2	7,3	77,7	78,2
Juli	20,0	34,6	9,8	72,4	76,9
August	19,4	31,9	9,3	75,6	114,8
September	14,0	28,3	2,8	82,0	116,8
Oktober	11,2	27,0	0,8	85,2	144,2
November	6,2	19,2	-3,4	87,3	26,7
Dezember	2,1	11,3	-6,5	88,5	90,7
Ø oder Σ	11,3	34,6	-6,5	78	1084,6

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

Klimadaten Freiburg (WBI), 2009

	Temperatur (°C)			Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Ø rel. 2 m	mm
Januar	-0,5	12,2	-10,0	88,7	36,5
Februar	2,2	15,5	-8,0	86,4	93,0
März	6,3	15,9	-3,1	77,0	108,3
April	13,4	26,1	3,9	69,6	23,2
Mai	17,3	35,8	4,2	71,7	70,3
Juni	18,0	30,7	6,8	75,4	111,1
Juli	20,3	33,7	11,2	75,4	177,7
August	21,7	37,6	8,7	72,2	35,4
September	16,7	33,1	6,4	82,8	34,8
Oktober	11,0	31,1	-1,2	84,5	97,7
November	9,8	21,7	0,7	80,6	77,5
Dezember	3,7	15,6	-15,1	84,2	113,7
Ø oder Σ	11,7	37,6	-15,1	79	979,2

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

Klimadaten Freiburg (WBI), 2010

2010	Temperatur (°C)			Temp.	Temp.	Luftfeuchte	Niederschlag
	Ø 2m	Max 2m	Min 2m	Min 0,2m	Ø -5 cm	Ø rel. 2 m	mm
Januar	-0,4	9,0	-9,5	-	-	92,4	46,1
Februar	3,2	15,8	-8,1	-	-	82,8	50,5
März	6,8	22,7	-5,9	-	-	68,8	43,4
April	11,6	28,4	0,2	-	-	66,5	35,9
Mai	13,0	30,2	5,7	-	-	82,3	135,8
Juni	18,8	31,2	6,8	-	-	76,7	58,4
Juli	22,3	37,2	10,7	-	-	71,0	57,8
August	18,7	32,7	9,1	-	-	80,9	169,6
September	14,7	27,6	4,4	-	-	82,4	63,8
Oktober	9,7	26,4	-1,7	-	-	86,8	56,2
November	6,7	21,3	-7,2	-	-	87,1	99,1
Dezember	-0,2	13,9	-11,3	-	-	92,1	133,1
Ø oder Σ	10,4	37,2	-11,3	100,0	0,0	81	949,7

Quelle: LTZ Augustenberg - Außenstelle Stuttgart

8.3 Profilaufnahmen der Standorte

M1**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	14.04.08	TerrAquat	Schlattweg	M1	1	WT4	Flussskies		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor.grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-20	Ap			Uls	20	W4			Feu 2	
2	-55	aM			Lu	35	W3			Feu 3	
3	-100+	ailCv			SI3	70	W1			Feu 3	Rötliche Färbung (Substrat)

Bodentyp: Vega

M2**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	16.04.08	TerrAquat	Schlattmatten	M2	1	WT4	Flussskies		E:	Vor ca. 25 Jahren durch Dränung anthropogen verändert

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor.grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-26	Ap			Ut3	10	W4				
2	-40	rGo°ailCv1			Lu	20	W4				
3	-56	rGo°ailCv2			Sl3	35	W2				
4	-75	rGo°ailCv3			Sl3	75	W1				
5	-100+	rGr°ailCv4			Sl2	90	W0				Wenige Gr-Merkmale

Bodentyp: Paternia aus reliktischem Auengleymaterial

M2 (neu)**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	07.04.09	TerrAquat	Schlattmatten	M2 NEU	2	Sonnig	fluviatile Sedimente		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor.grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0 - 30	Ap	sc, e	LD2	Ls2	5-10	W4	c0	wenig	feu3	
2	- 50	Bt	di	LD3-4	Ls2-3	5-10	W3	c0	wenig	feu3	Toncutane
3	- 72	Bt – Cv	sc, e	LD4	Ls3	5-10	W2	c0	wenig	feu3	
4	- 105	ICv	de		SI4	50	W1	c0	keine	feu3	
5	- 120 +	II ICv			SI4	80	W1	c0	keine	feu4	

Bodentyp: Parabraunerde aus fluviatilen Sedimenten

M3**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	17.04.08	TerrAquat	Hohrain	M3	4	WT3	Löss		E:	Auf gesamten Standort im Löss Fund von Lösskindel, Kalkmycel und Lössschneckenhäusern

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Hor.grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-27	Ap			Ut3	1	W4			Feu 2	
2	-30	Bt			Ut4	0	W4			Feu 2	
3	-80	ICv			Uu	0	W2			Feu 2	
4	-120+	Sg-ICv			Uu	0	W1			Feu 2	Haftnässe; nach unten hin immer deutlichere Merkmale für Haftnässevergleitung (Fe- und Mn-Konkretionen)

Bodentyp: Haftpseudogley-Parabraunerde

M4**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	09.04.09	TerrAquat	M4	M4	2	bedeckt	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Steingehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0 - 30	Ap	eb, de	2-3	Ut3	0	W2	c3	wenig	feu3	
2	- 42	Bt	eb, de	3-4	Ut4	0	W2	c3	wenig	feu3	Toncutane
3	- 60	Sw	eb, de	3-4	Ut2	0	W2	c3	wenig	feu4	Fell-Nachweis positiv ab etwa 50 cm abwärts, Mn-Konk.
4	- 60+	II Sw	eb, de	4	Uu	0	W1	c3	wenig	feu5	

Bodentyp: Pseudogley aus Löss

M5**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Mais	17.04.08	TerrAquat	Langacker	M5	2	WT3	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-25	Ap			Ut4	1	W4			Feu 2	
2	-70	Bt			Ut4	0	W3			Feu 2	
3	-120+	ICv			Uu	0	W1			Feu 2	

Bodentyp: Parabraunerde

K1

Kopfdaten:

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	18.03.09	TerrAquat	K1	K109	5	sonnig	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-30	Ap	e, sc		Lu	0		c0	viele	4	
2	30-65	Bt	w, sc		Lu	0		c0	viele	4	Toncutane
3	65-75	Bv	w, sc		Us	0		c3	viele	4	
4	75-85+	ICv			Us	0		c4	einige	4	

Bodentyp: Parabraunerde aus Löss

K2**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	17.03.09	TerrAquat	K2	K209	6	sonnig	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor. grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-30	Ap1			Ut3	0		pH 6,5, c0			
2	30-40	Ap2			Ut3	0		pH 6,5, c0			
3	40-85	Bt1			Ut3	0		pH 6,5, c0			
4	85-105	Bt2			Ut4	0		pH 6,5, c0			
5	105-110+	ICv			Ut2	0		pH>7, c4			

Bodentyp: Parabraunerde aus Löss

K3**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	17.03.09	TerrAquat	K3	K309	5	sonnig	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor. grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-20	Ap1	e	2	Ls2	10			viele	3-4	
2	20-33	Ap2	e, sc		Ls2	10			viele	3-4	
3	33-80+	Bv			Ls2	5			viele	3-4	leichte Toncutane im gesamten Profil

Bodentyp: Braunerde aus alluvialem Lösslehm

K4**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	16.03.09	TerrAquat	K4	K409	6	sonnig	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Steingehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-30	Ap	e, sc	2	Ls2	<5		6,5	viele	3-4	
2	30-50	Bv	e, di		Ls2	<5		6,5	viele	3-4	schwach hydromorph
3	50-75	Sw-Bv1	e, di		Ls2	5		6,5	viele	3-4	etwas mehr Staunässe
4	75-85+	Sw-Bv2			Ls2	<5		(kalkfrei)			mehr Staunässe

Bodentyp: Braunerde aus alluvialem Lösslehm

K5

Kopfdaten:

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	04.03.09	TerrAquat	K5	K509	1	sonnig			E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0 – 30	Ap	e	2	SI4	35	W3	c0			Feinboden
2	- 81	rGo	e	3-4	St3	65	W1	c0			Feinboden
3	- 100+	rcGr				80	W0	c3			

Bodentyp: Regosol aus relik. Gley

K6**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badeno- va- Kartof- fel	25.11.09	TerrAquat	K6	K110	P 4	WT4	Löss		E:	

Profildaten:

Nr.	Hori- zont- grenze (cm)	Horizont- symbol (83)	Form der Hor. grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein- gehalt (%) (55)	Durch- wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob- poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-5	Ap1	f	leicht	Ut4	<2	W4-6	<2%	0		kru
2	5-30	Ap2	e, de	mittel	Ut4	<2	W4-5	<2%	0		sub
3	30-60	Bt	z, de	mittel	Ut4	<2	W3, Wf3, Wg0	<4%	0		sub
4	60-90+	ICv		hoch	Ut2	<2	W1, Wf1, Wg0	<7%	0		koh, Lösskindel

Bodentyp: Parabraunerde

K7

Kopfdaten:

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	27.11.09	TerrAquat	K7	K210	P 1	WT3			E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Steingehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-10	Ap1	e, di	1	Ut3	<2	W4	0		frisch	kru-sub
2	10-32	Ap2	e, de	2	Ut3	<2	W4	0		frisch	Sub
3	32-55	Bv	e, de	3	Ut4	<2	W3	0		frisch	Sub
4	>55	Sw/Sd		3-4	Ut4	<2	W1	0		frisch	pol

Bodentyp: Pseudogley-Braunerde

K8**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	26.11.09	TerrAquat	K8	K310	P 4	WT4	Schwemmlöss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizont-grenze (cm)	Horizont-symbol (83)	Form der Hor. grenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Stein-gehalt (%) (55)	Durch-wurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grob-poren (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-22	Ap1	e, di	1	Ut3	<2	W3	0		Frisch-feucht	kru, frisch gepflügt
2	22-35	Ap2	w, de	2	Ut3	<2	W3	0		Frisch-feucht	sub
3	35-60	Sw		3-4	Ut4	<2	W3	0		Frisch-feucht	große pol, viele Rostflecken, wenig Bleichung
4	60 +	Sd	di	4	Ut4	<2		0			viele Rostflecken und Bleichungszonen

Bodentyp: Pseudogley

K9

Kopfdaten:

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	27.11.09	TerrAquat	K9	K410	P 2, 5		Schwemmlöss		E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Steingehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-30	Ap	e, sch		Ut3		W3-4	0			Sub-kru
2	30-52	Sw			Ut3		W1	0			Sub-pol, Fe-/Mn-Konkretionen
3	52-80+	Sd			Tu4		W1	0			pol

Bodentyp: Pseudogley

K10**Kopfdaten:**

Projekt	Datum	Bearbeiter	Standort	Feld-Nr.	Profil-Nr.	Witterung (76)	Ausgangsgestein	Lage (GPS)	N:	Bemerkungen
Badenova Kartoffel	28.11.09	TerrAquat	K10	K510	P 4				E:	

Profildaten:

Nr.	Horizontgrenze (cm)	Horizontsymbol (83)	Form der Horizontgrenze (79)	LD (125)	Bodenart (139)	Steingehalt (%) (55)	Durchwurzelung (130)	Kalk oder pH (110)	Grobporen (qual.)	aktuelle Feuchte (113)	Bemerkungen
1	0-40	Ap	e, sch	1	Ls2	f1-f5	W2	0		frisch	kru-sub
2	40-55	Bv-rAh	e, de	? (Skelett)	Lt2-3	f7	W2	0		frisch	kru-sub
3	55-85	Bv-rBv		? (Skelett)	Sl2	f8 80%	W2	0		frisch	

Bodentyp: Braunerde aus reliktscher Braunerde

8.4 Ergebnisse der Bodenanalysen auf den Maisversuchsflächen

Ort (Monomais)	M 1					M 2			M 2 neu		M 3					M 4					M 5					
Jahr	2008		2009			2008			2009		2008		2009			2008		2009			2008		2009			
Vergleichsgebiet	geringere Rheinebene																									
Naturraum	Südliches Oberrhein-Tiefland / Freiburger Bucht																									
Höhenlage (m ü. NN)	233					208					227					222					234					
Bodenzahl	52					47			58		71					85					83					
Bodentyp	Vega (Flussskies)					Paternia aus ...					Haftpseudogley-Parabraunerde					Pseudogley-Parabraunerde					Parabraunerde					
Bodenart (Reichsbodenschätzung)	SL	K	C	K	C	SL	K	C	K	C	SL-SL-L		K	C	K	C	L	K	C	K	C	L	K	C	K	C
Bodenart (Bodenkundliche Kartieranl.)	Ls 3					Ls2					Ut4					Tu4						Ut4				
Datum Probenahme	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	
Bodenart (VDLUF A-Fingerprobe?)	uL	uL	uL	sL	sL	sL	sL	sL	sL	sL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL
Ton <2 ym (%)	20					20					18					25					22					
Feinschluff 2-6 ym (%)	5					5					3					3					3					
Mittelschluff 6-20 ym (%)	12					15					23					21					23					
Grobschluff 20-63 ym (%)	20					21					50					44					46					
Feinsand 0,06-0,2 mm (%)	17					15					5					4					4					
Mittelsand 0,2-0,6 mm (%)	19					18					2					1					2					
Grobsand 0,6-2 mm (%)	7					6					1					1					1					
Kationenaustauschkapazität (mmol _c /kg)																										
Datum Probenahme	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	6.3. *	11.11.	11.11.	29.10.	29.10.	
pH	6,7	6,1	6,3	6,3	6,2	5,2	5,9	5,5	6,2	5,7	7,5	7,5	7,3	7,6	7,6	7,5	7,3	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,4	7,5	7,4
Humus (%)	2,4	2,2	2,1	2,7	2,7	3,0	2,9	2,9	2,1	1,9	1,8	1,7	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	1,9	2,4	2,2	1,9	2,0	2,1	2,3	2,3	
C ges (%)	1,3	1,2	1,2	1,5	1,5	1,7	1,6	1,6	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2			
N ges (%)	0,15	0,13	0,13	0,14	0,14	0,19	0,16	0,17	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,11	0,12	0,15	0,14	0,13	0,15	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	
C : N = : 1	9	9	9	11	11	9	10	9	11	10	8	9	9	10	9	7	8	8	9	9	8	9	8			
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	22 D	22 C	21 C	19 C	22 C	27 D	17 C	16 C	11 B	13 C	31 D	33 D	25 D	29 D	30 D	19 C	33 D	17 C	41 E	28 D	27 D	25 D	24 C	31 D	25 D	
K ₂ O (mg/100 g)	31 D	32 D	28 D	30 D	29 D	42 E	15 C	21 C	20 C	21 C	26 D	23 C	22 C	22 C	24 C	28 D	27 D	22 C	28 D	24 C	36 E	28 D	32 D	33 D	28 D	
MgO (mg/100 g)	9 C	9 C	8 C	9 C	8 C	5 B	4 C	5 B	5 B	6 B	7 B	8 C	8 C	7 B	7 B	8 C	9 C	8 C	9 C	8 C	7 B	6 B	8 C	7 B	10 C	
B (mg/kg)	< 0,2	0,21	< 0,2	0,15	0,18	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,04	0,1	0,3 A	0,2	< 0,2	0,28	0,29	0,3 A	0,38	0,24	0,44	0,32	0,3 A	0,29	0,44	0,39	0,42	
Mn (mg/kg)	19	49	47	42	53	20	20	20	40	66	16	14	15	15	16	38	37	33	44	39	28	43	70	53	86	
Zn (mg/kg)	2,7	2,5	2,8	3,2	2,9	1,8	0,8	1,1	1,4	2,0	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	2,2	2,5	1,7	2,7	1,3	2,1	2,2	2,5	2,5	2,7	
Ca (mg/kg)		0,26	0,25	0,32?	0,25?		0,28	0,26	0,311?	0,18?		8,94	7,20	8,16	6,81		2,28	2,64	2,13	2,33		2,31	1,75	2,09	1,39	
Salzkonzentration (%)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
S (mg/100 g) - EUF				0,9	1,2				1,1	1,7				0,6	2,2				0,9	2,2				0,8	1,3	
NO ₃ -N / N _{org} (mg/100 g) - EUF				1,6 / 2,3	1,2 / 2				1,4 / 2	1,1 / 1,9				1 / 1,7	1,3 / 1,6				1,1 / 1,9	1,3 / 2,1				1,1 / 1,8	0,9 / 1,7	
P P1 / P2 (mg/100 g) - EUF				4,3 / 3,4	4,3 / 2,2				2,5 / 1,6	2,7 / 2,2				1,6 / 1,2	1,7 / 1,1				3,1 / 1,7	1,9 / 1				3,2 / 1,7	2,7 / 1,7	
K K1 / K2 (mg/100 g) - EUF				18 / 11	16 / 9				14 / 7	11 / 7				15 / 9	16 / 11				18 / 12	16 / 11				21 / 13	18 / 11	
Ca Ca1 / Ca2 (mg/100 g) - EUF				15 / 20	29 / 31				23 / 24	17 / 15				44 / 74	39 / 79				40 / 74	39 / 66				37 / 1,3	37 / 63	
Mg (mg/100 g) - EUF		1,9		1,5					2,0	1,4				1,4	1,4				1,7	1,3				1,3	1,7	
Bor (mg/100 g) - EUF				0,4	0,3				0,3	0,2				0,8	0,7				1,0	0,9				1,0	1,2	

8.5 Ergebnisse der Bodenanalysen auf den Kartoffelversuchsflächen

Versuchsorte Kartoffel 2009 (von Nord nach Süd)							Bodenschätzung					
Code/Nr.	Kultur	Sorte etc.	Bewirtschafter	Gemarkung	G.-Nr.	Flst.-Nr.	Boden- art	Zustands- stufe	Her- kunft	Boden- zahl	Acker- zahl	ha
K 109	Kartoffel	spät	O. Grethler	Mengen	5370	4150	L	3	Lö	80	91	1,0
Su./ø										80	91	1,0
K 209	Kartoffel	mittelfrüh	O. Grethler	Biengen	5521	500	L	3	Lö	81	92	3,6
Su./ø										81	92	3,6
K 309	Kartoffel	früh	O. Grethler	Biengen	5521	1243	L	3	D	69	79	2,8
Su./ø						1240 (zur Not)	L	3	D	72	82	0,4
							SL	3	D	55	64	0,2
							sL	3	D	62	72	0,2
							L	3	D	67	76	0,1
							L	3	D	69	79	1,1
							L	3	D	72	82	2,8
							sL	3	D	62	72	0,8
										69	79	8,5
K 409	Kartoffel	früh	J. Wick	Biengen	5521	1502	L	3	D	67	76	0,1
Su./ø						1504	sL	4	D	55	64	0,0
							sL	4	D	55	64	0,0
							sL	5	Dg	45	52	0,1
							L	3	D	67	76	0,2
							sL	5	D	45	52	0,2
						1508	L	3	D	67	76	1,2
							sL	5	D	45	52	0,0
						1509	L	3	D	67	76	0,1
							L	3	D	72	82	0,1
							sL	3	D	62	72	0,4
										49	49	2,5
K 509	Kartoffel	früh (Folie)	M. Hauß	Feldkirch	5532	1323	IS	4	D	39	38	0,2
Su./ø						1322	IS	4	D	39	42	0,2
							IS	4	D	39	42	1,0
							IS	4	D	42	45	0,7
							IS	4	D	39	38	0,1
							IS	4	D	39	42	0,9
							IS	4	D	42	45	0,1
							IS	4	Dg	36	39	0,2
							IS	4	D	39	38	0,1
							IS	4	D	39	42	0,7
							IS	4	Dg	36	39	0,2
							IS	4	Dg	36	39	0,1
										19	20	4,3

Versuchsorte Kartoffel 2010 (von Ost nach West) - Vorauswahl							Bodenschätzung					
Code/Nr.	Kultur	Sorte etc.	Bewirtschaftet	Gemarkung	G.-Nr.	Flst.-Nr.	Boden- art	Zustands- stufe	Her- kunft	Boden- zahl	Acker- zahl	ha
K 1	Kartoffel		O. Grethler	Biengen	5521	656	L	3	Lö	77	88	0,8
							L	3	Lö	81	92	1,4
							L	4	Lö	70	80	0,7
						661	L	3	Lö	77	88	0,2
							L	3	Lö	81	92	0,2
						662/2	L	3	Lö	77	88	0,2
							L	3	Lö	81	92	0,5
							L	4	Lö	70	80	0,3
							sL	3	Lö	72	84	0,0
Su./ø										77	88	4,3
K 3	Kartoffel		O. Grethler	Biengen	5521	1328	L	3	D	72	82	1,0
						1330/1	L	3	D	67	76	0,2
							L	3	D	72	82	0,7
Su./ø										71	81	1,9
K 4	Kartoffel		O. Grethler	Biengen	5521	1364	L	4	D	64	73	1,3
						1348	L	4	D	64	73	0,8
						1354/2	L	4	D	64	73	1,1
						1350/3	L	4	D	64	73	0,7
						1354/5	L	3	D	67	76	0,2
							L	4	D	64	73	0,5
						1355	L	3	D	67	76	0,6
							L	4	D	64	73	0,6
			im westlichen Drittel			1350/6	L	3	D	67	76	1,3
Su./ø										65	74	7,2
K 5	Kartoffel	mittelfrüh?	J. Wick	Schlatt	5523	367	L	4	D	59	68	0,2
							sL	4	D	58	66	0,8
						368	L	4	D	59	68	0,2
							sL	4	D	58	66	0,2
							sL	4	D	58	66	0,1
						369	sL	4	D	58	66	0,1
							sL	4	D	58	66	0,2
							sL	4	D	59	68	0,2
						370	L	4	D	59	68	0,2
							sL	4	D	58	66	1,1
Su./ø										58	67	3,3
K 7	Kartoffel		M. Hauß	Feldkirch	5532	1562	IS	4	D	38	41	0,1
							iS	5	Dg	36	38	1,3
Su./ø										36	38	1,4

Kartoffel 2009			N 1 (vor Pflanz.)	Nmin (kg NO3-N/ha)				N 2 (nach Folie)	Nmin (kg NO3-N/ha)				kg NH4-N/ha	Smin (mg/kg)	N 4 (Ernte)	Nmin (kg NO3-N/ha)				kg NH4-N/ha
Ort	Variante	Probe	Datum	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	Datum	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	0-30 cm	Datum	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm
K 109	konventionell	1 Mischprobe	30.03.09	8	9	9	26								30.09.09	29	4	2	35	???
K 109	konventionell	2 Damm						05.05.09	65	10	8	83	3,8	11,4						
K 109	konventionell	3 Tal						05.05.09	17	9	8	34	3,9	8,7						
K 209	konventionell	1 Mischprobe	30.03.09	13	16	15	44								20.08.09	29	7	5	41	2,1
K 209	konventionell	2 Damm						05.05.09	74	15	13	102	6,2	14,1						
K 209	konventionell	3 Tal						05.05.09	39	17	16	72	5,4	5,4						
K 309	konventionell	1 Mischprobe	23.03.09	7	11	12	30								24.06.09	8	5	7	20	1,5
K 309	konventionell	2 Damm						05.05.09	97	18	16	131	5,5	14,6						
K 309	konventionell	3 Tal						05.05.09	24	13	12	49	3,1	5,2						
K 409	konventionell	1 Mischprobe	23.03.09	8	9	8	25								01.07.09	24	17	16	57	1,3
K 409	konventionell	2 Damm						05.05.09	95	18	11	124	5,3	6,0						
K 409	konventionell	3 Tal						05.05.09	13	9	9	31	5,7	9,7						
K 509	konventionell	1 Mischprobe	01.02.09	10	17		27								25.06.09	34	25	16	75	1,0
K 509	konventionell	2 Damm						05.05.09	82	28	-	110	4,3	2,5						
K 509	konventionell	3 Tal						05.05.09	38	15	-	53	4,2	3,8						
K 109	CULTAN	1 Mischprobe	30.03.09	9	8	8	25								30.09.09	42	7	3	52	???
K 109	CULTAN	2 Damm (Injektion)						05.05.09	135	9	7	151	25,5	32,1						
K 109	CULTAN	3 Tal						05.05.09	13	6	7	26	2,7	7,0						
K 209	CULTAN	1 Mischprobe	30.03.09	11	17	16	44								20.08.09	31	12	7	50	2,7
K 209	CULTAN	2 Damm (Injektion)						05.05.09	209	24	11	244	41,8	40,1						
K 209	CULTAN	3 Tal						05.05.09	21	13	10	44	4,4	4,1						
K 309	CULTAN	1 Mischprobe	23.03.09	11	10	13	34								24.06.09	13	5	7	25	1,3
K 309	CULTAN	2 Damm (Injektion)						05.05.09	348	21	28	397	59,0	61,2						
K 309	CULTAN	3 Tal						05.05.09	16	13	11	40	3,8	6,2						
K 409	CULTAN	1 Mischprobe	23.03.09	9	10	11	30								01.07.09	39	15	13	67	2,6
K 409	CULTAN	2 Damm (Injektion)						05.05.09	140	25	12	177	28,4	17,5						
K 409	CULTAN	3 Tal						05.05.09	9	11	9	29	5,1	4,8						
K 509	CULTAN	1 Mischprobe	01.02.09	10	17		27								25.06.09	27	21	14	62	1,2
K 509	CULTAN	2 Damm (Injektion)						05.05.09	119	23	-	142	16,4	9,1						
K 509	CULTAN	3 Tal						05.05.09	13	12	-	25	4,5	5,0						
Mittelwert konventionell	Mischprobe			9	12	11	30									25	12	9	46	
Mittelwert konventionell	Damm (Injektion)								69	15	10	92								
Mittelwert konventionell	Tal								22	11	9	40								
Mittelwert CULTAN	Mischprobe			10	12	12	32									30	12	9	51	
Mittelwert CULTAN	Damm (Injektion)								190	20	15	222								
Mittelwert CULTAN	Tal								14	11	9	33								

8.6. Nmin Messungen Kartoffel 2009-2010

Kartoffel 2010			N 2 Nmin (kg NO3-N/ha)					N 4 Nmin (kg NO3-N/ha)				
Ort	Variante	Probe	(nach Folie) Datum	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	(Ernte) Datum	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
K 110	konventionell	1 Mischprobe	19.05.10					22.06.10	9	6	6	21
K 110	konventionell	2 Damm (Injektion)	19.05.10	75	27	11	113					
K 110	konventionell	3 Tal	19.05.10	14	8	5	27					
K 210	konventionell	1 Mischprobe	28.05.10					21.09.10	9	9	18	36
K 210	konventionell	2 Damm (Injektion)	28.05.10	90	24	28	142					
K 210	konventionell	3 Tal	28.05.10	27	26	32	85					
K 310	konventionell	1 Mischprobe	19.05.10					22.06.10	33	11	13	57
K 310	konventionell	2 Damm (Injektion)	19.05.10	67	13	14	94					
K 310	konventionell	3 Tal	19.05.10	4	11	14	29					
K 410	konventionell	1 Mischprobe	28.05.10					17.09.10	24	10	12	46
K 410	konventionell	2 Damm (Injektion)	28.05.10	102	3	21	126					
K 410	konventionell	3 Tal	28.05.10	55	22	18	95					
K 510	konventionell	1 Mischprobe	19.05.10					29.06.10	11	16	-	27
K 510	konventionell	2 Damm (Injektion)	19.05.10	17	1	-	18					
K 510	konventionell	3 Tal	19.05.10	6	23	-	29					
K 110	CULTAN	1 Mischprobe	19.05.10					22.06.10	14	9	5	28
K 110	CULTAN	2 Damm (Injektion)	19.05.10	145	154	30	329					
K 110	CULTAN	3 Tal	19.05.10	9	17	8	34					
K 210	CULTAN	1 Mischprobe	28.05.10					21.09.10	19	12	17	48
K 210	CULTAN	2 Damm (Injektion)	28.05.10	182	67	36	285					
K 210	CULTAN	3 Tal	28.05.10	16	24	31	71					
K 310	CULTAN	1 Mischprobe	19.05.10					22.06.10	15	26	29	70
K 310	CULTAN	2 Damm (Injektion)	19.05.10	114	54	31	199					
K 310	CULTAN	3 Tal	19.05.10	11	20	26	57					
K 410	CULTAN	1 Mischprobe	28.05.10					17.09.10	27	8	13	48
K 410	CULTAN	2 Damm (Injektion)	28.05.10	19	99	34	152					
K 410	CULTAN	3 Tal	28.05.10	58	20	17	95					
K 510	CULTAN	1 Mischprobe	19.05.10					29.06.10	9	18	-	27
K 510	CULTAN	2 Damm (Injektion)	19.05.10	42	60	-	102					
K 510	CULTAN	3 Tal	19.05.10	10	5	-	15					
Mittelwert	konventionell	Mischprobe							17	10	12	40
Mittelwert	konventionell	Damm		70	14	19	102					
Mittelwert	konventionell	Tal		21	18	17	56					
Mittelwert	CULTAN	Mischprobe							17	15	16	47
Mittelwert	CULTAN	Damm (Injektion)		100	87	33	220					
Mittelwert	CULTAN	Tal		21	17	21	59					

8.7 Ergebnisse vegetationsbegeleitender N_{min}-Messungen in Mais (2008-2010)

Cultan Projekt Nmin-NH4- Untersuchungen - Mais 2008-2010

Probenbez.					Datum		NO ₃ -N in kg N/ha						NH ₄ -N			S (mg/kg)	Kultur/ Entwicklung Zustand	
Kult	Ort	Jahr	Var	Term			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-60 cm	30-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-90 cm			
M	1	8	K	N1	Gesamt	8 5 2008	15	18	14	47	33	32					MAIS	vor Saat
M	1	8	C	N1		8 5 2008	16	16	13	45	32	29						
M	1	8	K	N2	Gesamt	10 6 2008	200	34		234	234		27				MAIS	6-Blatt (N2)
M	1	8	C1	N2		10 6 2008	220	81	29	330	301	110	307					
M	1	8	C2	N2		10 6 2008	36	35		71	71		6					
M	1	8	C3	N2		10 6 2008	63	42		105	105		29					
M	1	8	K	N3	Gesamt	16 3 2008	62	18		80	80		4				MAIS	Blüte (N3)
M	1	8	C1	N3		16 3 2008	279	163		442	442		73					
M	1	8	C2	N3		16 3 2008	8	12		20	20		4					
M	1	8	C3	N3		16 3 2008	14	14		28	28		2					
M	1	8	K	N4	Gesamt	11 11 2008	6	6		12	12		4				MAIS	Ernte/Schalvo
M	1	8	C1	N4		11 11 2008	8	7		15	15		3					
M	1	8	C2	N4		11 11 2008	8	6		14	14		3					
M	1	8	C3	N4		11 11 2008	8	8		16	16		4					
M	2	8	K	N1	Gesamt	8 5 2008	18	15	13	46	33	28					MAIS	vor Saat
M	2	8	C	N1		8 5 2008	17	19	14	50	36	33						
M	2	8	K	N2	Gesamt	10 6 2008	101	25	21	147	126	46	124				MAIS	6-Blatt (N2)
M	2	8	C1	N2		10 6 2008	224	61	34	319	285	95	728					
M	2	8	C2	N2		10 6 2008	36	18	13	67	54	31	17					
M	2	8	C3	N2		10 6 2008	34	16	15	65	50	31	6					
M	2	8	K	N3	Gesamt	16 3 2008	64	20		84	84		9				MAIS	Blüte (N3)
M	2	8	C1	N3		16 3 2008	211	57		268	268		159					
M	2	8	C2	N3		16 3 2008	6	6		12	12		6					
M	2	8	C3	N3		16 3 2008	8	9		17	17		4					
M	2	8	K	N4	Gesamt	11 11 2008	21	10	7	38	31	17	4				MAIS	Ernte/Schalvo
M	2	8	C1	N4		11 11 2008	19	26	15	60	45	41	4					
M	2	8	C2	N4		11 11 2008	16	6	5	27	22	11	8					
M	2	8	C3	N4		11 11 2008	10	8	7	25	18	15	3					
M	3	8	K	N1	Gesamt	8 5 2008	19	19	17	55	38	36					MAIS	vor Saat
M	3	8	C	N1		8 5 2008	19	19	18	56	38	37						
M	3	8	K	N2	Gesamt	10 6 2008	120	17	14	151	137	31	6				MAIS	6-Blatt (N2)
M	3	8	C1	N2		10 6 2008	786	46	20	852	832	66	301					
M	3	8	C2	N2		10 6 2008	72	17	13	102	89	30	5					
M	3	8	C3	N2		10 6 2008	46	18	16	80	64	34	3					
M	3	8	K	N3	Gesamt	16 3 2008	38	7	12	57	45	19					MAIS	Blüte (N3)
M	3	8	C1	N3		16 3 2008	191	101	17	309	292	118						
M	3	8	C2	N3		16 3 2008	9	9	10	28	18	19						
M	3	8	C3	N3		16 3 2008	8	7	14	29	15	21						
M	3	8	K	N4	Gesamt	11 11 2008	6	7	2	15	13	9	1				MAIS	Ernte/Schalvo
M	3	8	C1	N4		11 11 2008	13	39	23	75	52	62	2					
M	3	8	C2	N4		11 11 2008	7	6	5	18	13	11	2					
M	3	8	C3	N4		11 11 2008	9	9	4	22	18	13	1					
M	4	8	K	N1	Gesamt	8 5 2008	15	16	15	46	31	31					MAIS	vor Saat
M	4	8	C	N1		8 5 2008	12	13	12	37	25	25						
M	4	8	K	N2	Gesamt	10 6 2008	104	20	12	124	32	4					MAIS	6-Blatt (N2)
M	4	8	C1	N2		10 6 2008	530	105	21		635	126	188					
M	4	8	C2	N2		10 6 2008	50	21	15		71	36	4					
M	4	8	C3	N2		10 6 2008	47	19	13		66	32	2					
M	4	8	K	N3	Gesamt	16 3 2008	113	12	13	138	125	25					MAIS	Blüte (N3)
M	4	8	C1	N3		16 3 2008	194	47	14	255	241	61						
M	4	8	C2	N3		16 3 2008	6	6	7	19	12	13						
M	4	8	C3	N3		16 3 2008	7	5	5	17	12	10						
M	4	8	K	N4	Gesamt	11 11 2008	8	7	4	19	15	11	2				MAIS	Ernte/Schalvo
M	4	8	C1	N4		11 11 2008	6	6	3	15	12	9	1					
M	4	8	C2	N4		11 11 2008	7	6	2	15	13	8	2					
M	4	8	C3	N4		11 11 2008	8	8	3	19	16	11	2					
M	5	8	K	N1	Gesamt	8 5 2008	19	19	18	56	38	37					MAIS	vor Saat
M	5	8	C	N1		8 5 2008	14	18	17	49	32	35						
M	5	8	K	N2	Gesamt	10 6 2008	118	29	19	166	147	48	2				MAIS	6-Blatt (N2)
M	5	8	C1	N2		10 6 2008	500	251	81	832	751	332	322					
M	5	8	C2	N2		10 6 2008	60	27	18	105	87	45	4					
M	5	8	C3	N2		10 6 2008	38	25	18	81	63	43	1					
M	5	8	K	N3	Gesamt	16 3 2008	25	8	10	43	33	18					MAIS	Blüte (N3)
M	5	8	C1	N3		16 3 2008	203	58	12	273	261	70						
M	5	8	C2	N3		16 3 2008	9	7	11	27	16	18						
M	5	8	C3	N3		16 3 2008	8	6	8	22	14	14						
M	5	8	K	N4	Gesamt	11 11 2008	6	6	3	15	12	9	2				MAIS	Ernte/Schalvo
M	5	8	C1	N4		11 11 2008	17	31	25	73	48	56	1					
M	5	8	C2	N4		11 11 2008	6	5	5	16	11	10	2					
M	5	8	C3	N4		11 11 2008	10	11	6	27	21	17	1					

8.7 Fortsetzung

M	1	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	17	11	9	37	28	20				MAIS	vor Saat
M	1	9	C	N1		21	4	2009	19	13	10	42	32	23					
M	1	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	40	19		59	59		75			MAIS	6-Blatt (N2)
M	1	9	C1	N2					288	58		346	346		215				
M	1	9	C2	N2					38	13		51	51		10				
M	1	9	C3	N2					26	16		42	42		9				
M	1	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	32	17		49	49		10		2	MAIS	Blüte (N3)
M	1	9	C1	N3					25	5		30	30		3		18		
M	1	9	C2	N3					4	3		7	7		2		3		
M	1	9	C3	N3					7	4		11	11		1		4		
M	1	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	12	13		25	25		2			MAIS	Ernte/Schalvo
M	1	9	C1	N4					7	7	1	15	14	8	3				
M	1	9	C2	N4					7	7		14	14		3				
M	1	9	C3	N4					8	7		15	15		3				
M	2	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	16	13	10	39	29	23				MAIS	vor Saat
M	2	9	C	N1		21	4	2009	16	12	10	38	28	22					
M	2	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	33	14	11	58	47	25	74			MAIS	6-Blatt
M	2	9	C1	N2					280	23	10	313	303	33	147				
M	2	9	C2	N2					33	13	11	57	46	24	4				
M	2	9	C3	N2					37	19	12	68	56	31	3				
M	2	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	34	9		43	43		7		3	MAIS	Blüte
M	2	9	C1	N3					56	13		69	69		4		16		
M	2	9	C2	N3					3	6		9	9		3		3		
M	2	9	C3	N3					9	8		17	17		2		2		
M	2	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	11	8		19	19		3			MAIS	Ernte/Schalvo
M	2	9	C1	N4					15	10		25	25		5				
M	2	9	C2	N4					7	7		14	14		5				
M	2	9	C3	N4					9	9		18	18		4				
M	3	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	13	10	10	33	23	20				MAIS	vor Saat
M	3	9	C	N1		21	4	2009	16	8	10	34	24	18					
M	3	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	38	11	7	56	49	18	50			MAIS	6-Blatt
M	3	9	C1	N2					525	152	14	691	677	166	72				
M	3	9	C2	N2					38	20	9	67	58	29	2				
M	3	9	C3	N2					31	12	9	52	43	21	0				
M	3	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	20	4	7	31	24	11	1		2	MAIS	Blüte
M	3	9	C1	N3					54	8	7	69	62	15	2		48		
M	3	9	C2	N3					5	4	6	15	9	10	1		2		
M	3	9	C3	N3					10	3	5	18	13	8	0		3		
M	3	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	14	1	1	14	15	2	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	3	9	C1	N4					13	1	1	15	14	2	1				
M	3	9	C2	N4					9	2	1	11	11	3	2				
M	3	9	C3	N4					14	1	1	14	15	2	1				
M	4	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	19	11	10	40	30	21				MAIS	vor Saat
M	4	9	C	N1		21	4	2009	17	12	13	42	29	25					
M	4	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	66	11	7	84	77	18	40			MAIS	6-Blatt
M	4	9	C1	N2					608	22	8	638	630	30	77				
M	4	9	C2	N2					41	12	6	59	53	18	2				
M	4	9	C3	N2					24	10	6	40	34	16	1				
M	4	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	32	7	4	43	39	11	1		3	MAIS	Blüte
M	4	9	C1	N3					140	11	5	156	151	16	2		57		
M	4	9	C2	N3					6	3	3	12	9	6	1		4		
M	4	9	C3	N3					8	3	3	14	11	6	1		4		
M	4	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	12	2	1	14	14	3	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	4	9	C1	N4					11	1	1	11	12	2	1				
M	4	9	C2	N4					8	1	1	8	9	2	1				
M	4	9	C3	N4					10	1	1	11	11	2	1				
M	5	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	19	13	13	45	32	26				MAIS	vor Saat
M	5	9	C	N1		21	4	2009	21	12	12	45	33	24					
M	5	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	40	13	12	65	53	25	46			MAIS	6-Blatt
M	5	9	C1	N2					534	28	13	575	562	41	30				
M	5	9	C2	N2					26	12	8	46	38	20	0				
M	5	9	C3	N2					77	14	10	101	91	24	2				
M	5	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	37	9	7	53	46	16	1		2	MAIS	Blüte
M	5	9	C1	N3					138	10	9	157	148	19	1		61		
M	5	9	C2	N3					7	4	5	16	11	9	1		2		
M	5	9	C3	N3					6	5	7	18	11	12	1		2		
M	5	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	10	4	1	15	14	5	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	5	9	C1	N4					9	2	1	11	11	3	2				
M	5	9	C2	N4					6	1	1	7	7	2	1				
M	5	9	C3	N4					10	2	1	12	12	3	1				

8.7. Fortsetzung

M	1	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	17	11	9	37	28	20				MAIS	vor Saat
M	1	9	C	N1		21	4	2009	19	13	10	42	32	23					
M	1	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	40	19		59	59		75			MAIS	6-Blatt (N2)
M	1	9	C1	N2					288	58		346	346		215				
M	1	9	C2	N2					38	13		51	51		10				
M	1	9	C3	N2					26	16		42	42		9				
M	1	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	32	17		49	49		10		2	MAIS	Blüte (N3)
M	1	9	C1	N3					25	5		30	30		3		18		
M	1	9	C2	N3					4	3		7	7		2		3		
M	1	9	C3	N3					7	4		11	11		1		4		
M	1	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	12	13		25	25		2			MAIS	Ernte/Schalvo
M	1	9	C1	N4					7	7	1	15	14	8	3				
M	1	9	C2	N4					7	7		14	14		3				
M	1	9	C3	N4					8	7		15	15		3				
M	2	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	16	13	10	39	29	23				MAIS	vor Saat
M	2	9	C	N1		21	4	2009	16	12	10	38	28	22					
M	2	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	33	14	11	58	47	25	74			MAIS	6-Blatt
M	2	9	C1	N2					280	23	10	313	303	33	147				
M	2	9	C2	N2					33	13	11	57	46	24	4				
M	2	9	C3	N2					37	19	12	68	56	31	3				
M	2	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	34	9		43	43		7		3	MAIS	Blüte
M	2	9	C1	N3					56	13		69	69		4		16		
M	2	9	C2	N3					3	6		9	9		3		3		
M	2	9	C3	N3					9	8		17	17		2		2		
M	2	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	11	8		19	19		3			MAIS	Ernte/Schalvo
M	2	9	C1	N4					15	10		25	25		5				
M	2	9	C2	N4					7	7		14	14		5				
M	2	9	C3	N4					9	9		18	18		4				
M	3	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	13	10	10	33	23	20				MAIS	vor Saat
M	3	9	C	N1		21	4	2009	16	8	10	34	24	18					
M	3	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	38	11	7	56	49	18	50			MAIS	6-Blatt
M	3	9	C1	N2					525	152	14	691	677	166	72				
M	3	9	C2	N2					38	20	9	67	58	29	2				
M	3	9	C3	N2					31	12	9	52	43	21	0				
M	3	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	20	4	7	31	24	11	1		2	MAIS	Blüte
M	3	9	C1	N3					54	8	7	69	62	15	2		48		
M	3	9	C2	N3					5	4	6	15	9	10	1		2		
M	3	9	C3	N3					10	3	5	18	13	8	0		3		
M	3	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	14	1	1	14	15	2	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	3	9	C1	N4					13	1	1	15	14	2	1				
M	3	9	C2	N4					9	2	1	11	11	3	2				
M	3	9	C3	N4					14	1	1	14	15	2	1				
M	4	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	19	11	10	40	30	21				MAIS	vor Saat
M	4	9	C	N1		21	4	2009	17	12	13	42	29	25					
M	4	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	66	11	7	84	77	18	40			MAIS	6-Blatt
M	4	9	C1	N2					608	22	8	638	630	30	77				
M	4	9	C2	N2					41	12	6	59	53	18	2				
M	4	9	C3	N2					24	10	6	40	34	16	1				
M	4	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	32	7	4	43	39	11	1		3	MAIS	Blüte
M	4	9	C1	N3					140	11	5	156	151	16	2		57		
M	4	9	C2	N3					6	3	3	12	9	6	1		4		
M	4	9	C3	N3					8	3	3	14	11	6	1		4		
M	4	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	12	2	1	14	14	3	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	4	9	C1	N4					11	1	1	11	12	2	1				
M	4	9	C2	N4					8	1	1	8	9	2	1				
M	4	9	C3	N4					10	1	1	11	11	2	1				
M	5	9	K	N1	Gesamt	21	4	2009	19	13	13	45	32	26				MAIS	vor Saat
M	5	9	C	N1		21	4	2009	21	12	12	45	33	24					
M	5	9	K	N2	Gesamt	27	5	2009	40	13	12	65	53	25	46			MAIS	6-Blatt
M	5	9	C1	N2					534	28	13	575	562	41	30				
M	5	9	C2	N2					26	12	8	46	38	20	0				
M	5	9	C3	N2					77	14	10	101	91	24	2				
M	5	9	K	N3	Gesamt	9	7	2009	37	9	7	53	46	16	1		2	MAIS	Blüte
M	5	9	C1	N3					138	10	9	157	148	19	1		61		
M	5	9	C2	N3					7	4	5	16	11	9	1		2		
M	5	9	C3	N3					6	5	7	18	11	12	1		2		
M	5	9	K	N4	Gesamt	19	10	2009	10	4	1	15	14	5	1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	5	9	C1	N4					9	2	1	11	11	3	2				
M	5	9	C2	N4					6	1	1	7	7	2	1				
M	5	9	C3	N4					10	2	1	12	12	3	1				

8.7 Fortsetzung

M	1	10	K	N1	Gesamt	23	4	10	21	12	8	41	33	20				MAIS	vor Saat
M	1	10	C	N1					25	18	12	55	43	30					
M	1	10	K	N2	Gesamt	10	6	10	131	34		165	165					MAIS	6-Blatt (N2)
M	1	10	C1	N2					588	191		779	779						
M	1	10	C2	N2					43	27		70	70						
M	1	10	C3	N2					55	26		81	81						
M	1	10	K	N3	Gesamt	4	8	10	18	6		24	24					MAIS	Blüte (N3)
M	1	10	C1	N3					236	28		264	264						
M	1	10	C2	N3					4	8		12	12						
M	1	10	C3	N3					12	7		19	19						
M	1	10	K	N4	Gesamt	17	11	10	4	5		9	9					MAIS	Ernte/Schalvo
M	1	10	C1	N4					4	6		10	10						
M	1	10	C2	N4					5	5		10	10						
M	1	10	C3	N4					3	4		7	7						
M	2	10	K	N1	Gesamt	23	4	10	20	15	10	45	35	25				MAIS	vor Saat
M	2	10	C	N1					25	14	10	49	39	24					
M	2	10	K	N2	Gesamt	10	6	10	76	26		102	102					MAIS	6-Blatt
M	2	10	C1	N2					386	61		447	447						
M	2	10	C2	N2					24	18		42	42						
M	2	10	C3	N2					29	17		46	46						
M	2	10	K	N3	Gesamt	4	8	10	30	6		36	36					MAIS	Blüte
M	2	10	C1	N3					85	61		146	146						
M	2	10	C2	N3					2	1		3	3						
M	2	10	C3	N3					6	3		9	9						
M	2	10	K	N4	Gesamt	17	11	10	3	3		6	6					MAIS	Ernte/Schalvo
M	2	10	C1	N4					5	8		13	13						
M	2	10	C2	N4					2	3		5	5						
M	2	10	C3	N4					5	5		10	10						
M	3	10	K	N1	Gesamt	23	4	10	17	8	8	33	25	16				MAIS	vor Saat
M	3	10	C	N1					15	8	6	29	23	14					
M	3	10	K	N2	Gesamt	10	6	10	255	31	11	297	286	42				MAIS	6-Blatt
M	3	10	C1	N2					563	217	27	807	780	244					
M	3	10	C2	N2					30	15	4	49	45	19					
M	3	10	C3	N2					23	11	15	49	34	26					
M	3	10	K	N3	Gesamt	4	8	10	6	1	1	8	7	2				MAIS	Blüte
M	3	10	C1	N3					58	42	2	102	100	44					
M	3	10	C2	N3					5	2	1	8	7	3					
M	3	10	C3	N3					5	1	1	7	6	2					
M	3	10	K	N4	Gesamt	17	11	10	5	3	1	9	8	4				MAIS	Ernte/Schalvo
M	3	10	C1	N4					4	7	2	13	11	9					
M	3	10	C2	N4					4	4	1	9	8	5					
M	3	10	C3	N4					6	5	2	13	11	7					
M	4	10	K	N1	Gesamt	23	4	10	20	13	12	45	33	25				MAIS	vor Saat
M	4	10	C	N1					19	10	9	38	29	19					
M	4	10	K	N2	Gesamt	10	6	10	99	29	20	148	128	49				MAIS	6-Blatt
M	4	10	C1	N2					762	115	27	904	877	142					
M	4	10	C2	N2					42	15	11	68	57	26					
M	4	10	C3	N2					31	15	11	57	46	26					
M	4	10	K	N3	Gesamt	4	8	10	7	1	1	9	8	2				MAIS	Blüte
M	4	10	C1	N3					26	22	9	57	48	31					
M	4	10	C2	N3					7	2	1	10	9	3					
M	4	10	C3	N3					7	1	1	9	8	2					
M	4	10	K	N4	Gesamt	17	11	10	4	5	2	11	9	7				MAIS	Ernte/Schalvo
M	4	10	C1	N4					6	10	7	23	16	17					
M	4	10	C2	N4					2	2	1	5	4	3					
M	4	10	C3	N4					5	5	1	11	10	6					
M	5	10	K	N1	Gesamt	23	4	10	28	12	13	53	40	25				MAIS	vor Saat
M	5	10	C	N1					23	12	10	45	35	22					
M	5	10	K	N2	Gesamt	10	6	10	133	28	13	174	161	41				MAIS	6-Blatt
M	5	10	C1	N2					494	86	22	602	580	108					
M	5	10	C2	N2					35	18	11	64	53	29					
M	5	10	C3	N2					32	18	11	61	50	29					
M	5	10	K	N3	Gesamt	4	8	10	13	1	1	15	14	2				MAIS	Blüte
M	5	10	C1	N3					40	34	5	79	74	39					
M	5	10	C2	N3					4	1	1	6	5	2					
M	5	10	C3	N3					4	1	1	6	5	2					
M	5	10	K	N4	Gesamt	17	11	10	6	4	2	12	10	6				MAIS	Ernte/Schalvo
M	5	10	C1	N4					7	10	5	22	17	15					
M	5	10	C2	N4					3	4	3	10	7	7					
M	5	10	C3	N4					6	8	2	16	14	10					

8.7 Fortsetzung

M	1	Ø	K	N1	Gesamt				18	14	10	42	31	24				MAIS	vor Saat
M	1	Ø	C	N1					20	16	12	47	36	27					
M	1	Ø	K	N2	Gesamt				124	29		153	153		51			MAIS	6-Blatt (N2)
M	1	Ø	C1	N2					365	110	29	485	475	110	261				
M	1	Ø	C2	N2					39	25		64	64		8				
M	1	Ø	C3	N2					48	28		76	76		19				
M	1	Ø	K	N3	Gesamt				37	14		51	51		7			MAIS	Blüte (N3)
M	1	Ø	C1	N3					180	65		245	245		38				
M	1	Ø	C2	N3					5	8		13	13		3				
M	1	Ø	C3	N3					11	8		19	19		2				
M	1	Ø	K	N4	Gesamt				7	8		15	15		3			MAIS	Ernte/Schalvo
M	1	Ø	C1	N4					6	7	1	13	13		3				
M	1	Ø	C2	N4					7	6		13	13		3				
M	1	Ø	C3	N4					6	6		13	13		3				
M	2	Ø	K	N1	Gesamt				18	14	11	43	32	25				MAIS	vor Saat
M	2	Ø	C	N1					19	15	11	46	34	26					
M	2	Ø	K	N2	Gesamt				70	22	16	102	92		99			MAIS	6-Blatt
M	2	Ø	C1	N2					297	48	22	360	345	64	437				
M	2	Ø	C2	N2					31	16	12	55	47		11				
M	2	Ø	C3	N2					33	17	14	60	51		5				
M	2	Ø	K	N3	Gesamt				43	12		54	54		8			MAIS	Blüte
M	2	Ø	C1	N3					117	44		161	161		82				
M	2	Ø	C2	N3					4	4		8	8		4				
M	2	Ø	C3	N3					8	7		14	14		3				
M	2	Ø	K	N4	Gesamt				12	7	7	21	19		3			MAIS	Ernte/Schalvo
M	2	Ø	C1	N4					13	15	15	33	28		4				
M	2	Ø	C2	N4					8	5	5	15	14		7				
M	2	Ø	C3	N4					8	7	7	18	15		3				
M	3	Ø	K	N1	Gesamt				16	12	12	40	29	24				MAIS	vor Saat
M	3	Ø	C	N1					17	12	11	40	28	23					
M	3	Ø	K	N2	Gesamt				138	20	11	168	157		28			MAIS	6-Blatt
M	3	Ø	C1	N2					625	138	20	783	763	159	187				
M	3	Ø	C2	N2					47	17	9	73	64		3				
M	3	Ø	C3	N2					33	14	13	60	47		1				
M	3	Ø	K	N3	Gesamt				21	4	7	32	25		1			MAIS	Blüte
M	3	Ø	C1	N3					101	50	9	160	151		2				
M	3	Ø	C2	N3					6	5	6	17	11		1				
M	3	Ø	C3	N3					8	4	7	18	11		0				
M	3	Ø	K	N4	Gesamt				8	4	1	13	12		1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	3	Ø	C1	N4					10	16	9	34	26		1				
M	3	Ø	C2	N4					7	4	2	13	11		2				
M	3	Ø	C3	N4					10	5	2	16	15		1				
M	4	Ø	K	N1	Gesamt				18	13	12	44	31	26				MAIS	vor Saat
M	4	Ø	C	N1					16	12	11	39	28	23					
M	4	Ø	K	N2	Gesamt				90	20	13	116	110		22			MAIS	6-Blatt
M	4	Ø	C1	N2					633	81	19	771	714	99	133				
M	4	Ø	C2	N2					44	16	11	64	60		3				
M	4	Ø	C3	N2					34	15	10	49	49		2				
M	4	Ø	K	N3	Gesamt				51	7	6	63	57		1			MAIS	Blüte
M	4	Ø	C1	N3					120	27	9	156	147		2				
M	4	Ø	C2	N3					6	4	4	14	10		1				
M	4	Ø	C3	N3					7	3	3	13	10		1				
M	4	Ø	K	N4	Gesamt				8	5	2	15	13		1			MAIS	Ernte/Schalvo
M	4	Ø	C1	N4					8	6	4	16	13		1				
M	4	Ø	C2	N4					6	3	1	9	9		1				
M	4	Ø	C3	N4					8	5	2	14	12		1				
M	5	Ø	K	N1	Gesamt				22	15	15	51	37	29				MAIS	vor Saat
M	5	Ø	C	N1					19	14	13	46	33	27					
M	5	Ø	K	N2	Gesamt				97	23	15	135	120		24			MAIS	6-Blatt
M	5	Ø	C1	N2					509	122	39	670	631	160	176				
M	5	Ø	C2	N2					40	12	12	72	59		2				
M	5	Ø	C3	N2					49	19	13	81	68		2				
M	5	Ø	K	N3	Gesamt				25	6	6	37	31		1			MAIS	Blüte
M	5	Ø	C1	N3					127	34	9	170	161		1				
M	5	Ø	C2	N3					7	4	6	16	11		1				
M	5	Ø	C3	N3					6	4	5	15	10		1				
M	5	Ø	K	N4	Gesamt				7	5	2	14	12		2			MAIS	Ernte/Schalvo
M	5	Ø	C1	N4					11	14	10	35	25		1				
M	5	Ø	C2	N4					5	3	3	11	8		1				
M	5	Ø	C3	N4					9	7	3	18	16		1				

8.8 Tabellenanhang zu gemessenen Nitratauswaschungen mit SIA

Tabelle 19: Mittlere Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)

Standort	Behandlung	Nitrat-N-Auswaschung [kg/ha]					
		Vegetation 2008	Nach-Veg. 2008/09	Vegetation 2009	Nach-Veg. 2009/10	Vegetation 2010	Nach-Veg. 2010/11
M1 Schlattweg	konv	42	38	5	69	76	27
	CULTAN	34	46	6	38	83	29
M2 Schlattmatten	konv	38	69	8	146	139	68
	CULTAN	30	43	5	142	92	81
M3 Hohrain	konv	0	0	0	0	1	0
	CULTAN	0	0	1	0	17	0
M4 Pfannenstiel	konv	19	3	1	8	12	3
	CULTAN	8	3	2	8	7	2
M5 Langacker	konv	1	7	0	1	2	7
	CULTAN	1	4	0	0	0	12

Tabelle 20: Mittlere Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Nitrat-N-Auswaschung [kg/ha]			
		Vegetation 2009	Nach-Vegetation 2009/10	Vegetation 2010	Nach-Vegetation 2010/11
K1	konv	1	5		
	CULTAN	0	11		
K2	konv	0	84		
	CULTAN	0	75		
K3	konv	5	44		
	CULTAN	22	26		
K4	konv	11	23		
	CULTAN	20	35		
K5	konv	38	172		
	CULTAN	59	168		
K6	konv			5	8
	CULTAN			3	6
K7	konv			91	37
	CULTAN			76	68
K8	konv			81	182
	CULTAN			155	113
K9	konv			28	28
	CULTAN			43	70
K10	konv			25	5
	CULTAN			27	12

Tabelle 21: Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]					
					Veg. 2008	Nach-Veg. 08/09	Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10	Veg. 2010	Nach-Veg. 10/11
M1 Schlattweg	konv	M1	1	1	19	24	5	51	44	13
M1 Schlattweg	konv	M1	1	2	20	22	5	50	29	18
M1 Schlattweg	konv	M1	1	3	51	22	4	39	26	7
M1 Schlattweg	konv	M1	2	1	65	63	6	47	90	40
M1 Schlattweg	konv	M1	2	2	67	77	7	40	78	33
M1 Schlattweg	konv	M1	2	3	48	65	5	184	89	38
M1 Schlattweg	konv	M1	2	4	50	41	5	83	55	12
M1 Schlattweg	konv	M1	3	1	33	5	8	46	175*	52
M1 Schlattweg	konv	M1	3	2	45	37	4	59	91	25
M1 Schlattweg	konv	M1	3	3	17	28	3	88	86	36
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	4	1	30	24	2	22	56	53
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	4	2	31	34	3	38	49	14
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	4	3	33	13	3	46	29	18
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	5	1	22	13	4	13	12	36
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	5	2	39	65	3	32	38	30
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	5	3	23	62	2	21	83	24
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	5	4	30	35	2	59	14	17
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	6	1	54	43	12	40	93	40
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	6	2	45	53	7	30	99	38
M1 Schlattweg	CULTAN	M1	6	3	160*	120	19	85	353*	23
M2 Schlattmatten	konv	M2	1	1	91	115	9	248	101	44
M2 Schlattmatten	konv	M2	1	2	16	45	14	66	157	42
M2 Schlattmatten	konv	M2	1	3	8	7	26	487	457*	153
M2 Schlattmatten	konv	M2	2	1	67	65	2	56	114	16
M2 Schlattmatten	konv	M2	2	2	50	80	5	29	63	9
M2 Schlattmatten	konv	M2	2	3	16	51	3	31	40	41
M2 Schlattmatten	konv	M2	2	4	14	150	4	32	53	23
M2 Schlattmatten	konv	M2	3	1	48	42	3	121	1	118
M2 Schlattmatten	konv	M2	3	2	31	66	5	54	269	181
M2 Schlattmatten	konv	M2	3	3	156*	72	4	338	137	57
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	4	1	37	51	3	9	11	84
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	4	2	35	46	8	22	28	74
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	4	3	32	44	2	32	84	57
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	5	1	18	34	2	113	77	30
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	5	2	96*	221*	8	173	136	32
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	5	3	31	42	10	38	35	16
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	5	4	31	22	3	64	34	19
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	6	1	42	51	2	474	133	181
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	6	2	21	31	11	439	216*	192
M2 Schlattmatten	CULTAN	M2	6	3	23	62	2	55	171	129

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 21 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]					
					Veg. 2008	Nach-Veg. 08/09	Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10	Veg. 2010	Nach-Veg. 10/11
M3 Hohrain	konv	M3	1	1	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	konv	M3	1	2	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	konv	M3	1	3	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	konv	M3	2	1	0	0	0	0	1	0
M3 Hohrain	konv	M3	2	2	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	konv	M3	2	3	0	0	0	0	1	0
M3 Hohrain	konv	M3	2	4	0	0	1	0	0	0
M3 Hohrain	konv	M3	3	1	0	0	1	0	1	0
M3 Hohrain	konv	M3	3	2	0	0	0	0	1	0
M3 Hohrain	konv	M3	3	3	0	0	0	0	1	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	4	1	0	1	3	0	163*	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	4	2	2	0	1	0	1	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	4	3	0	0	1	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	5	1	0	0	1	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	5	2	0	0	1	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	5	3		0	0	0	1	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	5	4	0	0	1	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	6	1	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	6	2	0	0	0	0	0	0
M3 Hohrain	CULTAN	M3	6	3	0	0	0	0	0	0
M4 Pfannenstiel	konv	M4	1	1	10	4	2	9	26	0
M4 Pfannenstiel	konv	M4	1	2	1	1	2	7	23	0
M4 Pfannenstiel	konv	M4	1	3	15	2	2	2	17	0
M4 Pfannenstiel	konv	M4	2	1	13	2	1	6	4	2
M4 Pfannenstiel	konv	M4	2	2	10	2	2	10	2	2
M4 Pfannenstiel	konv	M4	2	3	7	4	1	2	4	0
M4 Pfannenstiel	konv	M4	2	4	36	3	1	10	12	1
M4 Pfannenstiel	konv	M4	3	1	13	9	3	12	14	17
M4 Pfannenstiel	konv	M4	3	2	63	2	0	10	9	2
M4 Pfannenstiel	konv	M4	3	3	23	2	0	7	12	2
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	4	1	6	5	2	7	9	4
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	4	2	2	1	2	6	6	3
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	4	3	6	1	0	3	11	1
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	5	1	6	4	3	4	8	3
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	5	2	7	3	2	12	15	2
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	5	3	19	2	1	3	4	2
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	5	4	3	3	10	15	10	0
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	6	1	26	4	0	2	4	6
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	6	2	2	2	0	20	2	0
M4 Pfannenstiel	CULTAN	M4	6	3	8	2	0	11	6	1

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 21 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Mais)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]					
					Veg. 2008	Nach-Veg. 08/09	Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10	Veg. 2010	Nach-Veg. 10/11
M5 Langacker	konv	M5	1	1	0	8	0	0	0	1
M5 Langacker	konv	M5	1	2	0		0	0	0	3
M5 Langacker	konv	M5	1	3	0	5	0	0	0	2
M5 Langacker	konv	M5	2	1	0	5	0	0	1	10
M5 Langacker	konv	M5	2	2	1	5	0	1	0	2
M5 Langacker	konv	M5	2	3	2	8	0	1	1	10
M5 Langacker	konv	M5	2	4	1	10	0	1	0	5
M5 Langacker	konv	M5	3	1	2	8	0	3	6	17
M5 Langacker	konv	M5	3	2	0	6	0	2	10	12
M5 Langacker	konv	M5	3	3	3	10	0	2	1	5
M5 Langacker	CULTAN	M5	4	1	0	0	0	0	0	6
M5 Langacker	CULTAN	M5	4	2	1	0	0	0	0	15
M5 Langacker	CULTAN	M5	4	3	0	1	0	0	0	11
M5 Langacker	CULTAN	M5	5	1	0	2	0	0	0	0
M5 Langacker	CULTAN	M5	5	2	0	0	0	0	0	0
M5 Langacker	CULTAN	M5	5	3	0	1	0	0	0	0
M5 Langacker	CULTAN	M5	5	4	0	3	0	0	0	5
M5 Langacker	CULTAN	M5	6	1	3	14	0	0	0	14
M5 Langacker	CULTAN	M5	6	2	2	13	0	0	0	45
M5 Langacker	CULTAN	M5	6	3	2	8	0	0	0	29

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22: Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10
K1	konv	K109	1	1	1	23
K1	konv	K109	1	2	0	26
K1	konv	K109	1	3	0	4
K1	konv	K109	2	1	1	0
K1	konv	K109	2	2	2	0
K1	konv	K109	2	3	2	0
K1	konv	K109	2	4	1	0
K1	konv	K109	3	1	0	0
K1	konv	K109	3	2	2	0
K1	konv	K109	3	3	0	0
K1	CULTAN	K109	4	1	0	15
K1	CULTAN	K109	4	2	1	38
K1	CULTAN	K109	4	3	1	16
K1	CULTAN	K109	5	1	0	4
K1	CULTAN	K109	5	2	0	4
K1	CULTAN	K109	5	3	2	20
K1	CULTAN	K109	5	4	0	12
K1	CULTAN	K109	6	1	0	0
K1	CULTAN	K109	6	2	0	2
K1	CULTAN	K109	6	3	0	0
K2	konv	K209	1	1	1	21
K2	konv	K209	1	2	3	76
K2	konv	K209	1	3	0	92
K2	konv	K209	2	1	0	81
K2	konv	K209	2	2	0	41
K2	konv	K209	2	3	0	
K2	konv	K209	2	4	0	32
K2	konv	K209	3	1	0	144
K2	konv	K209	3	2	0	153
K2	konv	K209	3	3	0	121
K2	CULTAN	K209	4	1	0	41
K2	CULTAN	K209	4	2	0	38
K2	CULTAN	K209	4	3	0	98
K2	CULTAN	K209	5	1	0	111
K2	CULTAN	K209	5	2	0	187
K2	CULTAN	K209	5	3	1	37
K2	CULTAN	K209	5	4	2	42
K2	CULTAN	K209	6	1	0	53
K2	CULTAN	K209	6	2	0	100
K2	CULTAN	K209	6	3	2	48

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10
K3	konv	K309	1	1	1	29
K3	konv	K309	1	2	1	40
K3	konv	K309	1	3	0	31
K3	konv	K309	2	1	1	54
K3	konv	K309	2	2	1	66
K3	konv	K309	2	3	17	70
K3	konv	K309	2	4	6	45
K3	konv	K309	3	1	7	46
K3	konv	K309	3	2	8	38
K3	konv	K309	3	3	341*	25
K3	CULTAN	K309	4	1	1	38
K3	CULTAN	K309	4	2	0	16
K3	CULTAN	K309	4	3	0	24
K3	CULTAN	K309	5	1	18	28
K3	CULTAN	K309	5	2	6	38
K3	CULTAN	K309	5	3	3	21
K3	CULTAN	K309	5	4	5	
K3	CULTAN	K309	6	1	69	33
K3	CULTAN	K309	6	2	87	22
K3	CULTAN	K309	6	3	31	14
K4	konv	K409	1	1	8	13
K4	konv	K409	1	2	4	10
K4	konv	K409	1	3	9	47
K4	konv	K409	2	1	11	13
K4	konv	K409	2	2	23	53
K4	konv	K409	2	3	18	6
K4	konv	K409	2	4	192*	58
K4	konv	K409	3	1	2	12
K4	konv	K409	3	2	12	6
K4	konv	K409	3	3	15	15
K4	CULTAN	K409	4	1		45
K4	CULTAN	K409	4	2	15	35
K4	CULTAN	K409	4	3	8	54
K4	CULTAN	K409	5	1	24	18
K4	CULTAN	K409	5	2	21	10
K4	CULTAN	K409	5	3	35	6
K4	CULTAN	K409	5	4	52	29
K4	CULTAN	K409	6	1	11	48
K4	CULTAN	K409	6	2	2	52
K4	CULTAN	K409	6	3	8	50

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10
K5	konv	K509	1	1	54	237
K5	konv	K509	1	2	28	262
K5	konv	K509	1	3	65	124
K5	konv	K509	2	1	13	24
K5	konv	K509	2	2	24	159
K5	konv	K509	2	3	74	330
K5	konv	K509	2	4	6	182
K5	konv	K509	3	1	3	
K5	konv	K509	3	2	44	103
K5	konv	K509	3	3	65	123
K5	CULTAN	K509	4	1	8	82
K5	CULTAN	K509	4	2	73	153
K5	CULTAN	K509	4	3	24	139
K5	CULTAN	K509	5	1	50	267
K5	CULTAN	K509	5	2	9	151
K5	CULTAN	K509	5	3	21	178
K5	CULTAN	K509	5	4	21	185
K5	CULTAN	K509	6	1	119	222
K5	CULTAN	K509	6	2	115	193
K5	CULTAN	K509	6	3	147	114

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2010	Nach-Veg. 10/11
K6	konv.	K110	1	1	1	0
K6	konv.	K110	1	2	1	0
K6	konv.	K110	1	3	1	0
K6	konv.	K110	2	1	2	2
K6	konv.	K110	2	2	2	2
K6	konv.	K110	2	3	3	7
K6	konv.	K110	2	4		6
K6	konv.	K110	3	1	13	19
K6	konv.	K110	3	2	13	24
K6	konv.	K110	3	3	7	25
K6	CULTAN	K110	4	1	3	0
K6	CULTAN	K110	4	2	1	1
K6	CULTAN	K110	4	3	1	0
K6	CULTAN	K110	5	1	5	7
K6	CULTAN	K110	5	2	1	5
K6	CULTAN	K110	5	3	1	7
K6	CULTAN	K110	5	4	1	4
K6	CULTAN	K110	6	1	11	9
K6	CULTAN	K110	6	2	7	11
K6	CULTAN	K110	6	3	1	16
K7	konv.	K210	1	1	57	38
K7	konv.	K210	1	2	124	17
K7	konv.	K210	1	3	237	78
K7	konv.	K210	2	1	51	39
K7	konv.	K210	2	2	74	22
K7	konv.	K210	2	3	61	58
K7	konv.	K210	2	4	23	46
K7	konv.	K210	3	1	163	29
K7	konv.	K210	3	2	46	29
K7	konv.	K210	3	3	78	13
K7	CULTAN	K210	4	1	33	43
K7	CULTAN	K210	4	2	99	97
K7	CULTAN	K210	4	3	104	86
K7	CULTAN	K210	5	1	75	50
K7	CULTAN	K210	5	2	127	75
K7	CULTAN	K210	5	3	37	80
K7	CULTAN	K210	5	4	91	47
K7	CULTAN	K210	6	1	80	49
K7	CULTAN	K210	6	2	46	75
K7	CULTAN	K210	6	3	68	74

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2010	Nach-Veg. 10/11
K8	konv.	K310	1	1	56	136
K8	konv.	K310	1	2	24	332
K8	konv.	K310	1	3	126	273
K8	konv.	K310	2	1	90	123
K8	konv.	K310	2	2	41	154
K8	konv.	K310	2	3	46	223
K8	konv.	K310	2	4	260	353
K8	konv.	K310	3	1	91	41
K8	konv.	K310	3	2	36	125
K8	konv.	K310	3	3	35	60
K8	CULTAN	K310	4	1	42	67
K8	CULTAN	K310	4	2	18	101
K8	CULTAN	K310	4	3	190	305
K8	CULTAN	K310	5	1	320	72
K8	CULTAN	K310	5	2	250	61
K8	CULTAN	K310	5	3	107	68
K8	CULTAN	K310	5	4		70
K8	CULTAN	K310	6	1	207	126
K8	CULTAN	K310	6	2	147	171
K8	CULTAN	K310	6	3	117	84
K9	konv.	K410	1	1	9	32
K9	konv.	K410	1	2	22	46
K9	konv.	K410	1	3	6	47
K9	konv.	K410	2	1	35	13
K9	konv.	K410	2	2	42	27
K9	konv.	K410	2	3	41	13
K9	konv.	K410	2	4	27	6
K9	konv.	K410	3	1	39	52
K9	konv.	K410	3	2	34	7
K9	konv.	K410	3	3	27	38
K9	CULTAN	K410	4	1	47	230
K9	CULTAN	K410	4	2	44	156
K9	CULTAN	K410	4	3		791*
K9	CULTAN	K410	5	1	51	15
K9	CULTAN	K410	5	2	21	97
K9	CULTAN	K410	5	3	41	16
K9	CULTAN	K410	5	4	55	21
K9	CULTAN	K410	6	1		33
K9	CULTAN	K410	6	2	25	37
K9	CULTAN	K410	6	3	60	22

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

Tabelle 22 (Fortsetzung): Nitrat-N-Auswaschung der einzelnen Messperioden (Kartoffel)

Standort	Behandlung	Standort	Profil	SIA	N-Auswaschung [kg/ha]	
					Veg. 2009	Nach-Veg. 09/10
K10	konv.	K510	1	1	7	0
K10	konv.	K510	1	2	2	0
K10	konv.	K510	1	3	6	2
K10	konv.	K510	2	1	55	4
K10	konv.	K510	2	2	4	5
K10	konv.	K510	2	3	5	7
K10	konv.	K510	2	4	11	1
K10	konv.	K510	3	1	44	9
K10	konv.	K510	3	2	42	6
K10	konv.	K510	3	3	78	17
K10	CULTAN	K510	4	1	31	9
K10	CULTAN	K510	4	2	21	3
K10	CULTAN	K510	4	3	21	4
K10	CULTAN	K510	5	1	6	2
K10	CULTAN	K510	5	2	43	17
K10	CULTAN	K510	5	3	29	7
K10	CULTAN	K510	5	4	11	5
K10	CULTAN	K510	6	1	74	27
K10	CULTAN	K510	6	2	24	34
K10	CULTAN	K510	6	3	11	13

*: Extremwert wurde als Ausreißer behandelt.

8.9 Übersichtstabellen: Bewirtschaftung Maisparzellen 2008 bis 2010

Cultan Projekt Anbaudaten Körnermais 2008		
Anbausteckbrief Mais 2008		
fehlende Einträge in rechter Spalte bedeuten identische Werte Konventionell und Cultan		
Parzelle /Maßnahme	Behandlung M Konventionell	Behandlung M Cultan
M108 Schlattweg	K	c
M208 Schlattmatten	K	c
M308 Föhren Hohrain	K	c
M408 Pfannenstiel	K	c
M508 Langacker	K	c
Bodenbearbeitung		
Pflug	M108 17.12.2007 M208 10.01.2008 M308 08.01.2008 M408 29.12.2007 M508 29.12.2007	
Eggen1	M108 29.03.2008 M208 14.04.2008 M308 30.04.2008 M408 3.04.2008 M508 3.04.2008	
Eggen 2	M108 08.05.2008	
Saattermin 2008	09.05.2008	
Grunddüngung	einheitlich	
Saatstärke	einheitlich	
Sorte	PR38B85 /290	
N Düngung / kg N/ha (+20 kg N/ha als Unterfußdüngung)	M108 120 M208 120 M308 140 M408 140 M508 140	
Düngerform	Harnstoff 46	Domamon L26
Düngetermin	24.05.2008 (2-3 Blatt)	09.05.2008 (zur Saat)
Bestandesdichte zur Ernte	71400	71600
Unkrautwuchs	Beobachtung	
Unkrautaufwuchs kg FM/ha)	n.E.	
Nmin Beprobungen	06.05.2008 10.06.2008 16.07.2008 11.11.2008	
Unkrautbekämpfung	29.05.2008	
Produkt	0,7 l Motivell, 1,2 l ClioSuper + 160 g Arrat (300 l)	
Biomasse Gesamtpflanze (kgFM/ha)	51324	53905
Gesamtbiomasse (t TM/ha)	16,5	17,6
Biomasse Erntetermin (ca. BBCH 84)	09.09.2008	09.09.2008
Ertrag Kornernte (kg TM/ha)	M108 --7695 M208 --8793 M308 --10998 M408 --10278 M508 --11196	M108 --8141 M208 --9975 M308 --11703 M408 --10546 M508 --11885
Kornernte Ø kg TM/ha	9792	10450
Kornernte Ø Handel (15 %)	11,69	12,57
Kornfeuchte (%)	29,7	29,9
Erntetermin Korn	07.11.2008	07.11.2008

***) Besonderheit:** Wildschweinschaden in M208 Parzellen mit hohen Ertragsverlusten
bzw. weniger N-Abfuhr als in der Ertragsschätzung nach Handbeprobung angenommen

Cultan Projekt Anbaudaten Körnermais 2009		
Anbausteckbrief Mais 2009		
fehlende Einträge in rechter Spalte bedeuten identische Werte Konventionell und Cultan		
Parzelle /Maßnahme	Behandlung M Konventionell	Behandlung M Cultan
M109 Schlattweg	K	c
M209 Schmalacker	K	c
M309 Föhren Hohrain	K	c
M409 Pfannenstiel	K	c
M509 Langacker	K	c
Bodenbearbeitung		
Pflug	M109 --26.01.09 M209 --03.01.09 M309 --04.12.08 M409 --28.11.08 M509 --29.11.08	
Eggen1	M109 --17.03.09 M209 --20.03.09 M309 --23.03.09 M409 --31.03.09 M509 --31.03.09	
Eggen 2	23.04.2009	
Saattermin 2009	24.04.2009	
Grunddüngung Kali 40/6	einheitlich am 2/3 April	
Saatstärke (Körner/ha)	M109 --74100 M209 --74100 M309 --83300 M409 --83300 M509 --83300	
Sorte	PR38A 79 (270/280)	
N Düngung / kg N/ha	M109 138	
davon 36 N Unterfuß als DAP	M209 139 M309 157 M409 173 M509 169	
Unterfußdünger	DAP am 24.4.2009	
N-Hauptdüngung	Harnstoff am 25.05.2009	Domamon am 24.04.2009
Bestandesdichte Ernte	70000 (1-2) / 76000 (3-5)	
Probeschnitt Unkrautwuchs	09.07.2009	09.07.2009
Unkrautaufwuchs kg TM/ha)	2391	1863
Nmin Beprobungen	21.04.2009 27.05.2009 09.07.2009 19.10.2009	
Unkrautbekämpfung	20.05.2009	
Produkt	ClioSuper Pack [0,15 l Clio, 1l Dash, 1 l Spectrum	
Gesamtpflanze (Kg FM/ha)	52448	53311
Biomasse (t TM/ha)	n. b.	
Biomasse-Erntetermin	19.08.2009	19.08.2009
Kornernte (kg TM/ha /ha)	M109k --7981 M209k --7588 M309k --10465 M409k --11359 M509k --12031	M109c --7787 M209c --7794 M309c --10241 M409c --11033 M509c --12097
Kornernte Ø (Kg TM/ha)	9885	9789
Kornernte Ø Handel (15 %)	11370	11260
Kornfeuchte bei Ernte (%)	19,3	19,2
Erntetermin Korn	2.10. (M109/209) u. 19.10.	2.10. (M109/209) u. 19.10.

Cultan Projekt Mais 2010 Anbausteckbrief Mais 2010 fehlende Einträge in rechter Spalte bedeuten identische Werte Konventionell und Cultan		
Parzelle /Maßnahme	Behandlung M Konventionell	Behandlung M Cultan
M110 Schlattweg	K	C
M210 Schmalacker(S.-matten)	K	C
M310 Föhren Hohrain	K	C
M310 80 %N mit UF	K	C
M310 80 % N ohne UF	leer	C
M410 Pfannenstiel	K	C
M510 Langacker	K	C
M510 80 % N mit UF	K	C
M510 80 % N ohne UF	K	C
Bodenbearbeitung	Pflug, Saatbeetkombi	
Pflug	M110 --02.12.2009 M210 --02.12.2009 M310 --10.12.2009 M410 --28.11.2009 M510 --28.11.2009	
Eggen1	20.03.2010	
Eggen 2	26.04.010	
Saattermin 2010	27.04.2010	
Grunddüngung	einheitlich	
als Unterfußdüngung (36 kgN/ha)	200kg/ha DAP (27.4.2010) =92 kg P2O5 /ha als DAP	
Saatstärke (Körner/ha)	M110 --78204 M210 --78204 M310 --78204 M410 --78204 M510 --78204	
Sorte	PR37Y12 (ca. K 290)	
N Düngung / kg N/ha davon 36 N als DAP Unterfuß Ertragsannahmen: 100 dt/ha (M110 M210) 120 dt/ha (M310 -M510)	M110 129 M210 130 M310 180 M310 (80% +UF) 144 M410 180 M510 175 M510 (80% +UF) 140 M510 (80% -UF) 140	M310 (80% +UF) 144 M310 (80% -UF) 144 M510 (80% +UF) 140 M510 (80% -UF) 140
Unterfußdünger	DAP am 27.04.2010	
N-Hauptdüngung	Harnstoff am 19.05.2010	Domamon am 27.04.2010
Bestandesdichte zur Saat	78.204	78.204
Probeschnitt Unkrautwuchs	14.07.2010	
Unkrautaufwuchs kg FM/ha)	15458	14199
Nmin Beprobungen		
N1 (zur Saat)	21.04.2010	
N2 (6-Blatt)	10.06.2010	
N3 (Ende Blüte)	04.08.2010	
N4 (nach der Ernte)	18.11.2010	
Unkrautbekämpfung	02.06.2010	
Produkt	Clio super 1,5 l/ha	
Gesamtpflanze (Kg FM/ha)	58102 (sd= 7177)	61206 (sd= 6108)
Gesamtbiomasse (t TM/ha)	17,01 (sd=2,42)	18,24 (sd=1,97)
Biomasse-Probenahme am	14.09.2010	
Kornernte (kg TM/ha /ha)	M110-K 7919 M210-K 8632 M310-K 9565 M310-K 80 % mUF 8053 M410-K 9085 M510-K 10107 M510-K 80% mUF 9065 M510-K 80% oUF 8624	M110-C 9678 M210-C 9219 M310-C 9514 M310-C 80 % mUF 8405 M310-C 80 % oUF 10073 M410-C 9041 M510-C 9372 M510-C 80% mUF 10925 M510-C 80% oUF 10339
Kornernte Ø (Kg TM/ha)	9061,85	9364,45
Kornernte Ø Handelsertrag	10661	11017
Kornfeuchte bei Ernte (%)	28	28,2
Erntetermin Korn	17.11.2010	

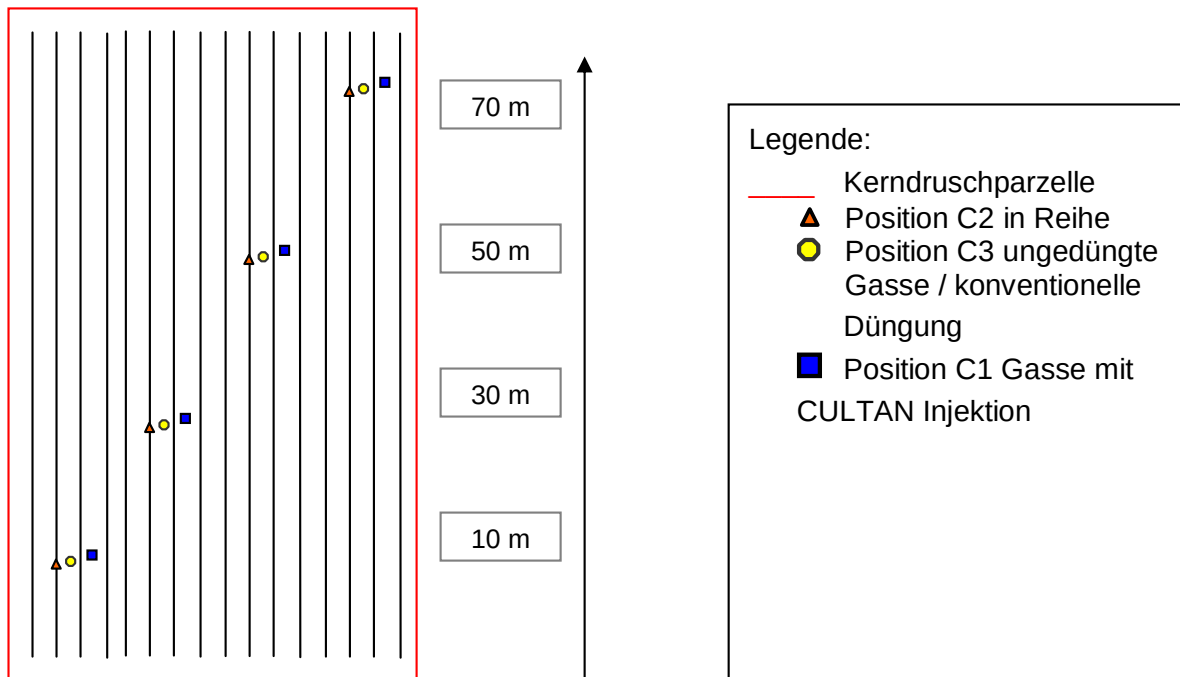
8.10 Übersichtstabellen: Bewirtschaftung Kartoffelparzellen 2009-2010

Cultan Projekt Kartoffel 2009		
Bei fehlenden Einträgen in Behandlung Cultan (KC) sind Werte wie bei konventionell (KK)		
Parzelle /Maßnahme	Behandlung konventionelle Düngung KK	Behandlung Cultan Düngung KC
K1 "Belana"	K	C
K2 "Marabel"	K	C
K3 (Folie früh) "Lady Rosetta"	K	C
K4 (Folie früh) "BERBER"	K	C
K5 (Folie früh) "BERBER"	K	C
Bodenbearbeitung		
Pflug	K1 16.12.2008 K2 15.12.2008 K3 18.12.2008 K4 20.11.2008 K5 01.11.2008	
Eggen	K1 Kreiselegge am 2.04.09 K2 Kreiselegge am 2.04.09 K3 Kreiselegge am 17.3.09 K4 Kreiselegge 16.03.09 K5 Kreiselegge 14.03.09	
Grunddüngung	jeweils einheitlich K1 am 1.04.09 K2 am 1.04.09 K3 am 16.03.09 K4 am 15.11.08 K5 am 13.10.08	
Pflanztermin	K1 am 02.04.09 K2 am 03.04.09 K3 am 17.03.09 K4 am 16.03.09 K5 am 14.03.09	
Folie/- entfernung	K3 ->am 29.04.09 K4 ->am 24.04.09 K5 ->am 21.04.09	
Saatstärke (Knollen/ha) Legeabstand (0,75 m *0,33 m)	K1 40.000 Pfl./ha K2 40.000 Pfl./ha K3 40.000 Pfl./ha K4 40.000 Pfl./ha / 2500 kg/ha K5 40.000 Pfl./ha / 2500 kg/ha	
Beregnung (Datum/mm)	K1 nein K2 nein K3 ja ->111 l (+16) K4 ja ->110 l K5 ja ->118 l	
N Düngung / kg N/ha	K1: 99 K2: 98 K3: 153 K4: 145 K5: 145	
Düngerform	KAS (NH4 NO3)	Domamon L26
Düngetermin	vor Pflanzung	mit Pflanzung (div Termine)
Pflanzenschutz	K1 Knollenbeize und ab 20.04. bis 21.07. 9 Anwendungen K2 Knollenbeize und ab 20.04. bis 27.07. 11 Anwendungen K3 Knollenbeize und ab 19.03. bis 10.06. 6 Anwendungen K4 Knollenbeize und ab 17.03. bis 05.06 7 Anwendungen K5 Knollenbeize und ab 16.7.03. bis 30.5. 6 Anwendungen	
Knollenernte	K1 am 18.09.09 K2 am 13.08.09 K3 am 22.06.09 K4 am 25.06.09 K5 am 24.06.09	
Ertragsziel (dt/ha)	K1 ->400 dt/ha K2 ->400 dt/ha K3 ->350 dt/ha K4 ->350 dt/ha K5 ->400 dt/ha	
Ertrag (dt /ha)	K1 >399 dt/ha (18.09.09) K2 >403 dt/ha (13.08.09) K3 >459 dt/ha (22.06.09) K4 >253 dt/ha (25.06.09) K5 >248 dt/ha (24.06.09)	K1 >373 dt/ha (18.09.09) K2 >437 dt/ha (13.08.09) K3 >414 dt/ha (22.06.09) K4 >290 dt/ha (25.06.09) K5 >210 dt/ha (24.06.09)
Ertrag (dt TM/ha)	K1 >85,3 dt/ha (18.09.09) K2 >85,0 dt/ha (13.08.09) K3 >117,6 dt/ha (22.06.09) K4 >45,9 dt/ha (25.06.09) K5 >46,6 dt/ha (24.06.09)	K1 >77,9 dt/ha (18.09.09) K2 >87,4 dt/ha (13.08.09) K3 >108,8 dt/ha (22.06.09) K4 >54,2 dt/ha (25.06.09) K5 >38,0 dt/ha (24.06.09)
Gründüngung/Untersaat	K1 K2 K3 ->24.6. Silomais(40kgN/ha) K4 ->13.8. Gelbsenf/Raps K5	abgemulcht am 25.11.2009

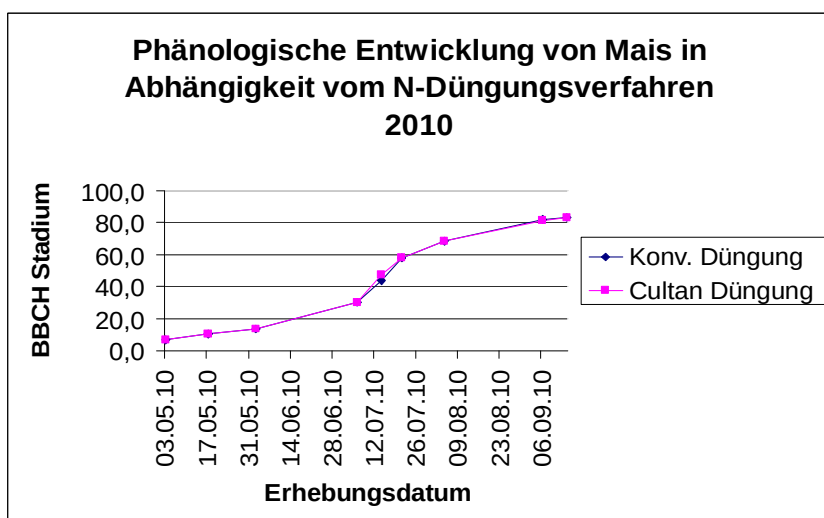
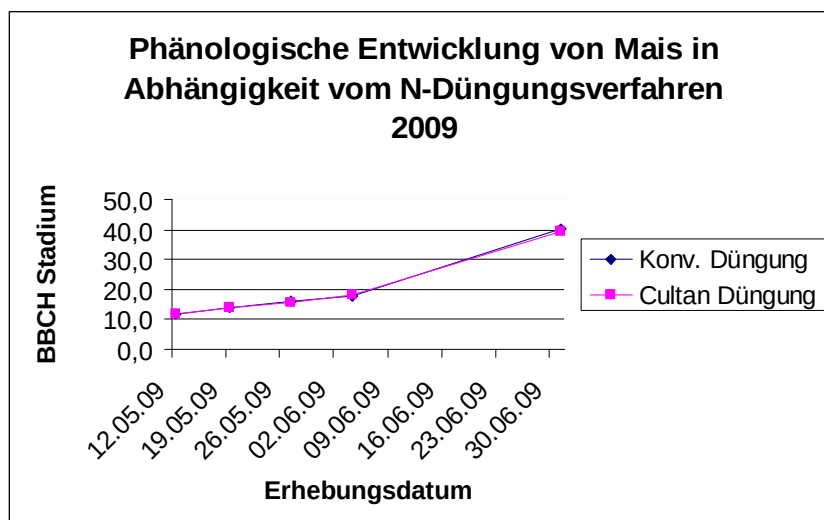
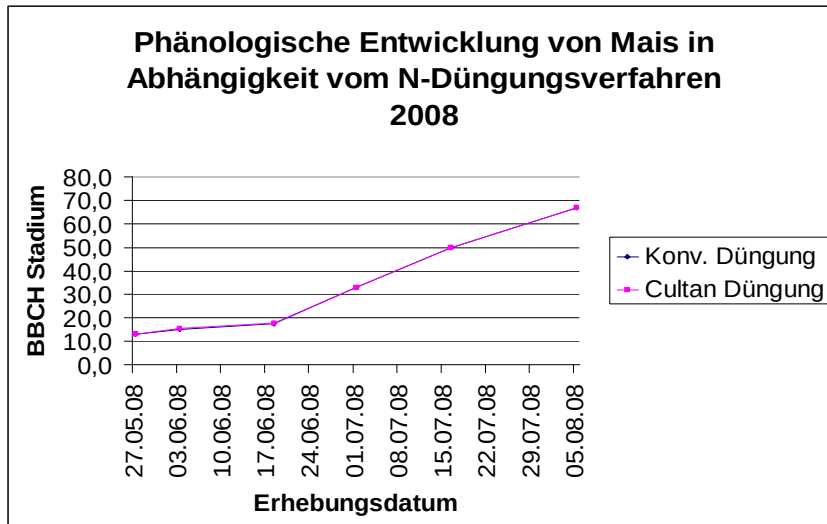
Cultan Projekt Kartoffel 2010		
Bei fehlenden Einträgen in Behandlung Cultan (KC) sind Werte wie bei konventionell (KK)		
Parzelle /Maßnahme	Behandlung konventionelle Düngung KK	Behandlung Cultan Düngung KC
K6 (Folie früh)	K Sorte Lady Rosetta	C
K7	K Sorte Natascha	C
K8 (Folie früh)	K Sorte Anaïs	C
K9	K Sorte Belana	C
K10 (Folie früh)	K Sorte Annabelle	C
Bodenbearbeitung		
Pflug	K6 am 26.11.09 K7 am 20.12.09 K8 am 28.09.09 K9 am 17.11.09 K10 am 14.11.09	
Eggen	K6 am 19.03.10 K7 am 08.04.10 K8 am 19.03.10 K9 am 07.04.10 K10 am 18.03.10	Häufeln am 27.04.10 Häufeln am 23.04.10 -- Häufeln am 04.06.10
Grunddüngung	jeweils einheitlich K6 am 26.01.10 K7 am 27.01.09 K8 am 27.01.09 K9 am 07.11.09 K10 am 28.10.09	
Pflanztermin	K6 am 19.03.10 K7 am 07/08.04.10 K8 am 19.03.10 K9 am 08.04.10 K10 am 18.03.10	
Folie/- entfernung	K6 am 27.04.10 K7 -- K8 27.4.2010 K9 -- K10 am 28.04.10	
Saatstärke (Knollen/ha) Legeabstand (0,75 m *0,33 m)	K6 40 000 Pfl./ha K7 40.000 Pfl./ha K8 40.00 Pfl./ha K9 40.00 Pfl./ha K10 40 000 Pfl./ha	
Beregnung (mm)	K6 ja [30 mm] K7 ja [54 mm] K8 ja [44 mm] K9 ja [75 mm] K10 ja [103 mm]	
Nmin Beprobungen	N1 am 04.03.2010 29.03.2010 N2 am 19.05.2010 28.05.2010 N3 am 29.06.2010 (K9)	N1 am N2 am N3 am 17.09
N Düngung / kg N/ha jeweils zum Saattermin bzw. kurz davor bei konventioneller Düngung	K6 150 Kg N/ha K7 81 kg N/ha K7 (80 %) --- K8 130 kg N/ha K9 96 kg N/ha K9 (80 %) -- K10 160 kg N/ha KAS 27/4 vor Pflanzung	K6: 150 (real gemessen: 151,6) K7: 81 K7 (80 % N): 65 K8: 130 (real gemessen:134) K9: 96 K9 (80% N): 77 K10: 160 (real gemessen:157,4 Kg N/ha) Domamon L26 (flüssig, Depot) mit Pflanzung
Düngerform Düngetermin N-Düngung		
Pflanzenschutz	alle Saaten mit Knollenbeize K6 ->22.03. bis 08.06. 5 Anwendungen K7 ->24.04. bis 08.06. 5 Anwendungen K8 ->22.03. bis 03.06. 6 Anwendungen K9 ->15.04. bis 13.08. 9 Anwendungen K10 ->18.03. bis 10.06. 7 Anwendungen	
Knollenernte	K6 am 21.06.10 K7 am 21.09.10 K8 am 17.06.10 K9 am 15.09.10 K10 am 28.06.10	
Ertragsziel (dt/ha)	K6 ->350 dt/ha K7 ->400 dt/ha K8 ->350 dt/ha K9 ->450 dt/ha K10 ->350 dt/ha	
Ertrag in dt/ha (Erntetermin)	K6 >359 dt/ha am 09.06.2010 K7 >401 dt/ha am 21.09.2010 [80 %N -entfällt] K8 >373 dt/ha am 22.06.2010 K9 >625 dt/ha am 15.09.2010 [80 %N -entfällt] K10 >298 dt/ha am 28.06.2010	K6 > 386 dt/ha K7 > 455 dt/ha [80% N > 475 dt/ha] K8 > 381 dt/ha K9 > 629 dt/ha [80% N >536 dt/ha] K10 > 338 dt/ha
Ertrag (dt TM/ha)	K6 >88,67 dt/ha K7 >69,37 dt/ha [80 %N -entfällt] K8 >58,93 dt/ha K9 >126,9 dt/ha [80 %N -entfällt] K10 >51,85 dt/ha	K6 > 91,87 dt/ha K7 > 79,17 dt/ha [80% N > 82,65 dt/ha] K8 > 59,06 dt/ha K9 > 133,4 dt/ha [80% N >113,7 dt/ha] K10 > 58,47 dt/ha

*) Ablagetiefe des Depots ca. 15 cm das heisst 12 cm unter Knolle

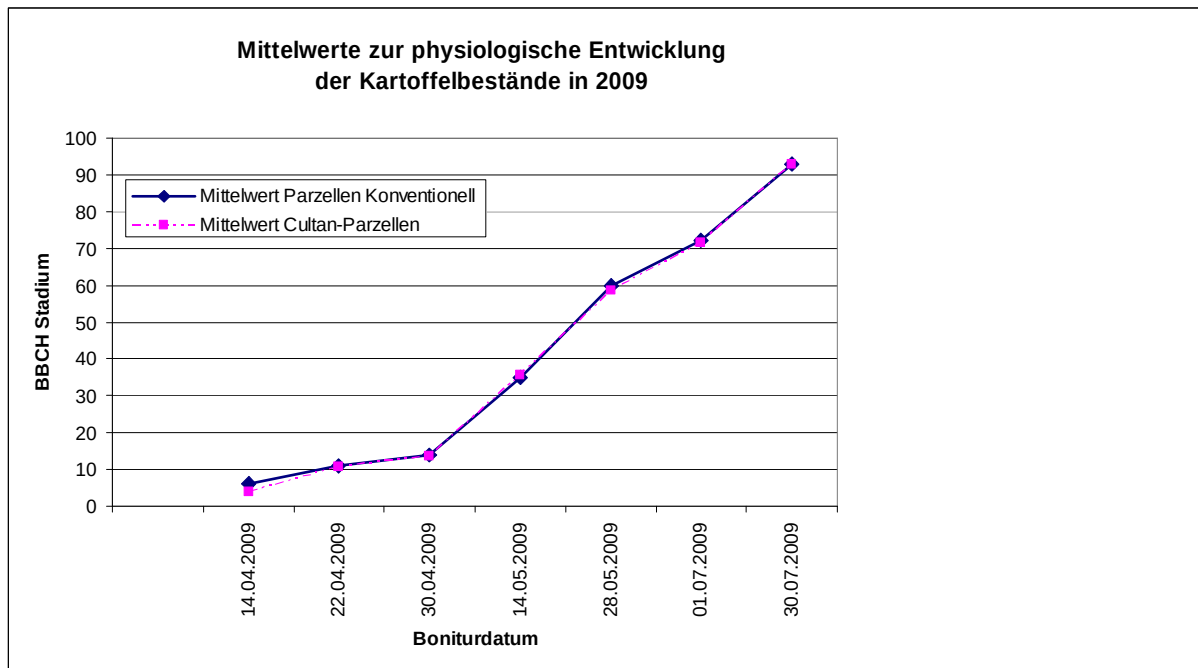
8.11 Schema der N_{min} Untersuchungen in den Maisparzellen während der Vegetationszeit (Termine N2 und N3)



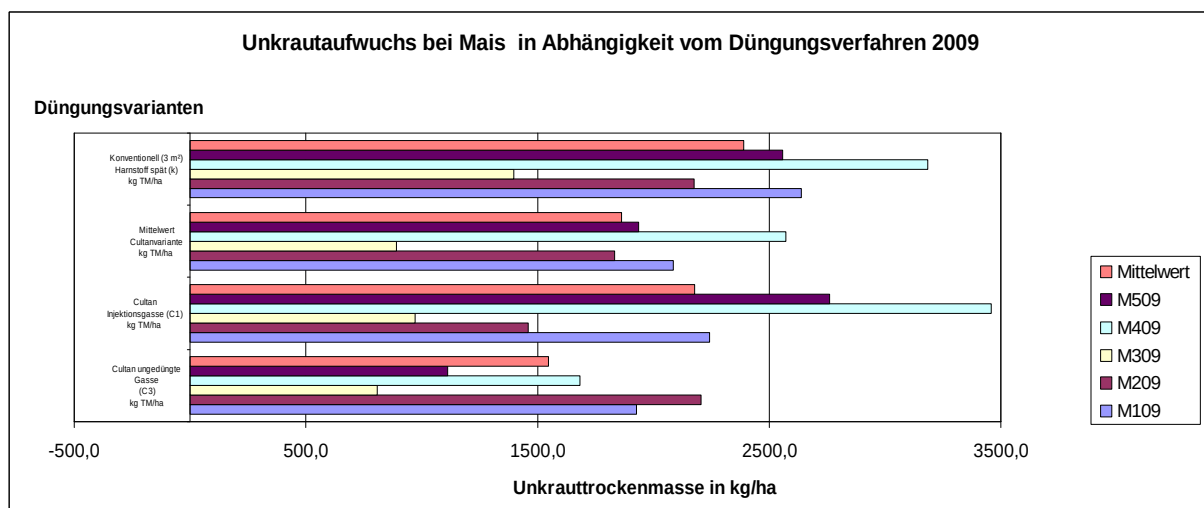
8.12 Phänologische Entwicklung der Maisbestände bei konventioneller Düngung und bei platzierter Depotdüngung mit Domamon L26 (2008-2010)



8.13 Phänologische Entwicklung von Kartoffelbeständen bei konventioneller Düngung und bei platzierter Depotdüngung mit Domamon L26

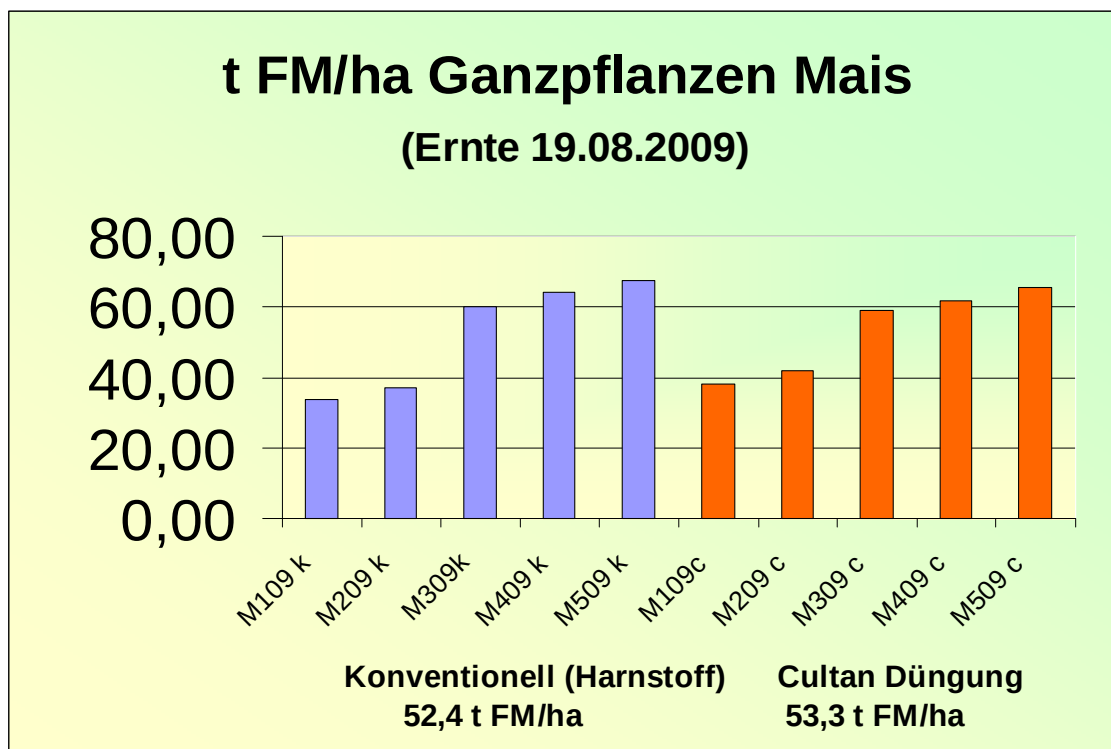
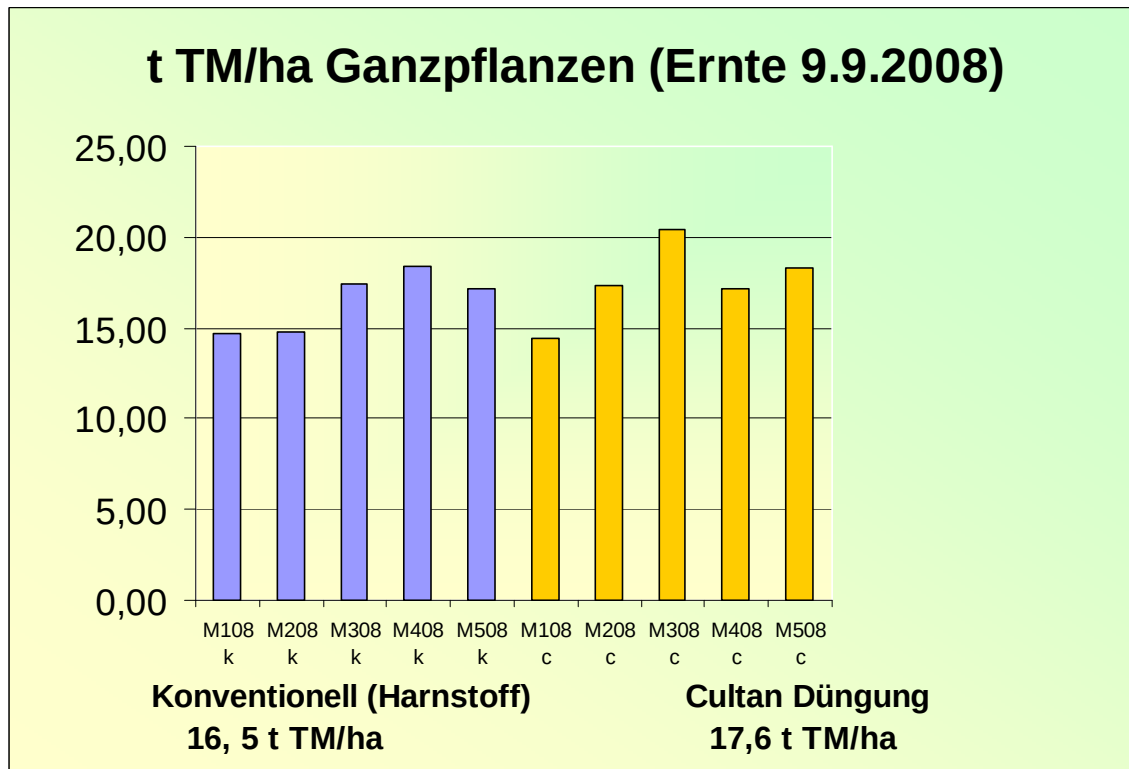


8.14 Unkrautbiomasse in Spritzfenstern der Maisparzellen bei unterschiedlichen Düngevarianten in den Zwischenreihen.



Unkrauttrockenmasse (kg TM/ha) in konventionell gedüngtem Mais und in Zwischenreihen der CULTAN Varianten mit platzierter Domamon Injektionsdüngung.(C1) und in ungedüngten Gassen (C3).

8.15 Gesamtpflanzenbiomasse von Mais mit konventioneller und mit CULTAN Düngung



*) in 2009 konnte wegen technischer Probleme die Trockenmasse nicht bestimmt werden

t TM/ha Ganzpflanzen Mais (Ernte 14.09.2010/ BBCH 84)

