

Untersuchungen zum Erhalt des Lebensraumtyps „Magere Flachlandmähwiese“ auf Niedermoorgrünland im Naturpark Ohre - Drömling

Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III
– Agrar- und Ernährungswissenschaften –



der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt

von Diplomagraringenieur Stefan Schob

geb. am 26.09.1982
in Zeitz

Gutachter: Prof. Dr. habil. Ralph Meissner
Prof. Dr. Hans Joosten

Verteidigung: 09.04.2018

Halle/Saale 2017

Inhalt

Zusammenfassung	4
Summary	7
Abkürzungsverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	12
1 Einleitung und Problemstellung	17
2 Literaturübersicht	19
3 Material und Methoden	28
3.1 Untersuchungsgebiet	28
3.2 Anlage der Versuche auf den Standorten A und B	30
3.3 Bodenhydrologischer Messplatz.....	33
3.4 Untersuchungsmethoden	36
3.4.1 Boden	36
3.4.2 Pflanzliche Biomasse	38
3.5 Pflanzensoziologische Vegetationskartierungen.....	39
3.6 Datenaufbereitung und statistische Auswertung.....	40
4 Ergebnisse und Diskussion	42
4.1 Bodenhydrologische Charakterisierung der Standorte A und B	42
4.1.1 Grundwasserstand	42
4.1.2 Redoxpotential (Eh).....	42
4.1.3 Bodenfeuchte.....	45
4.1.4 Bodentemperatur	46
4.1.5 Kalium (K)-Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser	47
4.1.6 Nitrat-N (NO ₃ -N) Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser.....	51
4.1.7 Phosphat-P (PO ₄ -P) Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser.....	52
4.2 Bodenkundliche und mineralogische Charakterisierung der Standorte A und B	54
4.2.1 Bodenprofilansprache	54
4.2.2 Nutzbare Feldkapazität (nFK) und Trockenrohdichte (TRD)	58
4.2.3 pH-Wert.....	58
4.2.4 Gesamtstickstoff (N _t), organischer Kohlenstoff (C _{org}) und Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) Verhältnis.....	59
4.3 Nährstoffgehalte Boden, Standort A	61
4.3.1 Nährstoffmonitoring	61
4.3.2 Kaliumgehalte (K _{DL} , K _{kw} , K _{RFA}) der Varianten.....	62
4.3.3 Stickstoffgehalte (N _{min}) der Varianten	66

4.3.4	Phosphorgehalte (P_{DL}) der Varianten	67
4.4	Nährstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse, Standort A	69
4.4.1	Kaliumgehalte (K_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten.....	69
4.4.2	Stickstoffgehalte (N_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten	71
4.4.3	Phosphorgehalte (P_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten	72
4.5	Nährstoffgehalte Boden, Standort B	75
4.5.1	Nährstoffmonitoring	75
4.5.2	Kaliumgehalte (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) der Varianten.....	76
4.5.3	Stickstoffgehalte (N_{min}) der Varianten	79
4.5.4	Phosphorgehalte (P_{DL}) der Varianten	80
4.6	Nährstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse, Standort B	82
4.6.1	Kaliumgehalte (K_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten.....	82
4.6.2	Stickstoffgehalte (N_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten	85
4.6.3	Phosphorgehalte (P_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten	85
4.7	Kalium (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) im System Boden und Pflanze	88
4.8	Vegetationskartierungen	99
4.8.1	Vegetationskundlicher Zustand der Standorte A und B im Jahr 2006	99
4.8.2	Vegetationskundlicher Zustand der Standorte A und B im Jahr 2012	99
5	Schlussfolgerungen	103
	Literaturverzeichnis	105
	Anhangverzeichnis	117

Zusammenfassung

Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen war es, mit Hilfe eines Nährstoffmonitorings von 2009 bis 2012 grundlegende Erkenntnisse über den aktuellen Versorgungszustand der Standorte im Naturpark Drömling, auf denen sich der Fauna-Flora-Habitat Lebensraumtyp (FFH-LRT) der Mageren Flachlandmähwiese (6510) etabliert hat, zu erhalten. Aus den Ergebnissen des Nährstoffmonitorings bei differenzierten Bewirtschaftungsvarianten sollten Schlussfolgerungen zum Erhalt und zur Optimierung des Entwicklungszustandes des FFH-LRT 6510 gezogen werden. Entsprechend der FFH-Richtlinie galt ein Verschlechterungsverbot des Erhaltungszustandes für den FFH-LRT 6510. Des Weiteren waren die Ursachen für die aus der Literatur bereits bekannte Kalium (K) – Unterversorgung von Niedermoorgrünland unter den vorhandenen Standortbedingungen des Naturparks Drömling zu klären. Zum Schutz und zur Initiierung des Wachstums von Niedermoororf wurden ehemals zur landwirtschaftlichen Nutzung entwässerte Grünlandflächen wiedervernässt. In diesem Zusammenhang sollte die Nährstoffdynamik im System Boden Pflanze unter differenzierten hydrologischen Bedingungen aufgezeigt werden. Aus diesen Erkenntnissen waren Schlussfolgerungen bezüglich der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung wiedervernässter Flächen zu treffen.

Zur Lösung der gestellten Fragen wurden zwei Standorte mit gut erhaltenem FFH-LRT 6510 innerhalb der Schutzzone II des Naturparks Drömling ausgewählt. Es handelte sich um einen unter Praxisbedingungen durchgeführten Feldversuch, weil die Standorte weiterhin durch die Landwirte bewirtschaftet wurden. Standort A war als Normanmoorgley mit mittleren Grundwasserständen von 44 cm unter Geländeoberkante (uGOK) zu charakterisieren. Als Standort B wurde ein 2009 wiedervernässter Normanmoorgley mit mittleren Grundwasserständen von 6 cm uGOK für die Untersuchungen genutzt. Es wurde 2010 bis 2012 ein Feldversuch durchgeführt. Grundlage für die Varianten war eine differenzierte Bewirtschaftung als Mähweide bzw. zweischürige Mahd. Des Weiteren wurden zusätzlich unterschiedliche Mengen an mineralischem K-Dünger appliziert. Dabei wurde K nach pflanzlichem Entzug ($60 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) sowie nach den Vorschriften der VDLUFA (2002) für Gehaltsklasse B zugeführt. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen betrug die Düngung in diesem Fall $120 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Vergleichend wurde jeweils eine Variante ohne K-Düngung angelegt. 2010 und 2012 wurden eine Zwischenschnittdüngung nach der ersten Mahd und 2011 eine Herbstdüngung nach der zweiten Mahd bzw. nach der Beweidung durchgeführt. Die beschriebenen Varianten wurden auf beiden Standorten drei Mal wiederholt und dabei vollständig randomisiert. Innerhalb eines Jahres wurden von jeder Variante im Frühjahr, Sommer und Herbst Bodenproben aus den Tiefen 0 – 30 cm und 30 – 60 cm entnommen. Nach Ermittlung der Trockenmasse wurden Analysen zur Nährstoffverfügbarkeit von Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) durchgeführt. Dabei wurde für K die

Röntgenbeugungsanalyse (XRD), das Königswasseraufschlußverfahren (K_{kw}), das Doppellactatverfahren (K_{DL}) sowie die Gesamtelementanalyse mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz (K_{RFA}) genutzt.

Die pflanzliche Biomasse wurde passend zu den Bewirtschaftungsterminen im Sommer und Herbst beprobt. Die Untersuchungen umfassten die Trockenmasse (TM) sowie die Gesamtgehalte der Nährstoffe N (N_t), P (P_t) und K (K_t), welche mittels Druckaufschlußmethode ermittelt wurden.

Begleitend dazu wurde auf jedem Standort zur kontinuierlichen Erfassung von Redoxpotential, Bodenfeuchte und Bodentemperatur ein bodenhydrologischer Messplatz errichtet. Eine Anlage mit Keramiksaugkerzen diente zur Entnahme von Bodenwasser. Die Wasseranalytik umfasste ebenfalls die gelösten Anteile von N, P und K. Ebenso erfolgte auf beiden Standorten in den Jahren 2010 und 2012 eine Kartierung der Vegetation.

Das Monitoring der pflanzenverfügbaren Nährstoffe im Boden ergab keine Unterschiede in den angelegten Bewirtschaftungsvarianten Mähweide und zweischürige Mahd. Als Grund dafür wurden der geringe Viehbesatz und die kurze Beweidungsdauer der Flächen gesehen. Beide Standorte waren im Untersuchungszeitraum ausreichend mit pflanzenverfügbarem N versorgt. Die P- und K- Gehalte wurden in die Gehaltsklasse A (VDLUFA, 2002) eingestuft und wiesen auf eine dauerhafte Unterversorgung der Standorte hin, die sich ebenfalls in der analysierten pflanzlichen Biomasse zeigte. Daraus resultierte die Empfehlung einer entzugsorientierten K- und P-Düngung, basierend auf den nach Pflanzenanalyse ermittelten Gehalten. Die unter den vorherrschenden Bedingungen der Versuchsstandorte nachgewiesenen Mengen von K und P ließen sich auf weitere Standorte des FFH-LRT 6510 übertragen. Es ergaben sich K-Mengen auf der Grundlage des pflanzlichen Entzuges von im Mittel $46 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf Standorten, wo der FFH-LRT 6510 zu erhalten war. Solange auf wiedervernässten Standorten eine Nutzung der oberirdischen Biomasse in Form von Heu- oder Grassilageernte erfolgte, wurden dort im Mittel Mengen von $55 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ entzogen. Langfristig sind jedoch höhere K-Mengen von $60 - 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Zusammenhang mit der nachgewiesenen mineralogischen Entwicklung zu veranschlagen.

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf der K-Dynamik, da die dauerhafte Unterversorgung von Böden und die daraus resultierende Mobilisierung dieses Nährstoffs aus den Tonmineralen zu weitreichenden mineralogisch irreversiblen Veränderungen führen kann. Ergebnis der Röntgenbeugungsanalyse war, dass auf beiden Standorten die Detektion von Illit und Glimmer, welche die K-haltigsten Tonminerale sind, in den oberen Bodenhorizonten abnahm. Im Gegensatz dazu wurden High Active Clays (HAC), wie Vermiculit und Smectit, in vergleichbaren Horizonten detektiert. Dies begründete die Annahme, dass die pflanzliche Biomasse aufgrund des langjährigen Düngeverbots der Standorte bereits K aus der Tonfraktion mobilisiert hat. Auf Standort A erhöhten sich nach der Applikation des Düngers

sowohl die K_{DL} -Gehalte als auch die K_{kw} -Gehalte in der Bodenschicht 0-30 cm. Demgegenüber nahmen die K_{DL} -Gehalte auf Standort B in beiden Bodentiefen nach Düngerapplikation ab. Die K_{kw} -Gehalte von Standort B wiesen im Gegensatz zu Standort A in der Bodentiefe 30-60 cm höhere Gehalte auf. Außerdem konnte am Standort B eine geringere Variabilität der K-Gehalte nachgewiesen werden. Die mit Hilfe der XRD ermittelten K-Gesamtgehalte zeigten unter Berücksichtigung der natürlichen Dynamik (ungedüngte Variante) am Standort A nach Düngung in der Regel eine Abnahme der Gehalte. Auf Standort B erhöhten sich die K-Gesamtgehalte nach Düngung. Diese gegenläufigen Ergebnisse von pflanzenverfügbarem K und Gesamt-K am Standort B wiesen auf eine mögliche Nassfixierung des applizierten K hin. Die höheren Grundwasserstände und der höhere Tongehalt des Bodens von Standort B bekräftigten diese Annahme. Weiterhin konnte durch die unterschiedlichen pH - Bereiche der Standorte und die sich dadurch ergebenden unterschiedlichen Kationenaustauschkapazitäten eine K-Nassfixierung am Standort B bestätigt werden. Durch Wiedervernässung und den damit gegebenen anaeroben Bedingungen im Boden setzt Denitrifikation am Standort B ein. Der Vorgang der Denitrifikation verbrauchte H^+ Ionen, wodurch zum einen der pH - Wert steigt und zum anderen mehr kolloidale Bindungsstellen für K frei wurden. Dies war ein Hinweis auf die gesteigerte K-Sorptionskraft des Bodens von Standort B gegenüber dem Standort A. Ein weiterer Aspekt für die Nassfixierung von mineralisch gedüngtem K waren die gleichbleibenden K-Gehalte im Grabenwasser nach Düngung. Demgegenüber war am Standort A ein deutlicher Anstieg der K-Gehalte im Grabenwasser nach der Düngung festzustellen.

Die K_t -Gehalte der gedüngten Varianten waren auf Standort A höher als auf Standort B. Die Nährstoffverhältnisse der pflanzlichen Biomasse (N/K und K/P) wiesen für die gedüngten Varianten des Standortes A nach der Applikation von K keine Limitierung mehr aus. Ebenso waren nach K-Applikation 2010 und 2011 für Standort B keine K-Limitierungen mehr nachzuweisen.

Die Auswertung der Vegetationsdaten des Untersuchungsjahres 2006 ergab, dass sich beide Standorte in einem guten Erhaltungszustand des FFH-LRT 6510 befanden. Die nach Wiedervernässung durchgeführte Vegetationskartierung (2012) ließ weiterhin die Einstufung der Standorte in den FFH-LRT 6510 zu, obwohl sich am Standort B eine Vielzahl feuchtezeigender Arten zusätzlich etablierte. Langfristig wird sich die Vegetationsstruktur aufgrund der hohen Grundwasserstände in Richtung Flutrasen entwickeln.

Mit den Erkenntnissen wird ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung des Lebensraumtyps geleistet. Langfristig sind die Düngeempfehlungen stets im Zusammenhang mit den konkreten Standortbedingungen sowie mit den Hauptzielen der Düngung zu sehen. Zur Aufklärung der kurzzeitigen mineralogischen Veränderungen sind weiterführende Untersuchungen in Form von Gefäßversuchen notwendig.

Summary

The aim of the study was to prefer the habitat type (HT) 'lowland hay meadow' (6510). The present investigations aimed to obtain fundamental insights into the current supplies for plants at the sites at the Drömling nature park at which the H 6510 has become established. Taking into account differentiated management treatments, the results of the nutrient monitoring were to be analysed in order to draw conclusions about maintaining and optimizing the development status of the HT 6510. There was a ban on the deterioration of the conservation status for the HT 6510. Furthermore, under the existing site conditions at the Drömling nature park the investigations aimed to shed light on the causes of an undersupply of potassium (K) already reported in the literature for fen grassland. To protect and initiate the growth of fen peat, grassland areas formerly drained for agriculture were rewetted. In this context, the aim was to highlight nutrient dynamics in the soil-plant system under differentiated hydrological conditions. Conclusions would be drawn from these findings concerning the agricultural management of rewetted areas.

In order to solve the questions raised, two HT 6510 sites, each in a good state of conservation, were selected inside Protection Zone II at the Drömling nature park. The fact that the sites were still being managed by farmers meant that the field trial was conducted under practice conditions. Site A was characterized as a Gleysol (half bog gley), with average groundwater levels of 44 cm below ground level (BGL). Site B displayed also a Gleysol (half bog gley) soil rewetted in 2009, with average groundwater levels of 6 cm BGL. A field trial was conducted from 2010 until 2012. The treatments were based on differentiated management as a hay meadow or as grass mown biannually. In addition, different amounts of mineral potassium fertilizer were also applied. K was added based on withdrawal by plants ($60 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) and in accordance with content class B of the VDLUFA regulations (2002). Based on the investigations conducted, in this case fertilization amounted to $120 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. For comparison purposes, a treatment without K fertilization was created for each. Fertilization was performed after the first mowing in 2010 and 2012, and in 2011 in autumn after the second mowing or after grazing. The treatments described were replicated three times at both sites and completely randomized. During one year, soil samples were taken in the spring, summer and autumn from each treatment at soil depths 0-30 cm and 30-60 cm. After determining the dry mass, analyses were conducted to determine the nutrient availability of nitrogen (N), phosphorus (P) and K. In the case of K, X-ray diffraction analysis (XRD), the aqua regia digestion method (K_{kw}), the double lactate method (K_{DL}), and elemental composition analysis using X-ray fluorescence (K_{RFA}) were applied.

Plant biomass was sampled in accordance with the cultivation dates in summer and autumn. The investigations covered the dry mass as well as the total contents of the nutrients N (N_t), P (P_t) and K (K_t), which were identified by means of the pressure digestion method.

In addition to this, a soil hydrological measuring station was installed at each site for the continuous detection of redox potential, soil moisture and soil temperature. A setup with ceramic suction cups was used to extract soil water. The water analysis also included the dissolved amounts of N, P and K. Vegetation was also mapped at both sites in the years 2010 and 2012.

The monitoring of plant available nutrients in the soil revealed no differences between the 'hay meadow' and 'biannual mowing' cultivation treatments. The reason for this was assumed to be the low number of grazing livestock and the short duration of grazing on the areas. Both sites had a sufficient supply of plant available N during the investigation period. The P and K contents were classified as being in content class A (VDLUFA, 2002) and indicated a permanent undersupply at the sites, which was also reflected in the analysis of plant biomass. This gave rise to the recommendation of withdrawal based K and P fertilization, based on the values identified by plant analysis. It was possible to transfer the K and P contents identified under the prevailing conditions of the trial sites to other sites of the HD HT 6510. This resulted in average K contents based on withdrawal by plants of $46 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ at sites where it was necessary to preserve the HT 6510. At rewetted sites, as long as biomass was used by harvesting hay or silage, then $55 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ was withdrawn on average. In the long term, however, in light of the mineralogical changes demonstrated, higher K contents of $60\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ should be estimated. One focus of the investigations was the K dynamic, since the permanent undersupply of soils and the resulting mobilization of this nutrient from the clay minerals can lead to wide ranging, mineralogically irreversible changes. The result of the X-ray diffraction analysis was that the detection of illite and mica, which are the most K-rich clay minerals, decreased in the upper soil horizons at both sites. By contrast, high active clays (HAC) such as vermiculite and smectite were detected in comparable horizons. This justified the assumption that the plant biomass had already mobilized K from the clay fraction as a result of the long standing ban on fertilization at the sites. At site A, following application of the fertilizer both the K_{DL} and the K_{kw} contents increased at a soil depth of 0-30 cm. By contrast, the K_{DL} values at site B decreased at both soil depths after fertilizer was applied. Unlike at site A, the K_{kw} values at site B were higher at a soil depth of 30-60 cm. Furthermore, there was evidence of a lower variability of K contents at site B. Taking into account natural dynamics (unfertilized treatment), at site A the total K contents determined by means of X-ray fluorescence analysis generally showed a decrease in contents following fertilization. At site B, the total K contents increased after fertilization. These contradictory results concerning plant-available K and total K at site B indicated a potential wet fixation of the applied K. The higher groundwater levels and higher soil clay content at site B support this assumption. In addition, the sites' different pH ranges, and in turn the different cation exchanges capacities, confirmed the wet fixation of K at site B. Denitrification occurred at site B as a result of rewetting

and the associated anaerobic conditions in the soil. The denitrification process used up H^+ ions, causing a higher pH value on the one hand and an increase in free colloidal binding sites for K on the other. This was an indicator of the increased K sorption capacity of the soil at site B compared to site A. Another aspect for the wet fixation of fertilizer K were the unchanged K contents in the ditchwater after fertilization. On the other hand, a significant increase in K contents was observed in the ditchwater after fertilization at site A.

The K_t contents of the fertilized treatments were higher at site A than at site B. After the application of K, the plant biomass nutrient ratios (N:K and K:P) no longer displayed any limits for the fertilized treatments at site A. Similarly, there was no more evidence of K limits after K application at site B in 2010 and 2011.

Analysis of vegetation data from investigations performed in 2006 revealed that both sites were in a good status of conservation for HD HT 6510. According to vegetation mapping performed after rewetting (2012), the sites could still be classified as HD HT 6510, although a large number of moisture-indicating species had become established additionally at site B. In the long term, the high groundwater levels will cause the vegetation structure to shift towards that of a grazing marsh.

The findings make an important contribution to preserving the habitat type. In the long term, fertilization recommendations must always be considered in the context of the specific site conditions as well as the main targets of fertilization.

From a scientific perspective, further investigations in the form of pot tests are necessary to examine the short term mineralogical changes.

Abkürzungsverzeichnis

Å	Angström
%	Prozent
a	Jahr
Aa	anmooriger-mineralischer Oberbodenhorizont
ATP	Adenosintriphosphat
ATPase	Adenosintriphosphatase
bzw.	beziehungsweise
Ca	Calcium
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DL	Doppel-Lactat
dm	Dezimeter
DS	Düngungsstufe
FDR	Frequency Domain Reflectometry
FFH	Fauna -Flora -Habitat
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
GOK	Geländeoberkante
GK	Gehaltsklasse
GW	Grundwasser
Go-Aa	oxidierter Übergangs-Aa-Horizont (typisch für Anmoorgleye)
ha	Hektar
ICP AES	Flammen-Atomemissionsspektrometrie
ICP-OES	Atomemmissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
K	Kalium
KAK	Kationenaustauschkapazität
K _{DL}	pflanzenverfügbares Kalium nach der Doppel-Lactat-Methode - Boden
K _{kw}	Kalium nach dem Königswasserauszug - Boden
K _{RFA}	Gesamtelementanalyse Röntgenfraktiometer - Boden
K _t	Gesamtkalium nach der Druckaufschluß Methode - Pflanze
KCl	Kaliumchlorid
K ₂ O	Kaliumdioxid
kg	Kilogramm
l	Liter

LLFG	Landesamt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt
LRT	Lebensraumtyp
LRT 6510	Lebensraumtyp Magere Flachlandmähwiese
M	molare Masse
m	Meter
MDÄ	Mineraldüngeräquivalent
mg	Milligramm
ml	Milliliter
N	Stickstoff
nFK	nutzbare Feldkapazität
NH ₄ ⁺	Ammonium
NH ₄ -N	Ammoniumstickstoff
N _{min}	mineralischer Stickstoff
N _t	Gesamtstickstoff
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO ₃ -N	Nitratstickstoff
NSG	Naturschutzgebiet
P _{RFA}	Gesamtphosphor nach der Röntgenfraktiometer-Methode - Boden
P _{DL}	pflanzenverfügbare Phosphor nach der Doppel-Lactat-Methode -Boden
PEP	Pflege- und Entwicklungsplan
pH	negativ dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität/ sauer-basisch
rAp	reliktischer Pflughorizont
SBA	Stickstoff-Bedarfs-Analyse
TM	Trockenmasse
TRD	Trockenrohichte
u.a.	und andere
uGOK	unter Geländeoberkante
VDLUFA	Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
XRD	Röntgenbeugungsanalyse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 :	Beziehungen der verschiedenen Kaliumformen im Boden (Sparks und Huang, 1985)	25
Abbildung 2:	Versuchsstandorte im Naturpark Drömling	28
Abbildung 3:	Verteilung der Varianten auf den Standorten A und B (Quadrate 1-12 stellen vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen dar)	32
Abbildung 4:	Aufbau eines bodenhydrologischen Messplatzes	33
Abbildung 5:	Kalibrierkurve der FDR Sonden, nach Delta T, 1999	34
Abbildung 6 :	Entscheidungsschema für die Auswahl von statistischen Prüfverfahren (nach Bortz et al., 1990)	41
Abbildung 7:	Grundwasserstände in cm unter GOK , Standort A und B, 2010 – 2012	42
Abbildung 8:	Redoxpotentiale des Bodens, Standort A, 2010-2012	43
Abbildung 9:	Redoxpotentiale des Bodens, Standort B, 2010-2012	44
Abbildung 10:	Bodenfeuchte und monatliche Niederschläge, Standort A, 2011-2012	45
Abbildung 11:	Bodenfeuchte und monatliche Niederschläge, Standort B, 2011-2012	46
Abbildung 12:	Bodentemperaturen, Standort A, 2010 - 2012	47
Abbildung 13:	Bodentemperaturen, Standort B, 2010 - 2012	47
Abbildung 14:	Kaliumgehalte Bodenwasser, Standort A, 2010 - 2012,	48
Abbildung 15:	Kaliumgehalte Grund- und Grabenwasser, Standort A, 2010 - 2012	50
Abbildung 16:	Kaliumgehalte Bodenwasser, Standort B, 2010 - 2012,	50
Abbildung 17:	Kaliumgehalte Grund- und Grabenwasser, Standort B, 2010 - 2012	51
Abbildung 18:	NO ₃ -N-Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort A, 2010 - 2012	52

Abbildung 19:	NO ₃ -N-Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort B, 2010 - 2012	52
Abbildung 20:	PO ₄ -P-Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort A, 2010 – 2012	53
Abbildung 21:	PO ₄ -P-Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort B, 2010 – 2012	54
Abbildung 22:	Mineralogische Zusammensetzung, Standort A	55
Abbildung 23:	Mineralogische Zusammensetzung, Standort B	57
Abbildung 24:	pH-Werte des Bodens (0-60 cm) der Standorte A und B, 2010 - 2012	59
Abbildung 25:	C _{org} , N _t und C/N Verhältnis Standorte A und B, 2010 - 2012	60
Abbildung 26:	Makronährstoffgehalte des Bodens, Standort A, 2010 - 2012	62
Abbildung 27:	K _{DL} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012	63
Abbildung 28:	K _{kw} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012	64
Abbildung 29:	K _{RFA} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012	65
Abbildung 30:	N _{min} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012	67
Abbildung 31:	P _{DL} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012	68
Abbildung 32:	K _t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010-2012	69
Abbildung 33:	N _t der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010-2012	72
Abbildung 34:	P _t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010 - 2012	73
Abbildung 35:	Makronährstoffgehalte des Bodens, Standort B, 2010 - 2012	76
Abbildung 36:	K _{DL} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012	77
Abbildung 37:	K _{kw} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012	77
Abbildung 38:	K _{RFA} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012	78
Abbildung 39:	N _{min} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012	80
Abbildung 40:	P _{DL} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012	81

Abbildung 41:	K _t -Gehalte und K-Entzüge der pflanzlichen Biomasse Standort B, 2010 - 2012	83
Abbildung 42:	Stickstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse Standort B, 2010 - 2012	85
Abbildung 43:	P _t -Gehalt und P-Entzug der pflanzlichen Biomasse Standort B 2010 - 2012	86
Abbildung 44:	Differenz zwischen Düngekalium und pflanzlichem Entzug der Standorte A und B, 2010 - 2012	90
Abbildung 45:	Kaliumfraktionen Standort A, 2010 - 2012	92
Abbildung 46:	Kaliumfraktionen Standort B, 2010 - 2012	93
Abbildung 47	Entwicklung der mittleren K _{RFA} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010 - 2012	94
Abbildung 48:	Entwicklung der mittleren K _{kw} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010 - 2012	94
Abbildung 49:	Entwicklung der mittleren K _{DL} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010 - 2012	95
Abbildung 50:	Entwicklung der mittleren Kaliumentzüge der Varianten A2 und B2, 2010 - 2012	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Monatlicher Niederschlag im Untersuchungszeitraum, Standort Öbisfelde	30
Tabelle 2:	Versuchsvarianten	31
Tabelle 3:	Untersuchungsmethoden Grund-, Graben- und Bodenwasser	35
Tabelle 4:	Angewandte Analysemethoden zur Untersuchung des Bodens	36
Tabelle 5:	Gehaltssklassen für Phosphor und Kalium im Boden (VDLUFA, 2002)	37
Tabelle 6:	Angewandte Analysemethoden zur Untersuchung der pflanzlichen Biomasse	39
Tabelle 7:	Profilbeschreibung Standort A	54
Tabelle 8:	Profilbeschreibung Standort B	56
Tabelle 9:	Korngrößenverteilung der Horizonte der Standorte A und B, 2010	57
Tabelle 10:	nFK und TRD der Horizonte von Standort A und B, 2010	58
Tabelle 11:	Mittlere jährliche Kaliumentzüge nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort A	71
Tabelle 12:	Mittlere jährliche Phosphorentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort A	74
Tabelle 13:	Mittlere jährliche Kaliumentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort B	84
Tabelle 14:	Mittlere jährliche Phosphorentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort B	87

Tabelle 15:	N/K und K/P Verhältnisse der pflanzlichen Biomasse der Standorte A und B, 2010-2012; Bewertung nach van de Riet et al. (2010)	91
Tabelle 16:	Differenzen von K_t der pflanzlichen Biomasse vor und nach Applikation von Kali60 der Standorte A und B, 2010-2012	89
Tabelle 17:	Ergebnisse Vegetationskartierungen 2012	101

1 Einleitung und Problemstellung

Mit steigender Bedeutung des Umwelt- und Naturschutzes wurden vor allem von Grünlandwirtschaft geprägte Gebiete, wie es der im Norden von Sachsen-Anhalt gelegene Drömling ist, zunehmend extensiv bewirtschaftet. Seit dem 12. September 1990 wurde der sachsen-anhaltinische Teil des Drömlings in den Status eines Naturparks erhoben. Die wertvollsten Teile des Naturparks wurden am 30. Juni 2005 als Naturschutzgebiet (NSG) „Ohre-Drömling“ ausgewiesen. Das Naturschutzgebiet „Ohre-Drömling“ mit einer Größe von 10.340 ha gliedert sich in vier Schutzzonen:

- Schutzzone I die Kernzone mit ca. 840 ha,
- Schutzzone II die Nässezone mit ca. 2.960 ha,
- Schutzzone III die Erhaltungszone mit ca. 4.630 ha,
- Schutzzone IV die Verbindungszone mit ca. 1.910 ha.

Es gehört nach FFH zum europäischen Schutzgebietssystem „NATURA 2000“. In diesem Schutzgebiet hat sich der FFH-Lebensraumtyp (LRT) 6510 (Anhang I der FFH-Richtlinie) der Mageren Flachlandmähwiese in der Ausprägung *Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis* als eine Folge der Entwässerung herausgebildet. Die Magere Flachlandmähwiese als Lebensraumtyp kommt auf insgesamt 586 ha Fläche im NSG „Ohre-Drömling“ vor. Für alle FFH-Lebensraumtypen besteht nach FFH-Richtlinie ein Verschlechterungsverbot des gegenwärtigen Erhaltungszustandes. In den Schutzzonen II bis IV soll der FFH - LRT 6510 durch eine den Standortbedingungen angepasste Landwirtschaft erhalten und entwickelt werden. In der Schutzzone II herrscht unter anderem ein vollständiges Verbot des Ausbringens von Mineraldünger. Aus diesem Grund und der bekannten K-Unterversorgung von Niedermoorgrünlandstandorten ergab sich der Forschungsansatz, die K-Dynamik näher zu untersuchen, um damit Schlussfolgerungen zum optimalen Erhalt dieses FFH – LRT 6510 zu ziehen. In der Regel werden lediglich die verfügbaren Nährstoffgehalte (speziell handelt es sich dabei um Stickstoff (N), Phosphor (P) und (K)) im Boden als Grundlage für den Versorgungszustand gesehen. Diese Methode ist sehr einseitig und bezieht in keinsten Weise die vorherrschende Vegetation, die Bewirtschaftungsweisen der Landwirte oder sich aufgrund des hydrologischen Regimes ergebenden Nährstoffveränderungen mit ein. Es handelt sich dabei um einen punktuellen Status quo. Soll jedoch eine komplexe Aussage über die Dynamik von Nährstoffen im System Boden – Pflanze – Wasser getroffen werden, sind die Parameter zusammenhängend zu betrachten. Des Weiteren sollten im Sinne der Nachhaltigkeit auch die Wechselwirkungen von Nährstoffen in einem solchen Ökosystem berücksichtigt werden. Wesentliche Grundlage dafür ist das Monitoring der Parameter von Boden, pflanzlicher Biomasse und Bodenwasser. Aus den Ergebnissen des Monitorings sowie methodisch unterschiedlicher K-Fraktionierung lassen sich grundlegende Erkenntnisse über das Wissen der Nährstoffdynamik in unterversorgten Ökosystemen gewinnen. Dieses Wissen wiederum

ist notwendig, um den Konsens zwischen Naturschutz und Landwirtschaft zu finden, dabei sollte Ziel die Erhaltung des FFH-LRT 6510 mit gleichzeitiger Nutzung der Grünlandstandorte sein.

Des Weiteren sind im Drömling zur Wiederherstellung, Entwicklung und zum Erhalt des Niedermoorkörpers flächendeckende Wiedervernässungsmaßnahmen vorgesehen. Nach dem Pflege- und Entwicklungsplan (PEP), der insbesondere die Zielstellungen des Naturschutzgroßprojektes „Drömling/Sachsen-Anhalt“ beinhaltet, ist die Wiedervernässung aus naturschutzfachlicher Sicht prioritär. Die geplanten Wiedervernässungsmaßnahmen sollen der Konservierung des bestehenden Torfkörpers dienen bzw. ein erneutes Wachstum initiieren. Aufgrund der sich verändernden hydrologischen Bedingungen ist mit einem Verlust an Flächen der Mageren Flachlandmähwiesen zu rechnen. Jedoch sind in der Literatur keine Angaben bezüglich Wiedervernässungsmaßnahmen zum Schutz des Niedermoortorfkörpers in Verbindung mit einer fortlaufenden Nutzung zu finden. Ebenso fehlen Erkenntnisse über die Auswirkungen der Wiedervernässungsmaßnahmen auf die Nährstoffverhältnisse des Systems Boden – pflanzliche Biomasse – Bodenwasser und die daraus resultierende Entwicklung des FFH-LRT 6510. Eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse der Nährstoffgehalte auf den unterschiedlich hydrologisch geprägten Standorten soll zur näheren Beschreibung der K-Dynamik beitragen. Aus diesen Ergebnissen waren Schlussfolgerungen bezüglich der Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland im Zusammenhang mit der Erhaltung des FFH-LRT 6510 zu treffen. Es wurden deshalb erstmals Untersuchungen in einem Feldversuch bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung für dieses Gebiet vorgenommen.

Aus den noch offenen Fragen wurden folgende Untersuchungsziele für die Arbeit abgeleitet:

- die Anforderungen des FFH-LRT 6510 an die Nährstoffversorgung (N,P,K) des Bodens bezüglich N, P und K sowie an die Bewirtschaftungsformen (zweischürige Mahd, Mähweide)
- die mineralogische Zusammensetzung der Böden mittels Röntgenbeugungsanalyse sowie die K-Fraktionierung mittels Röntgenfluoreszenz, Königswasser- und Doppellactatauszug
- Veränderung der K-Fractionen unter Bedingungen der Wiedervernässung
- Einfluß der Wiedervernässung auf pflanzliche Nährstoffgehalte (N,P,K) sowie auf die Vegetationsstruktur

2 Literaturübersicht

Im Folgenden werden die für die Bearbeitung notwendigen theoretischen Grundlagen und Zusammenhänge der betrachteten Makronährstoffe des Systems Boden – pflanzliche Biomasse – Bodenlösung eines Niedermoors mit einer typischen Vegetationsgesellschaft betrachtet. Die auf diesem Gebiet aktuell vorliegenden Forschungsarbeiten werden genannt und auf die sich daraus ergebenden Forschungsdefizite hingewiesen.

FFH-LRT 6510

Wie bereits erwähnt, sind gegenwärtig 586 ha der Niedermoorböden im Naturschutzgebiet Drömling als Standorte des FFH-LRT 6510 ausgewiesen. Nach Anhang I der FFH-Richtlinie zählt der FFH-LRT 6510 zu den natürlichen Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen. Der FFH-LRT 6510 wird darin dem mesophilen Grünland zugeordnet. Für die dort gelisteten Lebensraumtypen besteht ein Verschlechterungsverbot des Erhaltungszustandes. Der FFH-LRT 6510 zählt zum Verband *Arrhenatherion elatioris*-planar kolline Frischwiesen (*Jäger et al.*, 2002). Dies ist ein Verband von Fettwiesen, die außerhalb der höheren Gebirge im Flach- und Hügelland vorkommen (*Kreeb*, 1983). Die artenreichen Mähwiesen des Verbandes *Arrhenatherion elatioris* werden als die optimale Ausprägung des FFH-LRT 6510 angesehen und extensiv bewirtschaftet (*Jäger et al.*, 2002). Es kommen verschiedene Standortausprägungen dieses Lebensraumtyps vor, welche sowohl trockene, frische als auch feuchte bis wechselfeuchte Standorte einschließen. In der Ausprägung unterscheidet man außerdem zwischen Optimal- und Minimalausprägung. Die optimale Ausprägung des Verbandes *Arrhenatherion elatioris* umfasst Fettwiesen, die von *Alopecurus pratensis* (Wiesen-Fuchsschwanz) und *Arrhenatherum elatius* (Glatthafer) auf ertragreichen Standorten dominiert werden. Auch ertragsärmere Magerwiesenstandorte, die von *Festuca rubra* (Rot-Schwingel) und *Agrostis capillaris* (Rotes Straußgras) dominiert werden, zählen dazu. Kennzeichnend für den Bestandsaufbau dieser optimalen Ausprägung ist eine ausgewogene Mischung von Gräsern und Kräutern (*Jäger et al.*, 2002). Neben dieser Optimalausprägung gibt es noch andere Assoziationen, wie *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* (Glatthafer-Wiese) und eine standörtliche Ausprägung der Frauenmantel-Glatthafer-Wiese im Harzvorland und im Harz selbst (*Jäger et al.*, 2002). Von einer der Minimalausprägungen des FFH-LRT 6510 wird im Zusammenhang mit relativ artenarmen Pflanzenbeständen auf sehr nährstoffarmen Standorten gesprochen. Es müssen jedoch mehrere charakteristische Arten vertreten sein, um eine Zuordnung zum FFH-LRT 6510 zu ermöglichen. Dominierend in solchen Beständen sind nach *Jäger et al.* (2002) eher anspruchslose Gräser, wie z.B. *Holcus lanatus* (Wolliges Honiggras) und *Festuca rubra* (Rot-Schwingel). Diese Minimalausprägung des FFH-LRT 6510 ist im Drömling in der Assoziation *Ranunculo repentis-Deschampsietum*

Scamoni - Wiese des Kriechenden Hahnenfußes und der Rasenschmiele vertreten (*Baufeld*, 2012). Charakteristisch für diese Minimalausprägung des FFH-LRT 6510 ist das Vorkommen auf Anmoor- und Moorböden, die entwässert wurden und einem stark schwankenden Grundwasserspiegel ausgesetzt waren (*Jäger et al.*, 2002). Die namensgebenden Arten dieser Assoziation sind *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuß) und *Deschampsia cespitosa* (Rasenschmiele). Kennzeichnende Arten dieser Minimalausprägung sind nach *Jäger et al.* (2002) und *Land Baden-Württemberg* (2013) neben den Arten des *Arrhenatherion elatioris* Verbandes z.B. *Ranunculus acris* (Scharfer Hahnenfuß) und *Cardamine pratensis* (Wiesen-Schaumkraut). Die diesen Lebensraumtyp charakterisierenden Pflanzenarten sind Anlage 1 zu entnehmen. Der vorkommende FFH-LRT 6510 ist dem PEP von 1996 (*Ministerium für Umwelt*, 1996; *Reichhoff*, 1996) ausgewiesenen Leitbiotop der feuchten, nährstoffarmen Kulturwiesen zuzuordnen, die im Drömling auf grundwassernahen, selten überschwemmten Niedermoor- und Anmoorstandorten mit Grundwasserflurabständen von meist > 40 cm vorkommen. Im Sommerhalbjahr sinkt der Grundwasserflurabstand unter 50 cm bis unter 1 m ab (*Ministerium für Umwelt*, 1996; *Reichhoff*, 1996). Im Drömling führten oxidative Umsetzungsprozesse im Torfkörper sowie Humusabbau infolge der Belüftung des organogenen Bodenkörpers bei tiefen Grundwasserflurabständen zu einem starken Rückgang der Moormächtigkeiten und infolgedessen zu einem Verlust an Niedermoorflächen (*Billen et al.*, 1994; *Altermann und Refior*, 1997; *Zeit*, 2003; *Timmermann und Joosten*, 2009). Allein in den letzten 60 Jahren war ein Rückgang der Torfmächtigkeit von etwa 25 cm zu verzeichnen (*Ministerium für Umwelt*, 1996; *Reichhoff*, 1996).

Die für den FFH-LRT 6510 in der Literatur enthaltenen Düngungsangaben zielten auf die Bewahrung eines guten Erhaltungszustandes für optimale Ausprägungen der Mageren Flachlandmähwiesen hin. Dabei wurden für P und K die Gehaltsstufen B (niedrige Versorgung) und C (mittlere Versorgung) als optimal angesehen (*Egner*, 1960; *Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*, 2002; *Schob et al.*, 2014). Die Standorte dieser minimalen Ausprägung des FFH-LRT 6510 sind vorwiegend entwässerte und verdichtete Anmoor- und Moorböden. Eine Definition notwendiger Nährstoffverhältnisse existiert für diese Ausprägung nicht, ebenso fehlen Angaben zur Düngung für die Entwicklung von optimalen Ausprägungen und guten Erhaltungszuständen. Die Mageren Flachlandmähwiesen des FFH-LRT 6510 sind bewirtschaftungsabhängige Kulturbiotope, von denen kein natürliches Vorkommen existiert. Die charakteristischen Arten dieses Lebensraumtyps haben sich wahrscheinlich erst seit der Jungsteinzeit parallel mit der Viehzucht evolutiv aus Pflanzensippen natürlicher Standorte entwickelt (*LAU*, 1993; *Jäger et al.*, 2002; *LAU*, 2002; *Land Sachsen-Anhalt*, 2009). Neben der Nutzungsform, dem Wasserhaushalt und pH-Wert des Bodens sind die Nährstoffgehalte des jeweiligen Standorts von existenzieller Bedeutung für das Vorkommen dieses Wiesentyps. Optimale Verhältnisse in Bezug auf den Wasserhaushalt sind bei frisch bis feuchten, aber nicht

nassen Standortbedingungen gegeben. Der optimale pH-Wert liegt bei 6. Eine unterlassene Düngung bei gleichzeitig andauerndem Entzug der Nährstoffe durch die Pflanzen und das Wegführen dieser mit dem Erntegut bedingt eine Veränderung in der Struktur der Vegetation (LAU, 1993, 2002; 2002; Jäger et al., 2002; Land Sachsen-Anhalt, 2009). Dies und ein fehlender Einfluss durch Bewirtschaftung führen relativ schnell zur Sukzession der Standorte und eine Umwandlung in andere Lebensraumtypen ist nicht auszuschließen (LAU 1993, 2002; Jäger et al., 2002; Land Sachsen-Anhalt, 2009). Von besonderer Bedeutung für den Erhalt der Vegetationsstruktur der Mageren Flachlandmähwiesen sind die Makronährstoffe K und P (Schob et al., 2014). Der Artenreichtum wird durch eine mittlere Versorgung mit P und K positiv beeinflusst (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 1993; Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 2002; Jäger et al., 2002; Land Sachsen-Anhalt, 2009). Auf Moorstandorten liegen diese beiden Nährstoffe jedoch oft nur im Minimalbereich vor, wodurch Mangelsituationen entstehen können, welche die Ausbildung von Grasdominanzbeständen nach sich ziehen. Eine entzugsorientierte Düngung ist deshalb ab Gehaltsklasse A notwendig (Warthemann et al., 2006). Die Düngung mit P und K auf extrem verarmten Standorten im NSG „Ohre-Drömling“ ist in einem gewissen Handlungsrahmen möglich und im PEP (2007) festgeschrieben. Wurden auf den Standorten des FFH-LRT 6510 für die Nährstoffe P und K die Gehaltsklassen A bzw. B (VDLUF, 2002) erreicht, so war eine mineralische Düngung dringend notwendig, da sonst Gräser gegenüber den dikotylen Kräutern bei gleichzeitigen atmosphärischen Stickstoffeinträgen zur Dominanzausbildung neigten (LAU, 1993, 2002; Jäger et al., 2002; Land Sachsen-Anhalt, 2009; Schob et al., 2014). Dies beeinflusste die Vegetationsstruktur des FFH-LRT 6510 negativ und sollte durch eine entzugsorientierte Düngung mit den essentiellen Makronährstoffen P und K vermieden werden (Jäger et al., 2002). Stickstoff war auf den Standorten des FFH-LRT 6510 meist in ausreichenden Mengen vorhanden und wurde zudem durch die atmosphärische Deposition ergänzt. Daher war eine N-Düngung oft nicht erforderlich, kann jedoch unter ökonomischen Gesichtspunkten durchaus sinnvoll sein, um den Ertrag zu steigern. Eine entzugsausgleichende N-Düngung hatte keinen Einfluss auf die Struktur der Vegetation des FFH-LRT 6510 (Jäger et al., 2002). Aus naturschutzfachlichen Gründen besteht im NSG „Ohre-Drömling“ ein N-Düngungsverbot, um eine Auswaschung dieses Nährstoffs in das Grund- und Oberflächenwasser zu vermeiden. Für die Minimalausprägung *Ranunculo repentis-Deschampsietum Scamoni* fanden sich in der Literatur derzeit keine allgemein gültigen Düngungsempfehlungen. Deshalb war für den Drömling eine entzugsorientierte Düngung für die Nährstoffe P und K anzustreben, jedoch bis maximal zum Erreichen der Gehaltsklasse B, da diese aus naturschutzfachlichen Gründen für die Mageren Flachlandmähwiesen vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) als ausreichend anzusehen ist und sich eine Versorgung mit diesen Nährstoffen im mittleren Bereich positiv auf den Artenreichtum auswirkt. Die N-Aufnahme wird damit zusätzlich

gefördert und eine Auswaschung in das oberflächennahe Grundwasser verhindert. Zur Berechnung des entzugsausgleichenden Düngebedarfs sind nach der Empfehlung des LAU bei Erreichen der Gehaltsklasse A für P ~ 0,3 % und für K ~ 2,0 % der Trockenmasse des Schnittgutes anzusetzen. Bei Beweidung sind entsprechende Nährstoffrückflüsse durch Ausscheidungen der Tiere zu beachten (*Jäger et al., 2002*).

Zur Erhaltung der Vegetation des FFH-LRT 6510 ist die Bewirtschaftung der Standorte unerlässlich (*Jäger et al., 2002*). Die Erntnutzung durch Mahd sollte zwischen dem Ährenschieben und der Blüte hauptbestandsbildender Gräser erfolgen. Im Drömling war ein Erstschnitt ab Mitte Juni möglich. Die Schnitthöhe im NSG sollte nach dem PEP 10 cm nicht unterschreiten. Eine Zweitnutzung als Wiesenschnitt ist bei ertragsärmeren Beständen frühestens 40 Tage nach der Erntnutzung anzuraten (*Jäger et al., 2002*). Der Zweitschnitt auf den Standorten des Drömlings sollte nicht früher als 9 bis 10 Wochen nach dem Erstschnitt erfolgen (*Reichhoff et al., 2007*). Auch eine Beweidung der Standorte als Zweitnutzungsform war möglich, wobei eine Winterweide mit Rindern oder Pferden in stark reduzierten Besatzdichten zu erfolgen hatte, da eine zu hohe Tierzahl pro Flächeneinheit eine erhebliche Beeinträchtigung des LRT auf Grund von Trampelschäden bedingen kann (*Jäger et al., 2002*).

Wiedervernässung

Zum Schutz der Niedermoore und Anmoore im Drömling ist eine deutliche Erhöhung der Grundwasserstände erforderlich (*Rupp et al., 2004; Langheinrich et al., 2010*). Für die Erhaltung der Torfschichten sind für das Winterhalbjahr Grundwasserstände bis über die Geländeoberfläche (Flächenüberstau) und für das Sommerhalbjahr bis dicht unter die Geländeoberfläche (0 bis 20 cm Grundwasserflurabstand) notwendig (*LAU, 1993*). Die im Sinne des Moorschutzes ansteigenden Grundwasserstände werden mit großer Wahrscheinlichkeit zu Veränderungen des Arteninventars in den Grünlandgesellschaften führen. Damit sind Entwicklungen zu wertvollen Feuchtwiesenkomplexen, jedoch auf Kosten von Frischwiesen, möglich. Zu den Entwicklungen von artenarmen Beständen nach Wiedervernässung gibt es viele Studien (z.B. *Kapfer, 1994; Bosshard, 1999; Pfadenhauer und Grootjans, 1999; Blüml und Belting, 2003; Kieckbusch, 2003*).

Die Auswirkungen von Wiedervernässungsmaßnahmen auf den Stoffhaushalt im Naturpark Drömling wurden im Rahmen des EU-Verbundprojektes PROWATER untersucht (*Meissner et al., 2004*). Im Mittelpunkt des Forschungsprojektes standen die Mobilisierung und Umsetzung von Phosphorverbindungen bei Wiedervernässung von verschiedenen zuvor intensiv bewirtschafteten europäischen Niedermoorstandorten. Die durch Wiedervernässungsmaßnahmen entstehenden anaeroben Verhältnisse führten auf Niedermoorstandorten zu einer Absenkung des Redoxpotentials. Als Folge dessen nahm die P-Mobilisierung durch die Auflösung von oxidischen P-Bindungen und des damit verbundenen

erhöhten P-Austragsrisikos in Oberflächengewässer zu. Arbeiten von *Meissner et al.* (1995) und *Kalbitz et al.* (1999) beschäftigten sich mit den Folgewirkungen von Extensivierungs- und Renaturierungsmaßnahmen im Naturpark Drömling. Es zeigte sich, dass steigende Grundwasserstände zu sinkenden mineralischen N-Gehalten (N_{\min}) im Oberboden führten. Des Weiteren wird auf steigende Konzentrationen an gelöstem organischen Kohlenstoff im Grundwasser bei erhöhten Grundwasserständen verwiesen. Jedoch wurde in der aktuellen Literatur nicht auf den Einfluss der Wiedervernässung auf den gewünschten Erhalt des FFH-LRT 6510 eingegangen.

Kalium im Boden

Die Häufigkeit des Elementes K in den für Menschen zugänglichen Bereichen der Erdkruste, Ozeane und Atmosphäre wird mit einem Massenanteil von 2,4 % angegeben. K ist somit das siebthäufigste Element in diesen Bereichen (*Mortimer and Müller, 2003*). Nach *Blume et al.* (2010) fanden sich die größten Vorräte an K in den Gesteinen (ca. 5×10^{11} g) mit im Mittel 1,9 % K, das vorwiegend in Feldspäten und Glimmern gebunden war. Je stärker ein Boden verwittert, desto geringer ist der Gehalt an Gesteinskalium. Der K-Gehalt im Boden ist abhängig vom Verwitterungsgrad und dem Ausmaß sowie der Intensität der Fixierung an den Tonmineralen. Böden, welche Illit oder Smectit enthalten, weisen z.B. einen Gesamtgehalt an Kalium von 0,2-3,3 % auf. In ihrer Tonfraktion sind 2-4 % K enthalten, wodurch der K-Gehalt mit dem Gehalt an Ton steigt. Aufgrund des Verwitterungsgrades älterer Böden der tropischen Oxi- und Ultisole liegt deren Gesamtkaliumgehalt bei 0,1-0,8 % (*Blume et al., 2010*). Im Naturschutzgebiet Ohre-Drömling sind die durch Urbarmachung im 18. Jahrhundert entstandenen und entwässerten Niedermoore im allgemeinen reich an N, der durch die Mineralisierung der organischen Substanz der Torfschicht freigesetzt wird. K und auch P sind in diesen Moorböden meist nur in geringen Mengen enthalten, so dass durch ausbleibende Düngungsmaßnahmen Mangelsituationen eintreten können (*Succow und Joosten, 2001*). In Mineralböden liegt das K gebunden in Silicaten wie Alkalifeldspäten, Glimmern und Illiten vor (*Andrist-Rangel, 2008; Andrist-Rangel, 2010*). Auch in der mikrobiellen Biomasse des Bodens findet sich K mit einer Menge von 25-50 kg ha⁻¹. Huminstoffe enthalten hingegen fast kein K. In der Bodenlösung liegt die Konzentration bei 2-20 mg l⁻¹. Abbildung 1 zeigt in vereinfachter Weise die K-Formen im Boden (*Sparks und Huang, 1985*). Die austauschbare K-Menge im Boden ist abhängig von Bodenart, klimatischen Verhältnissen und Höhe der ausgebrachten K-Düngung. Der K-Gehalt des Bodens liegt bei normaler Versorgung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen 100 bis 1000 kg ha⁻¹. Als nicht austauschbares K bezeichnet man die Differenz zwischen dem Gesamtgehalt an K und der austauschbaren K-Menge. Dieses K ist in die Kristallgitter von Silicaten eingebaut und im Zwischenschichttraum von Schichtsilikaten fixiert. Über die Bodenlösung stehen die verschiedenen K-Formen im

Gleichgewicht zueinander. Jedoch stellt sich dieses Gleichgewicht in Abhängigkeit der jeweiligen Form mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ein. So geht austauschbares K schnell in die Bodenlösung über. Bei spezifisch in die Zwischenschichten von Illit und Glimmern gebundenem K hingegen stellt sich dieses Gleichgewicht langsamer ein. Erst durch die Aufweitung der Zwischenschichten kann spezifisch gebundenes K freigesetzt werden (*Welte and Niederbudde, 1963; Nemeth, 1970; Kong and Steffens, 1989; Koerselman et al., 1993; Srinivasa R. and Khera, 1994; Ogaard and Krogstad, 2005; Barré et al., 2008; Sharma et al., 2010; Andrist-Rangel et al., 2013; Vetterlein et al., 2013*). Infolge der Aufweitung ist es ebenso möglich, dass gelöstes oder austauschbares K in den Zwischenschichtraum dieser aufgeweiteten Dreischichttonminerale einwandert und dort fixiert wird. Man bezeichnet dieses spezifisch gebundene K als fixiertes K. Sinkt nun durch Nährstoffentzug der Pflanzen die K-Konzentration in der Bodenlösung, wird fixiertes Zwischenschicht-K zunehmend freigesetzt. Durch eine K-Düngung kann die Konzentration in der Bodenlösung wieder erhöht werden, wodurch der Anteil an fixiertem K steigt, bis die Fixierungskapazität erreicht ist. Erst dann baut sich ein Vorrat an austauschbarem K auf. Das Ausmaß dieser Kaliumfestlegung ist abhängig vom Bestand an Schichtmineralen wie Vermiculiten, Illiten und Smectiten. Die Fixierungskapazität nimmt daher mit steigendem Tongehalt des Bodens zu. Die K-Fixierungskapazität ist jedoch nicht beständig. Durch Verwitterung verlieren Glimmer das K der Zwischenschichten und werden zu Vermiculiten, wobei die Fixierungskapazität ansteigt. Durch Einlagerung von Aluminiumhydroxypolymeren während der Pedogenese ist andererseits eine Blockierung des aufweitbaren Zwischenschichttraumes möglich. Durch Kalkung des Bodens ist dieser Prozess teilweise umkehrbar und die K-Fixierungskapazität wird wieder erhöht (*Blume et al., 2010*). Zu den pflanzenverfügbaren K-Fractionen des Bodens zählen neben wasserlöslichen K-Verbindungen auch austauschbar sorbierte K-Ionen sowie leicht nachlieferbare Teile des Zwischenschicht-K von Tonmineralen wie Vermiculiten, Illiten und Smectiten (*Schilling, 1987*). Der Aufbau eines Konzentrationsgradienten durch Absenkung der K-Konzentration in der Rhizosphäre ermöglicht den Pflanzen, den K-Fluss aus dem austauschbaren und dem nicht austauschbaren Vorrat im Schichtzwischenraum von Glimmern und Illiten zu erhöhen. Somit ist der K-Vorrat für die Pflanzen nicht auf die geringen Mengen der Bodenlösung und das austauschbare K beschränkt (*Blume et al., 2010*).

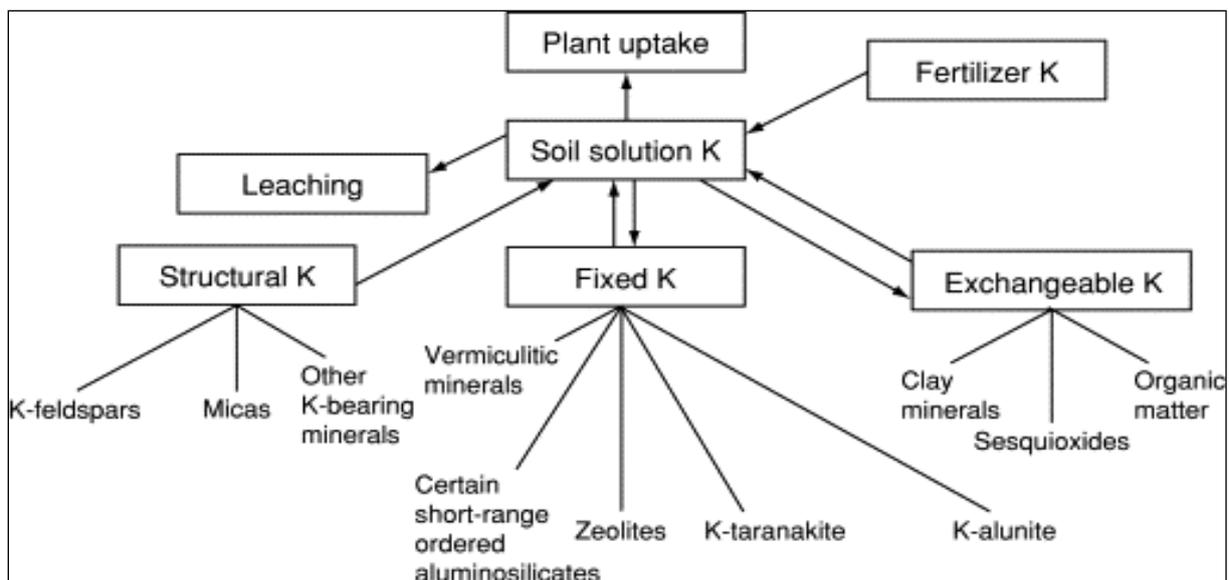


Abbildung 1 : Beziehungen der verschiedenen Kaliumformen im Boden
(Sparks und Huang, 1985)

Kalium in der Pflanze

Kalium zählt in der pflanzlichen Biomasse neben N und P aufgrund der benötigten Menge in der Trockensubstanz der Pflanzen zu den wesentlichen Makronährstoffen und ist somit Grundlage für das Wachstum und die Entwicklung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen sowie auch für alle anderen Pflanzen der Erde (Schilling, 1987). Im Xylem dient es als Osmotikum, welches für den Aufbau des Wurzeldrucks entscheidend ist. Kalium in den Blattzellen erhöht den Turgor, was zu einer Zellstreckung und einem Blattflächenwachstum führt. Auch sorgt es über die Erhöhung des Turgors für eine Öffnung der Stomata, was die CO₂-Aufnahme begünstigt und somit direkten Einfluss auf die Photosyntheseleistung hat. K-Pumpen lösen dabei eine Permeabilitätsänderung durch einen Transport von K-Ionen in die Schließzellen aus, welches das Öffnen der Spaltöffnungen zur Folge hat. Ist K in ausreichenden Mengen vorhanden, fördert es in einem ersten Schritt die Bildung von C₃-Zuckern, die in weiteren von K beeinflussten Stoffwechselprozessen zu Stärke, Zellulose, Lignin und Proteinen verarbeitet werden (Mengel, 2001). Kalium erfüllt im Zusammenspiel mit anderen Nährstoffen und äußeren Umwelteinflüssen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Pflanzenbestandes und der damit verbundenen optimalen Ertragsausbildung sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht (Amberger et al., 1984; Claassen und Jungk, 1984; Käding, 1996; Schuppenies et al., 2002; Barros et al., 2004; Käding, 2005; Hertwig et al., 2006; Finck, 2007; Arienzo et al., 2009; Oelmann et al., 2009; Ruan et al., 2013;). Kalium ist an einer Vielzahl von Stoffwechselschritten der Pflanzen beteiligt, so zum Beispiel als Effektor von Enzymen beim Aufbau hochmolekularer Verbindungen, wie z.B. Kohlehydraten (Mengel, 1992, 2001). Außerdem steigert das Element durch seinen positiven Einfluss auf die Bildung von

Stützsubstanzen die Stabilität der Halme (*Schachtschnabel und Heinemann, 1974; Schilling, 1987*). Im Energiehaushalt der Pflanzen spielt K als Enzymeffektor eine wichtige Rolle, da eine gute K-Versorgung ähnlich einer ausreichenden Phosphatnahrung wirkt. K-Ionen sind Effektoren Adenosintriphosphat (ATP) -bildender ATPasen. Somit hat K vor allem im Energiehaushalt fördernde Wirkungen auf die Bildung höherer molekularer Verbindungen (*Schilling, 1987*). Ein Mangel an K kann zu Störungen im Wasserhaushalt führen und die Symptome der „Welketracht“ hervorrufen. Wird die Polysaccharidsynthese durch unzureichende K-Versorgung gestört, kann mangelnde Verholzung der Zellwände zur Lagerbildung bei Getreide führen (*Schachtschnabel und Heinemann, 1974*), wodurch eine erhöhte Gefahr der Infektion durch Pilzkrankheiten besteht. Pflanzen, die unter K-Mangel leiden, weisen vornehmlich an den älteren Blättern Symptome auf. Kalium wird aus den älteren Blättern retranslokalisiert und über das Phloem in junge Blätter transportiert. Typische Symptome eines K-Mangels sind Punkt-, Interkostal- und Blattrandchlorosen (*Schilling, 1987*). Auch kommt es zu einem gestauchten Habitus und gegebenenfalls zur Welketracht (*Schilling, 1987*). Bei starker Sonneneinstrahlung kann es zur Photooxidation in den Blättern kommen. In Pflanzengesellschaften führt die Veränderung der K-Verfügbarkeit zu deutlichen Verschiebungen der Aufnahmeraten von anderen Nährstoffen, sodass K-Unterversorgung langfristig zu Veränderungen der Artenzusammensetzungen führen kann (*Boeye et al., 1997; Olde Venterink et al., 2003; Ellmer and Baumecker, 2005; Ellison, 2006; Lawniczak et al., 2009; Müller et al., 2009*). Ein starker Überschuss von K bewirkt Wurzelverbrennungen und Calcium (Ca)- beziehungsweise Magnesium (Mg)-Mangel. Bei K besteht ein ausgeprägter Antagonismus zwischen den Nährstoffen Mg, Ca und Natrium (Na). Da K von der Pflanze leichter aufgenommen wird als andere Nährstoffe, kann es bei hoher K-Düngung, z.B. trotz guter Mg-Bodenwerte zu Mg-Mangelsymptomen kommen. Man spricht in diesem Kontext von "Luxuskonsum", d.h. dass die Pflanze mehr K aufnimmt als sie eigentlich benötigt. Auf beweidetem Grünland ist dies besonders wichtig, da den Tieren die Gefahr der Weidetetanie droht. Diese als „Festliegen“ von Weidetieren beschriebene Krankheit kann durch zu wenig Mg im Futter entstehen (*primärer Magnesiummangel*), daneben aber auch, wenn die Aufnahme des Mg aus dem Futter vermindert ist (*sekundärer Magnesiummangel*). Ein sekundärer Mg-Mangel entsteht vor allem dann, wenn der K-Gehalt des Futters deutlich zu hoch ist (z.B. statt 1 % mehr als 3 % der Trockenmasse). Weidetetanie kommt vor allem beim Weideauftrieb der Tiere vor, da in jungem Gras der K-Gehalt deutlich höher ist als in älterem. Jedoch ist zur Erzielung guter Ertragsstrukturen auf dem Grünland auf optimale Nährstoffgehalte des Bodens und damit auf eine bestmögliche Versorgung der Pflanzen mit diesen zu achten (*Jäger et al., 2002*). Da in der Literatur durch zahlreiche Autoren wie *Singh und Jones (1976), Kuntze (1988), Eschner und Liste (1995), Meissner et al. (1995), Verhoeven et al. (1996), Kalbitz et al. (2002), Rupp et al. (2004), Niederbudde und Fischer (2006),*

Gelbrecht (2008), *Niedermeier und Robinson (2009)*, *Zak et al. (2010)* über die Dynamik der Stoffe N und P berichtet wurde, sollte das Hauptaugenmerk hier in der K-Dynamik für diesen speziellen FFH-LRT 6510 unter den gegebenen Standortbedingungen liegen. Ein weiteres Defizit in der Literatur sind fehlende konkrete Empfehlungen zum Nährstoffmanagement des FFH-LRT, welche einer optimalen Erhaltung dienen. Durch *Verhoeven (1986)*, *Verhoeven et al. (1996)*, *Venterink et al. (2002b)* *White (2013)* und *Wu et al. (2013)* wurden lediglich die Nährstoffgehalte einzelner Pflanzenarten betrachtet und mit Hilfe dieser Nährstoffgehalte dann die entsprechenden Entzüge berechnet.

Aus der durchgeführten Literaturrecherche ergaben sich folgende Erkenntnisdefizite.

- Bezüglich der Bewirtschaftungsvarianten des FFH-LRT 6510 lagen keine Untersuchungen zur Nährstoffdynamik vor.
- Es sind weiterführende Untersuchungen über die sequentielle Darstellung der K-Gehalte von Niedermoorböden sowie präzise Erkenntnisse über die Anteile von verschiedenen K-Fractionen am Gesamtkalium des Bodens notwendig. Weiterhin waren wissenschaftliche Defizite in der Dynamik des K im Vergleich der Fraktionen zu finden.
- Es waren keine Arbeiten über die Entwicklung des FFH-LRT 6510 vom Typ *Ranunculo-Deschampsietum* unter den Bedingungen der Wiedervernässung vorhanden.
- Es fehlten detaillierte Erkenntnisse über die Auswirkungen der Wiedervernässungsmaßnahmen auf die Nährstoffdynamik und die damit einhergehende Pflanzenverfügbarkeit von Makronährstoffen, speziell K.
- Es waren keine wissenschaftlichen Arbeiten über die Nährstoffverhältnisse der pflanzlichen Biomasse des FFH-LRT 6510 und daraus resultierende Schlussfolgerungen zur Nährstofflimitierung, bekannt.

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet

Der Naturpark Ohre-Drömling befindet sich im Norden des Bundeslandes Sachsen-Anhalt (Abbildung 2) und ist mit ca. 27800 ha (Langheinrich et al., 2010) Mitteldeutschlands größtes zusammenhängendes Niedermoorgebiet. Die Verlandung eines nacheiszeitlichen Flachwassersees im Bereich der ausgeräumten Aller-Ohre-Talmulde führte zur Entstehung des heutigen Niedermoorgebietes im Drömling (Meissner et al., 1995; Langheinrich et al., 2010). Der Drömling liegt in einer flachen Mulde in den Ausmaßen von etwa 15 mal 20 Kilometern, die von einer 60-Meter-Höhenlinie umschlossen wird (Maigatter, 1961). Er ist ein erweitertes Teilstück des Breslau-Magdeburg-Bremer-Urstromtals. Entstanden ist die Niederung in der Saaleeiszeit vor rund 140.000 Jahren. Die Schmelzwässer des Urstromtales verfüllten die großflächige Senke des Drömlings zunächst mit bis zu 20 Meter mächtigen Sanden. Über die Entwicklung des Drömlings während der Weichseleiszeit ist wenig bekannt. Das Gebiet hatte damals den Charakter einer Tundra (Maigatter, 1961). Am Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren setzte die endgültige Bewaldung des Gebietes ein. Da auf Grund der Lage im Urstromtal das Gefälle des heutigen Hauptvorfluters Ohre sehr gering ist, kam es zur Vernässung der Böden. Die Verlandung eines derartigen nacheiszeitlichen Flachwassersees im Bereich der ausgeräumten Aller-Ohre-Talmulde führte zur Entstehung des heutigen Niedermoorbodengebietes (Meissner et al., 1995; Langheinrich et al., 2010).

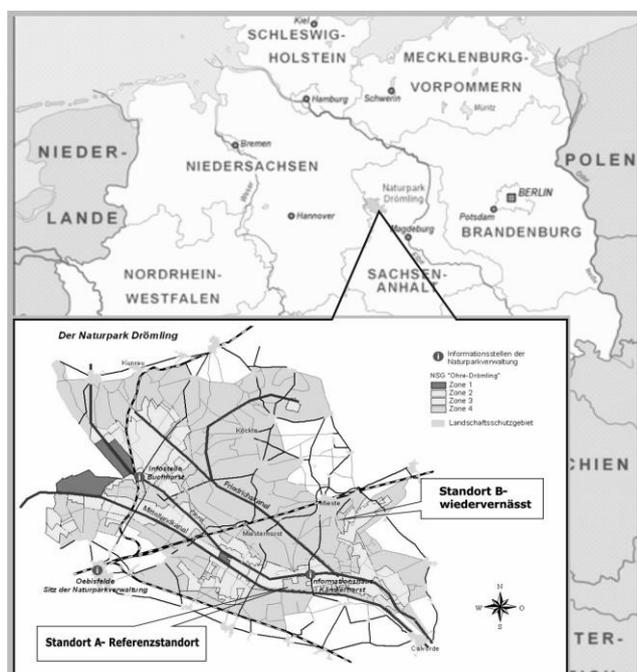


Abbildung 2: Versuchsstandorte im Naturpark Drömling

Die Niedermoorböden des Drömlings wurden ab der Mitte des 18. Jahrhunderts auf der Grundlage des Urbarmachungsedikts von Friedrich dem Großen aus dem Jahre 1765, basierend auf der Rimpauschen Moordammkultur entwässert, um sie dadurch landwirtschaftlich nutzbar zu machen (*Palis und Peitschner, 1998*). Die seit 200 Jahren vorgenommene Entwässerung gibt der entstandenen Kulturlandschaft den heute einmaligen Charakter und bedingt damit die Notwendigkeit der Erhaltung (*Kausche, 2007*). Durch die folgende intensive landwirtschaftliche Nutzung und spätere mineralische N-Düngung kam es zu Nährstoffausträgen ins Grund- und Oberflächenwasser und dem Schwund der bis zu 30 dm mächtigen Torfschicht vor der Entwässerung auf später 2-4 dm (*Altermann und Refior, 1997*). Im Zuge des gesellschaftlichen Wandels sowie der 1990 erfolgten Ausweisung des Naturparks „Drömling“ sind Veränderungen in der Landbewirtschaftung wirksam geworden, die auf zahlreichen Standorten die Extensivierung zur Folge hatten. Mit der 1992 erfolgten Anerkennung des Drömlings als gesamtstaatlich repräsentatives Niedermoorgebiet der Bundesrepublik Deutschland und der damit verbundenen finanziellen Förderung, erweiterte sich die Nutzungsextensivierung zusätzlich. Neben der Wiedervernässung bestimmter Bereiche zum Erhalt der noch reliktsch vorhandenen Niedermoortorfdecke, stand dabei vor allem auch eine dafür notwendige extensive Grünlandbewirtschaftung im Vordergrund. Insgesamt handelte es sich bei den zu bewirtschaftenden Grünlandflächen um nicht weniger als 12000 ha. In einem Teilgebiet wurden außerdem Totalreservate geschaffen, in denen die Sukzession einsetzte.

Im Naturpark Drömling betragen die gemittelten Jahresniederschläge des Untersuchungszeitraums ca. 696 mm (Tabelle 1), wobei regionale Unterschiede zwischen dem Gebietsrand und dem Kerngebiet bestanden. Letzteres zeichnete sich durch geringere Niederschläge und erhöhte Verdunstung aufgrund des oberflächennah anstehenden Grundwassers aus. Ebenso kam es zu extremen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht durch das hohe Absorptionsvermögen des Niedermoortorkörpers und die schlechte Wärmespeicherfähigkeit des Bodens. Das Jahresmittel der Lufttemperaturen betrug ca. 8,5 °C. Hauptsächlich waren Niedermoortorfe über fluviatilen Sedimenten vorzufinden. Die stark Grund- und Hochwasser geprägten Böden wurden durch unterschiedliche Nutzungsformen, Nutzungsdauer und Nutzungsintensität verändert. Bis heute hat sich hier eine stark strukturierte Landschaft mit Erlenbrüchen, Weidengebüsch, Hecken, Röhrichten, Großseggenrieden, Hochstaudenfluren, Brachen und durch Beweiden und Mahd genutzte extensive Feuchtgrünländer erhalten. Diese verschiedenen Landschaftsstrukturen werden von einer Vielzahl teilweise abzugsloser Beetgräben durchzogen und haben größte Bedeutung als Lebensraum für zahlreiche vom Aussterben bedrohte und gefährdete Tier- und Pflanzenarten. Zugleich stellt der Drömling durch die historische Kultivierung des Moores eine einmalige Kulturlandschaft dar.

Tabelle 1: Monatlicher Niederschlag im Untersuchungszeitraum, Standort Öbisfelde

Niederschlag in mm													
Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	total
2009	29	59	61	22	55	76	132	19	30	119	88	69	759
2010	30	34	51	18	135	28	30	138	144	21	85	90	804
2011	47	20	16	41	16	90	79	79	60	53	2	73	576
2012	106	13	12	36	29	90	116	38	37	61	38	72	648

3.2 Anlage der Versuche auf den Standorten A und B

Die Anlage der bodenhydrologischen und bewirtschaftungsspezifischen Untersuchungen erfolgte im Mai 2009. Ausgewählt wurden zwei Anmoorstandorte, welche sich beide in extensiver Grünlandbewirtschaftung in der Schutzzone 2 befanden. Gewählt wurde als Standort A ein Referenzstandort des FFH-LRT 6510 sowie eine 2009 wiedervernässte Fläche des FFH-LRT 6510, welche als Standort B bezeichnet wurde. Die Standorte unterschieden sich im Wesentlichen in den hydrologischen Gegebenheiten. Für die Wiedervernässung wurde im Winter 2008/2009 eine Stauanlage errichtet, welche das Oberflächenwasser in der Fläche aufstaute. Zur Charakterisierung der Standorte A und B wurden bodenhydrologische Messplätze sowie eine bodenkundliche Ansprache mittels Bodenprofilen durchgeführt.

Begonnen wurde mit den Probenahmen im Frühjahr 2010. Auf jedem Standort wurden Varianten hinsichtlich mineralischer K-Düngung (Kali60) und des Nutzungsregimes miteinander kombiniert (Tabelle 2). Die angelegten Düngestufen waren zum einen eine Kontrolle ohne Düngung, die Düngung nach Pflanzenentzug und die nach Naturschutzrichtlinie bzw. PEP (Reichhoff, 1996; Reichhoff et al., 2007) maximal zugelassene Düngung auf die Gehaltsklasse B nach VDLUFA (2002). Diese Düngestufen wurden in einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit den Bewirtschaftungsvarianten zweischürige Mahd und Mähweide, welche ebenfalls im PEP (Reichhoff, 1996; Reichhoff et al., 2007) vorgeschlagen waren, kombiniert. Nach den Voruntersuchungen zeigten die Varianten der Entzugsdüngung eine Bedarfsmenge von ca. 60 kg K ha⁻¹ und die Varianten nach Gehaltsklasse B eine Bedarfsmenge von ca. 120 kg K ha⁻¹. Es wurden in drei Versuchsjahren drei Düngungen vollzogen. In den Jahren 2010 und 2012 handelte es sich um eine Zwischenschnittdüngung nach der ersten Mahd. Im Jahr 2011 wurde die Düngung nach der zweiten Mahd im September durchgeführt. Die K-Mengen wurden in Form von handelsüblichem mineralischen Einnährstoffdünger (Kali 60) am 24.07.2010, 23.10.2011 und am 24.07.2012, jeweils 40 Tage nach der Mahd zugeführt.

Die Varianten der Mähweide wurden im Juni gemäht sowie im September eines Jahres beweidet.

Die Versuchsfelder wurden entsprechend des Versuchsplanes (Abbildung 3) mit 3 Teilflächen als Wiederholungen je Variantenkombination angelegt. Jede Teilfläche war 25 x 25 m (625 m²) groß. Daraus ergaben sich bei 6 Variantenkombinationen 18 Teilflächen mit einer

Gesamtgröße von 1,125 ha (Tabelle 2). Die markierten Quadrate 1 – 12 waren die Dauerbeobachtungsflächen für die vegetationskundlichen Untersuchungen.

Im Kapitel 4 wurden die Nährstoffparameter des Bodens aller Varianten des Standortes A detailliert dargestellt und die Termine von Probenahmen vor und nach Applikation von Kali 60 separat ausgewertet. Es handelte sich 2010 um den Termin 14.06.2010 vor K-Applikation sowie den 12.10.2010 nach der K-Applikation. 2011 wurde aufgrund von Herbstdüngung der Termin 13.09.2011 (vor K-Applikation) und der Termin 21.04.2012 (nach K-Applikation) gewählt. Das Jahr 2012 beinhaltet die Auswertung der Termine vom 14.06.2012, vor K-Applikation und dem 09.10.2012, nach der K-Applikation, welche als Zwischenschnittdüngung erfolgte.

Tabelle 2: Versuchsvarianten

Variante		Maßnahme	K-Düngemenge [kg ha ⁻¹]
AM0	A0	2 schürige Mahd, keine Düngung	0
AB0		Mähweide, keine Düngung	0
AM1	A1	2 schürige Mahd, Entzugsdüngung	60
AB1		Mähweide, Entzugsdüngung	60
AM2	A2	2 schürige Mahd, Düngung auf GK B	120
AB2		Mähweide, Düngung auf GK B	120
BM0	B0	2 schürige Mahd, keine Düngung	0
BB0		Mähweide, keine Düngung	0
BM1	B1	2 schürige Mahd, Entzugsdüngung	60
BB1		Mähweide, Entzugsdüngung	60
BM2	B2	2 schürige Mahd, Düngung auf GK B	120
BB2		Mähweide, Düngung auf GK B	120

Standort A LRT 6510 in gutem
Erhaltungszustand

1. Wdh.	2. Wdh.	3. Wdh.
□ ₁₂ □	□ □	□ ₁₁ □
□ ₁₀ □	□ □	□ ₉ □
□ ₈ □	□ □	□ ₇ □
□ ₆ □	□ □	□ ₅ □
□ ₄ □	□ □	□ ₃ □
□ ₂ □	□ □	□ ₁ □

AM0**AM1****AM2****AB0****AB1****AB2**

Standort B LRT 6510 in gutem
Erhaltungszustand (2009 wiedervernässt)

1. Wdh.	2. Wdh.	3. Wdh.
□ □	□ ₁ □	□ ₂ □
□ □	□ ₃ □	□ ₄ □
□ □	□ ₅ □	□ ₆ □
□ □	□ ₇ □	□ ₈ □
□ □	□ ₉ □	□ ₁₀ □
□ □	□ ₁₁ □	□ ₁₂ □

BM0**BM1****BM2****BB0****BB1****BB2**

Abbildung 3: Verteilung der Varianten auf den Standorten A und B (Quadrate 1-12 stellen vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen dar)

3.3 Bodenhydrologischer Messplatz

Auf den Standorten A und B wurde ein bodenhydrologischer Messplatz (Abbildung 4) zur Ermittlung der im Folgenden genannten Parameter installiert.

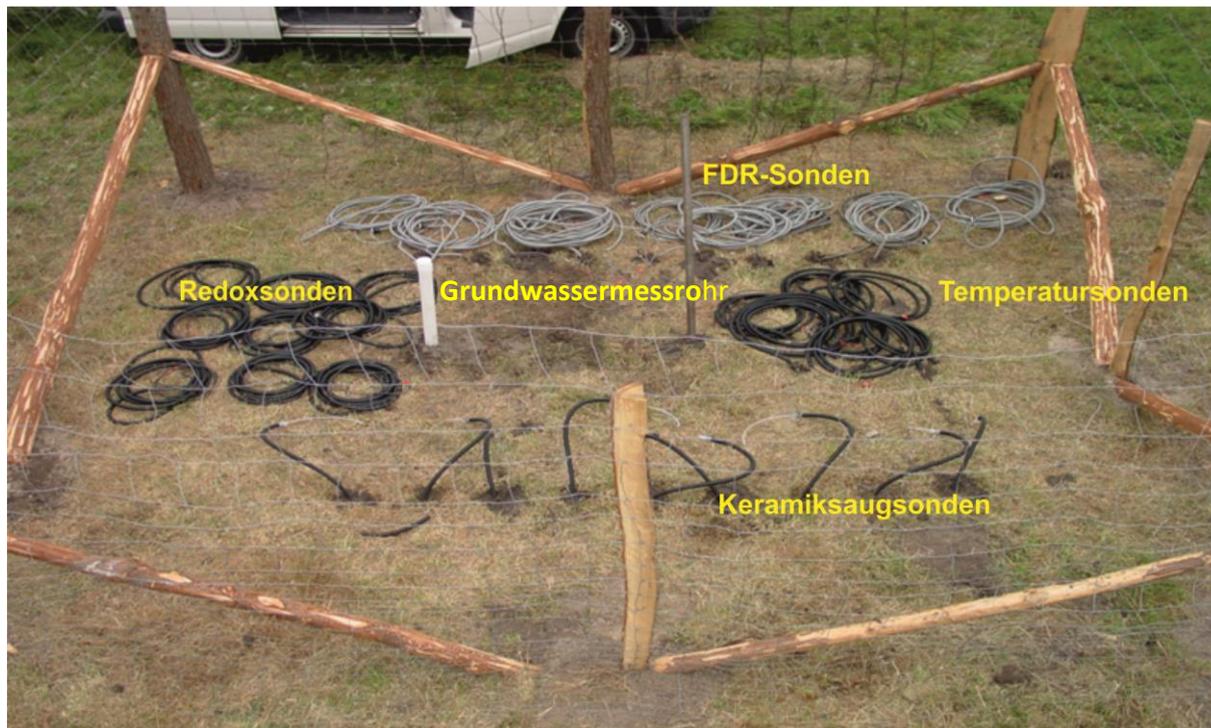


Abbildung 4: Aufbau eines bodenhydrologischen Messplatzes

Redoxpotential

Redox-Sonden (Typ Hamburg, der Firma ELANA-Boden-, Wassermonitoring) dienen dem kontinuierlichen Nachweis des Redoxpotentials (Eh) der Standorte. Es handelt sich hierbei um eine Platin (Pt) – Elektrode mit einem Reinstplatinstift (99,9%) von 1mm Durchmesser. Zwischen Pt-Stift und Ableitedraht befand sich eine Keramikisolierung, welche wiederum von einer Epoxidharzkarkasse umgeben war. Damit ergab sich ein Gesamtdurchmesser von ca. 1 cm bei ca. 20 cm Länge der Sonde. Dieser Sondentyp war besonders geeignet für den dauerhaften Verbleib im Boden. Die Datenspeicherung auf dem ebenfalls installierten Datenlogger der Firma Umwelt und Gerätetechnik Müncheberg (UGT) erfolgte in mV. Für die Bestimmung des Eh ist zudem eine Referenzelektrode in dem Grundwassermessrohr installiert. Die gemessenen Werte wurden im Anschluss auf die Standard-Wasserstoff-Elektrode umgerechnet.

Die Messungen begannen im Mai 2010 und wurden monatlich ausgelesen und ausgewertet. Es wurden Redox-Sonden in drei Tiefen (30 cm, 60 cm und 90 cm) und mit drei Wiederholungen installiert.

Bodenfeuchte

In diesem Versuch wurde mit Hilfe von Frequency-Domain-Reflectometry-Sonden (FDR) der volumetrische Wassergehalt des Bodens gemessen. Es wurden ML3 Theta Probe ML2x Sonden der Firma UGT verwendet. Die Sonden maßen die Veränderungen der Dielektrizitätskonstanten und wandelten diese in eine Signalspannung um, welche proportional zum Bodenfeuchtigkeitsgehalt war. Der Sensor kann den Feuchtigkeitsgehalt innerhalb eines Messbereichs von 5 - 55 Volumenprozent mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ bei Standardkalibrierung und mit $\pm 2\%$ bei bodenspezifischer Kalibrierung messen. Das Ausgabesignal der Theta Probe ML2x betrug 0 bis 1 V Gleichspannung. Der Sensor selbst besteht aus einem zylindrischen Kunststoffgehäuse (Durchmesser 40 mm) mit 4 Edelstahlmesssonden, die in den Boden gedrückt wurden. Gemessen wurde die Bodenfeuchte ab Mai 2010, jedoch lagen verwertbare Datensätze aufgrund einer fehlerhaften Kalibrierung der angewendeten Sonden erst ab April 2011 vor. Der nichtlineare Zusammenhang bzw. die verwendete Kalibrierung für organische Böden ist Abbildung 5 zu entnehmen.

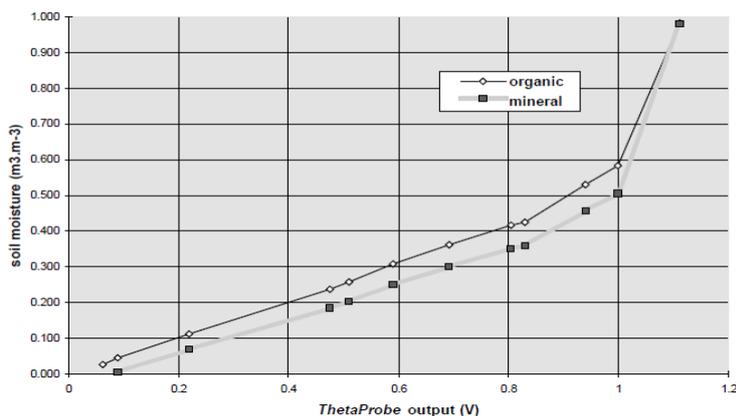


Abbildung 5: Kalibrierkurve der FDR Sonden (Delta T, 1999)

Bodentemperatur

Zur dauerhaften Aufzeichnung des Temperaturverlaufes wurden entsprechende Temperatursonden der Firma UGT auf den bodenhydrologischen Messplätzen eingeschlämmt. Verwertbare Daten lieferten die Sonden ab Mai 2010. Es wurden Temperatursonden in drei Tiefen (30 cm, 60 cm und 90 cm) und mit drei Wiederholungen installiert.

Bodenwasser

Zur Feststellung der Auswirkungen von Wiedervernässungsmaßnahmen auf die Gehalte der gelösten Nährstoffe fanden auf den Standorten zusätzlich qualitative Untersuchungen des Bodenwassers bezüglich N, P, K statt. Zudem wurden der pH Wert sowie die Leitfähigkeit bestimmt.

Die Bodenlösung wurde mit sorptionsfreien Borosilikatglas- Saugkerzen gewonnen und nach den in Tabelle 3 ausgewiesenen Methoden qualitativ analysiert. Bei der verwendeten Saugsonde der Firma UGT wurde das Perkolat durch eine Keramikkerze (P80; 20 x 50 mm) aus dem Boden entnommen. Diese Bauform hatte einen Schlauch zur Bodenoberfläche, der an ein separates Probenahmegefäß angeschlossen war. Förder- und Unterdruckleitung waren aus inertem PE gefertigt, um eine Verfälschung der Proben zu vermeiden. Der Aufbau der Saugsonde erlaubte einen vollkommen autarken Betrieb und verhinderte, dass das Perkolat in Trockenphasen in den Boden zurück gelangt. Es wurde aus drei Tiefen (30 cm, 60 cm und 90 cm) mit drei Wiederholungen monatlich eine Probe entnommen und untersucht. Zur Entnahme des Bodenwassers wurde ein Unterdruck von ca. 0,6 bar an die Keramiksaugkerzen angelegt und Wasser aus den Meso- und Grobporen entzogen und in Glasflaschen aufgefangen.

Darüber hinaus wurde der bodenhydrologische Messplatz mit einem Grundwassermessrohr (Mischpegel) ausgestattet. Die Grundwasserstände wurden einmal monatlich mit Hilfe einer Brunnenpfeife ermittelt. Es wurde ebenfalls monatlich eine Wasserprobe entnommen und auf ihre Nährstoffgehalte untersucht. Vor der Entnahme wurde das Grundwassermessrohr vollständig entleert und die Probe erst entnommen, nachdem sich der vorher gemessene Pegelstand wieder eingestellt hatte. In das Grundwassermessrohr wurde eine Referenzelektrode des Redoxmesssystems installiert.

Alle Sonden haben in Abständen von 10 Minuten einen Wert auf dem installierten Datenlogger gespeichert. Anschließend wurden diese Werte automatisch zu Stundenwerten gemittelt und in der Datenbank gespeichert.

Tabelle 3: Untersuchungsmethoden Grund-, Graben- und Bodenwasser

Wasser	Parameter	Methode
	pH-Wert	DIN 38 404-5
	NO ₃ -N	DIN EN ISO 10304-2, Ionenchromatographie
	NH ₄ -N	DIN EN ISO 10304-2, Ionenchromatographie
	PO ₄ -P	DIN 38 406-E5-1, photometrisch
	Kalium	DIN 38406-13:1992-07, Atomabsorptionsspektrometrie

3.4 Untersuchungsmethoden

3.4.1 Boden

Aus Bodenprofilen wurde aus jedem Horizont eine Mischprobe von Bodenmaterial entnommen und mit Hilfe der Texturanalyse nach *Köhn* (DIN 19683 Blatt 1 und 2) in seine Fraktionen getrennt. Anhand der Ergebnisse konnte anschließend die Bodenart des jeweiligen Horizontes angegeben werden. Zur Einschätzung des Nährstoffbindungsvermögens diente die nach *Glaser* (2009) berechnete Kationenaustauschkapazität (KAK). Diese Methode basiert auf den Humusgehalten der unterschiedlichen Horizonte und beschreibt die potentielle KAK (KAK_{pot}) als die größtmögliche KAK bei pH-Wert 7. Es sind bei sauren Verhältnissen geringere effektive KAK (KAK_{eff}) zu erwarten, da die Wasserstoffionen vorhandene Austauschplätze an den Bodenkolloiden belegen.

Die turnusmäßigen Untersuchungen des Bodens, mit dem Ziel des Nährstoffscreenings der Standorte, erfolgten dreimal jährlich (zu Vegetationsbeginn im Frühjahr, zur ersten Mahd im Sommer und zur zweiten Mahd bzw. zur Beweidung der Standorte im Herbst). Auf jeder Parzelle wurden zwei Bodentiefen, 0-30 cm und 30-60 cm, separat untersucht. Zur Bestimmung der Trockenmassen wurden die Proben bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet. Die Proben für die Nährstoffuntersuchungen wurden luftgetrocknet sowie auf < 2 mm gesiebt. Es wurden anschließend die in Tabelle 4 aufgeführten Analysen durchgeführt.

Tabelle 4: Angewandte Analysemethoden zur Untersuchung des Bodens

Boden	Parameter	Methode
	Trockenmasse	DIN ISO 11465 gravimetrisch (105 °C)
	pH-Wert (CaCl ₂)	VDLUFA-Methode A 5.1.1
	N _t	DIN ISO 13 878; 1998-11
	C _t	DIN ISO 10 684; 1986-08 katalytische Verbrennung zu CO ₂ und N ₂ , Detektion mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor
	NH ₄ -N, NO ₃ -N	VDLUFA-Methode A 6.1.4.1
	N _{min}	Summe von NH ₄ -N und NO ₃ -N
	K _{kw}	Königswasseraufschluss, DIN EN 135006, 2002-04 (E35)
	P _{DL} , K _{DL}	VDLUFA-Methode A 6.2.1.2 Doppel-Lactat (DL)
	K _{RFA}	Röntgenfraktiometrischer Aufschluß

Auf der Grundlage der pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte, die für die Parameter K_{DL} und P_{DL} vorgenommen wurden, erfolgte eine Einstufung der Böden nach den von der *VDLUFA* (2002) ausgewiesenen Versorgungsstufen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Gehaltsklassen für Phosphor und Kalium im Boden (*VDLUFA*, 2002)

Versorgungsstufen/ Gehaltsklasse	Einschätzung des Nährstoffgehaltes	Düngebedürftigkeit	P_{DL} – Gehalt (mg/100 g Boden)	K_{DL} – Gehalt (mg/100 g Boden)
A	sehr niedrig	sehr stark	$\leq 3,0$	$\leq 7,0$
B	niedrig	stark	3,1 – 5,5	8,0 – 12,0
C	Optimal	mittel	5,6 – 8,0	12,0 – 15,0
D	hoch	schwach	8,1 – 12,0	16,0 – 24,0
E	sehr hoch	keine	$\geq 12,1$	$\geq 25,0$

Röntgenbeugungsanalyse - X-ray diffraction (XRD)

Zur genaueren Untersuchung der K-Dynamik wurden weiterführende Analysen durchgeführt. In der Bodenkunde kommt der Methode der Röntgenbeugungsanalyse eine besondere Bedeutung bezüglich der Untersuchung der Tonfraktion im Boden zu. Der Begriff Ton wird sowohl zur Bezeichnung einer Größenklasse als auch zur Bezeichnung einer Mineralklasse benutzt. Die Röntgenbeugungsanalyse ist ein Verfahren zur Aufklärung der Struktur von kristallinen Körpern. Mittels dieser Methode konnten die Abstände von Kristallgitterebenen vermessen und folglich die unterschiedlichen Tonminerale voneinander unterschieden werden. Die XRD ermöglichte jedoch lediglich eine qualitative Beurteilung der Tonfraktion.

Zur Ermittlung des Mineralgehaltes der unterschiedlichen Bodenhorizonte wurden Pulverpresslinge (< 63 μm) sowie Texturpräparate (kolloidale, nicht organische Teilchen < 2 μm) von Bodenproben mit Hilfe der Texturanalyse nach DIN ISO 11277 abgetrennt und mittels Siemens D5005-Röntgendiffraktometer die Mineralstruktur ermittelt. Dabei handelte es sich um ein Gerät mit Kupferrohre und Sekundärmonochromator. Die Auswertung erfolgte mit dem dazugehörigen Programm Diffrac-AT. Die Messparameter für die Pulverschüttpräparate sind im Folgenden aufgeführt, in Klammern stehen die Parameter für die Texturpräparate, falls diese hiervon abweichen:

Röhrenspannung/-strom: 40 KV/40 mA

Divergenzblende/Streustrahlblende/Detektorblende: V20/V20/keine

Messbereich 2θ Angström: 1 bis 100 ° (2 bis 30 °)

Schrittgröße/Messzeit pro Schritt: 0,02 °/5 s (0,02 °/1,5 s)

Röntgenfluoreszenzanalyse - X-ray fluorescence (RFA)

Zur quantitativen Einschätzung der Tonfraktion wurde anschließend eine RFA durchgeführt. Hierbei wurden Wachspressstabletten analysiert. Es wurde 2 g Bodenmaterial (< 2 mm) mit Hilfe einer Kugelmühle bis < 40 µm gemahlen. Anschließend wurde das Bodenmaterial mit 8 g HOECHST C Wachs in einem Mörser homogenisiert. Im nächsten Arbeitsschritt wurde das Gemisch mit Hilfe einer mechanischen Presse unter einem Druck von 13000 kg/m³ in drei Minuten zu einer Tablette verpresst. Bei der Probenvorbereitung war besonders auf das konstante Mischungsverhältnis von Probe und Wachs sowie auf den konstanten Pressdruck und die Pressdauer zu achten.

Die Messungen wurden mit einem Siemens SRS 300 Röntgenfluoreszenzspektrometer mit Rhodiumröhre durchgeführt; das dazugehörige Auswerteprogramm war Spectra plus (Version 2010). Jede Probe wurde dreifach gemessen, kalibriert wurde mit vorhandenen Laborstandards.

Die RFA gilt als ausgereiftes Verfahren zur Gesamtelementanalyse (*Amonette et al.*, 1994; *Amonette*, 1994). Jedoch waren die Ergebnisse immer im Zusammenhang mit den Ergebnissen der XRD zu sehen, um Fehlinterpretationen bezüglich der Mengengehalte einzelner Elemente zu vermeiden.

3.4.2 Pflanzliche Biomasse

Da die Untersuchungen hohe Praxisnähe aufweisen sollten, wurde die pflanzliche Biomasse zu den jeweiligen Mahdterminen untersucht. Die erste Mahd jedes Jahres durfte aus Naturschutzgründen nicht vor dem 14. Juni erfolgen. Der zweite Mahdtermin bzw. die Beweidung mit Rindern richtete sich nach den Witterungsbedingungen und erfolgte im Zeitraum September bis Oktober. Die Untersuchungstermine waren jeweils mit den Bewirtschaftungsterminen gekoppelt. Daraus ergaben sich jährlich zwei Beprobungstermine (Sommer, Herbst). Auf den Parzellen wurde pro Beprobungstermin je zwei mal 1 m² oberirdische pflanzliche Biomasse mit Hilfe eines Boniturrahmens ausgegrenzt. Die entnommene Biomasse wurde bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet. Als nächster Schritt der Probenvorbereitung zur Nährstoffanalytik wurden die Proben feingemahlen (≥ 0,5 mm). Anschließend wurde die pflanzliche Biomasse mittels Druckaufschluss und folgender Messung durch optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) auf die Gesamtnährstoffgehalte P, K, Ca und Mg untersucht. Die Ermittlung der N_t- und C_t-Gehalte erfolgte am C/N- Analyser durch katalytische Verbrennung. Die Analytikmethoden der pflanzlichen Biomasse sind in Tabelle 6 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Angewandte Analysemethoden zur Untersuchung der pflanzlichen Biomasse

pflanzliche Biomasse	Parameter	Methode
	Trockenmasse	VDLUFA-Methoden, Methodenbuch Band III (1993)
	N _t ,	DIN ISO 13 878, 1995-10
	C _t	DIN ISO 10 694; 1996-08 katalytische Verbrennung zu N ₂ und CO ₂ , Detektion mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor
	P _t , K _t , Ca _t , Mg _t	Druckaufschluss mit HNO ₃ , DIN ISO 17294-2; 2005

3.5 Pflanzensoziologische Vegetationskartierungen

Im Zuge der Erarbeitung des Pflege- und Entwicklungsplanes des Naturparks Drömling (*Reichhoff, 1996; Reichhoff et al., 2007*) wurden 1993/94 Standardtestflächen angelegt, um eine Biotopentwicklung sowie die Effizienzkontrolle von Naturschutzmaßnahmen im NSG „Ohre-Drömling“ zu ermöglichen. Die Einstufung als FFH-LRT 6510 und die Bewertung des Erhaltungszustands der Untersuchungsstandorte wurde auf Grundlage der Kartieranleitung Lebensraumtypen Sachsen-Anhalt, Teil Offenland vorgenommen (*Baufeld, 2012*).

Die vegetationskundliche Kartierung erfolgte 1994. Eine erste Wiederholungskartierung wurde 1999 durchgeführt (*Warthemann et al., 2006*). Bei einer zweiten Wiederholungskartierung der Standardtestflächen, worunter auch die Standorte A und B gehörten, wurde im Jahr 2006 der Erhaltungszustand der Vegetation des FFH-LRT 6510 erfasst (*Reichhoff, 2006*). Der dabei festgestellte vegetationskundliche Zustand der Standorte galt als Ausgang der vorliegenden Untersuchungen. Die Standorte wurden 2006 in ihrer Gesamtheit betrachtet, ohne die erst 2009 eingerichteten Dünge- und Bewirtschaftungsvarianten zu berücksichtigen.

Im Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit wurden 2012 auf jeweils 12 der 18 Teilflächen von Standort A und B durch das Ingenieurbüro Triops pflanzensoziologische Untersuchungen durchgeführt. Dabei waren alle Varianten der Nutzung und Düngung inbegriffen (*Baufeld, 2012*). Die einzelnen Parzellen, welche zur Aufnahme bearbeitet wurden, sind in Abbildung 3 als kleine Quadrate dargestellt. Die durch *Reichhoff (2006)* und durch *Baufeld (2012)* durchgeführten vegetationskundlichen Kartierungen wurden zur Verfügung gestellt und im Zusammenhang mit der Zielstellung der Arbeit ausgewertet.

Für die Untersuchungen wurden jeweils zwei Drittel der Standorte bearbeitet. Es wurden auf jedem Standort 12 Parzellen der Größe 25 x 25 m in der Weise festgelegt, dass von jeder Nutzungs- und Düngungsvariante zwei Parzellen kartiert wurden. Grundsätzlich hatte jede Parzelle eine Größe von 625 m². Jedoch wurden auf einem Streifen von 1 m Breite im Bereich der Übergänge der Nutzungs- und Düngungsvarianten keine Arten bestimmt, um keine Übergangsbereiche in den jeweiligen Datensätzen zu erheben. Die effektive Erhebungsfläche betrug somit 600 m².

Die Auswertung der kartierten Parzellen erfolgte nach dem Prinzip von *Braun-Blanquet* (1964). Die Artenhäufigkeit wurde nach dem im *LAU* (2000) dargestellten Schema der Dominanzklassen erfasst.

r	1 bis 3 Individuen, bis 1% Deckungsgrad
+	mehr als 3 Individuen, bis 1% Deckungsgrad
1	Individuenzahl beliebig, über 1 bis 5% Deckungsgrad
2	Individuenzahl beliebig, über 5 bis 25% Deckungsgrad
3	Individuenzahl beliebig, über 25 bis 50% Deckungsgrad
4	Individuenzahl beliebig, über 50 bis 75% Deckungsgrad
5	Individuenzahl beliebig, über 75% Deckungsgrad

Innerhalb jeder Parzelle erfolgte auf einer Teilfläche von 5 x 5 m eine detaillierte pflanzensoziologische Bestandsbearbeitung nach *Londo* (1975). Die Lage der einzelnen Teilflächen wurde nach subjektiver Einschätzung ausgewählt. Berücksichtigt wurden Aspekte wie Repräsentativität und Homogenität der Fläche (*Dierschke*, 1994). Die Bestimmung der Arten erfolgte nach *Opitz und von Boberfeld* (1990); *Rothmaler* (2005); *Rothmaler und Jäger* (2007).

3.6 Datenaufbereitung und statistische Auswertung

Die Verarbeitung des Datenmaterials erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm MS – Excel (V 2007). Graphische Darstellungen wurden mit den Programmen MS – Excel und Corel DRAW X6 für Windows 7, Abbildungen mit Corel DRAW X6 und MS PowerPoint (V2007) erstellt.

Das in Abbildung 6 gezeigte Entscheidungsschema für statistische Prüfverfahren nach *Bortz et al.* (1990) lag der gesamten statistischen Auswertung dieser Arbeit zu Grunde. Zur statistischen Auswertung der gewonnenen Daten wurde das Statistikprogramm SPSS, Version 19 (2012) genutzt. Zu Beginn der statistischen Auswertung wurden die vorhandenen Daten auf Normalverteilung und anschließend auf Varianzhomogenität überprüft. Die statistische Auswertung des Datenmaterials wurde mit Hilfe deskriptiver Statistiken vorgenommen, in dem Lage- und Streuungsmaße (arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Konfidenzgrenzen) berechnet wurden.

Die statistische Sicherung der Nährstoffparameter der Standorte bei verschiedenen Düngungs- und Bewirtschaftungsvarianten erfolgte mit Hilfe von multiplen Mittelwertvergleichen (SPSS). Diese wurden auch bei der statistischen Auswertung der Nährstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse genutzt. Im weiteren Verlauf wurden die Bewirtschaftungsvarianten zweischürige Mahd und Mähweide aufgrund der fehlenden statistischen Unterschiede zusammengefasst, sodass sich der Stichprobenumfang der Düngungsvarianten von $n=3$ auf $n=6$ erhöhte. Die dargestellten Standardabweichungen der Mittelwerte ergaben sich aus den jeweiligen Stichproben (berechnet mit MS Excel 2007). Im Weiteren wurde für alle ermittelten Parameter eine Korrelationsmatrix erstellt. Daraus ersichtliche plausible Zusammenhänge wurden in einer separaten Korrelationberechnung ausgewiesen.

Ebenso erfolgte die statistische Auswertung der Daten der bodenhydrologischen Messplätze mit Hilfe von MS Excel 2007 (Redoxpotential, FDR-Sonden, Temperatursonden); diese charakterisieren aber nur die Ergebnisse der Standorte A und B. Die Werte der analysierten Wasserproben aus den Saugkerzen ließen keine statistische Auswertung zu, da die Proben zu sporadisch gewonnen wurden und zudem die Streuung der Werte zu groß war. Ebenso war eine statistische Auswertung der Wasserproben aus den Grundwassermessrohren sowie aus dem Graben nicht möglich (da es sich hierbei um nur eine Probe pro Monat handelte).

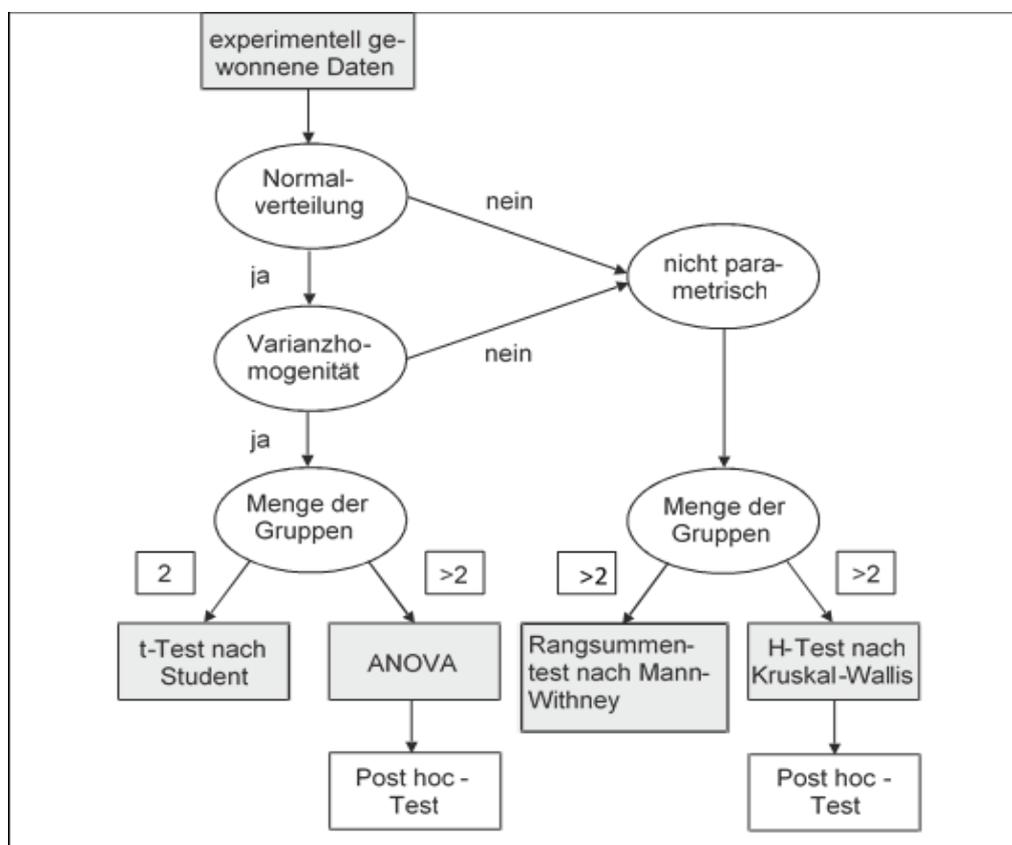


Abbildung 6 : Entscheidungsschema für die Auswahl von statistischen Prüfverfahren (Bortz et al., 1990)

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Bodenhydrologische Charakterisierung der Standorte A und B

4.1.1 Grundwasserstand

Abbildung 7 zeigt die von April 2010 bis November 2012 im vierwöchigen Turnus gemessenen oberflächennahen Grundwasserstände beider Standorte. Die abgebildeten Punkte waren gemessene Einzelwerte für die Standorte A und B und wiesen daher keine Standardabweichungen aus. Die Grundwasserstände lagen im Mittel auf Standort A bei 44 cm unter Geländeoberkante (uGOK) mit Schwankungen von 18 bis 62 cm sowie auf Standort B im Mittel bei 3 cm uGOK mit geringen Schwankungen von 0 bis 16 cm. Die mit Beginn des Jahres 2009 eingeleitete Wiedervernässung von Standort B wurde wirksam.

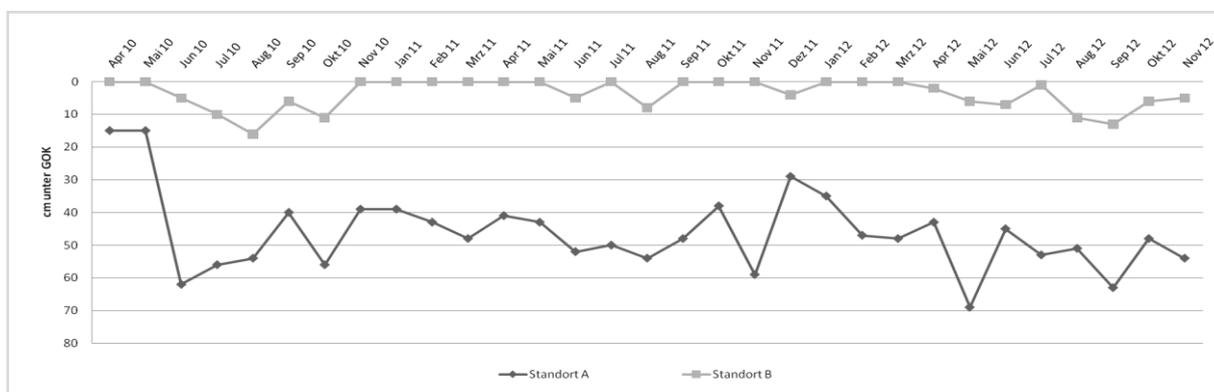


Abbildung 7: Grundwasserstände in cm unter GOK , Standort A und B, 2010 – 2012

4.1.2 Redoxpotential (Eh)

In Abbildung 8 sind die Eh für den Standort A in drei Beobachtungstiefen (30 cm, 60cm und 90 cm) dargestellt. Da nach *Blume et al. (2010)* bei Eh-Messungen im Gelände häufig große Schwankungen auftreten, weil die Redoxbedingungen in Mikrobereichen des Bodens oft stark variieren, sollten die ermittelten Werte zur allgemeinen Einschätzung der Standorte dienen. Die jahreszeitliche Betrachtung der Eh aller drei Beobachtungstiefen zeigte einen relativ konstanten Verlauf. Es wurde ebenso deutlich, dass sich die Eh der oberen Bodenschicht im positiven Bereich einordneten. Werte von im Mittel +85 mV ließen auf eine Belüftung und fehlenden Kontakt zum Grundwasser dieser Bodenschicht schließen. Demgegenüber wiesen die tieferen Bodenschichten 60 cm und 90 cm durch die hohe Wassersättigung negative Werte aus. Die Bodenschichten zeigten mittlere Eh von -73 mV in 60 cm Tiefe und -53 mV in 90 cm Tiefe. Diese beiden Bodenschichten unterschieden sich nicht signifikant. Jedoch konnte ein statistisch gesicherter Unterschied zu der Bodenschicht bis 30 cm nachgewiesen werden.

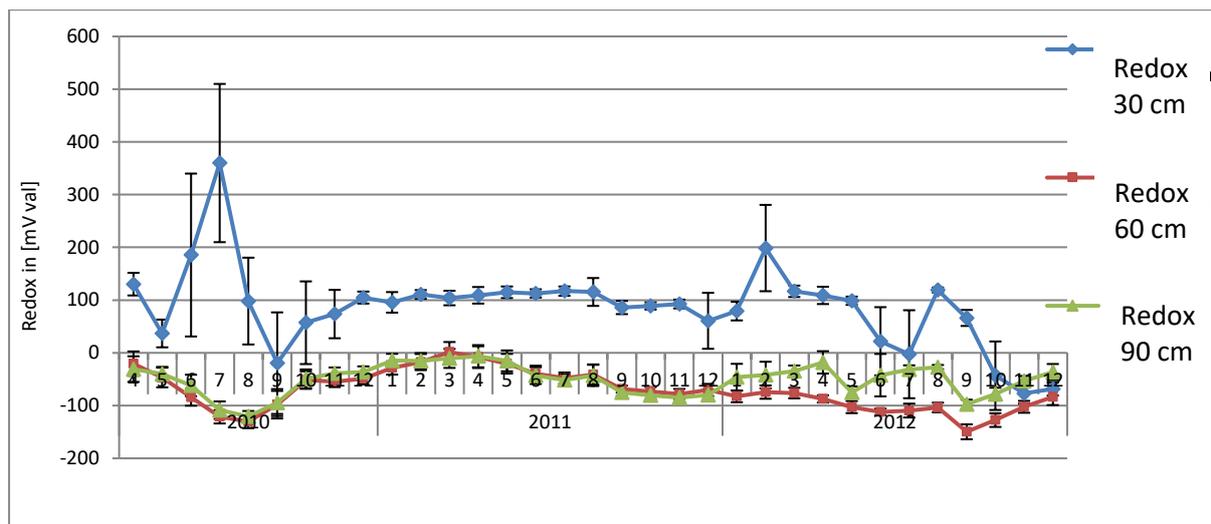


Abbildung 8: Redoxpotentiale des Bodens, Standort A, 2010-2012

Die Eh des wiedervernässten Standorts B sind der Abbildung 9 zu entnehmen. Auf diesem Standort war eine jahreszeitliche Dynamik des Eh in den Bodenschichten 30 cm und 60 cm festzustellen. Es waren steigende Eh in den Sommermonaten und anschließend sinkende Werte in den Herbst- und Wintermonaten zu erkennen. Die Bodenschicht 90 cm wies mit im Mittel -404 mV relativ konstante Werte aus. Die Redoxpotentiale aller Beobachtungstiefen zeigten dauerhaft negative Werte. Die Eh nahmen mit zunehmender Bodentiefe deutlich ab, was jedoch statistisch nicht gesichert werden konnte. Diese Erkenntnisse lassen sich mit den Beobachtungen von *Meissner et al. (1995)*; *Meissner und Leinweber (2004)*; *Blume et al. (2010)* sowie den Ergebnissen von *Meissner et al. (2010)* belegen, in denen beschrieben wird, dass das Eh bei Wassersättigung in humusreichen Ah Horizonten schnell absinken kann, da Mikroorganismen den Sauerstoff schnell aufbrauchen und der Boden dadurch anoxisch wird. Des Weiteren werden bei wassergesättigten Unterböden mit geringer organischer Substanz und damit auch geringer mikrobieller Aktivität trägere Redoxdynamiken beschrieben. Außerdem berichten *Rupp et al. (2004)* vom Zusammenhang zwischen Eh und pH-Wert im oberflächennahen Grundwasser sowie Boden. Es wurde bei steigenden pH-Werten sinkende Eh nachgewiesen (Kapitel 4.2.3). Diese Ergebnisse konnten in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden.

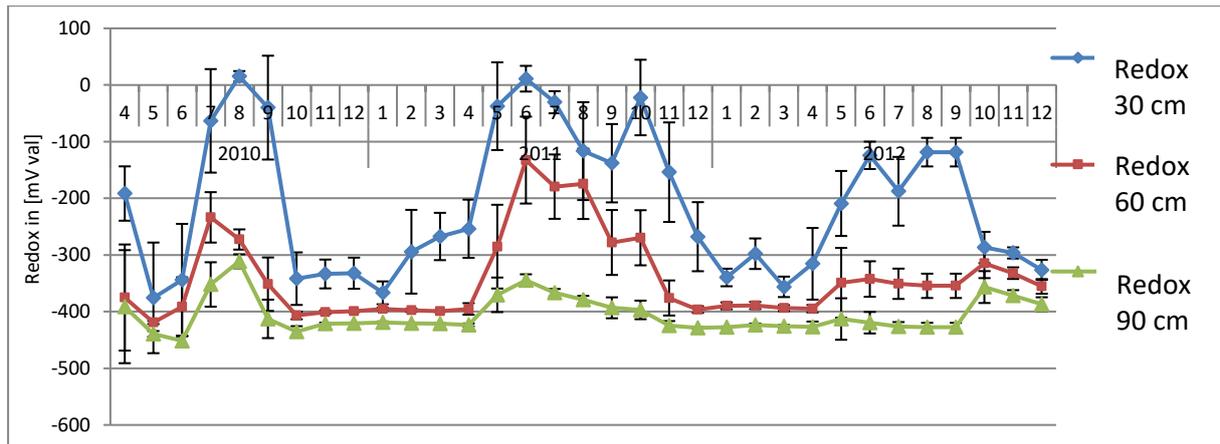


Abbildung 9: Redoxpotentiale des Bodens, Standort B, 2010-2012

Betrachtet man die Eh beider Standorte vergleichend, so zeigte sich ein deutlicher Unterschied. Während Referenzstandort A (Grundwasserstand von im Mittel 44 cm uGOK) in der oberen Bodenschicht positive Redoxpotentiale aufwies, zeigten sich negative Redoxpotentiale am Standort B (mittlere Grundwasserstände von 3 cm uGOK). Die Redoxpotentiale der Bodenschichten 60 cm und 90 cm im Vergleich der Standorte unterschieden sich ebenfalls signifikant, wobei Standort B in beiden Tiefen die geringeren Werte aufwies. Die höheren Redoxpotentiale des Standortes A ließen sich mit den zwischen 16 cm und 68 cm uGOK schwankenden Grundwasserständen begründen, da bei zeitweiser Belüftung der Bodenschichten die Eh anstiegen (*Rupp et al., 2004*). Die demgegenüber dauerhaft wassergesättigten Bodenschichten des Standortes B wiesen folglich geringere Redoxpotentiale auf. Die stärkeren jahreszeitlichen Schwankungen der Redoxpotentiale der beiden oberen Bodenschichten des Standorts B ließen auf eine jahreszeitliche Veränderung der Grundwasserstände schließen, welche nicht mit der vorhandenen Untersuchungsmethodik erfasst werden konnte. Die dauerhaft wassergesättigte Bodentiefe von 90 cm wies keine Dynamik aus, das Eh blieb nahezu konstant. Es wurden in der Bodenschicht 30 cm in den Monaten August 2010 und Juni 2011 kurzzeitig positive Redoxpotentiale gemessen. Eine ebenfalls hohe jahreszeitliche Dynamik war in der Bodenschicht 60 cm nachzuweisen. Jedoch blieben die Werte dauerhaft im negativen Bereich. Die Schwankungen der Redoxpotentiale in den oberen Bodenschichten des Standortes B ließen sich auf hohe Bodenaktivität während des Prozesses der Wiedervernässung zurückführen. Wiedervernässungsmaßnahmen sind charakterisiert durch einen zeitlichen Verlauf und durch eine gewisse Heterogenität innerhalb der Fläche. Aus diesem Grund kam es trotz der hohen Grundwasserstände am Standort B zu einer jahreszeitlichen Dynamik der Redoxpotentiale in den oberen Bodenschichten. Demgegenüber verliefen die Eh's am Standort A relativ konstant. Das Eh hängt neben der organischen Substanz auch stark von den pH – Werten ab. Somit weisen nach *Kuntze et al. (1994)*, *Kalbitz et al. (1999)*,

Rupp et al. (2004) und Blum (2007) alkalische Böden niedrigere Eh als saure Böden auf.

4.1.3 Bodenfeuchte

Die mittels FDR-Sonden kontinuierlich gemessene Feuchte der Bodenschichten auf Standort A sind in Abbildung 10 im Zusammenhang mit den monatlichen Niederschlagswerten dargestellt. Auf diesem Standort zeigte sich eine eindeutige jahreszeitliche Dynamik der Wassergehalte des Bodens in allen drei Bodentiefen. Die Gehalte nahmen vom Winter bis zum Sommer kontinuierlich ab und fanden in beiden Beobachtungsjahren im Juli ihren Tiefststand. Die Wassergehalte in 30 cm und 60 cm waren mit mittleren Gehalten von 37 Vol. % relativ einheitlich und zeigten einen zeitverzögerten Anstieg der Gehalte nach hohen Niederschlagsmengen. Ab Juli war ein Anstieg der Wassergehalte des Bodens bis zum Erreichen des Maximums im Monat März zu verzeichnen. Die Maxima aller drei Bodenschichten im März wiesen mit Werten von 43 ± 6 Vol. % (30 cm), 47 ± 4 Vol. % (60 cm) und 46 ± 3 Vol. % (90 cm) keinen signifikanten Unterschied aus.

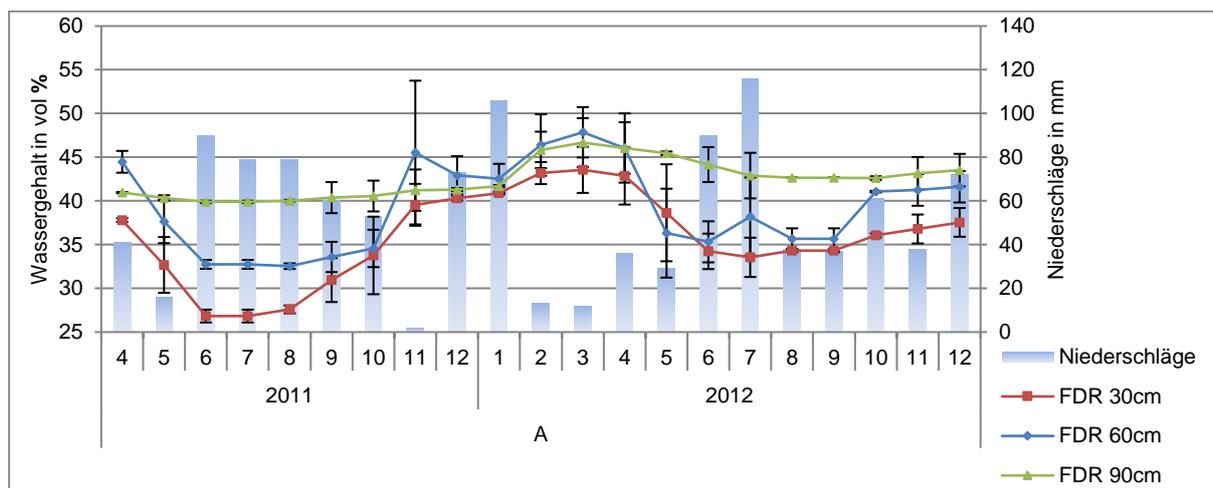


Abbildung 10: Bodenfeuchte und monatliche Niederschläge, Standort A, 2011-2012

Der Wassergehalt des Bodens von Standort B ist in Abbildung 11 zu finden. Ebenso sind die monatlichen Niederschlagswerte in mm auf der Sekundärachse aufgetragen. Auf dem wiedervernässten Standort B nahmen die Bodenschichten 60 cm und 90 cm nahezu gleiche Wassergehalte an. Aufgrund mittlerer Werte von 42 ± 4 Vol. % in beiden Bodentiefen war ein Unterschied statistisch nicht nachzuweisen. Lediglich die Bodenschicht in 30 cm Tiefe zeigte mit Gehalten von 36 ± 8 Vol. % einen signifikanten Unterschied zu den anderen Tiefen und zudem noch die geringsten Gehalte aller drei Bodenschichten. Jedoch fiel in allen drei Bodentiefen auf, dass die Werte einen relativ konstanten Verlauf mit geringen Schwankungen über den gesamten Beobachtungszeitraum lieferten. Des Weiteren zeichnete sich zum einen keine jahreszeitliche Dynamik und zum anderen kein Einfluss der Niederschläge auf den Wassergehalt der unterschiedlichen Bodentiefen ab.

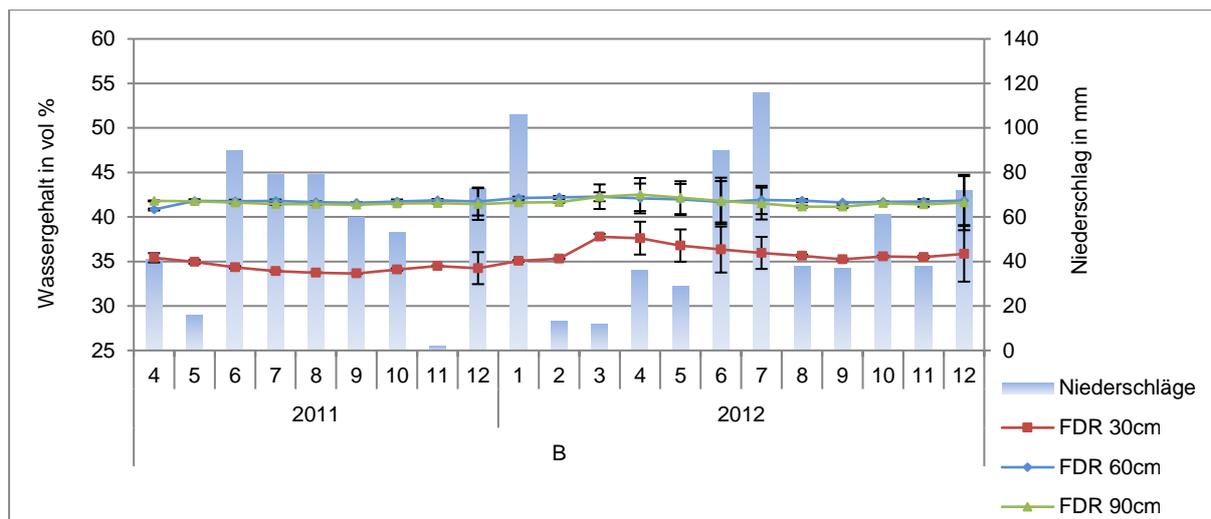


Abbildung 11: Bodenfeuchte und monatliche Niederschläge, Standort B, 2011-2012

Standort A wies im Vergleich zum wiedervernässten Standort B aufgrund der wechselnden Grundwasserstände eine deutliche jahreszeitliche Dynamik der Wassergehalte des Bodens auf. Diese Ergebnisse korrespondieren mit Aussagen von *Hohenrainer* (2009) und *Wattendorf et al.* (2010), worin die oberen Bodenschichten deutlicher auf Niederschlagsereignisse reagieren als tiefere Bodenschichten. Die Wassergehalte des Bodens auf dem wiedervernässten Standort waren aufgrund der dauerhaft höheren Grundwasserstände durch Niederschlagsereignisse nicht beeinflusst. Zu bemerken ist jedoch, dass sich nach Untersuchungen von *Scherzer et al.* (1996) die Kalibrierung von FDR-Sonden für hohe Wassergehalte von > 30 Vol.% in der Praxis als schwierig erwiesen hat, da das Sondensignal nicht linear verlief.

4.1.4 Bodentemperatur

Der Verlauf der Bodentemperaturen für Standort A als monatliche Mittelwerte über den gesamten Versuchszeitraum ist in Abbildung 12 dargestellt. Es wurde ein nahezu gleicher Verlauf der Bodentemperatur in den unterschiedlichen Bodentiefen festgestellt. Jedoch reagierte der Bereich bis 30 cm Tiefe am deutlichsten auf die oberirdischen Lufttemperaturen. Im Sommer 2010, 2011 und 2012 waren hier die höchsten Temperaturen zu verzeichnen. Demgegenüber standen die tiefsten Temperaturen in dieser Bodenschicht im Winter 2010, 2011 und 2012 an.

Die Bodentemperaturen des wiedervernässten Standortes B sind in Abbildung 13 zu sehen. Es handelte sich ebenfalls um monatliche Mittelwerte. Der Verlauf der Bodentemperaturen an diesem Standort ist mit dem des Standortes A vergleichbar. Die gemessenen Werte beider Standorte unterschieden sich sowohl in der jahreszeitlichen Dynamik als auch in den Bodentiefen nicht signifikant.

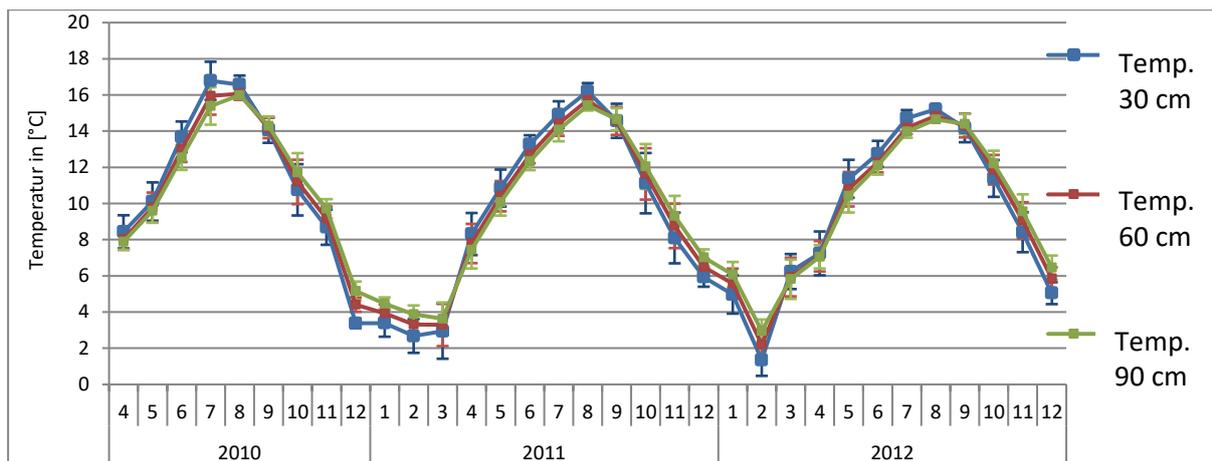


Abbildung 12: Bodentemperaturen, Standort A, 2010- 2012

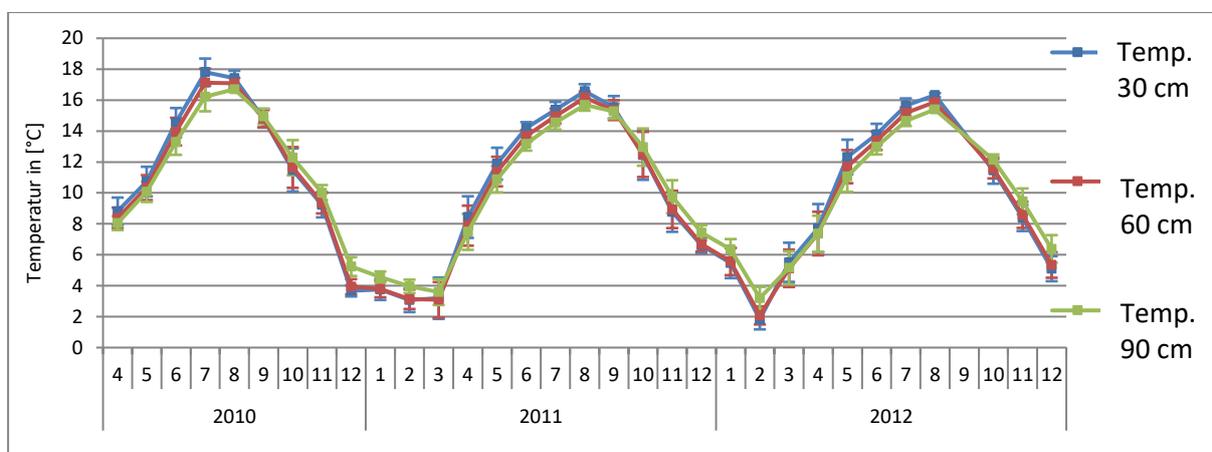


Abbildung 13: Bodentemperaturen, Standort B, 2010-2012

4.1.5 Kalium (K)-Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser

Die in Abbildung 14 dargestellten K-Gehalte des monatlich aus den Saugkerzen entnommenen Bodenwassers für den Standort A stellen gemittelte Werte aus drei Proben dar. Die gesamten Daten sind im Anhang 2 und 3 zu finden. Der mittlere Grundwasserstand von 44 cm uGOK begründete die sporadisch anfallenden Werte der Tiefe 30 cm auf diesem Standort. Die geringe Anzahl der Daten ließ keine statistische Auswertung zu. Aus diesem Grund wurde auf die Werte der Bodenschicht 30 cm nicht näher eingegangen. In den Monaten Februar 2011, Februar 2012 und Dezember 2012 konnten aufgrund der zu kalten Witterungsbedingungen keine Proben entnommen werden.

Die gemessenen K-Gehalte der Tiefe 60 cm nahmen im Mittel Werte von $1,55 \text{ mg l}^{-1}$ an und unterschieden sich im gesamten Versuchszeitraum nicht signifikant. Ebenso konnten in der Tiefe 90 cm keine Signifikanzen im zeitlichen Verlauf nachgewiesen werden. Mittlere Gehalte von $2,7 \text{ mg l}^{-1}$ waren jedoch deutlich höher als die Werte der Tiefe 60 cm. Des Weiteren war in der Tiefe 90 cm ein tendenzieller jahreszeitlicher Verlauf erkennbar. Die jahreszeitliche Dynamik zeigte sich durch steigende K-Gehalte bis Mitte der Vegetationsperiode, um

anschließend wieder zu sinken. Von gleichen Ergebnissen berichten *Wulff* (1998), *Güsewell* (2002), *Burkart* (2006), *Kolahchi* (2007), *Grzebisz* (2013), *Wassen* (2013) und *Kaiser* (2014). Die jahreszeitliche Dynamik der K-Gehalte im Bodenwasser ließ sich mit den differenzierten Wachstumsphasen der pflanzlichen Biomasse, den sich daraus ergebenden unterschiedlichen Bedarf der pflanzlichen Biomasse sowie den erfolgten Grünlandschnitten in Verbindung setzen. So war in allen Versuchsjahren ein Anstieg der K-Gehalte bis zum sechsten Monat des Jahres zu verzeichnen. Die pflanzliche Biomasse hat im fortschreitenden Vegetationsverlauf eines Jahres sinkenden K-Bedarf. Der Anstieg der K-Gehalte im Bodenwasser war demzufolge auf den sinkenden Bedarf der pflanzlichen Biomasse im Vegetationsverlauf zurückzuführen. Nach *Rowell* (1997) bleibt die Konzentration der Nährstoffe in der Bodenlösung relativ konstant. Jedoch hat das System eine gewisse Trägheit, sodass es nach erfolgter erster Schnittnutzung am 15.06. zu steigenden K-Gehalten kam. Anschließend waren dann sinkende K-Gehalte im Bodenwasser durch den fehlenden Pflanzenentzug festzustellen.

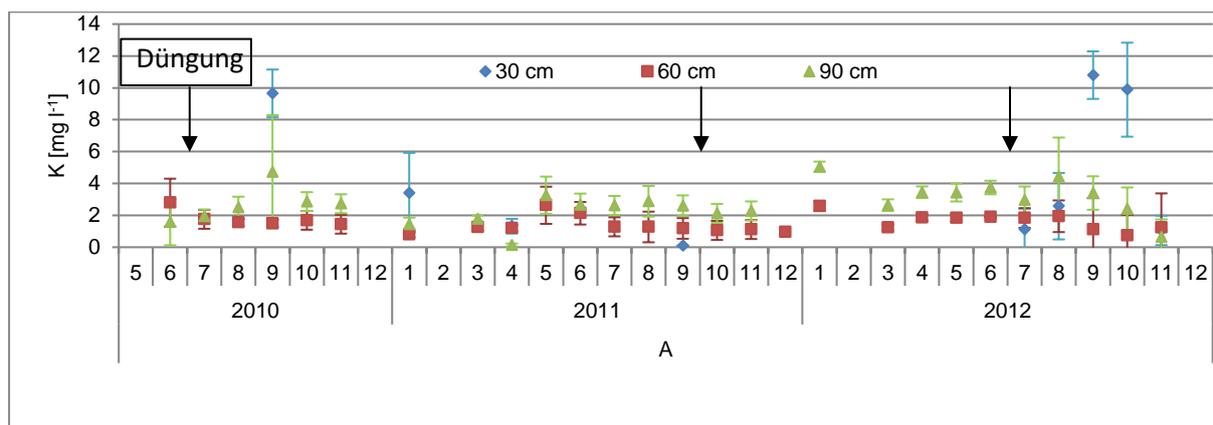


Abbildung 14: Kaliumgehalte Bodenwasser, Standort A, 2010-2012

Des Weiteren wurden die K-Gehalte von Proben aus dem Grundwassermessrohr (GW) auf Standort A sowie aus dem an die Fläche angrenzenden Graben ermittelt (Abbildung 15). Da es sich um Einzelwerte handelte, konnten keine Standardabweichungen ausgewiesen werden. Auf Standort A wurden über den gesamten Versuchszeitraum relativ konstante K-Gehalte im oberflächennahen Grundwasser ermittelt. Sie lagen im Mittel bei $3,2 \text{ mg l}^{-1}$. Es wurde angenommen, dass in der Bodenlösung der Fläche eine dauerhaft konstante K-Konzentration vorherrschte, da es nach *Hildebrand* (1990) und *Rowell* (1997) zu einem Konzentrationsausgleich zwischen Boden und Bodenwasser kommt. Aus diesem Grund unterschieden sich die K-Gehalte der Wasserproben aus den Saugkerzen nicht von Proben aus dem Grundwassermessrohr. Dies erschien als sachlogisch, da mit einem Unterdruck von $0,6 \text{ bar}$, welcher an den Saugkerzen zur Probenahme angelegt wurde, nicht nur Wasser aus den Mesoporen des Bodens, also pflanzenverfügbares Wasser, sondern auch freies Wasser

entnommen wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die K-Parameter (Anhang 5 ff.) der Wasserproben aus den Saugkerzen, im Mittel über alle Tiefen, nicht signifikant von den Wasserproben aus dem Grundwassermessrohr unterschieden.

Darüber hinaus zeigten die K-Gehalte des angrenzenden Grabens eine deutliche Dynamik. Die sich zum einen mit dem Bedarf der Vegetation an K erklären ließ. Zum anderen war durch die auf diesem Standort durchgeführten K-Düngemaßnahmen ein vermehrter K-Austrag festzustellen. Nach erfolgter K-Applikation im Juli 2010 war ein Anstieg der K-Gehalte des Grabenwassers bis zum Oktober zu verzeichnen. Anschließend sanken die Gehalte wieder ab. Der Anstieg verlief im gleichen Zeitraum des Jahres 2011 ohne K-Applikation deutlich geringer und war somit auf den fehlenden Pflanzenentzug zurückzuführen. Jedoch zeichnete sich im Jahr 2011 nach Herbstdüngung eine deutliche Zunahme der K-Gehalte des Grabenwassers ab. Es kam durch den fehlenden Bedarf der pflanzlichen Biomasse sowie durch die geringe Sorptionsfähigkeit in Folge jahreszeitlich gesenkter Bodenaktivität zu einem vermehrten Austrag von K. *Schmidt et al.* (2000) berichteten von vergleichbaren jahreszeitlichen Dynamiken. Im Jahr 2012 konnten ebenfalls nach der Zwischenschnittdüngung leicht erhöhte K-Gehalte im Wasser des Grabens nachgewiesen werden. Der Verlauf war mit dem Jahr 2010 vergleichbar.

Die dreijährigen Untersuchungen zeigten, dass die in der Landwirtschaft für K empfohlene Herbstdüngung, welche zur Stabilisierung der Grünlandnarbe sowie zur Überwinterungsfähigkeit der Gräser beitragen soll, zu einem erhöhten K-Austrag auf dem betrachteten Standort führte. Damit war eine Herbstdüngung aus wasserwirtschaftlicher Sicht und auch aus ökonomischer Sicht der Landwirte in diesem Falle als negativ zu bewerten. Ebenso zeigten die durchgeführten Zwischenschnittdüngungen der Jahre 2010 und 2012 erhöhte K-Gehalte, welche möglicherweise ebenso auf den fehlenden Pflanzenentzug zurückzuführen sind, da die Applikation von Kali60 jeweils nach der Schnittnutzung erfolgte. Aufgrund fehlender Biomasse konnten die Pflanzen nicht ausreichend K aus der Bodenlösung entziehen. Jedoch gab es nicht die Verluste wie bei einer Herbstdüngung, da der Boden in den Sommermonaten eine höhere Aktivität zeigte und damit das K zu binden vermochte. Weitere Aussagen konnten aufgrund der Versuchsanstellung nicht getroffen werden. Da die bodenhydrologischen Messplätze vorwiegend zur Standortcharakterisierung dienten, waren bezüglich der evtl. auftretenden K-Austräge der einzelnen Düngungsvarianten keine präzisen Feststellungen zu treffen, da als Anhaltspunkte nur die K-Gehalte der entwässernden Gräben zur Verfügung standen.

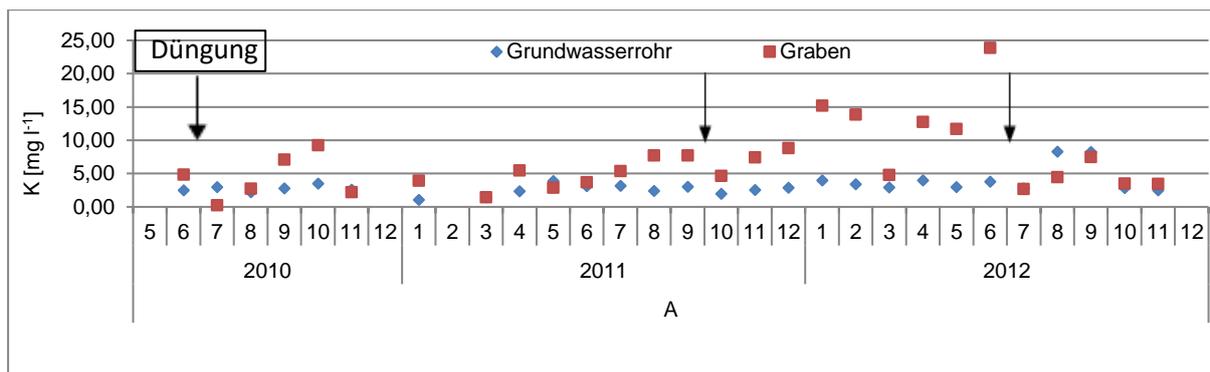


Abbildung 15: Kaliumgehalte Grund- und Grabenwasser, Standort A, 2010-2012

Abbildung 16 zeigt die K-Gehalte des Standorts B. Fehlende Werte der Bodentiefe 30 cm waren auf unzureichenden Kontakt der Saugkerzen zum Bodenwasser zurückzuführen. Die K-Gehalte des Bodenwassers der Bodentiefen 30 und 60 cm unterschieden sich im gesamten Versuchsverlauf nicht signifikant. Es wurden mittlere K-Gehalte von $0,37 \text{ mg l}^{-1}$ in der Tiefe 60 cm und $0,44 \text{ mg l}^{-1}$ in der Tiefe 90 cm gemessen. Weiterhin wurde auf dem Standort B keine jahreszeitliche Dynamik der K-Gehalte im Bodenwasser festgestellt. Es ließen sich im Vergleich zu Standort A deutlich geringere K-Gehalte im Bodenwasser nachweisen. Nach erfolgter Zwischenschnittdüngung im Juli 2012 waren bis Dezember 2012 die K-Gehalte im Bodenwasser der Tiefe 30 cm signifikant höher als in den Tiefen 60 cm und 90 cm.

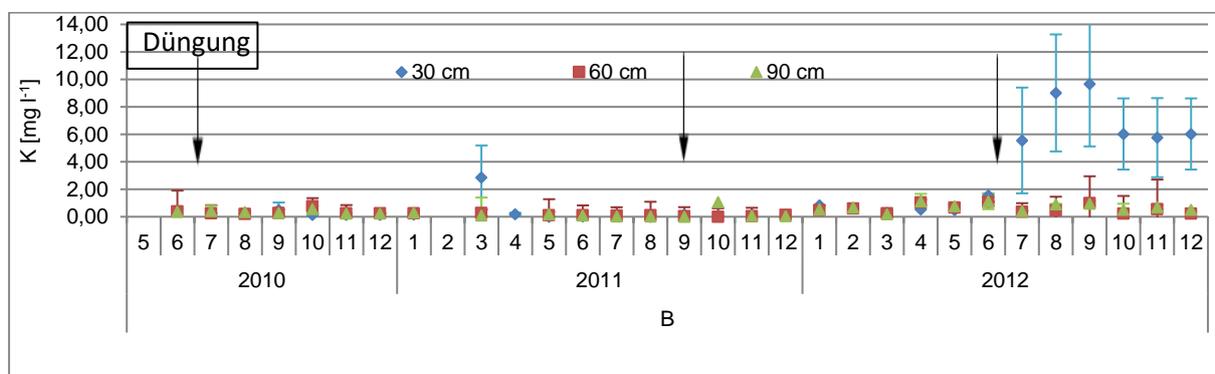


Abbildung 16: Kaliumgehalte Bodenwasser, Standort B, 2010-2012

In Abbildung 17 sind die K-Gehalte des Grund und Grabenwassers von Standort B dargestellt. Es war im gesamten Untersuchungszeitraum kein signifikanter Unterschied der K-Gehalte des oberflächennahen Grundwassers nachzuweisen. Die Werte bewegten sich im Mittel bei $2,31 \text{ mg l}^{-1}$. Des Weiteren waren keine jahreszeitlichen Dynamiken erkennbar. Jedoch konnte bei den K-Gehalten im Graben auf Standort B eine Zunahme der Werte nach erfolgter Herbstdüngung 2011 verzeichnet werden. Dabei stiegen die Gehalte von $5,37 \text{ mg l}^{-1}$ im Juni 2011 bis auf das Maximum von $19,55 \text{ mg l}^{-1}$ im Mai 2012. Danach stellten sich die „Normalwerte“ des Versuchszeitraums von im Mittel $1,43 \text{ mg l}^{-1}$ ein. Dieser Anstieg der K-Gehalte nach erfolgter Düngung wies auf eine Auswaschung des applizierten K hin. In den Wintermonaten waren die biologische Bodenaktivität und das Wachstum der pflanzlichen

Biomasse soweit reduziert, dass kein K in Form von Biomasse gebunden werden konnte. Aus diesem Grund wurde das in Lösung gegangene Düng-K und damit sehr mobile K im Zuge des Konzentrationsausgleiches im Wasser des Grabens wiedergefunden. Bei den weiteren Düngemaßnahmen im Jahr 2010 und 2012 konnte dieser Anstieg nicht nachgewiesen werden. Die Konstanz der K-Gehalte im Grabenwasser im Vergleich zur Dynamik der K-Gehalte am Standort A kann als erster Hinweis auf eine Nassfixierung des K nach *Blume et al. (2010)* gesehen werden. Die Annahme wird durch die höheren Tongehalte und die höhere volumetrische Wassersättigung der Bodenschichten 30-60 cm und 60-90 cm uGOK des Standortes B weiterhin bestärkt.

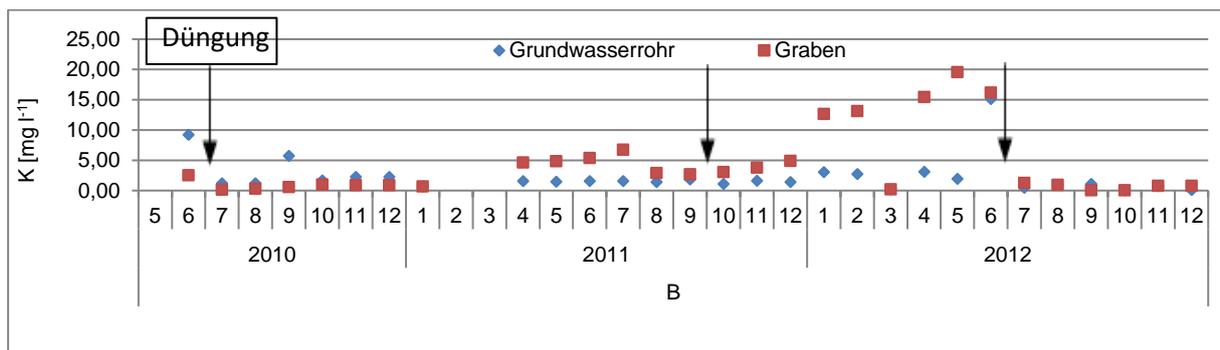


Abbildung 17: Kaliumgehalte Grund- und Grabenwasser, Standort B, 2010-2012

4.1.6 Nitrat-N (NO₃-N) Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser

Da die NO₃-N-Gehalte vom Grund-, Graben- und Bodenwasser aus wasserwirtschaftlicher Sicht als sehr bedeutsam hinsichtlich der Trinkwasserqualität und der Gewässereutrophierung einzuschätzen sind, wurden sie begleitend zu den Untersuchungen der K-Gehalte ermittelt. Die vollständigen Daten sind den Anhängen 4 bis 9 zu entnehmen. Es handelte sich jedoch aus Sicht der hier im Fokus stehenden Klärung der K-Dynamik nur um ein zusätzliches Monitoring der NO₃-N-Gehalte. Es wurden geringere Werte bei höheren Biomasseerträgen beobachtet, was als eine indirekte Wirkung der K-Applikation zu deuten war. Der Standort A wies im gesamten Untersuchungszeitraum keine Unterschiede der NO₃-N-Gehalte im Vergleich der beobachteten Tiefen auf. Des Weiteren konnte keine jahreszeitliche Dynamik der Gehalte festgestellt werden. Die NO₃-N-Gehalte des Bodenwassers aus den Saugkerzen nahmen im Mittel Werte von $0,42 \pm 0,2 \text{ mg l}^{-1}$ an. Bei der Betrachtung der NO₃-N-Gehalte im oberflächennahen Grundwasser des Standortes A ergaben sich im Vergleich zum angrenzenden Graben ebenfalls keine Unterschiede (Abbildung 18). Beide Proben ergaben mittlere Werte von $0,41 \text{ mg l}^{-1}$.

In dem gleichen Bereich konnten die Gehalte für den Standort B eingeordnet werden (Abbildung 19). Auf dem wiedervernässten Standort B wurden mittlere NO₃-N-Gehalte des Bodenwassers von $0,36 \pm 0,09 \text{ mg l}^{-1}$ nachgewiesen. Auf Standort B konnten mittlere NO₃-N-Gehalte von $0,39 \text{ mg l}^{-1}$ im oberflächennahen Grundwasser sowie im Graben gemessen

werden. Auch bei den $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalten konnten aus den bereits im Abschnitt 4.1.5 diskutierten Gründen keine statistische Auswertung zwischen den Gehalten im Bodenwasser und den Gehalten im Grundwasser durchgeführt werden.

Bei einem vorgeschriebenen Grenzwert von $11,29 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$ für Trinkwasser (*TrinkwV*, 2011) waren die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte beider Standorte als niedrig einzuschätzen. Des Weiteren stellten diese geringen Werte keine Gefährdung durch zu hohe Nitrat- bzw. $\text{NO}_3\text{-N}$ -Austräge in das Trinkwassereinzugsgebiet für den Großraum Magdeburg dar.

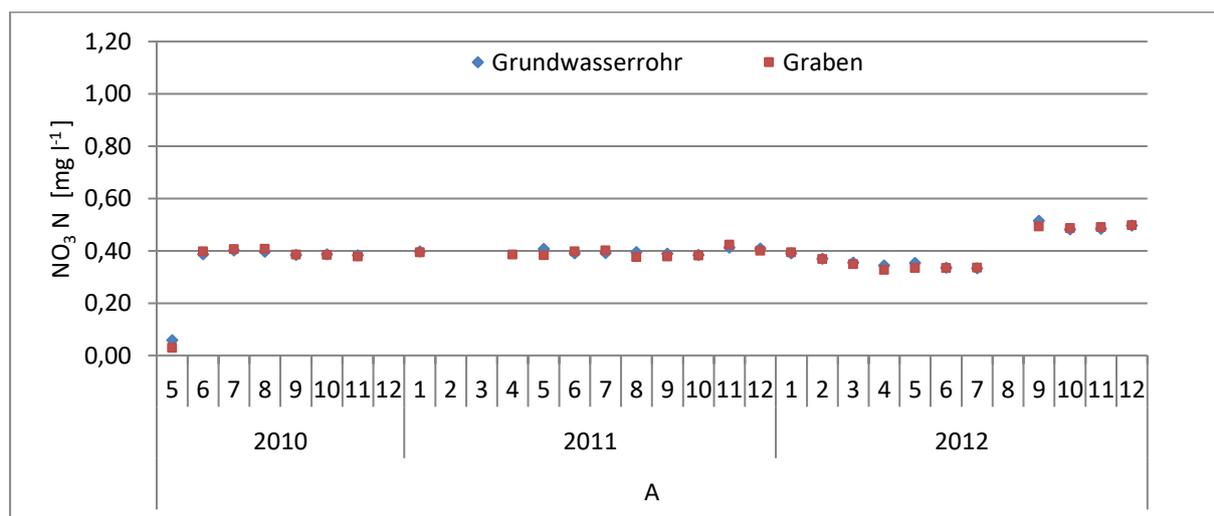


Abbildung 18: $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort A, 2010 - 2012

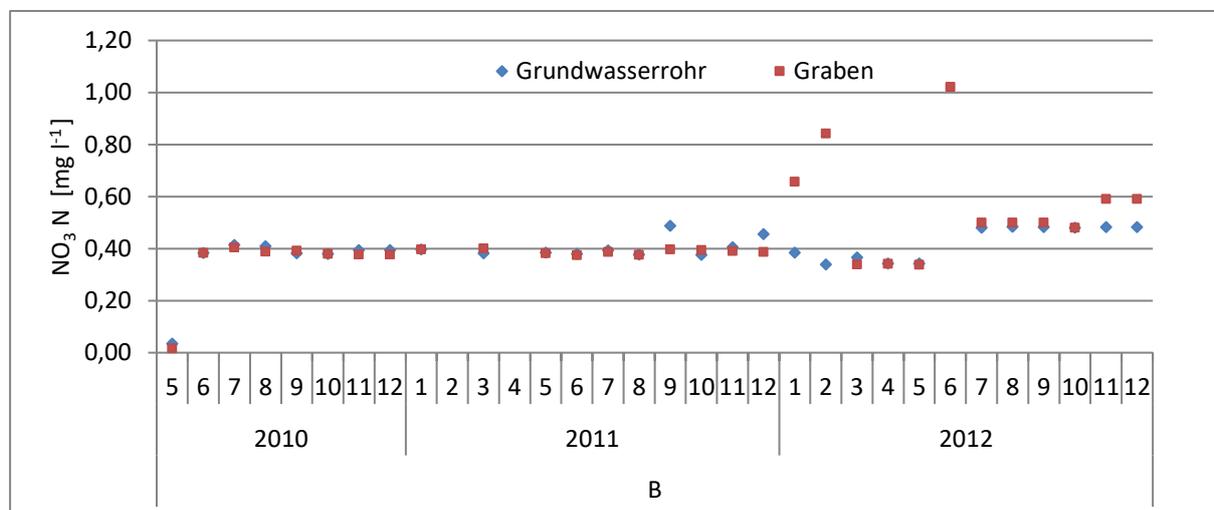


Abbildung 19: $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort B, 2010 - 2012

4.1.7 Phosphat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$) Gehalte im Boden-, Grund- und Grabenwasser

Ebenfalls begleitend wurden die $\text{PO}_4\text{-P}$ Gehalte des Bodenwassers aus den Saugkerzen sowie des oberflächennahen Grundwassers und des Grabenwassers ermittelt. Die vollständigen Daten finden sich im Anhang 10 bis 15. Es ergaben sich für Standort A mittlere Werte des Bodenwassers von $0,16 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$. Dabei gab es Schwankungsbreiten von 0 bis $1,71 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$. Die mittleren $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte für das Grund- und das Grabenwasser

unterschieden sich nicht signifikant und lagen bei $0,76 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ bei Schwankungen von 0 bis $1,97 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ (Abbildung 20).

Die $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte des Bodenwassers für den Standort B nahmen Werte im Mittel von $0,14 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ mit Schwankungen von 0 bis $0,77 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ an. Die $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte des oberflächennahen Grundwassers und des entwässernden Grabens von Standort B unterschieden sich ebenfalls nicht (Abbildung 21). Die mittleren Werte lagen bei $0,8 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ mit Schwankungen von $0,11 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$ bis $0,85 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$.

Es konnten deutliche Unterschiede in den Maximalwerten nachgewiesen werden. Warum einzelne Proben im Versuchszeitraum sehr hohe $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte zeigten, konnte nicht geklärt werden. Es war keine Dynamik erkennbar, vielmehr veränderten sich die Werte sprunghaft. Infolge der großen Zeitabstände von ca. 4 Wochen zwischen den Probenahmen war eine eindeutige Interpretation der Werte nicht möglich. Aus Arbeiten von *Meissner und Leinweber* (2004), *Rupp et al.* (2004) und *Ulén* (2010) wurde deutlich, dass es bei steigenden Grundwasserständen zu hohen Gehalten an P im Grundwasser kommen kann. Die Erkenntnisse belegen die hohen Werte auf Standort B, jedoch blieben die hohen Werte von Standort A ungeklärt. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sollte den zu hohen P-Werten Beachtung geschenkt werden und über Strategien der Herabsetzung nachgedacht werden. Der Grenzwert für P liegt nach der *TrinkwV* (2011) bei $0,05 \text{ mg PO}_4\text{-P l}^{-1}$. Es wurde deutlich, dass dieser Grenzwert von einigen Proben überschritten wurde. Es war jedoch von einer kurzfristigen Reaktion auszugehen, da die Gehalte in darauffolgenden Proben wieder unter der Nachweisgrenze lagen und damit als 0 ausgewiesen werden konnten. Ein Effekt der K-Düngung auf die $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte des Bodenwassers wurde nicht nachgewiesen.

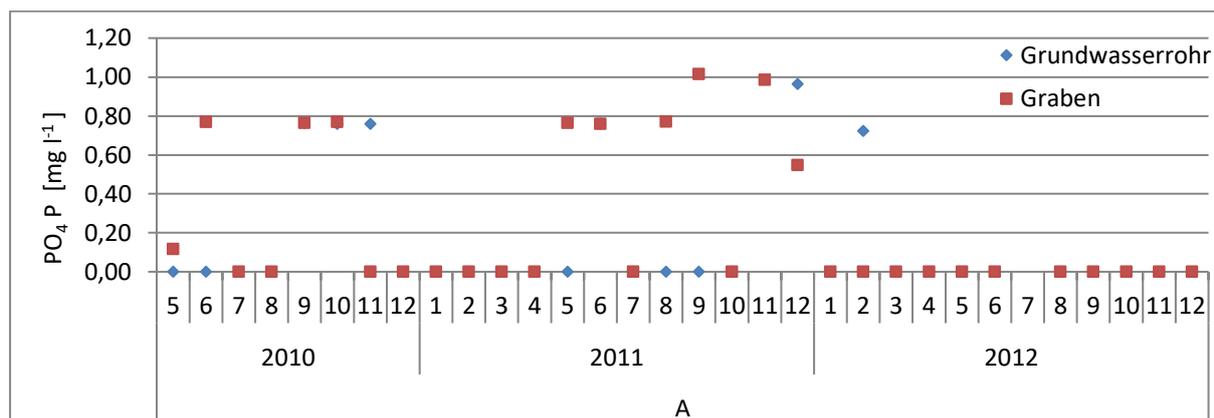


Abbildung 20: $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort A, 2010 – 2012

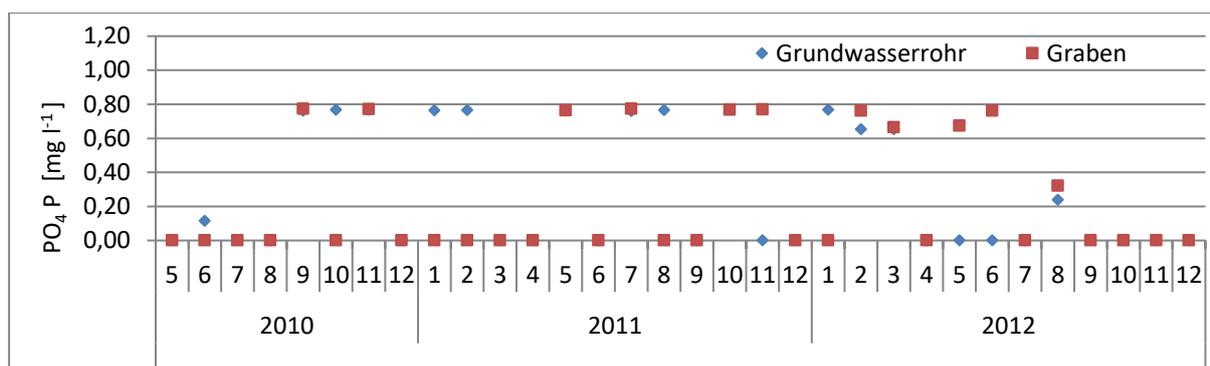


Abbildung 21: PO₄-P-Gehalte Grund- und Grabenwasser Standort B, 2010 – 2012

4.2 Bodenkundliche und mineralogische Charakterisierung der Standorte A und B

4.2.1 Bodenprofilansprache

Standort A befindet sich in einem guten Erhaltungszustand bezüglich des FFH - LRT 6510. Es handelte sich um einen typischen Drömlingsstandort im Verbreitungsgebiet der Anmoorgleye. Die Bodenform war als Normanmoorgley (GMn: f-s(Sgf)) aus Fluvisand (Schmelzwassersand) anzusprechen. Der Humushorizont war deutlich zweigeteilt: der Aa-Horizont war humusärmer als der darunter folgende Go-Aa-Horizont. Der Anmoorgley war durch Humusabbau aus einer Torfdecke entstanden, die ursprünglich eine Mächtigkeit von > 4 dm aufwies. Der Humusabbau entstand durch Entwässerung und eine zeitweise erfolgte intensive Ackernutzung. Eine ausführliche Profilbeschreibung enthält Tabelle 7.

Tabelle 7: Profilbeschreibung Standort A (Altermann und Rosche, 2009)

Horizont	Tiefe (cm)	Beschreibung (Bodenart, Farbe, Humus, Eisenausscheidungen, Gefüge, Sonstiges)
I Aa	0-10	schwach lehmiger Sand (Sl2), braunschwarz (10YR2/2), sehr stark humos (h5) bis anmoorig (h6), carbonatfrei (c0), Einzelkorn- bis Subpolyedergefüge, dunkle Eisenröhren (Flächenanteil ca. 5%), Wurzelfilz (W6)
I Go-Aa	10-30	mittelsandiger Feinsand (fSms), schwarz (10YR2/1), anmoorig (h6), carbonatfrei (c0), Subpolyedergefüge, dunkle Eisenflecke (Flächenanteil ca. 10%), dunkle Eisenröhren (Flächenanteil ca. 5%), stark durchwurzelt (W4), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich
II Go	30-45	mittelsandiger Feinsand (fSms), sehr schwach fein- und mittelkiesig (Kiesgehalt ca. 1%), fahlgraubraun (10YR5/3), sehr schwach humos (h1), carbonatfrei (c0), Einzelkorngefüge, dunkle Eisenflecke (Flächenanteil ca. 10%), dunkle Eisenröhren (Flächenanteil ca. 5%), diffus verteiltes Eisen (Flächenanteil ca. 50%), schwach durchwurzelt (W2), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich
II Gr	45-80	schwach schluffiger Sand (Su2), sehr schwach fein- und mittelkiesig (Kiesgehalt ca. 1%), fahlgraubraun (10YR5/4), sehr schwach humos (h1), carbonatfrei (c0), Einzelkorngefüge, dunkle Eisenröhren (Flächenanteil ca. 2%), diffuse Bleichflecke (Flächenanteil ca. 90%), keine Wurzeln (W0), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich

Die durchgeführte Texturanalyse ergab für den Standort die Bodenart Ss bzw Su (Tabelle 9) mit einer nutzbaren Feldkapazität von 36 Vol% bei einer Trockenrohdichte von $1,66 \text{ g cm}^{-3}$ (Tabelle 10). Die Ergebnisse der mineralogischen Ausgangsuntersuchungen mit Hilfe der Röntgenbeugungsanalyse sind in Abbildung 22 dargestellt. Dabei bestanden die Horizonte aus gleicher mineralogischer Zusammensetzung. Auffallend war jedoch, dass Illite in den Bodenschichten bis 30 cm nicht detektiert wurden.

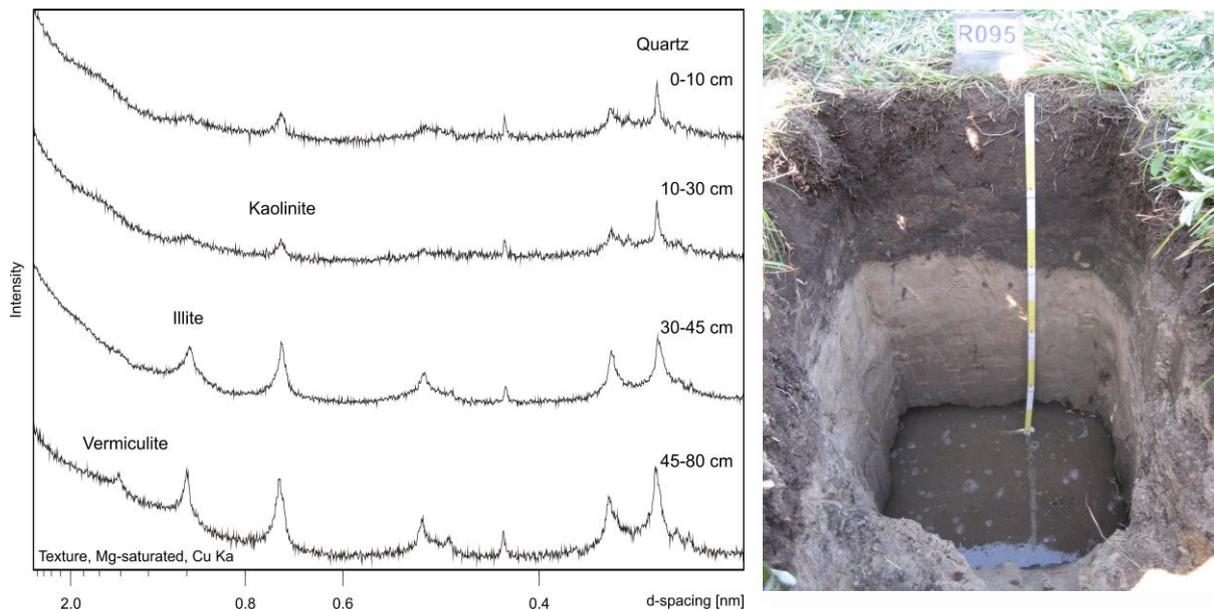


Abbildung 22: Mineralogische Zusammensetzung, Standort A

Standort B befindet sich ebenfalls in einem guten Erhaltungszustand des FFH – LRT 6510 wurde jedoch im Jahre 2009 wiedervernässt. Bei der Bodenform des Standortes B wurde Normgley aus stark kiesführendem Kryolehmsand (aus Geschiebedecksand) über schwach kiesführendem Kryosandlehm (aus Lehm-Fließerde) über tiefem Fluvisand (aus Schmelzwassersand) festgestellt. Dieses Profil war für den Drömlingrand typisch. Der im Profil deutlich ausgeprägte Geschiebedecksand (der im zentralen Drömling auf den weiselzeitlichen Talsanden fehlt) ist vermutlich auf einem älteren (saalezeitlichen) Erosionsrest bzw. dessen Umlagerungsbildungen entstanden. Die hydromorphe Prägung dieses Standortes wurde durch zumindest partiell noch deutlich sichtbare starke Humusakkumulation und Eisenausscheidungen angezeigt. Vermutlich war eine flache Niedermoortorfdecke vorhanden, worauf humusreichere Flecken hindeuteten, die inzwischen völlig vererdet waren. Der Humusabbauprozess wurde durch zeitweise erfolgte Entwässerung und Ackernutzung beschleunigt. In Tabelle 8 ist eine vollständige Profilsprache zu finden.

Tabelle 8: Profilbeschreibung Standort B (*Altermann und Rosche, 2009*)

Horizont	Tiefe (cm)	Beschreibung (Bodenart, Farbe, Humus, Eisenausscheidungen, Gefüge, Sonstiges)
I rAp	0-20	kiesführender, schwach lehmiger Sand (SI2) (Kiesgehalt 15-20%), braunschwarz (10YR3/2), stark humos (h4), carbonatfrei (c0), Krümelgefüge, dunkle Eisenröhren (Flächenanteil ca. 5%), sehr stark durchwurzelt (W5)
I Go	20-40	kiesführender, feinsandiger Mittelsand (mSfs) (Kiesgehalt 15-20%), mit sandig lehmigem Schluff, gelbgrau (10YR6/6) und fahlgelb (2,5Y6/3), sehr schwach humos (h1), carbonatfrei (c0), Einzelkorn- und Kohärentgefüge, dunkle Eisenflecke (Flächenanteil ca. 5%), helle Eisenflecke (Flächenanteil ca. 15%), Bleichflecke (Flächenanteil ca. 10%), schwach durchwurzelt (W2), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich
II Go	40-80	schluffig lehmiger Sand (Slu) mit kiesführendem, feinsandigen Mittelsand (mSfs) (Kiesgehalt 5-10%), gelbgrau (2,5Y5/2) und fahlgelb (10YR6/3), sehr schwach humos (h1), carbonatfrei (c0), Einzelkorn- und Kohärentgefüge, helle Eisenflecke (Flächenanteil ca. 20%), Bleichflecke und gebleichte Bänder (Flächenanteil ca. 20%), keine Wurzeln (W0), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich
III Gr1	80-110	schwach schluffiger Sand (Su2), braungrau (5YR5/1) und gelbbraun (10YR5/6), sehr schwach humos (h1), carbonatfrei (c0), Kohärentgefüge, dunkle Eisenflecke und Eisenröhren (Flächenanteil ca. 10%), diffuse Bleichflecke (Flächenanteil ca. 80%), keine Wurzeln (W0), H. liegt im Grundwassereinflussbereich
III Gr2	110-180 (erbohrt)	feinsandiger Mittelsand (mSfs), braungrau (5Y5/1), humusfrei (h0), carbonatfrei (c0), Einzelkorngefüge, diffuse Bleichflecke (Flächenanteil ca. 90%), keine Wurzeln (W0), Horizont liegt im Grundwassereinflussbereich

Die durchgeführte Texturanalyse ergab für den Standort die Bodenart Ss bzw. Su (Tabelle 9) mit einer nutzbaren Feldkapazität von 19 Vol% bei einer TRD von 1,73 g cm⁻³ (Tabelle 10). In Abbildung 23 ist die mineralogische Zusammensetzung der Horizonte von Standort B ausgewiesen. Dabei sind die Horizonte vergleichbar, bis auf das Fehlen der Illite im oberen Horizont.

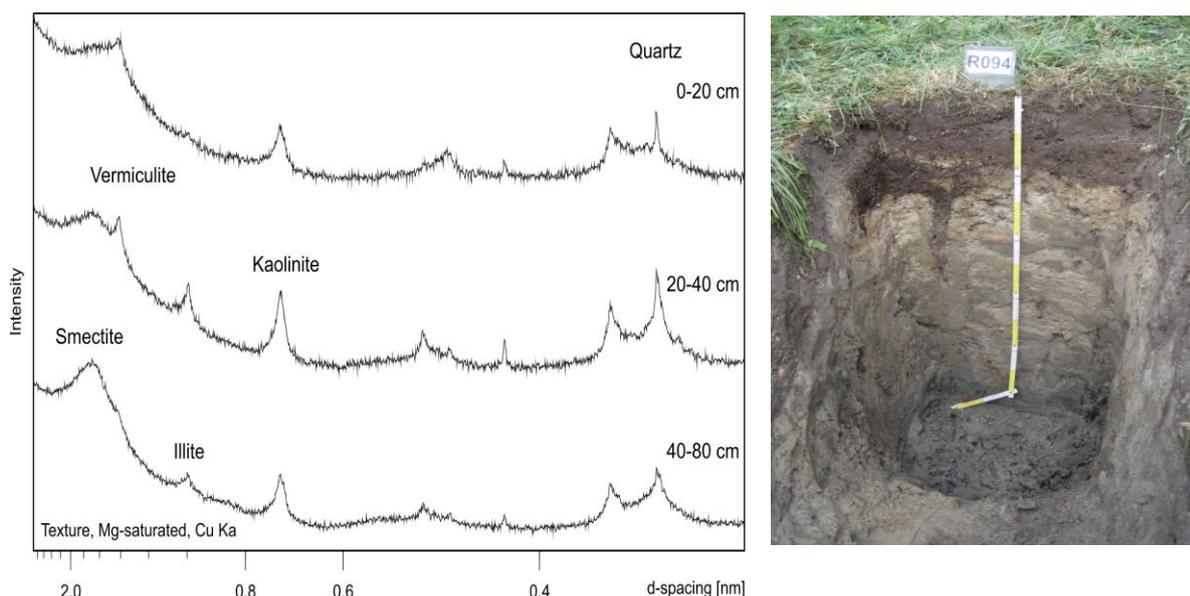


Abbildung 23: Mineralogische Zusammensetzung, Standort B

Tabelle 9 zeigt die zu Versuchsbeginn 2010 nach *Köhn* (DIN 19683 Blatt 1 und 2) ermittelte Korngrößenverteilung der Horizonte für die Standorte A und B mit Nachweis der Bodenart. Aufgrund der hohen Anteile an Sand ließen sich alle Horizonte mit Hilfe des Bodenartendreiecks in die Gruppe Sand einordnen. Es wurden Bodenarten von Sand (S) bis hin zu stark schluffigem Sand (Su4) ermittelt (vgl. Tabelle 9). Dabei wurden keine Unterschiede innerhalb sowie im Vergleich der Standorte deutlich. Mit zunehmender Tiefe nahm der Anteil der organischen Substanz nach Reaktion mit Wasserstoffperoxid auf beiden Standorten ab. Ebenso konnte eine Abnahme der potentiellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}), welche nach *Glaser* (2009) auf Grundlage der Humusgehalte berechnet wurde, festgestellt werden.

Tabelle 9: Korngrößenverteilung der Horizonte der Standorte A und B, 2010

Standort	Tiefe [cm]	Humus nach H_2O_2 %	Anteile an Feinboden (<2mm) in Gew.%									Bodenart	KAK_{pot} (Humus) cmol kg ⁻¹
			gS	mS	fS	S	gU	mU	fU	U	T		
			> 630 µm	>200 µm	> 63 µm	Ges	> 20 µm	>6,3 µm	> 2 µm	U ges	T µm		
A	0-30	15,49	4,51	43,49	40,34	88,34	2,51	2,14	2,28	6,93	4,37	Ss	30-60
	30-45	10,03	5,40	41,33	43,06	89,79	2,74	2,20	2,18	7,12	3,09	Ss	16-30
	45-80	1,56	3,26	32,86	49,45	85,56	2,96	3,34	5,28	11,58	2,86	Su2	2-4
B	0-20	14,37	4,63	47,32	33,83	85,42	3,24	4,29	1,68	9,21	5,32	Ss	16-30
	20-40	12,95	13,68	47,12	29,89	90,70	2,67	2,25	2,00	6,91	2,39	Ss	16-30
	40-80	5,09	3,05	22,28	17,50	42,82	21,18	16,57	9,96	47,70	9,48	Su4	8-16
	80-110	0,75	7,10	40,65	27,37	75,11	8,32	7,38	5,13	20,83	4,08	Su2	< 2

4.2.2 Nutzbare Feldkapazität (nFK) und Trockenrohdichte (TRD)

Die nFK und die TRD der unterschiedlichen Horizonte der Standorte A und B sind in Tabelle 10 aufgezeigt. Es handelte sich bei den dargestellten Werten um Mittelwerte aus mindestens drei Wiederholungen. Die vollständigen Daten sind im Anhang 16 zu entnehmen. Am Standort A konnte zu Beginn der Untersuchungen eine mittlere nFK von 36 Vol.% festgestellt werden. Demgegenüber stand die wesentlich niedrigere nFK des wiedervernässten Standortes B von im Mittel 19 Vol.%. Der Grund dafür war der deutlich höhere Tongehalt des Bodens von Standort B. Weiterhin nahm die nFK mit zunehmender Bodentiefe auf beiden Standorten tendenziell ab. Die TRD unterschieden sich im Vergleich der Standorte nicht. Auf beiden Standorten nahm die TRD mit zunehmender Bodentiefe deutlich zu. Die steigende TRD in tieferen Horizonten steht im Zusammenhang mit der Abnahme des organischen Materials (Tabelle 9).

Tabelle 10: nFK und TRD der Horizonte von Standort A und B, 2010

Standort	Tiefe [cm]	nFK [Vol%]	TRD [g cm ³ ⁻¹]
A	0-30	38,2	1,48
	30-45	35,0	1,58
	45-80	35,6	1,93
B	0-20	25,0	1,19
	20-40	12,3	1,89
	40-80	16,9	2,10
	80-110	23,3	1,73

4.2.3 pH-Wert

In Abbildung 24 ist der Verlauf der pH-Werte im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2012 abgebildet. Die statistische Auswertung brachte keine Signifikanzen zwischen den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm. Aus diesem Grund ergab sich eine hohe Stichprobenanzahl von 36, welche gemittelt in einem Datenpunkt dargestellt wurde. Die pH-Werte waren Grundlage für die Einschätzung der Nährstoffverhältnisse, da die Verfügbarkeit und Mobilität der Nährstoffe K und P vom pH-Wert abhängig sind (Finck, 2007).

Standort A wies im Mittel pH Werte von 4,75 auf, demgegenüber standen deutlich höhere Mittelwerte von 6,07 für den Standort B. In Abbildung 24 ist zu erkennen, dass sich die pH Werte der Standorte im Zeitraum 2010 bis 2012 nicht signifikant veränderten, jedoch wurde ein deutlicher Unterschied im Vergleich der Standorte festgestellt. Finck (2007) zeigte, dass die Verfügbarkeit von K im Boden einen linearen Anstieg von pH 3 bis pH 6 aufwies, um

danach wieder zu sinken. Somit ließ sich die höhere K-Verfügbarkeit des Standortes B unter anderem mit Hilfe der pH-Werte erklären. Demnach unterschieden sich die Mengen des K_{DL} mit 40 % auf Standort A im Vergleich zu 60 % auf Standort B signifikant. Ebenso beschrieb *Finck* (2007) die Abhängigkeit der P-Verfügbarkeit vom pH-Wert. Es zeigte sich ein linearer Anstieg von pH 3 (20 %) bis pH 5,5 (80 %). Folglich war der optimale Bereich der P-Verfügbarkeit von pH 5,5 bis pH 7,5. Von ähnlichen Ergebnissen berichten auch *Schachtschabel* und *Heinemann* (1964), *Kalbitz et al.* (1999), *Leinweber* und *Schlichting* (2002) sowie *Meissner et al.* (2010). Durch die Wiedervernässung des Standortes B und die sich daraus ergebenden anaeroben Bedingungen im Boden mit einsetzender Denitrifikation konnten die höheren pH-Werte des Standortes B begründet werden. Durch die Denitrifikation werden H^+ -Ionen der Bodenlösung entzogen, dadurch steigt der pH-Wert (*Schachtschabel* und *Heinemann*, 1964; *Blume et al.*, 2010). Gleiche Erkenntnisse sind in Arbeiten von *Scheffer et al.* (1988); *Hermesmeyer* und *van der Ploeg* (1996) sowie *Scheffer* (2009) zu finden.

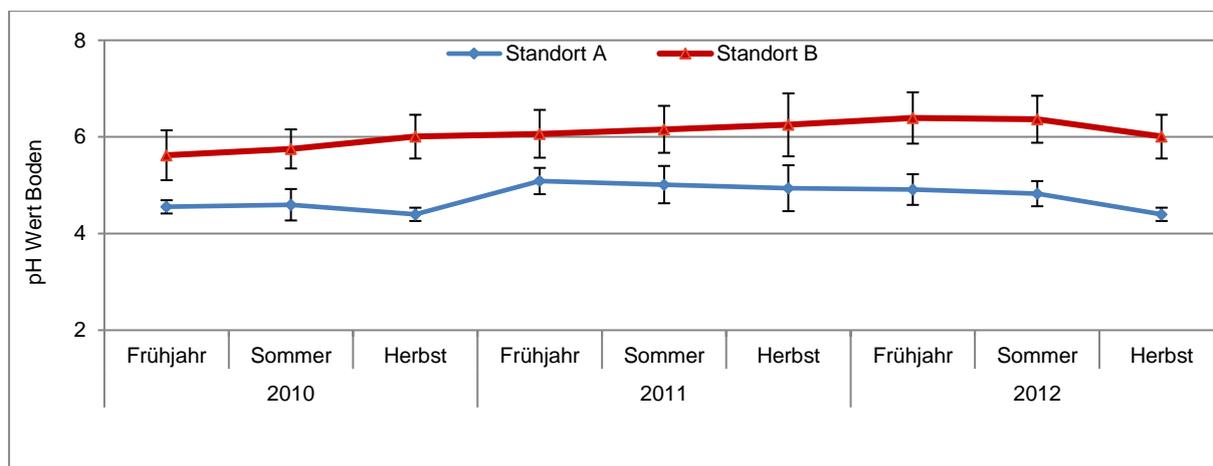


Abbildung 24: pH-Werte des Bodens (0-60 cm) der Standorte A und B, 2010-2012

4.2.4 Gesamtstickstoff (N_t), organischer Kohlenstoff (C_{org}) und Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) Verhältnis

Die Gehalte von N_t und C_{org} sowie deren Verhältnis sind in Abbildung 25 dargestellt. Die N_t -Gehalte unterschieden sich in Abhängigkeit der unterschiedlichen Tiefen und der Standorte im gesamten Untersuchungszeitraum nicht signifikant. Tendenziell nahmen die Werte in beiden betrachteten Bodentiefen auf beiden Standorten ab. Dabei lagen die mittleren Gehalte der Bodentiefe 30-60 cm mit Werten von 0,28 % N_t in der Regel unter den Gehalten der Bodentiefe 0-30 cm mit Werten von 0,36 % N_t . Keine Signifikanzen wurden bei den C_{org} -Werten ermittelt. Jedoch ließ sich auch hier eine abnehmende Tendenz mit zunehmender Bodentiefe auf beiden Standorten nachweisen. Die C_{org} -Gehalte der Bodentiefe 30-60 cm lagen mit Werten von 3,61 % dauerhaft unter den Gehalten der Bodentiefe 0-30 cm, welche im Mittel Werte von 5,05 %

annahmen. Demzufolge blieben die berechneten C/N Verhältnisse über den Versuchszeitraum nahezu konstant bei mittleren Werten von 14,5. Nach *Walther et al.* (2004) war dieser Wert als mäßig enges Verhältnis mit mittleren bis hohen Mineralisierungsraten einzustufen. Diese Einschätzung wiederum steht auch in Verbindung mit den im weiteren Verlauf dieser Arbeit dargestellten hohen N_{\min} -Werten der Standorte gegen die gewünschten, für Niedermoor typischen weiten C/N-Verhältnisse.

Das C/N-Verhältnis im Boden ist wie die Humusform ein Maß für die biologische Aktivität und damit für die Nährstoffverfügbarkeit im Boden. Je enger das Verhältnis ist, desto attraktiver ist die organische Substanz für die Bodenlebewesen als Nahrungsquelle und desto schneller wird die organische Substanz mineralisiert, das heißt, in ihre anorganischen Komponenten zersetzt. Die anorganischen Komponenten werden von den Pflanzen als Nährstoffe aufgenommen und wieder in den Nährstoffkreislauf integriert. Bei weiten C/N-Verhältnissen, welche aus Sicht des Niedermoorschutzes anzustreben sind, ist der Abbau der organischen Substanz gehemmt, so dass sich eine organische Auflage, der Niedermoortorf, bestehend aus dem Humushorizont bildet. In dieser Auflage sind die Nährstoffe weitgehend sorbiert und nur in geringen Anteilen für die Pflanzen verfügbar.

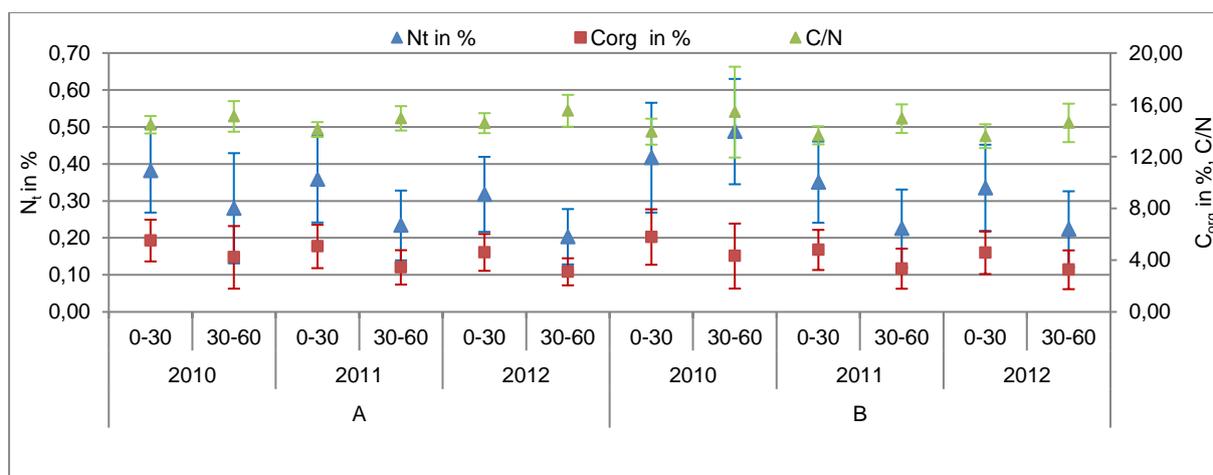


Abbildung 25: C_{org} , N_t und C/N Verhältnis Standorte A und B, 2010-2012

4.3 Nährstoffgehalte Boden, Standort A

4.3.1 Nährstoffmonitoring

Die Ergebnisse des Nährstoffmonitorings von 2010 bis 2012 sind für Standort A in Abbildung 26 dargestellt. Die Gehalte der pflanzenverfügbaren Makronährstoffgehalte stellen Mittelwerte aus drei in einem Jahr durchgeführten Bodenprobenahmen auf den Parzellen AB0 und AM0 dar (vgl. Abb. 3).

Die N_{\min} -Gehalte des Standortes A waren im Mittel mit 1,04 mg je 100 g Boden im optimalen Bereich für Dauergrünland. Die Untersuchungstiefen von 0-30 cm und 30-60 cm wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Aufgrund der hohen Mineralisierungsraten der Standorte und dem Stoffeintrag aus der atmosphärischen Deposition stellte dieser Nährstoff keinen Handlungsbedarf für die Erhaltung des LRT 6510 dar.

Der dunkelgrau unterlegte Bereich in Abbildung 26 verdeutlicht die Gehaltsklasse B nach *VDLUFA* (2002) für P, der Gehalte von 3,1-5,5 mg in 100 g luftgetrocknetem Boden umfasst. Die ermittelten P-Gehalte wiesen in beiden Bodentiefen in den Jahren 2010 bis 2012 mit im Mittel 1,03 mg je 100 g Boden sehr geringe Gehalte auf und wurden in die Gehaltsklasse A eingestuft. Auch bei den P-Gehalten konnten keine Signifikanzen in der Tiefe und im Vergleich der Versuchsjahre nachgewiesen werden.

Als hellgraue Fläche wurde der Bereich der K-Gehaltsklasse B nach *VDLUFA* (2002) markiert, welcher von 8-12 mg in 100 g luftgetrocknetem Boden reicht (Abbildung 26). Bei K wurde deutlich, dass die mittleren Gehalte in beiden Bodentiefen im gesamten Versuchszeitraum mit Werten von 4,01 mg in 100 g Boden innerhalb der Gehaltsklasse A lagen. Im NSG Drömling ist nach *Reichhoff et al.* (2007) die Gehaltsklasse B als erstrebenswert anzusehen, da höhere Gehalte in diesem extensiv genutzten Niedermoorgebiet zu ungewollten Auswaschungen führen können. Geringere K-Gehalte in NSG mit extensiver Grünlandbewirtschaftung empfehlen auch *Sauerbrey* (1991), *Pickert* (2001) sowie das Land Baden-Württemberg (2013). Die Einstufung der P- und K-Gehalte in die Gehaltsklasse A ließ auf eine dauerhafte Unterversorgung und eine sich daraus ergebende hohe Düngebedürftigkeit dieses Standortes schließen.

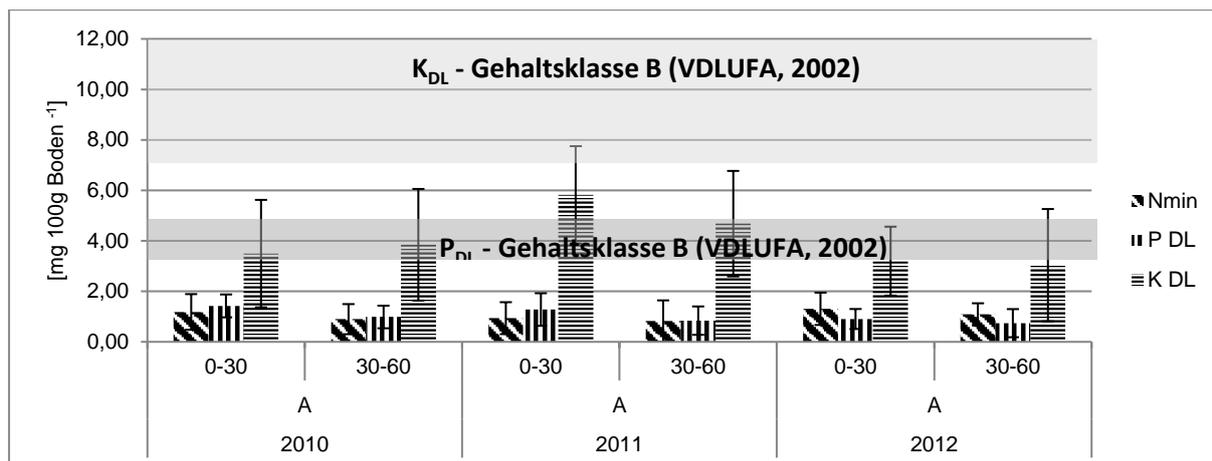


Abbildung 26: Makronährstoffgehalte des Bodens, Standort A, 2010 - 2012

4.3.2 Kaliumgehalte (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) der Varianten

K_{DL}

Abbildung 27 zeigt die Mittelwerte ($n=6$) der im Versuchszeitraum 2010 bis 2012 gemessenen Gehalte an K_{DL} vom Standort A in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm. Dargestellt wurden die K_{DL} -Gehalte der Varianten vor und nach der jährlichen Applikation von Kali60. Es wurde auf eine Differenzierung der Bewirtschaftungsvarianten verzichtet, weil die statistische Auswertung keine Signifikanzen zwischen den Varianten zweischürige Mahd und Mähweide hervorbrachte. Aus diesem Grunde wurden die Varianten, wie bereits beschrieben, zusammengefasst (vgl. Tabelle 2).

Während des gesamten Versuchszeitraums waren die K_{DL} Gehalte der Bodentiefe 0-30 cm höher als die Gehalte der Bodentiefe 30-60 cm. Zu Beginn des Versuches 2010 war anhand der mittleren Werte von 4,05 mg je 100 g Boden in der Bodentiefe 0-30 cm und 2,65 mg je 100 g Boden in der Bodentiefe 30-60 cm eine deutliche Unterversorgung erkennbar. Nach erfolgter Zwischenschnittdüngung mit den in Kapitel 3.4 beschriebenen Mengen an Kali60 wurde eine Erhöhung der K_{DL} -Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm der Varianten A1 und A2 nachgewiesen. Die Gehalte der Varianten A1 und A2 der Bodentiefe 30-60 cm veränderten sich in diesem Zeitraum nicht signifikant. Für den Zeitraum nach Applikation von Kali60 2010 und vor Applikation 2011 waren konstante Gehalte der Variante A0 sowie tendenziell sinkende Gehalte der gedüngten Varianten zu verzeichnen. Im Jahr 2011 wurde nach erfolgter Herbstdüngung eine Abnahme der K_{DL} -Gehalte aller Varianten und in beiden Bodentiefen beobachtet. Die K_{DL} -Gehalte aller Varianten zeigten 2012 (vor Applikation) in beiden Bodentiefen eine Erhöhung der Gehalte im Vergleich zu 2011 (nach Applikation). Ebenso konnte nach der Zwischenschnittdüngung 2012 eine tendenzielle Zunahme der Gehalte von A1 und A2 in der Bodentiefe 0-30 cm konstatiert werden. Die Gehalte von A0 in der Bodentiefe 0-30 cm konnten als unverändert betrachtet werden. Des Weiteren zeigten die Gehalte in der Bodentiefe 30-60

cm aller Varianten keine statistisch gesicherten Unterschiede zu den Werten vor der Applikation von Kali60.

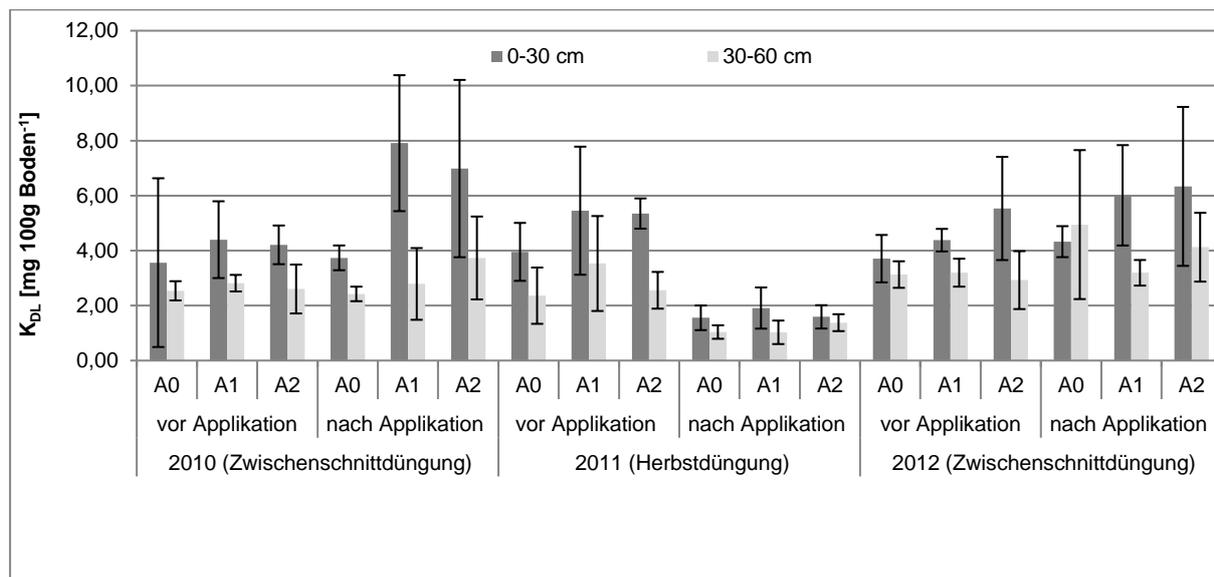


Abbildung 27: K_{DL} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012

K_{kw}

In Abbildung 28 sind die mittleren (n=6) K_{kw} – Gehalte (vgl. Tabelle 4) der Varianten in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm abgebildet. Es ist erkennbar, dass die Gehalte der Bodentiefe 0-30 cm in der Regel die höheren Werte aufwiesen. Des Weiteren wurden mit zunehmenden Gehalten auch sehr große Standardabweichungen festgestellt, sodass die Auswertungen statistisch nicht gesichert werden konnten. Zu Versuchsbeginn wurden in der Bodentiefe 0-30 cm mittlere K_{kw} Gehalte von 47,08 mg je 100 g Boden und 39,36 mg je 100 g Boden in 30-60 cm Tiefe gemessen. Nach erfolgter Zwischenschnittdüngung 2012 war ein geringer (nicht signifikanter) Anstieg der Gehalte auf Variante A0 in beiden Bodentiefen zu beobachten. Die Variante A0 beschrieb damit die natürliche Dynamik des K's im Boden. Hingegen wurde bei Variante A2 ein deutlich gesteigerter K_{kw}-Gehalt in der Bodentiefe 0-30 cm nachgewiesen. Im Bereich 30-60 cm gab es bei dieser Variante keine signifikanten Unterschiede. Der Zeitraum nach Applikation von Kali60 2010 bis zur Probenahme vor der Applikation 2011 war bei allen Varianten und Bodentiefen durch abnehmende Gehalte an K_{kw} gekennzeichnet. Dabei wurde die größte Verringerung auf der Variante A0 festgestellt. Es war also davon auszugehen, dass die natürliche Dynamik im Boden den Effekt der Düngung beeinflusste. Nach der Herbstdüngung im Jahr 2011 waren mit Ausnahme der Variante A1 in der Bodentiefe 0-30 cm keine Signifikanzen festzustellen. Gleiches galt für die Entwicklung der K_{kw}-Gehalte nach Applikation 2011 bis zum Zeitpunkt der Zwischenschnittdüngung 2012. Lediglich die Gehalte der Variante A1 zeigten einen tendenziellen Anstieg. Nach durchgeführter Düngung 2012 wurde für A0 keine Signifikanz ermittelt, jedoch wurden bei A1

und A2 signifikant ansteigende Werte in der Bodentiefe 0-30 cm und sinkende Werte in der Tiefe 30-60 cm konstatiert.

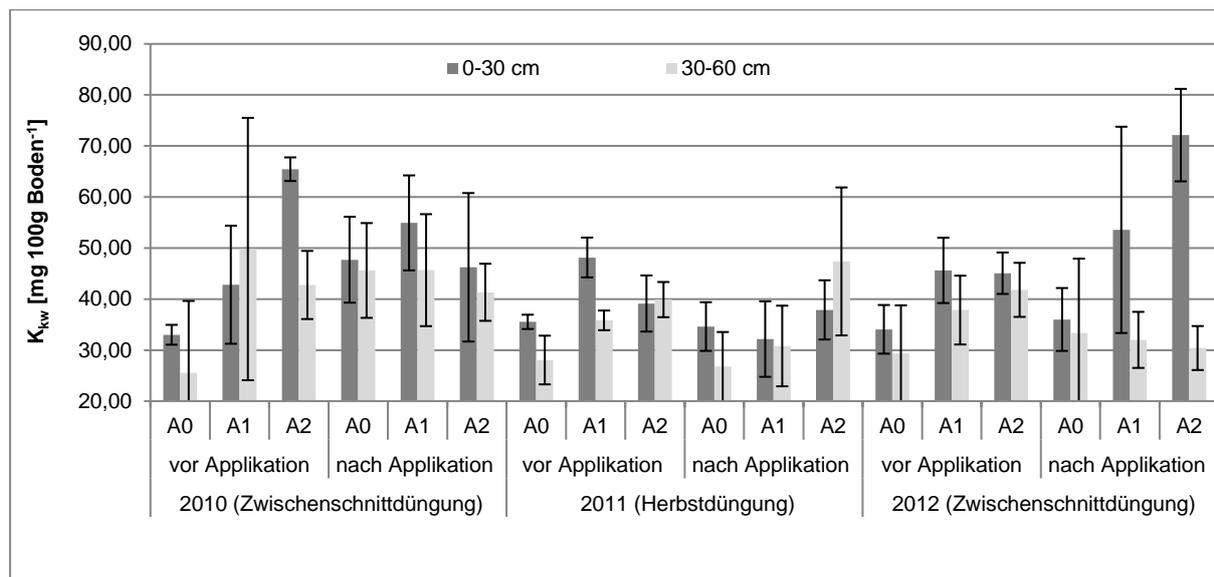


Abbildung 28: K_{kw} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012

K_{RFA}

Weiterhin wurden die K_{RFA} -Gehalte analysiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 29 dargestellt. Es konnten im Jahr 2010 nach der Applikation von Kali60 höhere Werte festgestellt werden. Jedoch war diese Steigerung auch bei der Variante A0 zu verzeichnen. Die Erhöhung der Gehalte zeichnete sich dabei in der Bodentiefe 0-30 cm ab, so dass von einer Wirkung des ausgebrachten Kali60 in dieser Bodenschicht auszugehen war. Dabei lagen die mittleren Gehalte der Bodentiefe 0-30 cm in der Regel geringfügig über den Werten der Tiefe 30-60 cm. In den Jahren 2011 und 2012 konnte diese Wirkung des K nicht beobachtet werden. Die Gesamtgehalte blieben nahezu konstant. Dabei waren keine Unterschiede zwischen den Varianten sowie in den unterschiedlichen Bodentiefen nachzuweisen. Im Mittel aller Varianten und Bodentiefen wurden K_{RFA} -Gehalte von 1078 mg je 100g Boden ermittelt. Standardabweichungen konnten in diesem Fall nicht abgebildet werden, da es sich um Einzelproben handelte. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schwankungsbreiten von im Minimum 880 mg 100 g Boden⁻¹ bis zum Maximum von 1460 mg je 100g Boden die Standardabweichung gleichermaßen wiedergaben.

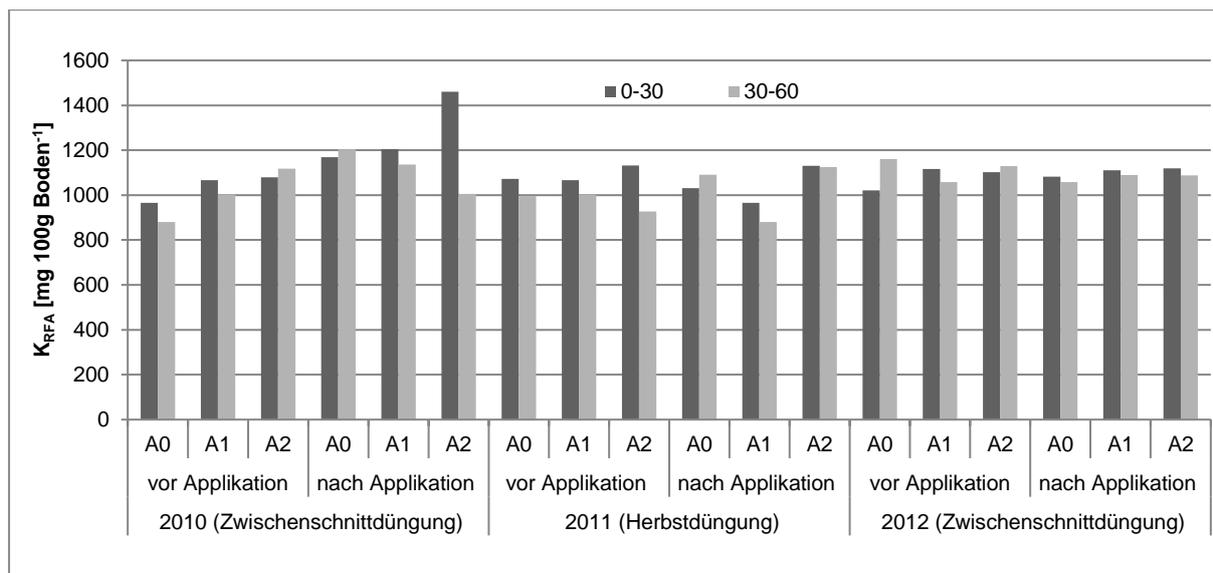


Abbildung 29: K_{RFA} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012

Diskussion

Anhand der ermittelten K_{DL}-Gehalte des Standortes A wurde nach den Gehaltsklassen nach den Richtlinien der VDLUFA (2002) eine Einordnung in die Klasse A, deutlich unterversorgt, vorgenommen. Auch nach erfolgter Applikation von Kali60 änderte sich die Gehaltsklasse nicht. Jedoch konnte mit Steigerung der K_{DL}-Gehalte innerhalb der Gehaltsklasse A nach Zwischenschnittdüngung 2010 in der Bodentiefe 0-30 cm die Wirksamkeit einer solchen Düngung belegt werden. Jedoch sollte die K-Düngung lediglich nach dem berechneten Pflanzenentzug erfolgen, da eine höhere K-Applikation auf Gehaltsklasse B (Variante A2) keine signifikanten Erhöhungen der K-Gehalte hervorbrachte. Ein Einfluss der Düngung auf die K_{DL}-Gehalte konnte nur in der Bodentiefe 0-30 cm beobachtet werden. Diese Tatsache wiederum belegt die Annahme, dass K im Minimum vorlag und ertragslimitierend wirkte, weil das sehr mobile K aus dem Düngemittel sich aufgrund des scheinbar sehr hohen Adsorptionsvermögens des Bodens planar an die Bodenkolloide in der oberen Bodenschicht anlagerte, jedoch im Verlauf der Vegetationsperiode sofort wieder von den Pflanzen aufgenommen wurde (Schenk, 1967; Németh, 1971; Kuchenbuch, 1984; Niederbudde, 1992; Kayser, 2005). Diese K-Aufnahme ließ sich mit sinkenden K_{DL}-Gehalten bei fehlender K-Zufuhr im Jahr 2011 bestätigen.

Des Weiteren war bei den K_{kw}-Gehalten am Standort A in beiden Bodentiefen keine signifikante Veränderung erkennbar. Lediglich ein zunehmender Trend der K_{kw}-Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm und ein abnehmender Trend in der Tiefe 30-60 cm sprachen für eine Anreicherung des K in oberen Bodenschichten. Weiterhin konnte eine ähnliche Dynamik der K_{DL}- sowie K_{kw}-Gehalte festgestellt werden, daraus leiten sich vergleichbare Sorptionstärken von Boden bzw. pflanzlicher Biomasse ab. Außerdem konnten die K_{kw}-Gehalte, welche die

K_{DL}-Gehalte im Prinzip mit einschließen, als der Anteil des K-Pools vom Boden gesehen werden, welcher von der pflanzlichen Biomasse zur optimalen Entwicklung innerhalb der Vegetationsperiode generiert werden kann. Jedoch beinhaltet der K_{kw}-Wert nicht den realen Gesamt-K-Gehalt. Dieser kann nur mit Hilfe der RFA (vgl. 3.4) exakt ermittelt werden. Die K_{RFA}-Gehalte wiesen ebenfalls sehr geringe Werte auf. Dies ist ein weiterer Beweis für die starke Unterversorgung an K auf diesem Standort. Nach Ergebnissen von *Blume et al.* (2010) ist davon auszugehen, dass normal versorgte Böden ca. 2 – 3,5 % K enthalten. In den durchgeführten Untersuchungen wurden mittlere Gehalte von 1 % erreicht.

4.3.3 Stickstoffgehalte (N_{min}) der Varianten

Die in Abbildung 30 enthaltenen Varianten beschreiben den N_{min} (vgl. Tabelle 4) des Standortes A in den Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm. Die dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte von sechs Parzellen (n=6) und zeigten zum einen, dass die N_{min} - Gehalte der Bodenschicht 0-30 cm im gesamten Versuchszeitraum über den Gehalten der Bodentiefe 30-60 cm lagen und zum anderen, dass es in den Jahren 2010 und 2011 nach der Applikation von Kali 60 zu einer Erhöhung der Gehalte in beiden Bodentiefen kam. Nach der ersten Düngung im Jahre 2010 zeigten die Gehalte beider Bodentiefen aller Varianten einen tendenziellen, jedoch nicht signifikanten Anstieg. Im Jahr 2011 konnte diese Erhöhung nach Applikation von Kali 60 in beiden Bodentiefen ebenfalls beobachtet werden. Lediglich im Jahr 2012 wurden abnehmende Gehalte nach K-Düngung verzeichnet. Aufgrund der hohen Standardabweichungen der ermittelten Werte, konnte jedoch in keinem Fall eine Signifikanz nachgewiesen werden. Die Varianten innerhalb eines Probenahmetermins unterschieden sich in keinem Fall signifikant, so dass durch die hohe Dynamik der N_{min} - Gehalte, beschrieben durch A0, von natürlichen Effekten und keiner Wirkung des K-Düngers auszugehen war.

Betrachtet man die beiden Fraktionen des N_{min}, NO₃-N und NH₄-N, so waren signifikante Unterschiede erkennbar. Der prozentuale Anteil des NO₃-N war mit im Mittel 33 % über den gesamten Versuchszeitraum signifikant niedriger als der des NH₄-N mit im Mittel 67 % (Anhang 17). Mit den in Abbildung 30 aufgeführten Werten ließen sich zur besseren Einschätzung des Versorgungszustandes anhand der N_{min}-Gehalte die pflanzenverfügbaren N-Gehalte in kg ha⁻¹ mit Hilfe der Trockenrohdichten berechnen. Mit Werten von 40 ± 12 kg ha⁻¹ in der Bodentiefe 0-30 cm und 32 ± 9 kg ha⁻¹ in der Bodentiefe 30-60 cm war dieser Grünlandstandort gut mit N versorgt.

Diskussion

Zusammenfassend waren die Gehalte des Standortes A von 2010 bis 2012 mit durchschnittlichen N_{min}-Werten < 50 kg/ha für Grünlandstandorte als gut versorgt (*Rupp et al.*, 1994; *Eich*, 2009) einzustufen. Aufgrund hoher Mineralisierungsraten war ausreichend N

vorhanden, da nach Jäger et al. (2010) die für eine optimale Versorgung des FFH-LRT 6510 benötigte Menge durch Bodenorganismen nachgeliefert wird. Des Weiteren sind in Mitteleuropa atmosphärische Stickstoffdepositionen von ca. 20 - 50 kg N je ha und Jahr (Weigl et al., 2002; Böhme et al., 2002 und 2003) zu verzeichnen, was ebenfalls zur Versorgung der Vegetation dieses LRT beiträgt (Jäger et al., 2002). Die geringen Werte zur Ernte, jeweils vor Applikation von Kali 60, waren durch vorherigen Pflanzenentzug zu begründen und im Winter durch niedrigere Mineralisierungsraten. Ein weiterer möglicher Einflussfaktor kann im Nährstoffaustrag über das Sickerwasser gesehen werden. Der Eintrag durch Viehdung (Beweidungsvarianten) war auf Drömlingstandorten von geringer Bedeutung. Aufgrund der guten Mineralisierungsraten sind auch ohne N-Düngung relativ hohe Erträge erzielbar (Keil und Bernsdorf, 2007). Sinkende N-Gehalte wirken sich positiv auf die Vegetationstruktur des FFH-LRT 6510 aus, da Dominanzbestände aus anspruchslosen Kräutern unter diesen Umständen entstehen können (Jäger et al., 2002).

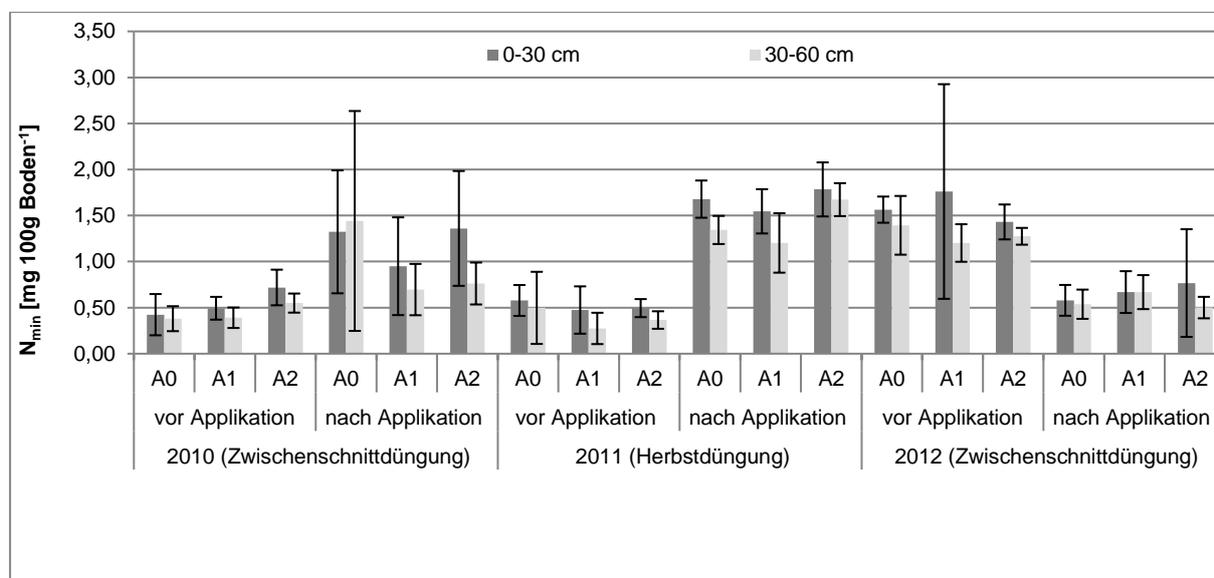


Abbildung 30: N_{min} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012

4.3.4 Phosphorgehalte (P_{DL}) der Varianten

Abbildung 31 zeigt die Mittelwerte (n=6) der im Versuchszeitraum 2010 bis 2012 gemessenen Gehalte an P_{DL} auf Standort A in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm. Die P_{DL} Gehalte der Varianten zeigten im gesamten Versuchsverlauf keine signifikanten Unterschiede. Jedoch ergaben sich tendenzielle Entwicklungen, woraus sich Handlungsbedarf ergab. Auffällig war, dass alle ermittelten Gehalte kleiner als 2 mg je 100 g Boden waren und somit der Gehaltsklasse A (VDLUFÄ, 2002) zuzuordnen sind. Auf dem Standort A wurde eine starke Unterversorgung an P_{DL} nachgewiesen. Es konnte aus den vorhandenen Daten eine jährliche Dynamik des P_{DL} erkannt werden (Anhang 17). Sehr niedrige Gehalte vor der Applikation im Jahre 2010 auf Standort A sprachen für einen Nährstoffentzug durch die Vegetation bis zur Ernte. Nach der ersten Mahdnutzung, welche gleichzeitig die Applikation von Kali 60 nach sich

zog, erhöhten sich die Gehalte der Varianten in der Bodentiefe 0-30 cm. Auch die Gehalte der Variante A0 steigen an, sodass von einer natürlichen Dynamik, nicht von einem Düngereffekt auszugehen war. Demgegenüber verringerten sich die Gehalte der Varianten in der Bodentiefe 30-60 cm. Im Jahr 2011 zeigte sich eine annähernd gleiche Nährstoffdynamik auf diesem Standort. Weiterhin konnten sinkende P_{DL} -Gehalte der Varianten beider Bodentiefen bei durchgeführter Herbstdüngung nachgewiesen werden.

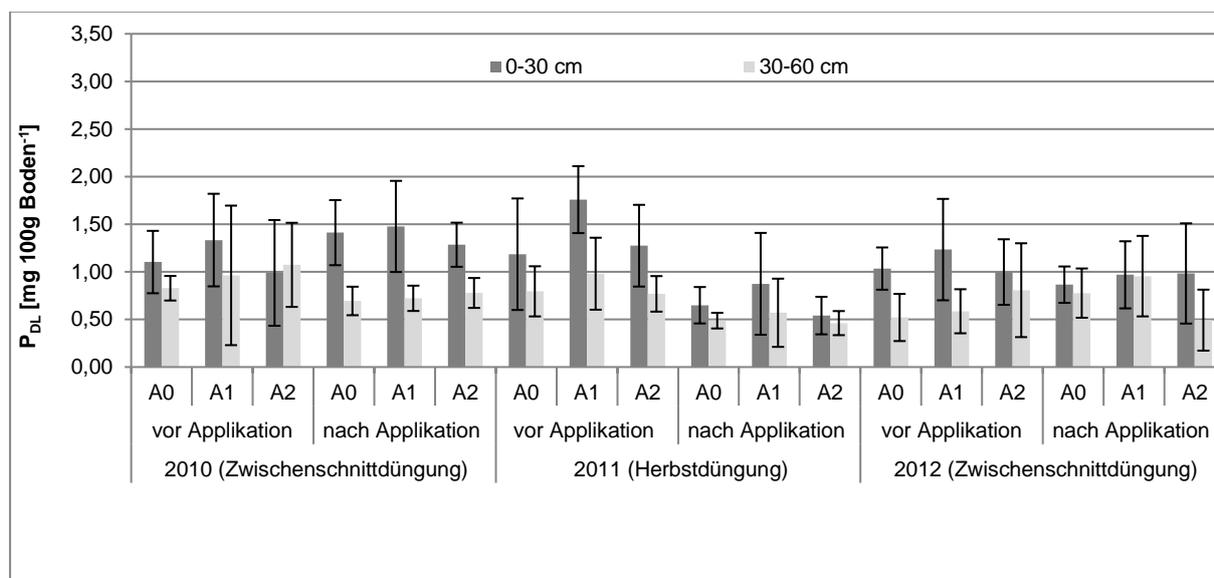


Abbildung 31: P_{DL} - Gehalte Standort A, Varianten A0, A1 und A2, 2010 - 2012

Diskussion

Die sehr geringen P_{DL} Gehalte zeigten eine drastische Unterversorgung des Standortes an. Die abnehmende Tendenz im Untersuchungszeitraum von P_{DL} war mit dem Nährstoffentzug durch die Vegetation und fehlender Nährstoffrückführung sowie einer verringerten Phosphormobilität aufgrund trockenerer Standortbedingungen bei mittleren Grundwasserständen von 40 cm unter Geländeoberkante zu begründen, da im oberen durchlüfteten Bereich P sorptiv festgelegt wird (Pfadenhauer und Grootjans, 1999; Kratz, 2001). Der Standort A war bei allen Varianten und in beiden Bodentiefen nach VDLUFA (2002) aufgrund der ermittelten P_{DL} -Gehalte in die Gehaltsklasse A einzustufen. Diese Werte zeigten im Zeitraum 2010 bis 2012 einen weiterhin abnehmenden Trend. Aus naturschutzfachlichen Gründen ist jedoch ein Gehalt der Klasse B anzustreben, um eine optimale Versorgung der Vegetation zu gewährleisten. Da bei höheren Gehaltsklassen Auswaschungen von P_{DL} ins Grund- und Oberflächenwasser möglich sind (Kalbitz 1998), sollte das als die maximale Versorgungsstufe angesehen werden. Auf Grund der niedrigen pH-Werte des Bodens am Standort A war hier mit einer geringen Verfügbarkeit von weniger als 80 % P_{DL} zu rechnen (vgl. 4.2.3) (Schachtschabel und Heinemann, 1964; Singh und Jones, 1976; Jungk, 1986; Sims et al., 1998; Kalbitz et al., 1999; Leinweber und Schlichting, 2002; Gelbrecht, 2002; Bohner, 2008;

Niedermeier und Robinson, 2009; Meissner et al., 2010) Weiterhin war eine Düngung über die Gehaltsklasse B hinaus nach Reichhoff et al. (2007) und Jäger et al. (2002) aus ökonomischer und ökologischer Sicht als negativ zu bewerten. Nach Jäger et al. (2002) sind ausreichende Nährstoffgehalte zum Erhalt der Vegetation zu sichern, um somit die Gefahr einer ungewollten Veränderung der Vegetationsstruktur durch Phosphormangel auszuschließen. Aus diesem Grund war eine Düngung nach Entzug bis maximal zum Erreichen der oberen Grenze der Gehaltsklasse B notwendig.

4.4 Nährstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse, Standort A

4.4.1 Kaliumgehalte (K_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

Abbildung 32 gibt die mittleren K_t Gehalte ($n=6$) der pflanzlichen Biomasse der Erntetermine von 2010 bis 2012 wieder. Auf der Sekundärachse wurden die jeweiligen K-Entzüge auf der Grundlage des Ertrags berechnet und dargestellt. Der erste Erntetermin zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Jedoch waren nach erfolgter Zwischenschnittdüngung 2010 signifikante Steigerungen der K_t -Gehalte von A1 und A2 nachweisbar. Bis zum folgenden Erntetermin (vor der Herbstdüngung 2010) sanken die Gehalte von A1 und A2 wieder stark ab. Die weiteren Düngemaßnahmen brachten nur noch geringe Zunahmen der Varianten A1 und A2, so dass es für die Zwischenschnittdüngung 2012 nur noch einen tendenziellen Anstieg nach Applikation von Kali60 zu vermerken gab. Der geringe Anstieg der A0 Varianten ließ sich mit der natürlichen Dynamik von K im Boden begründen. Bei großflächigen Feldversuchen muss diese Dynamik, welche vorrangig durch biotische Umweltfaktoren hervorgerufen wurde, berücksichtigt werden.

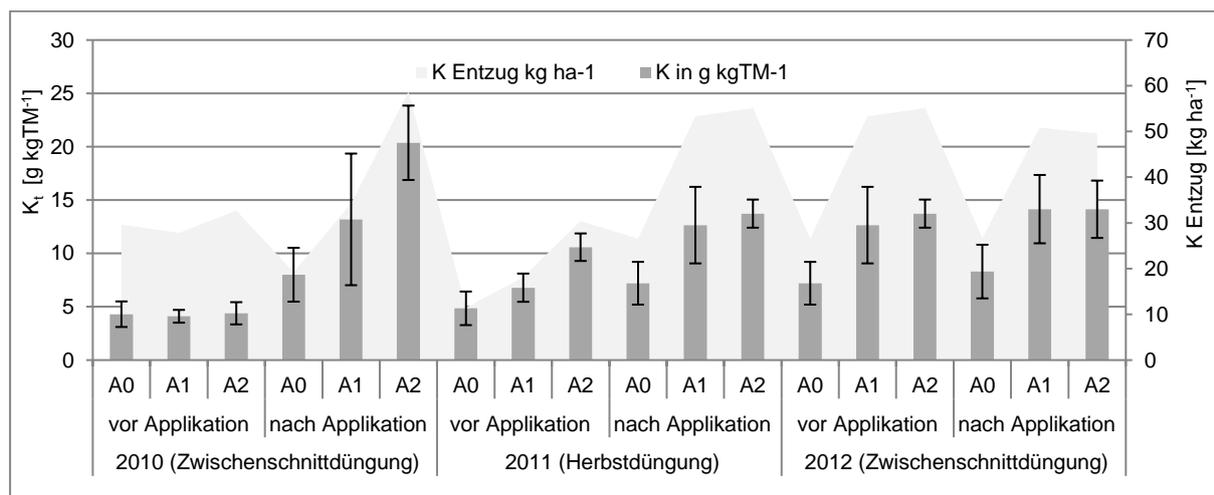


Abbildung 32: K_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010-2012

Diskussion

Die gemessenen K_t -Gehalte waren zu Beginn der Untersuchungen mit Werten von 4,85 g je kg TM^{-1} als sehr gering einzuschätzen (Hertwig et al., 2006). Demnach lag extremer K-Mangel vor, wenn die K-Gehalte unter 10 g je kg TM^{-1} fallen. Als optimal sind nach LLFG (2002) K-Gehalte von 24 g je kg TM^{-1} anzusehen. Aus diesen Ergebnissen bestätigte sich die K-Unterversorgung, sodass die Bedeutung einer K-Düngung zum Erhalt der Vegetationszusammensetzung und optimaler Erträge ersichtlich wird. Diese Erkenntnisse gehen mit den Ergebnissen von Schuppenies et al. (2002), Käding (2005), Hertwig et al. (2006) und Käding (2006) konform. Kalium war folglich als der limitierende Faktor, nicht nur für den Ertrag, sondern auch für den Erhalt der Vegetation des FFH-LRT 6510 anzusehen. Die Höhe der K-Düngung spiegelte sich eindeutig in den K-Gehalten der pflanzlichen Biomasse wieder. Von einer deutlichen Reaktion der pflanzlichen Biomasse auf K-Zufuhr berichten auch Käding (2005) und Hertwig et al. (2006). Demnach ist eine Düngung nach Entzug, jedoch maximal bis zur Obergrenze der Gehaltsklasse B (NatSchG LSA, 2010) notwendig, um eine Mangelsituation und damit eine Gefahr für den Erhalt der Vegetation des FFH-LRT 6510 zu verhindern sowie gleichzeitig den Erhaltungszustand der Vegetation dauerhaft zu sichern.

Tabelle 11 zeigt die mittleren K-Entzüge der pflanzlichen Biomasse in den Jahren 2010 bis 2012. Eine Düngung in der Höhe des Entzugs von 49 kg ha^{-1} mit elementarem K war auf Standort A im Jahr 2010 basierend auf der Pflanzenanalyse zu empfehlen. Zur Berechnung der auszubringenden Düngermengen war bei K eine Umrechnung des Reinnährstoffs in die entsprechende Oxidform (K_2O) notwendig. Für K erfolgt nach den Empfehlungen der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLFG), (2002) die Umrechnung mit dem Faktor 1,205. Dies entspricht im angeführten Beispiel für Standort A einer Menge von ~ 59 K_2O in kg ha^{-1} , welche mit dem Düngemittel Kali60 zu applizieren war. Nach der Empfehlung des LLFG waren bei K 2 % der TM als entzugsausgleichende Düngung anzusetzen. Bei einem TM-Ertrag von 92 dt ha^{-1} lag die Höhe des Entzugs nach Berechnung bei ~ 184 kg K ha^{-1} im Jahr 2010. Nach dieser Empfehlung war die auszubringende Menge um ~ 135 kg K ha^{-1} höher als der tatsächliche Entzug. Auch in den folgenden Jahren wich diese Berechnung nach der Empfehlung stark von den tatsächlichen mittleren Entzügen ab. Jedoch nähern sich die Düngermengen mit zunehmenden K-Gehalten der pflanzlichen Biomasse nach erfolgten Düngungsmaßnahmen an. Es ist daher eine exakte Aussage über die Höhe der Entzüge und somit über die Höhe der auszubringenden Düngermenge nur aufgrund einer Pflanzenanalyse möglich.

Bedingt durch den K-Mangel kann es zu Veränderungen in der Vegetationsstruktur kommen, da wie bereits erwähnt, Gräser in dieser Situation zur Dominanzausbildung neigen. Ein K-Mangel kann auch zu einem Minderentzug und somit zur Anreicherung anderer Nährstoffe, wie beispielsweise N, führen. Dies wirkt sich negativ auf die Artenzusammensetzung des FFH-

LRT 6510 aus und kann über einen längeren Zeitraum zu N-Austrägen ins Grund- und Oberflächenwasser führen. Minimale K-Gehalte sind auf Niedermoorstandorten in der Regel, wie auch hier auf Standort A, charakteristisch (*Warthemann et al., 2006*). Eine mögliche Ursache für die geringen K-Gehalte ist nach *Kerschberger* und *Schilling* (2000), dass auf schwach lehmigen Sandböden, K auch auf Niedermoorböden stark auswaschungsgefährdet ist.

Tabelle 11: Mittlere jährliche Kaliumentzüge nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort A

Jahr	Standort	Ø TM-Ertrag in dt/ha	Ø Nährstoffentzug K in kg/ha (nach Pflanzenanalyse)	LLFG Empfehlung (2% TM) K in kg/ha
2010	A	92	49	184
2011	A	71	36	142
2012	A	69	53	138

4.4.2 Stickstoffgehalte (N_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

In Abbildung 33 sind die mittleren N_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse von 6 beprobten Parzellen ($n=6$) des Standortes A von 2010 bis 2012 dargestellt. Zu Beginn der Untersuchungen wurden zwischen den Varianten keine Signifikanzen festgestellt. Dieses Ergebnis zeigte sich ebenfalls an den weiteren Probenahmeterminen. Statistisch gesicherte Unterschiede konnten lediglich beim Vergleich der Varianten vor und nach Applikation von Kali60 nachgewiesen werden. Ebenso waren Signifikanzen im Vergleich der Gehalte nach Applikation 2010 bis vor der Applikation 2011 festzustellen. Nach erfolgter Zwischenschnittdüngung in den Jahren 2010 und 2012 traten bei allen Varianten steigende N-Gehalte auf. Eine Herbstdüngung im Jahr 2011 zeigte demgegenüber sinkende N-Gehalte aller Varianten. Weiterhin nahmen die N-Gehalte von 2010 bis 2011 (vor Applikation von Kali60) ab. Die Dynamik des N-Gehaltes der pflanzlichen Biomasse wies einen Zusammenhang mit der Dynamik der K-Gehalte auf. Innerhalb der Varianten eines Probenahmetermines konnten keine Unterschiede festgestellt werden, sodass auch die Variante A0 den gleichen Verlauf wie die Varianten A1 und A2 zeigte.

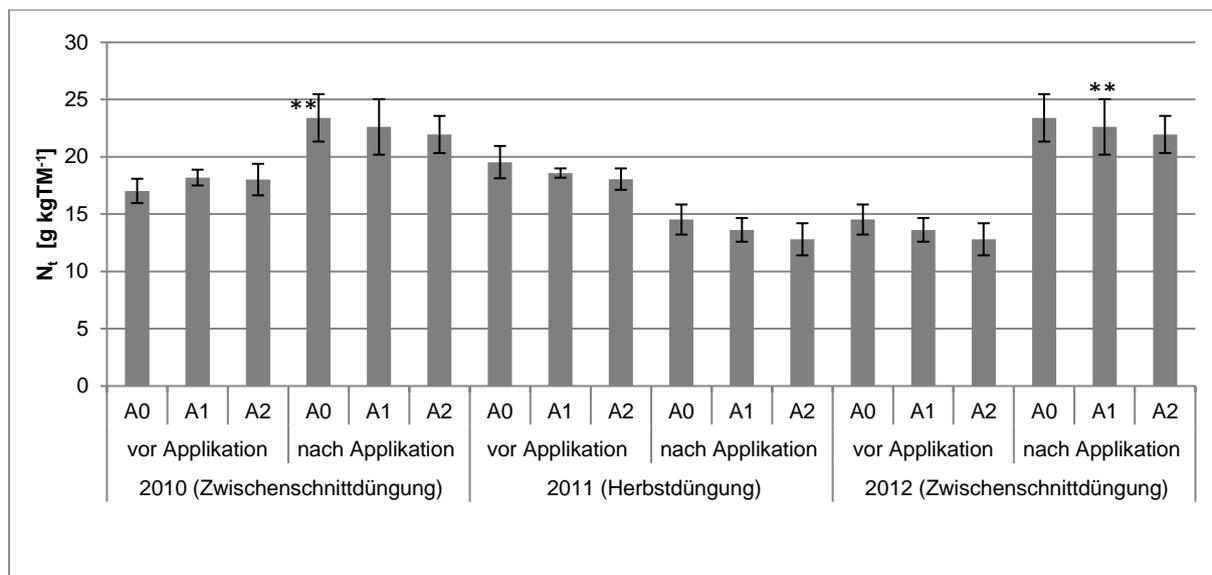


Abbildung 33: N_t der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010-2012

Diskussion

Die Dynamik der N_t-Gehalte der pflanzlichen Biomasse für den Standort A ergab für die Jahre 2010 und 2012 einen Zusammenhang mit der durchgeführten K-Düngung. Die N_t-Gehalte der pflanzlichen Biomasse vor Applikation von Kali60 unterschieden sich signifikant von den Gehalten nach der Applikation, jedoch wurden auch signifikante Unterschiede bei den Varianten A0 festgestellt. Die Ausbringung von Kali 60 führte zu einer erhöhten Aufnahme von N, jedoch nur wenn K so appliziert wurde, dass die pflanzliche Biomasse anschließend noch wachsen konnte. War nach einer Düngung die Vegetationsperiode zu Ende (Herbstdüngung 2011), konnten verringerte N-Aufnahmen verzeichnet werden. Das wiederum war aus wasserwirtschaftlicher Sicht kontraproduktiv für die Minderung der Austräge von N-Verbindungen in das Grundwasser.

Die Erträge von Standort A nahmen bei vergleichbaren Terminen im gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich ab (Anhang 17). Ebenso verringerten sich die N_t-Gehalte im Zeitraum nach der Applikation 2010 bis vor der Applikation 2012. Eine N-Limitierung des Standortes war nicht zu verzeichnen, da bei dieser der N_t-Gehalt der pflanzlichen Biomasse unter 14 g kg⁻¹ TM sinken muß (Verhoeven *et al.*, 1996). Aufgrund hoher Mobilisierungsraten von N, welche die hohen N_{min}-Gehalte des Bodens zeigten, war ebenfalls von einer Düngung mit N abzuraten (Verhoeven, 1986; Jäger *et al.*, 2002; Reichhoff *et al.*, 2007).

4.4.3 Phosphorgehalte (P_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

Die in Abbildung 34 aufgezeigten mittleren P_t-Gehalte (n=6) wiesen bei allen Varianten und Probenahmeterminen keine Signifikanzen auf. Unterschiede traten lediglich nach erfolgter Herbstdüngung 2011 auf, wonach die P_t-Gehalte der Varianten sanken. Demgegenüber

stiegen die P_t -Gehalte nach Zwischenschnittdüngung 2012 leicht an. Bei mittleren Gehalten von $2,32 \text{ g kg}^{-1}$ TM war nach *Verhoeven et al. (1996)*, *Güsewell et al. (2003)*, *Tessier und Raynal (2003)*, *Olde Venterink et al. (2009)* und *van de Riet et al. (2010)* von keiner Limitierung des Wachstums der pflanzlichen Biomasse auszugehen. Demnach lag eine P-Limitierung erst vor, wenn Gehalte von $0,69 \text{ g kg}^{-1}$ TM unterschritten wurden.

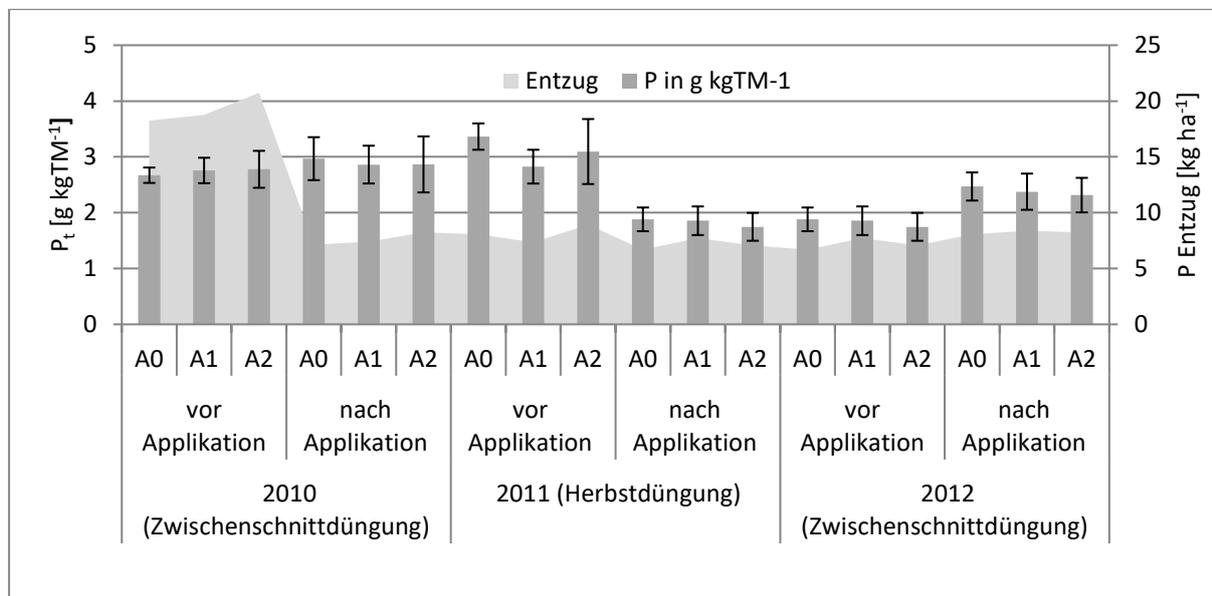


Abbildung 34: P_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse am Standort A, 2010-2012

Diskussion

Tabelle 12 zeigt die TM-Erträge sowie die durch eine Pflanzenanalyse ermittelten durchschnittlichen P-Entzüge auf den Standorte und die nach der Empfehlung der LLFG berechneten Entzüge. Liegen P-Gehalte in der pflanzlichen Biomasse von etwa $3,0\text{-}3,5 \text{ g/kg}$ TS vor, so kann trotz niedriger P-Werte im Boden auf eine mineralische P-Düngung verzichtet werden (*LLFG, 2002*). In den vorliegenden Ergebnissen wurden diese Gehalte nicht erreicht. Daraus leitete sich eine hohe Düngebedürftigkeit für diesen Nährstoff ab. Detaillierte Daten für die einzelnen Teilflächen sind im Anhang 17 dokumentiert. Um ausreichende P-Gehalte zur Erhaltung der Vegetation zu sichern und somit eine Gefahr für den Erhalt der Vegetationsstruktur durch P-Mangel auszuschließen, ist nach *Jäger et al. (2002)* eine Düngung nach Entzug bis maximal zum Erreichen der Obergrenze der Gehaltsklasse B nötig. Auf Standort A war 2010 somit eine Düngung in der Höhe des nach Pflanzenanalyse berechneten Entzuges von 25 kg ha^{-1} elementaren P erforderlich, um das Absinken in die Gehaltsklasse A im darauf folgenden Jahr zu verhindern. Die Umrechnung der Menge des entzogenen Reinnährstoffs in die Oxidform (P_2O_5) ist durch die Düngemittelverordnung (*DüMV, 2012*) vorgeschrieben und wird praxisüblich in ganzen Zahlen angegeben. Die Menge des durch die Vegetation entzogenen Reinnährstoffs entsprach nach Umrechnung in die Oxidform mit dem in der Literatur angegebenen Faktor 2,29 einer Menge von $\sim 57 \text{ kg/ha } P_2O_5$,

die mit dem Düngemittel zu applizieren war. Nach Empfehlung der LLFG zur Berechnung der Düngermenge nach Entzug mit 0,3 % der TM für P ergab sich für das angeführte Beispiel 28 kg P ha⁻¹. Die ermittelten Düngermengen für P nach Pflanzenanalyse waren demzufolge vergleichbar mit den empfohlenen Werten nach LLFG (2002). Dies traf ebenfalls auf die Jahre 2010 und 2012 zu. Demzufolge war zur Ermittlung der P-Düngermenge nicht die aufwendigere Pflanzenanalyse zu empfehlen, sondern es war ausreichend, mit den vom LLFG (2002) empfohlenen Richtwerten die auszubringende P-Menge zu berechnen.

Tabelle 12: Mittlere jährliche Phosphorentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort A

Jahr	Standort	Ø TM- Ertrag in dt/ha	Ø Nährstoffentzug (P) in kg/ha (nach Pflanzenanalyse)	LLFG Empfehlung (0,3% TM) P in kg/ha
2010	A	92	25	28
2011	A	71	17	21
2012	A	69	15	21

4.5 Nährstoffgehalte Boden, Standort B

4.5.1 Nährstoffmonitoring

Die drei untersuchten Makronährstoffgehalte des Standortes B von 2010 bis 2012 sind in Abbildung 35 dargestellt. Es wurden Mittelwerte aus drei pro Jahr durchgeführten Probenahmen der Parzellen BB0 und BM0 erfasst. Die N_{\min} -Gehalte des wiedervernässten Standortes B wurden, analog zum Standort A, mit im Mittel 1,65 mg je 100g Boden als ausreichend versorgt eingeschätzt. Die unterschiedlichen Bodentiefen ergaben auch auf diesem Standort keine signifikanten Unterschiede der N_{\min} -Gehalte. Die mittleren Gehalte an P_{DL} erreichten mit Werten von 3,29 mg P in 100 g Boden die Gehaltsklasse B. Dabei konnten lediglich tendenzielle Unterschiede zwischen den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm ermittelt werden, wobei der obere Bereich die höheren Gehalte aufwies. Ebenso, wie auf Standort A, wurde für diesen Nährstoff im Untersuchungszeitraum ein abnehmender Trend beobachtet. Die mittleren Gehalte an K wurden über den gesamten Versuchszeitraum und in beiden Bodentiefen mit Werten von 5,57 mg K in 100 g Boden in die Gehaltsklasse A eingestuft. Auch hier ließen sich keine Signifikanzen im Vergleich der Bodentiefen nachweisen. Jedoch war die abnehmende Tendenz des Nährstoffes im Untersuchungszeitraum ein wichtiger Hinweis auf den Düngbedarf. Ohne zukünftig erfolgende Düngemaßnahmen wirkt K ertragslimitierend, was wiederum aus landwirtschaftlicher und aus Sicht des Gewässerschutzes negativ zu bewerten ist. Gleichfalls wird sich dieser K-Mangel negativ auf die zu erhaltende Vegetationsstruktur des FFH - LRT 6510 auswirken.

Vergleichend betrachtet, wurde auf beiden Standorten eine ausreichende Verfügbarkeit von N festgestellt, sodass aus Sicht der Landwirtschaft kein Handlungsbedarf bestand. Jedoch sollte aus der Sicht des Gewässerschutzes weiterhin auf diesen Nährstoffparameter geachtet werden, da bei steigendem Grundwasserstand und folglich fehlender Nutzung durch die Landwirtschaft kein Nitrat mehr in Form von Biomasse gebunden wird und dem System Boden - Wasser entnommen werden kann. Dadurch kann es zu erhöhten Austrägen ins Grundwasser kommen. Die N_{\min} -Gehalte beider Standorte unterschieden sich aufgrund der relativ hohen Dynamik im Versuchszeitraum nicht signifikant. Das dreijährige Nährstoffmonitoring zeigte, dass P und K auch auf dem wiedervernässten Standort B eine abnehmende Tendenz aufwiesen.

Eine Unterversorgung an K_{DL} und P_{DL} wurde auf beiden Standorten festgestellt. Das zeigten die abgebildeten Bereiche der Gehaltsklasse B für P (dunkelgrau) und K (hellgrau) in Abbildung 35 für Standort B. Grundlegend war der Standort B im gesamten Versuchszeitraum besser mit diesen Nährstoffen versorgt als der Standort A. Ursache dafür war die bis 2006 erfolgte Grunddüngung mit P und K. Jedoch war auf beiden Standorten die Abnahme der K_{DL} in beiden Bodentiefen im Vergleich zu den weiteren Nährstoffen am größten.

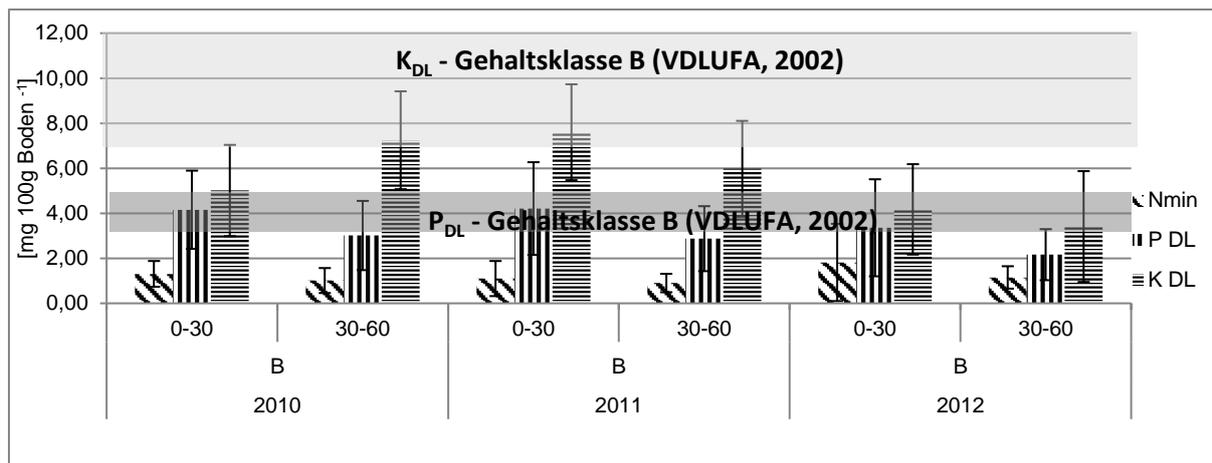


Abbildung 35: Makronährstoffgehalte des Bodens, Standort B, 2010 - 2012

4.5.2 Kaliumgehalte (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) der Varianten

K_{DL}

Ebenso wie bei Standort A wurde auch hier auf eine Differenzierung der Bewirtschaftungsvarianten verzichtet, weil die statistische Auswertung keine Signifikanzen im Vergleich der Varianten zweischürige Mahd und Mähweide im gesamten Versuchsverlauf ergab (Anhang 17). Aus diesem Grunde wurden in allen folgenden Abbildungen und Tabellen die Werte der Varianten BB0 und BM0 zu B0 zusammengefasst. Analog geschah das mit den Varianten BB1 und BM1 zu B1 und BB2 und BM2 zu B2 (vgl. Tabelle 2). Die vollständigen Daten sind im Anhang17 zu finden.

Abbildung 36 zeigt die K_{DL} der Varianten des wiedervernässten Standortes B. Die K_{DL} Gehalte der Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm unterschieden sich im gesamten Versuchszeitraum nicht signifikant. Zur ersten Probenahme 2010 konnte mit mittleren Gehalten von 6,59 mg je 100 g Boden in der Bodentiefe 0-30 cm und 7,05 mg je 100 g Boden in der Bodentiefe 30-60 cm, ebenso wie auf Standort A, eine Unterversorgung mit K festgestellt werden. Nach allen erfolgten K-Applikationen waren am Standort B niedrigere K_{DL} -Gehalte als vor den Applikationen nachzuweisen. Diese konnten in den Jahren 2010 und 2011 mit Signifikanzen bestätigt werden. Jedoch zeigte auch die Variante B0 diese abnehmenden K_{DL} -Gehalte, sodass von einer natürlichen Dynamik auszugehen war. Im Verlauf des Jahres 2011 nahmen die Gehalte durch die fehlende Düngung bis zum Herbst weiterhin ab. Im Jahr 2012 konnten vor der Applikation von Kali60 höhere Gehalte an K_{DL} im Boden festgestellt werden als nach der Kaliumdüngung 2011.

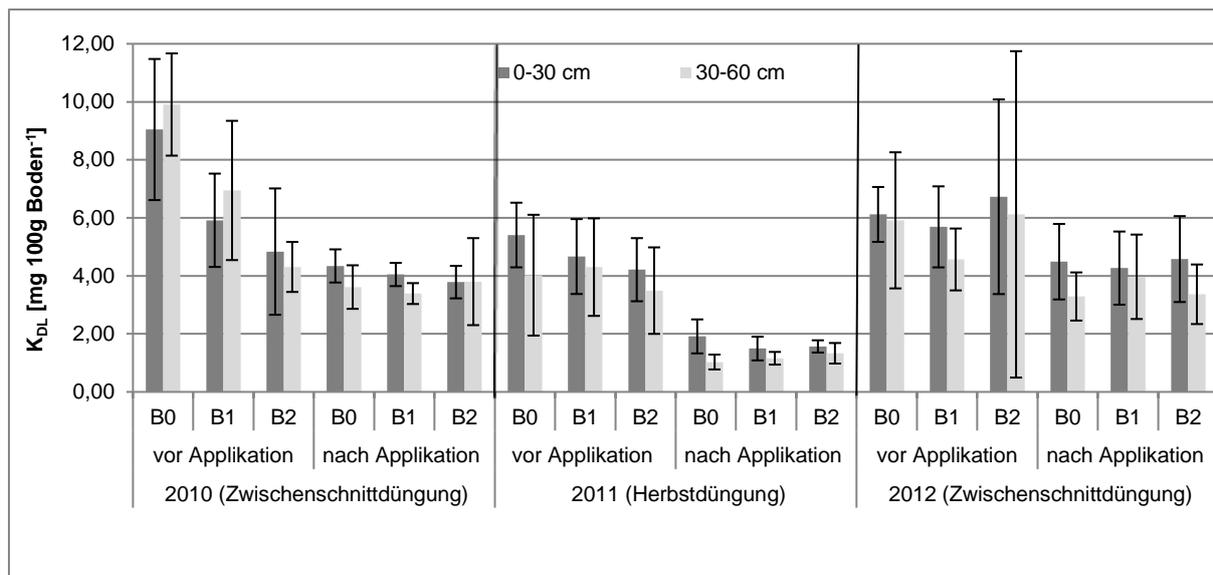


Abbildung 36: K_{DL} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012

K_{kw}

Die mittleren ($n=6$) K_{kw} -Gehalte der Varianten des Standortes B sind in Abbildung 37 zu finden. Hier konnten entgegen dem Standort A tendenziell höhere K_{kw} -Gehalte in der Bodentiefe 30-60 cm als in 0-30 cm festgestellt werden. Die mittleren Gehalte der Bodentiefe 0-30 cm waren mit Werten von 63,18 mg je 100 g Boden 1,4 x höher als die K_{kw} -Gehalte des Standortes A in der gleichen Bodentiefe. Mit Gehalten von 71,44 mg 100 g Boden⁻¹ der Bodentiefe 30-60 cm wurden im Vergleich zu Standort A sogar 1,9 fach höhere Werte ermittelt. Des Weiteren wurde keine Dynamik im Jahresverlauf festgestellt (Anhang 17). Außerdem konnten keine Signifikanzen nach den Applikationen von Kali60 nachgewiesen werden. Vielmehr waren die mittleren K_{kw} -Gehalte als nahezu konstant über den gesamten Versuchszeitraum zu betrachten. Dieses galt für beide Beobachtungstiefen 0-30 cm und 30-60 cm.

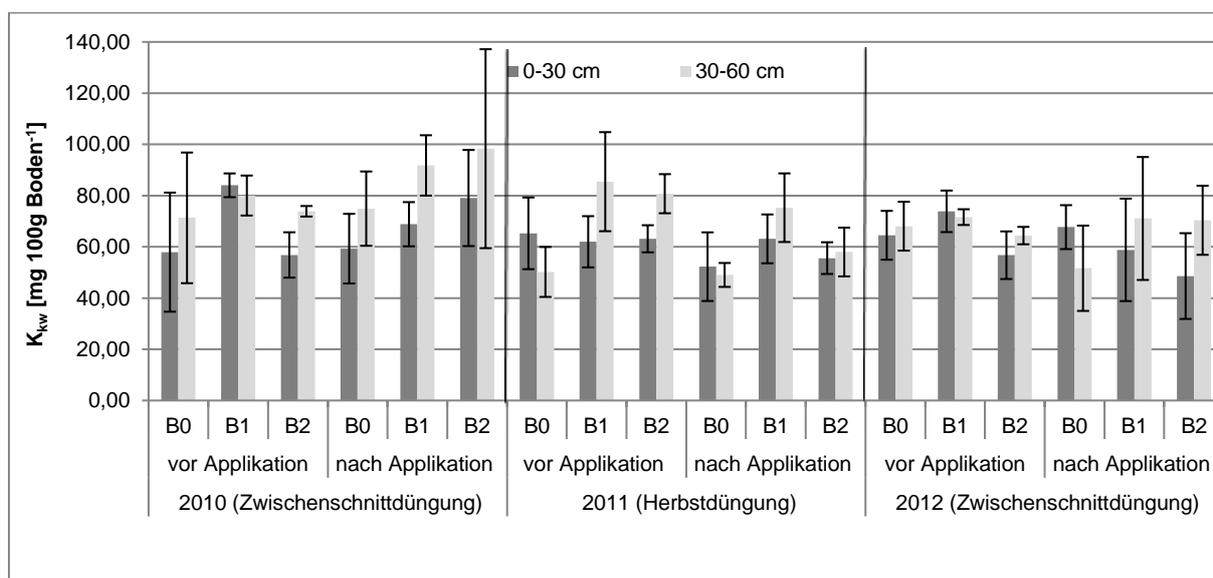


Abbildung 37: K_{kw} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012

K_{RFA}

In Abbildung 38 sind die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse von Standort B dargestellt. Die mittleren K_{RFA} – Gehalte aller Varianten und Bodentiefen lagen mit 1244 mg je 100g Boden um ca. 200 mg höher als die mittleren Gehalte von Standort A. Am Standort B wurden Minima von 1011 mg je 100g Boden sowie Maxima von 1432 mg je 100g Boden festgestellt. Des Weiteren lagen am Standort B die Gehalte der Bodentiefe 30-60cm in der Regel über den Gehalten der Bodentiefe 0-30 cm. Ebenfalls konnten in dieser Abbildung keine Standardabweichungen abgebildet werden, da es sich um Einzelproben handelte.

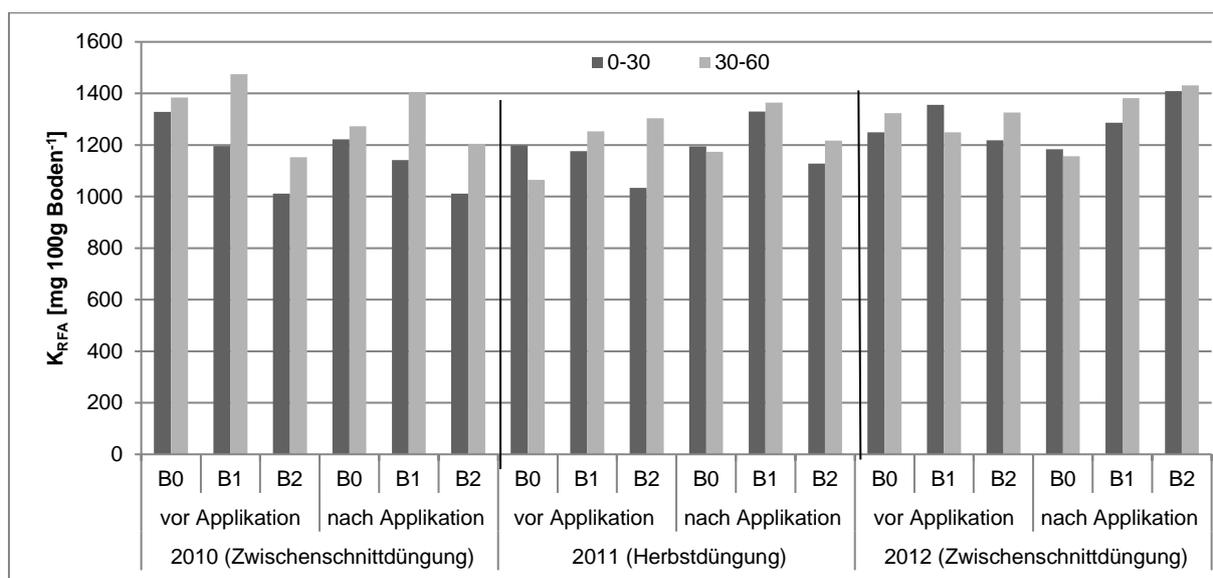


Abbildung 38: K_{RFA} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012

Diskussion

Es waren die Kaliumgehalte (K_{DL} , K_{kw}) des Standortes B zu Versuchsbeginn höher als am Standort A, was auf die bis 2006 erfolgte P-K Grunddüngung zurückzuführen war. Jedoch wurde auch für den Standort B aufgrund der geringen K_{DL} -Gehalte die Einstufung in die Versorgungsklasse A nach VDLUFA (2002) vorgenommen. Die abnehmenden K_{DL} Gehalte nach applizierter K-Düngung ließen auf diesem wiedervernässten Standort vorerst eine Auswaschung des sehr mobilen K_2O des Düngemittels annehmen. Diese Vermutung konnte jedoch mit Hilfe der ermittelten K-Gehalte des Wassers im Graben (vgl. 4.1.5) nicht bestätigt werden, zumindest für die Zwischenschnittdüngungen 2010 und 2012. Aufgrund der relativ konstanten K_{kw} -Gehalte und der sinkenden K_{DL} -Gehalte nach K-Applikation war von einer K-Nassfixierung in Zwischenschichten der Tonminerale am Standort B auszugehen (Nielsen, 1972; Simonsson et al., 2007; Simonsson et al., 2009). Die Nassfixierung zeugte von einer starken K-Aushagerung des Standortes. Ebenso wurde die durch Markert (1965) sowie Schütte und Stephan (1968) beschriebene, stärkere Sorptionskraft von Böden mit höheren mittleren Humusgehalten deutlich, da das in Form von Dünger ausgebrachte K nicht in der

K_{DL} -Fraktion zu finden war. Die konstanten K_{kw} -Gehalte belegten die höhere Affinität des K in Richtung Boden, sodass die pflanzliche Biomasse nicht in dem Maße K, wie am Standort A, entziehen konnte. Den Nachweis hierfür liefern die K-Gehalte der pflanzlichen Biomasse auf Standort B (Abbildung 41). Diese These der K-Fixierung auf Standort B, ließ sich wiederum nur mit Daten der RFA vollständig belegen. Ebenso wurden durch die höheren pH – Werte vom Standort B und die daraus resultierende geringere Konzentration der H^+ Ionen mehr kolloidale Bindungsstellen im Boden frei, sodass neben der Nassfixierung mehr K im Bodenvorrat gespeichert war als am Standort A. Diese Feststellungen ließen sich mit den Ergebnissen von *Holthusen* (2012) vergleichen, wonach die Bodeneigenschaften einen maßgeblichen Einfluss auf die K-Verfügbarkeit haben.

4.5.3 Stickstoffgehalte (N_{min}) der Varianten

Abbildung 39 enthält die mittleren N_{min} Gehalte der Bodentiefe 0-30 cm und 30-60 cm des Standortes B. Abgebildet wurden die N_{min} Gehalte der Varianten vor und nach der jährlichen Applikation von K. Die Ergebnisse waren Mittelwerte von sechs Parzellen ($n=6$). Bei den N_{min} -Gehalten des Standortes B zeigte sich, dass die Werte der Bodentiefe 0-30 cm bei allen Probenahmeterminen höher waren als die Werte der Bodentiefe 30-60 cm. Weiterhin ergaben sich aus dem Mittelwertvergleich im Untersuchungszeitraum keine Signifikanzen. Die hohen Schwankungsbreiten der Werte ließen aufgrund der hohen N-Dynamik lediglich tendenzielle Entwicklungen erkennen. Nach der Herbstdüngung 2010 kam es in beiden Bodentiefen zu leichten Steigerungen der N_{min} -Gehalte aller Varianten, diese setzten sich vor der Zwischenschnittdüngung 2012 bei den Varianten B0 und B1 in der Bodentiefe 0-30 cm fort. Die Varianten zeigten mit Gehalten von 2,73 mg je 100 g Boden bei B0 und 2,93 mg je 100 g Boden für B1 die Maximalgehalte des gesamten Versuchs. Die prozentualen Anteile der N Fraktionen auf dem wiedervernässten Standort B lagen zugunsten des NH_4 -N. Damit hatte der NO_3 -N einen Anteil von 43 % und der NH_4 -N von 57 %. Die zur Einschätzung des Versorgungszustandes mit Hilfe der Trockenrohdichten berechneten pflanzenverfügbaren Mengen an N waren mit Werten von $80 \pm 40 \text{ kg ha}^{-1}$ in der Bodentiefe 0-30 cm und $56 \pm 20 \text{ kg ha}^{-1}$ in der Bodentiefe 30-60 als sehr gut einzuschätzen. Die sehr großen Schwankungsbreiten der Gehalte sind ein Beweis für die sehr hohe natürliche Dynamik der Mineralisation auf solchen Standorten.

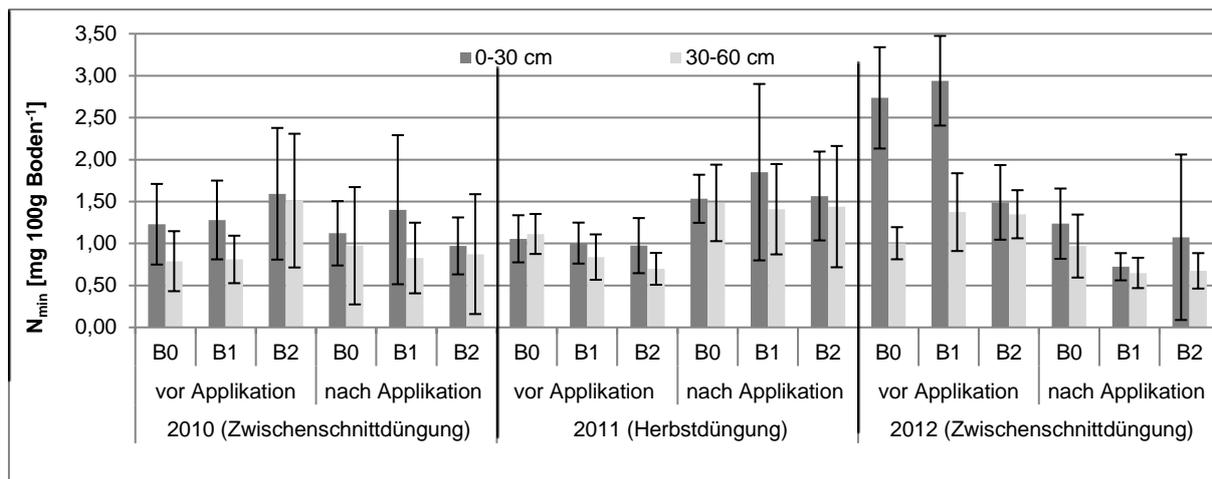


Abbildung 39: N_{min} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012

Diskussion

Standort B wies höhere Gehalte an mineralisiertem N auf als Standort A. In den NH₄- und NO₃-Gehalten waren Unterschiede der beiden Standorte erkennbar. Der prozentual höhere Anteil der NH₄-Fraktion des Standortes B, mit steigender Tendenz, wies auf die erfolgreiche Wiedervernässung des Standorts B hin. *Matschullat et al.* (1997) berichten, dass es in landwirtschaftlichen Böden keine Nitratspeicherung gibt, da es zum einem sehr gut im Bodenwasser gelöst und zum anderen sehr schnell durch die Pflanzenwurzeln aufgenommen wird. Dementsprechend hoch ist das Risiko der Verlagerung in tiefere, nicht durchwurzelbare Bodenschichten, bis hin zum Grundwasserleiter. Der NH₄-N hingegen wird in der Regel leicht an Bodenbestandteile adsorbiert. Die vergleichsweise höheren pH-Werte auf Standort B, bedingt durch einsetzende Denitrifikation infolge Wiedervernässung, bestätigen die höheren NH₄ Anteile dieses Standortes (*Davidsson et al.*, 2002).

4.5.4 Phosphorgehalte (P_{DL}) der Varianten

Bei den in Abbildung 40 aufgezeigten P_{DL}-Gehalten des Bodens vom Standort B handelte es sich ebenso um Mittelwerte aus sechs Parzellen je Variante. Abgebildet sind Ergebnisse vor und nach Düngemaßnahmen, alle weiteren Daten sind im Anhang 17 zu finden. Grundlegend waren die mittleren Phosphorgehalte zu Versuchsbeginn 2010 bei allen Varianten in die Gehaltsklasse B einzustufen. Es konnten bei den unterschiedlichen Beprobungstiefen 0-30 cm und 30-60 cm im Zeitraum von 2010 – 2012 keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Jedoch nahmen die P-Gehalte mit zunehmender Tiefe ab. Ebenso wurden vor und nach der Applikation von K keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen. Der Standort war 2010 zur ersten Probenahme im April mit durchschnittlich 3,14 mg/100 g Boden unterversorgt (vgl. Anhang 17). Die mittleren Gehalte lagen an der unteren Grenze der Gehaltsklasse B. Zum Zeitpunkt der Ernte im Juni (vor Applikation) war aufgrund der leicht gestiegenen Gehalte eine Einstufung in die Gehaltsklasse B möglich. Gleiches wurde im Oktober (nach K-

Applikation) nachgewiesen. Ab 2010 war eine gewisse Konstanz in der Dynamik dieses Nährstoffes im Jahresverlauf zu erkennen, wobei der P-Gehalt des Bodens auf Standort B nach Applikation von K nicht weiter anstieg. Auch im Jahr 2011 war Standort B in die Gehaltsklasse B einzustufen. Im April 2011 lag der Wert auf Standort B mit 3,98 mg in 100 g Boden um 0,99 mg in 100 g Boden höher als im Jahr zuvor. Auf Standort B waren von 2010-2012 durchgängig höhere Gehalte zu verzeichnen als auf Standort A (vgl. Anhang 17). Der Spitzenwert der Messungen wurde im Versuchszeitraum auf Standort B mit 5,87 mg/100 g Boden im Oktober 2010 gemessen. Anschließende Untersuchungen ließen ein tendenzielles Abnehmen der P_{DL} -Gehalte erkennen.

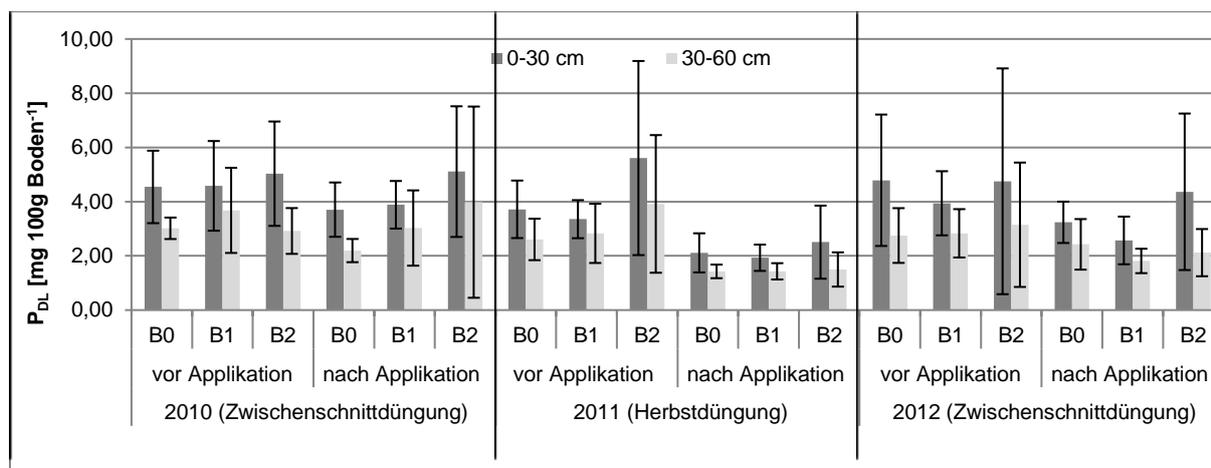


Abbildung 40: P_{DL} - Gehalte Standort B, Varianten B0, B1 und B2, 2010 - 2012

Diskussion

Auf Standort B sanken die P_{DL} -Gehalte im Jahresverlauf 2010 im Gegensatz zu Standort A tendenziell ab. Die höchsten Werte wurden nach K-Applikation im Oktober 2010 bei der Variante B2 in der Tiefe 0-30 cm erreicht. Dieser Anstieg der P_{DL} -Gehalte war nicht auf eine versuchsbedingte Maßnahme zurückzuführen. Es handelte sich dabei um die natürliche Dynamik des Standortes. Mit fortschreitender Vegetationsperiode wurde durch die pflanzliche Biomasse mehr P mobilisiert. Beim Vergleich der Gehalte zwischen den Applikationsmaßnahmen wurden allgemein sinkende P-Werte der einzelnen Varianten festgestellt. Weiterhin sanken die Gehalte im Verlauf des Jahres 2011. Die Abnahme wurde besonders deutlich bei einem Vergleich der Varianten nach K-Düngung 2010 und 2011. Wechselnde Grundwasserstände im jahreszeitlichen Verlauf sind ein möglicher Einflussfaktor auf die beschriebene Dynamik dieses Nährstoffes auf Standort B. Die feuchteren Bedingungen bei mittleren Grundwasserständen von 10 cm unter der Geländeoberkante und eine damit verbundene höhere Löslichkeit von P im Oberboden ist erklärbar, da nach Kratz (2001) die sorptiven Bindungen im anaeroben Bereich instabiler sind als im aeroben. Die im Jahre 2009 eingeleiteten Maßnahmen zur Wiedervernässung des Standortes und der damit verbundene

steigende Gehalt an löslichen P-Verbindungen im Bodenwasser aufgrund des sinkenden Redoxpotentials, führten somit zu geringeren Gehalten im Boden. Des Weiteren bewirken sinkende Redoxpotentiale (vgl. Abbildung 9) eine höhere Löslichkeit von Fe und in Folge dessen die Mobilisierung von an Eisen gebundenen Phosphaten (*Kalbitz 1998*). Die sinkenden Gehalte sind möglicherweise im Zusammenhang mit einer Rücklösung des P aufgrund eingeleiteter Wiedervernässungsmaßnahmen und dem damit verbundenem Absinken des Redoxpotentials zu erklären. Das Redoxpotential ist nach *Meißner et al. (2004a)* die entscheidende Kraft für die P-Mobilisierung und kann als Maß zur Abschätzung der Freisetzung von P angesehen werden.

4.6 Nährstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse, Standort B

4.6.1 Kaliumgehalte (K_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

In der Abbildung 41 sind die mittleren K_t ($n=6$) der Erntetermine von 2010 bis 2012 dargestellt. Auf der Sekundärachse wurden die auf Grundlage der Erträge (Anlage 18) berechneten Nährstoffentzüge aufgetragen. Zur ersten Probenahme gab es, wie zu erwarten war, keine signifikanten Unterschiede der Varianten B0, B1 und B2. Nach der erfolgten Zwischenschnittdüngung 2010 konnten ebenso wie am Standort A signifikante Steigerungen der K-Gehalte aller Varianten festgestellt werden. Jedoch sanken die K_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse bis zum darauffolgenden Erntetermin (vor der Herbsdüngung 2011) wieder auf das Ausgangsniveau von 2010 ab. Nach der erfolgten Herbsdüngung konnte bei allen Varianten auf Standort B eine Erhöhung der K_t -Gehalte nachgewiesen werden. Die erhöhten Werte ließen sich ebenfalls vor der Zwischenschnittdüngung 2012 nachweisen. Die K_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse nach der Düngemaßnahme 2012 gingen hingegen deutlich zurück und nahmen wiederum die geringen Ausgangsgehalte von 2010 an. Dies kann mehrere Gründe haben. Zum einen zeigten die Untersuchungen, dass auch P im Minimum vorlag, sodass zu diesem Zeitpunkt dieser Nährstoff den limitierenden Faktor darstellt. Zum anderen kann es sein, dass K aufgrund der starken Aushagerung an den Ton – Humus Komplex fixiert und somit nicht pflanzenverfügbar war. Dafür würde der höhere Tongehalt dieses Standortes sprechen (Kap. 4.7).

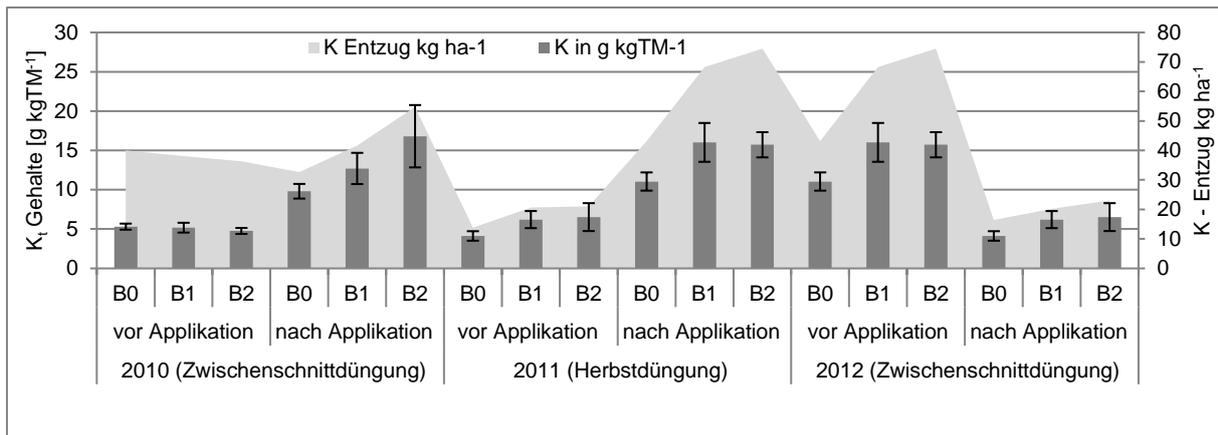


Abbildung 41: K_t-Gehalte und K-Entzüge der pflanzlichen Biomasse Standort B, 2010-2012

Diskussion

Die gemessenen K_t-Gehalte der pflanzlichen Biomasse des Standortes B waren zu Beginn der Untersuchungen mit Werten von 5,08 g kg TM⁻¹, ebenso wie die Gehalte des Standortes A, als sehr gering einzuschätzen. *Hertwig et al.* (2006) und *Van de Riet et al.* (2010) berichteten von kritischen K_t-Gehalten in der Biomasse bei 8 -10 g kg TM⁻¹. Werte unter dieser Grenze sind ein Hinweis auf eine K-Limitierung. Demnach bestätigte sich auch am Standort B die K-Unterversorgung. Auch auf diesem Standort war eine K-Düngung zu empfehlen. Der Grund dieser K-Düngung lag jedoch nicht im Erhalt des FFH - LRT 6510, da nach *Baufeld* (2012) sich bei verändernden hydrologischen Gegebenheiten die Vegetationsstruktur verändern wird. Vielmehr sollte aufgrund der nachgewiesenen K-Limitierung durch Nährstoffzufuhr der Biomasseaufwuchs gesteigert werden, um damit vermehrt weitere Nährstoffe (NO₃, NH₄ und P) in Form von Biomasse zu binden und dem Kreislauf Boden-Wasser zu entziehen. Nach dem vollständigen Überfluten des Standortes und den sich von aerob zu anearob ändernden Bedingungen wird nach *Grootjans et al.* (1985), *Berendse et al.* (1994), *Kieckbusch und Schrautzer* (2004) die N-Mineralisierung reduziert und die Denitrifikation angeregt (*Venterink et al.*, 2002a; *Venterink et al.*, 2002b; *Hefting et al.*, 2004). Jedoch waren im Versuchsverlauf nur in den Tiefen 60 cm und 90 cm unter GOK die Redoxpotentiale dauerhaft negativ (vgl. Abbildung 9). Auch auf diesem Standort war eine Düngung nach Entzug, jedoch maximal bis zur Obergrenze der Gehaltsklasse B (*NatSchG LSA*, 2010) notwendig, um eine Mangelsituation bei den Pflanzenbeständen zu vermeiden und gleichfalls die Vegetationsstruktur des LRT 6510 zu erhalten.

Tabelle 13 zeigt die mittleren Nährstoffentzüge der Jahre 2010 bis 2012. Eine K-Düngung in der Höhe des Entzugs nach Pflanzenanalyse von 73 kg ha⁻¹ elementarem K war auf Standort B im Jahr 2010 zu empfehlen, um den Entzug auszugleichen. Zur Berechnung der auszubringenden Düngermengen ist bei K eine Umrechnung des Reinnährstoffs in die entsprechende Oxidform (K₂O) üblich (vgl. Kap.4.4.1). Dies entspricht im angeführten Beispiel

für Standort B einer Menge von $\sim 88 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, welche mit dem Düngemittel Kali60, zu applizieren war. Bei einem Trockenmasseertrag von 110 dt ha^{-1} lag die Höhe des Entzugs nach Berechnung bei $\sim 220 \text{ kg K ha}^{-1}$ im Jahr 2010. Nach dieser Empfehlung war die auszubringende Menge um $\sim 147 \text{ kg K ha}^{-1}$ höher als der tatsächliche Entzug. Auch in den folgenden Jahren wich diese Düngermenge nach der LLFG (2002) stark von den tatsächlichen nach Pflanzenanalyse ermittelten Entzügen ab. Es ist daher eine exakte Aussage über die Höhe der Entzüge und somit über die Höhe der auszubringenden Düngermenge nur aufgrund einer Pflanzenanalyse möglich. Die prozentualen K-Gehalte der pflanzlichen Biomasse des FFH-LRT 6510 nahmen auf Standort B Werte von 0,5 % bis 0,75 % der TM an. Bedingt durch den K-Mangel kann es zu Veränderungen in der Vegetationsstruktur kommen, da wie bereits erwähnt, Gräser in dieser Situation zur Dominanzausbildung neigen. Größter Einflussfaktor der Vegetationsveränderung waren in diesem Fall jedoch die sich ändernden hydrologischen Bedingungen. Ein K-Mangel kann auch zu einem Minderentzug und somit zur Anreicherung anderer Nährstoffe, wie beispielsweise N, führen. Dies kann über einen längeren Zeitraum zu N-Austrägen ins Grund- und Oberflächenwasser führen. Die minimalen K-Gehalte sind auf Niedermoorstandorten in der Regel, wie auch hier auf Standort B, charakteristisch (Warthemann *et al.*, 2006). Eine mögliche Ursache für die geringen K-Gehalte ist nach Schilling (1987), dass auf schwach lehmigen Sandböden, wie sie auch hier zu finden sind, K stark auswaschungsgefährdet ist. Nach van de Riet *et al.* (2010) kann es bei der Heuernte ohne Nährstoffrückführung schnell zu Mangelsituationen, besonders bei K (Schuppenies *et al.*, 2002; Venterink *et al.*, 2009) kommen.

Tabelle 13: Mittlere jährliche Kaliumentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach LLFG, Standort B

Jahr	Standort	Ø TM-Ertrag in dt/ha	Ø Nährstoffentzug (K) in kg/ha (nach Pflanzenanalyse)	LLFG Empfehlung (2% TM) K in kg/ha
2010	B	110	73	220
2011	B	64	32	128
2012	B	80	60	160

4.6.2 Stickstoffgehalte (N_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

In Abbildung 42 sind die mittleren N-Gehalte der pflanzlichen Biomasse von 6 beprobten Parzellen ($n=6$) des Standortes B von 2010 bis 2012 abgebildet. Zu Beginn der Untersuchungen konnten zwischen den Varianten keine Signifikanzen festgestellt werden. Dieses Ergebnis zeigte sich ebenfalls bei allen weiteren durchgeführten Probenahmeterminen.

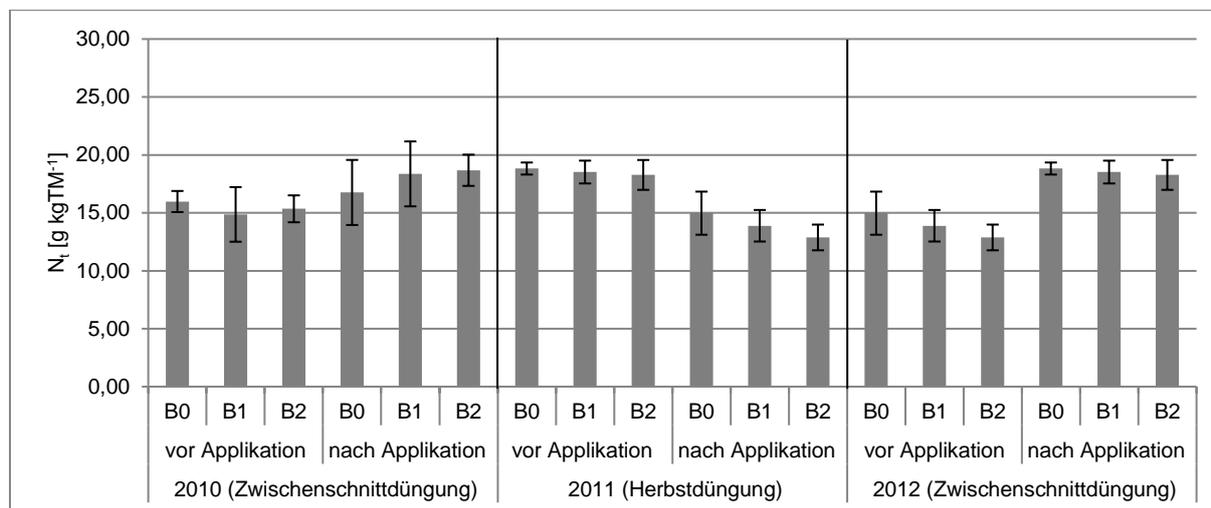


Abbildung 42: Stickstoffgehalte der pflanzlichen Biomasse Standort B, 2010-2012

Diskussion

Die mittleren N_t -Gehalte von 18 g/kg TM bestätigen nach *van de Riet et al.* (2010) die ausreichende Versorgung der pflanzlichen Biomasse mit N. Demnach war pflanzliche Biomasse mit N-Gehalten über 14,5 g je kg TM nicht stickstofflimitiert. Diese Ergebnisse gehen mit den in Abbildung 39 dargestellten N_{\min} -Gehalten des Standortes konform. Bei ausreichender N-Bereitstellung durch den Boden in Form von N_{\min} war nicht von einer N-Limitierung auszugehen. Ergebnisse von *van Duren et al.* (1997) beschrieben, dass vorrangig N und K die Biomasseproduktion beeinflussen und nur die Betrachtung der Nährstoffgehalte in Verbindung mit den Nährstoffverhältnissen der oberirdischen Biomasse, Aussagen über eventuelle Limitierungen ermöglichen.

4.6.3 Phosphorgehalte (P_t) der pflanzlichen Biomasse der Varianten

Die in Abbildung 43 aufgezeigten mittleren P_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse ($n=6$) wiesen im gesamten Untersuchungszeitraum von 2010 bis 2012 keine Signifikanzen der Varianten eines Probenahmetermins auf. Unterschiede traten lediglich nach erfolgter Herbstdüngung 2011 auf, wonach die P_t -Gehalte der Varianten sanken. Demgegenüber stiegen die P_t -Gehalte nach Zwischenschnittdüngung 2012 leicht an. Jedoch war aufgrund der hohen Dynamik nicht von einem Einfluss der K-Düngung auf die P_t -Gehalte der pflanzlichen Biomasse auszugehen. Ebenso lag nach den Ergebnissen von *De Wit et al.* (1963) und *Verhoeven et al.* (1983) keine

P-Limitierung der pflanzlichen Biomasse vor, da die kritischen Gehalte von $0,8 \text{ g je kg TM}^{-1}$ nicht unterschritten wurden. Die geringen P_{DL} -Gehalte im Boden mit weiterhin abnehmender Tendenz ließen entgegen den Ergebnissen der P-Gehalte der pflanzlichen Biomasse trotzdem auf eine notwendige Düngung mit P schließen. Es handelt sich bei den P-Gehalten im Boden und in der pflanzlichen Biomasse um Grenzbereiche einer sich wahrscheinlich entwickelnden P-Limitierung.

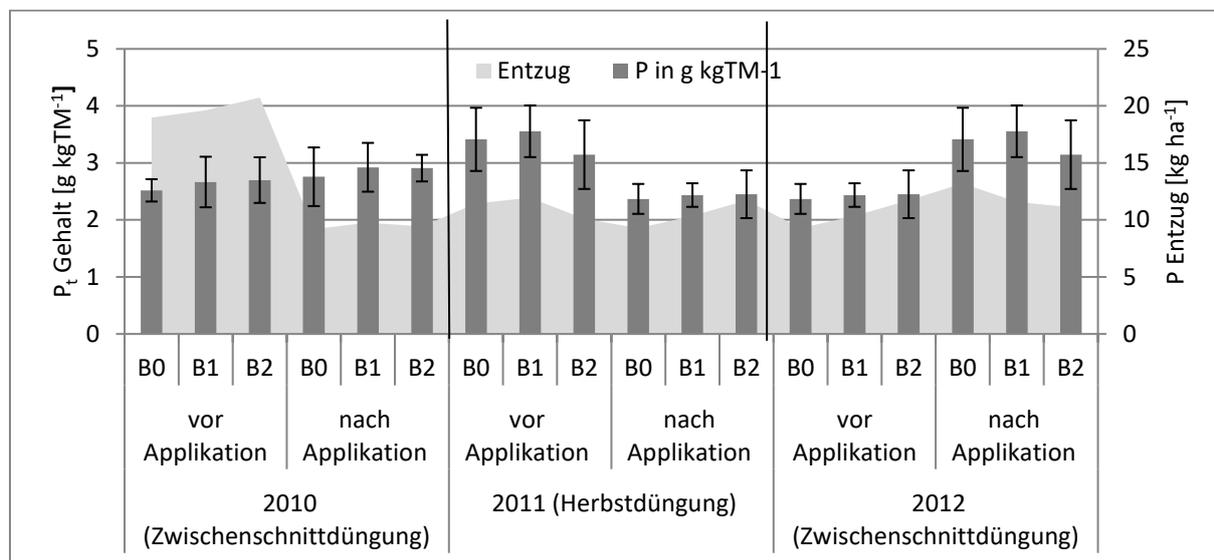


Abbildung 43: P_t -Gehalt und P-Entzug der pflanzlichen Biomasse Standort B, 2010-2012

Diskussion

Tabelle 14 zeigt die TM-Erträge sowie die durch eine Pflanzenanalyse ermittelten durchschnittlichen Nährstoffentzüge für den Standort B und die nach *LLFG* (2002) berechneten Entzüge. Liegen die P-Gehalte in der pflanzlichen Biomasse von etwa $3,0\text{-}3,5 \text{ g kg TM}^{-1}$, so kann trotz niedriger P_t -Gehalte im Boden auf eine mineralische P-Düngung verzichtet werden (*LLFG*, 2002). In den vorliegenden Ergebnissen wurden diese Gehalte meist deutlich unterschritten, so dass große Düngebedürftigkeit von P vorlag. Auf Grund höherer pH-Werte des Standortes B im Vergleich zu Standort A und der nach *Schachtschabel* und *Heinemann* (1964), *Kalbitz et al.* (1999), *Leinweber* und *Schlichting* (2002), *Bohner* (2008) sowie *Meissner et al.* (2010) beschriebenen besseren Verfügbarkeit von P unter diesen Bedingungen, welche jedoch durch die P-Gehalte im Boden nicht nachgewiesen wurde, wird die notwendige Düngung mit diesem Nährstoff zusätzlich begründet. Detaillierte Daten der einzelnen betrachteten Teilflächen sind in Anlage 17 dokumentiert. Um ausreichende Nährstoffgehalte zur Versorgung der Vegetation zu sichern und somit eine Gefahr der Limitierung durch Phosphor auszuschließen, ist nach *Jäger et al.* (2002) eine Düngung nach Entzug bis maximal zum Erreichen der Obergrenze der Gehaltsklasse B notwendig. Auf Standort B wäre 2010 somit eine P-Düngung in der Höhe des Entzuges von 28 kg ha^{-1} P erforderlich gewesen, um diesen auszugleichen und das Absinken in die Gehaltsklasse A im

darauf folgenden Jahr zu verhindern. Die Menge des durch die Vegetation entzogenen Reinnährstoffs entsprach nach Umrechnung in die Oxidform mit dem in der Literatur angegebenen Faktor 2,29. Dies entspricht einer Menge von ~ 64 kg/ha P_2O_5 , die mit dem Düngemittel zu applizieren war. Die Empfehlung der *LLFG* (2002) zur Berechnung der Düngermenge nach Entzug mit 0,3 % der TM für Phosphor ist für das angeführte Beispiel mit 33 kg P ha⁻¹ geringfügig höher als der tatsächliche Entzug. Dies trifft ebenfalls auf die Jahre 2011 und 2012 zu. Die nach *LLFG* (2002) berechneten Mengen zur entzugsausgleichenden P-Düngung sind mit den Werten der tatsächlich durch die Vegetation aufgenommenen Mengen an P vergleichbar. Es konnte ebenso wie am Standort A in der landwirtschaftlichen Praxis auf eine kostenintensive Pflanzenanalyse verzichtet werden und die prozentualen P-Gehalte nach *LLFG*-Empfehlung (2002) zur Ermittlung der entzugsorientierten P-Düngemenge herangezogen werden.

Tabelle 14: Mittlere jährliche Phosphorentzüge, nach Pflanzenanalyse und nach *LLFG*, Standort B

Jahr	Standort	Ø TM- Ertrag in dt/ha	Ø Nährstoffentzug (P) in kg/ha (nach Pflanzenanalyse)	<i>LLFG</i> Empfehlung (0,3% TM) P in kg/ha
2010	B	110	28	33
2011	B	64	19	19
2012	B	80	22	24

4.7 Kalium (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) im System Boden und Pflanze

Die gemessenen K-Fractionen im Boden (K_{DL} , K_{kw} , K_{RFA}) wurden in der vorliegenden Arbeit als ein wichtiger Aspekt für die Wirksamkeit der durchgeführten Düngemaßnahmen angesehen. Damit sollte ein Beitrag zur Klärung der gestellten Versuchsfrage, der Definition der optimalen Erhaltungsbedingungen für den FFH-LRT 6510 auf Niedermoorböden geleistet werden.

Die natürliche K-Dynamik im Boden (Variante A0 und B0) war sehr hoch. Aus diesem Grund wurden im Folgenden die K_t - Gehalte sowie die Nährstoffverhältnisse in der pflanzlichen Biomasse im Zusammenhang mit dem applizierten Dünger betrachtet. Des Weiteren sollte die Entwicklung der K-Fractionen (2010 – 2012) im Boden vergleichend für die Varianten A2 und B2 dargestellt werden. Die bisher getroffenen Aussagen bezüglich der K-Fractionen wurden unter Berücksichtigung der Veränderung der ungedüngten Varianten (natürliche Dynamik) präzisiert.

Differenzen von K_t der pflanzlichen Biomasse vor und nach Applikation von Kali60

Tabelle 15 zeigt die Differenzen von K_t in der pflanzlichen Biomasse vor und nach Düngung. Es wurden die K_t Gehalte der pflanzlichen Biomasse vor K-Applikation von den K_t Gehalten nach K-Applikation subtrahiert, um damit eine Zu – oder Abnahme von K_t in der pflanzlichen Biomasse und damit einen Kaliumbedarf der Pflanzen nachzuweisen. In den Jahren 2010 und 2011 nahmen auf Standort A mit steigender Düngermenge die Differenzen der K_t -Gehalte in der pflanzlichen Biomasse infolge erhöhter K_t -Gehalte in der Pflanze deutlich zu (vgl. Abbildung 32). Aufgrund der höheren K-Aufnahmen der pflanzlichen Biomasse der Varianten A1 sowie A2 und der geringeren Tonmineralanteile des Bodens (vgl. Tabelle 9) wurde im Jahr 2010 am Standort A kein appliziertes K im Boden fixiert. Es wurde lediglich in Form von Biomasse gebunden oder aufgrund seiner hohen Mobilität möglicherweise ausgetragen (vgl. Abbildung 15).

Demgegenüber spiegelten sich die Düngestufen am Standort B nicht in den Differenzen wieder. Auffallend waren die negativen Differenzen auf Standort B im Jahr 2012. Die durch die ermittelten N/K- und K/P - Verhältnisse ausgewiesenen Limitierungen wurden dadurch bestätigt. Möglicherweise stehen diese Ergebnisse mit der fortschreitenden Wiedervernässung und einer Nassfixierung auf Standort B im Zusammenhang.

Die K_t Gehalte der pflanzlichen Biomasse zeigten mit Ausnahme der Varianten A2, B0, B1, B2 im Jahre 2012 eine positive Differenz. Jedoch war zu bemerken, dass die Zunahmen der Varianten B1 und B2 im Vergleich zu A1 und A2 um ca. 40 % geringer waren und sich damit wiederum die bereits erwähnte höhere Sorptionskraft des Bodens am Standort B bestätigte (Markert, 1965; Kuchenbuch et al., 1986; Blake et al., 1999; Gill and Yemane, 1999; Cornu et al., 2012; Bar-Yosef and Ben Asher, 2013). Nach der Herbsdüngung 2011 zeigten die Differenzen des K_t in der pflanzlichen Biomasse deutlich geringere Werte als zur

Zwischenschnittdüngung 2010. Die Ursache war zum einen in dem verringerten Bedarf an K der pflanzlichen Biomasse in den Wintermonaten zu sehen, da die Vegetation bei Temperaturen unter 5 °C ruht. Mit dieser Wachstumsruhe sank automatisch die Sorptionskraft der pflanzlichen Biomasse im Vergleich zur Sorptionskraft des Bodens.

Tabelle 15: Differenzen von K_t der pflanzlichen Biomasse vor und nach Applikation von Kali60 der Standorte A und B, 2010-2012

Variante		Diff. K_t mg 100g ⁻¹ TM		
		2010	2011	2012
A	0	370.2	235.0	109.3
	1	537.9	351.5	40.3
	2	1227.8	1137.6	-68.4
B	0	450.2	279.6	-692.0
	1	303.0	289.5	-289.5
	2	754.0	227.3	-227.3

Differenz K-Entzug und applizierte K-Düngemenge

Die K-Entzüge der pflanzlichen Biomasse wurden von den applizierten K-Düngemengen subtrahiert (Abbildung 44). Dabei zeigten die ungedüngten Varianten (A0 und B0) den Entzug der pflanzlichen Biomasse unter gegebenen Standortbedingungen an. Es traten am Standort A für alle drei Versuchsjahre vergleichbare K-Entzüge bei der Variante A0 auf. Im Mittel handelte es sich um Werte von - 46 kg K ha/a. Für die Variante A1 waren mit Ausnahme des Jahres 2012 die Differenzen sehr gering und lagen nahe bei Null. Daraus war zu erkennen, dass der K-Entzug durch die pflanzliche Biomasse der Höhe der Kaliumdüngung entsprach. Die Varianten A2 wiesen im Untersuchungszeitraum im Mittel positive Differenzen von + 30 kg K ha/a aus und zeigten einen K-Überschuß.

Für die Variante B0 konnte zwischen den Untersuchungsjahren kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Mit mittleren Werten von - 60 kg K ha/a lagen die K-Entzüge der pflanzlichen Biomasse geringfügig über den mittleren Werten von A0. Bei den Varianten B1 konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Jedoch waren auch bei diesen Varianten die mittleren Werte von - 25 kg K ha/a deutlich geringer als die Werte von A1. Die Varianten von B2 waren mit mittleren Werten von + 25 kg vergleichbar mit den Werten von A2.

Die Differenzen wiesen weiterhin aus, dass es sich bei den Varianten A1 und B1 um eine nicht ausreichende Zuführung von K handelte. Bei diesen Varianten lag also weiterhin eine partielle K-Düngebedürftigkeit vor. Hingegen waren bei den Varianten A2 und B2 im gesamten Untersuchungszeitraum positive Werte zu verzeichnen. Demnach waren die Entzüge geringer als die Zufuhr. Auf Grund der Düngerüberschüsse der Varianten A2 und B2 wird empfohlen

bei den optimalen Düngermengen einen Kompromiss aus der Düngestufe 1 bzw. Düngestufe 2 (also zwischen 60 und 120 kg K ha⁻¹) zu wählen, um die Voraussetzung für den optimalen Erhalt des FFH-LRT 6510 zu gewährleisten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Ertrag nur geringfügig gesteigert werden kann, es also primär keinen Mehrgewinn für die landwirtschaftliche Praxis gibt. Es handelte sich hierbei um Nachhaltigkeit zur grundlegenden Erhaltung der Bodenbeschaffenheit bzw. des Bodenzustandes mit dem Ziel der Erhaltung des FFH-LRT 6510. Diese Pflicht zur Erhaltung der aktuellen Bodenqualität ist im *BBodenSchV* (*Versteyl et al.*, 2005) manifestiert und sollte berücksichtigt werden.

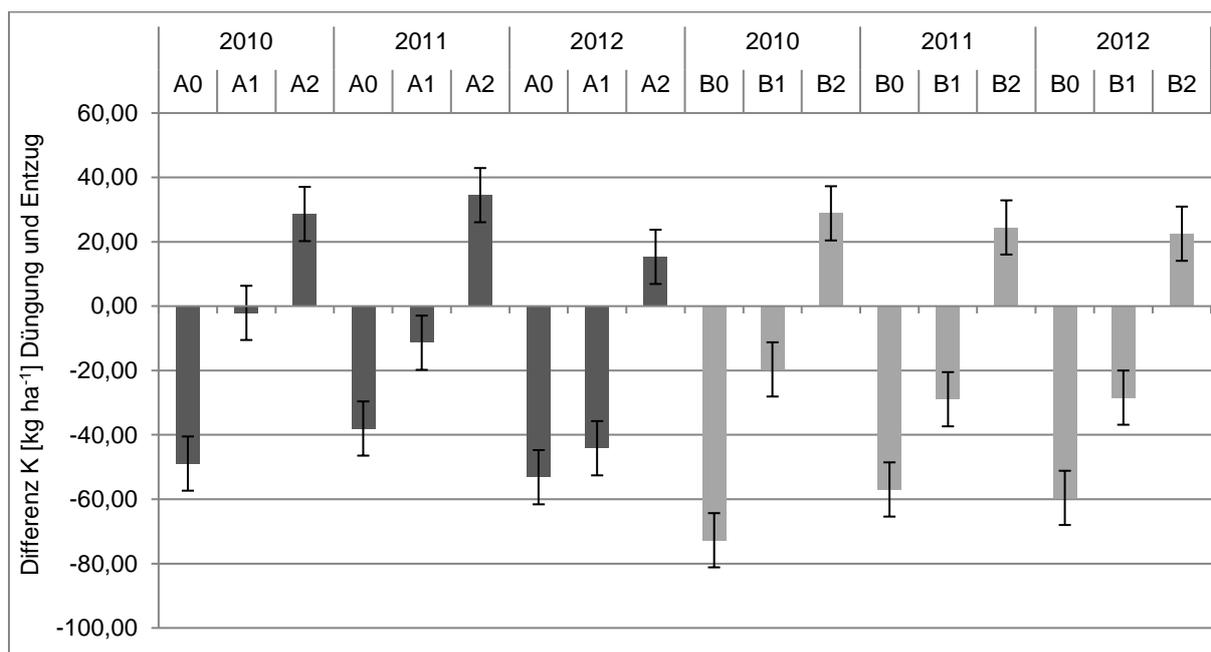


Abbildung 44: Differenz zwischen applizierter K-Düngermenge und pflanzlichem K-Entzug der Standorte A und B, 2010-2012

Nährstoffverhältnisse der pflanzlichen Biomasse

Des Weiteren führten die Nährstoffverhältnisse (basierend auf N_t, K_t, P_t) der pflanzlichen Biomasse (Tabelle 15) zu verwertbaren Einschätzungen bezüglich des Versorgungszustandes (*Verhoeven et al.*, 1996; *Venterink et al.*, 2002; *Güsewell et al.*, 2003; *Güsewell*, 2003; *van de Riet et al.*, 2010). Die auf der Basis der Nährstoffverhältnisse sich ergebende K-Limitierung wurde gesondert ausgewiesen. Grundlage für die Abgrenzung der Limitierung waren die Ergebnisse von *van de Riet et al.* (2010). Es wurden N/K Verhältnisse der pflanzlichen Biomasse mit $\geq 2,1$ und K/P Verhältnisse mit $\leq 3,4$ als K-illimitiert bezeichnet. Die ermittelten Nährstoffverhältnisse vor Applikation 2010 zeigten sowohl für die N/K - als auch für die K/P - Verhältnisse eine vergleichbare K-Limitierung in der pflanzlichen Biomasse beider Standorte. Nach Applikation von K bestand diese Limitierung nicht mehr, mit Ausnahme der Varianten A0 sowie A1 (N/K). Für Standort B waren nach Applikation keine Limitierungen nachweisbar.

Vergleichbare Aussagen waren in der Tendenz für das Jahr 2011 zu treffen. Für das Versuchsjahr 2012 bestanden K-Limitierungen für die Varianten A0. Auf dem Standort B waren alle Varianten nach Applikation K-limitiert.

Die höchste K-Düngerstufe zeigte mit Ausnahme des Versuchsjahres 2012 für beide Standorte in den N/K - und K/P - Verhältnissen keine Limitierungen und wies demzufolge eine ausreichende Versorgung aus. Ein Vergleich der Düngezeitpunkte belegte, dass die Herbstdüngung mit K tendenziell höhere K/P- Verhältnisse und geringere N/K – Verhältnisse als die Zwischenschnittdüngungen aufwies.

Tabelle 15: N/K und K/P Verhältnisse der pflanzlichen Biomasse der Standorte A und B, 2010-2012; Bewertung nach van de Riet et al. (2010)

Variante	2010				2011				2012				
	N/K		K/P		N/K		K/P		N/K		K/P		
	vor Appl.	nach Appl.											
A	0	4.3	3.3	1.6	2.7	4.4	2.1	1.4	3.8	2.1	2.2	3.8	3.3
	1	4.5	2.1	1.5	4.5	2.8	1.1	2.4	6.7	1.1	1.0	6.7	6.0
	2	4.3	1.1	1.5	7.1	1.7	0.9	3.4	8.0	0.9	1.1	8.0	6.1
B	0	3.0	1.7	2.1	3.6	4.6	1.3	1.2	4.6	1.3	4.6	4.6	1.2
	1	2.9	1.4	1.9	4.4	3.0	0.8	1.7	6.5	0.8	3.0	6.5	1.7
	2	3.2	1.1	1.7	5.7	2.9	0.8	2.0	6.5	0.8	2.9	6.5	2.0

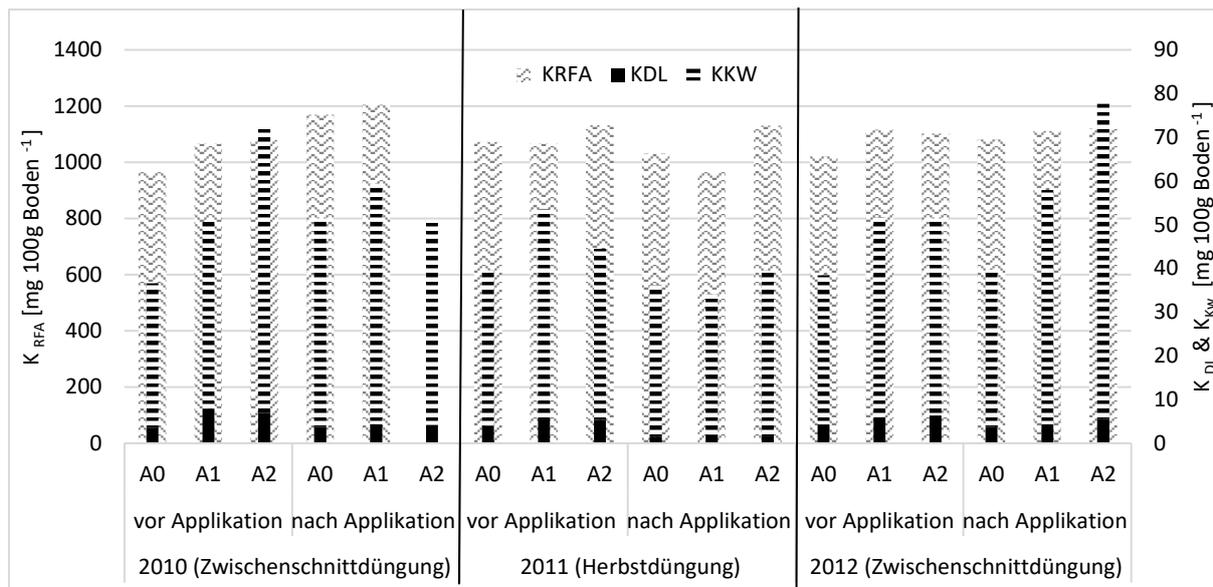
..... Kalium limitiert (N/K \geq 2,1; K/P \leq 3,4)

Kaliumfraktionen im Boden

Nachfolgend wird die Entwicklung der einzelnen K-Fraktionen des Bodens im Untersuchungszeitraum dargestellt.

In Abbildung 45 wurden die Varianten von Standort A abgebildet. Es wurde in diesem Falle die Bodentiefe 0-30 cm näher betrachtet, da es sich um die vom Dünger maßgeblich beeinflusste Zone handelt. Die Werte der Bodentiefe 30-60 cm sind im Anhang 17 ergänzend aufgeführt. Es wurde eine gemeinsame Darstellung der Fraktionen gewählt um die Verhältnisse besser aufzeigen zu können. Dabei sind die K_{RFA} immer auf der Primärachse und K_{DL} und K_{kw} auf der Sekundärachse abzulesen. Für A0 vor der K-Applikation (2010) ergibt sich folglich ein Wert von 965 mg 100g Boden⁻¹. Die Werte von K_{DL} betragen zu diesem Zeitpunkt 4 mg 100g Boden⁻¹ und der Gehalt an K_{kw} ist 33 mg 100g Boden⁻¹.

Auf Standort A zeigten die K_{RFA} -Werte keinen nachweisbaren Einfluss einer K-Düngung auf die Gehalte im Boden. Ebenso wiesen die Gehalte des K_{kw} sowie des K_{DL} tendenziell keine Veränderungen infolge der durchgeführten Düngungen aus. Es konnte anhand der ungedüngten Varianten eine sehr hohe natürliche Dynamik von K nachgewiesen werden.



* kein Wert (Tablettenbruch)

Abbildung 45: Kaliumfraktionen Standort A, 2010-2012

In Abbildung 46 wurden die Entwicklungen der unterschiedlichen K-Fractionen des Bodens für Standort B aufgezeigt. Auf diesem wiedervernässten Standort ließen sich eindeutige Tendenzen der K_{RFA} -Gehalte erkennen. Es handelte sich bei der Betrachtung ebenso um den Bereich 0-30 cm, da nicht davon auszugehen war, dass appliziertes K in tieferen Schichten wirksam wurde. Vergleicht man die K_{RFA} Gehalte der Varianten vor und nach K-Applikation, so wurde deutlich, dass sich die Variante B0 im gesamten Versuchszeitraum nicht wesentlich verändert hat. Die Gehalte der Varianten B1 zeigten in den Jahren der Zwischenschnittdüngung eine tendenzielle Abnahme. Im Jahr der Herbstdüngung war bei dieser Variante eine deutliche Zunahme der Gehalte zu verzeichnen. Die Variante B2 zeigte im ersten Versuchsjahr keine Unterschiede, jedoch in den Jahren 2011 und 2012 konnten höhere Werte nach der K-Applikation also zuvor nachgewiesen werden. Bei den K_{kw} Gehalten der Varianten B0 gab es mit Ausnahme des Jahres 2011 ebenfalls keine Veränderungen. Die Varianten B1 wiesen in den Jahren durchgeführter Zwischenschnittdüngung geringere Gehalte aus als vor K-Zuführung. Im Jahr 2011 konnte keine Veränderung festgestellt werden. Die K_{DL} Gehalte aller Varianten waren in allen drei Versuchsjahren nach der Applikation von Kali60 geringer als vor der Applikation. Diese Entwicklungen konnte als Hinweis auf die hohe Affinität des K's in Richtung des Bodens gesehen werden.

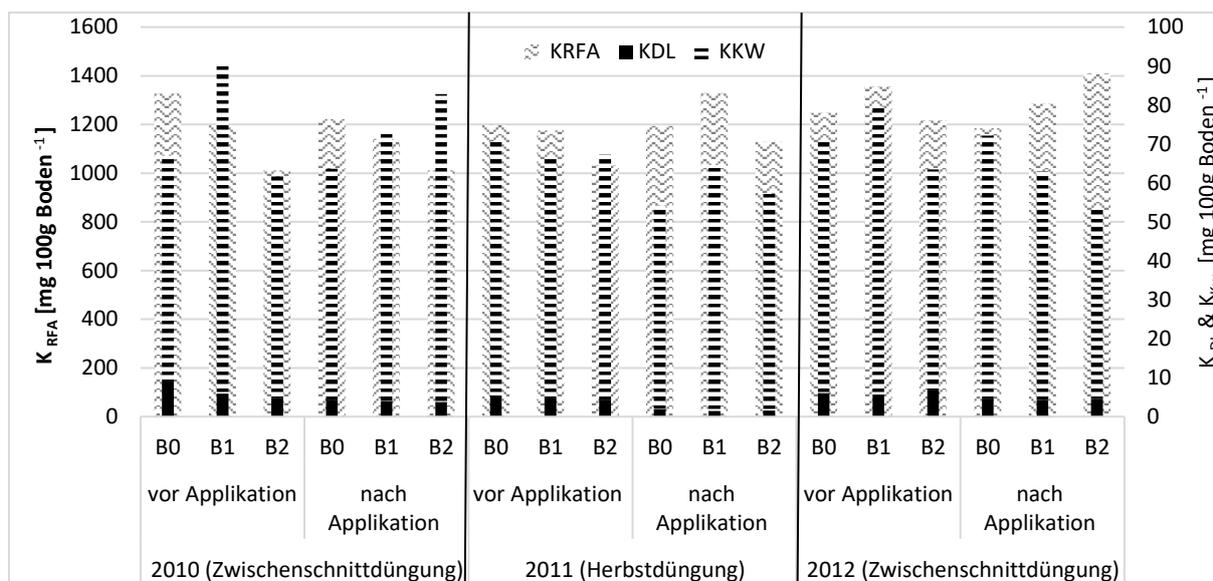


Abbildung 46: Kaliumfraktionen Standort B, 2010-2012

Die Abbildungen 47 – 50 dienen dazu, die Veränderungen der K-Fraktionen im Vergleich der Standorte A und B am Beispiel der Varianten A2 und B2 im Verlauf der Untersuchungen aufzuzeigen.

In Abbildung 47 ist der Verlauf der K_{RFA} -Gehalte der Varianten A2 und B2 im Untersuchungszeitraum 2010 - 2012 in Form einer Trendlinie dargestellt. Das berechnete Bestimmtheitsmaß (R^2) ist für A2 geringer als für B2, jedoch konnte das Ergebnis nicht statistisch gesichert werden. Demgegenüber wurde für B2 eine deutliche Steigerung der K_{RFA} Gehalte nachgewiesen.

Die Entwicklung der mittleren K_{kw} Gehalte wurde analog in Abbildung 48 dargestellt. Die Ergebnisse zeigten für die Variante B2 eine abnehmende Tendenz bei keiner Veränderung der Variante A2.

Die Verläufe der mittleren K_{DL} Gehalte der Varianten A2 und B2 sind Abbildung 49 zu entnehmen. Dabei war zu erkennen, dass die Variante A2 im Verlauf der Untersuchungen geringfügig abnahm. Demgegenüber zeigte Variante B2 einen unwesentlichen Anstieg der K_{DL} Gehalte. Betrachtet man zusätzlich die Entwicklung der K-Entzüge (Abbildung 50) durch die pflanzliche Biomasse, so wird deutlich, dass Variante A2 im Mittel höhere Entzüge aufwies als Variante B2.

Alle Ergebnisse wiesen auf eine Nassfixierung am Standort B hin. Diese Erkenntnisse ließen sich mit der bereits beschriebenen höheren Wassersättigung, dem höheren Tonanteil, der höheren KAK des Bodens von Standort B begründen. Ebenso könnte das mittels Mineraldünger ausgebrachte K am Ton Humus Komplex, welcher an diesem Standort deutlich höhere Anteile auswies, gebunden worden sein. Dieser Annahme sprach jedoch die

Entwicklung der K_{kw} Gehalte entgegen (Abbildung 48), der tendenzielle Verlauf im Untersuchungszeitraum war abnehmend.

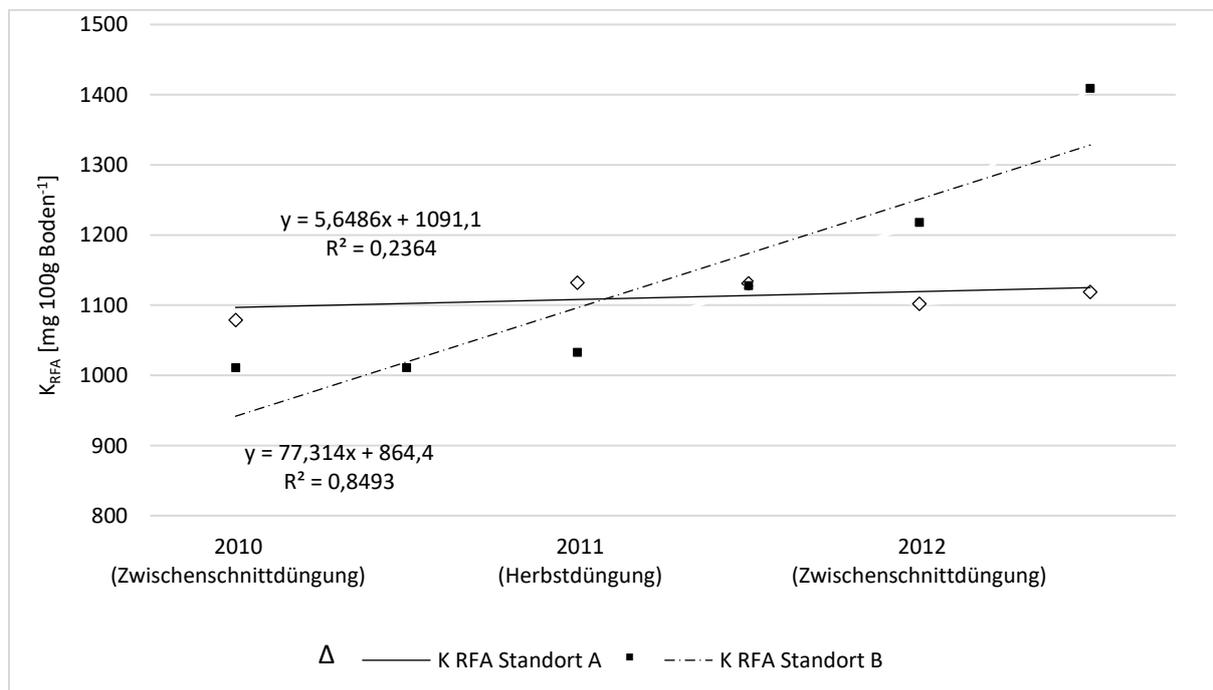


Abbildung 47: Entwicklung der mittleren K_{RFA} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010-2012

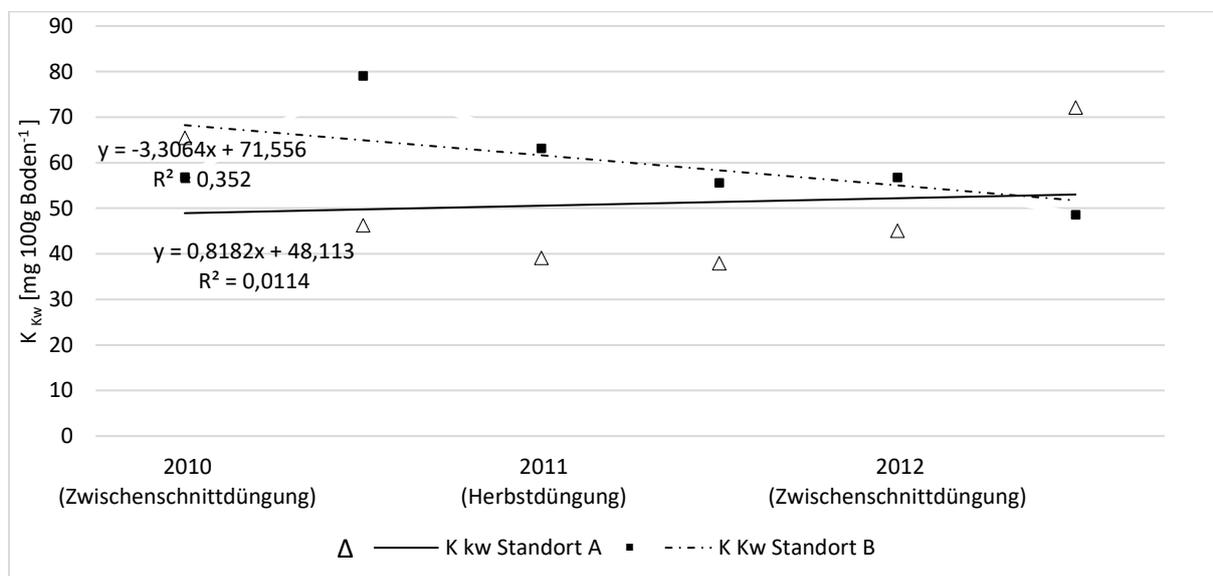


Abbildung 48: Entwicklung der mittleren K_{kw} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010-2012

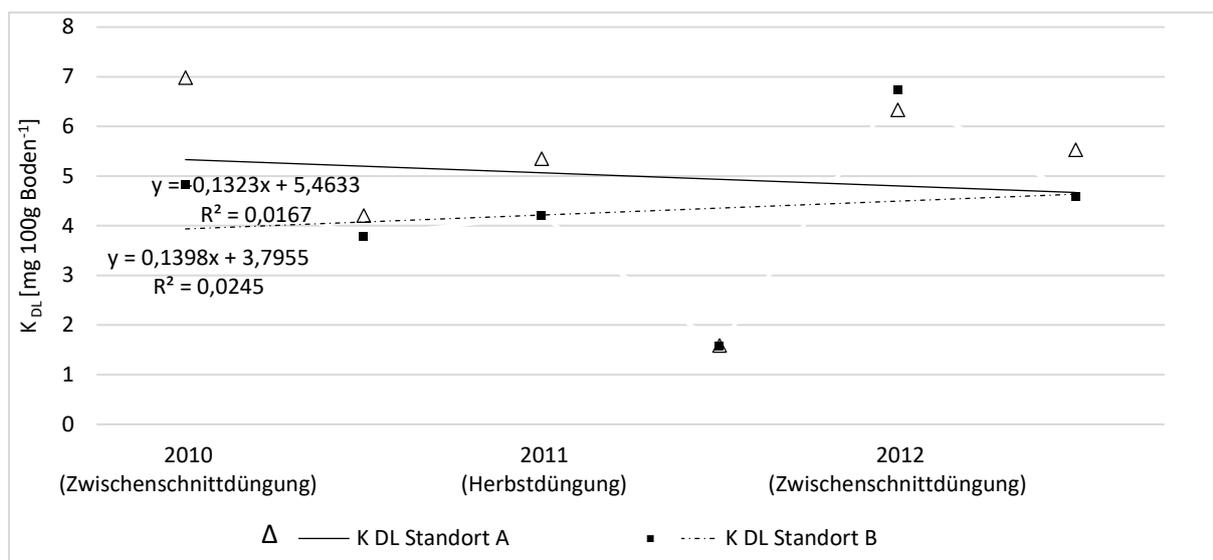


Abbildung 49: Entwicklung der mittleren K_{DL} Gehalte der Varianten A2 und B2, 2010-2012

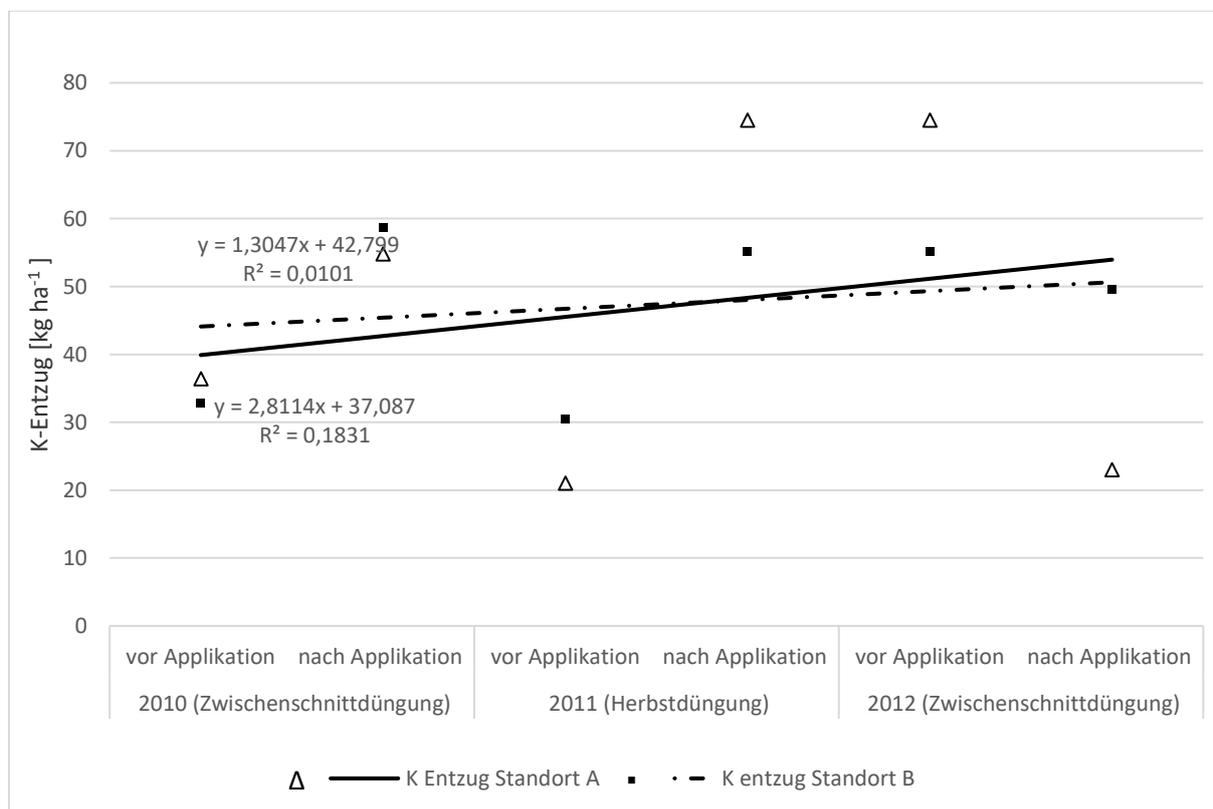


Abbildung 50: Entwicklung der mittleren Kaliumentzüge der Varianten A2 und B2, 2010-2012

Kaliumdynamik

Die Veränderung der K-Gehalte der Varianten A0 bzw. B0 im Vergleich der Termine vor und nach einer K-Applikation wurden als der natürliche Effekt definiert. Diese Entwicklung galt es, bei den gedüngten Varianten zu berücksichtigen, um die bereits getroffenen Aussagen bezüglich der Veränderungen der K-Fractionen im Boden zu präzisieren.

Auf dieser Grundlage sollten die K-Fractionen nach erfolgter K-Applikation mit Hilfe der in GL01 und GL02 ausgewiesenen Zusammenhänge korrigiert werden.

Standort A

$$\mathbf{K}_{(x, A, \text{korr}, \text{Jahr})} = \mathbf{K}_{(x, A1/A2, NA, \text{gem}, \text{Jahr})} - \mathbf{K}_{(x, A0, NA, \text{gem}, \text{Jahr})} + \mathbf{K}_{(x, A0, VA, \text{gem}, \text{Jahr})} \quad (\text{GL01})$$

Standort B

$$\mathbf{K}_{(x, B, \text{korr}, \text{Jahr})} = \mathbf{K}_{(x, B1/B2, NA, \text{gem}, \text{Jahr})} - \mathbf{K}_{(x, B0, NA, \text{gem}, \text{Jahr})} + \mathbf{K}_{(x, B0, VA, \text{gem}, \text{Jahr})} \quad (\text{GL02})$$

x: Kaliumfraktion (K_{RFA} , K_{kw} , K_{DL})

A: Variante (A0, A1, A2)

B: Variante (B0, B1, B2)

VA: vor Applikation

NA: nach Applikation

korr: berechnete Kaliumgehalte (mit Berücksichtigung des natürlichen Effektes)

gem: gemessene Laborwerte

Jahr: Zeitpunkt (2010, 2011, 2012)

Exemplarisch wurde hier für jeden Standort eine Berechnung aufgeführt; die vollständigen Tabellen sind im Anhang 20-22 zu finden. Zur besseren visuellen Veranschaulichung wurden zunehmende Gehalte mit (+) und abnehmende bzw. unveränderte Gehalte mit (-) gekennzeichnet.

Beispielrechnung Standort A (GL01):

Daten sind Anlage 22 zu entnehmen.

$$\mathbf{K}_{(RFA, A2NA, \text{korr}, 2012)} = \mathbf{K}_{(RFA, A2NA, \text{gem}, 2012)} - \mathbf{K}_{(RFA, A0NA, \text{gem}, 2012)} + \mathbf{K}_{(RFA, A0VA, \text{gem}, 2012)}$$

$$\mathbf{K}_{(RFA, A2NA, \text{korr}, 2012)} = 1119 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} - 1082 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} + 1021 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

$$\underline{\mathbf{K}_{(RFA, A2NA, \text{korr}, 2012)} = 1058 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}}$$

Anschließend wurde aus den gemessenen Werten vor K-Applikation und den berechneten Werten nach der K-Applikation eine Differenz (K_{Diff}) gebildet, um die Entwicklung der K-Gehalte der jeweiligen Fraktion unter diesem Aspekt zu beurteilen.

$$K_{(\text{Diff}, \text{A2}, 2012)} = K_{(\text{RFA}, \text{A2NA}, \text{korr}, 2012)} - K_{(\text{RFA}, \text{A2VA}, \text{gem}, 2012)} \quad (\text{GL03})$$

$$K_{(\text{Diff}, \text{A2}, 2012)} = 1058 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} - 1102 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

$$\underline{K_{(\text{Diff}, \text{A2}, 2012)} = -44 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}}$$

Exemplarisch wurde auch für den Standort B eine Beispielrechnung der Variante B2 für die K_{RFA} -Gehalte durchgeführt.

Beispielrechnung Standort B (GL02):

Daten sind Anlage 22 zu entnehmen.

$$K_{(\text{RFA}, \text{B2NA}, \text{korr}, 2012)} = K_{(\text{RFA}, \text{B2NA}, \text{gem}, 2012)} - K_{(\text{RFA}, \text{B0NA}, \text{gem}, 2012)} + K_{(\text{RFA}, \text{B0VA}, \text{gem}, 2012)}$$

$$K_{(\text{RFA}, \text{B2NA}, \text{korr}, 2012)} = 1409 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} - 1184 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} + 1249 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

$$\underline{K_{(\text{RFA}, \text{B2NA}, \text{korr}, 2012)} = 1474 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}}$$

$$K_{(\text{Diff}, \text{B2}, 2012)} = K_{(\text{RFA}, \text{B2NA}, \text{korr}, 2012)} - K_{(\text{RFA}, \text{B2VA}, \text{gem}, 2012)} \quad (\text{GL04})$$

$$K_{(\text{Diff}, \text{B2}, 2012)} = 1474 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} - 1218 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

$$\underline{K_{(\text{Diff}, \text{B2}, 2012)} = 256 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}}$$

Die Differenzen der K_{DL} - K_{kw} - K_{RFA} - Gehalte der Varianten A1 und A2 zeigten im Untersuchungszeitraum in der Regel negative Werte (Beispielberechnung Standort A). Aufgrund dieser Ergebnisse ließ sich eine Bodenwirksamkeit des ausgebrachten K an Standort A ausschließen. Das applizierte K wurde direkt von der pflanzlichen Biomasse aufgenommen und nicht an den Boden gebunden oder in einer Form im Boden fixiert.

Demgegenüber standen die in fast allen K-Fractionen positiven Differenzen der Varianten B1 und B2 des wiedervernässten Standortes (vgl. Anhang 20-22). Besonders die hohen Differenzen von K_{RFA} ließen auf eine sehr hohe Sorptionskraft des Bodens aufgrund von vorangegangenen Aushagerungsprozessen schließen. Des Weiteren wurde diese Annahme durch die in Kapitel 4.2.1 bereits erwähnten höheren Tonanteile und der damit einhergehenden höheren Fixierungskapazität verstärkt. Außerdem zeigten die von *Mengel* (1974) und *Seggewiss* (1988) beschriebenen Antagonisten des K, Mg und Ca in der pflanzlichen

Biomasse keine auf eine K-Düngung zurückzuführende Dynamik (vgl. Anhang 18). Aufgrund der Datenlage war hierbei von einer Nassfixierung des mineralischen K-Dünger auszugehen (*Blume et al.*, 2010).

Im Ergebnis der Untersuchungen war zusammenfassend festzuhalten, dass sich ein deutlicher Unterschied in der K-Dynamik beider Standorte anhand der berechneten Differenzen vor und nach K-Applikation ergab. Im Zusammenhang aller K-Fraktionen wurde für Standort A eine höhere Affinität des ausgebrachten K in Richtung der pflanzlichen Biomasse deutlich. Am Standort A galt es, Strategien zu entwickeln, den FFH-LRT 6510 optimal zu erhalten und gleichzeitig noch landwirtschaftlich zu nutzen. Die Ergebnisse zeigten eine Notwendigkeit der K-Applikation nach Pflanzenentzug, um den FFH-LRT 6510 optimal zu erhalten und um gleichzeitig eine Auswaschung von nicht benötigtem K ins oberflächennahe Grundwasser zu vermeiden.

Auf Standort B waren demgegenüber die Differenzen der K-Fraktionen in der Tendenz positiv. Auch die N/K und K/P – Verhältnisse der pflanzlichen Biomasse belegten speziell im Jahr 2012, dass eine höhere Affinität des ausgebrachten K in Richtung Boden bestand, da trotz Düngung die geerntete Biomasse K-Limitierung zeigte. Die Ergebnisse belegen die Annahme der reversiblen K-Mobilisierung aus der Tonfraktion. Aufgrund der steigenden K_{RFA} - Gehalte des Standortes nach K-Applikation und des höheren Grundwasserstandes konnte hier von einer Nassfixierung des applizierten K ausgegangen werden.

4.8 Vegetationskartierungen

4.8.1 Vegetationskundlicher Zustand der Standorte A und B im Jahr 2006

Die Ergebnisse der im Jahre 2006 kartierten Standardtestfläche 27 (PEP, 2007) waren repräsentativ für Untersuchungsstandort A sowie die Standardtestfläche 35 für den Untersuchungsstandort B. Das darauf befindliche Grünland war zum Zeitpunkt der Untersuchung sehr artenreich. Neben den charakteristischen Arten des FFH-LRT 6510 wie *Alopecurus pratensis* (Wiesen-Fuchsschwanz), *Poa pratensis* (Wiesen-Rispengras), *Cardamine pratensis* (Wiesenschaumkraut) und anderen Arten feuchter Wiesen wie *Cirsium palustre* (Sumpf-Kratzdistel) und *Juncus effusus* (Flutter-Binse) wurden die der Minimalausprägung-*Ranunculo Deschampsietum* namensgebenden Arten *Ranunculo repens* (Kriechender Hahnenfuß) und *Deschampsia cespitosa* (Rasen-Schmiele) kartiert. Diese Arten sind ebenfalls charakteristisch für den LRT 6510. Es wurden zwei verschiedene Ausbildungen der Minimalausprägung *Ranunculo Deschampsietum* vorgefunden. Eine eutrophe Ausbildung mit *Holcus lanatus*-Dominanz (Wolliges Honiggras) sowie eine weitere eutrophe Ausbildung mit einer hohen Deckung von *Juncus effusus* (Flutterbinse) als Folge der Beweidung (Warthemann et al., 2006). Die Kartierungsergebnisse aus dem Jahr 2006 wurden mit den Ergebnissen der Kartierungen von 1994 und 1999 verglichen. Die Bestände auf Standort A hatten sich im Vergleich zum Jahr 1994 zu artenreicheren, bunten Grünlandbeständen entwickelt. Im Jahr 2006 waren seit 1999 zwei charakteristische Arten des LRT 6510 hinzugekommen. *Silene flos-cuculi* (Kuckucks-Lichtnelke) und *Rumex acetosa* (Wiesen-Sauerampfer) (Warthemann et al., 2006). Demnach konnte bei der Kartierung im Jahre 2006 für Standort A und B wiederholt die Einstufung als FFH-LRT 6510 in gutem Erhaltungszustand erfolgen. Von einer sprunghaften Vegetationsveränderung bis zum Versuchsbeginn 2010 war aufgrund von gleichbleibender Bewirtschaftung und Düngeverbot nicht auszugehen. Die Ergebnisse der Vegetationskartierungen wurden als Grundlage für die in dieser Arbeit gestellten Frage des Einflusses von Wiedervernässungsmaßnahmen auf den Erhaltungszustand des LRT 6510 angesehen.

4.8.2 Vegetationskundlicher Zustand der Standorte A und B im Jahr 2012

Auf dem Standort B wurde am nördlichen Rand im Jahr 2009 ein 3 bis 5m breiter Streifen nicht landwirtschaftlich genutzt und zeigte im Jahr 2012 deutliche Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung (Brachezeiger); daher wurden die Daten nicht in die Bearbeitung einbezogen. Auf diesem Teil des Standortes reduzierten sich die Erhebungsflächen auf ca. 530 m².

Die einzelnen Teilflächen der Standorte A und B ergaben keine eindeutige Differenzierung der Vegetation aufgrund unterschiedlicher Nutzungsregime und Düngungsstufen. Das spiegelte sich in der relativ einheitlich strukturierten Vegetation auch optisch wider. Insgesamt waren

kennzeichnende sowie charakterisierende Arten in ausreichender Anzahl vorhanden, um die Standorte als LRT 6510 nach FFH-Richtlinie einzustufen (Tabelle 16) vollständige Daten in Anlage 23, 24). Die durch das Ingenieurbüro Triops ausgeführte Kartierung im Jahr 2012 ergab auf Standort A im Mittel 20 charakteristische Gefäßpflanzen. Auf Standort A war nach *Baufeld* (2012) keine Veränderung der Vegetation im Vergleich zum Jahr 2006 festzustellen. Es konnte weiterhin die Einstufung des guten Erhaltungszustandes für den FFH LRT 6510 am Standort A vorgenommen werden.

Auf Standort B waren ebenso viele charakteristische Arten vorhanden wie auf Standort A. Im Jahr 2012 waren es dort im Mittel 21 Arten. Damit wurden bei der Vegetationskartierung 2012 insgesamt 12 Arten mehr erfasst als bei der Aufnahme der Standortvegetation im Bearbeitungsjahr 2006 (*Baufeld*, 2012). Allerdings handelte es sich dabei nicht um LRT kennzeichnende Arten. Zum Bearbeitungszeitpunkt 2006 war Standort B nicht überstaut und auch 2012 war der Standort zum Zeitpunkt der Kartierungsarbeiten rein optisch nicht durch Staunässe geprägt (*Baufeld*, 2012). Jedoch zeigten die Grundwasserstände einen deutlich höheren Wert als am Standort A. Auf den Teilflächen des Standorts B hatten sich teilweise relativ artenarme Dominanzbestände von *Phalaris arundinacea* etabliert, aber auch *Cirsium arvense* war in vielen Bereichen deutlich vertreten (*Baufeld*, 2012). Obwohl die Arten des Verbandes *Arrhenatherion elatioris* in weitgehend geringer Anzahl vorhanden waren, erfolgte aufgrund des Vorkommens von *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuß) und *Deschampsia cespitosa* (Rasenschmiele) gemeinsam mit Arten der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* und einigen *Arrhenatherion*-Arten die Zuordnung zur Minimalausprägung *Ranunculo repentis-Deschampsietum cespitoesa*. Die wechselfeuchten Standortverhältnisse wurden durch vorkommende Flutrasenarten deutlich. Durch die Wiedervernässungsmaßnahmen und dem damit verbundenen steigenden Grundwasserstand auf Standort B ist nach *Baufeld* (2012) langfristig mit der Zunahme feuchtezeigender Arten und Flutrasenarten zu rechnen. Arten wie *Potentilla anserina* (Gänsefingerkraut) waren bereits stark vertreten, wodurch sich ein Übergang zum *Potentilla anserina*-Flutrasen abzeichnete. Eine Entwicklung in diese Richtung ist bei schwankenden und hohen Grundwasserständen von im Jahresmittel 10 cm unter der Geländeoberkante möglich und ein Verlust des FFH-LRT 6510 auf diesem Standort durch die Veränderung der Vegetationsstruktur die Folge (*Baufeld*, 2012).

Tabelle 16: Ergebnisse Vegetationskartierungen 2012

Variante zusammengefasst	A0	A1	A2	B0	B1	B2
Artenzahl	42	44	40	42	41	40
Gefäßpflanzen						
Anzahl LRT 6510- kennz. Arten	7	7	6	7	7	6
weitere charakteristische Arten	13	14	13	15	14	14
Charakteristische Arten ges.	20	22	20	22	21	20
% LRT 6510-kennz. Arten	47	50	50	52	51	50

Diskussion

Um einem Gebiet einen bestimmten FFH-LRT zuzuordnen zu können, muss in diesem eine ausreichende Anzahl kennzeichnender und charakteristischer Arten vorhanden sein. Die beiden Untersuchungsstandorte konnten somit durch die Vegetationskartierungen aus den Jahren 2006 und 2012 als FFH-LRT 6510 in seiner Minimalausprägung als *Ranunculo Deschampsietum* eingestuft werden. Nimmt die Anzahl dieser kennzeichnenden Arten eines Standortes ab, so ist eine eindeutige Zuordnung zu diesem Lebensraumtyp nicht mehr gegeben. Eine Artenverschiebung, hin zu einem anderen Lebensraumtyp, ist dann zu vermuten und muss entsprechend pflanzensoziologisch erfasst und zugeordnet werden. Vom derzeitigen Erkenntnisstand war kein sicheres Fazit zur Vegetationsentwicklung möglich. Dies wird voraussichtlich auch zukünftig nur schwer erreichbar sein, da Pflanzenbestände sich nicht sprunghaft verändern, sondern nur langsam über einen längeren Zeitraum. Der hier betrachtete Zeitraum von insgesamt sechs Jahren ließ lediglich eine Abschätzung von Tendenzen zur Entwicklung der Vegetation zu. Eine Einschätzung der weiteren Entwicklung der Vegetation auf Standort A war jedoch aufgrund der Kartierungsergebnisse nicht möglich, da keine Veränderungen im Zeitraum der Kartierungen von 2006 und 2012 erkennbar waren. Auf Standort B war aber nach *Baufeld (2012)*, bedingt durch die höheren Grundwasserstände, mit weiteren Veränderungen in der Vegetationsstruktur und dem Verlust des FFH-LRT-Status zu rechnen. Sowohl die Ergebnisse der Nährstoffanalyse von *Keil und Bernsdorf (2006)*, als auch die im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2012 gewonnenen Daten zeigten, dass auf beiden Standorten die ungedüngten Varianten (A0 und B0) aufgrund von Nährstoffentzug durch die Vegetation und die fehlende Rückführung der Nährstoffe durch Düngung mit P und K unterversorgt und in die Gehaltsklassen A und B einzuordnen waren. Stickstoff war auf beiden Standorten ausreichend vorhanden. Die mittleren K_{DL} -Gehalte beider Standorte lagen mit Ausnahme von Standort B im Jahre 2012 im absoluten Minimumbereich und waren aus

diesem Grund als ertragslimitierender Faktor anzusehen. Die sinkenden P_{DL} -Gehalte sprachen ebenfalls für eine weitere Aushagerung beider Standorte, wodurch die zusätzliche Limitierung des Aufwuchspotentials durch P-Mangel zu erwarten war. Eine entzugsorientierte Düngung mit P und K könnte nach Jäger et al. (2002) eine weitere Aushagerung des Standorts A vermeiden. Um jedoch einen positiven Einfluss auf den Erhaltungszustand der Vegetation zu erlangen, muss die Düngung auf die Gehaltsklasse B angestrebt werden. Entsprechende Düngungsmaßnahmen auf Standort B würden mit großer Wahrscheinlichkeit keinen Einfluss auf die Erhaltung der Vegetation des FFH-LRT 6510 auf diesem Standort haben, da in Folge steigender Grundwasserstände durch die Wiedervernässungsmaßnahmen eine Artenverschiebung und somit ein Verlust des FFH-LRT 6510 auf diesem Standort zu erwarten war (Baufeld, 2012). Die Umwandlung in einen anderen Lebensraumtyp, in Richtung Flutrasen, wäre unter den gegebenen Standortbedingungen sehr wahrscheinlich (Baufeld, 2012). Aus den Ergebnissen der Vegetationskartierungen waren ebenso wie aus den Ergebnissen der Nährstoffanalysen nur Tendenzen abzusehen. Statistisch konnten die Aussagen nicht bestätigt werden. Es sind daher weitere Untersuchungen notwendig, um exakte Aussagen zur Entwicklung des Lebensraumtyps auf den Standorten im Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalt und Vegetationsentwicklung treffen zu können. Auch eine allgemeingültige Aussage war nicht möglich, da die Charakteristik anderer Standorte mit ähnlichen Bedingungen durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren zu anderen Ergebnissen führen wird. Die gewonnenen Ergebnisse sind somit nur für die untersuchten Standorte repräsentativ. Es ist daher lediglich möglich, Einschätzungen zu den modellhaft charakterisierten Standorten A und B zu geben und einen ähnlichen Handlungsrahmen für andere Standorte zu empfehlen. Entscheidender Faktor für die Entwicklungsrichtung der Vegetationsstruktur auf Standort B wird, im Gegensatz zu Standort A, nicht der minimale Gehalt der Nährstoffe P und K sein, sondern die hohen Grundwasserstände von im Mittel 10 cm unter der Geländeoberkante.

5 Schlussfolgerungen

- Die langjährige K-Unterversorgung beider Standorte zeigt eine weitreichende K-Verarmung der Böden bis hin zur Veränderung der Tonminerale im Oberboden. Eine Abnahme der Illite im Oberboden lässt auf eine Aushagerung der Tonminerale durch die pflanzliche Biomasse schließen.
- Der Vorgang der Illitisierung kann nur initiiert werden, wenn die K-Gehalte im Boden dauerhaft zunehmen, d.h. die Konzentration in der Bodenlösung muss größer sein als der Entzug durch die pflanzliche Biomasse und die Verluste durch Auswaschung.
- Bezüglich K-Speicherung zeigt sich eine positive Wirkung auf Standorten mit hohen Grundwasserständen.
- Die Düngungsempfehlung muss entsprechend den Zielen der Vermeidung der Degradierung der mineralogischen Struktur bzw. des Erhalts des LRT ausgerichtet werden.
- Aufgrund der N/K und K/P Verhältnisse der pflanzlichen Biomasse ist in jedem Fall eine K-Zuführung notwendig.

Daraus lassen sich die folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Zum Erhalt des FFH LRT 6510 ist eine entzugsorientierte P- und K-Düngung zu empfehlen. Unter den vorhandenen Standortbedingungen war eine K-Menge von 60 bis 80 kg K ha⁻¹ a⁻¹ als optimal zu bewerten.
- Der Zeitpunkt nach der ersten Schnittnutzung gilt für eine Düngung als optimal.
- Bezüglich der Bewirtschaftungsformen konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Jedoch sollte der zweischürigen Mahd gegenüber der Mähweide aufgrund von Literaturhinweisen der Vorrang gegeben werden. Die Mähweide kann langfristig durch selektives Frassverhalten zur Veränderung der Artenzusammensetzung in Folge der Entwicklung von Dominanzbeständen führen.
- Die aus Sicht des Moorschutzes durchgeführte Wiedervernässung wird langfristig zu Veränderungen in der Vegetationsstruktur führen. Der FFH LRT 6510 ist auf diesen Standorten nicht zu erhalten.
- Es wird daher empfohlen, diesen LRT durch Heusaar auf geeigneten Flächen neu zu etablieren und damit einem Verschlechterungsverbot laut FFH-Richtlinie entgegenzuwirken.
- Sofern die landwirtschaftliche Nutzung wiedervernässter Standorte möglich ist, sollte aus bodenkundlicher und wasserwirtschaftlicher Sicht eine entzugsorientierte K-Zwischenschnittdüngung durchgeführt werden.

Forschungsbedarf

- Es muß auch für K ein Modell ähnlich der Stickstoffbedarfsanalyse entwickelt werden, wobei der Düngebedarf basierend auf dem Ertrag und den Nährstoffentzügen zu berechnen ist.
- In Gefäßversuch mit reinsten Tonmineralen ist der bisher noch ungeklärte zeitliche Verlauf von Verwitterungs- und Illitisierungsprozessen zu untersuchen.
- Für die Beurteilung der Wiedervernässungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Entwicklung des Niedermoortorfkörpers sind detailliertere Untersuchungen zu Nährstofffrachten im System Boden-Pflanze-Wasser erforderlich. Geeignete Lösungsansätze dafür bieten Lysimeteruntersuchungen. In diesem Zusammenhang sollten zur Erfolgskontrolle der Renaturierungsmaßnahmen die Entwicklung der C/N Verhältnisse näher beschrieben werden.
- Vegetationkundliche Untersuchungen sollten in längerfristigen Abständen erfolgen, um den Erhaltungszustand des FFH-LRT 6510 zu dokumentieren. Des Weiteren sind auch auf den wiedervernässten Flächen Vegetationskartierungen notwendig. Für die weitere ökonomische und ökologische Nutzung wiedervernässter Standorte bietet sich beispielsweise die Paludikulture an.

Literaturverzeichnis

- Altermann, M. u. Rosche O. (2009). Bodenkundliche Standortanspache von 2 Standorten im Naturpark Ohre-Drömling. *Unveröffentlicht*.
- Altermann, M., & Refior, K. (1997). Die Moorböden des Drömlings—gegenwärtiger Zustand—Prognose—Bodenschutz. *Mittlign. Deutsch. Bodenk. Gesell*, 85, 1091-1094.
- Amberger, A., Amann, C. (1984). Wirkungen organischer Substanzen auf Boden- und Düngerphosphat. Teil 2: Einfluß verschiedener organischer Stoffe auf die Mobilität von Dünger-P. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 147, 60–70.
- Amonette, J. E., & Sanders, R. W. (1994). Nondestructive techniques for bulk elemental analysis. *Soil Science Society of America Division 9*, 677.
- Amonette, J. E., Zelazny, L. W., & Luxmoore, R. J. (1994). Quantitative methods in soil mineralogy: *proceedings of a symposium sponsored by Division 9 of the Soil Science Society of America*.
- Andrist Rangel, Y. (2008). Quantifying mineral sources of potassium in agricultural soils. *Dissertation, Universität Upsalla (Schweden)*.
- Andrist-Rangel, Y., Hillier, S., Öborn, I., Lilly, A., Towers, W., Edwards, A. C., & Paterson, E. (2010). Assessing potassium reserves in northern temperate grassland soils: A perspective based on quantitative mineralogical analysis and aqua-regia extractable potassium. *Geoderma*, 158(3), 303-314.
- Andrist-Rangel, Y., Simonsson, M., Öborn, I., & Hillier, S. (2013). Acid-extractable potassium in agricultural soils: Source minerals assessed by differential and quantitative X-ray diffraction. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3), 407-419.
- Arienzo, M., Christen, E. W., Quayle, W., & Kumar, A. (2009). A review of the fate of potassium in the soil–plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2), 415-422.
- Barré, P., Velde, B., Fontaine, C., Catel, N., & Abbadie, L. (2008). Which 2:1 clay minerals are involved in the soil potassium reservoir? Insights from potassium addition or removal experiments on three temperate grassland soil clay assemblages. *Geoderma*, 146(1), 216-223.
- Barros, I., Williams, J. R., & Gaiser, T. (2004). Modeling soil nutrient limitations to crop production in semiarid NE of Brazil with a modified EPIC version: I. Changes in the source code of the model. *Ecological Modelling*, 178(3), 441-456.
- Bar-Yosef, B., & Ben Asher, J. (2013). Simulating the effect of potassium fertilization on carbon sequestration in soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3), 375-386.
- Baufeld (2012). Vegetationskartierungen im Naturpark Ohre-Drömling, *Zwischenbericht. unveröffentlicht*.

- Billen, N., Lehmann, A., Jahn, R., & Stahr, K. (1994). Beitrag der Flächenstilllegung zum Grundwasserschutz. *Geowissenschaften und Umwelt*, 41-48
- Blake, L., Mercik, S., Koerschens, M., Goulding, K. W. T., Stempen, S., Weigel, A., & Powlson, D. S. (1999). Potassium content in soil, uptake in plants and the potassium balance in three European long-term field experiments. *Plant and Soil*, 216, 1-14.
- Blankenburg, J. (1995). Wasserhaushalt von Niedermooren und hydrologisches Management. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*.
- Blume, H. P., Brümmer, G. W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R. & Wilke, B. M. (2009). *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde*. Springer-Verlag.
- Blüml, V., & Belting, H. (2003). Einflüsse von Nutzungsextensivierung und Wiedervernässung auf Flora und Vegetation des Grünlands im Naturschutzgebiet „Ochsenmoor“ (Niedersachsen). *Natur und Landschaft*, 78(6), 256-263.
- Blum, W. E. H. (2007): *Bodenkunde in Stichworten*. Gebr.-Borntraeger-Verl.-Buchhandl., Berlin.
- Böhme, F., Russow, R., & Neue, H. U. (2002). Airborne nitrogen input at four locations in the German state of Saxony-Anhalt-measurements using the 15N-based ITNI-system. *Isotopes in environmental and health studies*, 38(2), 95-102.
- Böhme, F.; Merbach, I.; Weigel, A.; Russow, R. (2003). Einfluss von Pflanzenart und Stickstoffversorgung auf die Höhe des atmosphärischen Stickstoffeintrages. *Mitteilungen der DBG 102/2*, 335-336
- Boeye, D., Verhagen, B., Van Haesebroeck, V., & Verheyen, R. F. (1997). Nutrient limitation in species-rich lowland fens. *Journal of Vegetation Science*, 8(3), 415-424.
- Bohner, A. (2008). Phosphor-Pools und Phosphor-Verfügbarkeit im Grünlandboden als Basis für Phosphor-Düngeempfehlungen. *Umweltökologisches Symposium „Sachgerechte Düngung im Blickfeld von Untersuchungsergebnissen“*, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 59-66.
- Bortz, J., Lienert, G. A., & Boehnke, K. (1990). Verteilungsfreie Sequenzanalyse. *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*, 503-542. Springer Berlin Heidelberg.
- Bosshard, A. (1999). Renaturierung artenreicher Wiesen auf nährstoffreichen-Böden. *Dissertationes Botanicae, Band 303, ISBN 978-3-443-64215-0*
- Braun-Blanquet, J. (1964). Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd ed. 1964, 865 pp. Springer, Wien.
- Burkart, N., Ambreger, A. (2006): Einfluß der Kaliumdüngung auf die Verfügbarkeit des Kaliums in K-fixierenden Böden im Verlaufe der Vegetationszeit. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 141, 167-179
- Claassen, N., & Jungk, A. (1982). Kaliumdynamik im wurzelnahen Boden in Beziehung zur Kaliumaufnahme von Maispflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 145, 513-525.

- Claassen, N., & Jungk, A. (1984). Bedeutung von Kaliumaufnahme, Wurzelwachstum und Wurzelhaaren für das Kaliumaneignungsvermögen verschiedener Pflanzenarten. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 147(3), 276-289.
- Cornu, S., Montagne, D., Hubert, F., Barré, P., & Caner, L. (2012). Evidence of short-term clay evolution in soils under human impact. *Comptes Rendus Geoscience*, 344(11), 747-757.
- Damm, S., Hofmann, D., Christen, O. (2012). Wirkung von K, Mg und Sulfat auf die Wasserspeicherung in Böden. *Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*
- Davidsson, T. E., Trepel, M., & Schrautzer, J. (2002). Denitrification in drained and rewetted minerotrophic peat soils in Northern Germany (Pohnsdorfer Stauung). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165(2), 199.
- Dierschke, H. (1994). Pflanzensoziologie: Grundlagen und methoden. *Ulmer Stuttgart*.
- Düngemittelverordnung (DüMV) (2012). Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. *BGBl. I S. 2482*, geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Mai 2015 *BGBl. I S. 886*.
- Egnér, H., Riehm, H., & Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 26, 199-215.
- Eich, S., Bockholt, R. (2009). Nährstoffentzug und N_{min} -Gehalte bei Extensivierung von Niedermoorgrünland auf Schwarz- und Sanddeckkulturen. http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/36921/aggf_2002_rostock_eich_bockholt.pdf (Feb 20, 2013).
- Ellison, A. M. (2006). Nutrient limitation and stoichiometry of carnivorous plants. *Plant Biology*, 8(06), 740-747.
- Ellmer, F., & Baumecker, M. (2005). Static nutrient depletion experiment Thyrow. Results after 65 experimental years. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51(2), 151-161.
- Eschner, D., & Liste, H. H. (1995). Stoffdynamik wieder zu vernässender Niedermoore. *Z. Kulturtechnik und Landentwicklung*, 36, 113-116.
- Fan, M., Bie, Z., Xie, H., Zhang, F., Zhao, S., & Zhang, H. (2013). Genotypic variation for potassium efficiency in wild and domesticated watermelons under ample and limited potassium supply. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3), 466-473.
- FAO (2006). World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. *FAO, Rome*.
- Finck, A. (2007): Pflanzenernährung und Düngung in Stichworten. *Borntraeger, Berlin*.
- Gelbrecht, J. (2002). Relationships between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology*, 38(1), 66-89.
- Gelbrecht, J. (Ed.). (2008). Phosphor- und Kohlenstoff-Dynamik und Vegetationsentwicklung in wiedervernässten Mooren des Peenetales in Mecklenburg-Vorpommern. *Berichte des IGB* 26, 190

- Ghosh, B. N., & Singh, R. D. (2001). Potassium release characteristics of some soils of Uttar Pradesh hills varying in altitude and their relationship with forms of soil K and clay mineralogy. *Geoderma*, 104(1), 135-144.
- Gill, S., & Yemane, K. (1999). Illitization in a Paleozoic, peat-forming environment as evidence for biogenic potassium accumulation. *Earth and Planetary Science Letters*, 170(3), 327-334.
- Grootjans, A. P., Schipper, P. C., van der Windt, H. J. (1985). Influence of drainage on N-mineralization and vegetation response in wet meadows. I: *Calthion palustris* stands. *Acta Oecologica. Oecologia plantarum* 6, 403–417.
- Grzebisz, W., Gransee, A., Szczepaniak, W., & Diatta, J. (2013). The effects of potassium fertilization on water-use efficiency in crop plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3), 355-374.
- Güsewell, S. (2003). Einfluss von Boden und Bewirtschaftung auf die Artenvielfalt der Vegetation auf Alpweiden im Glarnerland. *Botanica Helvetica* 113(1), 15-36
- Güsewell, S., & Koerselman, W. (2002). Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5(1), 37-61.
- Güsewell, S., Koerselman, W., & Verhoeven, J. T. (2003). Biomass N: P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications*, 13(2), 372-384.
- Hänsel, S., & Matschullat, J. (2013). Regionaler Wasserhaushalt im Wandel-Klimawirkungen und Anpassungsoptionen in der Modellregion Dresden. *Regklam-Heft 5, Poster*
- Hefting, M., Clement, J. C., Dowrick, D., Cosandey, A. C., Bernal, S., Cimpian, C. & Pinay, G. (2004). Water table elevation controls on soil nitrogen cycling in riparian wetlands along a European climatic gradient. *Biogeochemistry*, 67(1), 113-134.
- Hermesmeyer, D., & Van Der Ploeg, R. R. (1996). Schätzung der Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden. II. Ergebnisse und Bewertung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 159(5), 445-452.
- Hertwig, F., Pickert, J., & Schuppenies, R. (2006). Die entzugsgerechte Düngung mit Kalium als Grundlage für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland. *Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV)*, 67-72
- Hildebrand, E. E. (1990). Die Bedeutung der Bodenstruktur für die Waldernährung, dargestellt am Beispiel des Kaliums. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 109(1), 2-12.
- Hohenrainer, J. (Ed.) (2009). Nachrechnung des Hochwasserereignisses vom Juni 2008 an der Starzel mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM. *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung; Heft 28.10*, ISBN: 978-3-941897-22-9.
- Holthusen, D., Peth, S., Horn, R., & Kühn, T. (2012). Flow and deformation behavior at the microscale of soils from several long-term potassium fertilization trials in Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(4), 535-547.

- Jäger, U., Peterson, J., & Blank, C. (2002). 6510 Magere Flachland-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*). *Die Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie im Land Sachsen-Anhalt. Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt*, 39, 132-142.
- Joosten, H. (2006). Moorschutz in Europa. Restauration und Klimarelevanz. In: *BUND Landesverband Niedersachsen (Hsg.): Moor in der Regionalentwicklung. BUND, Wagenfeld/Ströhen*, 35 - 43.
- Joosten, H., & Clarke, D. (2002). Wise use of mires and peatlands - Background and principles including a framework for decision-making. *International Mire Conservation Group / International Peat Society*, 304.
- Jungk, A., & Claassen, N. (1986). Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 149(4), 411-427.
- Käding, H. (1996). Auswirkungen variiertes Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 40(3), 205-215.
- Käding, H. (2005): Einfluss von Düngung und Schnitthäufigkeit auf die Nährstoffbilanzen des Niedermoorgrünlandes. *Tagungsband des DLG Ausschusse Grünland und Futterbau*.
- Käding, H. (2006). Effect of varied fertilization and cutting frequency on forage yields, phosphorus and potassium contents and nutrient balance of fen grassland: (Wirkung von unterschiedlicher Düngung und variiertes Nutzungsfrequenz auf Ertrag, PK-Gehalte und Nährstoffbilanz auf Niedermoorgrünland). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52(3), 261-267.
- Kaiser, T. (2009). Die Differenzierung von Niedermoor-Pflanzengesellschaften. http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/36921/aggf_2002_rostock_kaiser.pdf (Feb 20, 2013).
- Kalbitz, K. (1998). Renaturierung im Drömling. *HGF-Jahresheft*, 40-42.
- Kalbitz, K., Rupp, H., & Meissner, R. (2002). N-, P- and DOC-dynamics in soil and groundwater after restoration of intensively cultivated fens. *Wetlands in Central Europe*, 99-116.
- Kalbitz, K., Rupp, H., Meissner, R., & Braumann, F. (1999). Folgewirkungen der Renaturierung eines Niedermoors auf die Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoffgehalte im Boden- und Grundwasser. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*, 40, 22-28.
- Kapfer, A. (1988). Versuche zur Renaturierung gedüngten Feuchtgrünlands - Aushagerung und Vegetationsentwicklung. Dissertation . Bot. 120. Universität Groningen
- Kapfer, A. (1994). Erfolgskontrolle bei Renaturierungsmaßnahmen im Feuchtgrünland. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 40, 125-142.
- Kausche, M. (2007). Der Drömling in Sachsen-Anhalt Gebiet mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. *Naturschutz*, 62.
- Kayser, M., & Isselstein, J. (2005). Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass and Forage Science*, 60(3), 213-224.
- Kerschberger, M., Schilling, G. (2000). Pflanzenernährung und Düngung. *Ulmer, Stuttgart*.

- Kieckbusch, J. J. (2003). Ökohydrologische Untersuchungen zur Nährstoffdynamik von Niedermooren am Beispiel der Pohnsdorfer Stauung. Dissertation, Christian-Albrechts Universität Kiel.
- Kieckbusch, J., & Schrautzer, J. (2004). Nährstoffdynamik flach überstauter Niedermoorflächen am Beispiel der Pohnsdorfer Stauung (Schleswig-Holstein). *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, 43(1), 15-29.
- Klapp, E., & von Boberfeld, W. O. (1990). Recognition and identification, habitat and associations, evaluation and utilization. *Pocket book of the grasses. (No. Ed. 12). Paul Parey.*
- Koerselman, W., Van Kerkhoven, M. B., & Verhoeven, J. T. (1993). Release of inorganic N, P and K in peat soils; effect of temperature, water chemistry and water level. *Biogeochemistry*, 20(2), 63-81.
- Kolahchi, Z., & Jalali, M. (2007). Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of Arid Environments*, 68(4), 624-639.
- Kratz, S., Schick, J., & Øgaard, A. F. (2016). P Solubility of Inorganic and Organic P Sources. *Phosphorus in Agriculture*, 127-154. Springer Netherlands.
- Kratz, R. (Ed.). (2001). Strategien und Verfahren zur Renaturierung. *Ökosystemmanagement für Niedermoore*, Ulmer, Stuttgart.
- Kreeb, K. H. (1983). Vegetationskunde. Methoden und Vegetationsformen unter Berücksichtigung ökosystemischer Aspekte. *Ulmer Verlag Stuttgart*.
- Kuchenbuch, R., Claassen, N., Jungk, A. (1986). Potassium availability in relation to soil moisture. *Plant and Soil* 95, 233–243.
- Kuchenbuch, R., & Jungk, A. (1984). Wirkung der Kaliumdüngung auf die Kaliumverfügbarkeit in der Rhizosphäre von Raps. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 147(3), 435-448.
- Kuntze, H. (1988). Nährstoffdynamik der Niedermoore und Gewässereutrophierung. *Telma*, 18, 61-72.
- Kuntze, H., Roeschmann, G., Schwerdtfeger, G. (1994). Bodenkunde. 188 Tabellen. *Ulmer Verlag Stuttgart*.
- Land Baden-Württemberg (2010). FFH-Lebensraumtyp 6510. Magere Flachlandmähwiesen. http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/59664/LRT_6510.pdf (Feb 20, 2013).
- Land Sachsen-Anhalt (2009). Lebensraum 6510 - Magere Flachland-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis* und *Sanguisorba officinalis*). *FFH-Kartieranleitung Offenlandlebensraumtypen*.
- Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (2002). Richtwerte für eine gute fachliche Praxis beim Düngen im Rahmen einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung. Bernburg.
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Ed.) (1993). Der Naturpark Drömling. *Abteilung Naturschutz*, Halle.

- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2002). Die Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie im Land Sachsen-Anhalt. *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* 39,
- Langheinrich, U., Braumann, F., & Lüderitz, V. (2010). Niedermoor- und Gewässerrenaturierung im Naturpark Drömling (Sachsen-Anhalt). *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*, 23.
- Lawniczak, A. E., Güsewell, S., & Verhoeven, J. T. A. (2009). Effect of N: K supply ratios on the performance of three grass species from herbaceous wetlands. *Basic and Applied Ecology*, 10(8), 715-725.
- Londo, G. (1975). Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. *Sukzessionsforschung*, 17, 613-617.
- Maigatter, H. (1961). Dannefeld, ein Dorf am Rande des Drömling. *Der Altmarkbote*, 6, 309.
- Markert, S. (1965). Über den Einfluß des Gehaltes an organischer Substanz auf das Verhältnis zwischen Sorptionsfähigkeit und Reserve-Kalium-Gehalt. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 9(7), 619-629.
- Matschullat, J., Tobschall, H. J., & Voigt, H. J. (Eds.). (2013). Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre. *Geochemie und Umwelt*. Springer, Berlin.
- Meissner, R., & Leinweber, P. (2004). Program for the prevention of diffuse pollution with phosphorus from degraded and re-wetted peat soils. *Prowater*. UFZ
- Meissner, R., Rupp, H., Schonert, P., Seeger, J., Braumann, F., & Müller, H. (1995). Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Drömling auf den Stickstoffgehalt im Boden sowie im Grund- und Oberflächenwasser. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, 33(4), 255-270.
- Meissner, R., Rupp, H., Seeger, J., & Leinweber, P. (2010). Strategies to mitigate diffuse phosphorus pollution during rewetting of fen peat soils. *Water Science and Technology*, 62(1), 123-131.
- Mengel, K., & Pilbeam, D. J. (1992): Nitrogen metabolism of plants. *Clarendon Press*.
- Mengel, K. (2001): Principles of plant nutrition. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht (USA).
- Ministerium für Umwelt, N. u. R. L. S.-A. (Ed.) (1996): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgroßprojekt Drömling - Teilvorhaben Sachsen - Anhalt. Kurzfassung.
- Mortimer, C. E., & Müller, U. (2003). Chemie—Das Basiswissen der Chemie, 8. Auflage. *Thieme, Stuttgart*.
- Müller, K. (1988). Untersuchungen zum Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumeintrag in das Grundwasser nach Güllendüngung. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 16(4), 397-405.
- Müller, J., Jurasinski, G., Dittmann, L. (2009). The long-term influence of fertilisation on the botanical composition of a fen grassland, <http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2009/20093293377.pdf> (Feb 20, 2013).

- Nemeth, K., Mengel, K., & Grimme, H. (1970). The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Science*, 109(3), 179-185.
- Németh, K. (1971). Die charakterisierung des K-Haushaltes von Böden mittels K-Desorptionskurven. *Geoderma*, 5(2), 99-109.
- Niederbudde, E. A., Fischer, W. R. (2006). Der Einfluß des Abbaues von organischer Substanz auf die NH₄-Fixierung und die K-Ca-Austauscheigenschaften smektit- und illithaltiger Böden, http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1002/jpln.19741370103/asset/19741370103_ftp.pdf?v=1&t=hdeccx7v&s=911aa653f739099972aa4af2fbd69bd092e14c63 (Feb 20, 2013).
- Niederbudde, E. A., Schwarzmann, A., & Schwertmann, U. (1969). Tonmineralbedingter K-Haushalt einer gedüngten Parabraunerde aus Würm-Geschiebemergel. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 124(3), 212-224.
- Niederbudde, E. A., Rauh, E., & Dreher, P. (1992). Die Bestimmung von selektiv freisetzbarem Kalium in Parabraunerde aus Löß und Pelosol aus Gipskeuper-Tonmergeln. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 155(5), 415-421.
- Niedermeier, A., & Robinson, J. S. (2009). Phosphorus dynamics in the ditch system of a restored peat wetland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(3), 161-169.
- Nielsen, J. D. (1972). Fixation and release of potassium and ammonium ions in Danish soils. *Plant and Soil*, 36(1-3), 71-88.
- Oelmann, Y., Broll, G., Hölzel, N., Kleinebecker, T., Vogel, A., & Schwartz, P. (2009). Nutrient impoverishment and limitation of productivity after 20 years of conservation management in wet grasslands of north-western Germany. *Biological Conservation*, 142(12), 2941-2948.
- Øgaard, A., & Krogstad, T. (2005). Release of interlayer potassium in Norwegian grassland soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(1), 80-88.
- Olde Venterink, H., Kardel, I., Kotowski, W., Peeters, W., & Wassen, M. J. (2009). Long-term effects of drainage and hay-removal on nutrient dynamics and limitation in the Biebrza mires, Poland. *Biogeochemistry*, 93(3), 235-252.
- Olde Venterink, H., Wassen, M. J., Verkroost, A. W. M., & De Ruiter, P. C. (2003). Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology*, 84(8), 2191-2199.
- Palis, G., & Peitschner, B. (1998). Der Drömling - vom Moor zur Kulturlandschaft. *Geiger-Verlag, Bad Orb*.
- Pfadenhauer, J., & Grootjans, A. (1999). Wetland restoration in Central Europe: aims and methods. *Applied Vegetation Science*, 2(1), 95-106.
- Pickert, J., Schuppenies, R., & Watzke, G. (2001). Beratungskonzept düngung von niedermoorgrünland in brandenburg. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 46(1-2), 3-14.
- Rao, C., & Khera, M. S. (1994). Potassium replenishment capacity of illitic soils at their minimal exchangeable K in relation to clay mineralogy. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 157(6), 467-470.

- Reichhoff, L. (1996). Pflege und Entwicklungsplan für das Naturschutzgroßprojekt Drömling - Teilvorhaben Sachsen - Anhalt, unveröffentlicht
- Reichhoff, L., Seelig, K. W. G., Stephani, A., Zabel, S., Schönbrodt, A., Pfau, J., Baufeld, R., Gropengiesser, P., Dreetz, H. (1996). Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) für das Naturschutzgebiet Ohre-Drömling als Grundlage für die Aufstellung von Managementplänen (MAP) für die FFH- und Vogelschutzgebiete im Naturpark Drömling. *Fortschreibung des Pflege- und Entwicklungsplans Drömling, Teilvorhaben Sachsen-Anhalt, Göttingen, Dessau, Öbischfeld.*
- Rothmaler, W.: Jäger, E. J. & Werner, K. (2005). Exkursionsflora von Deutschland. *Bd.2: Gefäßpflanzen: Grundband. 18. bearb. Aufl. Heidelberg, Berlin: Spektrum.*
- Rothmaler, W., Jäger, E. J. (2007): *Bd. 3: Gefäßpflanzen: Atlasband. Heidelberg: Spektrum.*
- Rowell, D. L. (1997). Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. *In Bodenkunde. 221–261. Springer, Berlin.*
- Rowell, D. L. (1994). Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen—Kalium, Calcium und Magnesium. *In Bodenkunde. 303-345. Springer, Berlin.*
- Ruan, J., Ma, L., & Shi, Y. (2013). Potassium management in tea plantations: Its uptake by field plants, status in soils, and efficacy on yields and quality of teas in China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 176(3), 450-459.*
- Rupp, H., Meissner, R., & Leinweber, P. (2004). Effects of extensive land use and re-wetting on diffuse phosphorus pollution in fen areas—results from a case study in the Drömling catchment, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 167(4), 408-416.*
- Sauerbrey, R., & Eschner, D. (1991). Ökologiegerechte landwirtschaftliche Niedermoornutzung. *Telma, 21, 205-212.*
- Schachtschabel, P., & Heinemann, G. (1964). Beziehungen zwischen P-Bindungsart und pH-Wert bei Lößböden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 105(1), 1-13.*
- Schachtschabel, P., & Heinemann, C. G. (1974). Beziehungen zwischen den Kaliumgehalten in Böden und in jungen Haferpflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 137(2), 123-134.*
- Scheffer, B. (2002). Nährstoffe im Boden und Gewässerbelastung in Norddeutschland. *Arbeitshefte Boden 2002/3. 76-94*
- Scheffer, B., Kuntze, H., Richter, G. (1988). Denitrifikation im ungesättigten Bereich von Niedermoorböden. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 435–441.*
- Schenk, R. (1967). Kaliumverfügbarkeit auf kaliumarmen Boden festgestellt in Feld- und Gefäßversuchen mit drei Bodenuntersuchungsmethoden. *Dissertation Universität Bonn.*
- Scherzer, J., Schaaf, W., & Hüttl, R. F. (1996). Eignung von FDR- und TDR-Sonden zur Erfassung der Bodenfeuchte in Kippsubstraten mit erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 80. 279-282.*
- Schilling, G. (1987). Pflanzenernährung und Düngung: Teil II: Düngung. *Deutscher Landwirtschaftsverlag.*

- Schlichting, A., Leinweber, P., Meissner, R., and Altermann, M. (2002). Sequentially extracted phosphorus fractions in peat derived soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165. 290–298.
- Schmidt, O., Ellmer, F., & Krüger, W. (2000). Stoffkonzentrationen in bodenlösungen bei verschiedenen fruchtfolgen auf einem sandigen standort 1. Mitteilung: Nitrat-, phosphor- und kaliumkonzentrationen. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 45(1), 21-34.
- Schob, S., Meißner, R., Rupp, H., Bernsdorf, S., Solle, N., Braumann, F. (2014). Untersuchungen zum Erhalt des FFH-Lebensraumtyps 6510 „Magere Flachlandmähwiesen“ im Naturpark Drömling. *Wasserwirtschaft 3/2014*. 34 – 40.
- Schuppenies, R., Greiner, B., Hochberg, H., Pickert, J., Riehl, G. (2002). Der Einfluss einer variierten Phosphor- und Kaliumdüngung auf den Ertrag, die Mineralstoffgehalte im Futter und die Artenzusammensetzung. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 52(3). 261-267.
- Schütte, H. R., & Stephan, U. (1968). Adsorption und Auswaschung von Chloralhydrat im Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 121(2). 117-124.
- Seggewiss, B., & Jungk, A. (1988). Einfluss der Kaliumdynamik im wurzelnahen Boden auf die Magnesiumaufnahme von Pflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151(2). 91-96.
- Sharma, A., Jalali, V. K., & Arora, S. (2010). Non-exchangeable potassium release and its removal in foot-hill soils of North-west Himalayas. *Catena*, 82(2). 112-117.
- Simonsson, M., Andersson, S., Andrist-Rangel, Y., Hillier, S., Mattsson, L., & Öborn, I. (2007). Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. *Geoderma*. 140(1). 188-198.
- Simonsson, M., Hillier, S., & Öborn, I. (2009). Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma*. 151(3). 109-120.
- Sims, J. T., Simard, R. R., & Joern, B. C. (1998). Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality*. 27(2). 277-293.
- Singh, B. B., & Jones, J. P. (1976). Phosphorous sorption and desorption characteristics of soil as affected by organic residues. *Soil Science Society of America Journal*. 40(3). 389-394.
- Sponagel, H., Fleck, W., Grottenthaler, W., Hartwich, R., Janetzko, P., Joisten, H., Kühn, D., Sabel, K. J., Schrap, W. G., Spies, E. D. (1994). *Bodenkundliche Kartieranleitung*. Hannover. ISBN 978-3-510-95920-4
- Succow, M. (Ed.) (2001). *Ökosystemmanagement für Niedermoore Strategien und Verfahren zur Renaturierung, Genese, Vorkommen und Zustand der Niedermoore Mitteleuropas*. Ulmer, Stuttgart.
- Succow, M., Joosten, H. (Eds.) (2001). *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2. Auflage Schweizerbart, Stuttgart.

- Tessier, J. T., & Raynal, D. J. (2003). Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation. *Journal of Applied Ecology*. 40(3). 523-534.
- Timmermann, T., & Joosten, H. (2009). Restaurierung von Mooren. *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. 55-93. Springer Verlag Berlin.
- Trinkwasserverordnung (TrinkwV) (2011). Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. *BGBI. I*, 459.
- Ulén, B., & Etana, A. (2010). Risk of phosphorus leaching from low input grassland areas. *Geoderma*. 158(3). 359-365.
- Van de Riet, B. P., Barendregt, A., Brouns, K., Hefting, M. M., & Verhoeven, J. T. A. (2010). Nutrient limitation in species-rich Calthion grasslands in relation to opportunities for restoration in a peat meadow landscape. *Applied Vegetation Science*. 13(3). 315-325.
- Van Duren, I. C., Boeye, D., & Grootjans, A. P. (1997). Nutrient limitations in an extant and drained poor fen: implications for restoration. *Plant Ecology*. 133(1). 91-100.
- VDLAUFA (Ed.) (2002). Methodenbuch, Band 1. Die Untersuchung von Böden. *VDLUFA, Darmstadt*.
- Velty, S., Balla, D., & Zeitz, J. (2004). Einfluss von Wiedervernässung auf den Stoffhaushalt eines degradierten Niedermoors. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsplanung*. 59-86.
- Velty, S., Behrendt, A., & Zeitz, J. (2001). Alternative Wiedervernässung von Niedermooren als umwelt (un) verträgliche Maßnahme. 11. *Lysimetertagung am 5. und 6. April 2005 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding (Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Gumpenstein-Raumberg)*. 223-224.
- Venterink, H. O., Davidsson, T. E., Kiehl, K., & Leonardson, L. (2002). Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil. *Plant and Soil*, 243(1), 119-130.
- Venterink, H. O., Pieterse, N. M., Belgers, J. D. M., Wassen, M. J., & De Ruiter, P. C. (2002). N, P, and K budgets along nutrient availability and productivity gradients in wetlands. *Ecological Applications*, 12(4), 1010-1026.
- Versteyl, L. A., & Sondermann, W. D. (2005). *Bundes-Bodenschutzgesetz*. Beck, München
- Verhoeven, J. T. A. (1986). Nutrient dynamics in minerotrophic peat mires. *Aquatic Botany*, 25, 117-137.
- Verhoeven, J. T. A., Van Beek, S., Dekker, M., & Storm, W. (1983). Nutrient dynamics in small mesotrophic fens surrounded by cultivated land. *Oecologia*. 60(1). 25-33.
- Verhoeven, J. T. A., Koerselman, W., & Meuleman, A. F. M. (1996). Nitrogen-or phosphorus-limited growth in herbaceous, wet vegetation: relations with atmospheric inputs and management regimes. *Trends in Ecology & Evolution*. 11(12). 494-497.
- Vetterlein, D., Kühn, T., Kaiser, K., & Jahn, R. (2013). Illite transformation and potassium release upon changes in composition of the rhizosphere soil solution. *Plant and Soil*. 371(1-2). 267-279.

- Walther, L., Zimmermann, S., Blaser, P., Luster, J., & Lüscher, P. (2004). Waldböden der Schweiz Band 1. Grundlagen und Region Jura. *Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern*. 150-163.
- Huo-Yan, W. A. N. G., Jian-Min, Z. H. O. U., Chang-Wen, D. U., & Xiao-Qin, C. H. E. N. (2010). Potassium fractions in soils as affected by monocalcium phosphate, ammonium sulfate, and potassium chloride application. *Pedosphere*, *20*(3). 368-377.
- Warthemann, G., Winter, N., Bischoff, A. (2006). Mahdgutübertragung in der Elbeaue bei Dessau zur Renaturierung von Brenndolden-Auenwiesen. *Naturschutz im Land Sachsen Anhalt 46 (SH)*. 49–56.
- Wassen, M. J., de Boer, H. J., Fleischer, K., Rebel, K. T., & Dekker, S. C. (2013). Vegetation-mediated feedback in water, carbon, nitrogen and phosphorus cycles. *Landscape Ecology*, *28*(4), 599-614.
- Wattendorf, P., Niederberger, J., Ehrmann, O., & Konold, W. (2010). Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasser-haushalt von Niedermooren in Baden-Württemberg. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, *54*. 293-303.
- Weigel, A., Russow, R., & Körschens, M. (2000). Quantification of airborne N-input in long-term field experiments and its validation through measurements using ¹⁵N isotope dilution. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *163*(3). 261-265.
- Welte, E., & Niederbudde, E. A. (1963). Die unterschiedliche Bindungsfestigkeit von fixiertem Kalium und ihre mineralogische Deutung. *Plant and Soil*, *18*(2). 176-190.
- White, P. J. (2013). Improving potassium acquisition and utilisation by crop plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *176*(3), 305-316.
- Wu, L. Q., Ma, W. Q., Zhang, C. C., Wu, L., Zhang, W. F., Jiang, R. F., ... & Chen, X. P. (2013). Current potassium-management status and grain-yield response of Chinese maize to potassium application. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *176*(3). 441-449.
- Wulff, F., Schulz, V., Jungk, A., & Claassen, N. (1998). Potassium fertilization on sandy soils in relation to soil test, crop yield and K-leaching. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, *161*(5). 591-599.
- Zak, D., Wagner, C., Payer, B., Augustin, J., & Gelbrecht, J. (2010). Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. *Ecological Applications*, *20*(5). 1336-1349.
- Zeitz, J. (2003). Bodenphysikalische Veränderungen nach intensiver Nutzung sowie nach Wiedervernässung. *Stoffausträge aus wiedervernässten Niedermooren*, (1). 28-37.

Anhangverzeichnis

Anhang 1:	FFH LRT- 6510 kennzeichnende Pflanzenarten.....	119
Anhang 2:	Kaliumgehalte Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort A, 2010 – 2012.....	121
Anhang 3:	Kaliumgehalte Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort B, 2010 – 2012.....	122
Anhang 4:	Nitratgehalte (NO ₃ N) Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort A, 2010-2012.....	123
Anhang 5:	Nitratgehalte in mg l ⁻¹ des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen, (n=3) Standort A, 2010-2012.....	124
Anhang 6:	Nitratgehalte (NO ₃ N) Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort B, 2010-2012.....	125
Anhang 7:	Nitratgehalte in mg l ⁻¹ des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen, (n=3) Standort B, 2010-2012.....	126
Anhang 8:	Nitratgehalte in mg l ⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort A, 2010-2012.....	126
Anhang 9:	Nitratgehalte in mg l ⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort B, 2010-2012.....	126
Anhang 10:	Phosphorgehalte Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort A, 2010-2012.....	127
Anhang 11:	Phosphorgehalte in mg l ⁻¹ des Bodenwasser (Gewinnung mittels Saugkerzen, (n=3), Standort A, 2010-2012.....	128
Anhang 12:	Phosphorgehalte Bodenwasser in mg l ⁻¹ , Standort B, 2010-2012.....	129
Anhang 13:	Phosphorgehalte in mg l ⁻¹ des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen,(n=3) Standort B, 2010-2012.....	130
Anhang 14:	Phosphorgehalte in mg l ⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort A, 2010-2012.....	130
Anhang 15:	Phosphorgehalte in mg l ⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort B, 2010-2012.....	130

Anhang 16: Nutzbare Feldkapazität des Bodens für die Horizonte der Standorte A und B, 2010.....	131
Anhang 17: Chemische Parameter der Bodenanalytik für die Varianten von Standort A und B, 2010-2012.....	132
Anhang 18: Nährstoffgehalte und – verhältnisse der pflanzlichen Biomasse sowie Trockenmasseertrag und Entzüge der Varianten von Standort A und B, 2010 - 2012.....	156
Anhang 19: Bilanzierung der Kaliumgehalte.....	164
Anhang 20: Korrigierte K_{DL} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts, 2010-2012.....	166
Anhang 21: Korrigierte K_{kw} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts, 2010-2012.....	166
Anhang 22: Korrigierte K_{RFA} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts, 2010-2012.....	167
Anhang 23: Vegetationskundliche Teilflächenaufnahmen Standort A, nach Baufeld (2012).....	168
Anhang 24: Vegetationskundliche Teilflächenaufnahmen Standort B, nach Baufeld (2012).....	172
Anhang 25: Korrelationsmatrix der Kaliumparameter des Bodens, nach PEARSON, Varianten A2, 2010 – 2012.....	177
Anhang 26: Korrelationsmatrix der Kaliumparameter des Bodens, nach PEARSON, Varianten B2, 2010 – 2012.....	178

Anhang 1 (Seite 119- 120): FFH LRT- 6510 kennzeichnende Pflanzenarten

<i>Achillea millefolium</i> (Wiesen-Schafgarbe)	<i>Helictotrichon pubescens</i> (Flaumhafer)
<i>Agrostis capillaris</i> (Rotes Straußgras)	<i>Heracleum sphondylium</i> (Wiesen-Bärenklau)
<i>Ajuga genevensis</i> (Genfer Günsel)	<i>Holcus lanatus</i> (Wolliges Honiggras)
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg. (Gemeiner Frauenmantel)	<i>Hypericum maculatum</i> (Kanten-Hartheu)
<i>Alopecurus pratensis</i> (Wiesen-Fuchsschwanz)	<i>Inula britannica</i> (Ufer-Alant)
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (Gemeines Ruchgras)	<i>Knautia arvensis</i> (Acker-Witwenblume)
<i>Arrhenatherum elatius</i> (Gewöhnlicher Glatthafer)	<i>Lathyrus pratensis</i> (Wiesen-Platterbse)
<i>Bellis perennis</i> (Gänseblümchen)	<i>Leontodon autumnalis</i> (Herbst-Löwenzahn)
<i>Bistorta officinalis</i> (Schlangen-Wiesenknöterich)	<i>Leontodon hispidus</i> (Rauher Löwenzahn)
<i>Briza media</i> (Gemeines Zittergras)	<i>Leucanthemum vulgare</i> (Wiesen-Margerite)
<i>Bromus hordeaceus</i> (Weiche Trespe)	<i>Lotus corniculatus</i> (Gemeiner Hornklee)
<i>Campanula patula</i> (Wiesen-Glockenblume)	<i>Luzula campestris</i> (Feld-Hainsimse)
<i>Campanula rotundifolia</i> (Rundblättrige Glockenblume)	<i>Medicago lupulina</i> (Hopfen-Klee)
<i>Cardamine pratensis</i> (Wiesen-Schaumkraut)	<i>Pastinaca sativa</i> (Pastinak)
<i>Carum carvi</i> (Wiesen-Kümmel)	<i>Phleum pratense</i> (Wiesen-Lieschgras)
<i>Centaurea jacea</i> (Wiesen-Flockenblume)	<i>Pimpinella major</i> (Große Pimpinelle)
<i>Cerastium holosteoides</i> (Gemeines Hornkraut)	<i>Pimpinella saxifraga</i> (Kleine Pimpinelle)
<i>Cirsium oleraceum</i> (Kohl-Kratzdistel)	<i>Plantago lanceolata</i> (Spitzwegerich)
<i>Colchicum autumnale</i> (Herbstzeitlose)	<i>Plantago media</i> (Mittlerer Wegerich)
<i>Crepis biennis</i> (Wiesen-Pippau)	<i>Poa pratensis</i> (Wiesen-Rispengras)
<i>Dactylis glomerata</i> (Wiesen-Knäuelgras)	<i>Poa trivialis</i> (Gemeines Rispengras)
<i>Daucus carota</i> (Wilde Möhre)	<i>Polygala vulgaris</i> (Gemeines Kreuzblümchen)
<i>Deschampsia cespitosa</i> (Rasen-Schmiele)	<i>Potentilla erecta</i> (Blutwurz)
<i>Dianthus carthusianorum</i> (Karthäuser-Nelke)	<i>Ranunculus acris</i> (Scharfer Hahnenfuß)
<i>Dianthus deltoides</i> (Heide-Nelke)	<i>Ranunculus auricomus</i> (Goldschopf-Hahnenfuß)
<i>Erodium cicutarium</i> (Gemeiner Reiherschnabel)	<i>Ranunculus bulbosus</i> (Knolliger Hahnenfuß)
<i>Festuca pratensis</i> (Wiesen-Schwingel)	<i>Ranunculus repens</i> (Kriechender Hahnenfuß)
<i>Festuca rubra</i> (Rot-Schwingel)	<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Zottiger Klappertopf)
<i>Filipendula vulgaris</i> (Kleines Mädesüß)	<i>Rhinanthus angustifolius</i> (Großer Klappertopf)
<i>Galium mollugo</i> (Wiesen-Labkraut)	<i>Rhinanthus minor</i> (Kleiner Klappertopf)
<i>Galium verum</i> (Echtes Labkraut)	<i>Rumex acetosa</i> (Wiesen-Sauerampfer)
<i>Geranium pratense</i> (Wiesen-Storchschnabel)	<i>Rumex acetosella</i> (Kleiner Sauerampfer)
<i>Geum rivale</i> (Bach-Nelkenwurz)	<i>Salvia pratensis</i> (Wiesen-Salbei)
<i>Glechoma hederacea</i> (Gundermann)	<i>Sanguisorba officinalis</i> (Großer Wiesenknopf)
	<i>Saxifraga granulata</i> (Knöllchen-Steinbrech)

Selinum carvifolia (Kümmel-Silge)
Silaum silaus (Wiesensilge)
Silene flos-cuculi (Kuckucks-Lichtnelke)
Silene viscaria (Pechnelke)
Symphytum officinale (Gemeiner Beinwell)
Thlaspi caerulescens (Gebirgs-Hellerkraut)
Thymus serpyllum (Sand-Thymian)
Tragopogon pratensis (Wiesen-Bocksbart)
Trifolium campestre (Feld-Klee)
Trifolium dubium (Kleiner Klee)
Trifolium hybridum (Gewöhnlicher Schweden-
Klee)
Trifolium pratense (Rot-Klee)
Trisetum flavescens (Wiesen-Goldhafer)
Veronica chamaedrys (Gamander-Ehrenpreis)
Vicia angustifolia (Schmalblättrige Wicke)
Vicia cracca (Vogel-Wicke)
Vicia sepium (Zaun-Wicke)
Viola tricolor (Wildes Stiefmütterchen)

Anhang 2: Kaliumgehalte Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort A, 2010 - 2012

Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grund- wasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90
			30 cm	60 cm	90 cm					
A	2010	5	k.W.*	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.
		6	k.W.	2,80	1,57	2,49	4,81	k.W.	1,51	1,45
		7	k.W.	1,75	1,94	2,94	0,23	k.W.	0,59	0,43
		8	k.W.	1,56	2,50	2,18	2,70	k.W.	0,22	0,67
		9	9,65	1,50	4,73	2,76	7,09	1,50	0,22	3,56
		10	k.W.	1,69	2,86	3,49	9,24	k.W.	0,59	0,59
		11	k.W.	1,44	2,73	2,57	2,17	k.W.	0,59	0,59
		12	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.
	2011	1	3,41	0,79	1,45	1,02	3,93	2,51	0,17	0,41
		2	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.
		3	k.W.	1,25	1,78	1,41	1,41	k.W.	0,21	0,21
		4	1,32	1,20	0,14	2,34	5,47	0,46	0,21	0,09
		5	k.W.	2,63	3,26	3,89	2,86	k.W.	1,17	1,17
		6	k.W.	2,13	2,66	3,10	3,70	k.W.	0,71	0,71
		7	k.W.	1,28	2,62	3,16	5,37	k.W.	0,60	0,60
		8	k.W.	1,27	2,88	2,37	7,69	k.W.	0,96	0,96
		9	0,09	1,18	2,61	3,00	7,72	0,00	0,65	0,65
		10	k.W.	1,05	2,12	1,95	4,62	k.W.	0,60	0,60
		11	k.W.	1,11	2,28	2,55	7,42	k.W.	0,60	0,60
		12	k.W.	0,97	k.W.	2,85	8,80	k.W.	k.W.	k.W.
	2012	1	k.W.	2,57	5,05	3,97	15,18	k.W.	0,30	0,32
		2	k.W.	k.W.	k.W.	3,38	13,83	k.W.	k.W.	k.W.
		3	k.W.	1,24	2,64	2,92	4,79	k.W.	0,20	0,36
		4	k.W.	1,85	3,45	3,98	12,74	k.W.	0,20	0,36
		5	k.W.	1,84	3,43	2,95	11,70	k.W.	0,23	0,56
		6	k.W.	1,89	3,75	3,76	23,85	k.W.	0,00	0,43
		7	1,12	1,83	2,95	2,78	2,66	1,30	0,62	0,86
		8	2,57	1,94	4,43	8,30	4,45	2,08	0,99	2,46
		9	10,80	1,13	3,40	8,22	7,45	1,49	1,95	1,05
		10	9,88	0,74	2,40	2,83	3,50	2,95	1,29	1,35
		11	1,06	1,24	0,64	2,50	3,46	0,92	2,14	1,11
		12	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.	k.W.

* Kein Bodenwasser vorhanden

Anhang 3: Kaliumgehalte Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort B, 2010 - 2012

Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grundwasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90	
			30 cm	60 cm	90 cm						
B	2010	5	k.W*	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		6	0,44	0,40	0,38	9,22	2,52	0,16	0,09	0,36	
		7	0,25	0,25	0,43	1,17	0,14	0,04	0,07	0,38	
		8	0,25	0,22	0,36	1,16	0,29	0,02	0,19	0,16	
		9	0,50	0,29	0,28	5,74	0,57	0,54	0,14	0,05	
		10	0,15	0,77	0,55	1,67	1,00	0,09	0,44	0,23	
		11	0,15	0,26	0,24	2,26	0,88	0,15	0,06	0,02	
		12	0,15	0,26	0,24	2,26	0,88	0,15	0,06	0,02	
		2011	1	0,17	0,26	0,31	0,67	0,65	0,03	0,03	0,02
			2	k.W.	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
			3	2,87	0,28	0,10	k.W	k.W	2,32	0,10	1,30
			4	0,20	k.W	k.W	1,57	4,61	0,09	k.W	k.W
	5		0,00	0,11	0,19	1,43	4,85	k.W	0,11	0,17	
	6		0,03	0,12	0,09	1,56	5,37	0,04	0,23	0,00	
	7		0,04	0,10	0,03	1,56	6,72	0,04	0,08	0,06	
	8		0,01	0,13	0,03	1,38	2,89	0,12	0,18	0,14	
	9		0,16	0,05	0,00	1,82	2,67	0,17	0,06	0,04	
	10		0,08	0,01	1,07	1,10	3,01	k.W	k.W	k.W	
	11		0,10	0,06	0,06	1,63	3,75	k.W	k.W	k.W	
	12		0,14	0,14	0,06	1,37	4,86	k.W	k.W	k.W	
	2012	1	0,84	0,50	0,53	3,01	12,62	k.W	k.W	k.W	
		2		0,61	0,68	2,74	13,11	k.W	k.W	k.W	
		3	0,28	0,27	0,20	0,19	0,19	0,06	0,07	0,02	
		4	0,54	1,05	1,11	3,08	15,45	k.W	0,73	0,56	
		5	0,49	0,68	0,78	1,94	19,55	k.W	0,11	0,08	
		6	1,55	1,09	1,13	15,11	16,19	0,10	k.W	0,58	
		7	5,55	0,37	0,42	0,46	1,23	3,85	k.W	0,02	
		8	9,01	0,47	0,92	1,00	0,93	4,26	0,42	0,02	
		9	9,66	1,00	0,96	1,07	0,00	4,54	0,25	0,16	
		10	6,03	0,23	0,51	0,00	0,00	2,59	0,39	0,44	
		11	5,76	0,57	0,70	0,73	0,78	2,88	0,15	0,15	
		12	6,03	0,23	0,51	0,10	0,74	2,59	0,39	0,44	

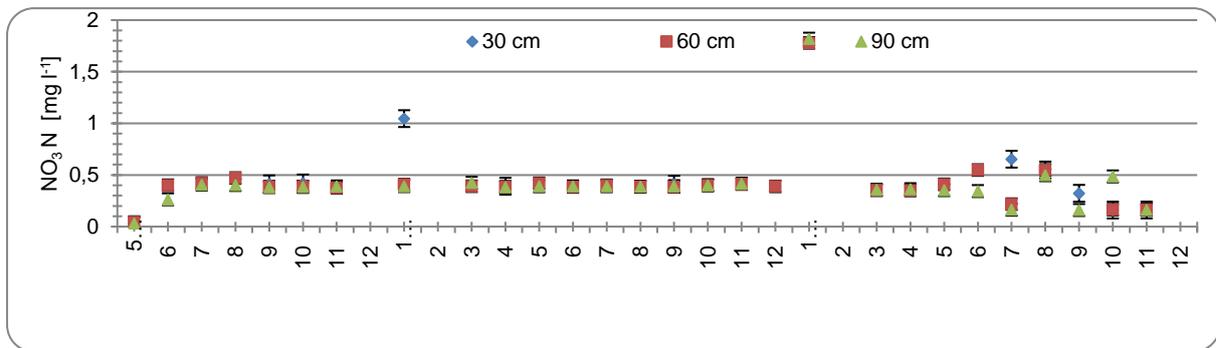
* Kein Bodenwasser vorhanden

Anhang 4: Nitratgehalte (NO₃ N) Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort A, 2010-2012

Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grundwasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90	
			30 cm	60 cm	90 cm						
A	2010	5	k.W	0,04	0,03	0,06	0,03	k.W	0,02	0,01	
		6	k.W	0,40	0,26	0,39	0,40	k.W	0,02	0,23	
		7	k.W	0,42	0,41	0,40	0,41	k.W	0,01	0,23	
		8	k.W	0,47	0,40	0,40	0,41	k.W	0,09	0,23	
		9	0,41	0,38	0,38	0,38	0,38	0,30	0,09	0,23	
		10	0,42	0,39	0,38	0,39	0,38	0,40	0,09	0,23	
		11	k.W	0,38	0,39	0,38	0,38	k.W	0,10	0,23	
		12	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		2011	1	1,05	0,41	0,39	0,40	0,39	0,24	0,21	0,89
			2	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
			3	k.W	0,39	0,42	k.W	k.W	k.W	0,30	0,04
			4	0,39	0,38	0,38	k.W	0,39	0,36	0,30	0,04
	5		k.W	0,42	0,39	0,41	0,38	k.W	0,30	0,04	
	6		k.W	0,38	0,39	0,39	0,40	k.W	0,30	0,01	
	7		k.W	0,40	0,39	0,39	0,40	k.W	0,30	0,01	
	8		k.W	0,39	0,39	0,39	0,38	k.W	0,30	0,01	
	9		0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,21	0,30	0,01	
	10		k.W	0,40	0,40	0,38	0,38	k.W	0,30	0,01	
	11		k.W	0,41	0,42	0,41	0,42	k.W	0,30	0,01	
	12		k.W	0,39	k.W	0,41	0,40	k.W	0,30	k.W	
	2012	1	k.W	1,78	1,82	0,39	0,39	k.W	0,60	0,26	
		2	k.W	k.W	k.W	0,37	0,37	k.W	k.W	k.W	
		3	k.W	0,35	0,36	0,35	0,35	k.W	0,20	0,30	
		4	k.W	0,35	0,36	0,34	0,33	k.W	0,01	0,02	
		5	k.W	0,41	0,35	0,35	0,33	k.W	0,12	0,02	
		6	k.W	0,55	0,34	0,33	0,33	k.W	0,40	0,01	
		7	0,65	0,22	0,16	0,33	0,33	0,46	0,38	0,28	
		8	0,55	0,55	0,50	k.W	k.W	0,06	0,06	0,02	
		9	0,32	k.W	0,16	0,51	0,49	0,28	k.W	0,28	
		10	0,16	0,16	0,49	0,48	0,49	0,28	0,28	0,01	
		11	0,16	0,16	0,16	0,48	0,49	0,28	0,28	0,28	
		12	k.W	k.W	k.W	0,49	0,49	k.W	k.W	k.W	

* Kein Bodenwasser vorhanden

Anhang 5: Nitratgehalte in mg l⁻¹ des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen, n=3) Standort A, 2010-2012

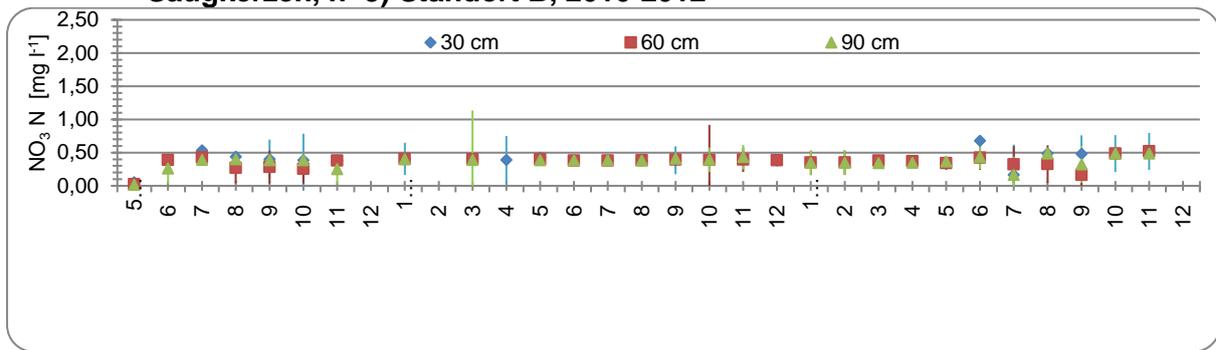


Anhang 6: Nitratgehalte (NO₃ N) Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort B, 2010-2012

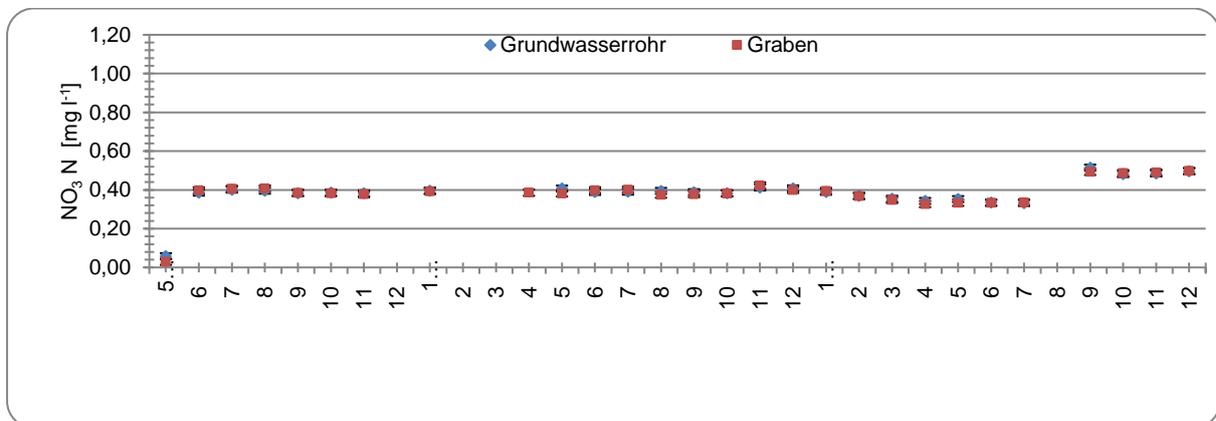
Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grundwasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90	
			30 cm	60 cm	90 cm						
B	2010	5	0,05	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,0	0,01	
		6	0,39	0,39	0,26	0,38	0,38	0,01	0,00	0,22	
		7	0,53	0,43	0,39	0,41	0,40	0,11	0,04	0,01	
		8	0,44	0,27	0,40	0,41	0,39	0,00	0,23	0,00	
		9	0,40	0,28	0,38	0,38	0,39	0,02	0,25	0,00	
		10	0,38	0,26	0,38	0,38	0,38	0,00	0,22	0,00	
		11	0,38	0,38	0,25	0,40	0,38	0,00	0,00	0,22	
		12	k.W	k.W	k.W	0,40	0,38	k.W	k.W	k.W	
		2011	1	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,01	0,00	0,01
			2	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
			3	0,40	0,40	0,39	0,38	0,40	0,01	0,01	0,75
			4	0,39	k.W	k.W	k.W	k.W	0,00	k.W	k.W
	5		0,42	0,40	0,38	0,39	0,38	0,03	0,00	0,00	
	6		0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,03	0,00	0,00	
	7		0,39	0,38	0,38	0,39	0,39	0,03	0,00	0,01	
	8		0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,00	0,01	0,00	
	9		0,39	0,39	0,41	0,49	0,40	0,00	0,01	0,03	
	10		0,40	0,39	0,39	0,38	0,39	0,18	0,53	0,18	
	11		0,39	0,39	0,43	0,41	0,39	0,18	0,18	0,18	
	12		0,38	0,38	k.W	0,46	0,39	0,53	0,00	k.W	
	2012	1	0,35	0,35	0,34	0,39	0,66	0,18	0,18	0,18	
		2	k.W	0,35	0,35	0,34	0,84	k.W	0,18	0,18	
		3	0,38	0,38	0,34	0,37	0,34	0,03	0,06	0,01	
		4	0,35	0,37	0,34	0,34	0,34	0,20	0,01	0,01	
		5	0,05	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	
		6	0,39	0,39	0,26	0,38	0,38	0,01	0,00	0,22	
		7	0,53	0,43	0,39	0,41	0,40	0,11	0,04	0,01	
		8	0,44	0,27	0,40	0,41	0,39	0,00	0,23	0,00	
		9	0,40	0,28	0,38	0,38	0,39	0,02	0,25	0,00	
		10	0,38	0,26	0,38	0,38	0,38	0,00	0,22	0,00	
		11	0,38	0,38	0,25	0,40	0,38	0,00	0,00	0,22	
		12	k.W	k.W	k.W	0,40	0,38	k.W	k.W	k.W	

* Kein Bodenwasser vorhanden

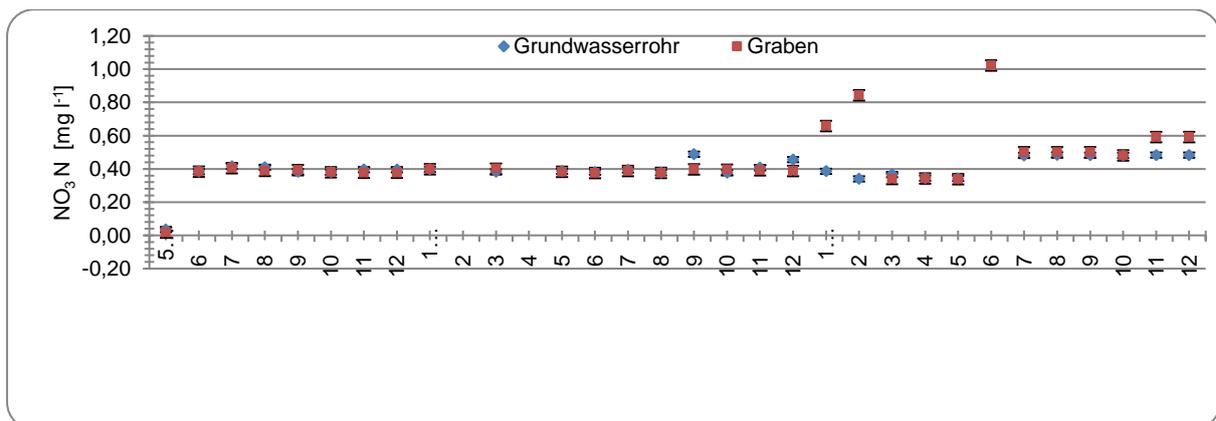
Anhang 7: Nitratgehalte in mg l^{-1} des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen, $n=3$) Standort B, 2010-2012



Anhang 8: Nitratgehalte in mg l^{-1} des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort A, 2010-2012



Anhang 9: Nitratgehalte in mg l^{-1} des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort B, 2010-2012

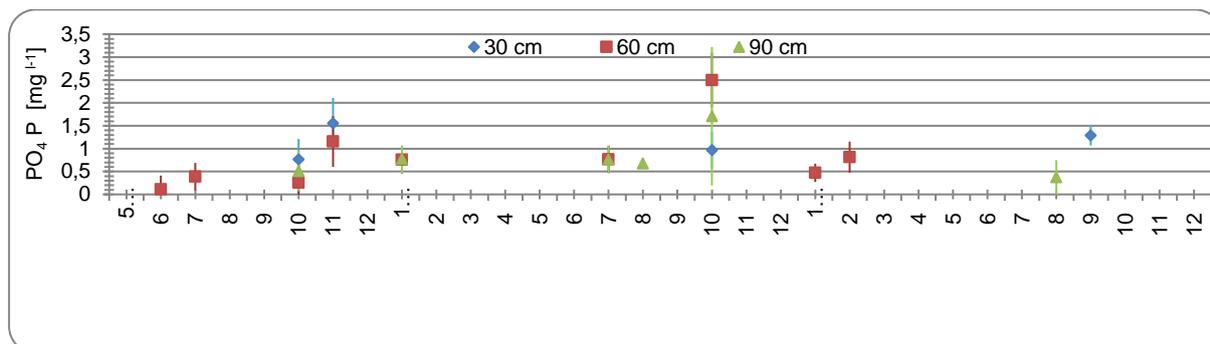


Anhang 10: Phosphorgehalte Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort A, 2010-2012

Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grundwasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90	
			30 cm	60 cm	90 cm						
A	2010	5	k.W*	k.W	k.W	k.W	0,12	k.W	k.W	k.W	
		6	k.W	0,11	k.W	k.W	0,77	k.W	0,30	k.W	
		7	k.W	0,39	k.W	k.W	k.W	k.W	0,30	k.W	
		8	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		9	k.W	k.W	k.W	0,77	0,76	k.W	k.W	k.W	
		10	0,77	0,26	0,51	0,76	0,77	0,44	0,44	0,44	
		11	1,56	1,16	k.W	0,76	k.W	0,55	0,55	k.W	
		12	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		2011	1	k.W	0,76	0,77	k.W	k.W	k.W	0,30	0,30
			2	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
			3	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
			4	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
	5		k.W	k.W	k.W	k.W	0,76	k.W	k.W	k.W	
	6		k.W	k.W	k.W	0,76	0,76	k.W	k.W	k.W	
	7		k.W	0,77	0,76	k.W	k.W	k.W	0,30	0,30	
	8		k.W	k.W	0,68	k.W	0,77	k.W	k.W	0,12	
	9		k.W	k.W	k.W	k.W	1,02	k.W	k.W	k.W	
	10		0,97	1,50	1,71	k.W	k.W	0,40	0,60	1,51	
	11		k.W	k.W	k.W	1,51	0,99	k.W	k.W	k.W	
	12		k.W	k.W	k.W	0,97	0,55	k.W	k.W	k.W	
	2012	1	k.W	0,47	k.W	k.W	k.W	k.W	0,20	k.W	
		2	k.W	0,81	k.W	0,72	k.W	k.W	0,34	k.W	
		3	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		4	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		5	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		6	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		7	k.W	k.W	k.W	6,97	4,31	k.W	k.W	k.W	
		8	k.W	k.W	0,37	k.W	k.W	k.W	k.W	0,37	
		9	1,29	k.W	k.W	k.W	k.W	0,22	k.W	k.W	
		10	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		11	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		12	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	

*kein Bodenwasser vorhanden

Anhang 11: Phosphorgehalte in mg l^{-1} des Bodenwasser (Gewinnung mittels Saugkerzen, n=3), Standort A, 2010-2012

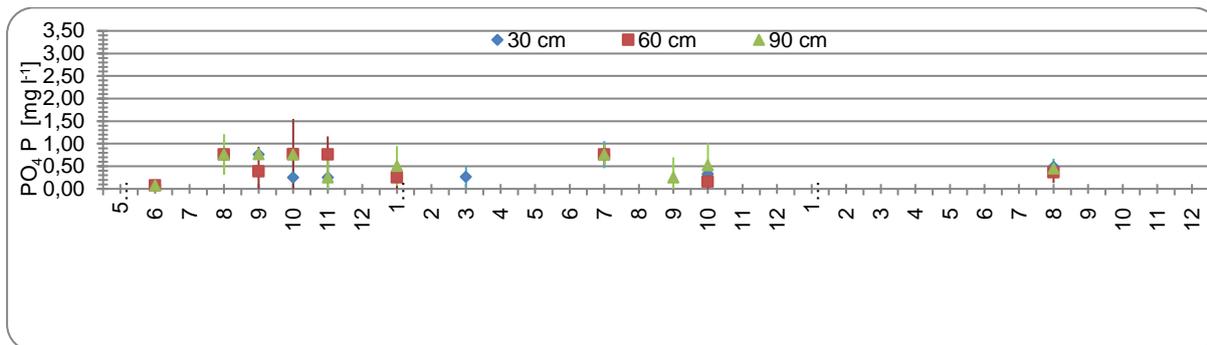


Anhang 12: Phosphorgehalte Bodenwasser in mg l⁻¹, Standort B, 2010-2012

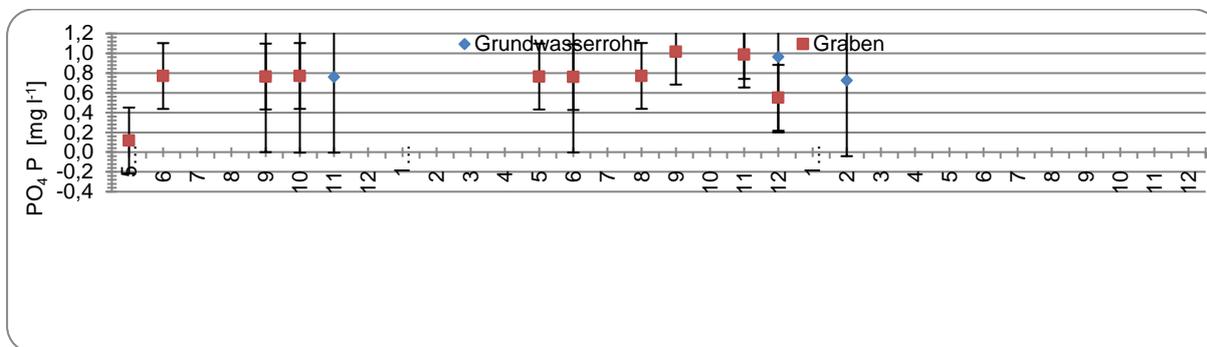
Standort	Jahr	Monat	Saugkerzen			Grundwasserrohr	Graben	Stdaw 30	Stdaw 60	Stdaw 90	
			30 cm	60 cm	90 cm						
B	2010	5	k.W*	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		6	0,08	0,08	0,08	0,12	k.W	0,07	0,07	0,07	
		7	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		8	0,77	0,76	0,76	k.W	k.W	0,01	0,44	0,44	
		9	0,76	0,39	0,77	0,76	0,77	0,10	0,54	0,10	
		10	0,25	0,77	0,76	0,77	k.W	0,44	0,78	0,10	
		11	0,25	0,76	0,25	0,77	0,77	0,44	0,40	0,44	
		12	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		2011	1	k.W	0,25	0,51	0,76	k.W	k.W	0,44	0,44
			2	k.W	k.W	k.W	0,77	k.W	k.W	k.W	k.W
			3	0,27	k.W	k.W	k.W	k.W	0,22	k.W	k.W
			4		k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W
	5		k.W	k.W	k.W	0,76	0,76	k.W	k.W	k.W	
	6		k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
	7		0,76	0,76	0,76	0,76	0,77	0,30	0,23	0,23	
	8		k.W	k.W	k.W	0,77	k.W	k.W	k.W	k.W	
	9		k.W	k.W	0,26	k.W	k.W	k.W	k.W	0,44	
	10		0,33	0,16	0,53	1,60	0,77	0,28	0,28	0,48	
	11		k.W	k.W	k.W	k.W	0,77	k.W	k.W	k.W	
	12		k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
	2012	1	k.W	k.W	k.W	0,77	k.W	k.W	k.W	k.W	
		2	k.W	k.W	k.W	0,65	0,76	k.W	k.W	k.W	
		3	k.W	k.W	k.W	0,65	0,67	k.W	k.W	k.W	
		4	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		5	k.W	k.W	k.W	k.W	0,67	k.W	k.W	k.W	
		6	k.W	k.W	k.W	k.W	0,76	k.W	k.W	k.W	
		7	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		8	0,49	0,36	0,45	0,24	0,32	0,18	0,23	0,17	
		9	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		10	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		11	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	
		12	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	k.W	

*kein Bodenwasser vorhanden

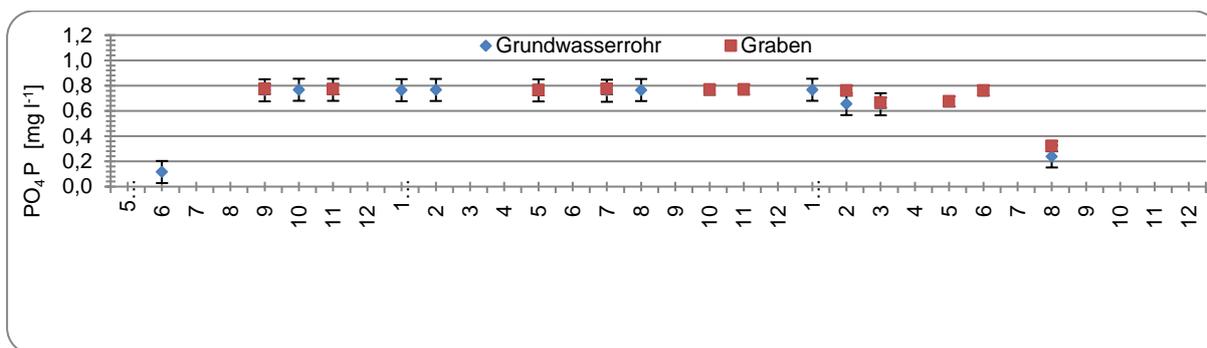
Anhang 13: Phosphorgehalte in mg l⁻¹ des Bodenwassers (Gewinnung mittels Saugkerzen, n=3) Standort B, 2010-2012



Anhang 14: Phosphorgehalte in mg l⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort A, 2010-2012



Anhang 15: Phosphorgehalte in mg l⁻¹ des Wassers (Gewinnung aus dem Grundwasserrohr und angrenzendem Graben), Standort B, 2010-2012



Anhang 16: Nutzbare Feldkapazität des Bodens für die Horizonte der Standorte A und B, 2010

Stechzylinder	Standort	Tara	Tiefen	pF1,8	pF2,5	pF3,0	pF4,2	TM	TRD	pF1,8	pF2,5	pF3,0	pF4,2	nFK
		(g)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g/cm ³)	(g)	(g)	(g)	(g)	vol%
A1	A	237,02	10-30	425,10	400,62	399,98	333,27	315,68	1,58	43,77	84,94	84,30	7,04	36,73
A9		248,35	10-30	419,85	411,70	406,97	317,54	305,84	1,53	45,60	105,86	101,13	4,68	40,92
A2		234,85	10-30	409,17	395,24	393,70	315,47	295,99	1,48	45,27	99,25	97,71	7,79	37,48
A23		248	10-30	409,94	388,19	387,25	332,49	301,18	1,51	43,50	87,01	86,07	12,52	30,98
A6		245,95	10-30	399,15	376,79	376,22	286,04	259,00	1,30	56,06	117,79	117,22	10,82	45,24
866		258,9	30-45	458,70	435,81	435,35	389,64	316,05	1,58	57,06	119,76	119,30	29,44	27,62
889		261,83	30-45	476,99	461,67	460,18	401,54	306,68	1,53	68,12	154,99	153,50	37,94	30,18
878		262,2	30-45	496,82	441,28	438,72	391,85	319,30	1,60	71,01	121,98	119,42	29,02	41,99
879		257,32	30-45	490,63	464,35	457,52	389,35	321,65	1,61	67,59	142,70	135,87	27,08	40,51
876		262,9	45-80	494,50	443,60	442,82	278,65	394,84	1,97	99,66	48,76	47,98	67,00	32,66
880		241,76	45-80	465,72	403,12	406,16	412,29	389,03	1,95	76,69	14,09	17,13	37,00	39,69
890		264	45-80	455,66	422,10	421,16	382,67	372,07	1,86	83,59	50,03	49,09	49,00	34,59
74	B	218,74	0-20	358,03	338,52	n.e.	16,64	236,57	0,95	48,58	40,78	n.e.	22,37	24,45
89		218,24	0-20	339,16	320,50	n.e.	16,36	220,14	0,88	47,608	40,144	n.e.	22,49	24,33
92		216,91	0-20	320,97	303,00	n.e.	16,02	203,44	0,81	47,012	39,824	n.e.	21,00	25,81
96		218,24	0-20	404,32	386,12	n.e.	17,14	294,14	1,18	44,072	36,792	n.e.	21,40	25,42
77		218,28	20-40	487,02	479,10	n.e.	28,11	415,66	1,66	28,544	25,376	n.e.	22,55	10,96
80		218,05	20-40	396,09	383,92	n.e.	25,70	292,52	1,17	41,428	36,56	n.e.	20,20	13,31
93		217,02	20-40	473,91	463,07	n.e.	27,18	386,57	1,55	34,936	30,6	n.e.	20,88	12,63
99		217,39	20-40	489,15	481,26	n.e.	26,63	416,31	1,67	29,136	25,98	n.e.	20,93	12,58
76		218,42	40-80	503,74	492,12	n.e.	35,12	407,80	1,63	38,376	33,728	n.e.	18,34	16,15
84		217,73	40-80	503,75	488,26	n.e.	35,48	421,77	1,69	32,792	26,596	n.e.	15,90	18,59
85		218,07	40-80	498,71	490,51	n.e.	41,29	409,56	1,64	35,66	32,38	n.e.	19,51	14,98
97		218,16	40-80	516,80	510,35	n.e.	31,89	439,00	1,76	31,12	28,54	n.e.	16,53	17,95
75		217,68	80-110	460,07	452,70	n.e.	30,48	335,82	1,34	49,7	46,752	n.e.	25,36	22,20
79		218,22	80-110	459,41	453,55	n.e.	33,16	339,82	1,36	47,836	45,492	n.e.	19,48	28,08
88		218,83	80-110	476,50	470,93	n.e.	31,44	361,22	1,44	46,112	43,884	n.e.	26,61	20,96
90		218,74	80-110	460,26	454,25	n.e.	30,05	343,76	1,38	46,6	44,196	n.e.	25,53	22,03

Anhang 17 (Seite 132 - 155): Chemische Parameter der Bodenanalytik für die Varianten von Standort A und B, 2010-2012

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AM 0	A0	0-30	27.4.10	0,15	2,44	2,59	0,30	1,92	0,61	n.e.	n.e.	4,45	4,33	14,39
AM 0	A0	30-60	27.4.10	0,02	1,42	1,44	0,31	2,15	3,06	n.e.	n.e.	4,47	4,32	14,17
AM 0	A0	0-30	27.4.10	0,26	2,03	2,29	0,58	1,37	7,93	n.e.	n.e.	4,58	8,15	13,93
AM 0	A0	30-60	27.4.10	0,11	1,25	1,36	0,27	0,95	9,64	n.e.	n.e.	4,82	4,12	15,00
AM 0	A0	0-30	27.4.10	0,30	2,15	2,45	0,38	1,80	1,04	n.e.	n.e.	4,66	5,54	14,44
AM 0	A0	30-60	27.4.10	0,09	0,97	1,06	0,34	1,28	5,18	n.e.	n.e.	4,73	4,40	12,97
AB 0	A0	0-30	27.4.10	0,29	2,36	2,65	0,52	2,00	4,62	n.e.	n.e.	4,51	7,49	14,47
AB 0	A0	30-60	27.4.10	0,07	1,41	1,48	1,16	1,92	6,09	n.e.	n.e.	4,42	19,37	16,74
AB 0	A0	0-30	27.4.10	0,11	1,37	1,48	0,36	1,88	3,28	n.e.	n.e.	4,48	5,47	15,10
AB 0	A0	30-60	27.4.10	0,03	1,15	1,18	0,16	2,48	6,40	n.e.	n.e.	4,55	2,29	14,62
AB 0	A0	0-30	27.4.10	0,07	1,49	1,56	0,35	1,96	1,77	n.e.	n.e.	4,49	4,85	14,01
AB 0	A0	30-60	27.4.10	0,08	1,05	1,13	0,24	1,06	3,86	n.e.	n.e.	4,37	3,45	14,53
AM 0	A0	0-30	14.6.10	0,58	0,12	0,70	0,28	0,96	n.e.	30,87	965	4,48	4,00	14,14
AM 0	A0	30-60	14.6.10	0,26	0,35	0,61	0,51	0,86	n.e.	17,87	880	4,40	7,48	14,77
AM 0	A0	0-30	14.6.10	0,08	0,37	0,44	0,35	0,88	0,53	33,47	n.e.	4,39	5,33	15,32
AM 0	A0	30-60	14.6.10	0,06	0,35	0,42	0,24	0,83	n.e.	16,93	n.e.	4,39	3,71	15,61
AM 0	A0	0-30	14.6.10	0,22	0,37	0,59	0,45	1,42	1,48	34,67	n.e.	4,52	6,29	13,95
AM 0	A0	30-60	14.6.10	0,10	0,19	0,28	0,16	0,71	n.e.	41,80	n.e.	4,41	2,51	15,58
AB 0	A0	0-30	14.6.10	0,02	0,11	0,14	0,28	1,33	n.e.	n.e.	n.e.	4,35	4,83	17,01
AB 0	A0	30-60	14.6.10	0,08	0,33	0,41	0,26	0,96	n.e.	n.e.	n.e.	4,28	3,94	15,34
AB 0	A0	0-30	14.6.10	0,08	0,41	0,49	0,44	1,40	7,03	n.e.	n.e.	4,44	6,59	15,05
AB 0	A0	30-60	14.6.10	0,17	0,05	0,21	0,41	0,65	2,79	n.e.	n.e.	4,38	6,06	14,64
AB 0	A0	0-30	14.6.10	0,02	0,16	0,18	0,32	0,62	5,21	n.e.	n.e.	4,42	4,81	15,12
AB 0	A0	30-60	14.6.10	0,02	0,34	0,35	0,57	0,96	2,29	n.e.	n.e.	4,43	9,29	16,39
AM 0	A0	0-30	12.10.10	0,30	0,15	0,44	0,30	1,07	3,92	38,39	1169	4,40	4,26	14,31
AM 0	A0	30-60	12.10.10	0,06	0,09	0,14	0,29	0,76	2,57	47,34	1204	4,30	4,45	15,37

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AM 0	A0	0-30	12.10.10	0,52	0,93	1,45	0,24	1,19	4,12	54,74	n.e.	4,40	3,58	14,64
AM 0	A0	30-60	12.10.10	0,16	0,38	0,54	0,24	0,69	2,02	35,57	n.e.	4,30	3,59	14,89
AM 0	A0	0-30	12.10.10	1,76	0,47	2,23	0,51	1,40	4,14	49,98	n.e.	4,50	7,33	14,28
AM 0	A0	30-60	12.10.10	2,06	0,30	2,37	0,30	0,75	2,76	53,90	n.e.	4,40	4,51	14,92
AB 0	A0	0-30	12.10.10	0,32	0,85	1,17	0,75	1,87	3,56	n.e.	n.e.	4,30	11,55	15,40
AB 0	A0	30-60	12.10.10	2,74	0,43	3,17	0,51	0,81	2,53	n.e.	n.e.	4,28	8,50	16,60
AB 0	A0	0-30	12.10.10	1,76	0,10	1,87	0,43	1,79	3,75	n.e.	n.e.	4,40	6,62	15,24
AB 0	A0	30-60	12.10.10	0,03	0,61	0,63	0,18	0,75	2,21	n.e.	n.e.	4,40	3,20	18,16
AB 0	A0	0-30	12.10.10	0,33	0,44	0,78	0,26	1,15	2,94	n.e.	n.e.	4,40	3,68	14,36
AB 0	A0	30-60	12.10.10	1,13	0,66	1,79	0,17	0,40	2,47	n.e.	n.e.	4,20	2,72	15,72
AM 0	A0	0-30	21.4.11	0,36	1,12	1,48	0,34	0,89	7,35	n.e.	n.e.	5,18	4,93	14,33
AM 0	A0	30-60	21.4.11	0,45	0,88	1,33	0,28	0,70	6,01	n.e.	n.e.	5,07	4,20	14,87
AM 0	A0	0-30	21.4.11	0,59	0,96	1,55	0,27	1,19	6,93	n.e.	n.e.	5,15	4,09	15,09
AM 0	A0	30-60	21.4.11	0,16	0,35	0,51	0,27	0,53	4,34	n.e.	n.e.	5,78	4,09	15,09
AM 0	A0	0-30	21.4.11	0,22	2,35	2,56	0,66	1,22	9,51	n.e.	n.e.	5,07	9,19	13,83
AM 0	A0	30-60	21.4.11	0,92	0,90	1,82	0,46	0,89	6,66	n.e.	n.e.	5,61	6,46	13,94
AB 0	A0	0-30	21.4.11	0,48	0,93	1,41	0,48	1,64	8,11	n.e.	n.e.	5,07	7,03	14,62
AB 0	A0	30-60	21.4.11	0,20	0,74	0,94	0,25	0,89	5,00	n.e.	n.e.	4,93	3,71	14,85
AB 0	A0	0-30	21.4.11	0,38	0,94	1,32	0,27	1,44	7,63	n.e.	n.e.	5,15	4,00	14,97
AB 0	A0	30-60	21.4.11	0,05	0,48	0,52	0,07	1,40	9,53	n.e.	n.e.	5,06	1,26	18,42
AB 0	A0	0-30	21.4.11	0,53	1,35	1,88	0,34	1,31	8,17	n.e.	n.e.	5,08	4,90	14,50
AB 0	A0	30-60	21.4.11	0,50	0,67	1,17	0,27	0,76	5,72	n.e.	n.e.	4,91	4,17	15,38
AM 0	A0	0-30	14.6.11	0,20	0,34	0,54	0,36	0,88	6,22	n.e.	n.e.	4,84	5,28	14,63
AM 0	A0	30-60	14.6.11	0,33	0,19	0,52	0,24	0,27	5,29	n.e.	n.e.	4,74	3,77	15,51
AM 0	A0	0-30	14.6.11	0,49	0,39	0,88	0,35	0,52	4,49	n.e.	n.e.	5,37	5,12	14,45
AM 0	A0	30-60	14.6.11	0,17	0,22	0,40	0,24	0,49	6,17	n.e.	n.e.	5,29	3,52	14,92
AM 0	A0	0-30	14.6.11	1,64	0,62	2,26	0,49	0,82	4,06	n.e.	n.e.	4,88	6,85	13,86
AM 0	A0	30-60	14.6.11	0,47	0,35	0,82	0,26	0,55	5,43	n.e.	n.e.	5,81	3,81	14,55

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 0	A0	0-30	14.6.11	0,18	0,39	0,57	0,64	1,50	6,26	n.e.	n.e.	4,99	9,51	14,88
AB 0	A0	30-60	14.6.11	0,19	0,63	0,83	0,32	0,92	4,84	n.e.	n.e.	4,52	4,98	15,64
AB 0	A0	0-30	14.6.11	0,20	0,38	0,59	0,32	1,32	6,50	n.e.	n.e.	4,83	4,62	14,59
AB 0	A0	30-60	14.6.11	0,12	0,48	0,60	0,20	1,21	4,70	n.e.	n.e.	5,13	3,23	15,86
AB 0	A0	0-30	14.6.11	0,19	0,53	0,72	0,22	1,32	5,86	n.e.	n.e.	5,19	3,17	14,61
AB 0	A0	30-60	14.6.11	0,11	0,37	0,47	0,16	0,80	6,44	n.e.	n.e.	4,66	2,35	15,16
AM 0	A0	0-30	13.9.11	0,10	0,38	0,48	0,50	1,07	5,17	35,53	1073	4,50	6,59	13,31
AM 0	A0	30-60	13.9.11	0,07	1,41	1,48	0,18	0,73	4,42	28,05	995	4,40	2,50	13,58
AM 0	A0	0-30	13.9.11	0,14	0,40	0,54	0,59	0,81	3,01	35,53	n.e.	5,60	8,49	14,43
AM 0	A0	30-60	13.9.11	0,03	0,24	0,27	0,40	0,72	1,96	28,05	n.e.	4,80	5,93	14,65
AM 0	A0	0-30	13.9.11	0,34	0,29	0,63	0,35	1,23	3,00	35,53	n.e.	4,70	4,87	13,95
AM 0	A0	30-60	13.9.11	0,18	0,03	0,22	0,23	0,73	2,05	28,05	n.e.	6,00	3,36	14,80
AB 0	A0	0-30	13.9.11	0,19	0,70	0,90	0,34	2,33	4,96	n.e.	n.e.	4,90	4,28	12,57
AB 0	A0	30-60	13.9.11	0,08	0,35	0,43	0,19	1,32	1,62	n.e.	n.e.	4,10	2,60	13,41
AB 0	A0	0-30	13.9.11	0,13	0,34	0,47	0,26	0,79	3,02	n.e.	n.e.	4,50	3,66	14,10
AB 0	A0	30-60	13.9.11	0,02	0,40	0,43	0,20	0,69	1,99	n.e.	n.e.	5,20	2,96	14,61
AB 0	A0	0-30	13.9.11	0,08	0,38	0,45	0,40	0,88	4,57	n.e.	n.e.	5,30	6,27	15,48
AB 0	A0	30-60	13.9.11	0,06	0,11	0,17	0,24	0,58	2,12	n.e.	n.e.	4,40	3,91	16,32
AM 0	A0	0-30	21.4.12	0,52	1,49	2,01	0,33	0,50	1,37	34,61	1031	4,68	4,84	14,60
AM 0	A0	30-60	21.4.12	0,17	1,25	1,41	0,16	0,47	0,85	26,76	1091	4,76	2,57	16,42
AM 0	A0	0-30	21.4.12	0,66	0,79	1,45	0,33	0,62	1,13	34,61	n.e.	5,02	4,92	14,77
AM 0	A0	30-60	21.4.12	0,30	1,07	1,36	0,19	0,51	0,81	26,76	n.e.	5,05	3,03	15,63
AM 0	A0	0-30	21.4.12	0,59	1,23	1,81	0,37	0,46	1,39	34,61	n.e.	5,32	5,15	14,05
AM 0	A0	30-60	21.4.12	0,18	1,42	1,59	0,20	0,39	1,23	26,76	n.e.	5,37	2,94	14,59
AB 0	A0	0-30	21.4.12	0,60	1,03	1,63	0,49	0,75	1,69		n.e.	4,76	7,12	14,43
AB 0	A0	30-60	21.4.12	0,33	0,83	1,16	0,34	0,53	0,92	n.e.	n.e.	4,83	5,47	16,01
AB 0	A0	0-30	21.4.12	0,52	1,03	1,54	0,37	0,98	2,40	n.e.	n.e.	4,72	5,47	14,93
AB 0	A0	30-60	21.4.12	0,11	1,12	1,23	0,18	0,61	0,97	n.e.	n.e.	4,75	2,91	16,20

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 0	A0	0-30	21.4.12	0,41	1,21	1,62	0,22	0,58	1,36	n.e.	n.e.	4,73	3,25	14,51
AB 0	A0	30-60	21.4.12	0,23	1,07	1,30	0,13	0,41	1,44	n.e.	n.e.	4,68	2,03	15,83
AM 0	A0	0-30	14.6.12	0,55	0,86	1,41	0,32	0,61	3,52	34,06	1021	4,55	4,81	14,84
AM 0	A0	30-60	14.6.12	0,69	0,48	1,17	0,17	0,24	3,38	29,37	1161	4,60	2,91	16,82
AM 0	A0	0-30	14.6.12	0,32	1,24	1,55	0,19	1,05	4,25	34,06	n.e.	4,82	2,96	15,57
AM 0	A0	30-60	14.6.12	0,49	0,70	1,19	0,31	0,50	7,32	29,37	n.e.	4,90	4,64	14,94
AM 0	A0	0-30	14.6.12	0,09	1,35	1,44	0,33	1,13	5,10	34,06	n.e.	4,94	4,71	14,26
AM 0	A0	30-60	14.6.12	0,06	1,22	1,29	0,21	0,96	9,34	29,37	n.e.	5,01	3,20	15,52
AB 0	A0	0-30	14.6.12	0,21	1,60	1,80	0,54	1,22	4,25	n.e.	n.e.	4,49	7,87	14,71
AB 0	A0	30-60	14.6.12	0,67	1,36	2,03	0,36	0,57	3,10	n.e.	n.e.	4,53	5,78	15,90
AB 0	A0	0-30	14.6.12	0,12	1,43	1,55	0,37	1,20	4,04	n.e.	n.e.	4,70	5,75	15,50
AB 0	A0	30-60	14.6.12	0,45	0,91	1,36	0,19	0,50	3,65	n.e.	n.e.	4,54	3,22	16,49
AB 0	A0	0-30	14.6.12	0,26	1,37	1,63	0,22	1,00	4,81	n.e.	n.e.	4,80	3,28	14,91
AB 0	A0	30-60	14.6.12	0,59	0,74	1,33	0,13	0,35	2,89	n.e.	n.e.	4,67	2,01	15,97
AM 0	A0	0-30	9.10.12	0,08	0,42	0,49	0,37	0,81	4,52	31,06	1082	4,40	5,31	14,39
AM 0	A0	30-60	9.10.12	0,15	0,24	0,39	0,21	0,45	3,82	21,56	1058	4,30	3,23	15,53
AM 0	A0	0-30	9.10.12	0,21	0,31	0,53	0,30	0,98	3,63	34,03	n.e.	4,40	4,43	14,64
AM 0	A0	30-60	9.10.12	0,10	0,33	0,43	0,15	0,77	2,87	28,86	n.e.	4,30	2,41	15,64
AM 0	A0	0-30	9.10.12	0,16	0,59	0,75	0,57	0,87	4,78	42,90	n.e.	4,50	8,04	14,21
AM 0	A0	30-60	9.10.12	0,21	0,59	0,80	0,28	0,81	3,49	49,63	n.e.	4,40	4,08	14,79
AB 0	A0	0-30	9.10.12	0,43	0,39	0,82	0,40	1,06	2,46	n.e.	n.e.	4,30	5,77	14,57
AB 0	A0	30-60	9.10.12	0,08	0,57	0,65	0,22	0,72	2,80	n.e.	n.e.	4,28	3,37	15,08
AB 0	A0	0-30	9.10.12	0,05	0,44	0,49	0,36	0,95	3,75	n.e.	n.e.	4,40	5,56	15,39
AB 0	A0	30-60	9.10.12	0,01	0,44	0,45	0,21	0,67	3,29	n.e.	n.e.	4,40	3,61	16,96
AB 0	A0	0-30	9.10.12	0,12	0,28	0,40	0,33	0,52	3,12	n.e.	n.e.	4,40	4,77	14,51
AB 0	A0	30-60	9.10.12	0,11	0,38	0,49	0,20	1,24	2,53	n.e.	n.e.	4,20	3,13	15,26
AM 1	A1	0-30	27.4.10	0,33	1,54	1,87	0,44	1,39	0,90	n.e.	n.e.	4,62	6,38	14,52
AM 1	A1	30-60	27.4.10	0,17	1,77	1,94	0,46	0,97	4,50	n.e.	n.e.	4,61	6,80	14,76

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AM 1	A1	0-30	27.4.10	0,12	1,18	1,30	0,30	1,25	0,92	n.e.	n.e.	4,82	4,49	14,72
AM 1	A1	30-60	27.4.10	0,07	1,34	1,41	0,21	1,05	4,61	n.e.	n.e.	4,59	3,17	15,08
AM 1	A1	0-30	27.4.10	0,00	0,84	0,85	0,15	2,43	0,60	n.e.	n.e.	4,36	2,17	14,11
AM 1	A1	30-60	27.4.10	0,12	0,55	0,67	0,07	0,83	2,98	n.e.	n.e.	4,42	1,34	18,03
AB 1	A1	0-30	27.4.10	0,13	1,29	1,43	0,45	1,42	4,03	n.e.	n.e.	4,47	6,51	14,53
AB 1	A1	30-60	27.4.10	0,11	1,26	1,36	0,21	1,25	2,01	n.e.	n.e.	4,54	3,18	14,88
AB 1	A1	0-30	27.4.10	0,04	1,19	1,23	0,40	1,50	4,78	n.e.	n.e.	4,42	5,80	14,62
AB 1	A1	30-60	27.4.10	0,06	0,69	0,75	0,12	0,84	2,39	n.e.	n.e.	4,39	1,86	15,10
AB 1	A1	0-30	27.4.10	0,11	1,60	1,72	0,43	1,98	2,20	n.e.	n.e.	4,28	5,98	13,80
AB 1	A1	30-60	27.4.10	0,09	1,13	1,22	0,27	1,16	1,10	n.e.	n.e.	4,47	3,90	14,45
AM 1	A1	0-30	14.6.10	0,09	0,54	0,63	0,42	1,09	n.e.	55,40	1066	4,66	5,95	14,14
AM 1	A1	30-60	14.6.10	0,10	0,29	0,40	0,22	0,68	n.e.	74,67	1003	4,58	3,23	14,86
AM 1	A1	0-30	14.6.10	0,05	0,47	0,52	0,45	1,01	n.e.	32,67	n.e.	4,57	7,07	15,87
AM 1	A1	30-60	14.6.10	0,04	0,41	0,45	0,35	0,63	2,90	23,33	n.e.	4,36	5,79	16,45
AM 1	A1	0-30	14.6.10	0,03	0,41	0,44	0,20	1,83	n.e.	40,33	n.e.	4,41	2,86	14,34
AM 1	A1	30-60	14.6.10	0,01	0,26	0,27	0,07	0,91	n.e.	51,40	n.e.	4,49	1,30	18,36
AB 1	A1	0-30	14.6.10	0,08	0,45	0,53	0,39	0,92	13,61	n.e.	n.e.	4,58	5,80	14,93
AB 1	A1	30-60	14.6.10	0,04	0,54	0,58	0,32	2,41	2,48	n.e.	n.e.	4,69	4,86	15,35
AB 1	A1	0-30	14.6.10	0,11	0,16	0,27	0,30	1,08	0,87	n.e.	n.e.	4,66	4,31	14,53
AB 1	A1	30-60	14.6.10	0,25	0,07	0,32	0,17	0,34	n.e.	n.e.	n.e.	4,30	2,58	14,80
AB 1	A1	0-30	14.6.10	0,09	0,47	0,56	0,27	2,07	9,25	n.e.	n.e.	4,78	3,62	13,36
AB 1	A1	30-60	14.6.10	0,02	0,30	0,33	0,19	0,80	3,07	n.e.	n.e.	4,73	2,71	14,64
AM 1	A1	0-30	12.10.10	0,61	0,12	0,73	0,45	1,43	4,46	65,67	1204	4,50	6,30	14,00
AM 1	A1	30-60	12.10.10	0,43	0,15	0,58	0,17	0,91	2,73	56,36	1137	4,50	2,84	16,46
AM 1	A1	0-30	12.10.10	0,34	0,64	0,98	0,38	1,24	7,15	49,39	n.e.	4,40	5,52	14,61
AM 1	A1	30-60	12.10.10	0,78	0,23	1,01	0,24	0,52	5,38	46,20	n.e.	4,20	3,55	14,98
AM 1	A1	0-30	12.10.10	0,10	0,04	0,14	0,23	2,20	3,64	49,72	n.e.	4,40	3,42	15,08
AM 1	A1	30-60	12.10.10	0,10	0,73	0,83	0,19	0,80	1,90	34,43	n.e.	4,49	2,94	15,14

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 1	A1	0-30	12.10.10	0,48	0,49	0,97	0,37	0,91	3,45	n.e.	n.e.	4,60	5,39	14,62
AB 1	A1	30-60	12.10.10	0,37	0,59	0,96	0,29	0,67	2,24	n.e.	n.e.	4,80	4,31	14,92
AB 1	A1	0-30	12.10.10	0,36	0,76	1,12	0,37	1,19	3,60	n.e.	n.e.	4,60	5,46	14,82
AB 1	A1	30-60	12.10.10	0,17	0,30	0,48	0,18	0,68	2,49	n.e.	n.e.	4,30	3,00	16,30
AB 1	A1	0-30	12.10.10	0,51	1,25	1,77	0,40	1,89	4,10	n.e.	n.e.	4,30	5,34	13,46
AB 1	A1	30-60	12.10.10	0,23	0,09	0,32	0,16	0,76	1,99	n.e.	n.e.	4,29	2,47	15,89
AM 1	A1	0-30	21.4.11	0,50	1,06	1,57	0,49	0,90	7,84	n.e.	n.e.	5,54	6,74	13,79
AM 1	A1	30-60	21.4.11	0,29	1,23	1,52	0,29	1,32	7,60	n.e.	n.e.	5,19	4,03	13,76
AM 1	A1	0-30	21.4.11	0,09	0,40	0,48	0,42	1,04	9,11	n.e.	n.e.	5,21	6,08	14,31
AM 1	A1	30-60	21.4.11	0,18	0,79	0,97	0,20	0,73	5,54	n.e.	n.e.	5,61	3,04	15,49
AM 1	A1	0-30	21.4.11	0,10	0,85	0,95	0,15	2,87	15,64	n.e.	n.e.	4,58	2,03	13,62
AM 1	A1	30-60	21.4.11	0,05	0,53	0,58	0,04	0,69	3,72	n.e.	n.e.	5,13	0,72	17,35
AB 1	A1	0-30	21.4.11	0,77	0,91	1,68	0,41	1,03	7,48	n.e.	n.e.	4,91	5,82	14,28
AB 1	A1	30-60	21.4.11	0,52	0,84	1,35	0,30	0,90	5,92	n.e.	n.e.	5,25	4,37	14,65
AB 1	A1	0-30	21.4.11	0,50	1,25	1,75	0,33	1,22	7,31	n.e.	n.e.	5,20	4,83	14,69
AB 1	A1	30-60	21.4.11	0,18	0,39	0,57	0,18	0,66	5,23	n.e.	n.e.	4,29	2,87	15,86
AB 1	A1	0-30	21.4.11	0,38	0,90	1,28	0,40	1,58	13,20	n.e.	n.e.	4,46	5,46	13,74
AB 1	A1	30-60	21.4.11	0,30	0,71	1,01	0,27	1,03	5,67	n.e.	n.e.	4,76	3,92	14,71
AM 1	A1	0-30	14.6.11	0,28	0,40	0,68	0,51	0,68	10,49	n.e.	n.e.	5,62	7,02	13,69
AM 1	A1	30-60	14.6.11	0,31	0,90	1,20	0,25	0,40	7,97	n.e.	n.e.	5,19	3,57	14,28
AM 1	A1	0-30	14.6.11	0,21	0,19	0,40	0,34	0,38	6,66	n.e.	n.e.	4,91	4,96	14,70
AM 1	A1	30-60	14.6.11	0,17	0,25	0,42	0,21	0,21	5,32	n.e.	n.e.	5,21	3,15	15,35
AM 1	A1	0-30	14.6.11	0,14	0,32	0,46	0,20	2,09	6,85	n.e.	n.e.	4,84	2,74	13,76
AM 1	A1	30-60	14.6.11	0,11	0,13	0,24	0,12	0,92	4,45	n.e.	n.e.	4,67	1,87	15,05
AB 1	A1	0-30	14.6.11	0,24	0,34	0,58	0,32	0,55	4,97	n.e.	n.e.	4,81	4,61	14,45
AB 1	A1	30-60	14.6.11	0,17	0,28	0,44	0,18	0,33	4,91	n.e.	n.e.	5,03	2,72	15,51
AB 1	A1	0-30	14.6.11	0,18	0,40	0,57	0,26	1,22	5,11	n.e.	n.e.	5,15	3,89	14,85
AB 1	A1	30-60	14.6.11	0,74	3,84	4,58	0,09	0,61	6,22	n.e.	n.e.	4,30	1,43	16,26

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 1	A1	0-30	14.6.11	0,16	0,29	0,44	0,25	1,73	9,05	n.e.	n.e.	4,83	3,42	13,86
AB 1	A1	30-60	14.6.11	0,13	0,11	0,24	0,14	0,74	5,22	n.e.	n.e.	5,03	2,17	15,05
AM 1	A1	0-30	13.9.11	0,27	0,60	0,86	0,41	3,15	3,90	48,14	1066	5,70	5,37	13,07
AM 1	A1	30-60	13.9.11	0,18	0,34	0,52	0,26	2,71	3,15	35,82	1003	5,20	3,68	14,12
AM 1	A1	0-30	13.9.11	0,08	0,18	0,26	0,34	0,56	4,83	48,14	n.e.	4,60	4,33	12,79
AM 1	A1	30-60	13.9.11	0,11	0,31	0,42	0,26	0,44	3,23	35,82	n.e.	4,80	3,32	12,97
AM 1	A1	0-30	13.9.11	0,06	0,47	0,54	0,55	3,73	5,55	48,14	n.e.	5,10	8,00	14,54
AM 1	A1	30-60	13.9.11	0,03	0,09	0,11	0,38	0,60	6,79	35,82	n.e.	4,20	5,76	15,33
AB 1	A1	0-30	13.9.11	0,13	0,53	0,66	0,31	0,82	9,95	n.e.	n.e.	4,70	4,39	14,25
AB 1	A1	30-60	13.9.11	0,02	0,27	0,29	0,36	0,61	3,77	n.e.	n.e.	4,80	5,28	14,62
AB 1	A1	0-30	13.9.11	0,08	0,15	0,23	0,30	0,80	3,48	n.e.	n.e.	5,10	4,09	13,51
AB 1	A1	30-60	13.9.11	0,00	0,09	0,09	0,15	0,45	2,02	n.e.	n.e.	4,30	2,21	14,32
AB 1	A1	0-30	13.9.11	0,13	0,16	0,29	0,28	1,49	5,00	n.e.	n.e.	5,20	3,94	14,10
AB 1	A1	30-60	13.9.11	0,07	0,15	0,22	0,14	1,07	2,22	n.e.	n.e.	5,30	2,23	16,02
AM 1	A1	0-30	21.4.12	0,85	1,02	1,87	0,40	0,54	1,60	32,16	965	5,35	5,55	13,97
AM 1	A1	30-60	21.4.12	0,43	1,31	1,74	0,27	0,64	1,76	30,80	880	5,35	3,77	14,22
AM 1	A1	0-30	21.4.12	0,14	1,36	1,51	0,19	0,38	1,51	32,16	n.e.	4,93	2,79	14,72
AM 1	A1	30-60	21.4.12	0,13	0,96	1,09	0,13	0,29	0,78	30,80	n.e.	4,95	1,92	15,31
AM 1	A1	0-30	21.4.12	0,15	1,09	1,24	0,16	1,18	1,83	32,16	n.e.	4,39	2,19	13,32
AM 1	A1	30-60	21.4.12	0,08	1,09	1,17	0,07	0,30	0,88	30,80	n.e.	4,55	1,20	17,29
AB 1	A1	0-30	21.4.12	0,56	1,20	1,76	0,32	0,59	1,65	n.e.	n.e.	5,08	4,67	14,67
AB 1	A1	30-60	21.4.12	0,37	1,03	1,40	0,23	0,58	1,24	n.e.	n.e.	5,07	3,53	15,03
AB 1	A1	0-30	21.4.12	0,30	1,03	1,33	0,18	0,74	3,42	n.e.	n.e.	4,81	2,74	14,96
AB 1	A1	30-60	21.4.12	0,06	0,81	0,87	0,06	0,37	0,54	n.e.	n.e.	4,28	1,11	19,04
AB 1	A1	0-30	21.4.12	0,19	1,39	1,57	0,28	1,81	1,47	n.e.	n.e.	4,61	3,77	13,50
AB 1	A1	30-60	21.4.12	0,16	0,78	0,94	0,13	1,24	0,97	n.e.	n.e.	4,53	1,88	14,40
AM 1	A1	0-30	14.6.12	0,05	0,77	0,82	0,34	0,71	9,37	45,61	1116	5,28	4,80	14,17
AM 1	A1	30-60	14.6.12	0,30	0,63	0,92	0,23	0,33	3,49	37,84	1058	5,16	3,36	14,54

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AM 1	A1	0-30	14.6.12	0,56	0,93	1,48	0,19	0,78	5,99	45,61	n.e.	4,85	2,89	14,86
AM 1	A1	30-60	14.6.12	0,66	0,67	1,34	0,12	0,38	3,35	37,84	n.e.	4,87	1,86	15,77
AM 1	A1	0-30	14.6.12	0,73	1,25	1,99	0,18	1,84	5,61	45,61	n.e.	4,48	2,59	14,44
AM 1	A1	30-60	14.6.12	0,83	0,57	1,40	0,08	0,80	3,79	37,84	n.e.	4,36	1,36	17,94
AB 1	A1	0-30	14.6.12	0,15	0,95	1,10	0,32	0,89	6,21	n.e.	n.e.	5,22	4,78	14,90
AB 1	A1	30-60	14.6.12	0,50	0,85	1,35	0,26	0,53	2,82	n.e.	n.e.	5,10	3,93	15,07
AB 1	A1	0-30	14.6.12	0,31	3,69	4,00	0,20	1,28	4,87	n.e.	n.e.	4,82	2,99	15,18
AB 1	A1	30-60	14.6.12	0,46	0,77	1,23	0,05	0,56	2,50	n.e.	n.e.	4,64	1,11	20,30
AB 1	A1	0-30	14.6.12	0,10	1,08	1,18	0,26	1,90	4,04	n.e.	n.e.	4,41	3,56	13,92
AB 1	A1	30-60	14.6.12	0,11	0,86	0,98	0,15	0,92	3,23	n.e.	n.e.	4,42	2,12	14,55
AM 1	A1	0-30	9.10.12	0,32	0,49	0,81	0,46	0,86	4,85	74,84	1111	4,50	6,26	13,73
AM 1	A1	30-60	9.10.12	0,21	0,71	0,91	0,31	0,59	3,67	35,53	1089	4,50	4,30	13,88
AM 1	A1	0-30	9.10.12	0,09	0,63	0,72	0,40	0,49	4,70	51,22	n.e.	4,40	5,91	14,76
AM 1	A1	30-60	9.10.12	0,09	0,51	0,60	0,25	0,42	3,80	34,80	n.e.	4,20	3,77	15,13
AM 1	A1	0-30	9.10.12	0,01	0,22	0,23	0,20	1,41	4,42	34,61	n.e.	4,40	2,68	13,65
AM 1	A1	30-60	9.10.12	0,03	0,37	0,40	0,11	1,24	3,08	25,67	n.e.	4,49	1,67	14,68
AB 1	A1	0-30	9.10.12	0,16	0,52	0,68	0,40	0,67	3,90	n.e.	n.e.	4,60	5,78	14,36
AB 1	A1	30-60	9.10.12	0,11	0,60	0,71	0,26	6,12	3,37	n.e.	n.e.	4,80	4,02	15,44
AB 1	A1	0-30	9.10.12	0,15	0,54	0,69	0,28	1,24	3,87	n.e.	n.e.	4,60	4,02	14,61
AB 1	A1	30-60	9.10.12	0,19	0,63	0,82	0,15	2,80	2,76	n.e.	n.e.	4,30	2,42	15,89
AB 1	A1	0-30	9.10.12	0,25	0,62	0,88	0,40	1,14	4,55	n.e.	n.e.	4,30	5,47	13,80
AB 1	A1	30-60	9.10.12	0,11	0,47	0,58	0,15	0,56	2,52	n.e.	n.e.	4,29	2,30	15,40
AM 2	A2	0-30	27.4.10	0,29	1,79	2,08	0,27	1,55	1,35	n.e.	n.e.	4,76	4,11	15,44
AM 2	A2	30-60	27.4.10	0,05	1,80	1,85	0,21	1,10	6,77	n.e.	n.e.	4,72	3,09	14,63
AM 2	A2	0-30	27.4.10	0,20	1,23	1,43	0,32	1,52	1,39	n.e.	n.e.	4,64	4,52	14,08
AM 2	A2	30-60	27.4.10	0,09	1,23	1,32	0,18	1,03	6,94	n.e.	n.e.	4,63	2,58	14,65
AM 2	A2	0-30	27.4.10	0,30	2,50	2,81	0,49	1,80	0,96	n.e.	n.e.	4,68	6,59	13,59
AM 2	A2	30-60	27.4.10	0,24	1,54	1,78	0,37	1,24	4,79	n.e.	n.e.	4,64	5,04	13,76

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 2	A2	0-30	27.4.10	0,19	1,47	1,66	0,41	2,04	1,94	n.e.	n.e.	4,36	5,44	13,40
AB 2	A2	30-60	27.4.10	0,11	0,80	0,92	0,30	0,98	9,69	n.e.	n.e.	4,43	4,16	13,74
AB 2	A2	0-30	27.4.10	0,12	1,36	1,48	0,36	2,17	5,77	n.e.	n.e.	4,66	5,33	14,91
AB 2	A2	30-60	27.4.10	0,04	0,94	0,99	0,35	1,60	2,88	n.e.	n.e.	4,56	5,47	15,50
AB 2	A2	0-30	27.4.10	0,29	1,25	1,54	0,38	1,34	7,09	n.e.	n.e.	4,58	5,68	15,00
AB 2	A2	30-60	27.4.10	0,19	1,17	1,36	0,43	0,97	3,55	n.e.	n.e.	4,71	5,05	11,89
AM 2	A2	0-30	14.6.10	0,15	0,52	0,67	0,37	1,23	3,10	63,14	1079	4,50	5,50	14,67
AM 2	A2	30-60	14.6.10	0,03	0,54	0,58	0,32	0,89	1,77	35,27	1118	4,33	4,79	15,04
AM 2	A2	0-30	14.6.10	0,72	0,19	0,92	0,32	0,41	n.e.	67,76	n.e.	4,36	4,52	14,01
AM 2	A2	30-60	14.6.10	0,08	0,50	0,58	0,22	0,80	n.e.	48,11	n.e.	4,33	3,13	14,22
AM 2	A2	0-30	14.6.10	0,50	0,16	0,66	0,62	0,57	n.e.	65,45	n.e.	4,47	8,35	13,54
AM 2	A2	30-60	14.6.10	0,16	0,53	0,69	0,40	1,20	n.e.	44,88	n.e.	4,44	5,69	14,29
AB 2	A2	0-30	14.6.10	0,67	0,22	0,89	0,47	0,69	6,45	n.e.	n.e.	5,25	6,39	13,59
AB 2	A2	30-60	14.6.10	0,05	0,32	0,37	0,30	0,69	3,85	n.e.	n.e.	5,14	4,16	13,74
AB 2	A2	0-30	14.6.10	0,03	0,75	0,77	0,30	1,92	3,87	n.e.	n.e.	5,05	4,47	14,73
AB 2	A2	30-60	14.6.10	0,06	0,46	0,52	0,19	1,90	2,55	n.e.	n.e.	5,21	2,93	15,58
AB 2	A2	0-30	14.6.10	0,07	0,32	0,39	0,60	1,09	14,52	n.e.	n.e.	5,68	8,19	13,66
AB 2	A2	30-60	14.6.10	0,12	0,44	0,56	0,43	0,96	2,25	n.e.	n.e.	5,09	5,05	11,89
AM 2	A2	0-30	12.10.10	0,32	0,14	0,46	0,38	1,05	4,13	29,55	1460	4,40	5,50	14,39
AM 2	A2	30-60	12.10.10	0,45	0,31	0,76	0,25	0,95	3,33	35,16	1005	4,30	3,82	15,21
AM 2	A2	0-30	12.10.10	1,09	0,04	1,14	0,27	1,36	4,81	56,36		4,30	3,86	14,08
AM 2	A2	30-60	12.10.10	0,23	0,19	0,42	0,17	0,85	6,63	42,72		4,20	2,51	14,40
AM 2	A2	0-30	12.10.10	0,94	0,84	1,78	0,24	1,51	4,56	52,76		-	3,22	13,32
AM 2	A2	30-60	12.10.10	0,66	0,29	0,95	0,20	0,56	3,91	46,09		4,29	2,89	14,81
AB 2	A2	0-30	12.10.10	0,30	0,65	0,94	0,38	1,43	4,77	n.e.	n.e.	4,48	5,41	14,26
AB 2	A2	30-60	12.10.10	0,63	0,43	1,06	0,22	0,63	3,05	n.e.	n.e.	4,50	3,31	14,97
AB 2	A2	0-30	12.10.10	2,08	0,08	2,16	0,55	1,42	4,08	n.e.	n.e.	4,70	7,74	13,94
AB 2	A2	30-60	12.10.10	0,17	0,59	0,76	0,21	0,76	3,12	n.e.	n.e.	4,40	3,11	14,75

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 2	A2	0-30	12.10.10	1,54	0,13	1,67	0,38	0,95	2,92	n.e.	n.e.	-	5,70	15,00
AB 2	A2	30-60	12.10.10	0,55	0,08	0,62	0,19	0,91	2,36	n.e.	n.e.	4,30	2,96	15,93
AM 2	A2	0-30	21.4.11	0,27	1,19	1,46	0,32	1,57	11,53	19,55	n.e.	4,88	4,47	14,06
AM 2	A2	30-60	21.4.11	0,27	0,67	0,94	0,26	1,04	8,02	25,16	n.e.	4,56	3,87	14,71
AM 2	A2	0-30	21.4.11	0,25	0,79	1,04	0,21	0,94	6,94	46,36	n.e.	4,87	2,91	14,05
AM 2	A2	30-60	21.4.11	0,45	0,56	1,01	0,36	3,67	10,19	32,72	n.e.	6,73	4,82	13,38
AM 2	A2	0-30	21.4.11	0,44	1,45	1,88	0,54	1,08	10,02	42,76	n.e.	5,29	7,78	14,45
AM 2	A2	30-60	21.4.11	0,35	1,39	1,75	0,39	0,73	7,72	36,09	n.e.	5,34	5,51	14,14
AB 2	A2	0-30	21.4.11	1,94	1,32	3,26	0,40	2,01	11,34	n.e.	n.e.	4,31	5,62	13,89
AB 2	A2	30-60	21.4.11	0,05	1,24	1,28	0,24	1,40	5,35	n.e.	n.e.	4,64	3,63	15,07
AB 2	A2	0-30	21.4.11	0,63	0,66	1,29	0,22	1,32	13,77	n.e.	n.e.	5,51	3,31	14,90
AB 2	A2	30-60	21.4.11	0,50	0,72	1,22	0,07	0,64	11,81	n.e.	n.e.	4,43	1,19	17,28
AB 2	A2	0-30	21.4.11	0,63	0,92	1,55	0,41	1,40	13,46	n.e.	n.e.	5,64	5,99	14,77
AB 2	A2	30-60	21.4.11	0,33	0,59	0,92	0,33	1,10	7,54	n.e.	n.e.	4,75	4,93	14,73
AM 2	A2	0-30	14.6.11	0,17	0,50	0,67	0,30	1,37	7,60	46,83	n.e.	4,84	4,21	14,21
AM 2	A2	30-60	14.6.11	1,07	0,39	1,47	0,19	0,56	6,98	40,55	n.e.	4,48	2,89	15,43
AM 2	A2	0-30	14.6.11	0,15	0,36	0,51	0,25	0,88	8,03	42,83	n.e.	5,04	3,50	14,26
AM 2	A2	30-60	14.6.11	0,14	0,04	0,18	0,12	0,14	4,63	40,55	n.e.	6,12	1,96	16,17
AM 2	A2	0-30	14.6.11	0,36	0,74	1,10	0,42	0,38	9,44	52,83	n.e.	5,54	5,80	13,82
AM 2	A2	30-60	14.6.11	0,18	0,28	0,46	0,22	0,06	6,11	43,55	n.e.	5,17	3,19	14,66
AB 2	A2	0-30	14.6.11	0,33	0,37	0,70	0,35	1,12	6,93	n.e.	n.e.	4,91	4,69	13,25
AB 2	A2	30-60	14.6.11	0,19	0,47	0,67	0,17	0,82	6,45	n.e.	n.e.	4,62	2,52	14,72
AB 2	A2	0-30	14.6.11	0,16	0,32	0,48	0,21	1,00	7,04	n.e.	n.e.	5,16	3,18	15,11
AB 2	A2	30-60	14.6.11	0,42	3,59	4,01	0,09	0,76	5,40	n.e.	n.e.	4,41	1,43	16,41
AB 2	A2	0-30	14.6.11	0,29	0,56	0,85	0,37	1,42	8,19	n.e.	n.e.	5,47	5,48	14,66
AB 2	A2	30-60	14.6.11	0,14	0,42	0,56	0,28	1,25	5,25	n.e.	n.e.	4,92	4,27	15,37
AM 2	A2	0-30	13.9.11	0,17	0,39	0,57	0,33	0,95	5,12	39,12	1132	4,80	4,14	12,73
AM 2	A2	30-60	13.9.11	0,14	0,34	0,48	0,47	0,80	3,24	39,89	927	4,40	6,23	13,37

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AM 2	A2	0-30	13.9.11	0,08	0,35	0,44	0,33	0,81	5,45	39,12	n.e.	5,20	4,52	13,60
AM 2	A2	30-60	13.9.11	0,02	0,25	0,28	0,43	0,46	2,97	39,89	n.e.	5,50	6,15	14,21
AM 2	A2	0-30	13.9.11	0,17	0,25	0,42	0,45	1,00	6,15	39,12	n.e.	5,80	5,87	12,98
AM 2	A2	30-60	13.9.11	0,08	0,41	0,49	0,24	0,90	2,90	39,89	n.e.	5,00	3,33	13,71
AB 2	A2	0-30	13.9.11	0,10	0,41	0,51	0,40	1,94	4,80	n.e.	n.e.	5,50	5,39	13,48
AB 2	A2	30-60	13.9.11	0,01	0,29	0,31	0,20	0,69	1,37	n.e.	n.e.	4,60	2,87	14,19
AB 2	A2	0-30	13.9.11	0,06	0,33	0,39	0,16	1,26	5,79	n.e.	n.e.	4,80	2,12	12,96
AB 2	A2	30-60	13.9.11	0,04	0,25	0,29	0,17	1,00	2,28	n.e.	n.e.	4,40	2,19	13,14
AB 2	A2	0-30	13.9.11	0,20	0,45	0,65	0,25	1,36	4,79	n.e.	n.e.	5,30	3,34	13,43
AB 2	A2	30-60	13.9.11	0,03	0,32	0,35	0,10	0,75	2,59	n.e.	n.e.	5,10	1,47	14,56
AM 2	A2	0-30	21.4.12	0,34	1,23	1,58	0,27	0,65	1,58	37,88	1131	4,68	3,85	14,21
AM 2	A2	30-60	21.4.12	0,17	1,28	1,45	0,22	0,44	1,14	47,37	1125	4,84	3,34	14,95
AM 2	A2	0-30	21.4.12	0,03	1,32	1,35	0,06	0,24	1,04	37,88	n.e.	5,24	1,09	16,87
AM 2	A2	30-60	21.4.12	0,40	1,32	1,72	0,24	0,40	1,27	47,37	n.e.	5,08	3,40	14,21
AM 2	A2	0-30	21.4.12	0,68	1,20	1,88	0,39	0,51	1,84	37,88	n.e.	5,68	5,24	13,57
AM 2	A2	30-60	21.4.12	0,54	1,19	1,74	0,28	0,47	1,37	47,37	n.e.	5,36	3,94	13,89
AB 2	A2	0-30	21.4.12	0,63	1,50	2,12	0,35	0,67	2,22	n.e.	n.e.	4,61	4,74	13,37
AB 2	A2	30-60	21.4.12	0,45	1,50	1,95	0,31	0,48	1,95	n.e.	n.e.	4,76	4,24	13,74
AB 2	A2	0-30	21.4.12	0,56	1,16	1,72	0,20	0,40	1,22	n.e.	n.e.	4,83	2,96	14,88
AB 2	A2	30-60	21.4.12	0,04	1,63	1,66	0,16	0,29	1,45	n.e.	n.e.	4,66	2,73	16,77
AB 2	A2	0-30	21.4.12	0,57	1,48	2,05	0,35	0,77	1,64	n.e.	n.e.	5,26	5,19	14,82
AB 2	A2	30-60	21.4.12	0,25	1,27	1,52	0,18	0,68	1,11	n.e.	n.e.	5,21	2,86	15,93
AM 2	A2	0-30	14.6.12	0,70	0,88	1,57	0,28	0,64	5,49	45,06	1102	4,73	4,01	14,27
AM 2	A2	30-60	14.6.12	0,68	0,65	1,33	0,24	0,22	4,81	41,80	1129	4,94	3,62	15,35
AM 2	A2	0-30	14.6.12	0,48	0,94	1,42	0,07	0,77	4,38	45,06	n.e.	5,05	1,27	18,10
AM 2	A2	30-60	14.6.12	0,62	0,65	1,27	0,22	0,46	3,15	41,80	n.e.	5,16	3,18	14,54
AM 2	A2	0-30	14.6.12	0,01	1,07	1,07	0,45	0,72	7,97	45,06	n.e.	5,08	6,16	13,61
AM 2	A2	30-60	14.6.12	0,24	0,86	1,10	0,29	0,72	6,23	41,80	n.e.	5,19	4,03	14,08

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
AB 2	A2	0-30	14.6.12	0,26	1,23	1,49	0,34	1,30	4,37	n.e.	n.e.	4,63	4,66	13,87
AB 2	A2	30-60	14.6.12	0,22	1,09	1,31	0,30	0,97	3,34	n.e.	n.e.	4,81	4,20	13,97
AB 2	A2	0-30	14.6.12	0,46	0,97	1,43	0,19	1,07	4,32	n.e.	n.e.	4,87	3,04	15,78
AB 2	A2	30-60	14.6.12	0,69	0,67	1,36	0,14	0,82	4,27	n.e.	n.e.	4,82	2,51	17,64
AB 2	A2	0-30	14.6.12	0,45	1,14	1,60	0,37	1,49	11,50	n.e.	n.e.	5,11	5,51	15,08
AB 2	A2	30-60	14.6.12	0,49	0,78	1,27	0,15	1,65	2,96	n.e.	n.e.	5,17	2,43	16,36
AM 2	A2	0-30	9.10.12	0,06	0,66	0,73	0,35	0,86	4,30	72,12	1119	4,40	4,97	14,25
AM 2	A2	30-60	9.10.12	0,09	0,34	0,43	0,23	0,30	1,49	30,40	1088	4,30	3,60	15,91
AM 2	A2	0-30	9.10.12	0,05	0,28	0,33	0,27	0,66	3,32	72,12	n.e.	4,30	3,98	14,76
AM 2	A2	30-60	9.10.12	0,03	0,41	0,44	0,20	0,36	1,79	30,40	n.e.	4,20	2,99	14,90
AM 2	A2	0-30	9.10.12	0,24	1,62	1,86	0,48	0,68	6,57	72,12	n.e.	-	6,74	14,10
AM 2	A2	30-60	9.10.12	0,16	0,48	0,64	0,31	0,35	3,96	30,40	n.e.	4,29	4,37	14,11
AB 2	A2	0-30	9.10.12	0,15	0,76	0,92	0,46	1,99	8,59	n.e.	n.e.	4,48	6,27	13,65
AB 2	A2	30-60	9.10.12	0,09	0,58	0,67	0,29	1,13	3,83	n.e.	n.e.	4,50	4,19	14,27
AB 2	A2	0-30	9.10.12	0,01	0,32	0,32	0,30	1,09	4,67	n.e.	n.e.	4,70	4,48	14,87
AB 2	A2	30-60	9.10.12	0,10	0,33	0,43	0,11	0,51	3,47	n.e.	n.e.	4,40	1,73	16,18
AB 2	A2	0-30	9.10.12	0,06	0,38	0,44	0,42	0,60	5,76	n.e.	n.e.	-	6,39	15,05
AB 2	A2	30-60	9.10.12	0,22	0,19	0,41	0,24	0,31	3,02	n.e.	n.e.	4,30	3,67	14,99
BM 0	B0	0-30	27.4.10	0,33	1,54	1,87	0,35	2,76	1,86	n.e.	n.e.	5,68	4,51	12,77
BM 0	B0	30-60	27.4.10	0,19	1,11	1,30	0,20	2,19	9,32	n.e.	n.e.	6,02	2,70	13,85
BM 0	B0	0-30	27.4.10	0,41	1,42	1,83	0,44	3,37	2,19	n.e.	n.e.	5,36	5,94	13,54
BM 0	B0	30-60	27.4.10	0,23	1,21	1,45	0,35	2,52	10,96	n.e.	n.e.	5,27	5,21	14,89
BM 0	B0	0-30	27.4.10	0,43	1,09	1,51	0,38	4,39	1,68	n.e.	n.e.	6,53	5,46	14,40
BM 0	B0	30-60	27.4.10	0,30	0,76	1,06	0,20	3,44	8,38	n.e.	n.e.	6,58	3,29	16,86
BB 0	B0	0-30	27.4.10	0,25	0,91	1,16	0,21	1,92	1,88	n.e.	n.e.	5,01	2,81	13,37
BB 0	B0	30-60	27.4.10	0,00	0,60	0,60	0,08	1,46	9,39	n.e.	n.e.	5,00	1,54	18,37
BB 0	B0	0-30	27.4.10	0,00	0,60	0,60	0,31	1,82	1,15	n.e.	n.e.	5,45	4,14	13,55
BB 0	B0	30-60	27.4.10	0,03	0,64	0,67	0,10	1,13	5,76	n.e.	n.e.	5,49	2,31	22,10

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 0	B0	0-30	27.4.10	0,27	0,83	1,11	0,53	3,66	1,10	n.e.	n.e.	5,66	8,74	16,38
BB 0	B0	30-60	27.4.10	0,30	1,18	1,47	0,19	3,85	5,48	n.e.	n.e.	5,41	4,14	21,58
BM 0	B0	0-30	14.6.10	0,78	0,40	1,18	0,55	2,40	3,59	78,54	1328	5,50	7,26	13,18
BM 0	B0	30-60	14.6.10	0,26	0,97	1,23	0,31	2,83	5,34	73,19	1384	5,78	4,15	13,52
BM 0	B0	0-30	14.6.10	0,44	1,17	1,61	0,42	5,10	6,68	62,48	n.e.	5,91	5,72	13,58
BM 0	B0	30-60	14.6.10	0,57	0,22	0,79	0,38	3,22	16,19	95,81	n.e.	5,87	5,47	14,39
BM 0	B0	0-30	14.6.10	0,11	0,96	1,06	0,74	5,31	7,89	32,73	n.e.	6,19	10,35	13,97
BM 0	B0	30-60	14.6.10	0,26	0,33	0,59	0,09	3,68	7,55	44,91	n.e.	5,56	1,50	17,04
BB 0	B0	0-30	14.6.10	0,05	0,51	0,56	0,40	4,50	23,82	n.e.	n.e.	5,45	5,08	12,82
BB 0	B0	30-60	14.6.10	0,09	0,30	0,39	0,19	2,80	5,03	n.e.	n.e.	5,92	2,50	13,22
BB 0	B0	0-30	14.6.10	0,14	1,79	1,93	0,25	3,74	4,67	n.e.	n.e.	6,03	3,50	13,92
BB 0	B0	30-60	14.6.10	0,69	0,51	1,21	0,38	2,55	2,76	n.e.	n.e.	5,93	5,53	14,66
BB 0	B0	0-30	14.6.10	0,03	0,99	1,02	0,46	6,20	7,62	n.e.	n.e.	5,75	6,33	13,81
BB 0	B0	30-60	14.6.10	0,07	0,46	0,52	0,32	3,03	22,58	n.e.	n.e.	5,44	4,41	13,77
BM 0	B0	0-30	12.10.10	0,49	0,25	0,74	0,46	3,08	4,59	74,91	1222	5,50	5,85	12,84
BM 0	B0	30-60	12.10.10	1,60	0,62	2,22	0,26	1,90	3,62	78,58	1273	5,90	3,39	12,99
BM 0	B0	0-30	12.10.10	0,66	0,91	1,57	0,44	3,25	4,27	52,76	n.e.	6,40	5,85	13,28
BM 0	B0	30-60	12.10.10	0,45	0,26	0,70	0,42	2,68	3,56	58,92	n.e.	6,20	6,19	14,64
BM 0	B0	0-30	12.10.10	0,54	0,41	0,96	0,35	5,28	4,85	50,19	n.e.	6,40	4,74	13,52
BM 0	B0	30-60	12.10.10	0,18	0,23	0,41	7,47	2,60	4,85	87,23	n.e.	6,20	1,78	0,24
BB 0	B0	0-30	12.10.10	0,34	1,09	1,43	0,53	2,64	3,34	n.e.	n.e.	5,90	7,00	13,21
BB 0	B0	30-60	12.10.10	0,21	0,28	0,49	0,27	1,54	2,51	n.e.	n.e.	6,30	3,65	13,38
BB 0	B0	0-30	12.10.10	0,36	0,30	0,67	0,45	3,42	4,86	n.e.	n.e.	6,80	7,12	15,85
BB 0	B0	30-60	12.10.10	0,24	0,41	0,65	0,30	2,17	3,76	n.e.	n.e.	6,30	4,77	15,72
BB 0	B0	0-30	12.10.10	0,31	1,05	1,36	0,50	4,55	4,16	n.e.	n.e.	6,00	7,13	14,25
BB 0	B0	30-60	12.10.10	0,31	1,05	1,36	0,31	2,27	3,40	n.e.	n.e.	6,00	4,27	13,57
BM 0	B0	0-30	21.4.11	0,25	0,38	0,63	0,12	1,28	8,87	64,91	n.e.	6,69	1,85	15,77
BM 0	B0	30-60	21.4.11	0,35	0,79	1,14	0,18	2,37	7,46	68,58	n.e.	7,03	2,78	15,75

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 0	B0	0-30	21.4.11	0,66	1,10	1,76	0,61	4,02	11,09	42,76	n.e.	6,23	8,33	13,62
BM 0	B0	30-60	21.4.11	0,60	0,64	1,25	0,43	2,12	9,91	48,92	n.e.	6,48	6,31	14,81
BM 0	B0	0-30	21.4.11	1,79	0,96	2,75	0,47	6,81	11,54	40,19	n.e.	6,56	6,47	13,78
BM 0	B0	30-60	21.4.11	0,41	0,54	0,95	0,10	2,45	7,79	77,23	n.e.	6,83	1,61	16,59
BB 0	B0	0-30	21.4.11	0,37	0,77	1,14	0,31	4,46	9,22	n.e.	n.e.	6,18	3,98	12,82
BB 0	B0	30-60	21.4.11	0,37	0,49	0,86	0,18	3,21	6,02	n.e.	n.e.	5,14	2,52	13,96
BB 0	B0	0-30	21.4.11	0,69	0,66	1,35	0,47	4,51	9,34	n.e.	n.e.	6,18	6,47	13,71
BB 0	B0	30-60	21.4.11	0,72	0,60	1,32	0,34	4,34	6,45	n.e.	n.e.	4,93	5,09	15,04
BB 0	B0	0-30	21.4.11	0,39	0,36	0,74	0,43	2,82	8,10	n.e.	n.e.	5,74	6,22	14,57
BB 0	B0	30-60	21.4.11	0,58	0,40	0,98	0,19	4,45	7,39	n.e.	n.e.	6,24	3,18	16,49
BM 0	B0	0-30	14.6.11	0,24	0,43	0,67	0,35	4,67	7,59	41,96	n.e.	6,35	4,52	13,05
BM 0	B0	30-60	14.6.11	0,18	0,28	0,46	0,17	1,69	5,58	56,91	n.e.	6,62	2,65	15,89
BM 0	B0	0-30	14.6.11	0,15	0,34	0,50	0,33	2,28	6,10	51,96	n.e.	6,22	4,74	14,29
BM 0	B0	30-60	14.6.11	0,17	0,39	0,56	0,06	1,53	5,63	59,91	n.e.	6,19	0,89	15,62
BM 0	B0	0-30	14.6.11	0,27	0,54	0,81	0,43	7,47	8,52	51,96	n.e.	6,23	5,73	13,41
BM 0	B0	30-60	14.6.11	0,22	0,25	0,47	0,12	3,20	6,86	56,91	n.e.	6,77	1,94	16,36
BB 0	B0	0-30	14.6.11	0,16	0,36	0,53	0,33	3,30	7,18	n.e.	n.e.	5,99	4,28	12,82
BB 0	B0	30-60	14.6.11	0,18	0,29	0,46	0,13	1,58	5,71	n.e.	n.e.	5,52	1,83	14,01
BB 0	B0	0-30	14.6.11	0,19	0,24	0,43	0,24	3,15	7,35	n.e.	n.e.	6,29	3,42	14,50
BB 0	B0	30-60	14.6.11	0,20	0,28	0,48	0,21	2,47	5,79	n.e.	n.e.	5,81	3,01	14,50
BB 0	B0	0-30	14.6.11	0,47	0,73	1,20	0,43	4,97	9,49	n.e.	n.e.	6,12	5,74	13,49
BB 0	B0	30-60	14.6.11	0,18	0,63	0,81	0,19	2,80	8,85	n.e.	n.e.	6,57	3,13	16,34
BM 0	B0	0-30	13.9.11	0,40	0,99	1,39	0,50	2,91	6,00	65,27	1198	6,00	6,59	13,31
BM 0	B0	30-60	13.9.11	0,38	0,84	1,22	0,18	1,49	3,69	50,20	1064	6,20	2,50	13,58
BM 0	B0	0-30	13.9.11	0,59	0,65	1,25	0,59	4,90	5,60	65,27	n.e.	6,20	8,49	14,43
BM 0	B0	30-60	13.9.11	0,49	1,06	1,55	0,40	3,15	3,64	50,20	n.e.	5,90	5,93	14,65
BM 0	B0	0-30	13.9.11	0,44	0,54	0,98	0,35	4,90	7,20	65,27	n.e.	5,90	4,87	13,95
BM 0	B0	30-60	13.9.11	0,26	0,68	0,94	0,23	3,17	3,46	50,20	n.e.	6,70	3,36	14,80

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 0	B0	0-30	13.9.11	0,23	0,81	1,04	0,34	2,44	4,11	n.e.	n.e.	5,80	4,28	12,57
BB 0	B0	30-60	13.9.11	0,25	0,70	0,95	0,19	1,77	2,19	n.e.	n.e.	5,90	2,60	13,41
BB 0	B0	0-30	13.9.11	0,18	0,39	0,57	0,26	3,08	5,00	n.e.	n.e.	6,40	3,66	14,10
BB 0	B0	30-60	13.9.11	0,29	0,77	1,06	0,20	3,12	3,05	n.e.	n.e.	6,70	2,96	14,61
BB 0	B0	0-30	13.9.11	0,38	0,73	1,10	0,40	4,08	4,54	n.e.	n.e.	6,50	6,27	15,48
BB 0	B0	30-60	13.9.11	0,25	0,71	0,96	0,24	2,93	8,12	n.e.	n.e.	6,90	3,91	16,32
BM 0	B0	0-30	21.4.12	1,10	0,93	2,04	0,43	1,94	1,67	52,25	1194	6,37	5,28	12,38
BM 0	B0	30-60	21.4.12	1,18	0,94	2,12	0,26	1,46	1,44	49,02	1174	6,40	3,40	13,05
BM 0	B0	0-30	21.4.12	0,73	0,97	1,70	0,40	1,89	2,03	52,25	n.e.	6,39	5,11	12,88
BM 0	B0	30-60	21.4.12	0,74	0,80	1,54	0,23	1,45	0,94	49,02	n.e.	7,10	3,11	13,52
BM 0	B0	0-30	21.4.12	0,58	0,73	1,32	0,38	2,29	2,07	52,25	n.e.	6,81	5,28	13,96
BM 0	B0	30-60	21.4.12	0,94	0,80	1,74	0,17	1,56	0,85	49,02	n.e.	7,08	2,54	15,22
BB 0	B0	0-30	21.4.12	0,68	0,79	1,47	0,25	1,60	0,87	n.e.	n.e.	5,91	3,14	12,59
BB 0	B0	30-60	21.4.12	0,36	0,72	1,08	0,13	1,03	1,26	n.e.	n.e.	6,17	1,83	14,49
BB 0	B0	0-30	21.4.12	0,66	0,70	1,36	0,39	1,47	2,50	n.e.	n.e.	6,39	5,69	14,53
BB 0	B0	30-60	21.4.12	1,07	0,48	1,55	0,23	1,29	0,83	n.e.	n.e.	6,94	3,62	15,48
BB 0	B0	0-30	21.4.12	0,44	0,88	1,32	0,44	3,46	2,34	n.e.	n.e.	6,23	6,14	13,94
BB 0	B0	30-60	21.4.12	0,29	0,56	0,86	0,17	1,77	0,87	n.e.	n.e.	6,38	2,89	16,85
BM 0	B0	0-30	14.6.12	0,23	1,72	1,94	0,43	4,15	6,45	64,50	1249	6,71	5,52	12,90
BM 0	B0	30-60	14.6.12	0,02	0,75	0,78	0,28	2,20	10,44	68,05	1324	7,10	3,71	13,25
BM 0	B0	0-30	14.6.12	6,71	1,88	8,58	0,43	5,47	5,38	64,50	n.e.	6,08	5,60	13,05
BM 0	B0	30-60	14.6.12	0,43	0,87	1,30	0,19	4,28	5,10	68,05	n.e.	6,29	2,60	13,81
BM 0	B0	0-30	14.6.12	0,04	0,94	0,98	0,38	3,26	6,67	64,50	n.e.	7,09	5,63	14,74
BM 0	B0	30-60	14.6.12	0,24	0,90	1,13	0,15	2,51	3,64	68,05	n.e.	7,03	2,51	16,54
BB 0	B0	0-30	14.6.12	0,56	1,61	2,17	0,24	3,59	7,49	n.e.	n.e.	5,97	3,15	12,91
BB 0	B0	30-60	14.6.12	0,44	0,54	0,97	0,11	1,77	5,62	n.e.	n.e.	6,28	1,57	14,78
BB 0	B0	0-30	14.6.12	0,44	1,21	1,66	0,35	2,88	5,87	n.e.	n.e.	6,14	5,14	14,79
BB 0	B0	30-60	14.6.12	0,11	0,88	0,99	0,24	2,02	5,82	n.e.	n.e.	6,41	3,67	15,53

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 0	B0	0-30	14.6.12	6,71	1,57	8,27	0,49	9,38	4,86	n.e.	n.e.	6,38	6,99	14,14
BB 0	B0	30-60	14.6.12	0,07	0,77	0,84	0,19	3,70	4,88	n.e.	n.e.	6,43	3,06	16,17
BM 0	B0	0-30	9.10.12	0,32	0,61	0,93	0,36	2,03	4,99	67,69	1184	5,50	4,73	13,20
BM 0	B0	30-60	9.10.12	0,23	0,21	0,44	0,13	0,99	3,02	51,63	1156	5,90	1,77	13,30
BM 0	B0	0-30	9.10.12	0,42	0,45	0,87	0,45	3,71	5,34	67,69	n.e.	6,40	6,45	14,22
BM 0	B0	30-60	9.10.12	0,67	0,24	0,91	0,25	2,12	2,38	51,63	n.e.	6,20	3,70	14,73
BM 0	B0	0-30	9.10.12	1,63	0,29	1,92	0,34	3,35	5,47	67,69	n.e.	6,40	5,22	15,30
BM 0	B0	30-60	9.10.12	1,17	0,42	1,59	0,42	3,69	3,65	51,63	n.e.	6,20	6,57	15,59
BB 0	B0	0-30	9.10.12	1,07	0,48	1,54	0,34	3,71	3,50	n.e.	n.e.	5,90	4,47	13,00
BB 0	B0	30-60	9.10.12	0,55	0,54	1,10	0,13	2,32	4,13	n.e.	n.e.	6,30	1,88	14,11
BB 0	B0	0-30	9.10.12	0,86	0,34	1,20	0,23	2,61	2,30	n.e.	n.e.	6,80	2,99	13,19
BB 0	B0	30-60	9.10.12	0,58	0,26	0,84	0,20	2,26	2,36	n.e.	n.e.	6,30	2,46	12,58
BB 0	B0	0-30	9.10.12	0,77	0,18	0,95	0,45	4,01	5,36	n.e.	n.e.	6,00	6,33	14,15
BB 0	B0	30-60	9.10.12	0,46	0,48	0,94	0,25	3,17	4,21	n.e.	n.e.	6,00	3,94	15,82
BM 1	B1	0-30	27.4.10	0,69	1,65	2,34	0,43	3,77	1,24	n.e.	n.e.	5,68	5,56	12,84
BM 1	B1	30-60	27.4.10	0,58	1,31	1,89	0,31	2,96	6,21	n.e.	n.e.	5,88	4,34	14,02
BM 1	B1	0-30	27.4.10	0,47	1,55	2,02	0,39	4,37	1,19	n.e.	n.e.	6,17	5,38	13,93
BM 1	B1	30-60	27.4.10	0,40	1,48	1,88	0,70	3,99	5,94	n.e.	n.e.	6,27	11,17	15,93
BM 1	B1	0-30	27.4.10	0,06	0,93	0,99	0,49	3,79	0,74	n.e.	n.e.	6,68	7,38	15,04
BM 1	B1	30-60	27.4.10	0,21	0,66	0,87	0,31	3,33	3,68	n.e.	n.e.	6,61	4,83	15,65
BB 1	B1	0-30	27.4.10	0,19	0,69	0,88	0,30	2,64	1,84	n.e.	n.e.	5,53	4,45	14,85
BB 1	B1	30-60	27.4.10	0,17	0,69	0,86	0,85	2,35	9,22	n.e.	n.e.	5,98	13,64	15,96
BB 1	B1	0-30	27.4.10	0,79	0,25	1,04	0,30	1,04	0,46	n.e.	n.e.	4,91	4,54	14,93
BB 1	B1	30-60	27.4.10	0,04	0,88	0,92	0,39	1,77	2,29	n.e.	n.e.	4,99	6,07	15,73
BB 1	B1	0-30	27.4.10	0,21	0,67	0,88	0,47	3,34	0,73	n.e.	n.e.	5,54	8,68	18,32
BB 1	B1	30-60	27.4.10	0,04	0,63	0,67	0,20	2,64	3,65	n.e.	n.e.	5,26	3,81	19,41
BM 1	B1	0-30	14.6.10	1,37	0,26	1,63	0,50	2,82	4,43	79,35	1196	5,79	6,35	12,62
BM 1	B1	30-60	14.6.10	0,02	0,65	0,67	0,15	1,51	4,57	85,93	1474	6,42	1,97	13,56

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 1	B1	0-30	14.6.10	0,54	0,93	1,48	0,53	6,21	5,59	84,08	n.e.	6,39	7,25	13,67
BM 1	B1	30-60	14.6.10	0,38	0,74	1,12	0,31	5,32	9,86	82,96	n.e.	5,71	4,60	14,91
BM 1	B1	0-30	14.6.10	0,27	1,50	1,77	0,47	4,85	8,67	88,62	n.e.	5,60	6,94	14,84
BM 1	B1	30-60	14.6.10	0,27	0,84	1,11	0,26	2,90	6,75	71,17	n.e.	5,83	4,21	16,50
BB 1	B1	0-30	14.6.10	0,01	0,46	0,47	0,63	6,75	4,27	n.e.	n.e.	5,97	8,97	14,27
BB 1	B1	30-60	14.6.10	0,19	0,76	0,95	0,28	3,85	7,04	n.e.	n.e.	5,51	4,48	15,90
BB 1	B1	0-30	14.6.10	0,06	1,22	1,28	0,19	2,93	6,08	n.e.	n.e.	5,05	2,57	13,85
BB 1	B1	30-60	14.6.10	0,03	0,51	0,54	0,17	2,89	4,04	n.e.	n.e.	5,60	2,48	14,51
BB 1	B1	0-30	14.6.10	0,00	1,05	1,05	0,34	3,94	6,47	n.e.	n.e.	5,60	4,67	13,81
BB 1	B1	30-60	14.6.10	0,00	0,48	0,48	0,26	5,60	9,43	n.e.	n.e.	5,91	4,30	16,85
BM 1	B1	0-30	12.10.10	0,85	0,32	1,17	0,46	4,64	4,62	76,56	1141	6,30	5,84	12,64
BM 1	B1	30-60	12.10.10	0,65	0,28	0,94	0,14	5,29	3,95	104,61	1404	6,30	1,82	13,13
BM 1	B1	0-30	12.10.10	0,41	0,28	0,69	0,38	4,84	3,90	59,51	n.e.	6,20	4,94	13,06
BM 1	B1	30-60	12.10.10	0,62	0,83	1,45	0,49	4,04	3,47	81,44	n.e.	6,40	7,89	15,97
BM 1	B1	0-30	12.10.10	1,61	0,96	2,57	0,52	3,41	4,08	70,40	n.e.	6,20	7,29	14,00
BM 1	B1	30-60	12.10.10	0,27	0,00	0,27	0,31	1,99	3,31	89,28	n.e.	6,20	5,02	16,41
BB 1	B1	0-30	12.10.10	0,34	0,75	1,09	0,69	2,54	4,40	n.e.	n.e.	6,00	9,34	13,62
BB 1	B1	30-60	12.10.10	0,19	0,86	1,05	0,22	3,00	3,35	n.e.	n.e.	5,90	3,61	16,28
BB 1	B1	0-30	12.10.10	0,22	0,25	0,47	0,35	3,52	3,60	n.e.	n.e.	5,30	4,81	13,85
BB 1	B1	30-60	12.10.10	0,19	0,58	0,78	0,24	1,96	2,83	n.e.	n.e.	5,60	4,35	17,81
BB 1	B1	0-30	12.10.10	2,10	0,33	2,43	0,37	4,35	3,70	n.e.	n.e.	6,30	5,34	14,30
BB 1	B1	30-60	12.10.10	0,00	0,48	0,48	0,12	1,89	3,44	n.e.	n.e.	6,00	2,05	16,83
BM 1	B1	0-30	21.4.11	0,63	0,48	1,10	0,32	2,94	11,79	66,56	n.e.	6,93	4,13	12,79
BM 1	B1	30-60	21.4.11	0,45	0,35	0,80	0,19	1,60	6,96	94,61	n.e.	6,47	2,69	14,25
BM 1	B1	0-30	21.4.11	0,74	0,68	1,42	0,34	4,51	7,59	49,51	n.e.	6,54	4,49	13,21
BM 1	B1	30-60	21.4.11	0,66	0,32	0,98	0,24	3,77	7,85	71,44	n.e.	5,94	3,19	13,55
BM 1	B1	0-30	21.4.11	4,91	0,73	5,64	0,64	3,62	10,53	60,40	n.e.	6,83	9,30	14,50
BM 1	B1	30-60	21.4.11	0,58	0,36	0,95	0,33	2,59	7,75	79,28	n.e.	6,55	5,71	17,21

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 1	B1	0-30	21.4.11	0,29	0,90	1,19	0,33	2,41	9,17	n.e.	n.e.	6,08	4,67	14,04
BB 1	B1	30-60	21.4.11	0,57	0,28	0,85	0,31	2,93	6,11	n.e.	n.e.	6,23	4,98	16,10
BB 1	B1	0-30	21.4.11	0,34	0,91	1,25	0,27	2,92	8,67	n.e.	n.e.	5,15	3,55	13,15
BB 1	B1	30-60	21.4.11	0,30	0,35	0,66	0,18	2,91	4,67	n.e.	n.e.	5,44	2,71	14,74
BB 1	B1	0-30	21.4.11	0,49	0,64	1,13	0,24	2,89	8,84	n.e.	n.e.	6,64	3,35	14,08
BB 1	B1	30-60	21.4.11	0,30	0,29	0,59	0,15	1,68	7,50	n.e.	n.e.	6,84	2,46	16,49
BM 1	B1	0-30	14.6.11	0,23	1,28	1,51	0,43	7,28	9,10	45,22	n.e.	6,71	5,23	12,30
BM 1	B1	30-60	14.6.11	0,17	1,51	1,68	0,12	3,14	8,53	55,66	n.e.	6,63	1,62	13,44
BM 1	B1	0-30	14.6.11	0,35	0,14	0,50	0,45	5,61	7,85	55,22	n.e.	6,42	5,98	13,29
BM 1	B1	30-60	14.6.11	0,89	0,02	0,92	0,13	2,46	5,28	55,66	n.e.	6,57	1,80	14,30
BM 1	B1	0-30	14.6.11	0,30	1,49	1,80	0,52	3,72	8,24	55,22	n.e.	6,92	7,21	13,93
BM 1	B1	30-60	14.6.11	0,36	2,00	2,36	0,26	1,78	4,57	55,66	n.e.	6,62	3,83	14,94
BB 1	B1	0-30	14.6.11	0,16	0,53	0,69	0,36	7,09	6,45	n.e.	n.e.	6,04	5,02	13,97
BB 1	B1	30-60	14.6.11	0,10	0,25	0,35	0,21	4,68	5,77	n.e.	n.e.	6,37	3,46	16,42
BB 1	B1	0-30	14.6.11	0,12	0,16	0,28	0,24	2,01	5,28	n.e.	n.e.	5,27	3,38	14,15
BB 1	B1	30-60	14.6.11	0,24	0,52	0,76	0,14	0,95	4,97	n.e.	n.e.	5,82	2,39	16,86
BB 1	B1	0-30	14.6.11	0,24	0,86	1,10	0,26	1,88	6,16	n.e.	n.e.	6,37	3,71	14,26
BB 1	B1	30-60	14.6.11	0,15	0,64	0,79	0,25	2,78	5,41	n.e.	n.e.	6,52	3,76	15,16
BM 1	B1	0-30	13.9.11	0,58	0,27	0,85	0,41	3,97	5,68	61,97	1176	6,50	5,37	13,07
BM 1	B1	30-60	13.9.11	0,39	0,65	1,05	0,26	2,63	3,44	85,43	1253	6,80	3,68	14,12
BM 1	B1	0-30	13.9.11	0,29	1,01	1,30	0,34	3,12	5,90	61,97	n.e.	6,30	4,33	12,79
BM 1	B1	30-60	13.9.11	0,31	0,76	1,07	0,26	2,29	3,22	85,43	n.e.	7,20	3,32	12,97
BM 1	B1	0-30	13.9.11	0,29	1,01	1,30	0,55	4,13	5,92	61,97	n.e.	7,00	8,00	14,54
BM 1	B1	30-60	13.9.11	0,42	0,63	1,05	0,38	3,09	5,02	85,43	n.e.	6,70	5,76	15,33
BB 1	B1	0-30	13.9.11	0,35	0,65	0,99	0,31	3,67	3,46	n.e.	n.e.	6,00	4,39	14,25
BB 1	B1	30-60	13.9.11	0,21	0,33	0,54	0,36	4,90	4,80	n.e.	n.e.	6,50	5,28	14,62
BB 1	B1	0-30	13.9.11	0,10	0,76	0,86	0,30	2,26	3,78	n.e.	n.e.	5,40	4,09	13,51

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 1	B1	30-60	13.9.11	0,05	0,42	0,47	0,15	2,04	7,03	n.e.	n.e.	6,20	2,21	14,32
BB 1	B1	0-30	13.9.11	0,25	0,48	0,73	0,28	2,98	3,26	n.e.	n.e.	6,10	3,94	14,10
BB 1	B1	30-60	13.9.11	0,13	0,72	0,85	0,14	2,03	2,30	n.e.	n.e.	6,20	2,23	16,02
BM 1	B1	0-30	21.4.12	2,27	1,51	3,78	0,44	2,24	2,08	63,10	1329	7,02	5,56	12,76
BM 1	B1	30-60	21.4.12	1,49	0,90	2,39	0,28	1,65	1,22	75,28	1364	6,69	3,81	13,54
BM 1	B1	0-30	21.4.12	1,09	1,00	2,10	0,32	1,82	1,38	63,10	n.e.	7,28	4,33	13,44
BM 1	B1	30-60	21.4.12	0,77	0,86	1,63	0,24	1,48	1,56	75,28	n.e.	7,23	3,64	15,30
BM 1	B1	0-30	21.4.12	0,87	1,08	1,95	0,38	2,55	1,94	63,10	n.e.	7,12	5,61	14,65
BM 1	B1	30-60	21.4.12	0,35	0,83	1,18	0,31	1,74	1,19	75,28	n.e.	7,31	4,95	16,18
BB 1	B1	0-30	21.4.12	0,40	0,64	1,04	0,23	1,41	1,19	n.e.	n.e.	6,13	3,46	14,97
BB 1	B1	30-60	21.4.12	0,59	0,59	1,18	0,19	1,25	1,00	n.e.	n.e.	6,40	3,18	16,44
BB 1	B1	0-30	21.4.12	0,33	0,70	1,03	0,22	1,35	1,19	n.e.	n.e.	6,24	3,02	13,92
BB 1	B1	30-60	21.4.12	0,27	0,61	0,88	0,11	0,92	1,00	n.e.	n.e.	6,19	1,86	16,32
BB 1	B1	0-30	21.4.12	0,53	0,67	1,20	0,34	2,20	1,19	n.e.	n.e.	6,07	5,06	14,66
BB 1	B1	30-60	21.4.12	0,40	0,78	1,18	0,18	1,53	1,00	n.e.	n.e.	6,47	2,91	15,81
BM 1	B1	0-30	14.6.12	0,79	2,21	3,00	0,41	5,87	6,05	78,54	1356	6,35	5,40	13,28
BM 1	B1	30-60	14.6.12	0,88	1,35	2,23	0,27	4,24	3,55	73,37	1249	6,25	3,80	13,89
BM 1	B1	0-30	14.6.12	6,71	1,20	7,90	0,30	3,56	6,02	64,50	n.e.	6,88	4,27	14,05
BM 1	B1	30-60	14.6.12	0,04	0,84	0,88	0,30	2,31	5,46	68,05	n.e.	6,84	4,58	15,34
BM 1	B1	0-30	14.6.12	0,07	0,98	1,05	0,42	2,78	6,92	78,54	n.e.	7,05	6,15	14,52
BM 1	B1	30-60	14.6.12	0,25	1,24	1,50	0,28	2,19	4,67	73,37	n.e.	7,05	4,64	16,80
BB 1	B1	0-30	14.6.12	0,57	1,99	2,56	0,22	4,88	7,09	n.e.	n.e.	6,06	3,38	15,14
BB 1	B1	30-60	14.6.12	0,18	1,05	1,23	0,22	3,05	3,38	n.e.	n.e.	6,25	3,64	16,37
BB 1	B1	0-30	14.6.12	0,50	1,16	1,66	0,26	3,29	4,58	n.e.	n.e.	5,82	3,73	14,18
BB 1	B1	30-60	14.6.12	0,41	0,86	1,27	0,12	3,36	6,10	n.e.	n.e.	6,06	2,06	17,19
BB 1	B1	0-30	14.6.12	0,22	1,26	1,47	0,38	3,25	3,49	n.e.	n.e.	6,01	5,64	14,65
BB 1	B1	30-60	14.6.12	0,09	1,05	1,14	0,18	1,84	4,26	n.e.	n.e.	5,99	2,92	15,94
BM 1	B1	0-30	9.10.12	0,22	0,41	0,62	0,26	2,17	6,62	58,81	1286	6,30	3,73	14,56

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 1	B1	30-60	9.10.12	0,31	0,38	0,69	0,15	1,68	6,75	71,06	1381	6,30	2,31	15,14
BM 1	B1	0-30	9.10.12	0,51	0,18	0,69	0,25	2,29	3,00	58,81	n.e.	6,20	3,14	12,77
BM 1	B1	30-60	9.10.12	0,09	0,29	0,38	0,10	1,31	4,42	71,06	n.e.	6,40	1,35	13,78
BM 1	B1	0-30	9.10.12	0,54	0,45	1,00	0,79	3,98	4,34	58,81	n.e.	6,20	10,90	13,79
BM 1	B1	30-60	9.10.12	0,63	0,27	0,90	0,51	2,60	3,06	71,06	n.e.	6,20	7,42	14,67
BB 1	B1	0-30	9.10.12	0,24	0,29	0,53	0,22	1,81	4,05	n.e.	n.e.	6,00	3,22	14,39
BB 1	B1	30-60	9.10.12	0,29	0,31	0,61	0,33	1,81	3,38	n.e.	n.e.	5,90	3,13	9,47
BB 1	B1	0-30	9.10.12	0,37	0,33	0,70	0,27	1,85	3,40	n.e.	n.e.	5,30	3,59	13,06
BB 1	B1	30-60	9.10.12	0,05	0,49	0,54	0,16	1,50	3,03	n.e.	n.e.	5,60	2,46	15,37
BB 1	B1	0-30	9.10.12	0,42	0,38	0,80	0,50	3,31	4,20	n.e.	n.e.	6,30	6,84	13,58
BB 1	B1	30-60	9.10.12	0,19	0,58	0,77	0,20	1,97	3,19	n.e.	n.e.	6,00	2,91	14,93
BM 2	B2	0-30	27.4.10	0,44	1,08	1,52	0,34	3,23	1,42	n.e.	n.e.	5,26	4,78	14,26
BM 2	B2	30-60	27.4.10	0,32	0,93	1,25	0,21	3,81	7,11	n.e.	n.e.	5,16	3,68	17,73
BM 2	B2	0-30	27.4.10	0,34	1,17	1,51	0,12	9,78	1,36	n.e.	n.e.	6,02	2,21	18,49
BM 2	B2	30-60	27.4.10	0,38	1,57	1,95	0,63	5,77	6,79	n.e.	n.e.	5,77	10,81	17,09
BM 2	B2	0-30	27.4.10	1,55	1,01	2,56	0,42	3,72	1,24	n.e.	n.e.	5,40	5,61	13,29
BM 2	B2	30-60	27.4.10	0,25	0,82	1,07	0,15	3,04	6,21	n.e.	n.e.	6,01	2,24	14,77
BB 2	B2	0-30	27.4.10	0,17	0,90	1,07	0,31	5,19	0,27	n.e.	n.e.	5,55	4,63	14,98
BB 2	B2	30-60	27.4.10	0,06	0,55	0,60	0,18	2,18	1,34	n.e.	n.e.	5,49	2,89	16,29
BB 2	B2	0-30	27.4.10	0,65	0,69	1,34	0,22	2,53	2,05	n.e.	n.e.	4,88	2,83	13,04
BB 2	B2	30-60	27.4.10	0,04	0,80	0,84	0,15	1,75	10,27	n.e.	n.e.	5,93	2,24	15,24
BB 2	B2	0-30	27.4.10	0,20	0,58	0,78	0,22	2,10	0,87	n.e.	n.e.	5,12	3,07	13,90
BB 2	B2	30-60	27.4.10	0,08	0,45	0,53	0,02	1,57	4,36	n.e.	n.e.	4,80	0,48	28,09
BM 2	B2	0-30	14.6.10	0,35	0,51	0,85	0,71	5,56	5,87	65,63	1011	6,04	9,03	12,67
BM 2	B2	30-60	14.6.10	1,62	1,22	2,84	0,40	3,30	2,75	76,16	1153	6,34	5,37	13,54
BM 2	B2	0-30	14.6.10	0,33	1,90	2,23	0,29	8,29	2,89	56,91	n.e.	6,71	3,94	13,61
BM 2	B2	30-60	14.6.10	0,94	0,67	1,62	0,40	3,61	4,66	73,30	n.e.	6,19	6,20	15,40
BM 2	B2	0-30	14.6.10	0,56	0,54	1,09	0,97	5,40	5,78	47,92	n.e.	6,06	13,13	13,51

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 2	B2	30-60	14.6.10	0,22	1,57	1,79	0,60	3,01	4,83	72,16	n.e.	5,63	8,28	13,73
BB 2	B2	0-30	14.6.10	0,42	2,40	2,82	0,82	4,49	8,28	n.e.	n.e.	5,62	11,41	13,85
BB 2	B2	30-60	14.6.10	1,02	0,40	1,42	0,27	2,23	4,53	n.e.	n.e.	5,47	4,10	15,25
BB 2	B2	0-30	14.6.10	0,13	0,85	0,98	0,22	2,63	2,81	n.e.	n.e.	5,17	2,82	13,00
BB 2	B2	30-60	14.6.10	0,08	0,53	0,61	0,07	1,60	3,95	n.e.	n.e.	4,96	1,00	13,56
BB 2	B2	0-30	14.6.10	0,15	1,44	1,59	0,35	3,83	3,42	n.e.	n.e.	5,06	4,63	13,29
BB 2	B2	30-60	14.6.10	0,00	0,79	0,79	0,16	3,76	5,15	n.e.	n.e.	5,18	2,40	14,87
BM 2	B2	0-30	12.10.10	0,40	0,20	0,60	0,23	9,09	3,87	97,50	1011	5,80	3,40	14,74
BM 2	B2	30-60	12.10.10	2,01	0,24	2,25	0,40	10,38	5,68	84,88	1204	6,00	5,83	14,46
BM 2	B2	0-30	12.10.10	0,35	0,56	0,91	0,37	6,64	4,39	59,99	n.e.	6,80	4,98	13,42
BM 2	B2	30-60	12.10.10	0,41	0,49	0,89	0,53	4,59	5,63	67,98	n.e.	6,70	8,28	15,58
BM 2	B2	0-30	12.10.10	0,73	0,41	1,13	0,52	3,76	3,91	79,68	n.e.	6,10	6,83	13,19
BM 2	B2	30-60	12.10.10	0,19	0,48	0,67	4,08	1,51	3,49	142,08	n.e.	5,90	1,01	0,25
BB 2	B2	0-30	12.10.10	0,42	0,22	0,65	0,34	3,98	4,21	n.e.	n.e.	5,90	4,57	13,37
BB 2	B2	30-60	12.10.10	0,42	0,23	0,65	0,31	4,77	2,98	n.e.	n.e.	5,90	5,99	19,53
BB 2	B2	0-30	12.10.10	1,22	0,30	1,52	0,22	4,84	2,81	n.e.	n.e.	5,50	2,98	13,39
BB 2	B2	30-60	12.10.10	0,00	0,19	0,19	0,15	1,26	2,93	n.e.	n.e.	4,90	1,95	13,21
BB 2	B2	0-30	12.10.10	0,24	0,78	1,02	0,27	2,34	3,54	n.e.	n.e.	5,00	3,58	13,17
BB 2	B2	30-60	12.10.10	0,00	0,59	0,59	0,11	1,38	2,11	n.e.	n.e.	5,10	2,59	24,60
BM 2	B2	0-30	21.4.11	0,49	0,79	1,28	0,34	8,30	10,09	87,50	n.e.	5,85	4,54	13,46
BM 2	B2	30-60	21.4.11	0,57	0,69	1,26	0,35	3,89	8,65	74,88	n.e.	6,23	4,92	14,02
BM 2	B2	0-30	21.4.11	0,53	0,55	1,08	0,28	4,74	10,39	49,99	n.e.	6,82	3,92	14,04
BM 2	B2	30-60	21.4.11	0,76	1,13	1,89	0,35	3,98	9,10	57,98	n.e.	6,36	4,93	14,27
BM 2	B2	0-30	21.4.11	1,37	0,53	1,89	0,30	3,28	13,66	69,68	n.e.	6,88	4,03	13,54
BM 2	B2	30-60	21.4.11	0,31	0,63	0,94	0,18	0,95	9,42	132,08	n.e.	5,40	2,62	14,74
BB 2	B2	0-30	21.4.11	0,13	0,98	1,11	0,35	4,95	11,84	n.e.	n.e.	5,69	4,64	13,37
BB 2	B2	30-60	21.4.11	0,28	0,40	0,68	0,21	5,48	6,04	n.e.	n.e.	5,74	3,17	14,79
BB 2	B2	0-30	21.4.11	0,20	0,67	0,87	0,22	2,87	7,90	n.e.	n.e.	4,46	2,85	13,24

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BB 2	B2	30-60	21.4.11	0,28	0,38	0,66	0,11	1,85	4,99	n.e.	n.e.	5,03	1,51	13,62
BB 2	B2	0-30	21.4.11	0,49	0,71	1,20	0,24	2,23	6,58	n.e.	n.e.	4,81	3,17	13,32
BB 2	B2	30-60	21.4.11	0,23	0,38	0,62	0,14	1,12	5,37	n.e.	n.e.	5,20	2,15	15,77
BM 2	B2	0-30	14.6.11	0,24	0,84	1,08	0,40	8,13	8,43	55,59	n.e.	6,12	5,14	12,81
BM 2	B2	30-60	14.6.11	0,35	1,12	1,47	0,52	5,58	6,89	57,90	n.e.	6,36	7,50	14,29
BM 2	B2	0-30	14.6.11	0,15	0,02	0,17	0,24	6,22	8,23	55,59	n.e.	6,81	3,45	14,31
BM 2	B2	30-60	14.6.11	0,81	0,22	1,03	0,36	2,19	4,44	57,90	n.e.	6,68	5,64	15,52
BM 2	B2	0-30	14.6.11	0,22	0,32	0,54	0,35	2,96	9,70	51,59	n.e.	6,94	4,68	13,21
BM 2	B2	30-60	14.6.11	0,18	1,45	1,62	0,17	2,34	6,76	67,90	n.e.	6,15	2,47	14,22
BB 2	B2	0-30	14.6.11	0,22	1,03	1,25	0,33	6,86	8,35	n.e.	n.e.	5,99	4,61	14,00
BB 2	B2	30-60	14.6.11	0,18	0,31	0,49	0,21	5,59	8,10	n.e.	n.e.	5,52	3,24	15,50
BB 2	B2	0-30	14.6.11	0,11	0,23	0,34	0,22	1,74	6,99	n.e.	n.e.	4,63	2,85	13,25
BB 2	B2	30-60	14.6.11	0,11	0,09	0,20	0,02	0,37	3,63	n.e.	n.e.	4,72	0,43	18,60
BB 2	B2	0-30	14.6.11	0,05	0,22	0,27	0,24	2,43	5,01	n.e.	n.e.	4,85	3,22	13,46
BB 2	B2	30-60	14.6.11	0,11	0,38	0,49	0,15	2,11	4,19	n.e.	n.e.	5,95	2,09	14,03
BM 2	B2	0-30	13.9.11	0,65	0,90	1,56	0,33	12,39	4,94	69,13	1033	6,40	4,14	12,73
BM 2	B2	30-60	13.9.11	0,64	0,28	0,91	0,47	8,97	4,57	89,07	1304	6,50	6,23	13,37
BM 2	B2	0-30	13.9.11	0,38	0,32	0,70	0,33	6,00	5,30	59,13	n.e.	6,80	4,52	13,60
BM 2	B2	30-60	13.9.11	0,49	0,32	0,81	0,43	3,96	4,76	79,07	n.e.	7,00	6,15	14,21
BM 2	B2	0-30	13.9.11	0,77	0,30	1,07	0,45	3,16	4,90	61,13	n.e.	7,00	5,87	12,98
BM 2	B2	30-60	13.9.11	0,43	0,20	0,62	0,24	2,33	3,89	74,07	n.e.	6,90	3,33	13,71
BB 2	B2	0-30	13.9.11	0,33	0,65	0,98	0,40	3,70	4,28	n.e.	n.e.	6,30	5,39	13,48
BB 2	B2	30-60	13.9.11	0,21	0,46	0,67	0,20	2,88	1,56	n.e.	n.e.	5,30	2,87	14,19
BB 2	B2	0-30	13.9.11	0,01	0,64	0,64	0,16	2,73	3,40	n.e.	n.e.	4,80	2,12	12,96
BB 2	B2	30-60	13.9.11	0,04	0,76	0,80	0,17	2,52	4,52	n.e.	n.e.	4,40	2,19	13,14
BB 2	B2	0-30	13.9.11	0,14	0,76	0,90	0,25	5,67	2,46	n.e.	n.e.	4,90	3,34	13,43
BB 2	B2	30-60	13.9.11	0,01	0,37	0,37	0,10	2,85	1,65	n.e.	n.e.	6,70	1,47	14,56
BM 2	B2	0-30	21.4.12	1,33	1,05	2,38	0,44	3,48	1,79	55,59	1128	5,91	5,68	13,01

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 2	B2	30-60	21.4.12	1,56	0,90	2,46	0,46	2,50	1,44	57,97	1217	6,09	6,34	13,66
BM 2	B2	0-30	21.4.12	1,06	0,93	1,99	0,22	4,77	1,74	55,59	n.e.	6,20	2,88	13,09
BM 2	B2	30-60	21.4.12	0,89	1,29	2,18	0,36	2,05	1,96	57,97	n.e.	6,73	5,03	14,15
BM 2	B2	0-30	21.4.12	0,62	0,90	1,52	0,41	2,04	1,58	55,59	n.e.	6,71	5,64	13,79
BM 2	B2	30-60	21.4.12	0,52	0,90	1,42	0,23	1,16	1,02	57,97	n.e.	6,42	3,54	15,20
BB 2	B2	0-30	21.4.12	0,55	0,67	1,22	0,24	1,19	1,19	n.e.	n.e.	5,58	3,42	14,38
BB 2	B2	30-60	21.4.12	0,36	0,58	0,94	0,10	0,87	1,00	n.e.	n.e.	6,19	1,62	15,60
BB 2	B2	0-30	21.4.12	0,48	0,87	1,36	0,17	1,69	1,55	n.e.	n.e.	5,37	2,08	12,41
BB 2	B2	30-60	21.4.12	0,08	0,67	0,75	0,11	1,15	1,25	n.e.	n.e.	5,42	1,32	12,07
BB 2	B2	0-30	21.4.12	0,22	0,71	0,94	0,23	1,85	1,56	n.e.	n.e.	5,56	2,72	11,71
BB 2	B2	30-60	21.4.12	0,28	0,61	0,89	0,16	1,25	1,33	n.e.	n.e.	5,63	1,70	10,65
BM 2	B2	0-30	14.6.12	0,10	1,41	1,52	0,39	13,03	5,71	56,72	1218	6,19	5,17	13,22
BM 2	B2	30-60	14.6.12	0,35	1,11	1,46	0,46	7,51	3,07	64,39	1326	6,50	6,42	14,02
BM 2	B2	0-30	14.6.12	0,00	1,05	1,06	0,20	4,03	5,82	56,72	n.e.	6,69	2,69	13,77
BM 2	B2	30-60	14.6.12	0,41	1,12	1,53	0,29	3,28	3,21	64,39	n.e.	7,03	4,18	14,23
BM 2	B2	0-30	14.6.12	0,30	1,68	1,98	0,45	4,26	7,44	56,72	n.e.	6,83	6,25	13,97
BM 2	B2	30-60	14.6.12	0,35	0,53	0,88	0,25	2,28	4,79	64,39	n.e.	6,87	3,97	15,68
BB 2	B2	0-30	14.6.12	0,03	2,01	2,04	0,23	3,14	5,29	n.e.	n.e.	6,24	3,35	14,66
BB 2	B2	30-60	14.6.12	0,32	1,38	1,70	0,10	1,45	6,99	n.e.	n.e.	6,29	1,65	16,24
BB 2	B2	0-30	14.6.12	0,04	0,95	1,00	0,17	2,00	3,14	n.e.	n.e.	5,34	2,14	12,89
BB 2	B2	30-60	14.6.12	0,68	0,61	1,29	0,09	1,25	1,68	n.e.	n.e.	5,47	1,30	14,77
BB 2	B2	0-30	14.6.12	0,58	0,77	1,35	0,21	2,04	12,97	n.e.	n.e.	5,52	2,71	12,67
BB 2	B2	30-60	14.6.12	0,69	0,54	1,23	0,12	3,11	16,99	n.e.	n.e.	5,67	1,58	13,56
BM 2	B2	0-30	9.10.12	0,33	0,31	0,64	0,31	9,41	4,78	48,58	1409	5,80	3,64	11,84
BM 2	B2	30-60	9.10.12	0,65	0,25	0,90	0,37	3,20	3,81	70,36	1431	6,00	5,19	13,88
BM 2	B2	0-30	9.10.12	0,18	0,29	0,47	0,13	5,95	7,15	48,58	n.e.	6,80	1,76	13,46
BM 2	B2	30-60	9.10.12	0,39	0,34	0,73	0,32	2,61	5,20	70,36	n.e.	6,70	4,74	14,61
BM 2	B2	0-30	9.10.12	0,54	0,18	0,72	0,53	3,74	5,18	48,58	n.e.	6,10	6,99	13,27

Variante	Variante (zusammengefasst)	Tiefe	Datum	NO ₃ N mg 100g Boden ⁻¹	NH ₄ N mg 100g Boden ⁻¹	N _{min} mg 100g Boden ⁻¹	N _t mg 100g Boden ⁻¹	PO ₄ P mg 100g Boden ⁻¹	K _{DL} mg 100g Boden ⁻¹	K _{kw} mg 100g Boden ⁻¹	K _{RFA} mg 100g Boden ⁻¹	pH	C _t	C/N
BM 2	B2	30-60	9.10.12	0,55	0,35	0,90	0,36	2,29	2,54	70,36	n.e.	5,90	5,54	15,32
BB 2	B2	0-30	9.10.12	0,80	0,30	1,10	0,28	1,94	3,14	n.e.	n.e.	5,90	3,69	13,09
BB 2	B2	30-60	9.10.12	0,31	0,33	0,64	0,16	1,23	3,15	n.e.	n.e.	5,90	2,07	12,86
BB 2	B2	0-30	9.10.12	0,26	2,77	3,03	0,21	1,88	3,55	n.e.	n.e.	5,50	2,75	12,86
BB 2	B2	30-60	9.10.12	0,10	0,32	0,42	0,11	0,92	2,41	n.e.	n.e.	4,90	1,32	12,30
BB 2	B2	0-30	9.10.12	0,03	0,44	0,48	0,30	3,25	3,68	n.e.	n.e.	5,00	3,22	10,84
BB 2	B2	30-60	9.10.12	0,07	0,38	0,45	0,14	2,46	3,10	n.e.	n.e.	5,10	1,77	12,40

Anhang 18 (Seite 156 – 163): Nährstoffgehalte und – verhältnisse der pflanzlichen Biomasse sowie Trockenmasseertrag und Entzüge der Varianten von Standort A und B, 2010-2012

Variante	Variante zusammengefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
AM0	A0	14.6.10	4,739	7,375	3,064	2,507	16,64	26,46	0,529	3,512	6,639	1,890	33,26	17,59	116,80	70,19
AM0	A0	14.6.10	4,459	8,070	3,501	2,863	18,01	24,08	0,642	4,039	6,291	1,557	30,25	19,43	122,21	67,85
AM0	A0	14.6.10	3,486	6,085	3,003	2,538	17,36	25,18	0,728	4,979	6,840	1,374	23,85	17,36	118,76	68,41
AB0	A0	14.6.10	2,541	4,826	3,537	2,690	17,92	24,46	1,059	7,053	6,661	0,944	17,19	18,20	121,23	67,66
AB0	A0	14.6.10	4,498	5,303	3,024	2,782	17,09	25,89	0,619	3,801	6,144	1,617	27,06	16,74	102,83	60,16
AB0	A0	14.6.10	6,081	7,428	2,634	2,647	15,13	28,43	0,435	2,488	5,716	2,297	46,33	20,17	115,26	76,19
AM0	A0	12.10.10	10,467	14,252	4,407	2,778	22,76	19,66	0,265	2,174	8,192	3,767	22,12	5,87	48,10	21,13
AM0	A0	12.10.10	7,911	14,063	3,984	3,079	20,65	21,58	0,389	2,610	6,705	2,569	17,64	6,87	46,04	22,30
AM0	A0	12.10.10	7,005	9,263	4,333	2,463	23,82	19,39	0,352	3,401	9,671	2,844	18,07	6,35	61,46	25,80
AB0	A0	12.10.10	3,676	9,790	4,922	3,293	24,72	18,57	0,896	6,723	7,507	1,117	8,27	7,41	55,60	22,50
AB0	A0	12.10.10	10,391	13,259	3,995	3,483	21,98	20,34	0,335	2,115	6,312	2,984	31,82	10,67	67,32	30,62
AB0	A0	12.10.10	8,564	12,733	4,919	2,710	26,48	16,97	0,316	3,092	9,771	3,160	17,62	5,58	54,49	20,58
AM0	A0	14.6.11	4,943	8,073	3,399	1,686	16,60	26,46	0,341	3,358	9,845	2,932	30,28	10,33	101,68	61,25
AM0	A0	14.6.11	4,761	12,141	2,742	1,796	18,00	24,08	0,377	3,781	10,020	2,650	25,31	9,55	95,70	53,17
AM0	A0	14.6.11	5,317	11,233	2,730	1,856	17,40	25,18	0,349	3,273	9,376	2,865	18,77	6,55	61,43	35,31
AB0	A0	14.6.11	2,512	13,494	3,050	2,118	17,90	24,46	0,843	7,127	8,453	1,186	7,31	6,17	52,13	29,12
AB0	A0	14.6.11	4,314	11,566	3,644	2,105	17,10	25,89	0,488	3,963	8,124	2,050	17,79	8,68	70,50	41,23
AB0	A0	14.6.11	7,337	7,441	2,774	1,857	15,10	28,43	0,253	2,058	8,131	3,951	46,31	11,72	95,31	63,12
AM0	A0	13.09.11	4,304	0,103	0,039	3,064	19,23	21,75	0,712	4,467	6,276	1,405	9,10	6,47	40,63	21,13
AM0	A0	13.09.11	7,602	0,072	0,033	3,360	19,40	21,86	0,442	2,551	5,773	2,263	16,95	7,49	43,25	22,30
AM0	A0	13.09.11	3,246	0,091	0,047	3,398	20,80	20,64	1,047	6,408	6,122	0,955	8,37	8,77	53,66	25,80
AB0	A0	13.09.11	3,567	0,073	0,043	3,517	21,51	19,86	0,986	6,030	6,116	1,014	8,02	7,91	48,38	22,50
AB0	A0	13.09.11	5,089	0,129	0,032	3,701	18,63	22,67	0,727	3,662	5,034	1,375	15,58	11,33	57,06	30,62
AB0	A0	13.09.11	5,309	0,090	0,042	3,141	17,66	23,51	0,592	3,327	5,622	1,690	10,92	6,46	36,34	20,58
AM0	A0	14.6.12	7,56	6,74	3,47	1,72	15,51	28,03	0,228	2,051	9,009	4,392	27,54	6,27	56,48	36,42
AM0	A0	14.6.12	7,01	5,19	2,83	1,75	14,05	30,80	0,250	2,006	8,022	4,000	32,67	8,17	65,52	46,62

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
AM0	A0	14.6.12	6,60	5,06	2,85	1,65	13,77	32,11	0,251	2,088	8,334	3,992	20,47	5,13	42,74	31,04
AB0	A0	14.6.12	4,34	4,11	2,68	2,22	15,71	27,28	0,512	3,618	7,072	1,954	10,63	5,44	38,47	24,49
AB0	A0	14.6.12	7,14	6,32	3,10	1,95	12,48	34,72	0,273	1,747	6,401	3,663	28,88	7,88	50,46	40,44
AB0	A0	14.6.12	10,57	7,47	3,31	1,99	15,65	27,98	0,188	1,480	7,872	5,319	39,04	7,34	57,79	36,93
AM0	A0	09.10.12	8,13	10,12	3,22	1,99	13,24	28,41	0,245	1,629	6,657	4,087	35,07	8,58	57,13	43,15
AM0	A0	09.10.12	8,45	12,61	3,90	2,41	15,80	27,75	0,286	1,870	6,545	3,500	24,74	7,07	46,26	29,29
AM0	A0	09.10.12	6,38	9,60	3,42	2,55	17,84	24,62	0,401	2,797	6,983	2,497	18,27	7,32	51,10	28,64
AB0	A0	09.10.12	5,16	5,95	3,33	2,56	20,42	21,96	0,496	3,953	7,969	2,016	19,17	9,51	75,79	37,12
AB0	A0	09.10.12	9,22	5,45	2,97	2,60	17,85	24,63	0,282	1,936	6,853	3,540	35,13	9,92	68,00	38,09
AB0	A0	09.10.12	12,44	8,39	3,77	2,69	15,89	25,85	0,216	1,277	5,905	4,624	27,31	5,91	34,88	21,95
AM1	A1	14.6.10	3,443	7,450	3,378	2,472	18,57	23,62	0,718	5,392	7,510	1,393	26,02	18,68	140,31	75,58
AM1	A1	14.6.10	4,518	9,718	3,295	2,488	17,75	24,29	0,551	3,928	7,134	1,816	26,82	14,77	105,36	59,35
AM1	A1	14.6.10	4,922	7,428	3,228	2,867	17,63	24,63	0,582	3,581	6,149	1,717	31,84	18,55	114,04	64,69
AB1	A1	14.6.10	4,372	9,333	3,016	2,846	18,11	23,37	0,651	4,143	6,365	1,536	34,46	22,43	142,79	78,82
AB1	A1	14.6.10	3,914	9,396	3,294	2,821	19,40	22,64	0,721	4,957	6,878	1,388	25,02	18,03	124,03	63,93
AB1	A1	14.6.10	3,463	6,063	3,351	3,044	17,67	24,95	0,879	5,104	5,806	1,138	22,82	20,06	116,47	65,90
AM1	A1	12.10.10	13,210	14,251	4,276	2,813	22,53	19,86	0,213	1,706	8,012	4,697	27,96	5,95	47,69	21,16
AM1	A1	12.10.10	18,489	11,471	2,933	3,229	21,93	20,22	0,175	1,186	6,792	5,726	51,36	8,97	60,92	27,78
AM1	A1	12.10.10	22,210	11,708	3,093	3,168	22,85	19,71	0,143	1,029	7,213	7,012	49,99	7,13	51,43	22,51
AB1	A1	12.10.10	10,320	30,788	4,500	2,484	24,35	18,23	0,241	2,360	9,805	4,155	30,89	7,43	72,89	29,93
AB1	A1	12.10.10	9,265	9,912	3,627	2,448	18,46	24,25	0,264	1,992	7,540	3,785	34,46	9,10	68,65	37,19
AB1	A1	12.10.10	5,627	6,610	4,793	3,027	25,54	18,55	0,538	4,539	8,436	1,859	10,94	5,88	49,63	19,43
AM1	A1	14.6.11	6,019	6,698	2,647	1,679	18,60	23,62	0,279	3,090	11,076	3,584	27,42	7,65	84,74	45,56
AM1	A1	14.6.11	6,901	10,009	3,031	2,093	17,80	24,29	0,303	2,579	8,504	3,297	34,07	10,33	87,87	49,36
AM1	A1	14.6.11	10,261	9,018	2,353	2,242	17,60	24,63	0,218	1,715	7,850	4,577	36,49	7,97	62,58	35,56
AB1	A1	14.6.11	5,066	8,943	3,398	1,936	18,10	23,37	0,382	3,573	9,351	2,617	22,84	8,73	81,62	45,09
AB1	A1	14.6.11	5,811	18,020	3,270	2,538	19,40	22,64	0,437	3,339	7,645	2,290	32,35	14,13	108,02	55,68
AB1	A1	14.6.11	4,870	11,730	2,886	2,095	17,70	24,95	0,430	3,634	8,447	2,324	12,59	5,41	45,74	25,84
AM1	A1	13.09.11	8,778	0,082	0,027	3,139	18,33	22,85	0,358	2,088	5,840	2,797	18,58	6,64	38,79	21,16

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
AM1	A1	13.09.11	5,904	0,095	0,032	2,721	18,06	22,84	0,461	3,059	6,638	2,170	16,40	7,56	50,16	27,78
AM1	A1	13.09.11	5,634	0,110	0,034	2,484	19,26	21,62	0,441	3,419	7,754	2,268	12,68	5,59	43,35	22,51
AB1	A1	13.09.11	7,231	0,103	0,034	2,678	18,50	21,90	0,370	2,558	6,908	2,700	21,64	8,01	55,36	29,93
AB1	A1	13.09.11	7,671	0,088	0,032	2,670	18,70	22,71	0,348	2,438	7,005	2,873	28,53	9,93	69,55	37,19
AB1	A1	13.09.11	5,492	0,061	0,035	3,257	18,64	22,88	0,593	3,395	5,724	1,686	10,67	6,33	36,23	19,43
AM1	A1	14.6.12	7,17	4,96	1,98	1,48	14,96	28,99	0,207	2,087	10,080	4,829	31,85	6,59	66,48	44,44
AM1	A1	14.6.12	13,75	6,94	2,14	1,77	13,05	32,98	0,129	0,949	7,367	7,764	65,09	8,38	61,76	47,34
AM1	A1	14.6.12	17,33	5,87	1,84	2,26	13,39	32,09	0,130	0,773	5,936	7,684	63,93	8,32	49,39	36,88
AB1	A1	14.6.12	14,91	5,36	2,37	1,78	12,58	33,92	0,119	0,844	7,083	8,393	68,26	8,13	57,61	45,80
AB1	A1	14.6.12	12,55	4,82	2,29	1,86	12,91	33,09	0,149	1,028	6,924	6,734	58,68	8,71	60,34	46,74
AB1	A1	14.6.12	10,19	5,43	2,45	1,98	14,87	29,05	0,195	1,459	7,494	5,137	31,89	6,21	46,53	31,28
AM1	A1	09.10.12	14,00	9,84	2,83	2,58	14,08	30,36	0,185	1,006	5,451	5,419	50,07	9,24	50,37	35,76
AM1	A1	09.10.12	13,79	8,57	2,15	1,90	12,36	34,48	0,138	0,897	6,508	7,255	51,99	7,17	46,64	37,72
AM1	A1	09.10.12	17,49	10,87	2,74	2,80	16,14	26,64	0,160	0,923	5,757	6,235	73,93	11,86	68,26	42,28
AB1	A1	09.10.12	17,63	7,27	2,57	2,13	16,53	25,29	0,121	0,938	7,772	8,288	62,92	7,59	59,00	35,69
AB1	A1	09.10.12	12,98	7,13	2,27	2,36	12,42	35,43	0,182	0,957	5,263	5,501	41,61	7,56	39,81	32,06
AB1	A1	09.10.12	9,00	6,96	2,81	2,48	16,10	27,41	0,276	1,789	6,487	3,627	24,68	6,80	44,14	27,42
AM2	A2	14.6.10	4,587	7,926	2,617	3,050	17,55	24,65	0,665	3,826	5,753	1,504	32,60	21,68	124,73	71,07
AM2	A2	14.6.10	5,605	8,302	3,179	3,036	16,46	25,45	0,542	2,936	5,420	1,846	47,70	25,84	140,03	85,10
AM2	A2	14.6.10	3,908	6,747	2,949	2,370	17,84	24,78	0,606	4,565	7,530	1,649	28,29	17,15	129,14	72,37
AB2	A2	14.6.10	2,639	4,819	3,662	2,468	18,74	23,72	0,935	7,101	7,593	1,069	21,44	20,05	152,24	81,25
AB2	A2	14.6.10	5,175	10,423	3,117	3,120	20,36	21,27	0,603	3,934	6,525	1,659	36,78	22,18	144,69	71,07
AB2	A2	14.6.10	4,408	10,235	3,449	2,618	17,13	25,57	0,594	3,887	6,544	1,684	29,47	17,51	114,56	66,86
BM2	A2	14.6.10	5,432	5,476	2,462	2,812	14,20	30,91	0,518	2,614	5,050	1,932	40,00	20,71	104,56	73,63
AM2	A2	12.10.10	21,399	14,924	2,652	2,868	21,84	20,29	0,134	1,021	7,616	7,461	62,00	8,31	63,29	28,97
AM2	A2	12.10.10	19,619	19,168	2,689	3,073	21,63	20,45	0,157	1,102	7,038	6,385	40,10	6,28	44,20	20,44
AM2	A2	12.10.10	14,355	12,625	2,926	1,879	19,25	23,09	0,131	1,341	10,249	7,642	42,14	5,52	56,52	29,36
AB2	A2	12.10.10	23,978	6,112	3,128	2,964	23,47	19,23	1,041	7,918	7,60		70,62	9,29	73,54	

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
AB2	A2	12.10.10	24,595	10,353	2,636	3,166	23,80	18,89	0,129	0,968	7,519	7,769	72,48	9,33	70,14	29,47
AB2	A2	12.10.10	19,700	44,957	3,214	3,240	21,70	20,41	0,164	1,102	6,697	6,079	64,59	10,62	71,15	32,79
BM2	A2	12.10.10	16,791	16,217	3,264	3,092	19,80	22,54	0,184	1,179	6,403	5,431	59,00	10,86	69,56	35,14
AM2	A2	14.6.11	10,471	5,469	1,967	1,444	17,50	24,65	0,138	1,671	12,116	7,250	53,08	7,32	88,71	50,69
AM2	A2	14.6.11	11,121	13,146	2,699	2,308	16,50	25,45	0,208	1,484	7,150	4,819	59,05	12,25	87,61	53,09
AM2	A2	14.6.11	6,649	7,828	2,185	1,528	17,80	24,78	0,230	2,677	11,646	4,350	37,74	8,67	101,02	56,75
AB2	A2	14.6.11	8,645	15,301	2,245	1,852	18,70	23,72	0,214	2,163	10,095	4,667	43,40	9,30	93,88	50,21
AB2	A2	14.6.11	11,536	12,799	2,050	2,168	20,40	21,27	0,188	1,768	9,410	5,321	72,84	13,69	128,80	63,14
AB2	A2	14.6.11	10,396	15,464	2,258	2,108	17,10	25,57	0,203	1,645	8,112	4,932	69,76	14,15	114,75	67,11
BM2	A2	14.6.11	8,739	4,868	2,787	2,517	14,20	30,91	0,288	1,625	5,641	3,472	35,83	10,32	58,21	41,00
AM2	A2	13.09.11	10,431	0,076	0,021	2,750	17,83	23,15	0,264	1,710	6,486	3,793	30,22	7,97	51,67	28,97
AM2	A2	13.09.11	10,006	0,108	0,028	2,847	18,10	22,69	0,285	1,809	6,357	3,514	20,45	5,82	36,99	20,44
AM2	A2	13.09.11	12,327	0,132	0,040	4,267	18,33	22,87	0,346	1,487	4,296	2,889	36,19	12,53	53,81	29,36
AB2	A2	13.09.11	10,718	0,060	0,031	2,802	18,90	22,49	0,261	1,764	6,746	3,825	33,59	8,78	59,23	31,34
AB2	A2	13.09.11	11,453	0,072	0,025	3,041	18,81	22,14	0,266	1,643	6,187	3,766	33,75	8,96	55,44	29,47
AB2	A2	13.09.11	8,550	0,085	0,020	2,865	16,35	24,83	0,335	1,912	5,705	2,984	28,03	9,39	53,59	32,79
BM2	A2	13.09.11	8,923	0,091	0,030	3,620	18,09	23,27	0,406	2,027	4,997	2,465	31,35	12,72	63,55	35,14
AM2	A2	14.6.12	14,63	2,60	1,52	1,47	13,41	32,54	0,100	0,916	9,128	9,963	56,90	5,71	52,13	38,88
AM2	A2	14.6.12	12,55	5,30	2,28	2,20	13,04	33,39	0,176	1,040	5,918	5,693	52,41	9,20	54,48	41,77
AM2	A2	14.6.12	13,75	5,55	2,23	1,62	14,30	29,97	0,118	1,040	8,814	8,477	58,25	6,87	60,56	42,36
AB2	A2	14.6.12	12,63	4,19	2,22	1,65	13,88	32,55	0,131	1,099	8,412	7,657	56,81	7,42	62,41	44,97
AB2	A2	14.6.12	12,92	4,53	1,90	1,77	10,76	40,18	0,137	0,833	6,094	7,318	53,77	7,35	44,77	41,61
AB2	A2	14.6.12	15,88	7,07	2,27	1,77	11,45	37,99	0,112	0,721	6,465	8,966	52,70	5,88	38,00	33,19
BM2	A2	14.6.12	16,46	6,46	2,17	2,65	12,83	33,37	0,161	0,779	4,849	6,221	73,04	11,74	56,93	44,37
AM2	A2	09.10.12	11,37	5,60	2,48	1,74	13,66	27,06	0,153	1,202	7,838	6,523	45,43	6,96	54,59	39,96
AM2	A2	09.10.12	11,85	9,31	2,88	2,30	12,42	33,56	0,194	1,048	5,397	5,148	62,13	12,07	65,14	52,45
AM2	A2	09.10.12	12,43	14,41	3,11	2,39	18,75	23,13	0,192	1,508	7,858	5,210	35,85	6,88	54,08	28,85
AB2	A2	09.10.12	16,33	4,30	1,94	2,32	17,14	25,51	0,142	1,050	7,377	7,028	55,29	7,87	58,04	33,85
AB2	A2	09.10.12	18,01	9,13	1,91	2,47	13,84	29,99	0,137	0,768	5,599	7,286	49,30	6,77	37,88	27,38

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
AB2	A2	09.10.12	14,84	10,33	2,38	2,66	17,30	25,27	0,180	1,166	6,494	5,570	49,30	8,85	57,47	33,23
BM2	A2	09.10.12	8,923	0,091	0,030	3,620	18,09	23,27	0,406	2,027	4,997	2,465	27,71	11,24	56,17	31,06
BM0	B0	14.6.10	4,956	7,072	1,917	2,288	15,75	27,29	0,462	3,178	6,886	2,166	37,97	17,53	120,69	76,61
BM0	B0	14.6.10	5,567	7,415	2,209	2,538	15,57	27,03	0,456	2,797	6,135	2,193	49,85	22,73	139,45	89,56
BM0	B0	14.6.10	5,891	8,161	2,187	2,734	16,88	25,74	0,464	2,865	6,174	2,155	37,88	17,58	108,54	64,31
BB0	B0	14.6.10	4,855	6,560	2,110	2,566	15,98	28,36	0,528	3,291	6,227	1,892	38,45	20,32	126,53	79,18
BB0	B0	14.6.10	5,220	7,282	2,096	2,284	14,60	29,85	0,438	2,796	6,390	2,285	40,78	17,84	114,03	78,13
BB0	B0	14.6.10	5,353	8,065	2,627	2,705	17,08	25,25	0,505	3,191	6,315	1,979	35,34	17,86	112,76	66,02
BM0	B0	12.10.10	10,999	15,620	3,737	2,830	17,90	24,99	0,257	1,627	6,324	3,886	39,12	10,07	63,67	35,57
BM0	B0	12.10.10	9,345	12,662	3,730	3,510	21,12	21,18	0,376	2,259	6,016	2,662	29,37	11,03	66,36	31,43
BM0	B0	12.10.10	8,585	12,822	3,475	3,081	16,68	26,58	0,359	1,942	5,413	2,787	30,80	11,05	59,83	35,88
BB0	B0	12.10.10	9,941	6,726	1,778	2,039	12,60	37,20	0,205	1,268	6,180	4,875	38,81	7,96	49,21	39,05
BB0	B0	12.10.10	10,741	10,966	2,561	2,403	15,39	30,38	0,224	1,433	6,406	4,469	27,13	6,07	38,89	25,26
BB0	B0	12.10.10	9,245	10,659	2,822	2,681	16,86	27,20	0,290	1,824	6,288	3,448	30,94	8,97	56,43	33,47
BM0	B0	14.6.11	6,109	5,880	3,131	2,244	15,80	27,29	0,367	2,586	7,041	2,722	21,88	8,04	56,58	35,81
BM0	B0	14.6.11	3,860	4,968	3,116	2,252	15,60	27,03	0,584	4,042	6,927	1,714	10,51	6,13	42,47	27,23
BM0	B0	14.6.11	7,514	5,673	2,643	2,102	16,90	25,74	0,280	2,249	8,042	3,575	18,51	5,18	41,63	24,64
BB0	B0	14.6.11	5,761	5,519	3,375	2,514	16,00	28,36	0,436	2,777	6,366	2,292	15,20	6,63	42,22	26,39
BB0	B0	14.6.11	6,670	5,893	2,769	2,420	14,60	29,85	0,363	2,189	6,033	2,756	23,14	8,40	50,66	34,70
BB0	B0	14.6.11	6,104	7,478	2,989	2,423	17,10	25,25	0,397	2,801	7,056	2,519	22,48	8,92	62,98	36,83
BM0	B0	13.09.11	3,782	0,099	0,031	2,679	18,57	22,97	0,708	4,911	6,932	1,412	13,45	9,53	66,06	35,57
BM0	B0	13.09.11	3,160	0,078	0,027	2,879	18,70	22,51	0,911	5,918	6,496	1,098	9,93	9,05	58,78	31,43
BM0	B0	13.09.11	4,621	0,119	0,037	3,688	18,14	22,84	0,798	3,927	4,920	1,253	16,58	13,23	65,10	35,88
BB0	B0	13.09.11	4,131	0,127	0,041	3,670	19,44	21,54	0,888	4,705	5,297	1,126	16,13	14,33	75,90	39,05
BB0	B0	13.09.11	4,197	0,120	0,037	3,393	18,63	22,68	0,808	4,439	5,490	1,237	10,60	8,57	47,06	25,26
BB0	B0	13.09.11	4,857	0,141	0,040	4,169	19,45	21,44	0,858	4,005	4,666	1,165	16,25	13,95	65,11	33,47
BM0	B0	14.6.12	11,04	5,73	2,37	2,14	12,00	36,12	0,194	1,087	5,612	5,164	36,74	7,11	39,92	33,26
BM0	B0	14.6.12	11,61	8,40	2,63	2,46	17,08	25,07	0,212	1,471	6,932	4,713	51,19	10,86	75,30	44,08
BM0	B0	14.6.12	11,73	8,71	2,69	2,66	14,05	30,25	0,227	1,198	5,282	4,410	46,03	10,44	55,13	39,24

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
BB0	B0	14.6.12	8,79	7,33	2,71	2,20	15,23	28,88	0,250	1,733	6,926	3,997	33,06	8,27	57,29	37,63
BB0	B0	14.6.12	11,96	7,67	2,83	2,67	14,74	29,07	0,223	1,232	5,526	4,484	50,61	11,29	62,37	42,32
BB0	B0	14.6.12	11,14	7,56	2,59	2,08	16,73	26,06	0,187	1,502	8,025	5,344	41,24	7,72	61,92	37,01
BM0	B0	09.10.12	3,782	0,099	0,031	2,679	18,57	22,97	0,708	4,911	6,932	1,412	30,70	21,75	150,76	81,18
BM0	B0	09.10.12	3,160	0,078	0,027	2,879	18,70	22,51	0,911	5,918	6,496	1,098	10,60	9,66	62,75	33,55
BM0	B0	09.10.12	4,621	0,119	0,037	3,688	18,14	22,84	0,798	3,927	4,920	1,253	17,82	14,22	69,98	38,57
BB0	B0	09.10.12	4,131	0,127	0,041	3,670	19,44	21,54	0,888	4,705	5,297	1,126	14,12	12,55	66,46	34,19
BB0	B0	09.10.12	4,197	0,120	0,037	3,393	18,63	22,68	0,808	4,439	5,490	1,237	13,32	10,77	59,11	31,73
BB0	B0	09.10.12	4,857	0,141	0,040	4,169	19,45	21,44	0,858	4,005	4,666	1,165	12,06	10,35	48,31	24,83
BM1	B1	14.6.10	6,225	6,297	2,100	2,496	15,17	28,63	0,401	2,437	6,077	2,494	47,06	18,87	114,67	75,60
BM1	B1	14.6.10	5,038	8,225	2,883	2,639	14,02	30,77	0,524	2,783	5,313	1,909	34,87	18,26	97,03	69,21
BM1	B1	14.6.10	4,481	7,579	2,187	2,349	12,70	34,45	0,524	2,833	5,405	1,908	24,48	12,83	69,35	54,62
BB1	B1	14.6.10	5,564	4,471	1,718	2,457	13,80	33,62	0,442	2,480	5,617	2,265	50,59	22,34	125,47	90,92
BB1	B1	14.6.10	4,792	12,513	2,804	3,550	19,40	22,32	0,741	4,049	5,465	1,350	39,58	29,32	160,24	82,60
BB1	B1	14.6.10	4,957	5,770	1,655	2,500	14,10	31,62	0,504	2,844	5,641	1,983	31,80	16,03	90,44	64,14
BM1	B1	12.10.10	10,572	15,118	3,679	3,057	21,64	20,85	0,289	2,047	7,081	3,459	42,81	12,38	87,65	40,49
BM1	B1	12.10.10	14,399	12,518	3,026	3,385	21,86	20,55	0,235	1,518	6,459	4,254	39,97	9,40	60,68	27,76
BM1	B1	12.10.10	10,428	20,613	3,957	3,432	17,30	25,77	0,329	1,659	5,039	3,038	38,43	12,65	63,75	36,86
BB1	B1	12.10.10	13,592	11,057	3,105	2,628	16,94	27,05	0,193	1,246	6,447	5,173	47,07	9,10	58,66	34,63
BB1	B1	12.10.10	12,120	10,893	2,685	2,604	17,61	25,98	0,215	1,453	6,760	4,654	35,00	7,52	50,84	28,88
BB1	B1	12.10.10	15,143	12,534	2,181	2,436	14,82	30,88	0,161	0,979	6,086	6,217	46,32	7,45	45,34	30,59
BM1	B1	14.6.11	8,238	2,134	3,642	2,946	15,20	28,63	0,358	1,845	5,159	2,796	24,74	8,85	45,64	30,03
BM1	B1	14.6.11	6,687	3,288	3,027	2,428	14,00	30,77	0,363	2,094	5,766	2,754	21,11	7,66	44,19	31,56
BM1	B1	14.6.11	8,070	3,712	3,144	2,388	12,70	34,45	0,296	1,574	5,318	3,379	34,28	10,15	53,95	42,48
BB1	B1	14.6.11	6,489	6,410	2,914	2,448	13,80	33,62	0,377	2,127	5,638	2,651	25,72	9,70	54,69	39,63
BB1	B1	14.6.11	6,804	6,439	2,434	2,100	19,40	22,32	0,309	2,851	9,238	3,240	36,68	11,32	104,57	53,90
BB1	B1	14.6.11	7,597	6,415	2,892	2,292	14,10	31,62	0,302	1,856	6,152	3,314	45,74	13,80	84,90	60,22
BM1	B1	13.09.11	5,380	0,124	0,037	3,497	17,89	23,41	0,650	3,326	5,118	1,539	21,78	14,16	72,46	40,49
BM1	B1	13.09.11	8,181	0,116	0,036	3,835	19,25	21,41	0,469	2,353	5,019	2,133	22,71	10,64	53,42	27,76

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
BM1	B1	13.09.11	6,053	0,118	0,038	3,695	16,88	24,55	0,610	2,789	4,569	1,638	22,31	13,62	62,22	36,86
BB1	B1	13.09.11	6,316	0,090	0,033	3,205	18,83	22,48	0,507	2,982	5,876	1,971	21,87	11,10	65,22	34,63
BB1	B1	13.09.11	5,067	0,123	0,039	2,915	18,69	22,54	0,575	3,688	6,411	1,738	16,23	9,34	59,87	32,03
BB1	B1	13.09.11	6,237	0,135	0,035	4,183	19,58	21,56	0,671	3,139	4,681	1,491	19,08	12,79	59,89	30,59
BM1	B1	14.6.12	19,54	5,21	1,99	2,59	12,69	33,10	0,133	0,649	4,902	7,547	96,00	12,72	62,35	49,12
BM1	B1	14.6.12	18,28	7,10	2,21	2,70	13,64	31,16	0,148	0,746	5,055	6,775	76,00	11,22	56,71	41,57
BM1	B1	14.6.12	13,82	8,65	2,58	2,56	16,57	25,68	0,185	1,199	6,470	5,394	57,18	10,60	68,58	41,38
BB1	B1	14.6.12	13,28	5,25	1,93	2,18	13,60	32,34	0,164	1,024	6,239	6,092	55,28	9,07	56,62	41,63
BB1	B1	14.6.12	15,97	5,44	1,85	2,31	13,45	32,21	0,145	0,842	5,815	6,909	61,62	8,92	51,86	38,57
BB1	B1	14.6.12	15,24	5,22	1,77	2,28	13,36	33,15	0,149	0,877	5,867	6,691	63,47	9,49	55,66	41,66
BM1	B1	09.10.12	5,380	0,124	0,037	3,497	17,89	23,41	0,650	3,326	5,118	1,539	19,00	12,35	63,19	35,31
BM1	B1	09.10.12	8,181	0,116	0,036	3,835	19,25	21,41	0,469	2,353	5,019	2,133	26,31	12,33	61,89	32,16
BM1	B1	09.10.12	6,053	0,118	0,038	3,695	16,88	24,55	0,610	2,789	4,569	1,638	17,74	10,83	49,48	29,31
BB1	B1	09.10.12	6,316	0,090	0,033	3,205	18,83	22,48	0,507	2,982	5,876	1,971	20,60	10,45	61,43	32,62
BB1	B1	09.10.12	5,067	0,123	0,039	2,915	18,69	22,54	0,575	3,688	6,411	1,738	15,32	8,81	56,51	30,24
BB1	B1	09.10.12	6,237	0,135	0,035	4,183	19,58	21,56	0,671	3,139	4,681	1,491	22,05	14,79	69,23	35,36
BM2	B2	14.6.10	4,841	6,187	1,769	2,529	15,15	29,14	0,522	3,129	5,991	1,915	39,11	20,43	122,39	80,79
BM2	B2	14.6.10	4,517	7,249	2,111	2,424	15,14	28,91	0,537	3,351	6,246	1,864	29,85	16,02	100,03	66,07
BB2	B2	14.6.10	4,417	5,320	1,588	2,187	14,30	31,11	0,495	3,238	6,537	2,019	37,57	18,61	121,63	85,05
BB2	B2	14.6.10	4,477	6,119	2,747	3,304	16,00	27,21	0,738	3,574	4,843	1,355	40,25	29,70	143,86	89,91
BB2	B2	14.6.10	4,893	8,867	2,752	2,939	17,30	25,36	0,601	3,536	5,887	1,665	31,51	18,93	111,41	64,40
BM2	B2	12.10.10	19,678	14,510	3,235	3,191	20,54	21,85	0,162	1,044	6,437	6,167	60,55	9,82	63,21	30,77
BM2	B2	12.10.10	12,288	15,358	3,111	2,924	18,33	24,04	0,238	1,492	6,270	4,202	43,95	10,46	65,57	35,76
BB2	B2	12.10.10	14,645	11,246	2,985	2,520	18,44	24,88	0,172	1,259	7,320	5,812	42,26	7,27	53,22	28,86
BB2	B2	12.10.10	23,067	6,212	2,224	2,822	18,25	25,45	0,122	0,791	6,466	8,174	82,99	10,15	65,65	35,98
BB2	B2	12.10.10	14,368	13,534	3,067	2,904	16,68	26,47	0,202	1,161	5,745	4,948	39,91	8,07	46,34	27,78
BM2	B2	14.6.11	7,615	17,396	3,164	2,627	15,10	29,14	0,345	1,983	5,748	2,899	27,36	9,44	54,25	35,93
BM2	B2	14.6.11	7,956	0,961	2,081	1,787	15,10	28,91	0,225	1,898	8,449	4,452	32,88	7,39	62,40	41,33
BB2	B2	14.6.11	11,637	7,753	2,122	2,144	14,30	31,11	0,184	1,229	6,669	5,427	44,22	8,15	54,34	38,00

Varian te	Variante zusamme ngefasst	Datum	Kalium g/kg TM	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM	P g/kg TM	N g/kg TM	C/N	P/K	N/K	N/P	K/P	K Entzug kg/ha	P Entzug kg/ha	N Entzug kg/ha	TM dt/ha
BB2	B2	14.6.11	12,542	4,926	1,996	2,291	16,00	27,21	0,183	1,276	6,982	5,473	73,66	13,46	93,97	58,73
BB2	B2	14.6.11	4,804	3,864	1,005	1,019	17,30	25,36	0,212	3,601	16,979	4,715	30,71	6,51	110,59	63,93
BM2	B2	13.09.11	6,702	0,104	0,027	4,067	20,70	20,38	0,607	3,088	5,090	1,648	20,62	12,51	63,69	30,77
BM2	B2	13.09.11	7,059	0,098	0,027	2,855	17,21	24,22	0,404	2,438	6,027	2,473	25,25	10,21	61,54	35,76
BB2	B2	13.09.11	7,496	0,133	0,033	3,179	18,59	22,47	0,424	2,480	5,847	2,358	20,79	8,82	51,54	27,73
BB2	B2	13.09.11	4,035	0,073	0,024	2,555	17,69	24,06	0,633	4,383	6,922	1,579	14,52	9,19	63,64	35,98
BB2	B2	13.09.11	4,928	0,102	0,028	2,594	17,37	24,07	0,526	3,525	6,697	1,900	13,69	7,21	48,26	27,78
BM2	B2	14.6.12	14,14	6,77	2,64	2,97	13,84	31,07	0,210	0,979	4,662	4,762	77,57	16,29	75,95	54,86
BM2	B2	14.6.12	14,84	5,72	2,27	2,35	12,85	33,35	0,158	0,866	5,467	6,315	72,98	11,56	63,18	49,18
BB2	B2	14.6.12	14,67	4,07	1,68	1,79	10,92	39,76	0,122	0,744	6,116	8,221	75,38	9,17	56,08	51,37
BB2	B2	14.6.12	15,66	4,11	1,97	2,72	12,77	35,50	0,174	0,816	4,697	5,758	68,33	11,87	55,74	43,64
BB2	B2	14.6.12	18,53	4,97	1,71	2,23	14,05	30,36	0,121	0,758	6,286	8,293	79,74	9,62	60,44	43,03
BM2	B2	09.10.12	6,702	0,104	0,027	4,067	20,70	20,38	0,607	3,088	5,090	1,648	21,55	13,08	66,56	32,16
BM2	B2	09.10.12	7,059	0,098	0,027	2,855	17,21	24,22	0,404	2,438	6,027	2,473	19,08	7,72	46,52	27,04
BB2	B2	09.10.12	7,496	0,133	0,033	3,179	18,59	22,47	0,424	2,480	5,847	2,358	32,61	13,83	80,86	43,50
BB2	B2	09.10.12	4,035	0,073	0,024	2,555	17,69	24,06	0,633	4,383	6,922	1,579	12,65	8,01	55,44	31,34
BB2	B2	09.10.12	4,928	0,102	0,028	2,594	17,37	24,07	0,526	3,525	6,697	1,900	24,28	12,78	85,58	49,26

Anhang 19 (Seite 164 – 165): Bilanzierung der Kaliumgehalte

Varianten		TM dt ha ⁻¹	K Entzug kg ha ⁻¹	K Düngung kg ha ⁻¹	K Boden kg ha ⁻¹	K Entzug kg ha ⁻¹ pro Jahr	K berechnet (K Düngung + K Boden - K Entzug pro Jahr)	K gemessen (K Boden nach Appl - K Boden vor Appl.)	K bilanziert (K Düngung - K Entzug)	
2010	vor Applikation	A0	68,41	29,66	0	92,63				
		A1	68,05	27,83	60	154,21				
		A2	74,62	32,71	120	181,58				
	nach Applikation	A0	23,82	19,26	0	145,73	48,91	43,71	53,11	-48,91
		A1	26,33	34,26	60	171,50	62,09	152,12	17,29	-2,09
		A2	28,73	58,66	120	164,16	91,37	210,21	-17,42	28,63
2011	vor Applikation	A0	23,82	11,49	0	154,21				
		A1	26,33	18,08	60	212,62				
		A2	28,73	30,37	120	208,62				
	nach Applikation	A0	35,99	26,54	0	60,68	38,03	116,18	-93,54	-38,03
		A1	42,08	53,28	60	74,51	71,37	201,25	-138,11	-11,37
		A2	40,46	55,14	120	62,01	85,51	243,11	-146,61	34,49
2012	vor Applikation	A0	35,99	26,54	0	168,71				
		A1	42,08	53,28	60	234,46				
		A2	40,46	55,14	120	247,10				
	nach Applikation	A0	33,04	26,62	0	144,59	53,15	115,55	-24,12	-53,15
		A1	35,15	50,87	60	170,82	104,15	190,30	-63,64	-44,15
		A2	35,95	49,55	120	215,80	104,69	262,41	-31,29	15,31

Varianten		TM dt ha ⁻¹	K Entzug kg ha ⁻¹	K Düngung kg ha ⁻¹	K Boden kg ha ⁻¹	K Entzug kg ha ⁻¹ pro Jahr	K berechnet (K Düngung + K Boden - K Entzug pro Jahr)	K gemessen (K Boden nach App - K Boden vor Appl.)	K bilanziert (K Düngung - K Entzug)	
2010	vor Applikation	B0	75,63	40,05	0	352,76				
		B1	72,85	38,06	60	230,75				
		B2	76,64	36,38	120	188,63				
	nach Applikation	B0	33,44	32,70	0	169,36	72,74	280,01	-183,40	-72,74
		B1	33,20	41,60	60	157,85	79,66	211,09	-72,90	-19,66
		B2	32,38	54,78	120	147,62	91,16	217,47	-41,02	28,84
2011	vor Applikation	B0	33,44	13,83	0	210,93				
		B1	33,73	20,66	60	182,00				
		B2	32,19	21,04	120	164,32				
	nach Applikation	B0	38,92	43,14	0	74,62	56,97	153,96	-136,31	-56,97
		B1	42,32	68,26	60	58,29	88,92	153,08	-123,71	-28,92
		B2	47,74	74,51	120	61,15	95,55	188,77	-103,17	24,45
2012	vor Applikation	B0	38,92	43,14	0	238,58				
		B1	42,32	68,26	60	221,88				
		B2	47,74	74,51	120	262,37				
	nach Applikation	B0	40,67	16,44	0	175,05	59,58	179,00	-63,54	-59,58
		B1	32,50	20,17	60	166,43	88,43	193,45	-55,45	-28,43
		B2	35,73	22,98	120	178,59	97,49	284,88	-83,79	22,51

**Anhang 20 Korrigierte K_{DL} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts,
2010-2012**

Variante		K_{DL} mg 100g-1											
		2010			2011				2012				
		vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.
A	0	3,5	3,7		0,2	3,9	1,6		-2,3	4,3	3,7		-0,6
	1	7,9	4,4	4,2	-3,6	5,4	1,9	4,3	-1,1	6	4,4	5	-1,0
	2	6,9	4,2	4,00	-2,9	5,3	1,6	3,9	-1,3	6,3	5,5	6,1	-0,1
B	0	9,0	4,3		-4,7	5,4	1,9		-3,5	6,1	4,5		-1,6
	1	5,9	4,0	8,7	2,8	4,6	1,5	4,9	0,3	5,6	4,3	5,9	0,2
	2	4,8	3,8	8,4	3,6	4,2	1,6	5	0,8	6,7	4,6	6,2	-0,5

Fett gedruckte Werte wurden nach GL01(Standort A) und GL02(StandortB) berechnet; Diff. berechnet nach GL03 (Standort A) und GL04 (StandortB)

Anhang 21 Korrigierte K_{kw} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts, 2010-2012

Variante		K_{kw} mg 100g-1											
		2010			2011				2012				
		vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.
A	0	33	47,7		14,7	35,5	34,6		-0,9	34,0	36,0		1,9
	1	42,8	54,9	40,3	-2,5	48,1	32,2	33	-15	45,6	53,6	51,6	6,0
	2	65,4	46,2	31,50	-33,9	39,1	37,9	38,7	-0,3	45	72,1	70,1	25,1
B	0	57,9	59,3		1,3	65,2	52,3		-13	64,5	67,7		3,1
	1	84	68,8	67,4	-16,5	61,9	63,1	76,1	14,1	73,8	58,8	55,6	-18,2
	2	56,8	79,1	77,6	20,8	63,1	55,6	68,6	5,4	56,7	48,6	45,3	-11,3

Fett gedruckte Werte wurden nach GL01(Standort A) und GL02(StandortB) berechnet; Diff. berechnet nach GL03 (Standort A) und GL04 (StandortB)

Anhang 22 Korrigierte K_{RFA} Gehalte unter Berücksichtigung des natürlichen Effekts, 2010-2012

Variante		K_{RFA} mg 100g ⁻¹											
		2010			2011			2012					
		vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.	vor Appl. gem.	nach Appl. gem.	korr.	Diff.
A	0	965	1169		204	1073	1031		-42	1021	1082		61
	1	1066	1204	1000	-66	1066	965	1007	-59	1116	1111	1050	-66
	2	1079	1460	1256	177	1132	1131	1173	41	1102	1119	1058	-44
B	0	1328	1222		-106	1198	1194		-4	1249	1184		-65
	1	1196	1141	1247	51	1176	1329	1333	157	1356	1286	1351	-5
	2	1011	1011	1117	106	1033	1128	1132	99	1218	1409	1474	256

Fett gedruckte Werte wurden nach GL01(Standort A) und GL02(StandortB) berechnet; Diff. berechnet nach GL03 (Standort A) und GL04 (StandortB)

Anhang 23 (Seite 168 – 171): Vegetationskundliche Teilflächenaufnahmen Standort A, nach Baufeld (2012)

	Stetigkeit												
Variante		AB2		AB1		AB0		AM0		AM1		AM2	
Parzelle		2	3	5	4	8	9	11	10	14	15	17	16
Artenzahl Gefäßpflanzen		45	39	47	45	44	40	48	37	44	39	40	36
Anzahl LRT 6510-kennz. Arten		8	6	7	8	7	8	8	7	7	7	6	5
weitere charakteristische Arten		15	14	15	15	15	12	14	11	14	13	13	11
Charakteristische Arten ges.		23	20	22	23	2220	20	22	18	21	20	19	16
Krautschicht Deckungsgrad [%]		99	99	99	97	96	96	96	93	99	92	95	95
Moosschicht Deckungsgrad [%]											1		
LRT-kennzeichnende Arten													
LRT 6510													
Anthoxanthum odoratum	12	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Rumex acetosa	12	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ranunculus acris	12	1	1	1	1	+	1	1	+	+	+	+	+
Vicia cracca	12	1	+	1	+	+	+	+	+	1	+	2	+
Veronica chamaedrys	11	1	.	1	1	2	1	+	+	1	1	+	1
Silene flos-cuculi	10	r	.	+	+	+	+	1	1	+	+	+	.
Leucanthemum vulgare agg.	6	+	+	+	+	.	+	.	.	+	.	.	.
Cardamine pratensis	5	.	.	.	.	+	+	+	+	.	+	.	.
Arrhenatherum elatius	3	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium mollugo	1	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
weitere charakteristische Arten LRT 6510													
Agrostis capillaris	12	1	+	1	+	1	+	1	+	1	1	1	1
Alopecurus pratensis	12	1	2	2	2	1	1	1	+	1	1	2	1
Cerastium holosteoides	12	1	1	+	+	+	+	1	+	+	+	1	+
Deschampsia cespitosa	12	1	2	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Glechoma hederacea	12	+	1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+
Holcus lanatus	12	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2
Poa pratensis agg.	12	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2
Ranunculus repens	12	+	+	1	+	+	1	1	1	1	+	1	1

	Stetigkeit												
Variante		AB2		AB1		AB0		AM0		AM1		AM2	
weitere charakteristische Arten LRT 6510													
Festuca rubra agg.	12	1	1	1	1	1	1	1	+	+	1	1	1
Phleum pretense	11	1	1	1	1	1	+	+	.	+	+	1	1
Dactylis glomerata	9	1	+	1	+	1	1	+	.	+	.	+	.
Leontodon autumnalis	7	1	.	+	+	+	.	+	+	+	.	.	.
Bromus hordeaceus	5	r	r	+	.	+	.	.	.	.	r	.	.
Heracleum sphondylium	4	.	.	.	.	r	.	r	.	+	.	1	.
Luzula campestris	3	.	r	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.
Trifolium pretense	3	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
KC Molinio-Arrhenatheretea													
Plantago lanceolata	12	2	2	2	1	2	1	2	+	2	1	1	1
Trifolium repens	11	1	+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	.
Achillea millefolium	10	1	+	1	+	1	.	1	.	1	1	2	1
Lotus pedunculatus	10	1	1	1	1	+	1	+	+	1	.	+	.
Taraxacum officinale agg.	10	1	+	+	+	+	.	+	+	+	+	1	.
Cirsium palustre	8	.	.	+	.	+	+	+	+	+	+	1	.
Juncus conglomeratus	6	+	+	+	+	.	+	.	.	.	+	.	.
Anthriscus sylvestris	5	.	.	+	.	+	.	r	.	.	.	r	+
Prunella vulgaris	4	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	+	.
Lolium perenne	2	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis gigantea	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
KC Agrostietea stoloniferae													
Carex hirta	12	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potentilla anserina	12	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
Rumex crispus	12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Potentilla reptans	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Carex nigra	10	.	1	+	+	+	+	1	2	+	1	.	1
Persicaria amphibia	7	.	.	+	+	+	.	1	1	+	.	.	+
Mentha aquatic	4	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.

	Stetigkeit												
Variante		AB2		AB1		AB0		AM0		AM1		AM2	
Nässe- und Feuchtezeiger													
Glyceria fluitans	2	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.
Carex acuta x nigra	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Begleiter													
Cirsium arvense	12	1	2	1	2	1	1	2	+	1	+	2	1
Juncus effuses	12	+	1	+	+	1	1	2	2	2	2	1	2
Stellaria graminea	12	1	+	1	+	+	+	+	+	1	+	1	1
Poa trivialis	11	.	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+
Veronica arvensis	11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Elytrigia repens	7	+	+	+	.	+	.	+	.	.	+	.	+
Urtica dioica	6	+	+	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+
Phalaris arundinacea	5	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	1	1
Fraxinus excelsior	5	+	.	+	.	r	.	+	.	.	.	+	.
Achillea ptarmica	4	+	.	+	.	.	.	1	.	+	.	.	.
Linaria vulgaris	4	.	.	+	.	.	+	.	+	.	.	.	+
Calamagrostis epigeios	3	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	+
Carex ovalis	3	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
Rumex obtusifolius	3	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Plantago major	3	.	+	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex thyrsiflorus	3	+	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.
Equisetum arvense	2	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.
Rosa sp.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.
Galium palustre	1	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium sp.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
Hypochaeris radicata	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Mentha sp.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Poa annua	1	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex acetosella	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Senecio erucifolius	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Senecio jacobaea	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.

	Stetigkeit												
Variante		AB2		AB1		AB0		AM0		AM1		AM2	
Begleiter													
Stachys palustris	1	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Veronica officinalis	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.

	Stetigkeit												
Variante		BM 2		BM 1		BM 0		BB 0		BB 1		BB 2	
Deschampsia cespitosa	34	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Festuca pratensis	34	+	+	1	+	1	.	+	+	1	+	+	+
Festuca rubra agg.	33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+
Leontodon autumnalis	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Dactylis glomerata	16	1	+	1	+	1	+	+	+	1	+	1	+
Trifolium pratense	16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+
Heracleum sphondylium	14	+	1	+	1	+	+	+	+	+	.	+	+
Bromus hordeaceus	11	+	+	+	r	+	+	.	+	.	.	.	+
Trifolium hybridum	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Centaurea jacea	4	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Selinum carvifolia	4	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
Cirsium oleraceum	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bellis perennis	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum maculatum	2	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis capillaris	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
KC Molinio-Arrhenatheretea													
Plantago lanceolata	36	1	1	1	1	1	+	+	+	1	+	2	+
Taraxacum officinale agg.	36	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Trifolium repens	36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Achillea millefolium	25	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus pedunculatus	19	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	1	1
Lolium perenne	14	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthriscus sylvestris	11	.	+	+	+	+	+	.	+	.	+	.	+
Juncus conglomeratus	3	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+
Cirsium palustre	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunella vulgaris	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
KC Agrostietea stoloniferae													
Agrostis stolonifera	36	+	1	1	+	1	1	1	1	1	1	+	1
Carex hirta	36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1
Potentilla anserina	36	3	3	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3

**Anhang 25: Korrelationsmatrix der Kaliumparameter des Bodens, nach PEARSON,
Varianten A2, 2010 - 2012**

Korrelationen

	KRFA	KKW	KDL
KRFA			
Korrelation nach Pearson	1	-,093	-,047
Signifikanz (2-seitig)		,714	,853
Quadratsummen und Kreuzprodukte	27476,500	-854,500	-74,000
Kovarianz	1616,265	-50,265	-4,353
N	18	18	18
KKW			
Korrelation nach Pearson	-,093	1	,586*
Signifikanz (2-seitig)	,714		,011
Quadratsummen und Kreuzprodukte	-854,500	3090,500	309,000
Kovarianz	-50,265	181,794	18,176
N	18	18	18
KDL			
Korrelation nach Pearson	-,047	,586*	1
Signifikanz (2-seitig)	,853	,011	
Quadratsummen und Kreuzprodukte	-74,000	309,000	90,000
Kovarianz	-4,353	18,176	5,294
N	18	18	18

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Anhang 26: Korrelationsmatrix der Kaliumparameter des Bodens, nach PEARSON,
Varianten B2, 2010 - 2012**

Korrelationen

		KRFA	KKW	KDL
KRFA	Korrelation nach Pearson	1	-,687	,320
	Signifikanz (2-seitig)		,131	,536
	Quadratsummen und Kreuzprodukte	123170,000	-5525,000	413,000
	Kovarianz	24634,000	-1105,000	82,600
	N	6	6	6
KKW	Korrelation nach Pearson	-,687	1	-,184
	Signifikanz (2-seitig)	,131		,727
	Quadratsummen und Kreuzprodukte	-5525,000	524,833	-15,500
	Kovarianz	-1105,000	104,967	-3,100
	N	6	6	6
KDL	Korrelation nach Pearson	,320	-,184	1
	Signifikanz (2-seitig)	,536	,727	
	Quadratsummen und Kreuzprodukte	413,000	-15,500	13,500
	Kovarianz	82,600	-3,100	2,700
	N	6	6	6

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Danksagung

Ich danke meinen Gutachtern Herrn Prof. Dr. Meißner und Herrn Prof. Dr. Joosten für die Betreuung meiner Dissertation und für ihre Anmerkungen.

Frau Dr. Sabine Bernsdorf sei herzlich gedankt für die Unterstützung während der gesamten Dissertationszeit. Ihre Motivation und Hingabe haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Dankbar bin ich für die Projektfinanzierung aus ELER-Mitteln durch das Land Sachsen Anhalt und die Europäischen Union.

Des Weiteren danke ich Frau Renate Nauendorf, die für mich tagelang im Labor und auch auf den Versuchstandorten im Drömling ständig im Einsatz war. Dies gilt ebenso für Herrn Michael Engel (†), der mich bei problematischen Arbeiten auf den Untersuchungsstandorten begleitet hat.

Bei meinen Kollegen, Katja und Stefan die sich mit mir ein Büro teilten und auch von den Einsätzen im Drömling nicht verschont blieben, möchte ich mich für die schöne Zeit an der Universität danken. Es war immer ein angenehmes Arbeiten, dank auch für die Hinweise, die wesentlich zur Fertigstellung der Arbeit beitrugen.

Dem Laborteam von Frau Wehner und Frau Böhme von der Berufsakademie Riesa sowie dem Laborteam von Frau Krenkewitz aus dem Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften danke ich für die ständige Bearbeitung der Proben.

Vielen Dank den Mitarbeitern des Naturpark Drömling für die Hilfe beim Aufbau und der Bewirtschaftung der Versuchsfelder. Vor allem sei hier auf Herrn Braumann verwiesen.

Für ihre Unterstützung bei den statistischen Auswertungen gilt Herrn Prof. Spilke und vor allem Herrn Fechner und Herrn Dr. Frosch mein besonderer Dank.

Für ihre helfenden Hände danke ich Herrn Rost, Herrn Dr. Frosch und Herrn Bartels sowie den weiteren Mitarbeitern des Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Dr. Rupp und Herrn Lüdtkke von der Lysimeterstation Falkenberg (UFZ) für die Hilfe bei der Versuchsanlage sowie der Versuchsauswertung.

Die zahlreichen Praktikanten, die mir bei der Arbeit auf den Versuchsstandorten sowie bei der Untersuchung der Proben geholfen haben, seien an dieser Stelle ebenso mit Dank versehen.

Ganz herzlich danke ich meiner Familie für die gewährleistete Unterstützung bei der Abarbeitung meiner Dissertation.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Des Weiteren erkläre ich, dass mit dieser wissenschaftlichen Arbeit noch keine vergeblichen Promotionsversuche unternommen wurden und keine Strafverfahren gegen mich anhängig sind.

Halle/Saale,

Lebenslauf Stefan Schob

Adresse: Minkwitzer Dorfstr. 15
06729 Elsteraue OT Minkwitz

Telefon: + (49)1 73 - 865 32 14

E-Mail: stefan.schob@gmail.com

Geburtsdatum: 26. September 1982

Nationalität: Deutsch

SCHULISCHE & BERUFLICHE AUSBILDUNG

ab 11/2015 BELCHIM crop protection

Tätigkeit: Vertriebsberater Pflanzenschutz, Region
südliches Sachsen-Anhalt und Westsachsen

02/2015 – 10/2015 Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Tätigkeit: Sachbearbeiter, Pflanzenschutz im
Ackerbau

06/2009 – 01/2015 Martin-Luther-Universität (MLU), Halle-Wittenberg, Deutschland

Promotionsstudium: Naturwissenschaftlichen Fakultät III - Institut für
Agrar- und Ernährungswissenschaften

Promotionsthema: Untersuchungen zum Erhalt des
Lebensraumtyps „Magere Flachlandmähwiese“
auf Niedermoorgrünland im Naturpark Ohre-
Drömling.

Angestrebter Abschluß:
Doctor agriculturarum (Dr. agr.)

10/2008 – 05/2009 MÄRKA GmbH, Zörbig, Deutschland

Tätigkeit: Leitung der Außenstelle Seitzschen,
Handel mit landwirtschaftlichen Produkten und
Betriebsmitteln, Betreuung des Kundengebietes
Ostsachsen,

09/2003 – 09/2008 Martin-Luther-Universität (MLU), Halle-Wittenberg, Deutschland

Studiengang: Agrarwissenschaften
(Spezialisierung: Pflanzenbau)

Diplomarbeit: „Dynamik von Trockensubstanz, Stickstoff und
Blattpigmenten in Abhängigkeit von Source-
sink-Verhältnissen in der Gerstenpflanze nach
der Blüte“

Abschluss: Diplom-Agraringenieur (Dipl.-Ing. agr.),

07/2002 – 05/2003 Seniorenheim St. Marienstift, Zeitz, Deutschland

Zivildienstleistender

08/1993 – 06/2002 Geschwister-Scholl Gymnasium, Zeitz, Deutschland*Abschluss: Abitur***BERUFSERFAHRUNGEN & WEITERE PRAKTISCHE TÄTIGKEITEN**

06/2006 – 10/2006 Agricola Rehmsdorf, Elsteraue OT Rehmsdorf
Praktikant der Agrarwissenschaften*Tätigkeitsschwerpunkte: Durchführung der Hopfenernte, Mithilfe beim Bau einer Biogasanlage*06/2005 – 10/2005 Agricola Rehmsdorf, Elsteraue OT Rehmsdorf
Praktikant der Agrarwissenschaften*Tätigkeitsschwerpunkte: Planung und Ausbringung von Düngemitteln, Durchführung von der Getreideernte mit anschließender Stoppelbearbeitung***SEMINARE & VORSTELLUNG AUF TAGUNGEN, VERÖFFENTLICHUNGEN**

03/2014 Veröffentlichung eines wissenschaftlichen Beitrages in der Fachzeitschrift "WASSERWIRTSCHAFT" Heft 03/2014

09/2013 Rostock, Deutschland – Vortrag zur Deutschen Bodenkundlichen Tagung 2013

04/2013 Gumpenstein, Österreich – Poster zur „15. Gumpensteiner Lysimetertagung“

06/2012 Stockholm, Schweden – Posterbeitrag zum Weltmoorkongress „Peatlands in Balance“

06/2010 Gumpenstein, Österreich – Poster zur „14. Gumpensteiner Lysimetertagung“

EDV-KENNTNISSE

Microsoft Office (Word, Excel, Outlook, PowerPoint, Access, Publisher)	Sehr gute Kenntnisse
Arc. GIS	Grundkenntnisse

SPRACHEN

Deutsch	Muttersprache
Englisch	Gute Kenntnisse in Wort und Schrift, Business-Englisch