



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

# Dissertation

Einfluss einer Kartoffeldammabdeckung auf  
ausgewählte boden- und pflanzenbauliche  
Kriterien bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.)  
sowie bei der Nachfrucht Winterweizen  
(*Triticum aestivum* L.)

verfasst von

Dipl.-Ing. Mathias GAMERITH, Bakk.techn.

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Bodenkultur (Dr.nat.techn.)

Wien, August 2021

Betreut von:  
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Liebhard  
Institut für Pflanzenbau  
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln geahndet wird (Verwendung unerlaubter Hilfsmittel) und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

30. August 2021  
Datum

Samerith Nohias  
Unterschrift

## Danksagung

### **Danksagung**

Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Liebhard danke ich für die Anregung zu einer vertiefenden Bearbeitung dieses richtungsweisenden Themas sowie für die umfassende Betreuung der vorliegenden Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Herbert Eigner, AGRANA Research and Innovation Center GmbH, für die Begleitung der Dissertation mit seinem Erfahrungsreichtum und seiner immer gegebenen Diskussionsbereitschaft.

Herrn Dipl.-Ing. Gerhard Sigl danke ich für die Unterstützung bei allen statistischen Fragen.

Mein Dank gilt Herrn Dir. HR Dr. Peter Strauss, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft in Petzenkirchen und Herrn Dr. Thomas Bauer für die Durchführung der photogrammetrischen Dammvermessung.

Der AGRANA Stärke GmbH, vor allem Herrn Dipl.-Ing. Werner Zuser sowie der Rohstoffabteilung in Gmünd, Herrn Dipl.-Ing. Harald Lemp und Bernhard Schreiber danke ich für die Bereitstellung von Ressourcen zur Datenerhebung und die Möglichkeit, mich im Themenkomplex Stärkeindustriekartoffelbau zu spezialisieren.

Dem Team der AGES (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH) an der Versuchsstation Schönfeld danke ich für die Parzellenernte der Weizenversuche.

Vielen Dank Herrn Ing. Thomas Helmreich und seiner Familie für die Bereitstellung der Flächen für den Versuchsstandort Moidrams und die Unterstützung bei den speziellen Arbeitsschritten.

Meinen Eltern, Frau Andrea und Herrn Karl Gamerith, danke ich für die umfassende Unterstützung, die Zurverfügungstellung der Versuchsflächen am Standort Tautendorf sowie für die Hilfestellung bei den Arbeiten bei der Versuchsdurchführung.

Danke, Christina, für den bedingungslosen Rückhalt sowie für das gemeinsame Gehen durch die Höhen und Tiefen der vergangenen Jahre.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung</b> .....	<b>3</b>
3.1	Einleitung .....	3
3.2	Problemstellung .....	3
3.3	Zielsetzung.....	4
<b>4</b>	<b>Ausgewählte Literatur</b> .....	<b>5</b>
4.1	Kartoffelproduktion .....	5
4.2	Stärkeproduktion aus Kartoffeln .....	6
4.2.1	Historische Entwicklung von Anbau und Verarbeitung der Stärkeindustriekartoffeln in Österreich .....	6
4.2.2	Kulturführung und Qualitätsparameter bei Stärkeindustriekartoffeln .....	7
4.3	Weizenproduktion.....	10
4.3.1	Weizenanbau in Europa und Österreich .....	10
4.3.2	Kulturführung und Qualitätsparameter bei Winterweizen .....	11
4.4	Bodenerosion .....	12
4.4.1	Entstehung von Bodenerosion .....	13
4.4.2	Erosionsverhinderung.....	14
4.4.2.1	Aufbringung von organischen Materialien zur Minderung von Bodenerosion .....	15
4.4.2.2	Anforderungen der Kartoffel an den Boden .....	17
<b>5</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>18</b>
5.1	Material .....	18
5.1.1	Versuchsstandorte und Witterungsverlauf.....	18
5.1.1.1	Geologie und Boden.....	18
5.1.1.2	Klima und Witterung .....	21
5.2	Methoden.....	24
5.2.1	Versuchsanlagen am Standort Tautendorf.....	24
5.2.2	Versuchsanlagen am Standort Moidrams .....	24
5.2.3	Versuchsdurchführung und Versuchsvarianten.....	24
5.2.3.1	Dammabdeckungen der Exaktversuche am Versuchsstandort Tautendorf.....	24
5.2.3.2	Dammabdeckungen der Langparzellenversuche am Versuchsstandort Moidrams ...	26
5.2.3.3	Kulturführung bei Stärkeindustriekartoffeln an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf.....	27
5.2.3.4	Sortenbeschreibung Stärkeindustriekartoffel KURAS .....	27
5.2.3.5	Kulturführung bei Stärkeindustriekartoffeln an den Versuchsschlägen Standort Moidrams .....	29

## Inhaltsverzeichnis

5.2.3.6	Sortenbeschreibung Stärkeindustriekartoffel EUROSTAR	29
5.2.3.7	Kulturführung bei Winterweizen an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf	31
5.2.3.8	Sortenbeschreibung Winterweizen ESTEVAN und ENERGO	31
5.2.4	Datenerfassung	33
5.2.4.1	Datenerhebung bei Stärkeindustriekartoffeln	33
5.2.4.1.1	Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums	33
5.2.4.1.2	Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung	33
5.2.4.1.3	Bodenphysikalische Kriterien	33
5.2.4.1.3.1	Temperatur im Damm	33
5.2.4.1.3.2	Wasserverhältnisse im Damm	34
5.2.4.1.3.3	Manuelle Dammvermessung	34
5.2.4.1.3.4	Photogrammetrische Dammvermessung	35
5.2.4.1.4	Blattertrag	37
5.2.4.1.5	Knollenertrag	37
5.2.4.1.6	Innere und äußere Kartoffelknollenqualität	38
5.2.4.1.6.1	Stärkegehalt in den Knollen	38
5.2.4.1.6.2	Nitratgehalt in den Knollen	38
5.2.4.1.6.3	Fraßstellen an den Knollen	38
5.2.4.1.7	Bodenanalyse	39
5.2.4.2	Datenerhebung bei Winterweizen	39
5.2.4.2.1	Verhalten der Residuen der Abdeckmaterialien in der Nachfrucht Winterweizen	39
5.2.4.2.2	Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung	39
5.2.4.2.3	Ermittlung des Stickstoff-Düngerbedarfs mittels N-Tester	39
5.2.4.2.4	Beprobung Kleinparzellen für ertragsbildende Parameter	40
5.2.4.2.5	Parzellenernte für Ertrag und Qualität bei Winterweizen	40
5.2.5	Statistische Auswertung ausgewählter Daten	41
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>44</b>
6.1	Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Tautendorf	44
6.1.1	Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums	44
6.1.2	Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung	46
6.1.3	Temperatur im Damm	46
6.1.4	Wasserverhältnisse im Damm	53
6.1.5	Dammstabilität	55
6.1.5.1	Dammprofil auf Basis manueller Dammvermessung	55
6.1.5.2	Dammquerschnittsfläche auf Basis manueller Dammvermessung	57
6.1.5.3	Dammprofil auf Basis der photogrammetrischen Dammvermessung	57
6.1.5.4	Dammquerschnittsfläche und indexbezogene Auswertung auf Basis photogrammetrischer Dammvermessung	59

## Inhaltsverzeichnis

6.1.5.5 Vergleich der Dammquerschnittsflächen auf Basis manueller und photogrammetrischer Dammvermessung .....	60
6.1.6 Ertrag und Qualität bei Stärkeindustriekartoffeln .....	61
6.1.6.1 Blattertrag .....	61
6.1.6.2 Knollenertrag .....	62
6.1.6.3 Stärkegehalt in den Knollen .....	64
6.1.6.4 Stärkeertrag .....	66
6.1.6.5 Ausgewählte Qualitätskriterien bei Stärkeindustriekartoffeln .....	66
6.1.6.5.1 Nitratgehalt in den Knollen .....	66
6.1.6.5.2 Fraßstellen an den Knollen .....	68
6.1.7 Gehalte an ausgewählten Nährstoffen nach der Kartoffelernte .....	69
6.2 Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Moidrams .....	70
6.2.1 Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums .....	70
6.2.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung .....	71
6.2.3 Temperatur im Damm .....	72
6.2.4 Dammstabilität .....	76
6.2.4.1 Dammprofil auf Basis manueller Dammvermessung .....	76
6.2.4.2 Dammquerschnittsfläche auf Basis manueller Dammvermessung .....	77
6.2.5 Ertrag und Qualität bei Stärkeindustriekartoffeln .....	78
6.2.5.1 Knollenertrag .....	78
6.2.5.2 Stärkegehalt in den Knollen .....	78
6.2.5.3 Stärkeertrag .....	79
6.2.5.4 Ausgewählte Qualitätskriterien bei Stärkeindustriekartoffeln .....	79
6.2.5.4.1 Fraßstellen an den Knollen .....	79
6.3 Winterweizen als Nachfrucht am Versuchsstandort Tautendorf .....	80
6.3.1 Verhalten der Abdeckmaterialien unter der Nachfrucht Winterweizen .....	80
6.3.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung .....	81
6.3.3 Ertragsbildung bei Winterweizen, Kleinparzellen .....	82
6.3.4 Ertrag und Qualität bei Winterweizen, Parzellenernte .....	88
6.3.4.1 Kornertrag .....	88
6.3.4.2 Hektolitergewicht .....	89
6.3.4.3 Proteingehalt .....	91
<b>7 Diskussion .....</b>	<b>93</b>
7.1 Einfluss der Dammabdeckung auf bodenphysikalische Kennzahlen unter Stärkeindustriekartoffeln .....	93
7.1.1 Temperatur im Damm .....	93
7.1.2 Dammstabilität .....	96
7.1.3 Dammquerschnittsfläche .....	97

## Inhaltsverzeichnis

7.1.4	Infiltrationsfähigkeit.....	104
7.1.5	Bodenerosion .....	105
7.2	Einfluss der Dammbdeckung auf Wachstumsverlauf und Knollenertrag bei Stärkeindustriekartoffeln.....	106
7.2.1	Unkraut- und Krankheitsdruck bei Stärkeindustriekartoffeln.....	106
7.2.2	Blattertrag bei Stärkeindustriekartoffeln .....	106
7.2.3	Ernteindex bei Stärkeindustriekartoffeln.....	108
7.2.4	Knollenertrag bei Stärkeindustriekartoffeln.....	109
7.2.5	Ertragsbildende Faktoren.....	110
7.2.5.1	Temperatur im Damm.....	110
7.2.5.2	Wasserverhältnisse im Damm .....	113
7.2.5.3	Dammstabilität.....	118
7.2.5.4	Abdeckmaterial als Nährstoffquelle .....	120
7.3	Einfluss der Dammbdeckung auf Qualitätsparameter bei Stärkeindustriekartoffeln .....	122
7.3.1	Stärkegehalt in den Knollen .....	122
7.3.2	Nitratgehalte in den Knollen .....	123
7.3.3	Fraßstellen an den Knollen .....	123
7.4	Einfluss der Dammbdeckung bei Kartoffeln auf Wachstumsverlauf und Kornertrag bei der Nachfrucht Winterweizen .....	124
7.4.1	Residuen der Dammbdeckmaterialien im Frühjahr des Folgejahrs .....	124
7.4.2	Parameter der Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit der durch N-Tester ermittelten Werte .....	126
7.4.3	Ertragsaufbau bei Winterweizen .....	128
7.4.3.1	Beziehung zwischen Parametern des Ertragsaufbaus bei Winterweizen .....	128
7.4.3.2	Beziehung zwischen den Parametern Ertragsaufbau bei Winterweizen und der durch N-Tester ermittelten Werte .....	130
7.5	Einfluss der Dammbdeckung bei Kartoffeln auf Gehalt und Ertrag an Protein der Nachfrucht Winterweizen.....	134
7.5.1	Proteingehalt bei Winterweizen.....	134
7.5.2	Proteinertag bei Winterweizen .....	136
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>138</b>
<b>9</b>	<b>Summary .....</b>	<b>141</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>144</b>
<b>11</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>161</b>
<b>12</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>163</b>
<b>13</b>	<b>Bildanhang.....</b>	<b>171</b>
<b>14</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>174</b>
<b>15</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>179</b>

## 1 Kurzfassung

In den nächsten Jahrzehnten wird es in den Sommermonaten zu einer Zunahme von trockenen Phasen sowie zu einem vermehrten Auftreten von extremen Witterungsereignissen wie u. a. Starkregen kommen. Um die unerwünschten Auswirkungen im Ackerbau – einerseits Ertragsminderung und andererseits Bodenabtrag – in der Nutzpflanzenproduktion zu mindern, sind Anpassungen bei den derzeitigen Kulturführungsmaßnahmen erforderlich. Dem Schutz des Bodens kommt zudem eine größer werdende gesellschaftspolitische Bedeutung zu.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss unterschiedlicher Materialien zur Abdeckung der Kartoffeldämme auf die Dammstabilität geprüft sowie der Einfluss auf den Ertrag und die Qualität der Stärkeindustriekartoffeln bestimmt. Zur Dammapdeckung kamen Grünschnitt (von Grünlandflächen), Heu, Klee und Grünschnittroggen mit Ausbringungsmengen von 10 bis 50 t/ha zum Einsatz. Die Varianten wurden unbedeckten Parzellen (*Kontrolle*) gegenübergestellt. Die Versuchsanlagen waren Exakt- und Langparzellenversuche. Die Böden der Versuchsstandorte waren von Trockenheit gefährdete, überwiegend lehmig-sandige Böden. Um die Nachwirkung der gewählten Abdeckungen bei Kartoffeln zu beurteilen, wurde zusätzlich der Ertragsaufbau, der Kornertag und der Proteingehalt bei der Folgefrucht Winterweizen ermittelt.

In den über vier Jahren laufenden Versuchen konnte gezeigt werden, dass es mit steigender Menge an Abdeckmaterial (Trockenmasse) zu einer Erhöhung der Knollen- und Stärkeerträge kam. Im Mittel der Versuche erreichte die Abdeckung *Grünschnitt 50 t/ha* gegenüber der *Kontrolle* einen Knollenmehrertrag von ca. 18 %. Die Art und Menge des Abdeckmaterials hatten weder einen Einfluss auf die Höhe des Stärkegehalts noch auf den Befall der Kartoffeln durch Schädlinge und Krankheiten. Die Abdeckungen minderten die Extreme der Temperaturmaxima und -minima im Damm im Tagesverlauf. Die manuelle und photogrammetrische Vermessung der Dämme ergab eine Stabilisierung der Dammform und der Dammquerschnittsfläche. Das zusätzliche Nährstoffangebot aus den eingesetzten Dammapdeckungsmaterialien zeigte sich u. a. in den unterschiedlichen Reststickstoffgehalten des Bodens nach der Kartoffelernte. In der Folgefrucht Winterweizen konnte im Vergleich zu den unbedeckten Parzellen bei der vorjährig angelegten Variante *Grünschnitt 50 t/ha* ein mittlerer Mehrertrag an Winterweizen von 14 % erzielt werden. Der Proteingehalt des Weizens wurde nicht beeinflusst.

**Schlagerworte:** Kartoffel, Stärkeindustriekartoffel, Kartoffelstärkegehalt, Dammapdeckung, Dammstabilität, Mulchauflage, Bodenwassergehalt, Temperatur im Damm, Bodenerosion, Nährstoffrücklieferung, Nährstoffnachlieferung

## 2 Abstract

Over the coming decades increasing periods of drought and extreme weather events, such as heavy rainfall, are highly likely to occur in the summer months. In order to combat undesirable effects on crop production, for instance yield reduction and soil loss, an adaptation of current crop management strategies is required. In addition to agricultural factors, protection of soil is of high socio-political significance. The objective of this dissertation was to use different materials in order to cover potato ridges and then test the influence of those materials regarding stability of the ridge, yield and quality of starch potatoes. Covering materials included grassland cut, hay, clover cut and rye cut in an output quantity of 10 to 50 tons per hectare. These variants were compared to check plots without any coverage material. The field trials consisted of exact plots and long plots. The test locations are characterized by mainly dry and loamy-sandy soil. To assess the effects of the coverage material on potatoes, components of yield as well as grain yield and protein content of the subsequent crops winter wheat were determined.

In the field study carried out over a period of four years, it has been shown that an increasing amount of coverage material (dry matter) lead to a rise in tuber and starch yield. Across all test locations, grassland cut coverage of 50 tons per hectare reached – in contrast to check plots without any coverage material – an increase in tuber yield of 18 percent. Moreover, the type and quantity of coverage material neither influenced starch content nor did it promote infestation or diseases. Covering potato ridges lead to a reduction of extreme temperature minima and maxima in the ridge over the course of the day. Manual and photogrammetric measurements showed stability of the ridges and cross-sectional area. Different coverage material used in the field study provided additional supply of nutrients and thus, resulted in different amounts of residual nitrogen content of the soil after harvesting. Apart from that, previously applied grassland cut coverage of 50 tons per hectare showed an average additional winter wheat yield of 14 percent as opposed to check plots without any coverage material. However, protein content of winter wheat was not influenced.

**Keywords:** potato, starch potato, potato starch content, potato ridge coverage, stability of potato ridges, mulch coverage, soil water content, temperature in the ridge, soil erosion, nutrient return, nutrient release

### **3 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung**

#### **3.1 Einleitung**

Bis zum Jahr 2100 wird in Zentraleuropa ein Temperaturanstieg erwartet, die durchschnittliche Niederschlagsmenge bleibt gleich, jedoch steigt die Anzahl und die Intensität an Starkregenereignissen (KLIK et EITZINGER, 2010, S. 530). Dieser prognostizierte Klimawandel erfordert Maßnahmen, um die Bodenfruchtbarkeit im Ackerbau und die Ertragsicherheit zu gewährleisten. Dadurch wird auch das regionale Rohstoffaufkommen für die Verarbeitungsbetriebe wie der Stärkekartoffelverarbeitenden Industrie gesichert. In Österreich gibt es mit dem AGRANA Standort in Gmünd/Niederösterreich nur eine Fabrik für die Produktion von Kartoffelstärke. Etwa 50 % der für die Auslastung der Fabrik benötigten Kartoffelmenge, ca. 125.000 t, werden regional aufgebracht. Der Fabriksstandort im Grenzgebiet der Republik Österreichs und der Tschechischen Republik ist gekennzeichnet durch seichtgründige, sandige Böden in hügeliger Lage und durch häufig auftretende Trockenperioden während der Vegetationsperiode (ZAMG, 2018, s.p.).

#### **3.2 Problemstellung**

Der Anbau von Kartoffeln in Dämmen und die langsame Jugendentwicklung führen unter den zu erwartenden klimatischen Veränderungen zu Ertrags- und Qualitätsverlusten. Die höhere Bodentemperatur und die ungünstige Niederschlagsverteilung während der Vegetationsperiode verursachen Mindererträge. Höhere Temperaturen bedingen zudem höhere Verdunstungsraten und dadurch geringere Knollenerträge. Extreme Niederschlagsmengen in kurzer Zeit bedingen Erosion. Diese führen neben dem Verlust des Bodens durch Abtrag zu einer Verminderung des Wurzelraums der Kartoffelpflanzen im Damm und zu Qualitätseinbußen durch freigelegte Knollen. Stabile Erträge sind sowohl für die Rentabilität der Stärkeindustriekartoffelproduzenten als auch für die sichere Rohstoffversorgung der Stärkekartoffelverarbeitenden Industrie erforderlich. Ein effektiver Erosionsschutz sichert sowohl die Fruchtbarkeit des Bodens als auch die gesellschaftliche Akzeptanz der Art der Bewirtschaftung der landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Neben der Klimaänderung beeinflusst auch die Strukturentwicklung in der Landwirtschaft – vor allem im Hauptanbaugebiet von Stärkeindustriekartoffeln, durch Zunahme der viehloswirtschaftenden Betriebe (STATISTIK AUSTRIA, 2018, s.p.) – die zukünftige Bewirtschaftungsweise landwirtschaftlich genutzter Flächen. Für die spezielle Kartoffelproduktion mit Dammmabdeckung mittels Grünschnitt stehen durch die Nutzungsverpflichtung bei Grünland im Rahmen des *Österreichischen Programms zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft* (ÖPUL 2015) (ÖPUL, 2017 a, S. 9) ausreichende Erntemengen von Grünland

zur Verfügung. Bei diesen Flächen ist eine jährliche Mahd mit Verbringung des Ernteguts erforderlich. Dadurch ist ein alternativer Verwendungszweck außerhalb der Futternutzung möglich.

### **3.3 Zielsetzung**

In der vorliegenden Arbeit wurden Varianten geprüft, welche eine Bedeckung der Kartoffeldämme ermöglichen, um den Zeitraum, in dem die Dammoberfläche ungeschützt vorliegt, zu reduzieren.

Nach der Aufbringung von unterschiedlichen organischen Abdeckmaterialien auf Kartoffeldämme wurden der Temperaturverlauf und der Wassergehalt im Damm laufend gemessen. Ziel war es den Trockenstress der wachsenden Kartoffelpflanzen zu vermindern und die Ertragssicherheit zu erhöhen. Weiters erfolgte die Bewertung des Beitrags des Dammapdeckungsmaterials zu einem umfassenden Bodenschutz, zur Minderung von Erosionsschäden und zur Stabilisierung der Dammquerschnittsfläche. Die Beurteilung der Auswirkung unterschiedlicher Abdeckmaterialien auf Krankheitsbefall, Erntbarkeit und Ertrag sowie Qualität der Stärkeindustriekartoffeln wurde durchgeführt. Anschließend erfolgte die Prüfung des überjährigen Einflusses der Dammapdeckmaterialien bei der Folgefrucht Winterweizen auf den Stickstoffversorgungszustand im aufwachsenden Winterweizen zum BBCH-Stadium 37 (Bewertung mittels eines handelsüblichen Sensors) sowie auf ertragsbildende Parameter, Kornertrag und spezielle Qualitätsmerkmale.

## 4 Ausgewählte Literatur

Der Anbau von Kartoffeln stand und steht weltweit – vor allem in Entwicklungsgebieten – für die Ernährungssicherheit aufgrund des hochwertigen Nährstoffgehalts der Knollen und der anspruchslosen Kulturführung im Vordergrund (DEFAUW et al., 2012, S. 3). Neben der menschlichen Ernährung spielte in Westeuropa bis ca. 1960 die Kartoffel für die Viehfütterung und die Alkoholerzeugung eine wesentliche Rolle (HORTON et ANDERSON, 1992, S. 799). Ein weiteres Verarbeitungsgebiet der Kartoffeln war und ist die Gewinnung von Stärke aus den Knollen (BURTON et al., 1992, S. 609).

### 4.1 Kartoffelproduktion

Binahe weltweit werden Kartoffeln angebaut. Im Jahr 2014 war der größte Kartoffelproduzent China mit einer Jahresproduktion von 87,3 Mio. t, gefolgt von Indien mit 41,5 Mio. t und den Vereinigten Staaten von Amerika mit 20,9 Mio. t (MOW, 2017, s.p.).

Tab. 1 zeigt, dass sich zwischen 2011 und 2015 in der EU-28 die Kartoffelanbaufläche verminderte. Im Jahr 2011 gab es ca. 1,9 Mio. ha Kartoffelfläche (inkl. Saatkartoffeln), im Jahr 2015 waren es nur mehr 1,6 Mio. ha (EUROSTAT, 2017, s.p.).

**Tab. 1: Kartoffelfläche (inkl. Saatkartoffeln) EU-28 (ha), 2011 bis 2015 (EUROSTAT, 2017, s.p.) und durchschnittlicher Knollenertrag EU-28 (t/ha), 2011 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.)**

Jahr	Kartoffelfläche EU-28 (Mio. ha)	durchschnittlicher Knollenertrag EU-28 (t/ha)
2011	1,9	32,3
2012	1,8	29,9
2013	1,7	30,6
2014	1,7	35,4
2015	1,6	32,0

Die größte Kartoffelfläche in der EU-28 gab es im Jahr 2013 in Polen mit 337.040 ha, gefolgt von Deutschland mit 242.790 ha. Österreich lag mit 21.410 ha auf dem 16. Platz (EUROSTAT, 2017, s.p.). Die durchschnittlichen Knollenerträge bei Kartoffeln (Tab. 1) in den Jahren 2011 bis 2015 lagen in der EU zwischen 29,9 und 35,4 t/ha (FAO, 2017, s.p.).

Laut den Erhebungen der *Agrar-Markt-Austria* (AMA) sank die Stärke- und Speiseindustriekartoffelproduktionsfläche in Österreich während der Versuchsjahre 2011 bis 2015 von 9.616 auf 8.270 ha (AMA, 2017, s.p.). Im Jahr 2016 gab es bei Stärke- und Speiseindustriekartoffelflächen einen leichten Anstieg auf 8.585 ha (AMA, 2017, s.p.).

**Tab. 2: Stärke- und Speiseindustriekartoffelfläche Österreich (ha), 2011 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.) und durchschnittliche Knollenerträge bei Kartoffeln Österreich (t/ha), 2011 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.)**

Erntejahr	Stärke- und Speiseindustriekartoffelfläche Österreich (ha)	durchschnittlicher Knollenertrag Österreich (t/ha)
2011	9.616	35,7
2012	9.765	30,6
2013	8.590	28,6
2014	8.300	35,1
2015	8.270	26,3

Im vorliegenden Versuchszeitraum von 2011 bis 2014 lagen die durchschnittlichen Jahresknollenerträge bei Kartoffeln in Österreich (Tab. 2) bei großen jährlichen Ertragsschwankungen zwischen 28,6 und 35,7 t/ha (FAO, 2017, s.p.).

## 4.2 Stärkeproduktion aus Kartoffeln

Global betrachtet hat die Erzeugung von Stärke aus Kartoffeln eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2000 wurden weltweit 48,6 Mio. t Rohstoffe wie Mais, Maniok, Stärkeindustriekartoffeln und Weizen zu Stärke verarbeitet: Mit 81,1 % stellte Mais den größten Anteil an den verarbeiteten Rohstoffen dar, gefolgt von Weizen mit 8,4 % und Stärkeindustriekartoffeln mit 5,3 % sowie Maniok/andere mit 5,1 % (STARARCH, 2017, s.p.).

In Europa ist die Erzeugung von Stärke aus Kartoffeln ein fixer Bestandteil. Die gesamte produzierte Stärkemenge konnte in der EU-28 seit 2004 mit 8,7 Mio. t auf 10,7 Mio. t 2015 erhöht werden (STARARCH EUROPE, 2017 b, s.p.). In der EU wurden im Jahr 2015 in 75 Stärkefabriken, in 20 von 28 Mitgliedsländern der EU, 23,6 Mio. t Rohstoffe, wie Kartoffeln, Mais und Weizen zu Stärke verarbeitet (STARARCH EUROPE, 2017 a, s.p.). Die Stärkeproduktion aus Stärkeindustriekartoffeln stellte mit 29,8 % einen nahezu gleich großen Anteil dar wie jene aus Weizen mit 35,9 % und Mais mit 34,4 % (STARARCH EUROPE, 2017 a, s.p.).

### 4.2.1 Historische Entwicklung von Anbau und Verarbeitung der Stärkeindustriekartoffeln in Österreich

Die erste industriell betriebene Stärkefabrik wurde in Österreich im Jahr 1927 in Moosbierbaum/NÖ (Verarbeitungskapazität: 15.000 t Kartoffeln/a) errichtet. In weiterer Folge kam es zur Gründung zusätzlicher kartoffelverarbeitender Stärkefabriken in Pernhofen/NÖ, in Klosterneuburg/NÖ und in Gilgenberg/OÖ mit jährlichen Verarbeitungskapazitäten von je 3.000 bis 12.000 t Kartoffeln. Obwohl es in Österreich bei Kartoffeln meist ein Überangebot gab, wurden ca. zwei Drittel der Verarbeitungskartoffeln aus dem Ausland bezogen - ein Preisverfall bei Kartoffeln war die Folge. Um diese ungünstige Situation zu vermindern, wurden aus agrarpolitischer Initiative der niederösterreichischen Landwirtschaftskammer im nordwestlichen Niederösterreich ca. 15 genossenschaftliche Spiritusbrennereien errichtet. Erst durch den

Zollschutz 1931 wurde die Nachfrage nach Kartoffeln aus Österreich durch die Stärkefabriken erhöht. In Aschach an der Donau/OÖ wurde im Jahr 1936 eine Kartoffelstärkefabrik errichtet. Mit dem Anschluss Österreichs an das nationalsozialistische Deutschland sah der Reichsnährstand eine Schließung der Werke Mossbierbaum, Pernhofen und Klosterneuburg bei gleichzeitiger Errichtung einer Stärkekartoffelfabrik in Gmünd vor. Im Jahr 1939 wurde der Standort Gmünd als Landwirtschaftliche Kartoffelverwertungs AG im Wiener Handelsregister eingetragen. 1943 wurden 43.000 t Kartoffeln verarbeitet. Nach Ende des Kriegs 1945 waren umfassende Sanierungsmaßnahmen notwendig, um die Stärkeproduktion wieder in Betrieb nehmen zu können. Im Jahr 1990 wurden mit ca. 4.500 Landwirten Kartoffelanbau-Verträge abgeschlossen und ca. 170.000 t Kartoffeln im Werk Gmünd verarbeitet (AGRANA, 1990, S. 1ff).

Mit dem Erntejahr 2011 endete in Österreich das durch die Europäische Union festgelegte Quotensystem bei der Erzeugung von Kartoffelstärke. Dies hatte den Wegfall des EU-Mindestpreises für Stärke zur Folge. Weiters fielen auch die Beihilfen und Betriebsprämien für den Anbau von Stärkeindustriekartoffeln weg (KIRNER, 2010, S. 9).

Zur Rohstoffversorgung der einzigen Kartoffelstärkefabrik in Österreich wurden im Jahr 2014 mit ca. 1.350 Landwirten Verträge für den Anbau von Stärke- und Speiseindustriekartoffeln – in Summe 250.000 t – sowohl aus konventioneller als auch aus biologischer Produktion, geschlossen. Neben dem fabriksnahen Raum (Waldviertel) werden Kartoffeln auch aus dem ostösterreichischen Ackerbaugebiet (Weinviertel und Marchfeld), Oberösterreich, dem Burgenland und auch aus der Tschechischen Republik angeliefert. Die gewonnene Stärke findet Anwendung als native Stärke in der Lebensmittelindustrie (Verbesserung der Konsistenz und Bindung) und in der Papierindustrie. Durch weitere Veredelungsschritte der Stärke wie Nass- und Trockenderivatisierung, Walzentrocknung, Extrusion, Verzuckerung oder Sprühtrocknung erhält die Kartoffelstärke geänderte Eigenschaften und findet Anwendung als Klebstoff, als Sirup oder als Trägersubstanz für Arznei- und Kosmetikmittel. Speiseindustriekartoffeln werden zu Kartoffeldauerprodukten wie Kartoffelpüree, Kartoffelknödel und Kartoffelpuffer verarbeitet (AGRANA, 2014, S. 7ff).

### **4.2.2 Kulturführung und Qualitätsparameter bei Stärkeindustriekartoffeln**

Die Pflanzung von Kartoffeln erfolgt in Dämmen. Der praxisübliche Reihenabstand von 75,0 cm ermöglicht eine Dammquerschnittsfläche von ca. 8,0 dm<sup>2</sup> (KOUWENHOVEN et. al., 2003, S. 127).

Das Wurzelsystem der Kartoffelpflanze wird als schwach ausgebildet beschrieben (zit. n. LIAO et al., 2016, S. 230). Die Kartoffel ist der Blüte nach eine Kurztagspflanze, die für die Knollenbildung kühle gemäßigte klimatische Verhältnisse bevorzugt und rasch auf unzureichende Wasserversorgung reagiert (zit. n. DEFAUW et al., 2012, S. 11). Vor allem eine

## Ausgewählte Literatur

reduzierte Bodenwasserverfügbarkeit nach dem Pflanzen der Kartoffeln wirkt sich auf die weitere Entwicklung und in der Folge auf die Ertragsbildung negativ aus (zit. n. WANG et al., 2005, S. 183). Eine gleiche Wirkung zeigt sich bei der Zuckerrübe (EIGNER, 1981, S. 50).

Einige Materialien wie zum Beispiel Pflanzenmaterial (frisch und getrocknet), Hackschnitzel oder Jute bzw. Leinen eignen sich, um Bodenabtrag zu minimieren und den Wassergehalt im Boden zu erhöhen (zit. n. REES et al., 2002, S. 250). Um diese positiven Eigenschaften von organischem Material zur Bodenbedeckung zu nutzen, kommen Plastikfolien bei den unterschiedlichen Kulturpflanzen zum Einsatz (XIE et al., 2005, S. 73).

Ertragsentscheidend bei der Kartoffel ist die Anzahl von Knollen pro Staude. Die Knollen entstehen durch sogenanntes Anschwellen der Stolonenenden. Zum Zeitpunkt der Blüte wird die Anlage von Knollen an Stolonen beendet und die Anzahl der Knollen festgelegt (GEISLER, 1983, S. 186f). Beim Einsatz von Plastikfolien zur Dammbdeckung fanden QIN et al. (2014, S. 93), dass neben den höheren Temperaturen zu Vegetationsbeginn und dem Verdunstungsschutz der Anteil von Kleinknollen und Grünknollen deutlich reduziert wird. Wenn sich durch eine Dammbdeckung die Anzahl großer Knollen erhöht, ist dies für die Ernte von wesentlicher Bedeutung. Das Ziel beim Erntevorgang sind geringe Knollenverluste bei optimaler Abtrennung der Erd- und Beimengen (SPECHT, 1999, S. 204ff). Durch eine Erhöhung des Anteiles an großen Knollengrößen ist eine Abreinigung beim Erntevorgang durch Kartoffelvollernter leichter möglich. Nach LIAO et al. (2016, S. 234ff) wird der Knollenertrag bei Kartoffeln durch Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt im Damm in ca. 20,0 bis 30,0 cm unter der Erdoberfläche bestimmt und führen an, dass sich hohe Temperatur im Damm reduzierend auf den Ertrag auswirkt. Die optimale Bodentemperatur für die Knollenentwicklung liegt in einem Bereich von 15,0 bis 18,0 °C, als negative Folgen von zu hohen Temperaturen im Damm wird übermäßiges Wachstum des Blattapparats genannt (zit. n. KAR et KUMAR, 2007, S. 110). Auch andere Autoren bestätigen das für die Knollenentwicklung optimale Temperaturfenster und erwähnen, dass durch eine Mulchauflage die Temperaturschwankungen während des Tagesverlaufs abgeschwächt werden (zit. n. ILYAS et AYUB, 2017, S. 167).

SATTELMACHER (1999, S. 154) stellt fest, dass „dem Stickstoff unter mitteleuropäischen Verhältnissen im Regelfalle die größte Bedeutung für die Ertragsbildung“ zukommt. Weiters sind in Europa die Böden ausreichend mit Phosphor und Kalium versorgt, deshalb sind auf einem Großteil der Anbauflächen keine Mangelsituationen zu erwarten (SATTELMACHER, 1999, S. 154ff). Folglich wird empfohlen, die Düngerstrategie auf das Ergebnis einer Bodenprobe hin auszurichten. Tab. 3 zeigt die empfohlenen Richtwerte zur Düngung bei Stärkeindustriekartoffeln:

**Tab. 3: Empfehlungsrichtwerte für Düngung bei Stärkeindustriekartoffeln (BMLFUW, 2017 b, S. 39 und 49)**

Nährstoff	Berechnungsgrundlage	empfohlene Menge in kg/ha
<b>Stickstoff</b> (Angabe in N)	mittlere Ertragslage	130-150
<b>Phosphor</b> (Angabe in P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	bei Gehaltsklasse C	65
<b>Kalium</b> (Angabe in K <sub>2</sub> O)	bei Gehaltsklasse C	200

In Feldversuchen mit einer Ausbringungsmenge von 6 t Reisstroh/ha auf Kartoffeldämme erzielen KAR et KUMAR (2007, S. 115) eine Steigerung der Phosphor- und Kaliumverfügbarkeit sowie jener von organischem Kohlenstoff durch die organische Mulchauflagen: Dieser Effekt ist auf die gemäßigten Temperaturen und den höheren Wassergehalt im Boden zurückzuführen. Ebenso dokumentieren WANG et al. (2005, S. 186) eine größere Menge an Stickstoff und Phosphor in Dämmen unter Plastikfolie als in unbedeckten Dämmen. Auch sie führen als Ursachen die höheren Bodentemperaturen und die höhere Feuchtigkeit im Damm unter Folie an, welche eine Steigerung der Mineralisationsprozesse zur Folge haben (WANG et al., 2005, S. 186). Weiters zeigte sich, dass die Wurzeln der Kartoffelpflanzen aus dem Damm bis direkt unter die Plastikfolie wachsen (WANG et al., 2005, S. 189). GAMERITH (2012, S. 85) dokumentiert das stärkere Wachsen der Pflanzenwurzeln außerhalb des Damms bei Abdeckung mit organischem Material.

Nach CUTTER (1992, S. 108) liegen die Stärkegehalte in einem Bereich zwischen 10,0 und 25,0 %. Für die Stärkeverarbeitungsindustrie liegt der optimale Stärkegehalt zwischen 18,0 und 22,0 % (zit. n. WRIEDT, 1999, S. 89). KNITTEL et ALBERT (2003, S. 158) zeigen ein negatives Verhältnis zwischen Ertragssteigerung und Stärkegehalt: Je höher der Knollenertrag, desto geringer fällt der Stärkegehalt aus. Nach NITSCH (2013, S. 233f) lässt der Nitratgehalt in den Knollen Rückschlüsse auf die Intensität der Stickstoffdüngung während der Vegetationszeit zu: Kartoffelknollen, welche mit Düngern in organischer Form gedüngt wurden, reagieren durch eine verlangsamte Stickstofffreisetzung mit hohen Nitratgehalten in den Knollen.

Nach AMMON (1999, S. 170f) ist die Bezeichnung der Kartoffel als Hackfrucht im konventionellen Landbau großteils nicht mehr passend, da die mechanische Unkrautbekämpfung mit Hackgeräten durch den Einsatz von Vor- und Nachauflaufherbiziden ersetzt wurde.

Das Hauptaugenmerk beim Pflanzenschutz liegt auf der Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) mit meist 5 bis 8 erforderlichen Fungizidapplikationen. Das Auftreten der Dürffleckenkrankheit (*Alternaria solani*) wird durch die Zugabe von Spezialpräparaten bei den Fungizidbehandlungen reduziert. Durch den Einsatz von Insektiziden wird der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) mit ein bis zwei Applikationen im Kartoffelbestand ausreichend bekämpft. NYANKANGA et al. (2008, S. 101) zeigen, dass das

Aufbringen von organischem Mulchmaterial keinen Einfluss auf das Auftreten von Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) hat. Im Gegensatz dazu reduzierte die Ablagetiefe von mehr als 7,0 cm beim Pflanzen den Befall durch Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) (NYANKANGA et al., 2008, S. 101). Auch bei voluminöseren Dämmen konnte dieser Effekt beobachtet, jedoch nicht statistisch abgesichert werden (NYANKANGA et al., 2008, S. 101).

### 4.3 Weizenproduktion

Im Jahr 2017 wurden weltweit 739.530.000 t Weizen produziert. Der größte Produzent war die Europäische Union mit 150.754.000 t, gefolgt von China mit 131.000.000 t und Indien mit 96.000.000 t (WWP, 2017, s.p.).

#### 4.3.1 Weizenanbau in Europa und Österreich

Im Jahr 2015 wurden in den 28 Mitgliedstaaten der EU 316.952.000 t Getreide geerntet. Davon entfielen 152.089.000 t auf Weizen und Dinkel (EUROSTAT, 2016, S. 89). In der EU-28 stieg in den Jahren 2012 bis 2014 (Tab. 4) die Weizenfläche von ca. 23,3 Mio. ha auf 24,4 Mio. ha und verminderte sich im Jahr 2015 auf 24,3 Mio. ha Anbaufläche (EUROSTAT, 2017, s.p.).

**Tab. 4: Weizenflächen EU-28 (ha), 2012 bis 2015 (EUROSTAT, 2017, s.p.) und durchschnittlicher Kornertrag EU-28 (t/ha), 2012 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.)**

Erntejahr	Weizenfläche EU-28 (ha)	durchschnittlicher Kornertrag EU-28 (t/ha)
2012	23.277.170	5,2
2013	23.387.920	5,6
2014	24.417.780	5,9
2015	24.324.630	6,0

Nach den aktuellen Daten der *Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen* (FAO) lagen die durchschnittlichen Weizenenerträge in Europa 2012 bis 2015 (Tab. 4) im Bereich von 5,2 und 6,0 t/ha (FAO, 2017, s.p.).

Weizen ist die am großflächigsten angebaute Ackerfruchtart in Österreich. Das Hauptanbaugebiet für Weichweizen in Österreich ist Niederösterreich sowie das Mittel- und Nordburgenland (BMLFUW, 2017 a, s.p.). Laut Flächenerhebung der *Agrar-Markt-Austria* (AMA) betrug im Jahr 2012 die Weizenfläche in Österreich (Tab. 5) 284.677 ha (AMA, 2017, s.p.).

**Tab. 5: Weichweizenfläche Österreich (ha), 2012 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.) und durchschnittliche Weizenerträge Österreich (t/ha), 2012 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.)**

Erntejahr	Weichweizenfläche Österreich (ha)	durchschnittlicher Kornertrag (t/ha)
2012	284.677	4,1
2013	276.432	5,4
2014	280.437	5,9
2015	269.805	5,7

Die durchschnittlichen Weizenerträge in Österreich während des Versuchszeitraumes von 2012 bis 2015 (Tab. 5) zeigen niedrigere durchschnittliche Kornerträge im Jahr 2012 als in den Jahren 2013 bis 2015.

#### 4.3.2 Kulturführung und Qualitätsparameter bei Winterweizen

In der Fruchtfolge wird der Anbau von Winterweizen nach Kartoffeln unter anderem von VAN LOON (1999 a, S. 124) als eine ideale Abfolge bezeichnet und dies wird damit begründet, dass der Boden nach der Kartoffelernte viel Reststickstoff enthält. In Bezug auf geteilte Stickstoffdüngergaben sind nach KNITTEL et ALBERT (2003, S. 113) folgende Entwicklungsstadien beim Winterweizen, bei denen eine ausreichende Nährstoffversorgung mit Stickstoff gewährleistet wird, für einen erfolgreichen Ertrag anzusehen:

- Nach dem Auflaufen wird die Anzahl der Triebe je Weizenpflanze festgelegt.
- Zum Beginn des Schossens wird die Kornzahl pro Weizenähre angelegt.
- Die Bildung von Rohprotein und das Korngewicht finden nach dem Ende des Ährenschiebens statt – in der Kornfüllungsphase.

CHRISTEN (2009, S. 65f) beschreibt neben vielen anderen Autoren, dass die Höhe des Kornertrags sowohl vom Niederschlag als auch vom Versorgungsgrad der Weizenpflanze mit Stickstoff abhängt. Neben der Nährstoffversorgung ist auch die ausreichende Wasserversorgung, vor allem in den Perioden des Schossens, Ähren – und Rispen-schwellens sowie des Kornfüllens eine wichtige Größe für die Ertragsbildung (YANG et al., 2018, S. 300). MENGEL et KIRKBY (1982, S. 242) geben für die Wachstumsbedingungen im Zentraleuropäischen Raum eine Ährendichte von 500 bis 600 Ähren/m<sup>2</sup> als optimal an, damit werden Weizenerträge zwischen 6,0 und 7,0 t/ha erzielt. Der optimale Aussaatzeitpunkt bei Winterweizen liegt in Zentraleuropa in den Monaten September bis Oktober.

Die Applikation von Herbiziden erfolgt bei Winterweizen meist im Nachauflauf. Im Weizenbestand werden Insektizide gegen das Rothalsige Getreidehähnchen (*Oulema melanopus*) und das Blaue Getreidehähnchen (*Oulema lichenis*) sowie Fungizide gegen Pilzbefall eingesetzt. Die Ernte des Weizens erfolgt Ende Juli bis Anfang August bei einer Feuchtigkeit des Korns von 14,0 bis 17,0 % (DIEPENBROCK et al., 2016, S. 182ff).

Nach HANUS (2008 a, S. 261) sind die Höhe und Verteilung der Niederschlagsmengen für die Ertragsbildung entscheidend: Vor allem ein Wassermangel zum Schossen hat negative Folgen für den Ertrag.

Der Kornertrag setzt sich aus folgenden Parametern zusammen (CHRISTEN, 2008, S. 46):

Ähren/m<sup>2</sup>

Anzahl Körner je Ähre

Tausendkorngewicht

Die Höhe des Proteingehalts im Korn, sowie die Qualität des Proteins sind die bedeutendsten wertgebenden Inhaltsstoffe bei Weizen. Der Proteingehalt in Weizenkörnern soll im Bereich zwischen 12,0 und 15,0 % liegen. RAM et al. (2013, S. 99) zeigen in ihren Versuchen, dass die Aufbringung von Reisstroh keinen Einfluss auf den Proteingehalt hat, jedoch die Mulchauflage zu höheren Weizenerträgen führt (RAM et al., 2013, S. 98). HANUS (2008 b, S. 103) verweist auf die Beeinflussung der Höhe des Proteingehalts durch Stickstoffgaben zur Kornfüllungsphase. Viele Versuchsergebnisse zeigen, dass es bei Weizen eine negative Korrelation gibt, so sinkt mit steigendem Kornertrag der Proteingehalt. Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist das Hektolitergewicht, welches Rückschlüsse auf Größe und Ausbildungsform des Korns zulässt (HANUS, 2008 b, S. 101).

Im Weizenanbau wurden vielfach Versuche durchgeführt, welche den Einfluss von eingearbeiteten Zwischenfrüchten bzw. von ausgebrachtem Mulchmaterial auf den Anbau und die Entwicklung von Weizen prüfen. N'DAYEGAMIYE et TRAN (2001, S. 375) berichten von Feldversuchen, in welchen es durch Einarbeitung von Pflanzenmaterial in den Boden zu Steigerungen im Kornertrag kam.

#### **4.4 Bodenerosion**

KLIK (2004, S. 1) schätzt in Europa eine Fläche von 157 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzung als erosionsgefährdet ein: Das sind ca. 16 % der gesamten europäischen Festlandfläche. Nach STRAUSS et KLAGHOFER (2006, S. 209) waren im Jahr 1999 ca. 13 % der österreichischen landwirtschaftlichen Nutzflächen (ohne Wald) erosionsgefährdet.

Bis zum Jahr 2050 ist mit einer Zunahme von Trockenperioden im Sommer sowie mit dem Auftreten von extremen Witterungsereignissen (Starkregen, Gewitter,...) zu rechnen (EITZINGER, 2010, S. 1ff). In Europa wurden erst zu Beginn des 21. Jahrhunderts die Auswirkungen von Bodenerosion auf landwirtschaftliche Flächen sowie auf die Umgebung als Problem thematisiert (BASCH et al., 2015, S. 368). Bodenerosion verursacht hohe jährliche Kosten durch on-site- und off-site-Schäden: Zu den on-site-Schäden zählen der tatsächliche Bodenverlust sowie die Reduzierung der Bodenfruchtbarkeit durch Verluste von Nährstoffen, Wasser, organischen Bodenbestandteilen und Bodengründigkeit (MORGAN, 2005, S. 1). Zu den off-site-Schäden zählen

die Anlandung von erodiertem Bodenmaterial im besiedelten Raum und die Belastung des Vorfluters (MORGAN, 2005, S. 1).

In der EU liegt im Durchschnitt eine Bodenabtragungsrate von 17,0 t/ha/a vor (zit. n. BASCH et al., 2015, S. 369). CERDAN et al. (2010, S. 175) schätzen den Bodenabtrag durch Flächen- und Rillenerosion in Europa auf Ackerflächen im Durchschnitt auf 1,24 bis 3,6 t/ha/a. Bei Bodenerosion im Ausmaß von 50 t/ha kommt es zu einem Bodenabtrag von 3 mm (AUERSWALD, 1998, S. 37). Gegenübergestellt werden muss die jährliche Bodenneubildungsrate von 0,1 mm (zit. n. AUERSWALD, 1998, S. 38).

Im Jahr 1995 wurden mit dem Beitritt Österreichs zur EU auch die ersten Programme zur Erosionsminderung im *Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft* (ÖPUL 2015) verankert. Landwirtschaftliche Betriebe erhalten eine monetäre Förderung bei der freiwilligen Teilnahme an diesen Programmen (STRAUSS et KLAGHOFER, 2006, S. 209f). Es kann die landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahme Mulch- und Direktsaat gewählt werden, welche zum Hauptziel hat, dass „Bodenabtrag durch den Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung und Tiefenlockerung“ (ÖPUL, 2017 b, S. 1) vermindert wird. Im Maßnahmen erläuterungsblatt *Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till)* sind jene Fruchtarten aufgelistet, „die auf Grund (sic) ihrer Kulturartenführung bzw. auf Grund (sic) großer Reihenabstände von Bodenabtrag durch Wassererosion gefährdet sind (z. B. Mais, Zuckerrüben, Kartoffel, Soja, Sonnenblumen, Ackerbohnen, Hirse, Gemüse und ähnliche Feldfrüchte sowie Erdbeeren)“ (ÖPUL, 2017 b, S. 1). RICHTER (1998, S. 86f) verweist darauf, dass „eine Generation die Änderungen an Standort und Bodenfruchtbarkeit nicht voll erfassen kann“ (RICHTER, 1998, S. 86), jedoch liegt langfristig eine „Reduzierung der Erträge von Getreide, Kartoffel und Zuckerrübe (...) am Hang mit ca. 10 – 25 % gegenüber ebenen Lagen“ (RICHTER, 1998, S. 867) durch erosionsbedingte geänderte Gehalte an Wasser und Nährstoffen im Boden vor.

### 4.4.1 Entstehung von Bodenerosion

Bodenerosion wird durch eine Vielzahl von Ereignissen hervorgerufen, wie durch Wasser, Wind, Bodenbearbeitung, Erntevorgänge, Schwerkraft und weitere menschliche Eingriffe in die Landschaft (BOARDMAN et POESEN, 2006, S. 482ff).

Nach AUERSWALD (1998, S. 33) entsteht Erosion dadurch, dass Wasser rasch in Bodenaggregate eindringt, die darin enthaltene Luft nicht ausströmen kann und sich hohe Drücke im Inneren der Aggregate aufbauen: Die Kombination von Druck im Inneren sowie die einwirkenden Scherkräfte und die Aufquellungsenergie führen zur Zerkleinerung der Bodenaggregate in Mikrofraktionen wie Sand-, Schluff- und Tonteilchen, welche nachfolgend leicht transportiert werden können. Je trockener der Boden ist, umso häufiger treten Lufteinschlüsse auf, welche gleichzeitig zu höherer Druckbildung führen und somit destabilisierend wirken (AUERSWALD, 1998, S. 33). Deshalb sollen die höheren Humusgehalte

im Boden und diverse Beschattungen der Austrocknung des Bodens entgegenwirken (AUERSWALD, 1998, S. 33).

Bodenerosion findet immer in drei Phasen statt: Dem Herauslösen von einzelnen Bodenteilchen aus Bodenaggregaten folgt der Weitertransport der gelösten Bodenpartikel und deren anschließende Ablagerung (MORGAN, 2005, S. 11). „Die erosive Hanglänge“ (BRUNOTTE et FRÖBA, 2007, S. 37) ist definiert als „die Länge zwischen der Stelle am Hang, wo im Mittel der Ereignisse der Oberflächenabfluss einsetzt und der Stelle, wo am Unterhang die Ablagerung von“ (zit. n. BRUNOTTE et FRÖBA, 2007, S. 37) erodiertem Material stattfindet. Tab. 6 fasst die möglichen Einflüsse auf das Auftreten von Erosion zusammen:

**Tab. 6: Kriterien für den Beginn von Wassererosion (BRUNOTTE et FRÖBA, 2007, S. 37)**

Kriterium	Ausprägung
<b>Niederschlag</b>	> 7,5 mm Menge oder > 5 mm je Stunde Intensität
<b>Bodenanfälligkeit</b>	bevorzugt sandige Lehme und lehmige Sande
<b>Hanglänge</b>	> 50 m
<b>Hangneigung</b>	> 4 %
<b>geringe Bodenbedeckung</b>	< 50 %

Das Ausmaß der Bodenbewegung durch Wasser hängt zum einen von der Intensität sowie der Dauer des Regenereignisses und zum anderen vom Ausgangsmaterial, Bodentextur, Neigungsgrad, Aggregatgröße, aktueller Wassersättigungsgrad, Infiltrationsfähigkeit oder Bodenscherfestigkeit ab (MORGAN, 2005, S. 45ff). Neben den räumlichen Gegebenheiten hat die Bodentextur einen wesentlichen Einfluss auf die Infiltrationsfähigkeit des Bodens: Das Volumen und die Anzahl von Bodenporen, welche wiederum durch die Art des Bodens, den Gehalt an Humus und die Bodenaggregatzusammensetzung beeinflusst werden, bestimmen die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und zu speichern (zit. n. LIEBHARD et al., 1994, S. 299). SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL (2010, S. 508f) zeigen, dass bereits gelöste Bodenteilchen zu einem Verschluss der Bodenporen führen können und dadurch reduziert sich die Infiltrationsrate mit zunehmender Intensivierung des Niederschlagsereignisses. CERDAN et al. (2010, S. 172f) führen ein Einwirken der Art der landwirtschaftlichen Nutzung, vor allem die Zeiträume, in denen der Boden ungeschützt vorliegt, auf die Entstehung von Erosion an.

#### **4.4.2 Erosionsverhinderung**

WOHLRAB (1997, S. 724) empfiehlt bei Neigung des Hangs, welche größer als 4 % ist, spezielle Schritte zur Verminderung von Bodenerosion. Zu diesen zählen: Die Saat bzw. Pflanzung direkt in einen Boden mit Pflanzenresten, die Ausbringung von organischem Material zur Bodenbedeckung oder Vermeidung von Verdichtungen des Bodens (WOHLRAB, 1997, S. 724).

BAEUMER (1992, S. 435) meint, dass ein Abtrag von Boden im Ausmaß von 5 bis 10 t/ha/a tolerierbar ist, da dieser nicht über der Bodenbildungsrate in der Natur liegt. Der Anbau von Zwischenfrüchten im Herbst führt nicht nur zu einer Erhöhung des organischen Anteils im Boden, zu einer Reduktion der Nährstoffauswaschung, sondern auch zu einer Verminderung von erosiven Ereignissen (zit. n. CAMPIGLIA et al., 2009, S. 16).

Als generelle Maßnahmen zur Erosionsvorbeugung nennen BRUNOTTE et FRÖBA (2007, S. 38ff) die Bodenbearbeitungsrichtung sowie die Bepflanzung oder einen Einsaatstreifen quer zum Gefälle. Weitere Maßnahmen sind, Landschaftselemente zu fördern, Bodenverdichtungen zu vermeiden und einen ausreichenden Bodenbedeckungsgrad zu schaffen (BRUNOTTE et FRÖBA, 2007, S. 38ff).

Mit der Anzahl an Bodenbearbeitungsgängen und der Tiefe der Bodenbearbeitung steigt die Gefahr an Bodenerosion (zit. n. AUERSWALD et al., 2006, S. 23). Auch der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung trägt wesentlich zur Bodenstabilität bei. Studien zeigen, dass eine Frühjahrsbodenbearbeitung im Gegensatz zur Herbstbodenbearbeitung Nachteile in der Bodenstruktur hinterlässt (zit. n. CARTER et al., 1998, S. 128). Auch die eingesetzten Bodenbearbeitungsgeräte haben einen wesentlichen Einfluss auf den Bodenabtrag. Der Einsatz von Pflug, Meißelpflug und Scheibenegge führt tendenziell zu einem höheren Bodenabtrag als eine Grubberbearbeitung (zit. n. TIESSEN et al., 2007, S. 124). Im Vergleich zu einer konventionellen Bodenbewirtschaftung durch Pflugeinsatz weisen Böden unter den Bearbeitungsverfahren Pfluglos und Mulchsaat einen höheren Anteil an pflanzlichem Material im Oberboden auf, welches wiederum erosionsmindernd wirkt (PRASUHN, 2012, S. 145).

Der Zeitpunkt und die Art der Bodenbearbeitung haben einen wesentlichen Einfluss auf den Boden in Bezug auf die Wasserinfiltration und Verdunstung: So zählt die pfluglose Bodenbearbeitung, welche auf keiner wendenden Bodenbearbeitung und dem Verbleib bzw. der Einarbeitung von Mulchmaterial basiert, als erosionsmindernde Maßnahme (BMLF, 1997, S. 161ff). Ein Boden ohne Verdichtungen und mit reduzierter Bearbeitung weist eine größere Anzahl an wasseraufnahmefähigen Poren auf, welche sich in einer erhöhten Infiltrationsrate zeigt. Jedoch ist bei humusarmen Sandböden (wie bei den angeführten Versuchsstandorten) eine wendende Bodenbearbeitung zielführend, um Pflanzenmaterial zum Humusaufbau und in weiterer Folge zur Erhöhung der Wasserspeicherefähigkeit einzubringen (BMLF, 1997, S. 166).

#### **4.4.2.1 Aufbringung von organischen Materialien zur Minderung von Bodenerosion**

Der Verbleib bzw. die Zuführung von Pflanzenresten auf dem Boden führt zum Erhalt der Bodenstabilität einerseits durch Minimierung der Aufprallintensität des Niederschlags und andererseits durch höhere Infiltrationsraten (zit. n. FAROOQ et SIDDIQUE, 2015, S. 8f). Des Weiteren fungiert organisches Material als Verdunstungsschutz der Bodenoberfläche und wirkt isolierend auf die Bodentemperatur (zit. n. FAROOQ et SIDDIQUE, 2015, S. 8f).

## Ausgewählte Literatur

Die Abbaurrate des Mulchmaterials wird vorwiegend einerseits vom Gehalt an Stickstoff sowie Lignin und andererseits vom C:N-Verhältnis beeinflusst. Diese werden wiederum vom Vegetationszustand des Pflanzenmaterials beim Umbrechen bzw. bei der Ernte bestimmt. Bei Pflanzen, welche erst nach der Ausbildung ihrer Samen sterben, enthält das anfallende Material niedrigere Mengen an Stickstoff und gleichzeitig höhere Mengen an Lignin sowie ein weites C:N-Verhältnis. Versuche zeigen, dass höhere Ausbringungsmengen an Mulch schneller abgebaut werden. Dies ist auf die höhere Feuchtigkeit und Temperatur im Boden wie auch im Mulchmaterial zurückzuführen (zit. n. HALDE et ENTZ, 2016, S. 60ff).

Auch die unterschiedlichen Pflanzenorgane weisen durch ihre unterschiedlichen Baustoffe hinsichtlich ihrer Abbaurrate sowie der Freisetzung von Kohlenstoff und Stickstoff ein unterschiedliches Verhalten auf. Zum Beispiel enthalten Wurzelteile mehr Suberin und Lignin als Blätter, welche in weiterer Folge zu geringer Kohlenstoffumsetzung führen (ABIVEN et al., 2005, S. 127). Die Abbaurrate von Mulchmaterial, welches in den Boden eingearbeitet wurde, ist deutlich höher im Vergleich zu oberflächlich aufliegendem Material (zit. n. FLESSA et al., 2002, S. 875). Eine langsame Abbaurrate von Pflanzenmaterial ist in Bezug auf die erosionsmindernde Wirkung vorteilhaft (WHITMORE et HANDAYANTO, 1997, S. 337). In Bezug auf die Nährstoffverfügbarkeit ist eine rasche Abbaurrate gewünscht, aber nur zu jenem Zeitpunkt, wenn die Hauptfrucht diese auch aufnehmen kann (zit. n. CANALI et al., 2012, S. 456). Um beide Aspekte zu nutzen, soll sich organisches Bodenbedeckungsmaterial aus Komponenten mit einem weiten C:N-Verhältnis und einem engen C:N-Verhältnis zusammensetzen (zit. n. CANALI et al., 2012, S. 458f). Auch WIENS et al. (2006, S. 122) berichten, dass die eingearbeiteten Pflanzenreste von Pflanzen aus der Familie der Hülsenfrüchtler (*Leguminosae*) noch in den folgenden Jahren eine Stickstoffquelle für die nachfolgenden Kulturpflanzen darstellen. In ihrer Versuchsanlage wird durch Ausbringung von Luzerne (*Medicago sativa* L.) eine gesteigerte Stickstoffverfügbarkeit und Aufnahme durch die Hauptkulturpflanzen sowie höhere Erträge gegenüber den unbedeckten Varianten dokumentiert (WIENS et al., 2006, S. 127). Die höhere Stickstoffverfügbarkeit entspricht an diesen Standorten einem chemisch erzeugten Ammonium-Dünger im Wert von 40 bis 60 kg N/ha (WIENS et al., 2006, S. 127). Auch SCHÄFER et al. (2001, S. 9) berichten von Ertragssteigerungen bei Kraut durch Ausbringung von 2,5 bis 3,1 kg (Trockenmasse)/m<sup>2</sup> Rotklee-Mulch in Folge eines höheren Stickstoffangebots.

HALDE et ENTZ (2016, S. 65) dokumentieren, dass das Abdeckmaterial 30 Tage nach der Ausbringung im Durchschnitt 46,4 % des Stickstoffgehalts vom Ausgangsniveau verloren hat. 60 Tage nach der Ausbringung (Ende Oktober) kann noch immer ca. 50 % des ursprünglichen Stickstoffgehalts im ausgebrachten Material gemessen werden (HALDE et ENTZ, 2016, S. 65). 250 Tage nach der Ausbringung sind noch 44 % vom Anfangsgehalt des Stickstoffs verfügbar und somit für eine im Frühjahr gesäte Hauptkultur verfügbar (HALDE et ENTZ, 2016, S. 65). Von SCHÄFER et al. (2001, S. 9) werden für die Zeiträume 30 und 60 Tage nach der

Mulchausbringung ähnliche Prozentanteile an Stickstoffgehalten von den Ausgangsgehaltswerten genannt.

Beim Abbau von organischem Material entsteht Distickstoffmonoxid ( $N_2O$ ). Nach FLESSA et al. (2002, S. 878) stoßen Materialien mit höheren Gehalten an Stickstoff auch größere Mengen an Distickstoffmonoxid aus. Auch im Zwischenfruchtanbau kommt es bei der Einarbeitung von Pflanzenresten zur Entstehung von  $N_2O$ , jedoch wirkt sich deren Entstehung nicht negativ auf die  $N_2O$ -Emmissionsbilanz aus, da während der Vegetation Distickstoffmonoxid verbraucht wird (zit. n. TRIBOUILLOIS et al., 2018, S. 2).

### **4.4.2.2 Anforderungen der Kartoffel an den Boden**

Das Ziel der Bodenbearbeitung vor der Kartoffelpflanzung ist eine feine und unverdichtete Bodenstruktur im Oberboden. Diese gefährdet ebenso wie der Anbau der Kartoffeln in Dammkultur die Stabilität des Bodens. Die beschriebenen Anforderungen der Kulturführung von Kartoffeln sind von der Pflanzung in Dämmen bis zur Ernte mit großen Erdbewegungen verbunden, welche in weiterer Folge zu Bodenabtrag führen können (TIESEN et al., 2007, S. 123). Der Boden ist bis zum vollständigen Reihenschluss des Kartoffelbestands ungeschützt. Daneben spielt auch die Art der Dammanlage, zum Beispiel die Dammziehung parallel zum Hang, für die Verminderung der Bodenerosion und den Erhalt der Bodenstruktur, eine wichtige Rolle (NITSCH, 2013, S. 119ff).

KELLER (1999, S. 116) und VAN LOON (1999 b, S. 132f) empfehlen für Kartoffeln mögliche Anbauverfahren, welche zur Verhinderung von Bodenabtrag beitragen: Mulchpflanzung (Zwischenfrucht im Herbst), Direktmulchpflanzung (Herbstdämme mit Begrünung) oder Kartoffelanbau in Beetform. Eine weitere Möglichkeit besteht im Ziehen von Querdämmen in der Dammfurche mit gleichzeitiger Einsaat von Hafer (HELMREICH, 2016, S. 40f). AUERSWALD et al. (2006, S. 23) beschreiben das Ziehen von Dämmen im Herbst mit zusätzlicher Begrünung der Dämme als stabilisierende Maßnahme für den Boden. Als weitere Vorteile von Herbstdämmen werden eine höhere Bodentemperatur im Damm zu Pflanzbeginn und eine höhere Stickstoffverfügbarkeit im Boden genannt, welche sich in einem höheren Ertrag niederschlagen (zit. n. HENRIKSEN et al., 2007, S. 309 f). Im Gegensatz zu anderen Autoren können HENRIKSEN et al. (2007, S. 314) keinen ertragssteigernden Einfluss von Herbstdämmen in ihren Feldversuchen nachweisen.

## 5 Material und Methoden

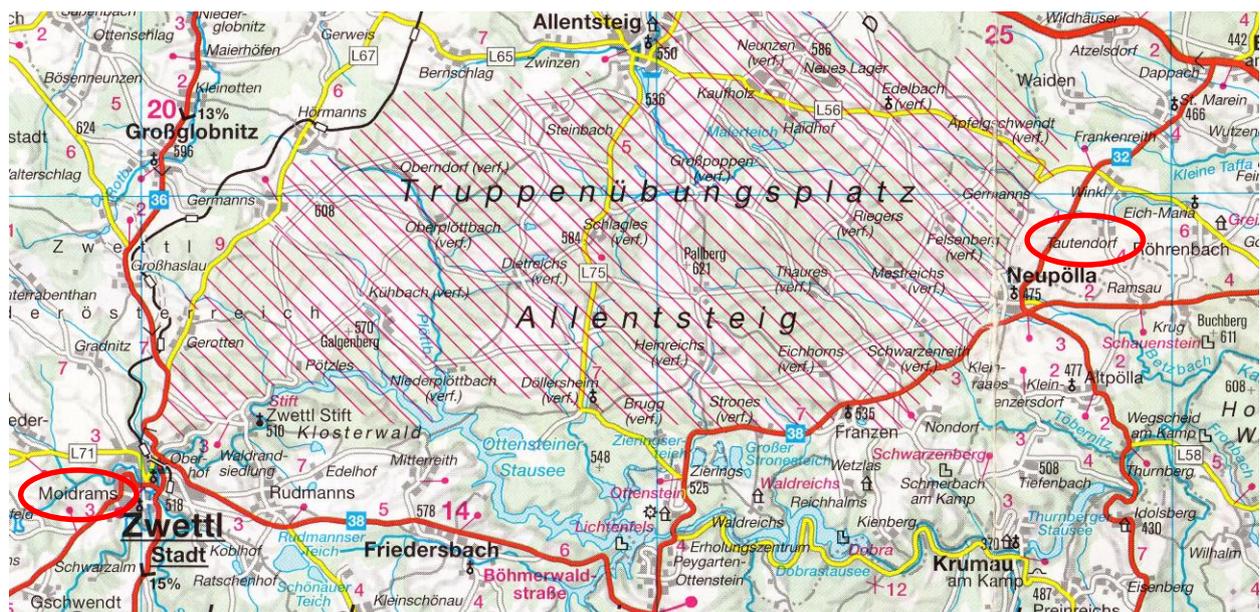
### 5.1 Material

#### 5.1.1 Versuchsstandorte und Witterungsverlauf

Die Datengrundlagen der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf Ergebnisse aus Feldversuchen an zwei Versuchsstandorten in Niederösterreich – in der Grenzregion zur Tschechischen Republik – von 2011 bis 2015. Die Versuchsstandorte sind bedeutend für die Produktion von Stärkeindustriekartoffeln.

Die Exaktversuche für die Dammapdeckung bei Stärkeindustriekartoffeln sowie deren Wirkung auf die Folgefrucht Winterweizen wurden in der Katastralgemeinde Tautendorf (48.658240, 15.476656), Gemeinde Röhrenbach, Bezirk Horn, durchgeführt.

Die Langparzellenversuche mit Dammapdeckung bei Stärkeindustriekartoffeln wurden in der Katastralgemeinde Moidrams (48.599829, 15.156504), Gemeinde Zwettl, Bezirk Zwettl, durchgeführt. Abb. 1 zeigt die Lage der Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams.



**Abb. 1: Lage der Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams (HÖLZL, 2007, s.p.)**

Die Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams sind rot gekennzeichnet.

#### 5.1.1.1 Geologie und Boden

Die Versuchsregion weist zwei geologische Schichten auf. Die Basis bildet die Böhmisches Masse, bestehend aus Basalt, Gneis, Granit und Marmor. Über der Böhmisches Masse kam es zur Anlagerung von Sedimenten und bereits abgebauten Gesteinen (STEININGER, 1999, S. 2). Das Erscheinungsbild der Region mit den Versuchsstandorten ist „eine Rumpffläche mit einem weitgehend ausgeglichenen Relief“ (WALTER, 2007, S. 335). Tab. 7 beschreibt die Lage der Exaktversuche und die jeweilige Fruchtart am Versuchsstandort Tautendorf und Tab. 8 jene der Langparzellenversuche am Versuchsstandort Moidrams.

## Material und Methoden

Die Bodenbeschreibungen wurden der Österreichischen Bodenkartierung entnommen und wurden auf Basis der vor Ort durchgeführten Profilstiche überprüft und bei Bedarf adaptiert. Die Bodenbeschreibungen zu den Exaktversuchen am Versuchsstandort Tautendorf sind in den Tab. 9 bis Tab. 11 und jene für die Langparzellenversuche am Versuchsstandort Moidrams in den Tab. 12 und Tab. 13 zusammengefasst.

Der Geländeverlauf der Versuchsschläge am Standort Tautendorf ist eben. Die Langparzellenversuche am Standort Moidrams weisen im Mittel folgendes Gefälle auf (NÖ ATLAS, 2018, s.p.): 2011: 13,2 %; 2012: 4,1 %; 2013: 11,2 %; 2014: 10,4 %.

**Tab. 7: Schlagbezeichnungen, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2015**

Jahr mit Stärkeindustriekartoffeln	Jahr mit Winterweizen	Schlagbezeichnung	Koordinaten
<b>2011</b>	<b>2012</b>	Hausacker	48.659734 15.477462
<b>2012</b>	<b>2013</b>	Stüxenhof	48.654362 15.483248
<b>2013</b>	<b>2014</b>	Straßacker	48.654178 15.459150
<b>2014</b>	<b>2015</b>	Hummelfeld	48.667123 15.464940

**Tab. 8: Schlagbezeichnungen, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014**

Jahr mit Stärkeindustriekartoffeln	Schlagbezeichnung	Koordinaten
<b>2011</b>	Breiten Bischinger	48.596845 15.153046
<b>2012</b>	Garten Bischinger	48.600319 15.157632
<b>2013</b>	Steinhügel Klein	48.595032 15.152313
<b>2014</b>	Steinhügel Auer	48.593897 15.155602

**Tab. 9: Bodenbeschreibung, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 59)**

Merkmal	Hausacker – Versuchsstandort Tautendorf
<b>Bodentyp</b>	vergleyter kalkfreier brauner Auboden aus vorwiegend feinem silikatischen Schwemmmaterial
<b>Geländetyp</b>	ebener Talboden 0 – 5°
<b>Bodenschwere</b>	leicht bis mittelschwer
<b>Bodenfeuchte</b>	wechselfeucht mit überwiegen der feuchten Phase
<b>Gründigkeit</b>	tiefgründig
<b>Bearbeitbarkeit</b>	infolge von Naßstellen [sic] zum Teil erschwert befahrbar
<b>Wasserspeicherfähigkeit</b>	mäßige Speicherkraft; mäßig bis hohe Durchlässigkeit; in tiefen Lagen vereinzelt Naßstellen [sic]
<b>Bodenreaktion</b>	schwach sauer
<b>Humusverhältnisse</b>	Ag: mittel bis stark humos, Mull, z. T. Anmoormull
<b>Bodenhorizonte</b>	Ag: lehmiger Sand oder sandiger Schluff; 0 – 15 cm Bg: mit zum Teil geringem Grobanteil (Grus, Stein); 15 – 60 cm G: lehmiger Sand mit zum Teil geringem Grobanteil (Grus); 60 – 100 cm
<b>Erosionsgefahr</b>	nicht gefährdet

**Tab. 10: Bodenbeschreibung,  
Versuchsschläge Stüxenhof und Straßacker, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 92)**

Merkmal	Stüxenhof und Straßacker – Versuchsstandort Tautendorf
<b>Bodentyp</b>	Relikt pseudogley aus altem, kristallinem Verwitterungsmaterial
<b>Geländetyp</b>	leicht hängig bis hängig 5 – 15°, Rücken, Ober- und Mittelhänge
<b>Bodenschwere</b>	leicht bis mittelschwer
<b>Bodenfeuchte</b>	wechselfeucht
<b>Gründigkeit</b>	tiefgründig
<b>Bearbeitbarkeit</b>	Bearbeitung durch Schollenbildung erschwert
<b>Wasserspeicherkapazität</b>	mäßige Speicherkraft, geringe Durchlässigkeit
<b>Bodenreaktion</b>	sauer bis schwach sauer
<b>Humusverhältnisse</b>	A: mittelhumos; Mull
<b>Bodenhorizonte</b>	A: lehmiger Sand oder sandiger Lehm mit geringem Grobanteil (Grus, Steine); 0 – 20 cm E: sandiger Lehm mit geringem bis mäßigem Grobanteil (Grus, Steine); 20 – 40 cm S <sub>rel</sub> : sandiger Lehm oder Lehm, z.T. auch Ton mit geringem bis mäßigem Grobanteil (Grus, Steine); 60 – 100 cm
<b>Erosionsgefahr</b>	nicht gefährdet

**Tab. 11: Bodenbeschreibung,  
Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 121)**

Merkmal	Hummelfeld – Versuchsstandort Tautendorf
<b>Bodentyp</b>	pseudovergleyte Parabraunerde aus feinen kalkfreien Deckschichten
<b>Geländetyp</b>	leicht hängig bis hängig 5 – 15°, Rücken, Ober- und Mittelhänge
<b>Bodenschwere</b>	mittelschwer-schwer
<b>Bodenfeuchte</b>	wechselfeucht, mäßig ausgeprägt
<b>Gründigkeit</b>	tiefgründig
<b>Bearbeitbarkeit</b>	z.T. erschwert durch Bodenschwere und Schollenbildung
<b>Wasserspeicherkapazität</b>	mäßige bis hohe Speicherkraft; geringe Durchlässigkeit
<b>Bodenreaktion</b>	schwach sauer bis neutral
<b>Humusverhältnisse</b>	A: mittelhumos; Mull
<b>Bodenhorizonte</b>	A <sub>g</sub> : lehmiger Schluff oder sandiger Lehm mit geringem Grobanteil (Grus, Stein); 0 – 30 cm B <sub>g</sub> : lehmiger Schluff oder Lehm mit geringem Grobanteil (Grus, Stein); 30 – 75 cm S: Lehm oder schluffiger Lehm mit geringem Grobanteil (Grus, Steine); 75 – 100 cm
<b>Erosionsgefahr</b>	nicht gefährdet

**Tab. 12: Bodenbeschreibung,  
Versuchsschläge Breiten Bischinger, Garten Bischinger und Steinhügel Auer,  
Standort Moidrams (ÖBK, 1980, S. 67)**

Merkmal	Breiten Bischinger, Garten Bischinger und Steinhügel Auer - Versuchsstandort Moidrams
<b>Bodentyp</b>	kalkfreie Felsbraunerde aus Gneisen und ähnlichen Schiefergesteinen
<b>Geländetyp</b>	leicht hängig oder hängig auf Ober- und Mittelhängen
<b>Bodenschwere</b>	mittelschwer
<b>Bodenfeuchte</b>	mäßig trocken
<b>Gründigkeit</b>	mittelgründig
<b>Bearbeitbarkeit</b>	gut zu bearbeiten; auch in feuchten Perioden; Maschineneinsatz rasch möglich
<b>Wasserspeicherkapazität</b>	geringe Speicherkapazität, hohe Durchlässigkeit
<b>Bodenreaktion</b>	sauer oder schwach sauer
<b>Humusverhältnis</b>	A: mittelhumos; Mull
<b>Bodenhorizonte</b>	A: lehmiger Sand mit geringem Grobanteil; 0 – 20 cm B <sub>v</sub> : vorwiegend lehmiger Sand mit mäßigem oder hohem Grobanteil (Grus und Steine); 20 – 45 cm C <sub>v</sub> : grobsandig – geringe Gesteinsaufmürbung und Gesteinsschutt; 45 – 100 cm
<b>Erosionsgefahr</b>	gefährdet

**Tab. 13: Bodenbeschreibung,  
Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams (ÖBK, 1980, S. 69)**

<b>Merkmal</b>	<b>Steinhügel Klein – Versuchsstandort Moidrams</b>
<b>Bodentyp</b>	kalkfreie Felsbraunerde aus Gneisen und ähnlichen Schiefergesteinen
<b>Geländetyp</b>	eben bis hängig auf Kuppen, Rücken und Oberhängen
<b>Bodenschwere</b>	leicht
<b>Bodenfeuchte</b>	trocken
<b>Gründigkeit</b>	seichtgründig
<b>Bearbeitbarkeit</b>	Bearbeitung erschwert durch Seichtgründigkeit und vereinzelt auftretende Grobsteine
<b>Wasserspeicherfähigkeit</b>	sehr geringe Speicherfähigkeit, hohe Durchlässigkeit
<b>Bodenreaktion</b>	A: schwach sauer oder sauer AB <sub>v</sub> : mittelhumos oder schwachhumos
<b>Humusverhältnisse</b>	A: mittelhumos; Mull
<b>Bodenhorizonte</b>	A: lehmiger Sand mit geringem Grobanteil (Grus und Steine); 0 – 15 cm AB <sub>v</sub> : lehmiger Sand mit hohem Grobanteil; 15 – 20 cm C <sub>v</sub> : Gesteinsaufmürbung bzw. Schutt; 20 – 100 cm
<b>Erosionsgefahr</b>	mäßig abschwemmungsgefährdet

### 5.1.1.2 Klima und Witterung

Die Versuchsstandorte sind durch „kühles, gemäßigt feuchtes Klima“ (ÖBK, 1980, S. 48) charakterisiert. Die exponierte Lage bietet Wind eine große Angriffsfläche, wodurch die Temperaturen im Vergleich zu anderen Gebieten mit ähnlicher Höhenlage niedriger liegen (ÖBK, 1980, S. 48). Die mittlere jährliche Lufttemperatur betrug in den letzten drei Dekaden (1981 bis 2010) 7,9 °C (ZAMG, 2017, s.p.). Im selben Erhebungszeitraum betrug die mittlere jährliche Niederschlagsmenge 654 mm (ZAMG, 2017, s.p.).

Tab. 14 und Tab. 15 zeigen die Mittelwerte und Summen der Messungen der Lufttemperatur und des Niederschlags von der Wetterstation Allentsteig – repräsentativ für die Versuchsschläge am Standort Tautendorf – und der Wetterstation Stift Zwettl – repräsentativ für die Versuchsschläge am Standort Moidrams.

## Material und Methoden

**Tab. 14: Lufttemperatur (°C) und Niederschlag (mm), Wetterstation Allentsteig, 2011 bis 2015 (ZAMG, 2018, s.p.)**

<b>Jahr 2011</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-1,6	-2,4	3,1	9,9	12,8	16,4	16,3	18,2	14,5	7,2	1,3	1,4	8,1
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	10,6	15,2	16,7	22,9	25,9	28,0	29,1	33,7	28,0	23,0	12,2	9,8	33,7
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-10,4	-14,9	-8,3	-0,7	-0,2	7,5	7,9	6,6	6,0	-3,3	-5,6	-5,9	-14,9
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 0	3 / 0	6 / 0	16 / 4	5 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	32 / 4
Niederschlag (mm)	17	7	29	26	75	119	56	80	42	54	0	10	515
max. Niederschlag in 24 h (mm)	4	5	10	9	36	64	13	19	19	17	0	2	64
<b>Jahr 2012</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-0,6	-5,7	5,1	7,8	13,7	16,8	18,3	18,2	12,9	7,1	3,8	-1,5	8,0
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	8,5	11,5	19,0	28,5	27,0	30,5	31,1	35,3	27,7	22,9	10,8	11,3	35,3
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-11,2	-20,1	-8,3	-4,9	-0,2	2,9	7,2	6,9	3,1	-4,7	-0,9	-10,3	-20,1
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3 / 0	4 / 0	10 / 1	14 / 1	13 / 2	2 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	46 / 4
Niederschlag (mm)	39	8	9	43	37	136	116	103	57	30	20	46	644
max. Niederschlag in 24 h (mm)	9	2	4	15	11	41	25	32	37	12	4	25	41
<b>Jahr 2013</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-2,1	-2,0	-0,9	8,0	11,6	15,5	19,4	17,8	11,8	8,3	3,5	0,3	7,6
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	10,6	6,9	10,5	25,4	23,8	31,0	34,1	35,0	23,8	21,6	17,7	9,5	35,0
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-13,7	-9,0	-9,6	-4,4	1,7	5,1	7,1	8,0	1,7	-1,3	-6,6	-5,8	-13,7
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 0	0 / 0	7 / 2	15 / 3	12 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	35 / 11
Niederschlag (mm)	61	38	36	7	132	136	30	76	76	28	26	9	655
max. Niederschlag in 24 h (mm)	10	9	13	3	29	45	14	31	28	10	7	3	45
<b>Jahr 2014</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-0,3	0,9	5,9	9,4	11,6	16,1	18,8	15,6	13,1	9,7	5,0	1,1	8,9
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	12,6	10,9	18,1	19,7	25,4	31,3	31,3	27,1	23,3	18,9	16,4	11,8	31,3
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-11,6	-5,2	-2,7	-2,1	-0,1	6,6	8,5	5,8	2,1	-0,2	-2,0	-11,7	-11,7
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 0	6 / 2	15 / 1	5 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	27 / 3
Niederschlag (mm)	28	14	15	32	175	34	78	142	105	44	21	18	706
max. Niederschlag in 24 h (mm)	13	5	8	8	33	16	26	38	28	16	7	5	38
<b>Jahr 2015</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	0,4	-1,0	3,3	7,6	12,1	16,5	20,9	20,5	12,5	7,1	5,7	3,5	9,1
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	13,2	10,4	15,0	22,8	22,1	29,3	33,8	33,8	32,5	19,3	17,9	14,8	33,8
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-8,2	-9,1	-4,3	-3,8	3,8	6,2	7,4	8,1	2,3	-2,3	-5,9	-7,8	-9,1
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	10 / 0	20 / 13	21 / 15	3 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	54 / 29
Niederschlag (mm)	42	5	27	20	72	48	33	64	44	69	67	17	508
max. Niederschlag in 24 h (mm)	11	2	5	4	31	12	14	34	19	18	24	11	34

Tage mit Lufttemperatur ≥ 25 °C werden als Sonnentage und Tage mit Lufttemperatur ≥ 30 °C werden als Tropentage bezeichnet.

**Tab. 15: Lufttemperatur (°C) und Niederschlag (mm), Wetterstation Stift Zwettl, 2011 bis 2014 (ZAMG, 2018, s.p.)**

<b>Jahr 2011</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-1,9	-2,5	1,7	9,1	11,6	16,2	16,3	17,0	13,0	6,4	1,5	1,6	7,5
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	10,5	13,9	17,5	23,6	26,7	29,5	30,4	34,2	29,4	23,5	12,2	10,6	34,2
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-15,1	-15,6	-12,4	-2,2	-3,0	5,7	6,8	3,8	2,6	-5,6	-7,0	-7,2	-15,6
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	5 / 0	9 / 0	9 / 1	16 / 5	7 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	46 / 6
Niederschlag (mm)	21	8	36	29	69	61	58	82	60	70	1	14	509
max. Niederschlag in 24 h (mm)	7	5	18	11	31	11	17	25	19	24	0	2	31
<b>Jahr 2012</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-0,4	-6,1	4,1	6,8	12,6	16,6	17,8	16,6	11,6	6,5	3,5	-1,9	7,3
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	9,6	12,0	20,9	28,3	27,6	32,3	32,0	35,7	27,6	23,0	12,3	9,5	35,7
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-14,2	-23,1	-9,3	-5,4	-3,2	0,8	4,7	3,8	-1,4	-4,8	-2,6	-14,2	-23,1
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3 / 0	5 / 0	12 / 4	14 / 6	18 / 5	2 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	54 / 15
Niederschlag (mm)	58	12	11	38	103	164	144	59	62	28	23	45	747
max. Niederschlag in 24 h (mm)	13	3	4	8	44	54	30	17	30	10	4	23	54
<b>Jahr 2013</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-1,6	-1,5	-1,0	7,3	11,7	15,2	18,0	16,4	11,2	7,4	3,4	0,0	7,2
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	11,1	7,8	11,1	26,2	25,3	33,3	35,0	35,2	24,6	21,6	16,6	10,7	35,2
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-16,4	-9,9	-11,9	-3,6	0,4	3,7	4,5	4,8	-0,5	-4,2	-8,6	-7,1	-16,4
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 0	1 / 0	11 / 3	17 / 4	13 / 7	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	44 / 14
Niederschlag (mm)	71	34	36	8	137	125	63	89	73	25	23	14	698
max. Niederschlag in 24 h (mm)	11	9	13	4	46	34	24	40	31	8	6	7	46
<b>Jahr 2014</b>	<b>Jän.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jahr</b>
Ø Lufttemperatur (°C)	-0,6	0,3	4,6	8,7	11,3	15,1	17,9	15,0	12,6	9,8	5,5	0,9	8,4
abs. Max. der Lufttemperatur (°C)	13,4	11,8	19,9	21,0	27,4	32,0	33,1	28,7	24,8	20,6	17,3	11,8	33,1
abs. Min. der Lufttemperatur (°C)	-10,8	-6,9	-5,7	-3,7	-1,4	3,4	5,4	2,9	-0,1	1,0	-1,0	-11,6	-11,6
Tage mit Lufttemperatur ≥25 °C/≥30 °C	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 0	8 / 4	21 / 2	5 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	36 / 6
Niederschlag (mm)	29	15	17	28	192	23	91	112	90	54	23	27	701
max. Niederschlag in 24 h (mm)	12	6	9	7	36	15	21	19	27	19	8	7	36

Tage mit Lufttemperatur ≥ 25 °C werden als Sonnentage und Tage mit Lufttemperatur ≥ 30 °C werden als Tropentage bezeichnet.

Die Vegetationsbedingungen und der Vegetationsverlauf in den Versuchsjahren waren folgend gekennzeichnet:

Im Versuchsjahr 2011 begünstigte die Witterung den Vegetationsverlauf der Kartoffeln. Die gleichmäßig verteilten Niederschläge führten zu einem optimalen Wachstumsverlauf der Kartoffeln. 2012 verursachten Spätfröste am 18. Mai keine Schädigungen. Der milde Frühling

2013 ergab ideale Wachstumsbedingungen für Stärkeindustriekartoffeln und Winterweizen. Nach hohen Niederschlagsmengen im Juni folgte eine langandauernde Trocken- und Hitzeperiode im Juli. Am Versuchsstandort Moidrams wurde der Kartoffelbestand Mitte August durch ein Hagelunwetter geschädigt. Bis Mitte August 2014 war die Witterung für die Nutzpflanzenbestände günstig. Im Herbst gab es außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen. Diese hohen Regenmengen verursachten extrem schwierige Rodebedingungen für die Kartoffeln und ungünstige Anbaubedingungen für den Winterweizen. Die Witterung des Jahres 2015 war durch extreme Trockenheit und Hitze in den Monaten Juni und Juli gezeichnet.

## 5.2 Methoden

### 5.2.1 Versuchsanlagen am Standort Tautendorf

Die Anlage der Exaktversuche am Versuchsstandort Tautendorf erfolgte in jedem Prüfjahr vollständig randomisiert mit sechs Varianten in vier Wiederholungen im Jahr 2011, mit fünf Varianten in vier Wiederholungen im Jahr 2012 bzw. mit sechs Varianten in vier Wiederholungen in den Jahren 2013 und 2014 jeweils nach SCHUSTER et VON LOCHOW (1979, S. 25). Die Parzellengröße wies eine Länge von zehn Metern und eine Breite von drei Metern auf. Je nach Variante verblieb das jeweilige Abdeckmaterial der Kartoffeldämme in den Parzellen. Nach der Kartoffelernte erfolgte jeweils die Aussaat von Winterweizen.

### 5.2.2 Versuchsanlagen am Standort Moidrams

An den Schlägen am Versuchsstandort Moidrams wurde der Einfluss unterschiedlicher Varianten zur Abdeckung der Dämme bei Stärkeindustriekartoffeln in einem Langparzellenversuch geprüft. Die Anlage der Versuche entsprach der Methode „Langparzelle-Anlage nach Zade“ (SCHUSTER et VON LOCHOW, 1979, S. 13). Die Breite der Langparzellen entsprach der Wurfweite des Kompoststreuers, welche 15 m betrug.

### 5.2.3 Versuchsdurchführung und Versuchsvarianten

#### 5.2.3.1 Dammapdeckungen der Exaktversuche am Versuchsstandort Tautendorf

In den Versuchsjahren 2011 bis 2014 wurden an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf unterschiedliche Abdeckvarianten, die sich sowohl im ausgebrachten Material als auch in der Aufwandmenge unterschieden, vergleichend beurteilt (Tab. 16). An den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf erfolgte die Ausbringung der Abdeckmaterialien (variantenbezogene Menge) durch Verteilung per Hand über die Dämme. Bei den Kontrollparzellen – in weiterer Folge *Kontrolle* genannt – wurden die Kartoffeldämme nicht

abgedeckt. Die Berechnung der Trockenmassenmengen der Dammapdeckmaterialien (Tab. 16) erfolgte modifiziert nach LÖHR (1976, S. 208ff):

**Tab. 16: Zur Auswertung kommende Varianten der Dammapdeckungen, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Variante	2011	2012	2013	2014	Frischmasse (t/ha)	Trockensubstanz (%)	Trockenmasse (t/ha)
Kontrolle (ohne Dammapdeckung)	X	X	X	X	-	-	-
Grünschnitt 50 t/ha	X	X	X	X	50,0	17,0	8,5
Grünschnitt 25 t/ha		X	X	X	25,0	17,0	4,3
Heu 20 t/ha	X				20,0	86,0	17,2
Heu 10 t/ha		X	X	X	10,0	86,0	8,6
Klee 50 t/ha	X				50,0	17,0	8,5
Klee 25 t/ha		X	X	X	25,0	17,0	4,3
Grünschnittroggen 25 t/ha			X	X	25,0	21,0	5,3

Abb. 2 zeigt die Versuchsanlage am Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf im Jahr 2013. Die randomisierte Anordnung der Varianten der Dammapdeckung sowie der *Kontrolle* sind deutlich ersichtlich.

Zur Vervollständigung werden in Tab. 18 und Abb. 45 für das Jahr 2011 die Varianten *Kompost* und *Kompostmischung* angeführt. Jedoch flossen diese Varianten in die Gesamtauswertung nicht ein, da nach GAMERITH (2012, S. 54) diese beiden Varianten im Stärkeertrag unter dem Niveau der *Kontrolle* lagen und deshalb in den nachfolgenden Versuchsjahren nicht mehr aufgenommen wurden.



**Abb. 2: Versuchsfläche nach Ausbringung der Dammapdeckung bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 24. Mai 2013**

Die Werbung bzw. die Ernte der Abdeckmaterialien Grünschnitt, Klee und Grünschnittroggen fand in allen Versuchsjahren unmittelbar vor der Ausbringung statt. Das Heu wurde jeweils vom letzten Wiesenschnitt des Vorjahrs (= Grumet) entnommen.

2011 erfolgte die Zerkleinerung aller Abdeckmaterialien mit einem Standhäcksler. In den nachfolgenden Versuchsjahren wurden die Abdeckmaterialien Grünschnitt, Klee und

Grünschnittroggen mit einem Kurzschnittladewagen geworben und ersetzt somit die erforderliche Zerkleinerung. Bei der Variante *Heu 20 bzw. 10 t/ha* wurde bereits im Zuge des Pressens zu Ballen eine Zerkleinerung des Erntegutes durchgeführt. Die Detailpläne der Versuchsanlagen finden sich im Anhang - Kapitel 12.

### 5.2.3.2 Dammbabdeckungen der Langparzellenversuche am Versuchsstandort Moidrams

Die Variante ohne Abdeckung – in weiterer Folge *Kontrolle* genannt – wurde in den einzelnen Versuchsjahren den Varianten mit ausgewählten Abdeckmaterialien gegenübergestellt (Tab. 17). Nach LÖHR (1976, S. 208ff) modifiziert erfolgte die Berechnung der ausgebrachten Trockenmasse in t/ha.

**Tab. 17: Varianten der Dammbabdeckungen, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014**

Variante	2011	2012	2013	2014	Frischmasse (t/ha)	Trockensubstanz (%)	Trockenmasse (t/ha)
Kontrolle (ohne Dammbabdeckung)	X	X	X	X	-	-	-
Grünschnitt 50 t/ha	X				50,0	17,0	8,5
Grünschnitt 20 t/ha		X			20,0	17,0	3,4
Grünschnitt 10 t/ha		X			10,0	17,0	1,7
Grünschnittroggen 20 t/ha			X	X	20,0	21,0	4,2

Die Ausbringung der Abdeckmaterialien erfolgte mit einem Kompoststreuer. 2011 wurde der Grünschnitt nach der Mahd mit einem selbstfahrenden Häcksler direkt auf diesen überladen. Im Zuge der Ausbringung wurden die in der Spur befindlichen Dämme direkt befahren. In den folgenden Versuchsjahren kam ein absätziges Verfahren zur Anwendung: Mit einem Kurzschnittladewagen wurde das Mähgut aufgenommen und nachfolgend der Kompoststreuer mit einem Frontlader beschickt. Die Adaptierung der Spurweite ermöglichte eine Ausbringung des Abdeckmaterials, ohne dass die Dämme direkt befahren wurden (Abb. 3).



**Abb. 3: Ausbringung von Grünschnittroggen auf die Dämme bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 23. Mai 2013**

#### **5.2.3.3 Kulturführung bei Stärkeindustriekartoffeln an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf**

Die Kulturführung erfolgte in praxisüblicher, konventioneller Bewirtschaftungsweise (Tab. 18). In allen Versuchsjahren wurde die Stärkeindustriekartoffelsorte KURAS angebaut.

#### **5.2.3.4 Sortenbeschreibung Stärkeindustriekartoffel KURAS**

Um eine möglichst hohe Versuchsbonität durch geringe Ausfallsraten zu erzielen, wurde die spät bis sehr spät reifende Stärkeindustriekartoffelsorte KURAS - eine robuste Sorte gegen eine Vielzahl von Krankheiten – für die Exaktversuche gewählt. Sie ist eine der Hauptsorten im österreichischen Stärkeindustriekartoffelanbau. KURAS ist durch eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) sowie eine geringe Krankheitsanfälligkeit gegen Blattrollvirus (*potato leafroll virus*), Wurzeltötter (*Rhizoctonia solani*), Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) und Y-Virus (*potato virus Y*) charakterisiert. Gegen den Pathotyp 1 des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*) und gegen die Typen Ro 1 sowie Ro 4 der Kartoffelnematoden (*Globodera rostochiensis*) ist die Sorte KURAS resistent (NÖS, 2016 a, s.p.).

Tab. 18: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014

Kulturmaßnahme	2011		2012		2013		2014	
	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail
<b>Vorfrucht</b>	-	Buchweizen	-	Winterweizen	-	Winterweizen	-	Winterweizen
<b>Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach der Hauptfrucht</b>	30.10.2010	Pflug	16.11.2011	Pflug	17.11.2012	Pflug	16.11.2013	Pflug
<b>Zwischenfrucht</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bodenbearbeitungsmaßnahmen vor der Kartoffelpflanzung</b>	29.04.2011	Saatbettkombination	03.05.2012	Saatbettkombination	19.04.2013	Saatbettkombination	01.04.2014	Saatbettkombination
<b>Düngung</b>	29.04.2011	NAC 27 % N, 544 kg/ha	03.05.2012	NAC 27 % N, 555 kg/ha	19.04.2013	NAC 27 % N, 555 kg/ha	01.04.2014	Alizon 46 % N, 320 kg/ha
<b>Kartoffelpflanzung</b>	02.05.2011	Original Saatgut KURAS Kreislege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	05.05.2012	Original Saatgut KURAS Kreislege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	19.04.2013	Original Saatgut KURAS Kreislege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	01.04.2014	Original Saatgut KURAS Kreislege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm
<b>Herbizid</b>	20.05.2011	Boxer 3,6 l/ha + Mistral 0,6 kg/ha	26.05.2012	Boxer 3,6 l/ha + Mistral 0,6 kg/ha	09.05.2013	Boxer 3,6 l/ha + Mistral 0,6 kg/ha	30.04.2014	Boxer 3,6 l/ha + Mistral 0,6 kg/ha
<b>Dammabdeckung</b>	23.05.2011	Grünschnitt 50 t/ha	31.05.2012	Grünschnitt 50 t/ha, Grünschnitt 25 t/ha, Heu 10 t/ha, Klee 25 t/ha	11.05.2013	Grünschnitt 50 t/ha, Grünschnitt 25 t/ha, Heu 10 t/ha, Klee 25 t/ha, Grünschnittroggen 25 t/ha	12.05.2014	Grünschnitt 50 t/ha, Grünschnitt 25 t/ha, Heu 10 t/ha, Klee 25 t/ha, Grünschnittroggen 25 t/ha
<b>Fungizid &amp; Insektizid</b>	24.05.2011	Klee 50 t/ha						
	25.05.2011	Heu 20 t/ha, Kompost 50 t/ha						
	18.06.2011	Kompostmischung 230 t/ha						
	17.06.2011	Infinito 1,5 l/ha	20.06.2012	Infinito 1,5 l/ha	21.06.2013	Infinito 1,5 l/ha	13.06.2014	Infinito 1,5 l/ha
	29.06.2011	Infinito 1,5 l/ha + Actara 80 g/ha	01.07.2012	Infinito 1,5 l/ha + Actara 80 g/ha	01.07.2013	Infinito 1,5 l/ha + Actara 80 g/ha	28.06.2014	Infinito 1,5 l/ha + Actara 80 g/ha
	13.07.2011	Tanos 0,7 kg/ha	10.07.2012	Tanos 0,7 kg/ha	12.07.2013	Tanos 0,7 kg/ha	10.07.2014	Tanos 0,7 kg/ha
	26.07.2011	Tanos 0,7 kg/ha	19.07.2012	Tanos 0,7 kg/ha	24.07.2013	Tanos 0,7 kg/ha	24.07.2014	Tanos 0,7 kg/ha
	13.08.2011	Revus 0,6 l/ha	01.08.2012	Revus 0,6 l/ha	03.08.2013	Revus 0,6 l/ha	09.08.2014	Revus 0,6 l/ha
			09.08.2012	Revus 0,6 l/ha	12.08.2013	Revus 0,6 l/ha	22.08.2014	Revus 0,6 l/ha
<b>Versuchsernte</b>	18.10.2011	einreihige Erntemaschine	18.10.2012	einreihige Erntemaschine	22.10.2013	einreihige Erntemaschine	24.10.2014	einreihige Erntemaschine

### **5.2.3.5 Kulturführung bei Stärkeindustriekartoffeln an den Versuchsschlägen Standort Moidrams**

Die Kulturführung erfolgte in allen vier Versuchsjahren (2011 bis 2014) nach praxisüblicher, konventioneller Bewirtschaftung (Tab. 19). In allen Versuchsjahren wurde die Stärkeindustriekartoffelsorte EUROSTARARCH verwendet. Obwohl das Versuchsjahr 2013 nicht zur Auswertung kam, wird es der Vollständigkeit wegen angeführt. Im Jahr 2014 wurde die Einstellung der Dammformbleche von der Pflanzmaschine geändert, um auch bei seichtgründigem Boden mächtige Dämme ziehen zu können.

### **5.2.3.6 Sortenbeschreibung Stärkeindustriekartoffel EUROSTARARCH**

Die spätreifende Stärkeindustriekartoffelsorte EUROSTARARCH wurde gewählt, da diese – ähnlich wie die Sorte KURAS - eine breite Toleranz und Resistenz gegenüber Krankheiten aufweist. Weiters ist diese neben KURAS die häufigste Stärkeindustriekartoffelsorte in Österreich. Die Widerstandsfähigkeit gegen Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) wird als sehr hoch bis mittel eingestuft. In der Sortenbeschreibung wird die Anfälligkeit gegen Blattrollvirus (*potato leafroll virus*) und Y-Virus (*potato virus Y*) als sehr gering bewertet. Weiters wird dieser Sorte eine geringe Krankheitsanfälligkeit in Bezug auf Wurzeltöter (*Rhizoctonia solani*) und Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) zugeordnet. Zusätzlich weist die Kartoffelsorte EUROSTARARCH eine Resistenz gegen den Pathotyp 1 des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*) und die Typen Ro 1 sowie Ro 4 der Kartoffelnematoden (*Globodera rostochiensis*) auf (NÖS, 2016 b, s.p.).

Tab. 19: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014

Kulturmaßnahme	2011		2012		2013		2014	
	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail
<b>Vorfrucht</b>	-	Winterroggen	-	Sommerhafer	-	Winterroggen	-	Winterroggen
<b>Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach der Hauptfrucht</b>	30.08.2010	Pflug	15.08.2011	Grubber	26.10.2012	Pflug	20.10.2013	Pflug
<b>Zwischenfrucht</b>	31.08.2010	Aussaart Winterbegrünung (150 kg Erbsen, 15 kg Öllein, 10 kg Gelbsenf)	-	-	-	-	-	-
<b>Bodenbearbeitungsmaßnahmen vor der Kartoffelpflanzung</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Düngung</b>	15.03.2011	Zuchtsauengülle 18 m³/ha 4,7 kg N, 4,4 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 4,0 kg K <sub>2</sub> O	10.04.2012	Harnstoff 46 % N, 200 kg/ha	13.04.2013	Harnstoff 46 % N, 210 kg/ha	15.04.2014	Harnstoff 46 % N, 190 kg/ha
	08.04.2011	Linzer NAC 27% N, 200 kg/ha	10.04.2012	Linzer Top 12:12:17, 300 kg/ha	13.04.2013	Linzer Top 12:12:17, 350 kg/ha	15.04.2014	Linzer Top 12:12:17, 310 kg/ha
	08.04.2011	Linzer Top 12:12:17, 333 kg/ha	-	-	-	-	-	-
<b>Kartoffelpflanzung</b>	19.04.2011	Original Saatgut EUROSTAR Kreiselege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	15.04.2012	Original Saatgut EUROSTAR Kreiselege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	19.04.2013	Original Saatgut EUROSTAR Kreiselege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm	15.04.2014	Original Saatgut EUROSTAR Kreiselege und vierreihige Legemaschine Ablagetiefe 15-18 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 33 cm
<b>Herbizid</b>	10.05.2011	Boxer 3 l/ha + Mistral 0,3 kg/ha	05.05.2012	Boxer 3 l/ha + Mistral 0,3 kg/ha	13.05.2013	Boxer 3 l/ha + Mistral 0,3 kg/ha	08.05.2014	Boxer 3 l/ha + Mistral 0,3 kg/ha
	23.05.2011	Fusilade Max 1,75 l/ha	19.05.2012	Fusilade Max 1,75 l/ha	20.05.2013	Fusilade Max 1,75 l/ha	11.05.2014	Fusilade Max 1,75 l/ha
<b>Dammabdeckung</b>	26.05.2011	Grünschnitt 50 t/ha	25.05.2012	Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha	23.05.2013	Grünschnittroggen 20 t/ha	13.05.2014	Grünschnittroggen 20 t/ha
<b>Fungizid &amp; Insektizid</b>	17.06.2011	Ridomil Gold MZ 2,2 kg/ha	13.06.2012	Ridomil Gold MZ 2,2 kg/ha	19.06.2013	Ridomil Gold MZ 2,2 kg/ha	18.06.2014	Infinito 1,6 l/ha
	30.06.2011	Alverde 0,25 l/ha + Tanos 0,6 kg/ha	25.06.2012	Actara 80 g/ha + Tanos 0,6 kg/ha	02.07.2013	Actara 80 g/ha + Tanos 0,6 kg/ha	30.06.2014	Actara 80 g/ha + Tanos 0,6 kg/ha
	18.07.2011	Pencozeb DG 2,3 kg/ha	13.07.2012	Pencozeb DG 2,3 kg/ha	15.07.2013	Revus 0,6 l/ha	17.07.2014	Revus 0,6 l/ha
	09.08.2011	Dithane NeoTec 1,8 kg/ha	08.08.2012	Dithane NeoTec 1,8 kg/ha	07.08.2013	Dithane NeoTec 1,8 kg/ha	12.08.2014	Dithane NeoTec 1,8 kg/ha
	25.08.2011	Winner 0,6 l/ha	18.08.2012	Winner 0,6 l/ha	20.08.2013	Signal 0,6 l/ha	27.08.2014	Signal 0,6 l/ha
<b>Versuchsernte</b>	28.09.2011	einreihige Erntemaschine	27.09.2012	einreihige Erntemaschine	-	keine Versuchsernte	10.10.2014	einreihige Erntemaschine

### 5.2.3.7 Kulturführung bei Winterweizen an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf

Nach der Kartoffelernte wurde für die Erntejahre 2012 und 2013 die Winterweizensorte ESTEVAN bzw. für die Erntejahre 2014 und 2015 die Winterweizensorte ENERGO über alle vorherigen Kartoffelparzellen mit unterschiedlichen Dammbabdeckungen hinweg angebaut. Durch die minimale Bodenbearbeitung vor der Saat, in jeweils nur eine Fahrtrichtung, wurde das noch vorliegende Abdeckmaterial nur in eine Richtung geringfügig verschoben. Die Kulturführung bei Winterweizen erfolgte nach praxisüblicher, konventioneller Bewirtschaftungsweise (Tab. 20). Über die gesamte Versuchsfläche wurde bei Winterweizen ausschließlich 80 kg Stickstoff/ha im Herbst ausgebracht. Durch diese gewählte Düngestrategie blieben die Einflüsse durch die unterschiedlichen Dammbabdeckungen aus dem Vorjahr erhalten. Es erfolgte keine Fungizidapplikation.

### 5.2.3.8 Sortenbeschreibung Winterweizen ESTEVAN und ENERGO

Die Sorte **ESTEVAN** ist eine begannte, frühe Winterweizensorte, welche für den Anbau in niederschlagsarmen Regionen und bei reduziertem Fungizideinsatz geeignet ist. Sie weist eine sehr gute Resistenz gegen Gelbrost (*Puccinia striiformis*) und eine gute Resistenz gegen Fusariosen auf. Die Anfälligkeit gegen Septoria-Blattdürre (*Mycosphaerella graminicola*) und Braunrost (*Puccinia recondita f.sp. tritici*) ist mittelstark (SAATZUCHT, 2016 a, s.p.). Die Sorte ESTEVAN wurde in der Saatzucht Edelfhof bei Zwettl in Niederösterreich gezüchtet. Die erste Zulassung in Österreich fand im Jahr 2005 statt (AGES, 2016, S. 14).

Die Sorte **ENERGO** wird als mittelfrühe Weizensorte mit mittlerer Toleranz gegen die Septoria-Blattdürre (*Mycosphaerella graminicola*) und mittlerer bis schwacher Toleranz gegen Braunrost (*Puccinia recondita f.sp. tritici*) eingestuft. Gegen Gelbrost (*Puccinia striiformis*) und Fusariosen ist ENERGO tolerant (SAATZUCHT, 2016 b, s.p.). Züchter der Sorte ENERGO ist die Saatzucht Edelfhof bei Zwettl in Niederösterreich, diese Sorte wurde 2009 zugelassen (AGES, 2016, S. 14).

Tab. 20: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015

Kulturmaßnahme	2012		2013		2014		2015	
	Hausacker		Stüxenhof		Straßacker		Hummelfeld	
	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail	Datum	Detail
Vorrucht	-	Stärkeindustriekartoffel	-	Stärkeindustriekartoffel	-	Stärkeindustriekartoffel	-	Stärkeindustriekartoffel
Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach der Hauptfrucht	20.10.2011	Grubber	20.10.2012	Grubber	24.10.2013	Grubber	06.11.2014	Grubber
Zwischenfrucht	-	-	-	-	-	-	-	-
Aussaat Winterweizen	22.10.2011	Original Saatgut ESTEVAN Drillsämaschine Aussaatstärke: 650 Körner/m <sup>2</sup> Reihenabstand: 11,9 cm	21.10.2012	Original Saatgut ESTEVAN Drillsämaschine Aussaatstärke: 650 Körner/m <sup>2</sup> Reihenabstand: 11,9 cm	27.10.2013	Original Saatgut ENERGO Drillsämaschine Aussaatstärke: 650 Körner/m <sup>2</sup> Reihenabstand: 11,9 cm	07.11.2014	Original Saatgut ENERGO Drillsämaschine Aussaatstärke: 650 Körner/m <sup>2</sup> Reihenabstand: 11,9 cm
Düngung	22.10.2011	Nitro 27 % N, 80 kg rein N	21.10.2012	Nitro 27 % N, 80 kg rein N	27.10.2013	Nitro 27 % N, 80 kg rein N	07.11.2014	Nitro 27 % N, 80 kg rein N
Herbizid	22.04.2012	Husar OD 0,1 l/ha	27.04.2013	Husar OD 0,1 l/ha	05.04.2014	Husar OD 0,1 l/ha	22.04.2015	Husar Plus 0,2 l/ha
Fungizid & Insektizid	-	-	-	-	-	-	-	-
Versuchsernte	09.08.2012	Parzellenmähdrescher 1,5 m	07.08.2013	Parzellenmähdrescher 1,5 m	11.08.2014	Parzellenmähdrescher 1,5 m	04.08.2015	Parzellenmähdrescher 1,5 m

## 5.2.4 Datenerfassung

### 5.2.4.1 Datenerhebung bei Stärkeindustriekartoffeln

#### 5.2.4.1.1 Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums

Bei wöchentlichen Kontrollen erfolgte die Beurteilung – mit einer Boniturskala in den Stufen *nicht, minder, mittel, hoch, sehr hoch* – der Abdeckmaterialien hinsichtlich Verfrachtung durch Wind und Wasser bzw. Verbleib auf den Dämmen und Bedeckungsgrad. Ebenso wurde das Abbauverhalten dokumentiert. Bei der Kartoffelernte im Herbst wurde das Verhalten der Abdeckmaterialien – mit einer Boniturskala in den Stufen *nicht, minder, mittel, hoch, sehr hoch* – in Bezug auf folgende Parameter beurteilt: Stauen des ausgebrachten Abdeckmaterials bei der Kartoffelaufnahme der Rodemaschine sowie der Transport des verbleibenden Abdeckmaterials auf das Verleseband der Erntemaschine.

#### 5.2.4.1.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung

Der Feldaufgang und die Dokumentation etwaiger Fehlstellen erfolgten unmittelbar nach dem Auflaufen der Kartoffeln sowie bei wöchentlichen Kontrollen des Kartoffelbestands. Bei diesen Bonituren wurden auch der Erstauftritt sowie die Befallsentwicklung folgender Schädlinge und Krankheiten – in Anlehnung an die Vorgaben des Bundesamts für Ernährungssicherheit bei den Richtlinien für die Sortenwertprüfung (BAES, 2015, S. 73) – bonitiert:

- Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*)
- Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*)
- Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*)

### 5.2.4.1.3 Bodenphysikalische Kriterien

#### 5.2.4.1.3.1 Temperatur im Damm

Für die Temperaturmessung im Damm bei Stärkeindustriekartoffeln kamen Temperatursensoren von Watchdog® (B-Series Model B101 8K) zum Einsatz. Jeweils am Tag der Ausbringung der Dammapdeckung erfolgte die Einbringung der Temperatursensoren: Zwei Meter nach Parzellenbeginn, zwischen zwei Kartoffelpflanzen und in Tiefe der Knollenablage (15 bis 18 cm unter der Dammkrone). Die Aufzeichnung der Temperatur fand alle 30 Minuten statt. Vor der Ernte wurden die Temperatursensoren ausgegraben und über eine Dockingstation ausgelesen.

Die Platzierung der Messsensoren erfolgte in den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf immer im zweiten Damm von links der 1. Wiederholung aller Varianten. Aufgrund von defekten Messsensoren war eine Temperaturermittlung im Jahr 2013 für die Varianten *Heu 10 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* sowie im Jahr 2014 für die Variante *Klee 25 t/ha* nicht möglich.

An den Versuchsschlägen am Standort Moidrams wurden die Sensoren 2011 in den Dämmen 18 (*Kontrolle*) und 26 (*Grünschnitt 50 t/ha*), 2012 in den Reihen 5 (*Kontrolle*) und 16 (*Grünschnitt 10 t/ha*), im Versuchsjahr 2013 in den Dämmen mit der Reihenummer 22 (*Grünschnitt 20 t/ha*) und 30 (*Kontrolle*) sowie 2014 in den Dämmen 18 (*Kontrolle*) und 34 (*Grünschnittroggen 20 t/ha*) eingebaut.

### **5.2.4.1.3.2 Wasserverhältnisse im Damm**

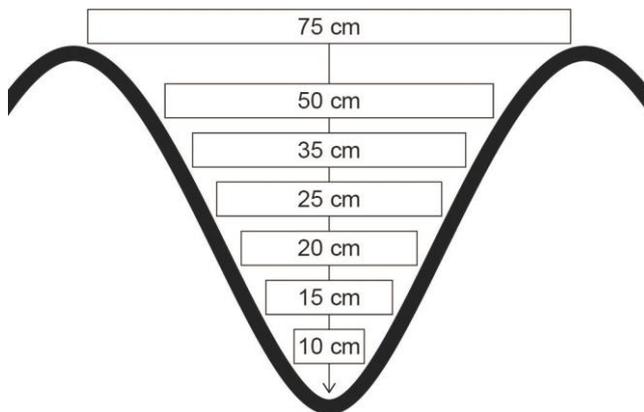
Am Versuchsschlag Hausacker (Standort Tautendorf) wurden im Versuchsjahr 2011 Gipsblöcke versetzt, um die in und unter den Dämmen vorliegende Wasserverhältnisse zu beurteilen. KASTANEK (1996, S. 224) definiert, dass zwischen jener Energie, mit der das Wasser im Boden und jener Energie, mit der das Wasser im Block festgehalten wird, Gleichheit besteht. Zwischen zwei in einem Gipsblock eingebetteten Elektroden wird die Leitfähigkeit der in diesem befindlichen Lösung gemessen. Von der gegebenen elektrischen Leitfähigkeit kann auf die im Gipsblock vorhandene Wasserspannung geschlossen werden. Die Messwerte geben jedoch keine Auskunft über den absoluten Wassergehalt (KASTANEK, 1996, S. 224), da die Beziehung Wasserspannung zu Wassergehalt für jede Bodenart verschieden ist (KASTANEK, 1996, S. 229).

Die den Gipsblöcken zugeordneten Geräte weisen Messwerte in einem Bereich zwischen 0 und 100 aus, folgend als *Messwert Gipsblock* bezeichnet. Für die Interpretation der Messwerte wird die Annahme getroffen, dass bei einem Messwert von 70 – basierend auf den zugrunde liegenden Saugspannungsverhältnissen – etwa Feldkapazität gegeben ist. Bei einem ausgewiesenen Wert von 0 ist davon auszugehen, dass der Gipsblock nicht mehr in der Lage war, aus dem umgebenden Boden Wasser aufzunehmen.

In jeder der Parzellen der 1. und 4. Wiederholungen wurden Gipsblöcke in 20 cm Tiefe, in der 1. Wiederholung zudem in 40 cm Tiefe in und unter dem Damm versetzt. Die Platzierung erfolgte jeweils zwischen zwei Pflanzen im dritten Damm der Parzelle, mit zwei (Gipsblöcke in 20 cm Tiefe) bzw. drei Meter (Gipsblöcke in 40 cm Tiefe) Abstand vom Rand der Parzelle.

### **5.2.4.1.3.3 Manuelle Dammvermessung**

In den Jahren 2012 bis 2014 wurde an den Versuchsschlägen an den Standorten Tautendorf und Moidrams (ausgenommen 2013) auch eine manuelle Vermessung der Dämme zum Beginn der Blattvergilbung vorgenommen. Vermessen wurde die Dammfurche zwischen zwei mittleren unbeeinflussten Dämmen, welche bei der Pflanzung durch eine vierreihige Pflanzmaschine gezogen wurden. Nach dem Einlegen vorgefertigter Messlehren mit einer Länge von 75, 50, 35, 25, 20, 15 und 10 cm in die Dammfurche und Ausrichtung mittels Wasserwaage wurde der Abstand von der Mitte der jeweiligen Messlehre-Unterkante zur Dammfurche in cm gemessen (Abb. 4).



**Abb. 4: Schematische Darstellung der manuellen Dammvermessung bei Stärkeindustriekartoffeln**

Bei den Exaktversuchen am Versuchsstandort Tautendorf erfolgte die Dammvermessung einen Meter nach Anfang, in der Mitte und einen Meter vor Ende jeder Parzelle.

Die Anzahl der Messungen bei den Langparzellenversuchen am Versuchsstandort Moidrams orientierte sich an der Gesamtlänge der Parzellen. Aufgeteilt auf die gesamte Parzellenzugänge wurden im Jahr 2012 sieben und im Jahr 2014 fünf Einzelmessungen durchgeführt. Die Vermessungen fanden in zwei Wiederholungen statt. In Tab. 21 sind die Dämme angeführt, welche zur Messung dienten:

**Tab. 21: Ausgewählte Dämme für die manuelle Dammvermessung bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2012 bis 2014**

Jahr	Kontrolle	Abgedeckte Variante
2012	3-4, 35-36	15-16, 27-28
2013	n.b.	n.b.
2014	18-19, 58-59,	34-35, 42-43

n.b. = nicht bestimmt

Die Dammquerschnittsfläche wurde auf Basis der Messwerte aus der manuellen Dammvermessung mittels Integralrechnung ermittelt. Über die Dammquerschnittsflächen lässt sich die Qualität der Methoden *Manuelle Dammvermessung* und *Photogrammetrische Dammvermessung* gegenüberstellen.

#### 5.2.4.1.3.4 Photogrammetrische Dammvermessung

Die Ausführung der photogrammetrischen Bodenoberflächenerfassung erfolgte durch das Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft Petzenkirchen.



**Abb. 5: Photogrammetrische Aufnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 06. Mai 2014**

Zur Datenerfassung wurden im Jahr 2014 die Parzellen der 1. bis 3. Wiederholung vom Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf herangezogen. Die erste photogrammetrische Erfassung der Bodenoberflächen erfolgte am 06. Mai 2014 zu Vegetationsbeginn (nach der Pflanzung) – noch vor der Ausbringung des Abdeckmaterials. Vor der Ernte (Vegetationsende) fanden die zweiten Aufnahmen (23. Oktober 2014) statt. Zuvor wurde das Dammschutzmaterial sowie das Kartoffelkraut schonend und bodennah von jeder Parzelle entfernt. Bei der photogrammetrischen Bodenoberflächenerfassung wurde ein Rahmen (für den Versuchsstandort Tautendorf: ein Meter mal zwei Meter) mit Referenzpunkten über zwei mittlere, unbeeinflusste Dämme je Parzelle gelegt. In den folgenden Auswertungen werden die mittleren, unbeeinflussten Dämme als *Damm 1* und *Damm 2* bezeichnet. Nach Beschattung der Dämme wurden durch eine kalibrierte Kamera aus ca. 1,5 m Höhe mindestens zwölf Einzelfotos gemacht (Abb. 5). Die Software Eos Systems Inc. modelliert aus den Einzelfotos Dammsmodelle mit einer Genauigkeit von unter einem Millimeter (BAUER et al., 2014, S. 496f).

Die eingeschlagenen Eisenstangen zur Stabilisierung des Rahmens verblieben im Boden und sicherten somit die gleiche Positionierung der Aufnahmen im Frühjahr und Herbst. Abb. 6 zeigt jeweils denselben Kartoffeldamm am Versuchsschlag Hummelfeld (Standort Tautendorf) zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten - nach der Pflanzung und vor der Ernte.



**Abb. 6: Photogrammetrische Aufnahme der Variante *Grünschnitt 50 t/ha*, 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln (links: Vegetationsbeginn und rechts: Vegetationsende), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Neben der grafischen Aufbereitung der Daten als Oberflächenmodelle wurde die Dammquerschnittsfläche in  $\text{dm}^2$  sowie die Setzung in mm berechnet. Die Einführung der Berechnung des Min-Max-Index ermöglicht, die Veränderung der Dämme zu verdeutlichen. Hierbei wird das Verhältnis vom Delta des Minimums und Maximums der Dammhöhe zum Messzeitpunkt nach der Kartoffelpflanzung sowie des Minimums und Maximums der Dammhöhe zum Messzeitpunkt vor der Kartoffelernte in Prozent ermittelt.

#### **5.2.4.1.4 Blattertrag**

An den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf erfolgte am 04. September 2013 und am 12. September 2014 die Ermittlung der Blattfrischmasse – jeweils vor beginnender Abwelke - durch eine bodennahe Ernte des grünen Kartoffelblattapparats auf einer Dammlänge von 2,5 m. Beprobt wurde jeweils der linke äußere Damm jeder Versuchsparzelle.

#### **5.2.4.1.5 Knollenertrag**

Um die Einflüsse durch die Versuchsanlage und die benachbarten Pflanzenbestände auszuschließen, wurden nur die mittleren zwei Dämme der jeweiligen vierreihigen Exaktparzelle beerntet. GAMERITH (2012, S. 73) zeigte, dass die Dämme links und rechts vom

Zusammenstoß der Arbeitsbreiten der Pflanzmaschinen im Wachstumsverlauf und nachfolgend im Ertrag beeinflusst werden.

Bei den Langparzellenversuchen am Standort Moidrams wurde die Versuchsernte auf jene Dämme beschränkt, welche unbeeinflusst von Pflegegassen und Zusammenstößen von Arbeitsbreiten der Pflanzmaschine waren. Nachfolgend sind die Dämme der jeweiligen Versuchsernten angeführt (Detailpläne im Anhang – Kapitel 12):

**Versuchsjahr 2011:** Dämme 14, 15, 26, 27, 34, 35, 46, 47

**Versuchsjahr 2012:** Dämme 7, 8, 15, 16, 27, 28, 35, 36

**Versuchsjahr 2013:** Knollenertrag nicht bestimmt

**Versuchsjahr 2014:** Dämme 6, 7, 10, 11, 18, 19, 22, 23, 30, 31, 34, 35, 42, 43, 46, 47, 54, 55, 58, 59, 66, 67

### **5.2.4.1.6 Innere und äußere Kartoffelknollenqualität**

Für die Qualitätsbestimmung der Kartoffelknollen wurden an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf von jedem einzelnen Damm ein Muster und an den Versuchsschlägen am Standort Moidrams von jeder beprobten Dammreihe zwei Muster gezogen. Die Entnahme des ca. acht Kilogramm schweren Musters erfolgte direkt vom Verleseband des Vollernters während des Erntevorgangs. Die Beurteilung der nachfolgend beschriebenen Qualitätsparameter führte geschultes Personal im Rohstofflabor der AGRANA Stärke GmbH in Gmünd aus.

#### **5.2.4.1.6.1 Stärkegehalt in den Knollen**

Entsprechend der Verordnung (EWG) Nr. 1821/89 der Kommission vom 23. Juni 1989 zur Bestimmung der zur Herstellung einer Tonne Kartoffelstärke nötigen Menge Kartoffeln und des für diese Menge zu zahlenden Mindestpreises (ABL, 1989, S. 32) wurde die Bestimmung des Stärkegehalts mittels Unterwassergewicht durchgeführt.

#### **5.2.4.1.6.2 Nitratgehalt in den Knollen**

Nach Zermusung von fünf Knollen aus dem jeweiligen Stärkemuster erfolgte die Bestimmung des Nitratgehalts mittels Merckoquant® Teststreifen (KOLBE et MÜLLER, 1986, S. 333).

#### **5.2.4.1.6.3 Fraßstellen an den Knollen**

Laut der Kartoffelqualitätsprüfung durch AGRANA (AGRANA AAW, 2014, S. 1) wurde der Anteil von Fraßstellen an den Knollen erfasst. Die Prüfung umfasst Fraßstellen von Nacktschnecken, Mäusen und vor allem von Larven des Saatschnellkäfers (*Agriotes lineatus* L.) oder des Düsteren Humusschnellkäfers (*Agriotes obscurus* L.).

#### **5.2.4.1.7 Bodenanalyse**

Nach der Kartoffelernte wurden an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf in den Jahren 2011 und 2012 eine repräsentative Bodenprobe des Oberbodens (0 bis 30 cm) und Unterbodens (30 bis 60 cm) gezogen und mittels Elektro-Ultrafiltrationsverfahren (EUF) pflanzenverfügbare Nährstoffe analysiert (AGRANA, 2017, S. 54).

#### **5.2.4.2 Datenerhebung bei Winterweizen**

##### **5.2.4.2.1 Verhalten der Residuen der Abdeckmaterialien in der Nachfrucht Winterweizen**

Bei der Aussaat des Winterweizens im Herbst nach Kartoffeln erfolgte die Dokumentation des Einflusses der verbliebenen Residuen auf den Sävorgang. Beurteilt wurde das Stauen zwischen den Säscharen und die Einhaltung der Ablagetiefe der Körner bzw. deren Bedeckung mit Erde. Die Boniturskala umfasste jeweils die Stufen *nicht*, *minder*, *mittel*, *hoch*, *sehr hoch*. Im Frühjahr des Folgejahrs – sobald ein abgetrockneter Boden eine Begehung des Weizenbestands ermöglichte – wurde das Verbleiben der Residuen im Winterweizenbestand fotografisch festgehalten.

##### **5.2.4.2.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung**

Unmittelbar nach dem Auflaufen des Winterweizens sowie bei wöchentlichen Kontrollen des Weizenbestands erfolgte die Dokumentation des Feldaufgangs und etwaiger Fehlstellen im Bestand. Der Aufgang sowie die Pflanzengesundheit wurden in Anlehnung an die Vorgaben des Bundesamts für Ernährungssicherheit nach den Richtlinien für die Sortenwertprüfung (BAES, 2015, S. 21ff) bonitiert.

##### **5.2.4.2.3 Ermittlung des Stickstoff-Düngerbedarfs mittels N-Tester**

Zum BBCH-Stadium 37 des Winterweizens (Erscheinen letzten Blatts – Schossen) wurde mittels N-Tester die Stickstoff-Düngerbedarfsermittlung an den Exaktversuchen am Standort Tautendorf in den Jahren 2012 bis 2015 durchgeführt. Nach Anpassung der Messwerte gemäß den jährlich durch die *Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH* (AGES) ausgegebenen Korrekturwerten in Bezug auf Sorte und Trockengebiet konnte auf den bestehenden Düngerbedarf an Stickstoff in kg N/ha rückgeschlossen werden (Tab. 22).

**Tab. 22: Messwerte mittels N-Tester und Stickstoff-Düngeempfehlung 2013 zum Ährenschieben (BBCH-Stadium 37 – 55) bei Winterweizen (AGES, 2013, s.p.)**

Messwert mittels N-Tester	Stickstoff-Düngeempfehlung (kg N/ha)
>700	0
700-661	20
660-621	30
620-581	40
580-541	50
<541	60

#### 5.2.4.2.4 Beprobung Kleinparzellen für ertragsbildende Parameter

Vor der Ernte mit dem Parzellenmähdrescher wurde der stehende Weizenbestand im Ausmaß einer Kleinparzelle von einem Quadratmeter bodennahe beerntet. Von dieser Probe wurden die Anzahl ährentragender Halme und das Gesamtgewicht der oberirdischen Weizengesamtpflanze (Strohalm und Ähre) in g bestimmt. Nach Abtrennung der Ähren wurde die Halmlänge in cm gemessen. Die abgetrennten Ähren wurden sortiert nach voll ausgebildeten und nicht voll ausgebildeten Ähren, ebenso wurde deren Anzahl und Gewicht in g bestimmt. Die Unterscheidung zwischen den Ausbildungsstadien wurde aufgrund der Ährenlänge getroffen, welche bei nicht voll ausgebildeten Ähren weniger als die Hälfte der voll ausgebildeten Ähren betrug.

Die Daten aus der Kleinparzellen-Beprobung bildeten die Basis für die Berechnung des modifizierten Ernteindex. Im Gegensatz zum klassischen Harvest-Index – Verhältnis Erntegut zur gesamten oberirdischen Masse (DIEPENBROCK et al., 2016, S. 147) – wurde in dieser Arbeit das Verhältnis vom Gewicht der Ähren (Korn und Spindel) zum Gewicht der oberirdischen Weizengesamtpflanze (Strohalm und Ähre) zur Zeit der Ernte ermittelt. Die Beprobung und Beurteilung des Winterweizens erfolgte im Stadium der Totreife.

#### 5.2.4.2.5 Parzellenernte für Ertrag und Qualität bei Winterweizen

Die Ernte der Exaktversuche wurde mit einem Parzellenmähdrescher durchgeführt. Um die Einflüsse vom verbliebenen Abdeckmaterial – durch Verschleppung im Zuge der Bodenbearbeitung und Saat – auszuschließen, wurde der Pflanzenbestand am Parzellenbeginn und -ende im Ausmaß von ca. einem Meter entfernt. Der Drusch erfolgte auf 1,5 m Breite, mittig auf Parzellenlänge. Auf Basis dieser Ernte wurde der Kornertrag (t/ha) bestimmt, standardisiert auf die tatsächliche beerntete Parzellenlänge. Eine Mischprobe aus dem Erntegut jeder Versuchsparzelle diente zur Ermittlung des Hektolitergewichts und Proteingehalts. Diese Bestimmungen wurden im Rohstofflabor der AGRANA Stärke GmbH Pischelsdorf durchgeführt. In weiterer Folge wurden Kornertrag, Proteingehalt und Hektolitergewicht auf 14 % Feuchtigkeit standardisiert. Die Parzellenernte fand im Stadium der beginnenden Totreife des Winterweizens statt.

### 5.2.5 Statistische Auswertung ausgewählter Daten

Die grafischen Darstellungen wie zum Beispiel Temperatur im Damm, *Messwert Gipsblock*, Parameter der Ertragsbildung bei Winterweizen und Dammstabilität wurden im Programm Microsoft Excel 2010 erstellt.

Alle statistischen Auswertungen der Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams erfolgten mit dem Programm SAS 9.4 und Enterprise Guide 7.1. Sowohl zur Auswertung der einzelnen Versuchsjahre als auch zur zusammenfassenden Auswertung aller Versuche kam eine Varianzanalyse als gemischtes Modell zum Einsatz. Als Post Hoc Test wurde jeweils der Tukey-Test gewählt.

Für die manuelle und photogrammetrische Dammvermessung am Versuchsstandort Tautendorf wurden folgende Parameter für jedes Versuchsjahr ausgewertet: Abstand der Messlehre zur Dammfurche sowie für das Jahr 2014 die Dammquerschnittsfläche, die Veränderung Dammquerschnittsfläche, der Min-Max-Index und die Setzung.

Folgende Nullhypothesen wurden erstellt:

- Der Faktor Abdeckvariante hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Der Faktor Jahr hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Es gab keine Wechselwirkung zwischen Abdeckvariante und Jahr in Bezug auf die oben genannten Parameter.

Differenzierungen in der Ausbringungsmenge innerhalb der Varianten bestanden bei *Heu – Heu 20 t/ha* (2011) und *Heu 10 t/ha* (2012 bis 2014) – sowie bei *Klee – Klee 50 t/ha* (2011) und *Klee 25 t/ha* (2012 bis 2014). In der statistischen Auswertung der Ertrags- und Qualitätsparameter der einzelnen Versuche zu Stärkeindustriekartoffeln und Winterweizen waren für diese Versuchsglieder gleichgerichtete Ergebnisse in den entscheidenden Prüfparametern gegeben. Folgend werden die betreffenden Versuchsglieder aus 2011 sowie aus 2012 bis 2014 zu *Heu 20 bzw. 10 t/ha* bzw. *Klee 50 bzw. 25 t/ha* zusammengefasst.

Um die Ergebnisse weiter zu verdichten, wurde eine möglichst umfassende Verrechnung über die Jahre angestrebt. Diese Zusammenfassung ist zulässig, so keine Wechselwirkung zwischen Jahr und Variante gegeben ist. Folgende statistische Verrechnungen über die Jahre für die Exaktversuche Stärkeindustriekartoffeln am Standort Tautendorf werden dargestellt:

- 2011, 2012, 2013 und 2014
- 2012, 2013 und 2014
- 2013 und 2014.

Analog wurden die Ergebnisse der Exaktversuche zu Winterweizen am Standort Tautendorf zusammengefasst:

- 2012, 2013, 2014 und 2015
- 2013, 2014 und 2015
- 2014 und 2015.

Bei Stärkeindustriekartoffeln wurden folgende Parameter bestimmt: Blattertrag, Knollenertrag, Stärkegehalt, Nitratgehalt in den Knollen, Anteil Fraßstellen an den Knollen sowie die Werte der Bodenanalyse. Von der Auswertung wurden folgende Datensätze auf Grund von Wildschaden ausgeschlossen: 2. WH 2014 *Kontrolle* linke Dammreihe, 4. WH 2014 *Grünschnitt 25 t/ha* linke Dammreihe, 1. WH 2014 *Heu 10 t/ha* linke Dammreihe und 3. WH 2014 *Grünschnittroggen 25 t/ha* linke Dammreihe. Beim Blattertrag wurde in der Zusammenfassung der Versuchsjahre 2013 und 2014 die Werte der 1. WH 2014 *Klee 25 t/ha* ausgeschlossen. Bei Winterweizen wurden bestimmt: Messwerte mittels N-Tester, Anzahl ährentragender Halme, Halmlänge, Anzahl voll ausgebildeter Ähren, Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren, Gewicht oberirdische Weizengesamtpflanze, Gewicht Stroh, Gewicht Ähren, Gewicht voll ausgebildete Ähren, Gewicht nicht voll ausgebildete Ähren, Kornertag, Hektolitergewicht und Proteingehalt. Ausgeschlossen von der Auswertung wurden wiederum aufgrund Wildschadens die Datensätze 2. WH 2012 alle Varianten, 2. WH 2014 *Grünschnittroggen 25 t/ha*, 2. WH 2015 *Kontrolle*, 4. WH 2015 *Grünschnitt 25 t/ha*, 1. WH 2015 *Heu 10 t/ha*, und 3. WH 2015 *Grünschnittroggen 25 t/ha*, sowie 2015 *Klee 25 t/ha* aufgrund mangelnder Bestandsbildung.

Sowohl bei Stärkeindustriekartoffeln als auch bei Winterweizen – jeweils am Versuchsstandort Tautendorf – gelten die Nullhypothesen:

- Der Faktor Abdeckvariante hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Der Faktor Jahr hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Es gibt keine Wechselwirkung zwischen Abdeckvariante und Jahr in Bezug auf die oben angeführten Parameter.

Für die manuelle Dammvermessung am Versuchsstandort Moidrams wurde der Parameter Abstand der Messlehre zur Dammfurche für jedes Versuchsjahr ausgewertet. Für die statistische Auswertung der Ertrags- und Qualitätsparameter bei Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Moidrams wurde trotz bedingter Unterschiede in Material (Grünschnitt und -roggen) und Aufwandmengen (10 t/ha, 20 t/ha, 50 t/ha) nach Auswertung der einzelnen Standorte eine Zusammenfassung der abgedeckten Varianten über die Jahre 2011 bis 2014 im Vergleich zur *Kontrolle* durchgeführt und folgend als *Grünschnitt/-roggen* bezeichnet. Bestimmt wurden bei Stärkeindustriekartoffeln folgende Parameter: Knollenertrag, Stärkegehalt und Anteil Fraßstellen an den Knollen.

## Material und Methoden

Bei Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Moidrams gelten die Nullhypothesen:

- Der Faktor Abdeckvariante hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Der Faktor Jahr hat keinen Einfluss auf die oben angeführten Parameter.
- Es gibt keine Wechselwirkung zwischen Abdeckvariante und Jahr in Bezug auf die oben genannten Parameter.

Die in Tabellen angeführte Versuchsbonität setzt sich zusammen aus dem prozentuellen Anteil des LSD-Werts (Least Significant Difference) am Gesamtmittelwert.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Tautendorf

#### 6.1.1 Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums

Entscheidend für den Erfolg einer Dammapdeckung ist deren Stabilität gegenüber Wind- und Wasserabtrag während der Vegetationsperiode. In der Charakterisierung ist zudem deren Abbauverhalten zu berücksichtigen. Tab. 23 stellt die Beobachtungen zum spezifischen Verhalten der einzelnen Abdeckmaterialien gegenüber.

**Tab. 23: Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Variante	Mittlerer Bedeckungsgrad	Aufbau Deckschicht zum Auflaufen	Aufbau Deckschicht während Vegetation	Aufbau Deckschicht Vegetationsende
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	sehr hoch	dichte Schichtung	dichte Bedeckung mit Bildung einer modrigen Schicht bei Bodenkontakt	abgetrocknete Oberfläche; ausgeprägte modrige Schicht zum Boden
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	hoch	lockere Schichtung	lockere Dammbedeckung	wie Grünschnitt 50 t/ha, mit gering ausgeprägter Moderschicht
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>	sehr hoch	lockere Schichtung, Verfilzung gegeben	zunehmende Verfilzung	feine Struktur mit starker Verfilzung
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>	mittel	geschichtet, dicht	zunehmender Abbau der Blattteile	Stiel und Blatt durch Verhacken stabilisiert
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	mittel	geschichtet, strukturiert	Abbau der Blattstruktur	strohartige Struktur (analog Stroh)

Abb. 7 zeigt das Verhalten der Abdeckmaterialien zum Auflaufen der Kartoffelpflanzen bzw. zu Vegetationsende. Grundsätzlich verblieben die Materialien stabil auf den Dämmen und unterlagen keiner Verfrachtung durch Wind und Wasser. Die Abdeckmaterialien waren zu Vegetationsende (nur) so weit abgebaut, dass es zu keiner Beeinträchtigung des Erntevorgangs kam. Zudem gelangten keine Reste des Abdeckmaterials auf das Verleseband bei der Ernte. Die Residuen waren nach der Ernte, eingemischt in Erde, noch deutlich erkennbar.

## Ergebnisse



**Abb. 7: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Abdeckvarianten bei Stärkeindustriekartoffeln zum Auflaufen der Kartoffelpflanze und zu Vegetationsende, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 10. Juni und 04. September 2013**

### 6.1.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung

Die Pflanzenbestände entsprachen in jedem Prüfjahr dem theoretischen Soll bei Pflanz- und Reihenabstand (Tab. 18) – es gab keine Fehlstellen. Über alle abgedeckten Varianten hinweg wurde kein Unterschied in Bezug auf verfrühtes bzw. verspätetes Auflaufen gegenüber der *Kontrolle* festgestellt. Das Auftreten von Unkraut verursachte in keinem Versuchsjahr einen Einfluss auf den Pflanzenbestand. In allen Versuchsjahren wurde die Schadwirkung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) durch praxisübliche Maßnahmen unterbunden. Sowohl das Erstauftreten des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) als auch das weitere Befallsausmaß fand in gleichem Ausmaß zwischen den Varianten statt. In allen Jahren wurden über alle Varianten hinweg bei Einzelpflanzen Symptome von Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) und der Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*) gefunden, jedoch ohne Differenzierung zwischen den Varianten. Durch den Einsatz praxisüblicher Maßnahmen fand keine Beeinträchtigung des Pflanzenbestands statt. Ebenso stellte das Rohstofflabor an den Knollen keine Beeinträchtigung durch Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) fest.

### 6.1.3 Temperatur im Damm

Die Gegenüberstellung der Temperaturmaxima aller Versuchsjahre (Tab. 24) ergab, dass die *Kontrolle* in jedem Jahr in den Monaten Juni, Juli und teilweise im August jeweils den höchsten Wert in °C aufwies. Im September hingegen erzielten in den Jahren 2011 bis 2013 die Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* bzw. *Grünschnitt 25 t/ha* das höchste Temperaturmaximum. Die Temperaturmaxima im September 2014 waren zwischen den Varianten ausgeglichen, nur die Variante *Grünschnittroggen 25 t/ha* hob sich durch einen höheren maximalen Wert ab. Über alle Jahre hinweg ergab sich ein Trend, dass *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 20 bzw. 10 t/ha* ähnlich hohe Maxima aufwiesen. Ebenso verliefen die Temperaturmaxima von *Grünschnitt 25 t/ha* und *Klee 25 t/ha* auf nahezu selber Höhe. Die Temperaturmaxima der einzelnen Monate im Vergleich zwischen den Jahren unterschieden sich deutlich: So erzielte z. B. die höchste Temperatur im Damm die *Kontrolle* im Juli 2011 mit 22,1 °C, im Juli 2012 mit 31,6 °C.

In Bezug auf die Temperaturminima erzielten in allen Monaten und allen Jahren die abgedeckten Varianten deutlich höhere minimale Temperaturen gegenüber der *Kontrolle*. Die Temperaturminima der Varianten mit einer Dammapdeckung waren innerhalb des Monats und innerhalb des jeweiligen Jahrs ausgeglichen.

## Ergebnisse

**Tab. 24: Temperaturmaxima und –minima absolut (°C) im Damm aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Variante	Jahr Monat	2011				2012				2013				2014			
		Jun.	Jul.	Aug.	Sept.												
<b>Temperaturmaximum<sup>1)</sup> absolut im Damm in °C</b>																	
<b>Kontrolle</b>		24,6	22,1	22,1	18,6	31,6	31,6	23,1	21,1	29,6	27,6	28,6	18,6	24,6	24,6	20,6	17,6
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>		21,2	20,2	21,2	19,7	24,7	26,2	24,2	21,2	25,2	25,7	26,7	17,7	22,7	22,7	20,7	17,2
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>		n.b.				30,1	30,6	26,6	23,1	27,1	26,6	27,6	19,1	24,6	24,6	21,1	17,6
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>		19,6	18,6	20,6	18,1	24,1	25,6	22,1	20,1	n.b.				23,2	23,2	21,2	17,2
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>		22,7	20,7	22,2	19,2	30,2	31,7	25,2	22,7	26,2	26,7	27,7	19,2	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>		n.b.				n.b.				n.b.				24,2	24,2	21,2	18,2
<b>Temperaturminimum<sup>1)</sup> absolut im Damm in °C</b>																	
<b>Kontrolle</b>		12,6	12,6	11,1	9,6	8,6	12,6	13,1	8,6	9,1	12,1	12,6	7,6	11,1	13,6	11,1	8,1
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>		14,7	13,7	13,2	12,2	12,2	15,2	14,7	10,7	9,7	13,2	13,7	9,1	12,7	14,7	12,7	9,1
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>		n.b.				10,6	14,1	14,1	9,6	10,1	13,6	14,1	9,6	12,6	14,6	12,6	10,1
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>		15,1	14,1	14,1	12,1	12,6	15,1	14,6	10,6	n.b.				12,7	14,7	13,2	10,7
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>		15,1	14,1	13,6	12,1	10,6	14,1	14,1	9,6	10,1	13,6	14,6	9,1	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>		n.b.				n.b.				n.b.				12,7	15,2	13,2	10,7

<sup>1)</sup> Basierend auf je drei Messungen pro Tag  
n.b. = nicht bestimmt

Alle Varianten zeigten in allen Versuchsjahren im Juni die höchste Temperaturdifferenz zwischen den Messungen um 7:00 und 19:00 Uhr (Tab. 25) – ausgenommen 2011. In den folgenden Monaten Juli, August und September nahmen die Temperaturdifferenzen bis zum September hin bei allen Varianten und Jahren ab – ausgenommen 2011 und 2014. Hier verzeichnete der September eine höhere Temperaturdifferenz als die vorangegangenen Monate.

In nahezu allen Monaten in allen Versuchsjahren – ausgenommen August und September 2012 – erzielte die *Kontrolle* die höchste Tagesdifferenz, welche in einem Bereich zwischen 1,8 und 7,1 °C lag. Im Gegensatz dazu lag die Tagesdifferenz der abgedeckten Dämme in einem Bereich von 0,5 bis 5,4 °C. Die größte absolute Tagesdifferenz wurde bei der *Kontrolle* am 16. Juni 2012 mit 13,0 °C (07:00 Uhr: 14,6 °C und 19:00 Uhr: 27,6 °C) ermittelt. Tendenziell wiesen die Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 20 bzw. 10 t/ha* eine ähnlich hohe Temperaturdifferenz auf, ebenso die Varianten *Grünschnitt 25 t/ha* und *Klee 25 t/ha*.

## Ergebnisse

**Tab. 25: Temperaturdifferenz absolut (°C) im Damm zwischen 07:00 und 19:00 Uhr aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Variante \ Jahr Monat	2011				2012				2013				2014			
	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.
	Temperaturdifferenz <sup>1)</sup> absolut (°C) zwischen Messungen 7:00 und 19:00 Uhr															
<b>Kontrolle</b>	3,4	2,0	2,5	3,4	7,1	3,8	3,3	2,7	5,1	4,8	3,9	2,4	4,4	3,5	1,8	2,2
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	1,8	1,0	1,5	2,4	2,6	1,6	2,5	2,0	3,4	3,5	3,0	1,7	3,3	2,8	1,4	1,7
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	n.b.				5,4	3,5	4,2	3,3	3,7	3,5	2,9	1,9	4,0	3,3	1,4	1,6
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>	1,0	0,5	1,1	1,8	3,2	2,0	2,2	1,9	n.b.				3,2	2,7	1,3	1,4
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>	1,9	1,1	1,7	1,9	5,4	3,8	3,4	3,0	3,0	3,1	2,7	2,2	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.				n.b.				n.b.				3,2	2,8	1,2	1,4

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

Im **Versuchsjahr 2011** (Tab. 26 und Abb. 8) lagen bei den Messungen am Morgen in allen Monaten die Temperaturen im Damm der abgedeckten Varianten mit 0,9 bis 1,8 °C über der *Kontrolle*. Dieser Effekt war bei den Messungen zu Mittag geringer ausgeprägt. Bei den abendlichen Messungen in den Monaten Juni und Juli lagen die Temperaturen im Damm unter Abdeckmaterial - ausgenommen der Variante *Klee 50 t/ha* – leicht unter und in den Monaten August sowie September über jenen der *Kontrolle*. Die höchste Temperatur mit 24,6 °C wies die *Kontrolle* im Juni zu einem Messzeitpunkt am Abend auf. Die niedrigste Temperatur mit 9,6 °C gab es im Damm der Variante *Kontrolle* bei einer morgendlichen Messung im September.

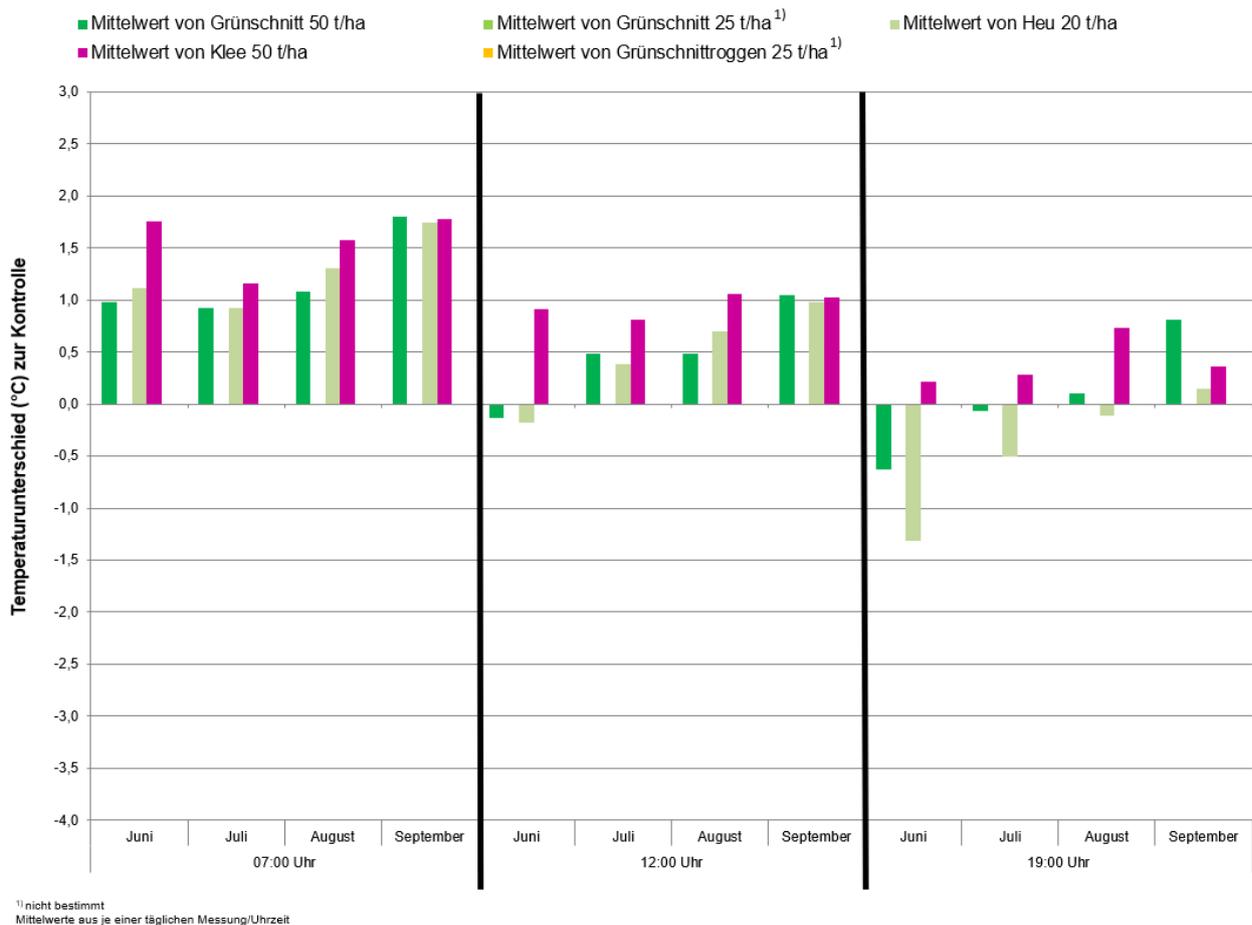
**Tab. 26: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

Variante \ Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>	15,4	16,8	18,8	14,9	15,3	16,8	15,2	16,0	17,7	12,7	13,5	16,0
	Temperaturabweichung <sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i>											
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	+1,0	-0,1	-0,6	+0,9	+0,5	-0,1	+1,1	+0,5	+0,1	+1,8	+1,0	+0,8
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		
<b>Heu 20 t/ha</b>	+1,1	-0,2	-1,3	+0,9	+0,4	-0,5	+1,3	+0,7	-0,1	+1,8	+1,0	+0,2
<b>Klee 50 t/ha</b>	+1,8	+0,9	+0,2	+1,2	+0,8	+0,3	+1,6	+1,1	+0,7	+1,8	+1,0	+0,4
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

## Ergebnisse

2011



**Abb. 8: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur Kontrolle bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

Die morgendlichen Temperaturen in den Dämmen der abgedeckten Varianten lagen im **Versuchsjahr 2012** (Tab. 27 und Abb. 9) zwischen 0,5 und 1,9 °C höher als jene der *Kontrolle*. Zu den Temperaturmessungen im Damm um 12:00 Uhr verminderte sich in allen Monaten die Höhe des Temperaturunterschieds im Vergleich zur *Kontrolle*. So lagen im Juni die Werte von *Grünschnitt 50 t/ha*, *Grünschnitt 25 t/ha* und *Heu 10 t/ha* sowie im Juli bei *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha* unter der *Kontrolle* und im August sowie September alle abgedeckten Varianten über der *Kontrolle*. Bei den Messungen um 19:00 Uhr zeigte sich das Messbild von 12:00 Uhr, jedoch mit höheren Temperaturunterschieden zur *Kontrolle*. So lag die Temperatur im Damm aller Varianten im Juni unter jener der *Kontrolle* und erst im August sowie September über jener der *Kontrolle*. Über alle Monate hinweg zeigte die Abweichung der Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha* zur *Kontrolle* ein ähnliches Niveau. Die höchste absolute Temperatur im Damm mit 31,7 °C wurde bei Variante *Klee 25 t/ha* im Juli gemessen. Die niedrigste absolute Temperatur im Damm mit 8,6 °C wurde bei der *Kontrolle* an einem Morgen sowohl im Juni als auch im September, dokumentiert.

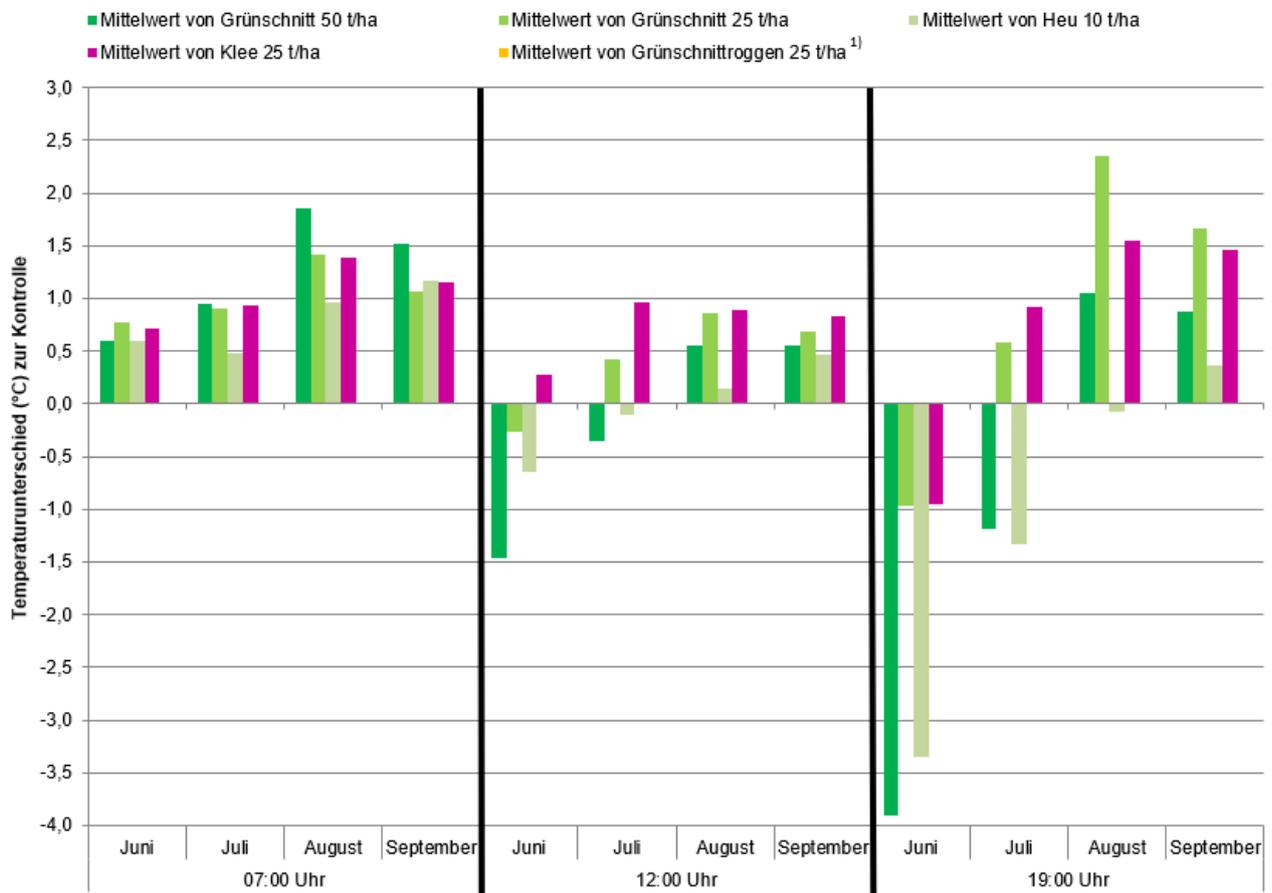
## Ergebnisse

**Tab. 27: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**

Variante \ Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>	16,3	18,9	23,4	18,0	19,4	21,7	16,4	17,6	19,6	12,9	13,8	15,5
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>												
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	+0,6	-1,5	-3,9	+1,0	-0,4	-1,2	+1,9	+0,6	+1,1	+1,5	+0,5	+0,9
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	+0,8	-0,3	-1,0	+0,9	+0,4	+0,6	+1,4	+0,9	+2,4	+1,1	+0,7	+1,7
<b>Heu 10 t/ha</b>	+0,6	-0,6	-3,3	+0,5	-0,1	-1,3	+1,0	+0,1	-0,1	+1,2	+0,5	+0,4
<b>Klee 25 t/ha</b>	+0,7	+0,3	-1,0	+0,9	+1,0	+0,9	+1,4	+0,9	+1,6	+1,2	+0,8	+1,5
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

2012



<sup>1)</sup> nicht bestimmt  
Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

**Abb. 9: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**

Die Temperaturen im Damm aller Abdeckvarianten lagen in allen Monaten im **Versuchsjahr 2013** zum Messzeitpunkt 07:00 Uhr (Tab. 28 und Abb. 10) um 0,2 bis 1,5 °C über der *Kontrolle*. Zu den Messungen um 12:00 Uhr zeigten die abgedeckten Varianten in den Monaten Juni bis August eine leicht niedrigere Temperatur im Damm. Im September lagen die Werte über der *Kontrolle*. Die

## Ergebnisse

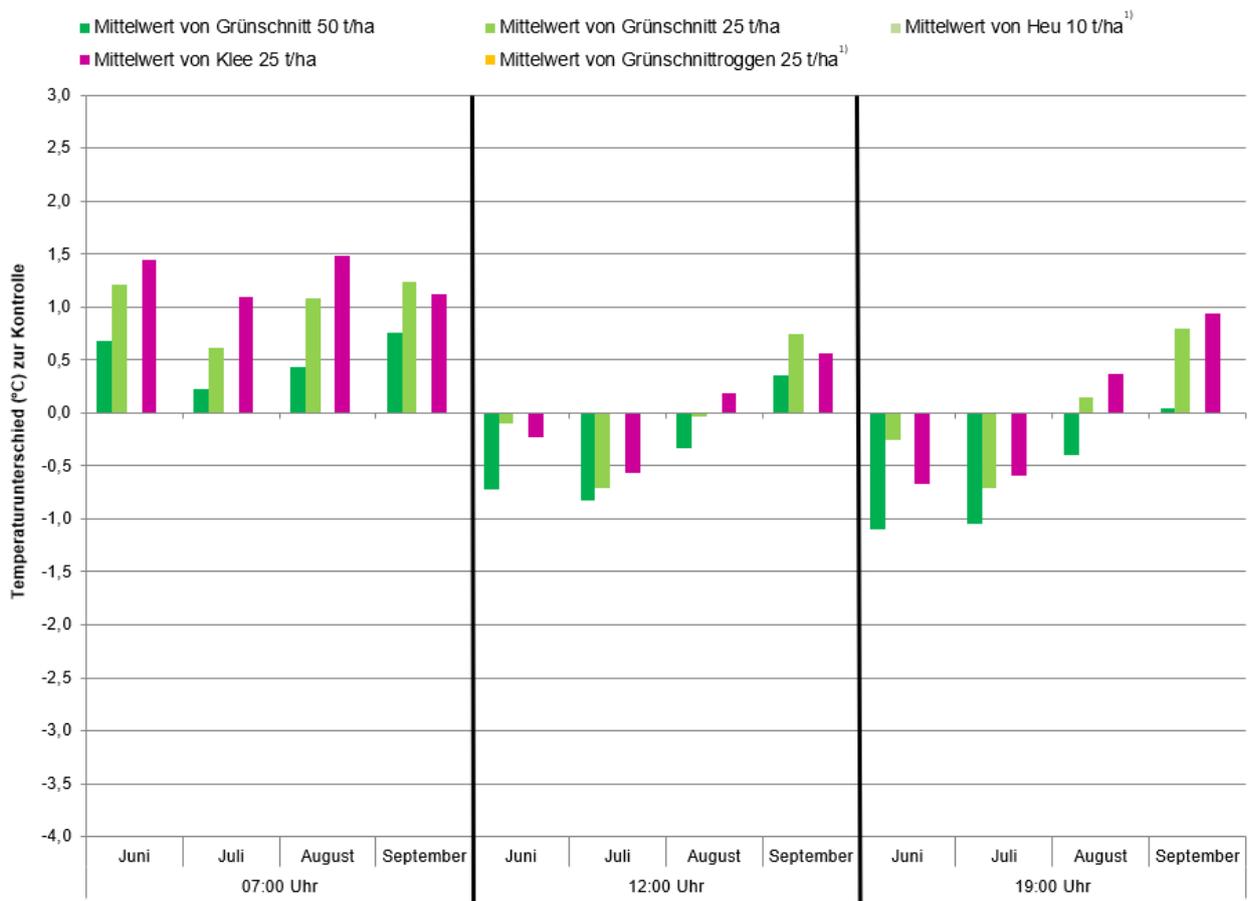
Messungen um 19:00 Uhr zeigten ein ähnliches Bild wie die Messungen um 12:00 Uhr – jedoch deutlich ausgeprägter. Die höchste absolute Temperatur im Damm mit 29,6 °C wurde bei der *Kontrolle* bei einer abendlichen Messung im Juni ermittelt. Die niedrigste absolute Temperatur im Damm wurde im September mit 7,6 °C bei der *Kontrolle* ermittelt. Bei den Varianten *Heu 10 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* gab es aufgrund defekter Messzellen keine Werte.

**Tab. 28: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013**

Variante \ Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>	14,0	16,4	19,1	16,9	19,2	21,7	16,8	18,6	20,6	11,7	12,6	14,1
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>												
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	+0,7	-0,7	-1,1	+0,2	-0,8	-1,0	+0,4	-0,3	-0,4	+0,8	+0,3	+0,0
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	+1,2	-0,1	-0,3	+0,6	-0,7	-0,7	+1,1	-0,0	+0,1	+1,2	+0,8	+0,8
<b>Heu 10 t/ha</b>	n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		
<b>Klee 25 t/ha</b>	+1,5	-0,2	-0,7	+1,1	-0,6	-0,6	+1,5	+0,2	+0,4	+1,1	+0,6	+0,9
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

2013



<sup>1)</sup> nicht bestimmt  
Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

**Abb. 10: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013**

## Ergebnisse

Im **Versuchsjahr 2014** (Tab. 29 und Abb. 11) ergaben die Messungen am Morgen in allen Monaten in den Dämmen mit einer Abdeckung eine um 0,4 bis 1,5 °C höhere Temperatur im Damm als bei der *Kontrolle*. Im Gegensatz zu den anderen Versuchsjahren lag die Temperatur zu den Messungen sowohl um 12:00 Uhr als auch um 19:00 Uhr bei allen abgedeckten Varianten in allen Monaten über der *Kontrolle* – ausgenommen bei der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* im Juni und Juli sowie bei der Variante *Heu 10 t/ha* im Juni jeweils um 19:00 Uhr. Die höchste absolute Temperatur im Damm wurde mit 24,6 °C bei der *Kontrolle* bei abendlichen Messungen in den Monaten Juni und Juli 2014 sowie bei der Variante *Grünschnitt 25 t/ha* an einem Abend im Juni festgestellt. Mit 8,1 °C wies die *Kontrolle* die niedrigste Temperatur im Damm bei Messungen im September auf.

Durch den defekten Temperatursensor gab es bei der Variante *Klee 25 t/ha* keine Temperaturwerte.

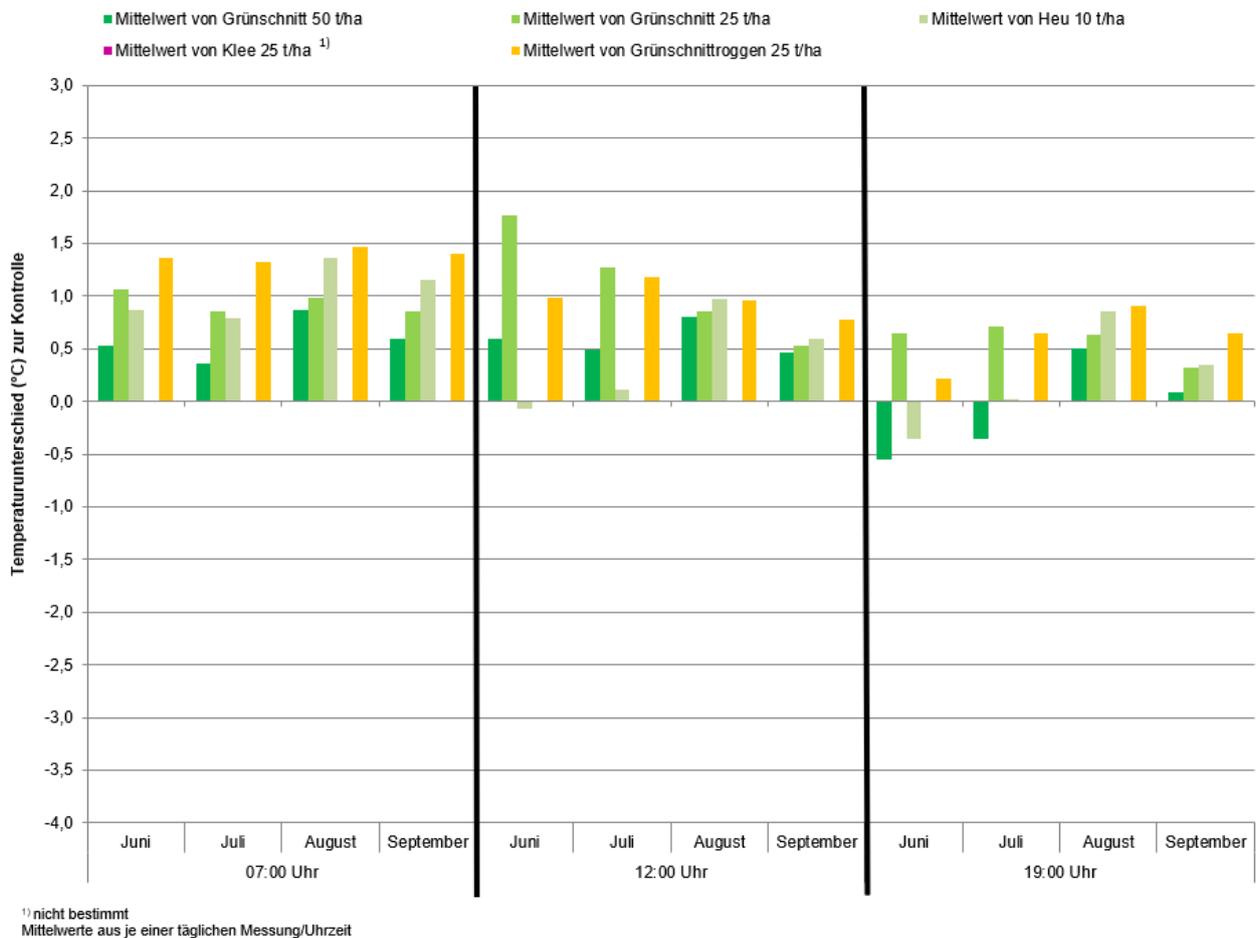
**Tab. 29: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Variante	Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
		07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>		14,9	16,6	19,3	16,9	18,0	20,4	14,8	15,3	16,6	13,0	13,6	15,2
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>													
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>		+0,5	+0,6	-0,6	+0,4	+0,5	-0,4	+0,9	+0,8	+0,5	+0,6	+0,5	+0,1
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>		+1,1	+1,8	+0,7	+0,9	+1,3	+0,7	+1,0	+0,9	+0,6	+0,9	+0,5	+0,3
<b>Heu 10 t/ha</b>		+0,9	-0,1	-0,4	+0,8	+0,1	+0,0	+1,4	+1,0	+0,9	+1,1	+0,6	+0,3
<b>Klee 25 t/ha</b>		n.b.			n.b.			n.b.			n.b.		
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>		+1,4	+1,0	+0,2	+1,3	+1,2	+0,6	+1,5	+1,0	+0,9	+1,4	+0,8	+0,6

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

# Ergebnisse

2014



**Abb. 11: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur Kontrolle bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

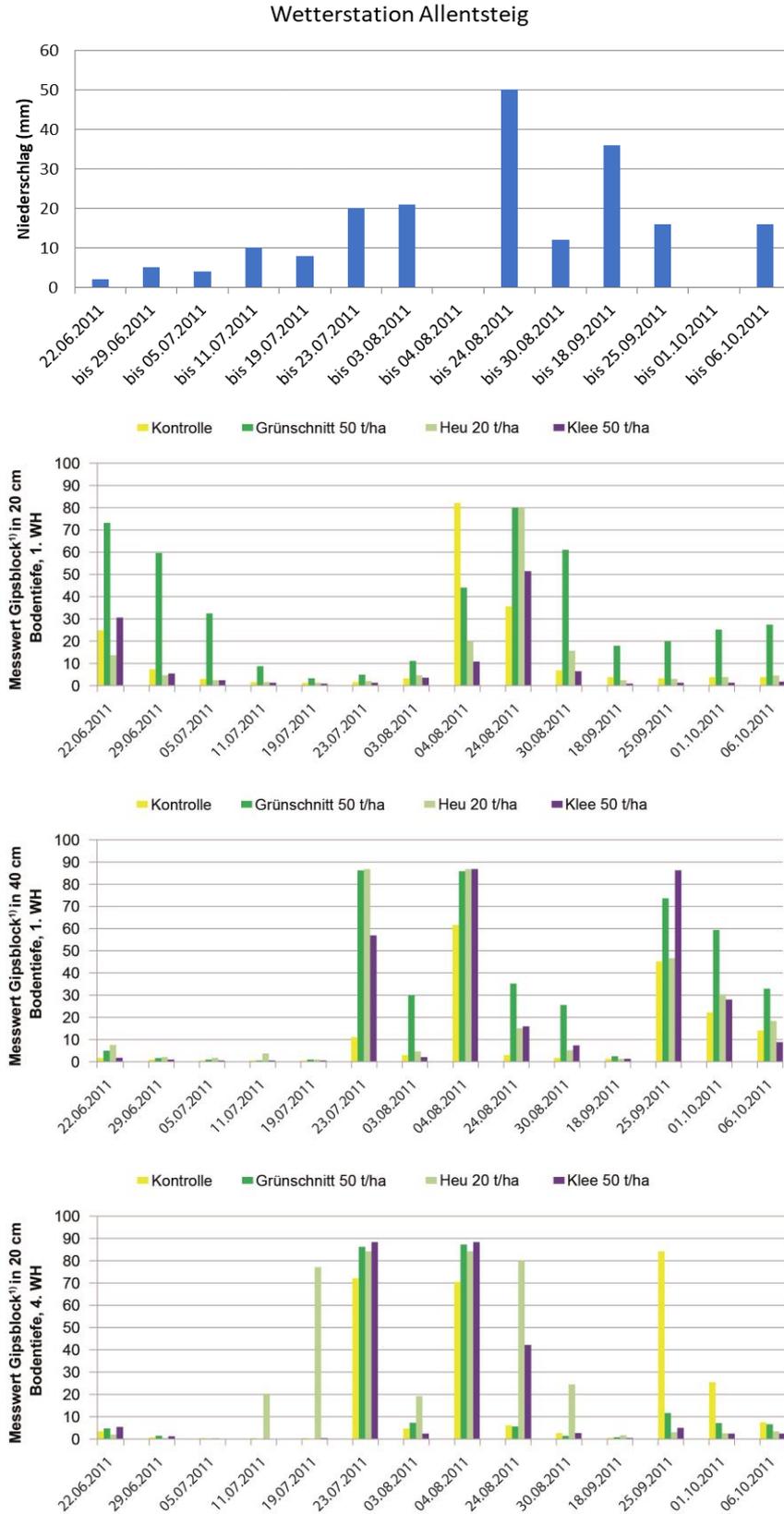
## 6.1.4 Wasserverhältnisse im Damm

Abb. 12 stellt zunächst die – zu ausgewählten Zeitpunkten – mittels Gipsblöcken in den einzelnen Varianten der **1. Wiederholung in 20 und 40 cm Tiefe** erhobenen Daten den Niederschlagsereignissen in den zugehörigen Zeiträumen gegenüber.

Die Niederschläge zwischen Ende Juni und Ende Juli spiegelten sich in den *Messwerten Gipsblock* in 20 cm Tiefe nicht wider. Dem gegenüber führten die Niederschläge Ende Juli zu einem deutlichen Anstieg der Werte in 40 cm Bodentiefe. In der Variante *Kontrolle* stiegen die Messwerte jedoch auch hier nur in geringem Ausmaß an. Den hohen Werten folgte eine rasche Abnahme der Messwerte zum Messzeitpunkt 03. August hin.

Die folgenden Niederschläge führten – im Gegensatz zu den vorangegangenen Ereignissen – zu einem markanten Anstieg der Werte sowohl in 20 als auch in 40 cm Tiefe. Der Anstieg der *Messwerte Gipsblock* in der *Kontrolle* in 20 cm Tiefe war gegenüber jenen in den abgedeckten Varianten deutlicher ausgeprägt. Im Vergleich zum Messzeitpunkt 23. Juli stieg hier der Messwert in der *Kontrolle* auch in 40 cm Tiefe markant an.

# Ergebnisse



<sup>1)</sup> Eine Messung je Variante zu jedem Messzeitpunkt

**Abb. 12: Niederschlag und Messwert Gipsblock in 20 und 40 cm Bodentiefe in der 1. Wiederholung sowie in 20 cm Bodentiefe in der 4. Wiederholung aller Varianten, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

## Ergebnisse

Bei den Messungen am 24. August reagierten die abgedeckten Varianten mit erhöhten bis hohen Werten (20 cm Tiefe) auf die vorangegangenen Niederschläge. Die Gehalte in 40 cm differenzierten ebenso zwischen abgedeckten Varianten und der *Kontrolle*. Jedoch blieb der Anstieg in 40 cm gegenüber jenem in 20 cm zurück.

Die Niederschläge Ende September führten – analog zu den Niederschlägen vom 20. bis 23. Juli – ausschließlich in 40 cm Tiefe zu hohen Messwerten im Gipsblock. Bis zum nachfolgenden Messtermin war eine rasche Abnahme der Werte zu beobachten.

Im Vergleich zu den übrigen Varianten mit Abdeckung blieben die Messwerte in der Variante *Klee 50 t/ha* (20 cm Bodentiefe) regelmäßig zurück. Hervorzuheben sind die wiederholt höheren Messwerte – sowohl in 20 als auch 40 cm Tiefe – unter den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 20 t/ha*.

Die zwecks Absicherung der Beobachtungen in der **4. Wiederholung in 20 cm Bodentiefe** (Abb. 12) platzierten Gipsblöcke ergaben im Vergleich zu jenen der 1. Wiederholung ein abweichendes Bild: Die hier erfassten Messwerte in 20 cm Tiefe spiegelten im Wesentlichen das Bild der in der 1. Wiederholung in 40 cm Tiefe vorgefundenen Differenzierungen wider.

### 6.1.5 Dammstabilität

#### 6.1.5.1 Dammprofil auf Basis manueller Dammvermessung

Die an jeder der – in die Dammfurchen der abgedeckten Varianten eingesetzten – Messlehren zu Vegetationsende abgenommenen Werte unterschieden sich im **Versuchsjahr 2012** (Tab. 30) statistisch von jenen der *Kontrolle*: Bei dieser kam es zu einem Abtrag von Bodenmaterial von der Dammkrone und den Dammflanken und in weiterer Folge zu einer Anlandung in der Dammfurche. Die in den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha* abgenommenen Werte zeigten sich in ähnlicher Größe, ebenso jene zwischen *Grünschnitt 25 t/ha* und *Klee 25 t/ha*.

**Tab. 30: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**

Länge Messlehre \ Variante	75 cm		50 cm		35 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm	
	Abstand der Messlehre zur Dammfurche <sup>1)</sup> in cm													
<b>Kontrolle</b>	18,3	b	12,7	b	6,3	c	2,2	b	0,6	b	0,2	b	0,0	b
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	21,1	a	16,0	a	10,2	ab	6,0	a	4,0	a	2,1	a	0,9	a
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	20,7	a	15,6	a	9,3	b	5,1	a	3,3	a	1,9	a	0,8	a
<b>Heu 10 t/ha</b>	21,8	a	16,8	a	11,0	a	6,3	a	4,1	a	2,5	a	1,1	a
<b>Klee 25 t/ha</b>	20,5	a	15,9	a	9,4	b	5,3	a	3,2	a	1,8	a	0,6	a
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		n.b.	

Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Parzelle

n.b. = nicht bestimmt

## Ergebnisse

Im **Versuchsjahr 2013** (Tab. 31) waren alle Varianten am Ende der Vegetationsperiode durch ein ähnliches Dammprofil charakterisiert. Die den *Messlehren 50 cm, 35 cm, 25 cm und 20 cm* abgenommenen Werte waren statistisch voneinander nicht verschieden. Die Variante *Kontrolle* zeigte tendenziell niedrigere Messwerte und gab wiederum Hinweis auf Erosionseinwirkung. Allein die Varianten *Kontrolle* und *Heu 10 t/ha* unterschieden sich im Fall der *Messlehren mit 75 cm, 15 cm und 10 cm* signifikant voneinander.

**Tab. 31: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013**

Länge Messlehre \ Variante	75 cm		50 cm		35 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm	
	Abstand der Messlehre zur Dammfurche <sup>1)</sup> in cm													
<b>Kontrolle</b>	18,1	b	14,7	a	9,6	a	5,6	a	3,5	a	1,6	b	0,2	b
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	19,2	ab	15,8	a	10,4	a	6,5	a	4,0	a	2,2	ab	0,8	a
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	19,1	ab	15,3	a	10,4	a	6,4	a	4,1	a	2,2	ab	0,6	ab
<b>Heu 10 t/ha</b>	19,6	a	15,7	a	10,9	a	6,5	a	4,1	a	2,4	a	0,9	a
<b>Klee 25 t/ha</b>	18,0	b	15,0	a	10,1	a	6,4	a	4,0	a	2,2	ab	0,6	ab
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	19,0	ab	15,6	a	10,2	a	6,2	a	3,8	a	2,1	ab	0,6	ab

Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Parzelle

Obwohl im **Versuchsjahr 2014** (Tab. 32) im Fall der *Messlehre 75 cm* kein statistischer Unterschied und in jenem der *Messlehre 50 cm* nur einer zwischen *Kontrolle* und *Heu 10 t/ha* sowie *Klee 25 t/ha* bestand, unterschieden sich die Messwerte bei der *Kontrolle* um mehr als einen Zentimeter von jenen der anderen Varianten. Ab Messlehren mit einer Länge von 35 bis zu 10 cm waren die Werte der *Kontrolle* statistisch von jenen der abgedeckten Varianten verschieden. Ähnlich dem Versuchsjahr 2012 verflachte die Dammfurche der Variante *Kontrolle* am stärksten.

**Tab. 32: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Länge Messlehre \ Variante	75 cm		50 cm		35 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm	
	Abstand der Messlehre zur Dammfurche <sup>1)</sup> in cm													
<b>Kontrolle</b>	16,0	a	12,1	b	7,0	b	3,1	b	1,4	b	0,4	b	0,0	b
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	17,1	a	14,4	ab	9,4	a	5,4	a	3,5	a	1,9	a	0,7	a
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	17,9	a	14,4	ab	9,7	a	5,6	a	3,6	a	2,0	a	0,9	a
<b>Heu 10 t/ha</b>	18,5	a	14,7	a	9,7	a	5,3	a	3,4	a	2,0	a	0,8	a
<b>Klee 25 t/ha</b>	18,1	a	14,6	a	9,1	a	5,5	a	3,7	a	2,4	a	1,0	a
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	17,4	a	14,3	ab	9,5	a	5,3	a	3,7	a	2,3	a	0,9	a

Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Parzelle

### 6.1.5.2 Dammquerschnittsfläche auf Basis manueller Dammvermessung

Die größte Dammquerschnittsfläche zum Erntezeitpunkt wies im **Versuchsjahr 2012** (Tab. 36) die Variante *Heu 10 t/ha* mit 8,3 dm<sup>2</sup> auf - die kleinste die *Kontrolle* mit 5,8 dm<sup>2</sup>. Die Dammquerschnittsfläche war bei der Variante *Heu 10 t/ha* im Vergleich zur *Kontrolle* um 43 % größer. Die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* hatte im Vergleich zur *Kontrolle* eine um 2,1 dm<sup>2</sup> größere Querschnittsfläche.

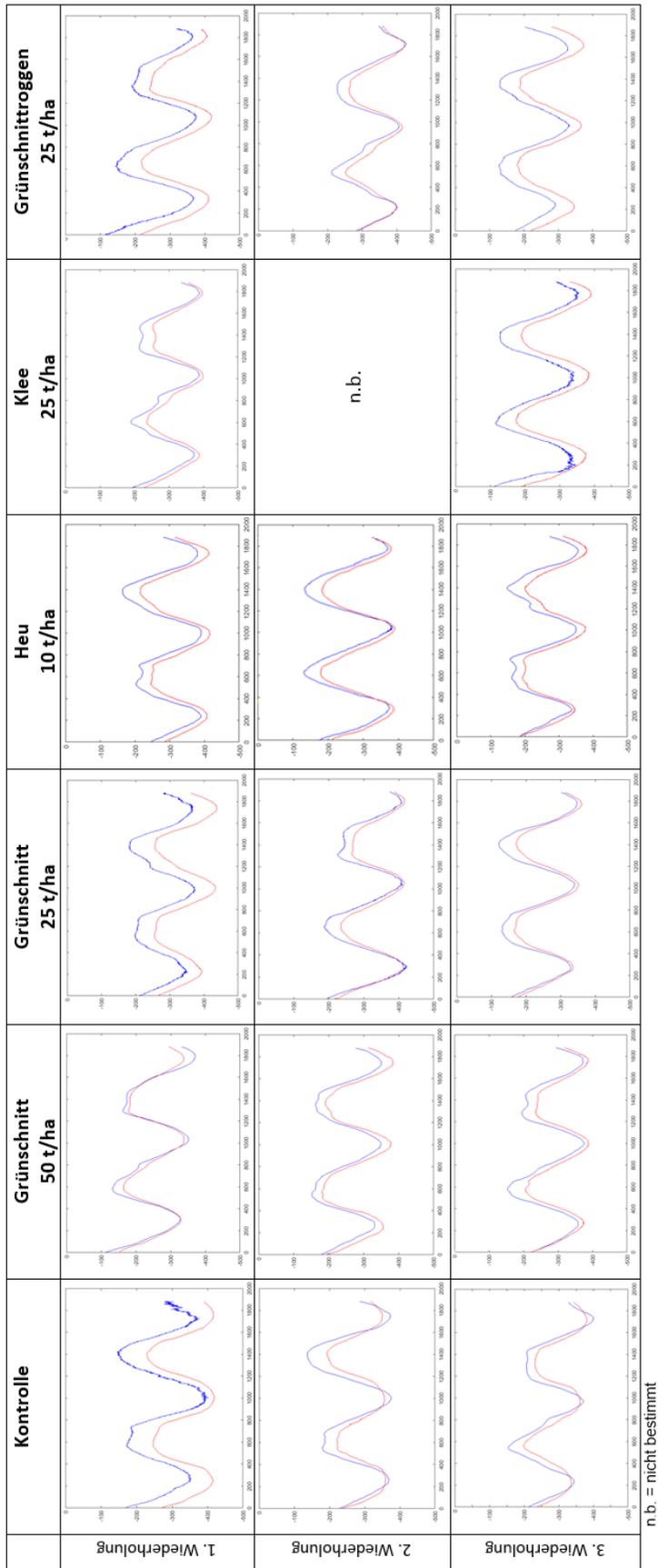
Im **Versuchsjahr 2013** (Tab. 36) wurde zu Vegetationsende bei der *Kontrolle* mit 7,1 dm<sup>2</sup> abermals die kleinste Dammquerschnittsfläche berechnet, die abgedeckten Varianten wiesen um 4 bis 10 % größere Flächen auf. Die größte Dammquerschnittsfläche wurde neuerlich in der Variante *Heu 10 t/ha* mit 7,8 dm<sup>2</sup> bestimmt.

Die größte Dammquerschnittsfläche im Herbst wies auch im **Versuchsjahr 2014** (Tab. 36) die Variante *Heu 10 t/ha* mit 7,4 dm<sup>2</sup> auf, sie war gegenüber jener der *Kontrolle* (5,6 dm<sup>2</sup>) um 29 % größer. Alle anderen abgedeckten Varianten lagen in einem Bereich zwischen 6,9 und 7,1 dm<sup>2</sup>. Die Flächendifferenz zwischen *Kontrolle* und der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* betrug 1,3 dm<sup>2</sup>.

### 6.1.5.3 Dammprofil auf Basis der photogrammetrischen Dammvermessung

Die photogrammetrische Erfassung von jeweils zwei Dammreihen pro Parzelle ermöglichte die Erstellung eines mittleren initialen (nach der Pflanzung im Frühjahr) und eines mittleren finalen (vor der Ernte im Herbst) Dammprofils (Abb. 13). Bei den angeführten Messungen waren die Referenzpunkte zu beiden Erhebungszeitpunkten durch die im Boden fixierten Eisenstangen definiert.

Bei den abgedeckten Varianten wurde keine Überschneidung zwischen dem Dammprofil im Frühjahr und im Herbst (ausgenommen 1. WH *Grünschnitt 50 t/ha*) ermittelt. Es zeigte sich somit die reine Sackung der Dämme. Bei der Variante *Kontrolle* war zumeist eine Überlappung der initialen und finalen Dammprofile gegeben. Dies verdeutlicht – neben der Sackung – die Anlandung von Bodenmaterial in der Dammfurche nach allfälligem Bodenabtrag. Die erstellten Grafiken lassen Streuungen zwischen den Wiederholungen erkennen. Die Dammprofile der abgedeckten Varianten unterschieden sich untereinander nicht. Die Profile bilden die Basis für die nachfolgend angeführten Parameter Querschnittsfläche der Dämme, Min-Max-Index und Setzung.



**Abb. 13: Dammprofile zu Vegetationsbeginn (blaue Linie) und zu Vegetationsende (rote Linie) auf Basis der photogrammetrischen Messung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

#### 6.1.5.4 Dammquerschnittsfläche und indexbezogene Auswertung auf Basis photogrammetrischer Dammvermessung

Die **Querschnittsfläche** der beprobten einzelnen Dämme unter Abdeckmaterial betrug zu Vegetationsende noch 87 bis 92 % der Dammquerschnittsfläche nach der Pflanzung (Tab. 33). Bei Dämmen ohne Abdeckung hingegen reduzierte sich diese bis zum Herbst auf 70 %.

**Tab. 33: Berechnete Dammquerschnittsflächen (dm<sup>2</sup>) auf Basis der photogrammetrischen Messungen für die Dämme 1 und 2 aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Variante	Damm 1 Querschnitts- fläche <sup>1)</sup> in dm <sup>2</sup> 06.05.2014	SD	Damm 1 Querschnitts- fläche <sup>1)</sup> in dm <sup>2</sup> 24.10.2014	SD	Damm 1 Veränderung Querschnitts- fläche in dm <sup>2</sup>	SD	Damm 2 Querschnitts- fläche <sup>1)</sup> in dm <sup>2</sup> 06.05.2014	SD	Damm 2 Querschnitts- fläche <sup>1)</sup> in dm <sup>2</sup> 24.10.2014	SD	Damm 2 Veränderung Querschnitts- fläche in dm <sup>2</sup>	SD
Kontrolle	8,0	0,5	5,7	1,1	-2,3	0,6	8,9	0,6	6,0	0,7	-2,9	0,7
Grünschnitt 50 t/ha	7,7	0,2	6,9	0,7	-0,8	0,9	7,9	0,3	7,1	0,7	-0,8	0,9
Grünschnitt 25 t/ha	8,3	1,1	7,2	0,3	-1,1	0,9	7,9	0,6	7,0	0,5	-0,9	0,6
Heu 10 t/ha	8,6	0,8	7,7	0,6	-0,9	0,3	8,6	1,1	7,8	0,6	-0,8	0,6
Klee 25 t/ha	7,8	1,1	7,0	1,1	-0,8	0,0	8,2	0,5	7,2	0,9	-1,0	0,4
Grünschnittroggen 25 t/ha	7,8	0,7	6,9	1,0	-0,9	0,7	7,7	0,4	7,1	0,3	-0,6	0,7

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus drei Wiederholungen  
SD = Standardabweichung

Nach der Kartoffelpflanzung ergaben die Werte der mittleren Dammquerschnittsflächen (Tab. 35) keinerlei statistische Unterschiede zwischen den einzelnen Parzellen, somit waren diese ident. Im Herbst hingegen beeinflusste der Faktor Variante (= Abdeckmaterial bei Kartoffeln) die Querschnittsfläche der Dämme signifikant (Tab. 35). Die *Kontrolle* wies zu Vegetationsende die kleinste Dammquerschnittsfläche auf und war statistisch verschieden von allen anderen Varianten. Die Variante *Heu 10 t/ha* hatte im Herbst die größte Dammquerschnittsfläche und unterschied sich gegenüber allen anderen Varianten statistisch. Die statistische Auswertung der Veränderung der Dammquerschnittsfläche verdeutlicht den Unterschied zwischen nicht abgedeckten Dämmen und abgedeckten Dämmen. Die Veränderung der Dammquerschnittsfläche unter einer Abdeckung reduzierte sich nur um ca. ein Drittel im Vergleich zur *Kontrolle*. Die *Kontrolle* war gegenüber allen anderen Varianten statistisch verschieden.

Die Auswertung des **Min-Max-Index** (Tab. 34) verdeutlicht eine Veränderung des Verhältnisses des höchsten zum niedrigsten Punkt des Dammprofils zwischen den Messungen im Frühjahr und Herbst. Bei Dämmen ohne Abdeckung nahm der Min-Max-Index um -36,7 % ab, die Abnahme in den abgedeckten Varianten lag im Gegensatz hierzu nur im Bereich zwischen -12,3 und -20,0 %. Bei der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* weist die hohe Standardabweichung auf eine hohe Streuung der Werte hin. Die Werte des Min-Max-Index waren statistisch nicht verschieden (Tab. 35).

## Ergebnisse

**Tab. 34: Min-Max-Index (%) und Setzung (mm) auf Basis der photogrammetrischen Messungen aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Variante	Min-Max-Index <sup>1)</sup> (%)	SD	Setzung <sup>1)</sup> (mm)	SD
Kontrolle	-36,7	3,8	-36,1	26,0
Grünschnitt 50 t/ha	-19,0	19,7	-18,8	12,4
Grünschnitt 25 t/ha	-12,3	5,5	-34,7	22,7
Heu 10 t/ha	-12,3	7,6	-25,1	10,4
Klee 25 t/ha	-15,5	0,7	-36,1	15,7
Grünschnittroggen 25 t/ha	-20,0	12,1	-41,1	19,4

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus drei Wiederholungen  
SD = Standardabweichung

Die **Setzung** der Dämme (Tab. 34) fand bei den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha* tendenziell in gleichem Ausmaß statt. Die Setzung war gegenüber den übrigen Varianten um ca. zehn Millimeter geringer. Die Varianten *Grünschnitt 25 t/ha*, *Klee 25 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* zeigten eine ähnliche Setzung wie die Variante *Kontrolle*. Die Standardabweichung in allen Varianten war hoch. Das Ausmaß der Setzung ließ keine statistische Unterscheidung zu (Tab. 35). Weder Faktor Variante (= Abdeckmaterial bei Kartoffeln) noch die Lage der Parzelle im Versuchsfeld hatten einen Einfluss auf die Setzung.

**Tab. 35: Mittlere Dammquerschnittsfläche (dm<sup>2</sup>), Min-Max-Index (%) und Setzung (mm) auf Basis der photogrammetrischen Messungen für die mittleren Dämme (Damm 1 und 2) absolut und relativ zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Variante	Dammquerschnittsfläche <sup>1)</sup> Damm 1 und 2 am 06.05.2014 (dm <sup>2</sup> )		Dammquerschnittsfläche <sup>1)</sup> Damm 1 und 2 am 24.10.2014 (dm <sup>2</sup> )		Veränderung Dammquerschnitts- fläche (dm <sup>2</sup> )		Min-Max-Index <sup>1)</sup> (%)		Setzung <sup>1)</sup> (mm)	
	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Kontrolle	8,4	a 100,0 %	5,9	c 100,0 %	-2,5	b 100,0 %	-36,7	a 100,0 %	-36,1	a 100,0 %
Grünschnitt 50 t/ha	7,8	a 92,9 %	7,0	b 118,6 %	-0,8	a 32,0 %	-19,0	a 51,8 %	-18,8	a 52,1 %
Grünschnitt 25 t/ha	8,1	a 96,4 %	7,1	b 120,3 %	-1,0	a 40,0 %	-12,3	a 33,5 %	-34,7	a 96,1 %
Heu 10 t/ha	8,6	a 102,4 %	7,8	a 132,2 %	-0,8	a 32,0 %	-12,3	a 33,5 %	-25,1	a 69,5 %
Klee 25 t/ha	8,0	a 95,2 %	7,1	b 120,3 %	-0,9	a 36,0 %	-15,5	a 42,2 %	-36,1	a 100,0 %
Grünschnitt- roggen 25 t/ha	7,6	a 90,5 %	7,0	b 118,6 %	-0,6	a 24,0 %	-20,0	a 54,5 %	-41,1	a 113,9 %

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus drei Wiederholungen  
Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

### 6.1.5.5 Vergleich der Dammquerschnittsflächen auf Basis manueller und photogrammetrischer Dammvermessung

Der Vergleich der Dammquerschnittsflächen (Tab. 36) auf Basis der manuellen und photogrammetrischen Dammvermessung für das Jahr 2014 zeigte für beide Messmethoden ähnliche Werte. Die Basis der manuellen Messmethode ermittelten Flächen lagen geringfügig

## Ergebnisse

unter jenen der photogrammetrischen Messungen. Ein Vergleich der in beiden Messserien erhobenen Daten konnte aufgrund unterschiedlicher Stichprobenumfänge nicht erfolgen, somit sind die Aussagen der beiden Messmethoden tendenziell als gleichwertig einzustufen.

Die unbedeckten Dämme wiesen zu Vegetationsende in jedem Prüfjahr die geringste Dammquerschnittsfläche auf. Die Dammquerschnittsflächen – auf Basis manueller Methode – der bedeckten Varianten waren um rund 35 % (2012), 7 % (2013) bzw. 27 % (2014) größer gegenüber der *Kontrolle*. In allen Versuchsjahren hatte die Variante *Heu 10 t/ha* die Tendenz zur größten Dammquerschnittsfläche zu Vegetationsende gegenüber allen anderen Varianten.

**Tab. 36: Gegenüberstellung berechnete Dammquerschnittsflächen (dm<sup>2</sup>) bei manueller Dammvermessung (2012 bis 2014) und der berechneten Dammquerschnittsflächen (dm<sup>2</sup>) bei photogrammetrischer Dammvermessung (2014), jeweils zu Vegetationsende aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014**

Messmethode Variante	manuell			photogrammetrisch
	2012 Vegetationsende Dammquerschnitts- fläche <sup>1)</sup> (dm <sup>2</sup> )	2013 Vegetationsende Dammquerschnitts- fläche <sup>1)</sup> (dm <sup>2</sup> )	2014 Vegetationsende Dammquerschnitts- fläche <sup>1)</sup> (dm <sup>2</sup> )	2014 Vegetationsende Dammquerschnitts- fläche <sup>2)</sup> (dm <sup>2</sup> )
<b>Kontrolle</b>	5,8	7,1	5,6	5,9
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	7,9	7,7	6,9	7,0
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	7,6	7,6	7,1	7,1
<b>Heu 10 t/ha</b>	8,3	7,8	7,4	7,7
<b>Klee 25 t/ha</b>	7,6	7,4	7,1	7,1
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	n.b.	7,6	7,0	7,0

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Variante

<sup>2)</sup> Mittelwerte aus drei Wiederholungen und drei Messungen je Variante  
n.b. = nicht bestimmt

### 6.1.6 Ertrag und Qualität bei Stärkeindustriekartoffeln

Aufgrund der abweichenden Anzahl geprüfter Varianten ist eine Zusammenfassung nach Jahren – wie im Kapitel 5.2.5 beschrieben – vorteilhaft.

#### 6.1.6.1 Blattertrag

Der Blattertrag wurde durch die Faktoren Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) und Jahr signifikant beeinflusst (Tab. 37). Den höchsten Blattertrag ergab die Variante *Grünschnitt 50 t/ha*. Dieser Blattertrag lag um ca. 30 % höher gegenüber der *Kontrolle* – mit dem niedrigsten Wert. Der Blattertrag der *Kontrolle* und der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* unterschieden sich statistisch voneinander. Im Gegensatz dazu war die Variante *Heu 10 t/ha* gegenüber allen anderen Varianten statistisch nicht verschieden. Die Varianten *Klee 25 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* waren weder voneinander noch von den anderen Abdeckvarianten - ausgenommen der *Kontrolle* - statistisch unterschiedlich. Der

## Ergebnisse

Blattertrag bei der Variante *Grünschnitt 25 t/ha* war nur gegenüber der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* verschieden. Die Versuchsjahre 2013 und 2014 unterschieden sich statistisch.

**Tab. 37: Blattertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 und 2014**

Blattertrag (t/ha) - 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	15,5	c	2013	21,1	a
	Grünschnitt 50 t/ha	20,2	a	2014	15,0	b
	Grünschnitt 25 t/ha	17,2	bc			
	Heu 10 t/ha	17,8	abc			
	Klee 25 t/ha	19,2	ab			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	18,5	ab			
	Versuchsmittel	17,9				
	LSD Variante	2,9				
	Versuchsbonität %	16,1				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

### 6.1.6.2 Knollenertrag

Alle Zusammenfassungen über die Jahre zeigten einen signifikanten Einfluss durch den Faktor Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) auf den Knollenertrag (Tab. 38). Die höchste Verdichtung der Daten ergab sich aus der Zusammenfassung der Versuchsjahre 2011 bis 2014. Bei Gegenüberstellung der Varianten *Kontrolle*, *Grünschnitt 50 t/ha*, *Heu 20 bzw. 10 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha* hob sich die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* mit einem Mehrertrag von ca. 18 % gegenüber der *Kontrolle* signifikant ab. Dieses Ergebnis bestätigt sich in den jeweiligen Einzeljahren. Die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* (2011 bis 2014) lag ertragsmäßig zwischen *Kontrolle* und *Grünschnitt 50 t/ha* und hob sich statistisch signifikant von diesen beiden Varianten ab. Die Variante *Heu 20 bzw. 10 t/ha* war gegenüber *Grünschnitt 50 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha* nicht signifikant unterschiedlich. Der Mehrertrag gegenüber der *Kontrolle* betrug ca. 13 %.

Die Knollenerträge wurden im hohen Ausmaß vom Faktor Jahr beeinflusst. Die Knollenerträge in t/ha der Jahre 2011 und 2014 waren doppelt so hoch wie im Jahr 2012.

Bei Beurteilung der Knollenerträge der Jahre 2012 bis 2014 sowie von 2013 und 2014 ergab sich ein gleicher Trend wie in der Zusammenfassung über vier Jahre. Die Zusammenfassung der Versuchsjahre 2012 bis 2013 wurde um die Variante *Grünschnitt 25 t/ha* erweitert. Diese Variante erzielte einen Mehrertrag von ca. 14 % gegenüber der *Kontrolle* und war ausschließlich von dieser statistisch verschieden. Die Variante *Grünschnittroggen 25 t/ha* wurde nur in der Zusammenfassung der Versuchsjahre 2013 und 2014 berücksichtigt. Diese Variante erreichte das Ertragsniveau von *Grünschnitt 50 t/ha*.

Ergebnisse

**Tab. 38: Knollenertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Knollenertrag (t/ha) - 2011, 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	***				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	46,2	c	2011	65,1	a
	Grünschnitt 50 t/ha	54,5	a	2012	30,3	c
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	52,5	ab	2013	45,8	b
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	50,6	b	2014	62,7	a
	Versuchsmittel	51,0				
	LSD Variante	2,7				
	Versuchsbonität %	5,3				
Knollenertrag (t/ha) - 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	***				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	*				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	41,7	c	2012	30,0	c
	Grünschnitt 50 t/ha	50,3	a	2013	45,4	b
	Grünschnitt 25 t/ha	47,6	ab	2014	64,1	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	48,1	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	44,9	b			
	Versuchsmittel	47,6				
	LSD Variante	3,1				
	Versuchsbonität %	6,6				
Knollenertrag (t/ha) - 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	**				
	Jahr	**				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	49,0	c	2013	46,2	b
	Grünschnitt 50 t/ha	60,1	a	2014	65,1	a
	Grünschnitt 25 t/ha	57,2	ab			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	55,3	abc			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	52,6	bc			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	59,9	a			
	Versuchsmittel	54,9				
	LSD Variante	6,6				
	Versuchsbonität %	12,0				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

### 6.1.6.3 Stärkegehalt in den Knollen

Sowohl in der Zusammenfassung von vier als auch drei Versuchsjahren ergab sich kein signifikanter Einfluss des Faktors Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) auf den Stärkegehalt (Tab. 39). Bei Beurteilung von zweijährigen Ergebnissen des Stärkegehalts ergab sich eine statistische Unterscheidung zwischen den Varianten. Die Varianten *Grünschnitt 50 t/ha*, *Heu 20 bzw. 10 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* lagen um ca. drei bis sechs Prozent unter der *Kontrolle*. Die größte Differenz im Stärkegehalt zeigten die Varianten *Kontrolle* und *Grünschnitt 50 t/ha*. Dieses Ergebnis wurde sowohl in der drei- als auch in der vierjährigen Zusammenfassung bei der größten Datendichte erzielt – trotz fehlender statistischer Unterscheidung.

Die Höhe des Stärkegehalts in den Knollen wurde in allen Zusammenfassungen signifikant vom Faktor Jahr bestimmt. Im Jahr 2011 wurde ein um 5,5 Prozent (absolut) höherer Stärkegehalt in den Knollen als im Jahr 2014 gemessen.

## Ergebnisse

**Tab. 39: Stärkegehalt (%) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Stärkegehalt (%) - 2011, 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	19,0	a	2011	21,4	a
	Grünschnitt 50 t/ha	18,4	a	2012	17,9	c
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	18,6	a	2013	19,5	b
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	18,6	a	2014	15,9	d
	Versuchsmittel	18,4				
	LSD Variante	0,6				
	Versuchsbonität %	3,4				
Stärkegehalt (%) - 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	18,1	a	2012	17,8	b
	Grünschnitt 50 t/ha	17,4	a	2013	19,5	a
	Grünschnitt 25 t/ha	17,7	a	2014	16,0	c
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	17,6	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	18,0	a			
	Versuchsmittel	17,7				
	LSD Variante	0,6				
	Versuchsbonität %	3,3				
Stärkegehalt (%) - 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	***				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	18,4	a	2013	19,5	a
	Grünschnitt 50 t/ha	17,2	b	2014	16,0	b
	Grünschnitt 25 t/ha	17,9	ab			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	17,3	b			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	17,9	ab			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	17,7	b			
	Versuchsmittel	17,7				
	LSD Variante	0,7				
	Versuchsbonität %	4,0				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

## Ergebnisse

### 6.1.6.4 Stärkeertrag

Die vierjährigen Ergebnisse des Stärkeertrags (Tab. 40) folgten dem Ergebnis des Knollenertrags: Die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* lag mit 1,2 t/ha über der *Kontrolle*. Diese Ergebnisse sind auch in der drei- und zweijährigen Zusammenfassung ersichtlich. Bei der Auswertung der Variante *Grünschnittroggen 25 t/ha* in Zusammenfassung der Jahre 2013 und 2014 lag diese leicht über der Variante *Grünschnitt 50 t/ha*.

Im Stärkeertrag zwischen den Jahren wiederholte sich der Trend der Auswertung vom Knollenertrag: Das Jahr 2012 ergab einen um ca. 60 % geringeren Stärkeertrag im Vergleich zum Versuchsjahr 2011.

**Tab. 40: Stärkeertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Stärkeertrag (t/ha) - 2011, 2012, 2013 und 2014					
Mittelwerte	Variante	t/ha		Jahr	t/ha
	Kontrolle	8,9		2011	13,9
	Grünschnitt 50 t/ha	10,1		2012	5,4
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	9,7		2013	8,9
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	9,4		2014	9,9
Stärkeertrag (t/ha) - 2012, 2013 und 2014					
Mittelwerte	Variante	t/ha		Jahr	t/ha
	Kontrolle	7,5		2012	5,3
	Grünschnitt 50 t/ha	8,6		2013	8,7
	Grünschnitt 25 t/ha	8,2		2014	10,2
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	8,2			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	7,8			
Stärkeertrag (t/ha) - 2013 und 2014					
Mittelwerte	Variante	t/ha		Jahr	t/ha
	Kontrolle	8,9		2013	8,9
	Grünschnitt 50 t/ha	10,2		2014	10,4
	Grünschnitt 25 t/ha	9,9			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	9,4			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	9,1			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	10,5			

### 6.1.6.5 Ausgewählte Qualitätskriterien bei Stärkeindustriekartoffeln

#### 6.1.6.5.1 Nitratgehalt in den Knollen

Die Nitratgehalte in den Kartoffelknollen (Tab. 41) zwischen den Varianten waren in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre statistisch nicht verschieden. Diese Ergebnisse zeigten sich auch in den drei- und zweijährigen Zusammenfassungen.

## Ergebnisse

Mit Verdichtung der Daten in der Zusammenfassung der drei bzw. vier Versuchsjahre wurde der Einfluss des Faktors Jahr deutlich. In der vierjährigen Zusammenfassung war der Nitratgehalt in den Knollen für die Jahre 2011 und 2012 gegenüber dem Jahr 2014 signifikant verschieden.

**Tab. 41: Nitratgehalt (g/kg) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Nitratgehalt (g/kg) - 2011, 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	*				
	Wechselwirkung	*				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>g/kg</b>		<b>Jahr</b>	<b>g/kg</b>	
	Kontrolle	58	a	2011	64	b
	Grünschnitt 50 t/ha	80	a	2012	51	b
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	61	a	2013	77	ab
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	85	a	2014	93	a
	Versuchsmittel	71				
	LSD Variante	26				
Nitratgehalt (g/kg) - 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	*				
	Wechselwirkung	*				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>g/kg</b>		<b>Jahr</b>	<b>g/kg</b>	
	Kontrolle	60	a	2012	49	b
	Grünschnitt 50 t/ha	84	a	2013	74	ab
	Grünschnitt 25 t/ha	58	a	2014	89	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	69	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	81	a			
	Versuchsmittel	72				
	LSD Variante	30				
Nitratgehalt (g/kg) - 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	n.s.				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>g/kg</b>		<b>Jahr</b>	<b>g/kg</b>	
	Kontrolle	56	a	2013	73	a
	Grünschnitt 50 t/ha	105	a	2014	88	a
	Grünschnitt 25 t/ha	66	a			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	73	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	107	a			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	75	a			
	Versuchsmittel	82				
	LSD Variante	42				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

## Ergebnisse

### 6.1.6.5.2 Fraßstellen an den Knollen

In den Zusammenfassungen über die Jahre konnte kein signifikanter Einfluss der unterschiedlichen Varianten (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) auf das Ausmaß der Fraßstellen an den Knollen (Tab. 42) ermittelt werden. Im Trend ergaben die Varianten *Kontrolle* und *Heu 20 bzw. 10 t/ha* den höchsten Anteil an Fraßstellen.

Der Faktor Jahr ergab in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre keinen Einfluss auf den Anteil an Fraßstellen. Die Zusammenfassung der Versuchsjahre 2012 bis 2014 – erweitert um die Variante *Grünschnitt 25 t/ha* – und die Zusammenfassung der Versuchsjahre 2013 und 2014 – erweitert um die Variante *Grünschnittroggen 25 t/ha* – ergaben einen signifikanten Einfluss durch den Faktor Jahr auf die Anzahl von Fraßstellen. Jahresbedingt waren Unterschiede von ca. zwei Prozent (absolut) zwischen den Versuchsjahren gegeben.

**Tab. 42: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Fraßstellen (%) - 2011, 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	n.s.				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	2,9	a	2011	1,9	a
	Grünschnitt 50 t/ha	0,2	a	2012	0,1	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	1,1	a	2013	0,0	a
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	0,5	a	2014	2,7	a
Fraßstellen (%) - 2012, 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	*				
	Wechselwirkung	*				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	1,3	a	2012	0,1	b
	Grünschnitt 50 t/ha	0,2	a	2013	0,0	b
	Grünschnitt 25 t/ha	0,3	a	2014	2,2	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	1,4	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	0,7	a			
Fraßstellen (%) - 2013 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	*				
	Wechselwirkung	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	1,8	a	2013	0,0	a
	Grünschnitt 50 t/ha	0,4	a	2014	2,1	a
	Grünschnitt 25 t/ha	0,2	a			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	2,1	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha	1,0	a			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	0,8	a			

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

### 6.1.7 Gehalte an ausgewählten Nährstoffen nach der Kartoffelernte

Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen liegen für den Versuchsstandort Tautendorf für die Jahre 2011 (Tab. 43) und 2012 (Tab. 44) vor. Die Probenahmen erfolgten in beiden Jahren nach der Ernte der Kartoffeln. Die Werte der *Kontrolle* charakterisieren den jeweiligen Einzelstandort.

Die Gehalte des **Oberbodens (0 bis 30 cm)** an Nitrat (**EU-NO<sub>3</sub>-N**) waren in der Variante *Kontrolle* in den Jahren 2011 und 2012 mit 0,8 mg/100g Boden gleich hoch. Die Gehalte an Nitrat im Oberboden der abgedeckten Varianten lagen im Versuchsjahr 2011 auf dem Niveau der *Kontrolle* – ausgenommen der Variante *Klee 50 t/ha*, welche einen nahezu doppelt so hohen Wert zeigte. Das Jahr 2012 wies für die abgedeckten Varianten leicht höhere Werte an Nitrat gegenüber der *Kontrolle* aus – die Variante *Klee 25 t/ha* stach nicht hervor.

Dem gegenüber zeigte sich der Gehalt an **EU-N<sub>org</sub>-N** in der *Kontrolle* im Jahr 2012 nahezu um die Hälfte niedriger als im Jahr 2011, was Unterschiede in der Charakteristik der einzelnen Versuchsschläge aufzeigt. Wie im Fall des Gehalts an Nitrat lagen 2011 auch bei diesem Parameter die Gehalte in den abgedeckten Varianten nahezu auf dem Niveau der *Kontrolle*. Nur die Variante *Klee 50 t/ha* überstieg dieses um 83 %. Im Jahr 2012 lagen die Werte von EU-N<sub>org</sub>-N der abgedeckten Varianten über der *Kontrolle*, jene von *Heu 10 t/ha* und *Klee 25 t/ha* waren um mehr als 50 % erhöht.

Die Werte von **EU-P** im Oberboden der *Kontrolle* waren im Jahr 2011 nahezu doppelt so hoch wie jene im Versuchsjahr 2012. Die Gehalte in den abgedeckten Varianten lagen im Jahr 2011 um 15 bis 30 % über der *Kontrolle*, im Jahr 2012 etwa um 35 bis 90 %.

Zwischen den Versuchsjahren 2011 und 2012 wurden in der *Kontrolle* für **EU-K** mit je 12,0 mg/100 g Boden ausgeglichene Werte dokumentiert. Die abgedeckten Varianten wiesen gegenüber der *Kontrolle* 17 bis 50 % (2011) und 17 bis 33 % (2012) höhere Gehalte an EU-K auf.

Die Gehalte im **Unterboden (30 bis 60 cm)** zeigten in den Jahren 2011 und 2012 für die *Kontrolle* in Bezug auf **EU-NO<sub>3</sub>-N**, **EU-N<sub>org</sub>-N** und **EU-K** nahezu gleich hohe Werte. Wie schon im Oberboden war der Gehalt an **EU-P** im Unterboden im Jahr 2011 doppelt so hoch wie jener des Jahres 2012. Die Werte in den abgedeckten Varianten im Jahr 2011 lagen für alle ermittelten Nährstoffe leicht über oder unter der *Kontrolle*. Nur die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* wies einen rund 60 % höheren Gehalt an EU-N<sub>org</sub>-N gegenüber der *Kontrolle* sowie die Variante *Heu 20 t/ha* im Gehalt an EU-K mit einem Plus von rund 50 % gegenüber der *Kontrolle* auf. Im Unterboden des Jahres 2012 lagen die Nährstoffe der abgedeckten Varianten leicht über und unter der *Kontrolle*, ohne dass eine Variante hervorstach.

## Ergebnisse

**Tab. 43: Ausgewählte Nährstoffe der EUF-Bodenuntersuchung nach der Ernte der Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

2011								
Entnahmehorizont	0 bis 30 cm				30 bis 60 cm			
Nährstoff	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K
Variante	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K
<b>Kontrolle Gehaltsklasse</b>	B		C	C	B		B	B
<b>Kontrolle</b> (absolut mg/100g Boden)	0,8	2,3	3,1	12,0	0,5	1,4	1,3	6,0
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	0,9	2,6	4,1	14,0	0,4	2,3	1,3	8,0
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
<b>Heu 20 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	0,7	2,3	3,6	18,0	0,4	1,4	1,6	9,0
<b>Klee 50 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	1,4	4,2	4,0	15,0	0,4	1,1	1,0	8,0
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. = nicht bestimmt

A = Nährstoffversorgung sehr niedrig; B = Nährstoffversorgung niedrig; C = Nährstoffversorgung ausreichend; D = Nährstoffversorgung hoch; E = Nährstoffversorgung sehr hoch;

**Tab. 44: Ausgewählte Nährstoffe der EUF-Bodenuntersuchung nach der Ernte der Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**

2012								
Entnahmehorizont	0 bis 30 cm				30 bis 60 cm			
Nährstoff	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K
Variante	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K	EUf-NO <sub>3</sub> -N	EUf-N <sub>org</sub> -N	EUf-P	EUf-K
<b>Kontrolle Gehaltsklasse</b>	C		B	C	C		A	B
<b>Kontrolle</b> (absolut mg/100g Boden)	0,8	1,3	1,4	12,0	0,6	1,1	0,6	8,0
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	1,1	1,8	1,9	16	0,7	1,1	0,6	10
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	1,0	1,5	1,3	16	0,4	1,1	0,4	8
<b>Heu 10 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	0,9	2,0	2,7	15	0,7	1,2	0,5	8
<b>Klee 25 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	0,9	2,0	2,1	14	0,5	1,0	0,6	8
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b> (absolut mg/100g Boden)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. = nicht bestimmt

A = Nährstoffversorgung sehr niedrig; B = Nährstoffversorgung niedrig; C = Nährstoffversorgung ausreichend; D = Nährstoffversorgung hoch; E = Nährstoffversorgung sehr hoch;

## 6.2 Stärkeindustriekartoffeln am Versuchsstandort Moidrams

### 6.2.1 Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums

Tab. 45 dokumentiert das spezifische Verhalten der Abdeckmaterialien während der Vegetationsperiode am Versuchsstandort Moidrams.

## Ergebnisse

Die maschinelle Ausbringung des Abdeckmaterials Grünschnitt bzw. Grünschnittroggen bedingte im Gegensatz zur manuellen Ausbringung (Versuchsstandort Tautendorf) eine Materialansammlung in der Dammfurche – besonders bei der Variante *Grünschnittroggen 20 t/ha* im Jahr 2014 (Abb. 14).

Beim Erntevorgang selbst kam es bei keiner Variante zu einer Beeinträchtigung durch das noch vorhandene Abdeckmaterial. Ebenso gelangten keine Reste der Abdeckmaterialien auf das Verleseband der Erntemaschine.



**Abb. 14: Ablagerung des Abdeckmaterials Grünschnittroggen in der Dammfurche bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 26. Mai 2014**

**Tab. 45: Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014**

Variante	Mittlerer Bedeckungsgrad	Aufbau Deckschicht zum Auflaufen	Aufbau Deckschicht während Vegetation	Aufbau Deckschicht Vegetationsende
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	sehr hoch	dichte Schicht	dichte Bedeckung mit Bildung einer modrigen Schicht bei Bodenkontakt	abgetrocknete Oberfläche; ausgeprägte modrige Schicht besonders in Dammfurche
<b>Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha</b>	mittel	lockere Schichtung	lockere Dammbedeckung; Ansammlung in der Dammfurche	wie Grünschnitt 50 t/ha, mit gering ausgeprägter Moderschicht; Ansammlung in der Dammfurche
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	mittel	geschichtet, strukturiert	Abbau der Blattstruktur; Ansammlung in der Dammfurche	strohartige Struktur (analog Stroh); Ansammlung in der Dammfurche

### 6.2.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung

Der Pflanzenbestand entsprach in allen **Versuchsjahren 2011, 2012 und 2014** dem theoretischen Soll durch den vorgegeben Pflanz- und Reihenabstand (Tab. 19). Es gab in keinem Versuchsjahr

## Ergebnisse

ertragsbeeinflussende Fehlstellen. In keinem Versuchsjahr beeinflusste das sehr geringe Auftreten von Unkraut den Wachstumsverlauf des Pflanzenbestands. Beim Auflaufen der Kartoffelpflanzen kam es in keinem Versuchsjahr zu einer Verzögerung zwischen den Varianten. Des Weiteren gab es sowohl beim Erstauftreten als auch beim Befallsausmaß von Kartoffelkäfern (*Leptinotarsa decemlineata*), bei der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) und bei der Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*) in keinem Versuchsjahr einen Unterschied zwischen *Kontrolle* und der jeweils mit unterschiedlichen Materialien abgedeckten Varianten.

### 6.2.3 Temperatur im Damm

In den Versuchsjahren 2011 und 2012 lagen die Tagestemperaturmaxima im Damm (Tab. 46) von *Kontrolle* und abgedeckter Variante auf unterschiedlichen Höhen. Jene der *Kontrolle* waren in jedem Vegetationsmonat um ca. zwei Grad Celsius höher. Im Versuchsjahr 2014 waren die Temperaturmaxima von *Kontrolle* und *Grünschnitttroggen 20 t/ha* nahezu gleich hoch. Der Vergleich der Monatswerte über die Vegetationsjahre 2011 und 2012 hindurch war ausgeglichen. Im Vegetationsjahr 2014 hingegen waren die Varianten *Kontrolle* und *Grünschnitttroggen 20 t/ha* im Juni und Juli durch deutlich höhere Monatstemperaturmaxima als im Vergleichszeitraum 2011 und 2012 gekennzeichnet. In allen Jahren erhöhte sich das Temperaturmaximum von Juni auf Juli und fiel im August und September wieder ab.

Die Temperaturminima der abgedeckten Dämme waren in den Jahren 2011 und 2012 gegenüber der *Kontrolle* um zwei Grad Celsius höher. Im Jahr 2014 war die Höhe der Temperaturminima bei *Kontrolle* und *Grünschnitttroggen 20 t/ha* nahezu gleich.

Die Temperaturminima 2014 lagen in den einzelnen Monaten, verglichen mit jenen der Jahre 2011 und 2012, deutlich darunter. Im Jahr 2011 sank das Temperaturminimum von Juni bis September in jedem Monat bei beiden Varianten. Hingegen zeigten sich die Minima 2012 für die Monate Juni bis August innerhalb der jeweiligen Variante ausgeglichen und fielen erst im September ab. Für das Versuchsjahr 2014 wurde bei beiden Varianten ein Anstieg des Temperaturminimums von Juni auf Juli gemessen. Diesem folgte eine Abnahme in den Monaten August und September.

## Ergebnisse

**Tab. 46: Temperaturmaxima und -minima (°C) im Damm absolut aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014**

Variante \ Jahr Monat	2011				2012				2014			
	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.
	<b>Temperaturmaximum<sup>1)</sup> absolut im Damm in °C</b>											
<b>Kontrolle</b>	20,7	22,7	22,7	19,7	22,1	22,6	22,1	20,1	27,6	28,6	22,1	19,1
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	18,1	18,6	20,1	18,1	n.b.				n.b.			
<b>Grünschnitt 10 t/ha</b>	n.b.				20,1	20,1	19,6	18,6	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	n.b.				n.b.				26,1	28,6	22,6	19,1
	<b>Temperaturminimum<sup>1)</sup> absolut im Damm in °C</b>											
<b>Kontrolle</b>	13,2	12,6	11,6	10,6	12,6	12,6	12,6	9,1	10,1	12,6	10,1	6,1
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	15,6	14,1	13,6	12,1	n.b.				n.b.			
<b>Grünschnitt 10 t/ha</b>	n.b.				14,6	14,1	14,1	11,1	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	n.b.				n.b.				10,6	12,6	10,6	6,1

<sup>1)</sup> Basierend auf drei Messungen pro Tag  
n.b. = nicht bestimmt

In den Jahren 2011 und 2012 ergab die Temperaturdifferenz (Tab. 47) zwischen 07:00 und 19:00 Uhr bei beiden Varianten einen ähnlichen Verlauf: Im Vergleich zu Juni war die Tagesdifferenz im Juli um ca. 40 % geringer. In den Folgemonaten August und September erhöhten sich die Tagesdifferenzen. Die Tagesdifferenzen in den Jahren 2011 und 2012 lagen bei der Variante *Kontrolle* zwischen 1,6 und 3,0 °C und jene der abgedeckten Dämme in einem Bereich von 0,6 und 1,4 °C.

Die Temperaturdifferenz im Jahr 2014 nahm bei beiden Varianten von Juni bis August ab und stieg im September wieder an. Die Temperaturunterschiede waren bei Dämmen mit und ohne Abdeckung gleich – gegenüber den Monaten der Jahre 2011 und 2012 jedoch deutlich höher.

**Tab. 47: Temperaturdifferenz absolut (°C) im Damm zwischen 07:00 und 19:00 Uhr aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014**

Variante \ Jahr Monat	2011				2012				2014			
	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.
	<b>Temperaturdifferenz<sup>1)</sup> absolut (°C) zwischen Messungen 7:00 und 19:00 Uhr</b>											
<b>Kontrolle</b>	3,0	1,9	2,2	2,4	2,8	1,6	2,3	2,5	6,1	4,9	2,9	3,3
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	1,0	0,6	0,9	1,3	n.b.				n.b.			
<b>Grünschnitt 10 t/ha</b>	n.b.				1,2	0,7	1,1	1,4	n.b.			
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	n.b.				n.b.				5,8	4,9	3,0	3,5

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit  
n.b. = nicht bestimmt

Im **Versuchsjahr 2011** (Tab. 48 und Abb. 15) stieg in allen Monaten die Temperatur im Damm zum Abend hin an. Nur in den Kontrollparzellen war in jedem Monat um 07:00 Uhr gegenüber den

## Ergebnisse

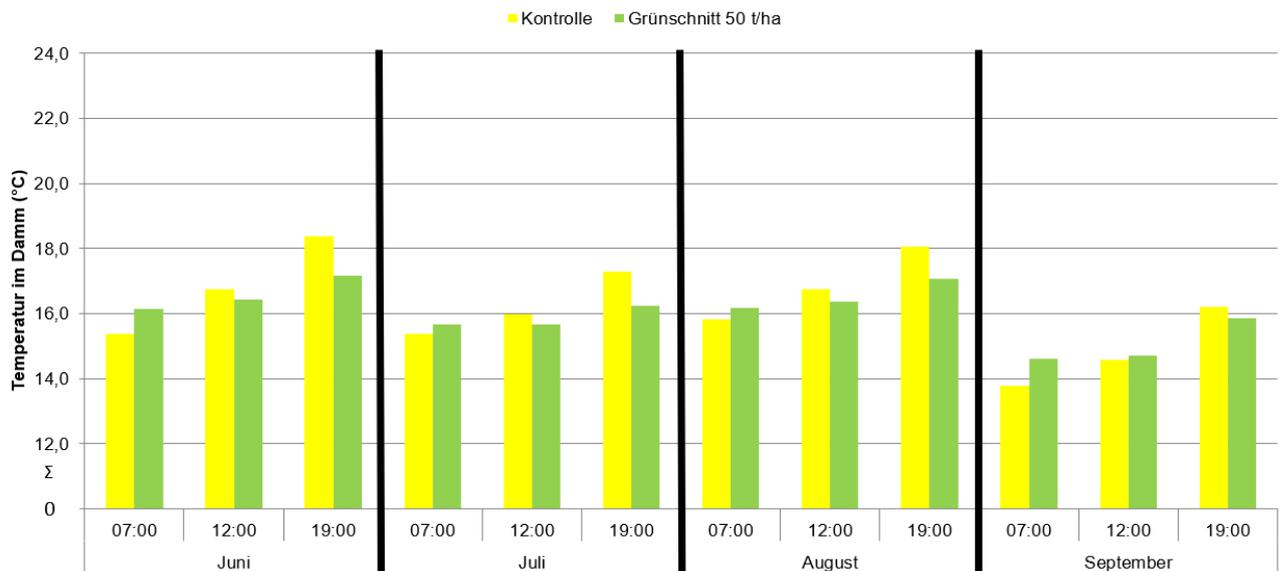
Parzellen mit Grünschnitt 50 t/ha die Temperatur niedriger und um 19:00 Uhr höher. Die Temperaturen im Damm zum jeweiligen Messzeitpunkt lagen von Juni bis August in allen Varianten auf gleichem Niveau. Im September waren die Messwerte zu allen Messzeitpunkten um ca. zwei Grad Celsius niedriger gegenüber den Vormonaten. Die höchste Temperatur im Damm wurde bei der *Kontrolle* im Juli bzw. August bei einer abendlichen Messung mit 22,7 °C gemessen. Die niedrigste Temperatur wies im September die *Kontrolle* mit 10,6 °C bei morgendlichen Messungen auf.

**Tab. 48: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Breiten Bischinger, Standort Moidrams, 2011**

Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>	15,4	16,8	18,4	15,4	16,0	17,3	15,8	16,7	18,1	13,8	14,6	16,2
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>												
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	+0,8	-0,3	-1,2	+0,3	-0,3	-1,0	+0,3	-0,4	-1,0	+0,8	+0,1	-0,3

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

### 2011



Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

**Abb. 15: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Breiten Bischinger, Standort Moidrams, 2011**

Die Temperaturen auf Knollennesttiefe im **Versuchsjahr 2012** (Tab. 49) lagen um 07:00 Uhr bei der *Kontrolle* um ca. ein Grad Celsius niedriger als bei Abdeckung mit Grünschnitt 10 t/ha. Zu Mittag war die Temperatur in den Dämmen der beiden Varianten gleich. Bei den Messungen um 19:00 Uhr war die Temperatur im Damm der Variante *Kontrolle* im Vergleich zu den abgedeckten Dämmen um 0,5 bis 0,8 °C höher – ausgenommen im September, bei nahezu gleicher Temperatur. Im Monatsvergleich waren die Temperaturen im Damm zum jeweiligen Messzeitpunkt

## Ergebnisse

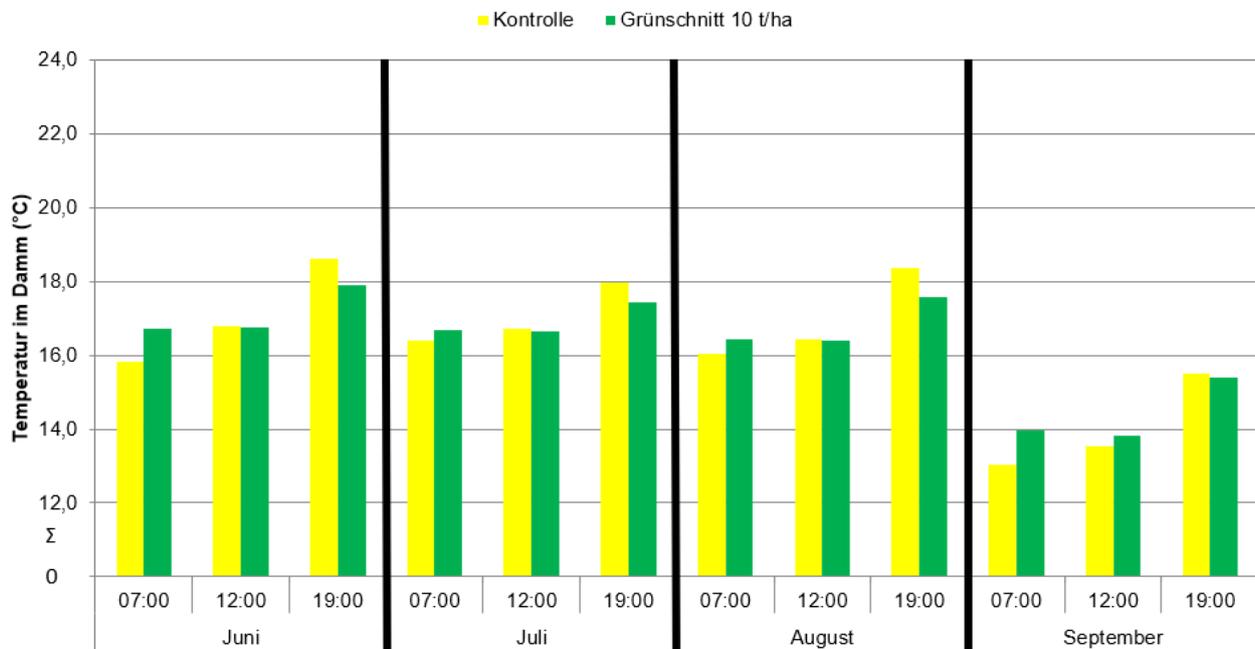
in den Monaten Juni bis August für die jeweilige Variante ausgeglichen im Gegensatz zu September (Abb. 16). Mit 22,6 °C wurde die höchste Dammtemperatur bei der *Kontrolle* bei den Messungen um 19:00 Uhr im Juli festgestellt. Die niedrigste Temperatur gab es mit 9,1 °C bei den Messungen um 07:00 Uhr im September bei der Variante *Kontrolle*.

**Tab. 49: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**

Monat Zeitpunkt	Juni			Juli			August			September		
	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>	15,8	16,8	18,6	16,4	16,7	18,0	16,0	16,4	18,4	13,0	13,5	15,5
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>												
<b>Grünschnitt 10 t/ha</b>	+0,9	-0,1	-0,7	+0,3	-0,0	-0,5	+0,4	-0,0	-0,8	+0,9	+0,3	-0,1

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

**2012**



Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit

**Abb. 16: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**

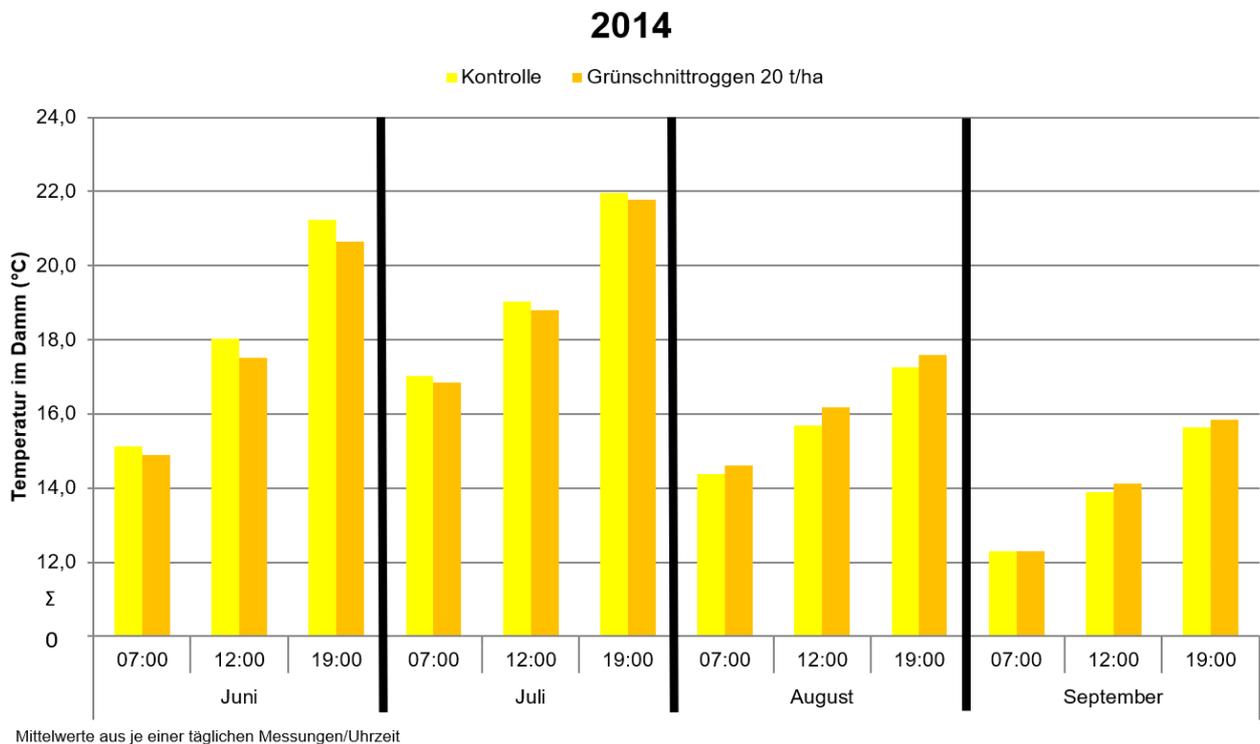
Im **Versuchsjahr 2014** (Abb. 17) stiegen die Temperaturen im Damm bei beiden Varianten in allen Monaten von den Messungen am Morgen zu jenen am Abend hin an. Mit 0,2 bis 0,6 °C lag die Variante *Grünschnittroggen 20 t/ha* in den Monaten Juni und Juli zu jedem Messzeitpunkt unter und im August und September über der *Kontrolle* (Tab. 50). Die höchste Temperatur im Damm erzielten beide Varianten am Abend im Juli mit 28,6 °C. Die niedrigste Temperatur im Damm mit 6,1 °C wurde bei beiden Varianten im September am Morgen gemessen.

## Ergebnisse

**Tab. 50: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**

Variante	Monat	Juni			Juli			August			September		
	Zeitpunkt	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00	07:00	12:00	19:00
<b>Kontrolle (absolut)</b>		15,1	18,0	21,3	17,0	19,0	22,0	14,4	15,7	17,3	12,3	13,9	15,6
<b>Temperaturabweichung<sup>1)</sup> absolut (°C) von <i>Kontrolle</i></b>													
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>		-0,2	-0,5	-0,6	-0,2	-0,2	-0,2	+0,2	+0,5	+0,3	0,0	+0,3	+0,2

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus je einer täglichen Messung/Uhrzeit



**Abb. 17: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur *Kontrolle* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**

## 6.2.4 Dammstabilität

### 6.2.4.1 Dammprofil auf Basis manueller Dammvermessung

Die Dammprofilveränderung zwischen *Kontrolle* und *Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha* für das **Versuchsjahr 2012** ergab – wie auch am Versuchsschlag Stüxenhof (Standort Tautendorf) – eine stärkere Verflachung der Dammfurche bei der *Kontrolle* im Vergleich zu den Dämmen mit Abdeckmaterial. Die Werte des Abstands der Messlehre zur Dammfurche waren zwischen den Varianten bei jeder Lage der Messlehre signifikant verschieden (Tab. 51).

## Ergebnisse

**Tab. 51: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**

Länge Messlehre \ Variante	75 cm		50 cm		35 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm	
	Abstand der Messlehre <sup>1)</sup> zur Dammfurche in cm													
<b>Kontrolle</b>	20,1	b	14,4	b	8,6	b	4,3	b	2,1	b	0,6	b	0,0	b
<b>Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha</b>	22,5	a	16,7	a	11,1	a	7,0	a	4,8	a	2,9	a	1,1	a

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und sieben Messungen je Variante  
Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

Im **Vegetationsjahr 2014** ergab das Dammprofil der Variante *Kontrolle* im Vergleich zu den Dämmen mit einer Abdeckung Grünschnittroggen 20 t/ha ein beinahe gleiches Bild. Die Messwerte waren statistisch nicht verschieden (Tab. 52).

**Tab. 52: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**

Länge Messlehre \ Variante	75 cm		50 cm		35 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm	
	Abstand der Messlehre <sup>1)</sup> zur Dammfurche in cm													
<b>Kontrolle</b>	27,9	a	23,9	a	17,4	a	11,7	a	8,8	a	5,9	a	2,7	a
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	27,4	a	23,3	a	17,0	a	11,8	a	8,9	a	5,6	a	2,0	a

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und fünf Messungen je Variante  
Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

### 6.2.4.2 Dammquerschnittsfläche auf Basis manueller Dammvermessung

Die Dammquerschnittsfläche zu Vegetationsende 2012 war bei abgedeckten Dämmen mit Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha um ca. 23 % größer gegenüber der *Kontrolle* (Tab. 53). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen des Versuchsschlags Stüxenhof (Standort Tautendorf) im Jahr 2012 für die Variante *Kontrolle* und *Grünschnitt 25 t/ha*. Durch die geänderte Schareinstellung ergaben sich erwartungsgemäß im Jahr 2014 höhere Dammquerschnittsflächen. Die Dammquerschnittsflächen zu Vegetationsende der Varianten *Kontrolle* und *Grünschnittroggen 20 t/ha* waren gleich.

**Tab. 53: Berechnete mittlere Dammquerschnittsflächen (dm<sup>2</sup>) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2012 und 2014**

Variante	2012 Vegetationsende Dammquerschnittsfläche <sup>1)</sup> (dm <sup>2</sup> )	2014 Vegetationsende Dammquerschnittsfläche <sup>1)</sup> (dm <sup>2</sup> )
<b>Kontrolle</b>	6,9	12,3
<b>Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha</b>	8,5	n.b.
<b>Grünschnittroggen 20 t/ha</b>	n.b.	12,0

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und sieben (2012) bzw. fünf (2014) Messungen je Variante  
n.b. = nicht bestimmt

## 6.2.5 Ertrag und Qualität bei Stärkeindustriekartoffeln

Die Auswertung erfolgte zusammenfassend – wie im Kapitel 5.2.5 beschrieben – über alle Versuchsjahre - ohne das Erntejahr 2013, da der Kartoffelbestand durch ein Hagelunwetter stark beschädigt wurde.

### 6.2.5.1 Knollenertrag

Die Höhe des Knollenertrags wurde nur durch den Faktor Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) signifikant beeinflusst (Tab. 54). Im Vergleich zur *Kontrolle* erzielte die Variante *Grünschnitt/-roggen* einen um ca. 14 % höheren Knollenertrag. Zwischen den Versuchsjahren gab es im Knollenertrag keinen statistischen Unterschied.

**Tab. 54: Knollenertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014**

Knollenertrag (t/ha) - 2011, 2012 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	46,1	a	2011	52,2	a
	Grünschnitt/-roggen	52,5	b	2012	44,7	a
				2014	51,1	a
	Versuchsmittel	48,6				
	LSD Variante	4,7				
	Versuchsbonität %	9,7				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* <0,01; \*\*\*<0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

### 6.2.5.2 Stärkegehalt in den Knollen

Weder der Faktor Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) noch der Faktor Jahr übten einen signifikanten Einfluss auf den Stärkegehalt der Knollen aus. Die Stärkegehalte der Knollen waren zwischen den unterschiedlichen Varianten nicht signifikant verschieden. Die Unterschiede im Stärkegehalt der Knollen betrug 0,1 % absolut. Trotz fehlender statistischer Unterscheidung war im Versuchsjahr 2014 der Stärkegehalt am niedrigsten und im Versuchsjahr 2012 am höchsten (Tab. 55) – der Unterschied betrug 2,7 % (absolut).

## Ergebnisse

**Tab. 55: Stärkegehalt (%) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014**

Stärkegehalt (%) - 2011, 2012 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	n.s.				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	20,9	a	2011	21,3	a
	Grünschnitt/-roggen	20,8	a	2012	22,0	a
				2014	19,3	a
	Versuchsmittel	21,2				
	LSD Variante	1,6				
	Versuchsbonität %	7,5				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
LSD = Least Significant Difference

### 6.2.5.3 Stärkeertrag

Der Stärkeertrag (Tab. 56) war in der Variante *Grünschnitt/-roggen* um ca. 14 % höher als bei der Variante *Kontrolle*. Der Stärkeertrag deckt sich mit den Ergebnissen des Knollenertrags: Der höchste Stärkeertrag wurde im Jahr 2011 erzielt.

**Tab. 56: Stärkeertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014**

Stärkeertrag (t/ha) - 2011, 2012 und 2014					
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>
	Kontrolle	9,6		2011	11,1
	Grünschnitt/-roggen	10,9		2012	9,8
				2014	9,9

### 6.2.5.4 Ausgewählte Qualitätskriterien bei Stärkeindustriekartoffeln

#### 6.2.5.4.1 Fraßstellen an den Knollen

Die abgedeckten Varianten wiesen an den Knollen gegenüber der *Kontrolle* ein gleich hohes Ausmaß an Fraßstellen an den Knollen auf (Tab. 57). Sie unterschieden sich um nur 0,4 Prozent (absolut) und waren statistisch nicht verschieden. Der Anteil von Fraßstellen an den Knollen stand in alleiniger Abhängigkeit vom Faktor Jahr. Die Versuchsjahre unterschieden sich im Jahr 2014 mit 0,0 % Fraßstellen zu 8,5 % im Jahr 2011 - wobei sich das Jahr 2011 signifikant von den Jahren 2012 und 2014 abhob.

**Tab. 57: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014**

Fraßstellen (%) - 2011, 2012 und 2014						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	**				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>%</b>		<b>Jahr</b>	<b>%</b>	
	Kontrolle	3,3	a	2011	8,5	b
	Grünschnitt/-roggen	3,7	a	2012	2,1	a
				2014	0,0	a

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

## 6.3 Winterweizen als Nachfrucht am Versuchsstandort Tautendorf

### 6.3.1 Verhalten der Abdeckmaterialien unter der Nachfrucht Winterweizen

In keinem der Versuchsjahre kam es durch das verbliebene Abdeckmaterial nach der Kartoffelernte zu einer Beeinträchtigung des Aussaatvorgangs des nachfolgenden Winterweizens. Dies entsprach in allen Varianten und allen Versuchsjahren der Boniturstufe *nicht* in Bezug auf die Beobachtung *Stauen des Abdeckmaterials bei den Säscharen*. Weiters entsprach in allen Varianten und Jahren die Bedeckung der Samen mit Erde dem theoretischen Soll und somit der Boniturstufe *mittel*.

In jedem Frühjahr – wie in Abb. 18 für das Versuchsjahr 2014 dargestellt – zeigten sich nach den Varianten *Grünschnitt 25 t/ha* und *Klee 25 t/ha* nur wenige Residuen der Abdeckungen. Jedoch waren unter Winterweizen in den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* (2011 – 2014), *Heu 20 t/ha* (2011), *Heu 10 t/ha* (2012 – 2014), *Klee 50 t/ha* (2011) und *Grünschnittroggen 25 t/ha* (2013 – 2014) Pflanzenreste des jeweiligen Abdeckmaterials deutlich erkennbar.

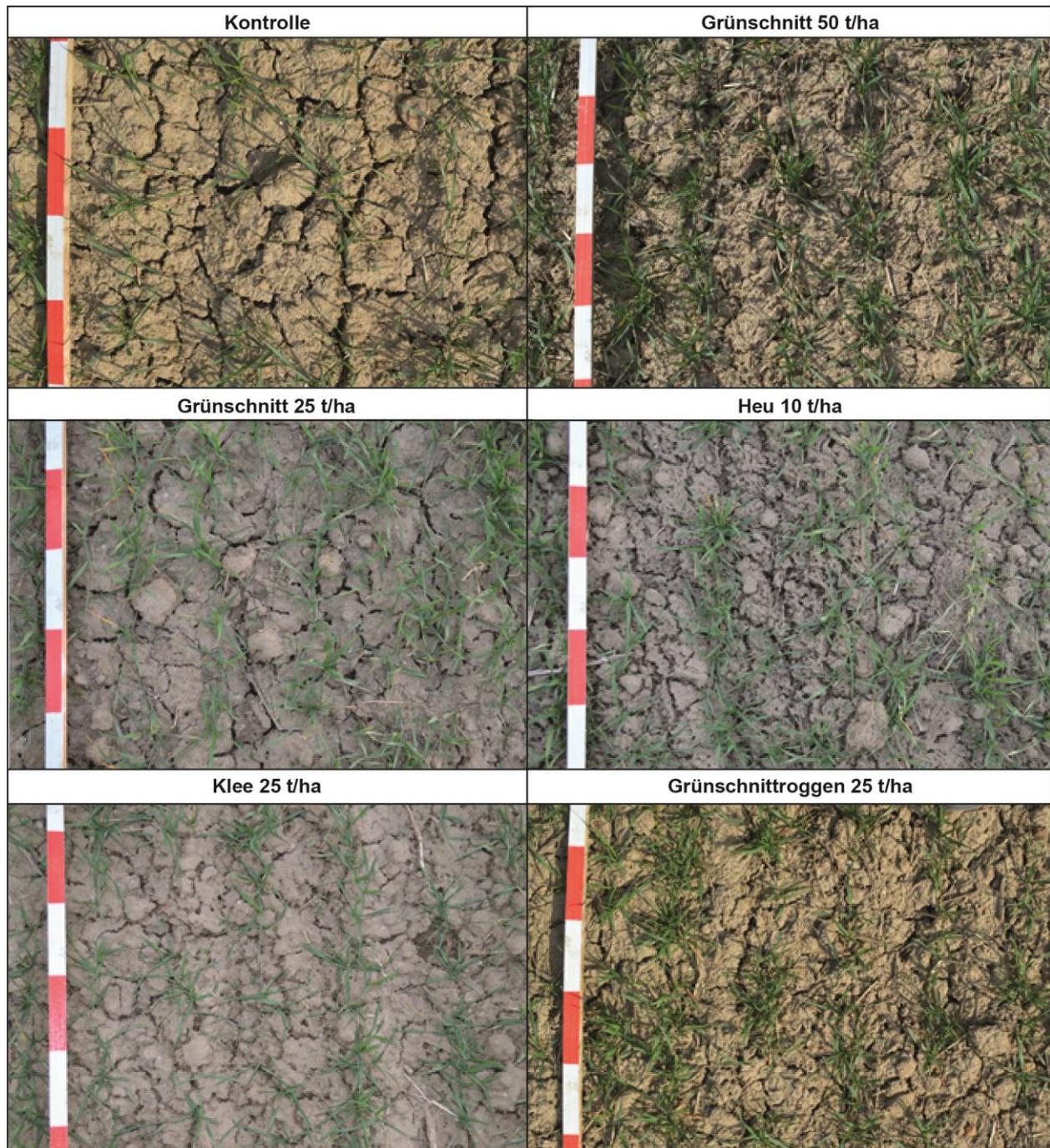


Abb. 18: Verhalten der Abdeckmaterialien aus dem Vorjahr im Weizenbestand, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 22. März 2014

### 6.3.2 Wachstumsverlauf und Bestandsentwicklung

In den **Versuchsjahren 2012 bis 2014** kam es auf allen Parzellen zu einer kontinuierlichen, standortbezogenen praxisüblichen Bestandsentwicklung des Winterweizens. Weder beim Aufgang noch im weiteren Wachstums- und Vegetationsverlauf kam es zu Fehlstellen. Im Versuchsjahr **2015** kam es in den Weizenparzellen nach vorjähriger Abdeckung mit Klee 25 t/ha, beginnend mit dem Auflaufen des Winterweizens, im Vergleich zu den anderen Varianten, zu einer schweren Beeinträchtigung (Abb. 19). Der lückige Bestand in den Parzellen der Variante *Klee 25 t/ha* grenzte

sich jeweils sehr scharf zu den benachbarten Parzellen (Varianten) ab. Der lückige Weizenbestand auf den Parzellen *Klee 25 t/ha* im Jahr 2015 musste aus den Auswertungen genommen werden.



**Abb. 19: Weizenbestand nach vorjähriger Abdeckung Klee 25 t/ha, 1. WH (Foto links) und Grünschnitt 25 t/ha, 2. WH (Foto rechts), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 28. Juli 2015**

### 6.3.3 Ertragsbildung bei Winterweizen, Kleinparzellen

Ausschließlich bei der größten Datendichte in der vierjährigen Zusammenfassung (2012 bis 2015) ergab der Faktor Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) einen statistischen Einfluss auf die Messwerte mittels **N-Tester** (Tab. 58 bis Tab. 60). Die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* wies mit einem Messwert von 587 (Aufdüngungsbedarf von 40 kg N/ha) den höchsten Wert auf und war gegenüber allen Varianten signifikant verschieden – die übrigen Varianten erzielten einen um ca. 5 bis 8 % geringeren Messwert und somit einen um 10 kg N/ha höheren Aufdüngungsbedarf.

Die Messwerte mittels N-Tester zeigten in der vier-, drei- und zweijährigen Zusammenfassung einen signifikanten Einfluss durch den Faktor Jahr. Im vierjährigen Vergleich (2012 bis 2015) erzielte das Versuchsjahr 2014 mit einem Messwert von 655 (Aufdüngungsbedarf 30 kg N/ha) den höchsten Wert und war signifikant verschieden zu allen anderen Versuchsjahren. Das Jahr 2015 ergab einen um 100 Einheiten geringeren Wert und war statistisch verschieden zu den übrigen Jahren. Mit einem Messwert von ca. 500 (Aufdüngungsbedarf 60 kg N/ha) erzielten die Jahre 2012 und 2013 den geringsten Wert und waren statistisch nicht verschieden. In der drei- und zweijährigen Zusammenstellung der Ergebnisse des N-Testers waren alle Versuchsjahre voneinander statistisch verschieden.

Die **Anzahl ährentragender Halme/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) wurde in keiner Zusammenfassung über die Jahre vom Faktor Variante (= Dammapdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) beeinflusst und betrug in der vierjährigen Zusammenfassung im Mittel der Varianten 528 Halme/m<sup>2</sup>. Der Einfluss des Faktors Jahr stieg mit Zusammenführung der Versuchsjahre von *nicht zu hoch signifikant*. In der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre hatte das Jahr 2013

## Ergebnisse

(n = 652) die höchste Anzahl an ährentragenden Halmen/m<sup>2</sup> und war gegenüber den anderen Jahren, welche ca. 480 ährentragende Halme/m<sup>2</sup> auswiesen, signifikant verschieden.

Die **Halmlänge** (Tab. 58 bis Tab. 60) wurde ausschließlich in der Zusammenführung der vierjährigen Ergebnisse signifikant durch den Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) beeinflusst. Alle Varianten waren signifikant verschieden, außer die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* war weder von der Variante *Heu 20 bzw. 10 t/ha* noch von der Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* signifikant unterschiedlich. Die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* wies mit 81 cm die höchste und die Variante *Kontrolle* mit 76 cm die niedrigste Halmlänge aus.

In allen Zusammenfassungen wurde die Halmlänge signifikant durch den Faktor Jahr beeinflusst. Die höchste Halmlänge wies in der vierjährigen Zusammenfassung das Jahr 2014 mit 86 cm und die niedrigste das Jahr 2015 mit 70 cm auf. Die vier Versuchsjahre waren signifikant verschieden.

Der Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) übte in keiner der Zusammenfassungen über die Jahre signifikante Wirkung auf die **Anzahl voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) aus. Dem gegenüber ist dem Faktor Jahr in allen Zusammenführungen der Versuchsjahre statistisch absicherbarer Einfluss zuzuordnen. In der Auswertung über vier Jahre wies das Jahr 2013 mit n = 512 die höchste Anzahl an voll ausgebildeten Ähren/m<sup>2</sup> aus. Dem gegenübergestellt wies das Jahr 2012 die niedrigste Anzahl an voll ausgebildeten Ähren/m<sup>2</sup> auf – dies entspricht ca. 2/3 des Werts von 2014 (n = 436).

Das unterschiedliche Dammbdeckmaterial beeinflusste weder in der Zusammenfassung der vier, noch der drei oder der zwei Versuchsjahre signifikant die **Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) – diese betrug im vierjährigen Vergleich je Variante im Mittel ca. 120 Ähren. Der Faktor Jahr hatte einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup> in allen drei Zusammenführungen der Jahre. In der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre hatte das Jahr 2014 mit 44 Stück die niedrigste Anzahl an nicht voll ausgebildeten Ähren/m<sup>2</sup> und war gegenüber 2012 und 2013 signifikant verschieden. Mit 200 nicht voll ausgebildeten Ähren/m<sup>2</sup> wies das Jahr 2012 die höchste Anzahl auf und war zu den Jahren 2014 und 2015 signifikant verschieden.

Das **Gewicht der oberirdischen Weizengesamtpflanze/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) wurde ausschließlich in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre durch den Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) signifikant beeinflusst. Die *Kontrolle* grenzte sich mit 2.176 g/m<sup>2</sup> signifikant zu allen anderen Varianten ab. Das Gewicht der oberirdischen Weizengesamtpflanze lag bei den abgedeckten Varianten um ca. 10 % höher gegenüber der Variante *Kontrolle*. Der Einfluss des Jahrs war in der vier-, drei- und zweijährigen Auswertung

## Ergebnisse

signifikant. Das Gewicht der oberirdischen Weizengesamtpflanze war in den Jahren 2012 bis 2015 statistisch gesichert unterschiedlich hoch.

Der Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) hatte in keiner Zusammenfassung über die Jahre auf das **Gewicht an Stroh/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) einen signifikanten Einfluss und lag zwischen 1.304 g/m<sup>2</sup> bei der *Kontrolle* und 1.476 g/m<sup>2</sup> bei der Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha*. Ausschließlich in den Zusammenfassungen der Jahre 2012 bis 2015 und 2013 bis 2015 beeinflusste der Faktor Jahr das Gewicht an Stroh/m<sup>2</sup> signifikant. In der vierjährigen Zusammenfassung waren die Jahre 2012 und 2013 sowie die Jahre 2014 und 2015 nicht signifikant unterschiedlich.

Das **Gewicht an Ähren/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) wurde nur in Zusammenfassung der Ergebnisse von 2012 bis 2015 vom Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) signifikant beeinflusst. Mit 872 g war die Variante *Kontrolle* signifikant verschieden zu den anderen Varianten, welche ein Gewicht an Ähren/m<sup>2</sup> von ca. 1.000 g aufwiesen. Der Faktor Jahr hatte in allen Zusammenführungen über die Jahre einen signifikanten Einfluss auf das Gewicht an Ähren. In der vierjährigen Auswertung waren die einzelnen Versuchsjahre voneinander statistisch verschieden. Das Jahr 2012 wies mit 496 g das niedrigste und das Jahr 2014 mit 1.308 g das höchste Gewicht an Ähren/m<sup>2</sup> aus.

Der Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) beeinflusste ausschließlich in der Zusammenfassung der Jahre von 2012 bis 2015 signifikant das **Gewicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60). Die *Kontrolle* war mit 784 g signifikant verschieden von den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha*, welche um ca. 110 g höher waren. Die Variante *Heu 20 bzw. 10 t/ha* war statistisch von keiner Variante unterschiedlich. Der Faktor Jahr übte in allen Zusammenführungen der Jahre einen signifikanten Einfluss auf das Gewicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup> aus. Sowohl in der Zusammenfassung der vier/drei/zwei Versuchsjahren waren die Jahre zueinander signifikant verschieden.

Das **Gewicht nicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup>** (Tab. 58 bis Tab. 60) wurde in keiner Zusammenfassung der Jahre vom Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln), sondern nur vom Faktor Jahr bestimmt. Im vierjährigen Vergleich lag das Gewicht an nicht voll ausgebildeten Ähren/m<sup>2</sup> bei ca. 100 g. Zwischen den Jahren 2012, 2013 und 2014 war das Gewicht mit ca. 80 g nicht signifikant verschieden. Das Jahr 2015 war mit 140 g signifikant verschieden von allen anderen Jahren.

Tab. 58: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr  
Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015

2012, 2013, 2014 und 2015																				
Messwert N-Tester	Anzahl ährentragender Halme/m <sup>2</sup>		Halmlänge (cm)		Anzahl voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Gewicht oberirdischer Weizengsam- pflanze/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht Stroh/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht Ähren <sup>1)/m<sup>2</sup> (g)</sup>		Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)/m<sup>2</sup> (g)</sup>		Gewicht nicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)/m<sup>2</sup> (g)</sup>			
	Variante	***	Variante	n.s.	Variante	**	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	*	Variante	*	Variante	*	Variante	n.s.		
LSD	20,7	40,0	LSD	2,5	LSD	42,0	LSD	38,8	LSD	184,0	LSD	130,8	LSD	84,4	LSD	84	LSD	28,0		
MW	556	528	MW	79,8	MW	408	MW	120	MW	2.344	MW	1.388	MW	964	MW	864	MW	92		
VB %	3,7	7,6	VB %	3,1	VB %	10,3	VB %	32,3	VB %	7,8	VB %	9,4	VB %	8,8	VB %	9,7	VB %	30,4		
<b>Mittelwerte</b>																				
Kontrolle	542	b	496	a	76	c	372	a	124	a	2.176	b	1.304	a	872	b	784	b	88	a
Grünschnitt 50 t/ha	559	b	516	a	79	ab	404	a	112	a	2.388	a	1.412	a	976	a	884	a	92	a
Heu 20 bzw. 10 t/ha	542	b	532	a	79	b	392	a	136	a	2.360	a	1.408	a	964	a	856	ab	108	a
Klee 50 bzw. 25 t/ha	587	a	540	a	81	a	428	a	112	a	2.488	a	1.476	a	1.016	a	912	a	104	a
<b>Mittelwerte</b>																				
Jahr	***	Jahr	***	Jahr	***	Jahr	***	Jahr	**	Jahr	***	Jahr	***	Jahr	***	Jahr	***	Jahr	*	
2012	519	c	480	b	78	c	280	d	200	a	1.192	d	696	b	496	d	416	d	80	b
2013	500	c	652	a	82	b	512	a	140	ab	1.652	c	765	b	896	c	812	c	84	b
2014	655	a	480	b	86	a	436	b	44	c	3.412	a	2.104	a	1.308	a	1.220	a	84	b
2015	556	b	464	b	70	d	364	c	100	bc	3.160	b	2.044	a	1.128	b	988	b	140	a

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
1) inkl. Spindel  
LSD = Least Significant Difference  
MW = Mittelwert  
VB = Versuchsbonität

Tab. 59: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr  
Versuchsstandort Tautendorf, 2013 bis 2015

2013, 2014 und 2015																				
Messwert N-Tester	Anzahl ährentragender Halme/m <sup>2</sup>		Halmlänge (cm)		Anzahl voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Gewicht oberirdischer Weizengsam- pflanze/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht Stroh/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)		Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)		Gewicht nicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)			
	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.	Variante	n.s.
LSD	101,2	52,0	2,4	48,4	40,0	221,2	174,4	110,0	109,6	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
MW	572	536	78,9	432	89	2.732	1.620	1.109	1.015	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
VB %	17,7	9,7	3,0	11,2	44,7	8,1	10,8	9,9	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
<b>Mittelwerte</b>																				
<b>Kontrolle</b>	559	a	512	a	77,0	a	420	a	92	a	2.568	a	1.532	a	1.032	a	944	a	88	a
<b>Grünschnitt 50 /ha</b>	576	a	528	a	79,9	a	440	a	88	a	2.800	a	1.668	a	1.136	a	1.040	a	96	a
<b>Grünschnitt 25 /ha</b>	577	a	516	a	78,9	a	444	a	72	a	2.784	a	1.652	a	1.132	a	1.044	a	88	a
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>	558	a	540	a	79,4	a	440	a	100	a	2.748	a	1.620	a	1.128	a	1.016	a	112	a
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>	586	a	552	a	79,4	a	444	a	108	a	2.836	a	1.680	a	1.156	a	1.040	a	116	a
<b>Mittelwerte</b>																				
<b>Jahr</b>	496	c	648	a	82,4	b	516	a	132	a	1.652	c	760	b	892	c	812	c	76	b
<b>2013</b>	657	a	476	b	85,5	a	432	b	44	b	3.420	a	2.124	a	1.300	a	1.212	a	84	b
<b>2014</b>	561	b	468	b	68,9	c	368	c	100	ab	3.172	b	2.008	a	1.160	b	1.024	b	140	a
<b>2015</b>																				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
<sup>1)</sup> inkl. Spindel  
LSD = Least Significant Difference  
MW = Mittelwert  
VB = Versuchsbonität

Tab. 60: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr  
Versuchsstandort Tautendorf, 2014 bis 2015

		2014 und 2015																		
Messwert N-Tester	n.s.	Anzahl ährentregender Halme/m <sup>2</sup>		Halmlänge (cm)		Anzahl voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Anzahl nicht voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup>		Gewicht oberirdischer Weizengesamt- pflanze/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht Stroh/m <sup>2</sup> (g)		Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)		Gewicht nicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)				
		Variante	Jahr	n.s.	Variante	Jahr	n.s.	Variante	Jahr	n.s.	Variante	Jahr	n.s.	Variante	Jahr	n.s.	Variante	Jahr		
LSD	30,7	LSD	70,8	n.s.	LSD	3,8	LSD	56,8	n.s.	LSD	330,0	LSD	268,4	n.s.	LSD	155,6	LSD	148,0		
MW	611	MW	471	n.s.	MW	78,2	MW	396	n.s.	MW	3.276	MW	2.067	n.s.	MW	1.224	MW	1.120		
VB %	5,0	VB %	15,0	n.s.	VB %	4,9	VB %	14,3	n.s.	VB %	10,1	VB %	13,0	n.s.	VB %	12,7	VB %	13,2		
<b>Mittelwerte</b>																				
Kontrolle	591	a	452	a	75,4	a	396	a	56	a	3.096	a	1.952	a	1.144	a	1.060	a	84	a
Grünschnitt 50 t/ha	615	a	480	a	78,6	a	404	a	72	a	3.376	a	2.120	a	1.256	a	1.144	a	112	a
Grünschnitt 25 t/ha	626	a	464	a	76,7	a	404	a	60	a	3.352	a	2.092	a	1.264	a	1.160	a	104	a
Heu 20 bzw. 10 t/ha	588	a	476	a	78,0	a	388	a	88	a	3.396	a	2.068	a	1.228	a	1.096	a	132	a
Klee 50 bzw. 25 t/ha	623	a	484	a	77,0	a	404	a	80	a	3.324	a	2.072	a	1.252	a	1.128	a	124	a
Grünschnittroggen 25 t/ha	602	a	436	a	75,7	a	356	a	80	a	3.168	a	2.040	a	1.124	a	1.012	a	116	a
<b>Mittelwerte</b>																				
Jahr	***	Jahr	n.s.	***	Jahr	*	Jahr	*	Jahr	**	Jahr	*	Jahr	n.s.	Jahr	*	Jahr	**	Jahr	**
2014	656	a	464	a	85,2	a	420	a	44	b	3.396	a	2.120	a	1.276	a	1.192	a	84	b
2015	558	b	464	a	68,6	b	364	b	100	a	3.140	b	1.992	a	1.148	b	1.008	b	140	a

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.  
1) inkl. Spindel  
LSD = Least Significant Difference  
MW = Mittelwert  
VB = Versuchsbonität

### **6.3.4 Ertrag und Qualität bei Winterweizen, Parzellenernte**

#### **6.3.4.1 Kornertrag**

Mit steigender Anzahl an zusammengeführten Prüfjahren in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre ergab der Faktor Variante (= Dammbdeckmaterial bei Kartoffeln) einen hoch signifikanten Einfluss auf den Kornertrag (Tab. 61). Die Variante *Kontrolle* erzielte den niedrigsten Kornertrag und unterschied sich statistisch von allen anderen Varianten. Die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* ergab den höchsten Kornertrag – um 1,0 t/ha mehr als in den Kontrollparzellen – und unterschied sich statistisch nicht von allen anderen Varianten mit Abdeckung. Die Kornerträge während der vier Versuchsjahre waren in signifikanter Abhängigkeit vom Faktor Jahr. Der Kornertrag im Prüfjahr 2014 war mehr als doppelt so hoch wie jener im Jahr 2012.

## Ergebnisse

**Tab. 61: Kornertrag (t/ha) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

Kornertrag (t/ha) - 2012, 2013, 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	***				
	Jahr	***				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	4,9	b	2012	2,9	c
	Grünschnitt 50 t/ha	5,6	a	2013	5,8	b
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	5,5	a	2014	7,4	a
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	5,9	a	2015	5,7	b
	Versuchsmittel	5,4				
	LSD Variante	0,3				
	Versuchsbonität %	6,2				
Kornertrag (t/ha) - 2013, 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	**				
	Jahr	***				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	5,7	b	2013	5,9	b
	Grünschnitt 50 t/ha	6,5	a	2014	7,4	a
	Grünschnitt 25 t/ha	6,3	a	2015	5,6	b
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	6,5	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	6,5	a			
	Versuchsmittel	6,2				
	LSD Variante	0,4				
	Versuchsbonität %	6,5				
Kornertrag (t/ha) - 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	***				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>t/ha</b>		<b>Jahr</b>	<b>t/ha</b>	
	Kontrolle	5,9	c	2014	7,4	a
	Grünschnitt 50 t/ha	6,8	a	2015	5,5	b
	Grünschnitt 25 t/ha	6,4	abc			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	6,6	ab			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	6,7	ab			
	Grünschnittroggen 25 t/ha	6,3	bc			
	Versuchsmittel	6,3				
	LSD Variante	0,5				
	Versuchsbonität %	8,6				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> jeweils nur bis 2014

LSD = Least Significant Difference

### 6.3.4.2 Hektolitergewicht

Der Faktor Variante (= Dammschutzmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) hatte ausschließlich in der drei- und vierjährigen Zusammenfassung der Ergebnisse einen signifikanten Einfluss auf das Hektolitergewicht (Tab. 62). Die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* war in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre gegenüber den anderen Varianten nicht signifikant verschieden. Die *Kontrolle*

## Ergebnisse

unterschied sich gegenüber den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 20 bzw. 10 t/ha* signifikant. In allen Zusammenfassungen über die Jahre ergab der Faktor Jahr einen signifikanten Einfluss auf das Hektolitergewicht des Winterweizens. In der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre waren mit ca. 78,5 kg/hl die Jahre 2012 und 2015 statistisch nicht verschieden, jedoch unterschieden sie sich signifikant gegenüber den anderen beiden Jahren (2013 und 2014), welche mit ca. 80,8 kg/hl gleiche Werte erzielten.

**Tab. 62: Hektolitergewicht (kg/hl) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

Hektolitergewicht (kg/hl) - 2012, 2013, 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	***				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>kg/hl</b>		<b>Jahr</b>	<b>kg/hl</b>	
	Kontrolle	78,8	b	2012	78,3	b
	Grünschnitt 50 t/ha	79,9	a	2013	80,6	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	80,0	a	2014	80,9	a
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	79,7	ab	2015	78,6	b
	Versuchsmittel	79,6				
	LSD Variante	0,9				
	Versuchsbonität %	1,1				
Hektolitergewicht (kg/hl) - 2013, 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	*				
	Jahr	**				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>kg/hl</b>		<b>Jahr</b>	<b>kg/hl</b>	
	Kontrolle	79,0	b	2013	80,4	a
	Grünschnitt 50 t/ha	80,5	a	2014	80,9	a
	Grünschnitt 25 t/ha	80,2	a	2015	79,0	b
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	80,7	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	80,1	ab			
	Versuchsmittel	80,1				
	LSD Variante	1,1				
	Versuchsbonität %	1,4				
Hektolitergewicht (kg/hl) - 2014 und 2015						
<b>Signifikanz</b>	Variante	n.s.				
	Jahr	***				
<b>Mittelwerte</b>	<b>Variante</b>	<b>kg/hl</b>		<b>Jahr</b>	<b>kg/hl</b>	
	Kontrolle	75,4	a	2014	85,2	a
	Grünschnitt 50 t/ha	78,6	a	2015	68,6	b
	Grünschnitt 25 t/ha	79,7	a			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	78,0	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	77,0	a			
	Grünschnittrögen 25 t/ha	75,7	a			
	Versuchsmittel	77,4				
	LSD Variante	3,8				
	Versuchsbonität %	4,9				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> jeweils nur bis 2014

LSD = Least Significant Difference

### **6.3.4.3 Proteingehalt**

Weder der Faktor Variante (= Dammbabdeckmaterial bei Stärkeindustriekartoffeln) noch der Faktor Jahr übte in der drei- und in der zweijährigen Zusammenfassung der Jahre einen signifikanten Einfluss auf den Proteingehalt aus (Tab. 63). Der Proteingehalt war sowohl zwischen den Varianten als auch zwischen den Jahren nicht signifikant unterschiedlich.

Bei der Datenverdichtung in der vierjährigen Zusammenfassung ergab sich ausschließlich durch den Faktor Jahr eine signifikante Beeinflussung. Das Versuchsjahr 2012 war gegenüber allen anderen Jahren, welche einen um ca. drei Prozent (absolut) geringeren Proteingehalt aufwiesen, signifikant verschieden.

Ergebnisse

Tab. 63: Proteingehalt (%) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015

Proteingehalt (%) - 2012, 2013, 2014 und 2015						
Signifikanz	Variante	n.s.				
	Jahr	***				
Mittelwerte	Variante	%		Jahr	%	
	Kontrolle	13,2	a	2012	15,7	a
	Grünschnitt 50 t/ha	13,6	a	2013	12,7	b
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	13,6	a	2014	12,7	b
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	13,6	a	2015	12,9	b
	Versuchsmittel	13,4				
	LSD Variante	0,4				
	Versuchsbonität %	3,0				

Proteingehalt (%) - 2013, 2014 und 2015						
Signifikanz	Variante	n.s.				
	Jahr	n.s.				
Mittelwerte	Variante	%		Jahr	%	
	Kontrolle	12,6	a	2013	12,6	a
	Grünschnitt 50 t/ha	12,9	a	2014	12,7	a
	Grünschnitt 25 t/ha	12,8	a	2015	12,9	a
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	12,7	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	12,8	a			
	Versuchsmittel	12,7				
	LSD Variante	0,4				
	Versuchsbonität %	3,2				

Proteingehalt (%) - 2014 und 2015						
Signifikanz	Variante	n.s.				
	Jahr	n.s.				
Mittelwerte	Variante	%		Jahr	%	
	Kontrolle	12,5	a	2014	12,7	a
	Grünschnitt 50 t/ha	13,0	a	2015	13,0	a
	Grünschnitt 25 t/ha	12,9	a			
	Heu 20 bzw. 10 t/ha	12,8	a			
	Klee 50 bzw. 25 t/ha <sup>1)</sup>	12,7	a			
	Grünschnitttroggen 25 t/ha	13,0	a			
	Versuchsmittel	12,9				
	LSD Variante	0,6				
	Versuchsbonität %	4,7				

p-Werte: n.s. > 0,05; \* < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001;

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

<sup>1)</sup> jeweils nur bis 2014

LSD = Least Significant Difference

## 7 Diskussion

Bei den zu erwartenden klimatischen Veränderungen ist eine nachhaltige Pflanzenproduktion mit Erhalt stabiler Erträge bei hoher Rohstoffqualität ein wesentliches Ziel in der Landwirtschaft. Bei der Kartoffelproduktion, sowohl bei Speise- als auch Stärkeindustriekartoffeln, ist aufgrund der Kulturführung in Dämmen der Verhinderung bzw. Verminderung von Bodenabtrag große Bedeutung beizumessen.

Aufgrund fehlender Information in der Praxis und in der Literatur ist zu klären, ob durch eine Dammapdeckung mit unterschiedlichen Materialien, die vor Ort produziert werden oder anfallen, der Kartoffelertrag sowie die Kartoffelqualität positiv beeinflusst – eine Minderung der Stressfaktoren Wassermangel und hohe Temperaturmaxima im Damm – und die Bodenerosion (= Verlust von Wachstumsraum) vermindert oder verhindert werden. Zusätzlich ist die Wirkung des in das System eingebrachten organischen Materials auf die Nachfrucht Winterweizen, im Besonderen auf den Ertrag und auf ausgewählte Qualitätskriterien zu bewerten.

### 7.1 Einfluss der Dammapdeckung auf bodenphysikalische Kennzahlen unter Stärkeindustriekartoffeln

#### 7.1.1 Temperatur im Damm

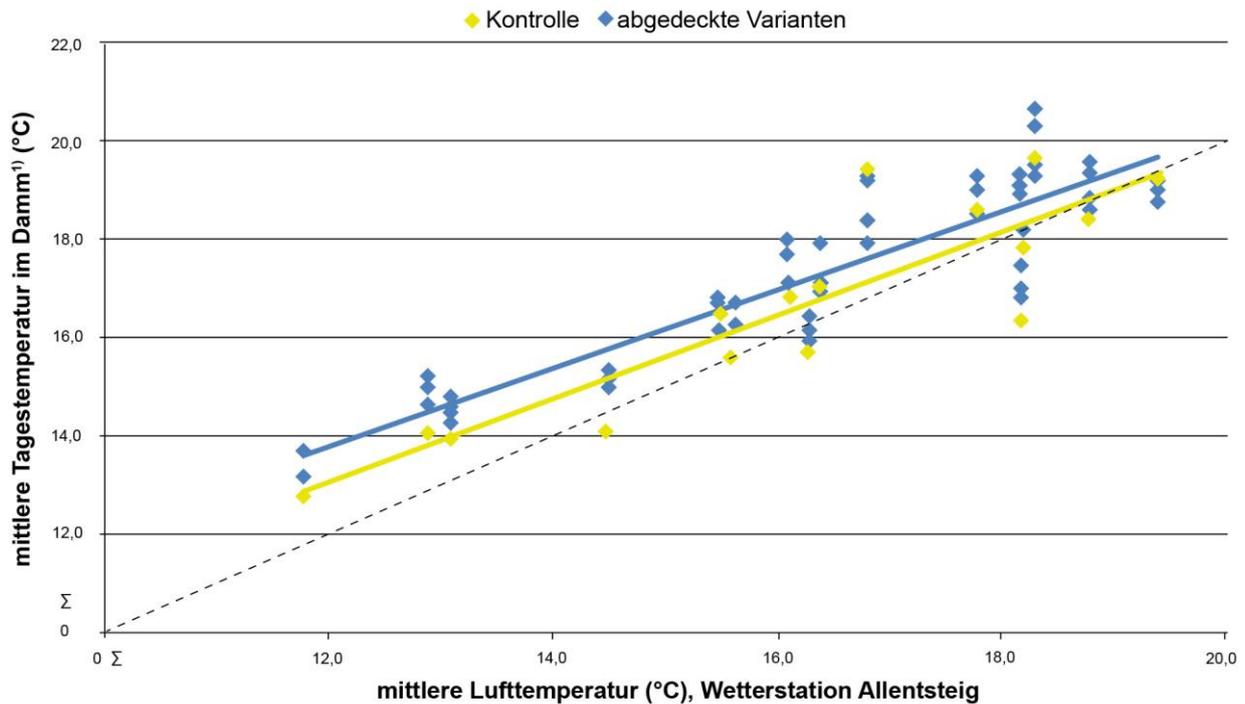
Eine bedeutende bodenphysikalische Kennzahl der Kartoffelproduktion ist die Bodentemperatur im Damm. Durch die Abdeckung von Kartoffeldämmen mit Plastikfolie kann eine um 0,9 bis 3,2 °C höhere Temperatur im Boden erzielt werden (zit. n. HE et al., 2017, S. 2998f). Dieser Effekt wurde auch mit organischen Abdeckmaterialien an den Versuchsstandorten Tautendorf und Moidrams im nahezu gleichen Ausmaß erzielt. Allen Versuchsschlägen an den Standorten Tautendorf und Moidrams ist gemeinsam, dass tendenziell im Mittel der Messungen die Temperatur unter Abdeckung höher war. Die Messungen zur Temperatur im Damm aller Versuchsstandorte zeigten unabhängig von der Variante, dass diese vor allem in den Sommermonaten Juni und Juli zum Abend hin anstieg, während der Nacht jedoch wieder stark abfiel (Abb. 8 bis Abb. 11 und Abb. 15 bis Abb. 17). Diese täglichen Temperaturschwankungen betragen an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf bei den nicht abgedeckten Dämmen in ausgewählten Monatsdurchschnitten bis zu 8,0 °C, in abgedeckten Varianten hingegen nur zwischen 4,5 und 6,0 °C. An den Versuchsschlägen am Standort Moidrams wurde die gleiche Feststellung gemacht (ausgenommen 2014), jedoch auf anderen Niveaus. Die geringeren Temperaturschwankungen unter Dammapdeckung ergaben sich einerseits daraus, dass die Temperatur in den Dämmen mit organischer Abdeckung am Morgen höher war (vor allem in den Herbstmonaten), andererseits im Sommer (vor allem im Juni) die Dammtemperatur zum Abend hin weniger stark anstieg. Diese Effekte können zum einen auf die isolierende Wirkung der Auflageschicht und zum anderen auf das reduzierte Rückstrahlungsvermögen (Albedo) – abhängig von Farbe und Beschaffenheit der Abdeckmaterialien – zurückgeführt

## Diskussion

werden. Nach SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL (2010, S. 257) hat ein Boden ein Rückstrahlungsvermögen zwischen 5 und 60 %, jenes einer Mulchauflage in naturähnlichen Farben ist mit bis zu maximal 25 % begrenzt. Auch GIRTON et SINGH (1974, S. 33) zeigen, dass in Indien bei einer Abdeckung der Kartoffeldämme mit Schilfrohr und Perlenhirsestroh die Temperaturmaxima im Damm (Messtiefe 10 cm) gegenüber nicht abgedeckten Varianten bei den Herbstmessungen um 1,5 °C und bei den Frühjahrmessungen um 3,5 °C niedriger waren. Diese Reduktion der Temperaturmaxima im Damm wurde auch an den Versuchsschlägen an den Standorten Tautendorf und Moidrams (ausgenommen Moidrams 2014) unter Verwendung von in Europa beheimateten Nutzpflanzen zur Dammapdeckung erreicht. Weiters berichten GIRTON et SINGH (1974, S. 33), dass eine Abdeckung der Kartoffeldämme mit Plastikfolie sowohl die Temperaturmaxima als auch die Temperaturminima im Vergleich zu unbedeckten Dämmen anhebt. In der vorliegenden Arbeit erzielten Dämme durch die Abdeckung mit organischem Abdeckmaterial gegenüber der *Kontrolle* ebenfalls höhere Temperaturminima, jedoch konnte keine Erhöhung der Temperaturmaxima gemessen werden.

In den Versuchsjahren 2011 bis 2014 lagen am Versuchsstandort Tautendorf die mittleren Tagestemperaturen im Damm unter Abdeckung über jenen der *Kontrolle* (Abb. 20). Mit steigenden Außentemperaturen glich sich im Damm die mittlere Tagestemperatur der *Kontrolle* jenen der abgedeckten Varianten an. Der Schnittpunkt der Geraden wäre bei 23,9 °C Lufttemperatur bzw. 23,3 °C Temperatur im Damm anzunehmen. Aus dieser Näherung ergibt sich, dass sich ab einer Lufttemperatur von ca. 24,0 °C die nicht abgedeckten Dämme gegenüber den abgedeckten Varianten stärker erwärmen und folglich früher eine Bodentemperatur von mehr als 30,0 °C erreichen. Dieser Wert wird als für das Knollenwachstum kritisch eingestuft (zit. n. LI et al., 2018 a, S. 56).

## Diskussion

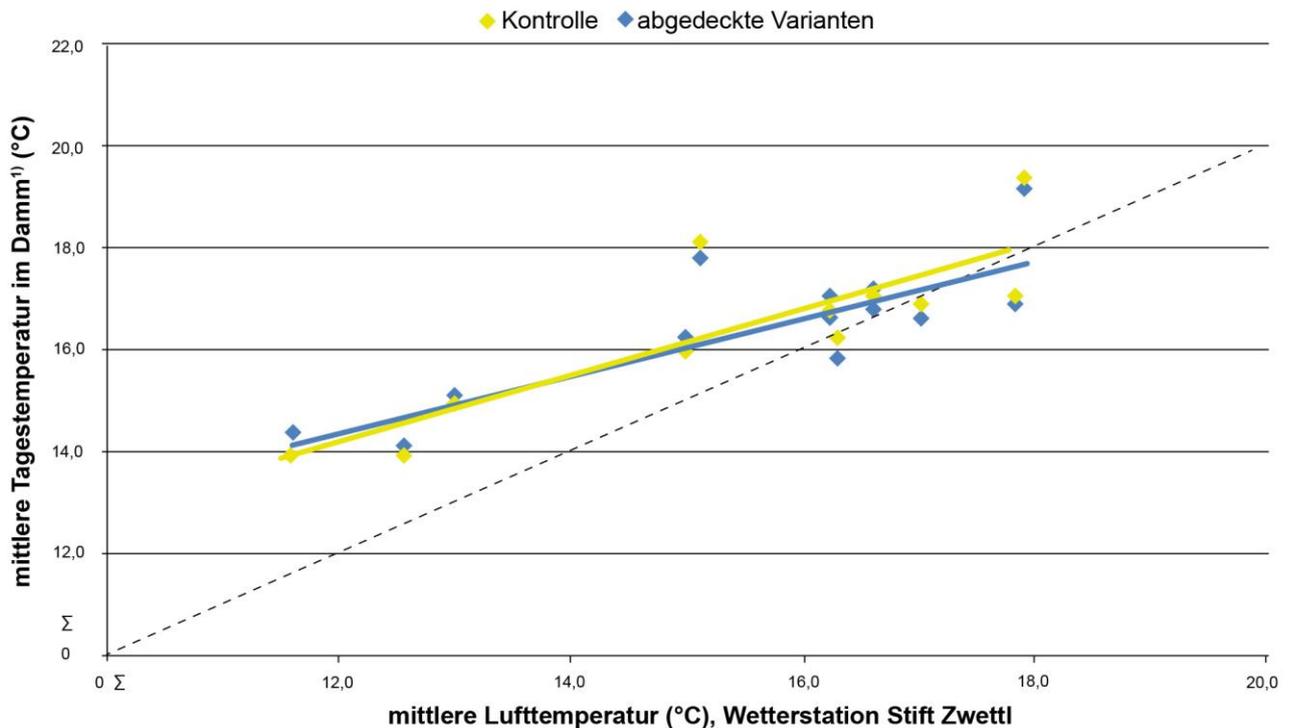


<sup>1)</sup>Mittelwerte aus täglichen Messungen um 7h, 12h und 19h

**Abb. 20: Vergleich mittlerer Tagestemperatur im Damm (°C) in der *Kontrolle* und den abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln zur mittleren Lufttemperatur (°C), Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

An den Versuchsschlägen am Standort Moidrams hingegen lag der Schnittpunkt der *Kontrolle* und der abgedeckten Varianten bei 14,8 °C Lufttemperatur und 16,0 °C Temperatur im Damm und somit deutlich niedriger (Abb. 21) als an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf (Abb. 20). Der zwischen den Standorten ermittelte Unterschied lässt sich durch die unterschiedliche Bedeckungsintensität der Dämme begründen, welche sich aus der Ausbringungstechnik ergab. Die manuelle Ausbringung der Abdeckmaterialien an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf ergab eine gezielte und gleichmäßige Platzierung des organischen Materials über die gesamte Dammfläche. Die mechanische Ausbringung von Abdeckmaterial mittels Kompoststreuer (Versuchsstandort Moidrams) führte zu weniger guter Verteilung. Es zeigte sich, dass bereits bei der Ausbringung die Dammrücken tendenziell mit wenig Material bedeckt waren und es hingegen zu Materialansammlungen in der Dammfurche kam. Es ist davon auszugehen, dass die weniger gute Verteilung Ursache der – zwischen den unterschiedlichen Ausbringungsverfahren – festgestellten Abweichungen im Temperaturverlauf, der beschriebenen verminderten Dammstabilität, als auch im Versuchsjahr 2014 geringen Mehrertrags im Vergleich zum Versuchsstandort Tautendorf (23 % Knollenmehrertrag, Variante *Grünschnittroggen 25 t/ha* gegenüber der *Kontrolle*) und Moidrams (4 % Knollenmehrertrag, Variante *Grünschnittroggen 20 t/ha* gegenüber der *Kontrolle*) war. Die Auswirkungen einer geringen Bodenbedeckung durch Mulch sind am deutlichsten im verminderten Verdunstungsschutz ersichtlich (zit. n. BODNER et al., 2015, S. 418).

## Diskussion



<sup>1)</sup>Mittelwerte aus täglichen Messungen um 7h, 12h und 19h

**Abb. 21: Vergleich mittlerer Tagestemperatur im Damm (°C) in der Kontrolle und den abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln zur mittleren Lufttemperatur (°C), Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014**

### 7.1.2 Dammstabilität

Dämme ohne Abdeckung sind einem häufigeren und größeren Wechsel von Feucht- und Trockenphasen im Boden ausgesetzt (SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL, 2010, S. 192). Nach EDWARDS et al. (2000, S. 230) sinkt mit der Zunahme des Bedeckungsgrads durch Stroh die Häufigkeit durch Regentropfen herausgelöster Bodenteilchen. Durch die Wahl unterschiedlicher Materialien zur Abdeckung der Dämme soll, im Vergleich zu Dämmen ohne Abdeckung, das Ausmaß der Veränderung des Damms während der Vegetationszeit mittels photogrammetrischer Vermessung des Kartoffeldamms am Versuchsstandort Tautendorf beurteilt werden. Ebenso können die Messwerte der manuellen Dammvermessung evaluiert werden.

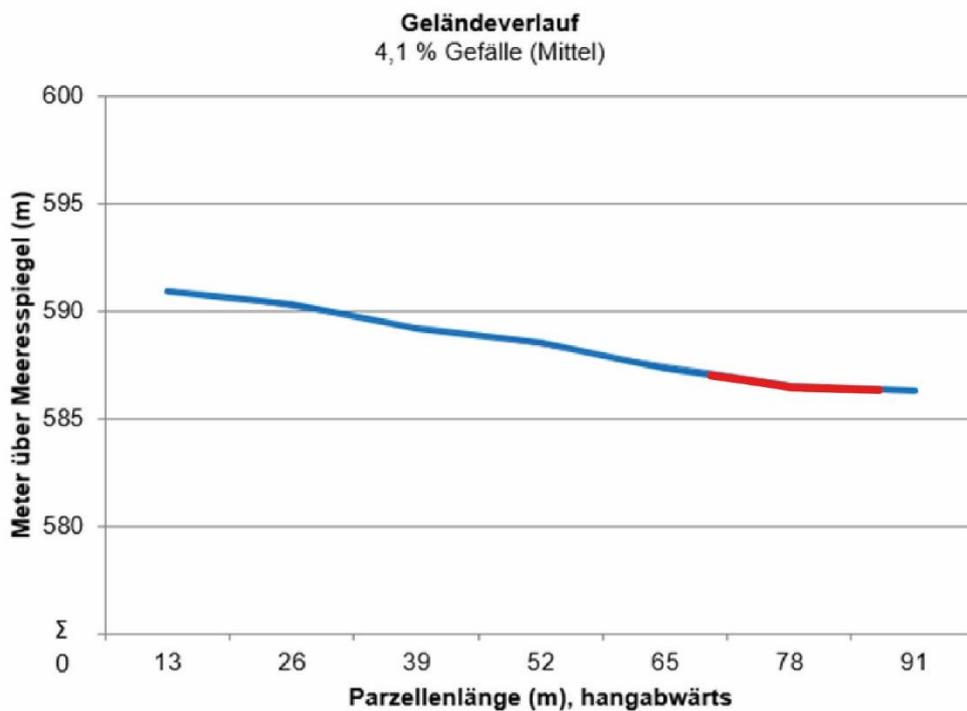
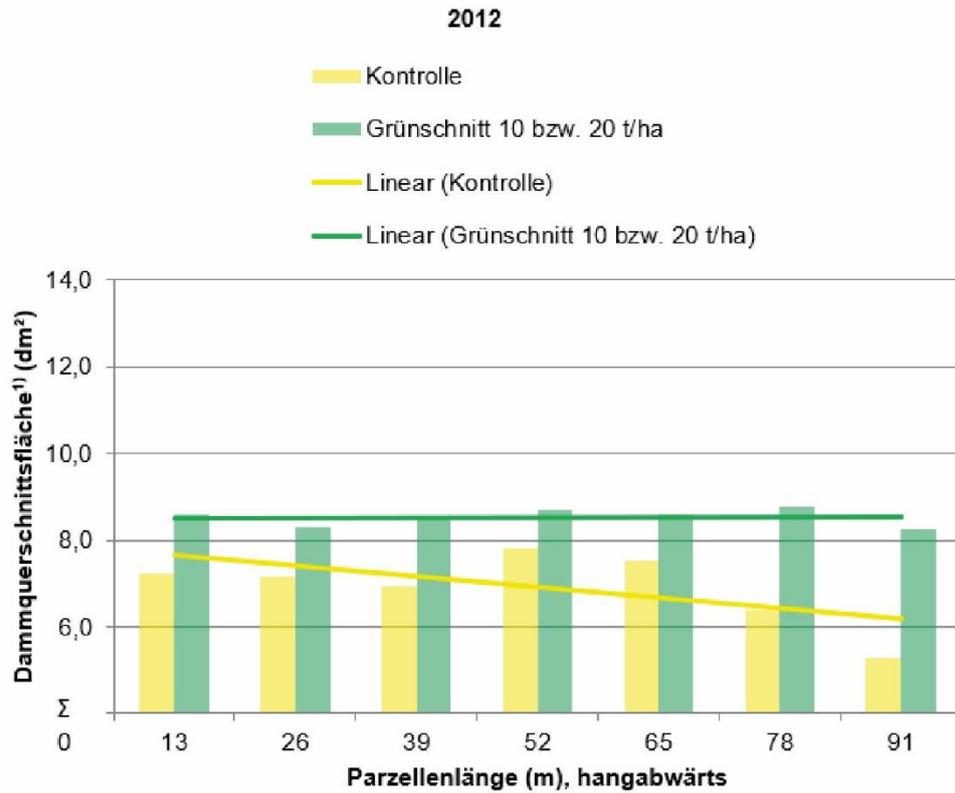
Der Min-Max-Index (Tab. 34) gibt das Verhältnis der Veränderung zwischen dem höchsten und niedrigsten Punkt im Dammprofil zwischen Frühjahr und Herbst wieder: Die nicht abgedeckte Variante – Veränderung -36,7 % – war gegenüber den übrigen abgedeckten Varianten – Veränderung -12,3 % bis -20,0 % – durch eine tendenziell stark ausgeprägte Veränderung gekennzeichnet. Die beschriebenen Vorgänge - vor allem die ungestörte Einwirkung des Niederschlags auf unbedeckte Dämme – werden bereits von BAEUMER (1992, S. 436) festgehalten: Die Aufschlagsenergie des Regens zerstört die Verbindung von Bodenaggregaten, wodurch es zu einer Einebnung sowie zu einer Reduktion des Porenvolumens kommt. Das Porenvolumen und die Porenstabilität sind wesentlich für die Höhe

der Infiltration des Niederschlags- und Bewässerungswassers in den Boden verantwortlich (LIEBHARD et al., 1994, S. 308).

### 7.1.3 Dammquerschnittsfläche

Die Dammquerschnittsfläche, die sich als Fläche zwischen den beiden niedrigsten Punkten in den seitlichen Dammfurchen und dem dazwischenliegenden höchsten Punkt der Dammform ergibt, dient als Maß für den primär durchwurzelbaren Bereich der Kartoffelpflanzen. An den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf 2014 nahm die Dammquerschnittsfläche – Basis photogrammetrische Messung – während des Vegetationszeitraums in der unbedeckten *Kontrolle* deutlich ab (bis zu ca. minus 30,0 %), während sie unter Abdeckung weitgehend stabil blieb. In den Langparzellenversuchen am Standort Moidrams wurde die Veränderung der Dammquerschnittsfläche in den Varianten ohne Abdeckung deutlich durch den Verlauf des Geländes beeinflusst. Im Jahr 2012 (Abb. 22) war im abflachenden Parzellenbereich – ab Meter 78 der Parzellenlänge (in Abb. 22, rot hinterlegt) – die Dammquerschnittsfläche in der *Kontrolle* stark vermindert. Hingegen waren die Langparzellen im Versuchsjahr 2014 durch steileres Gefälle ohne Verflachung bis Parzellenende gekennzeichnet: Die Dammquerschnittsfläche der *Kontrolle* nahm zu (Abb. 23). Die festgestellte Zunahme basierte auf der Vertiefung der Dammfurchen (Abb. 24), abgetragenes Bodenmaterial wurde nicht sedimentiert, sondern ungehindert in die querliegenden Dammreihen am Feldende verlagert. Im Gegensatz zeigten sich die Dammquerschnittsflächen der abgedeckten Dämme in den Jahren 2012 (Abb. 22) und 2014 (Abb. 23) überwiegend stabil und unabhängig vom Geländeverlauf.

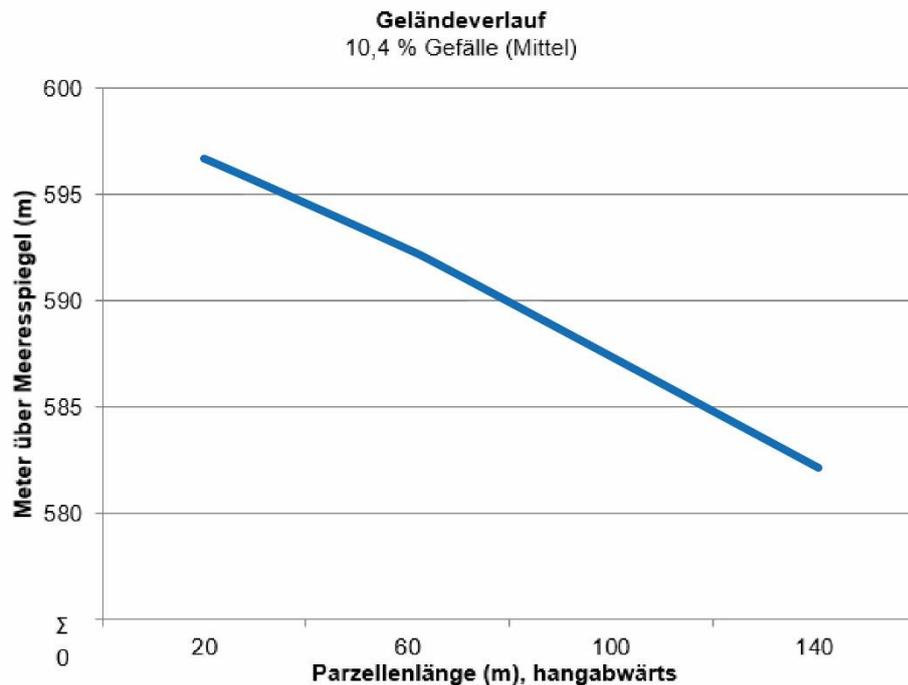
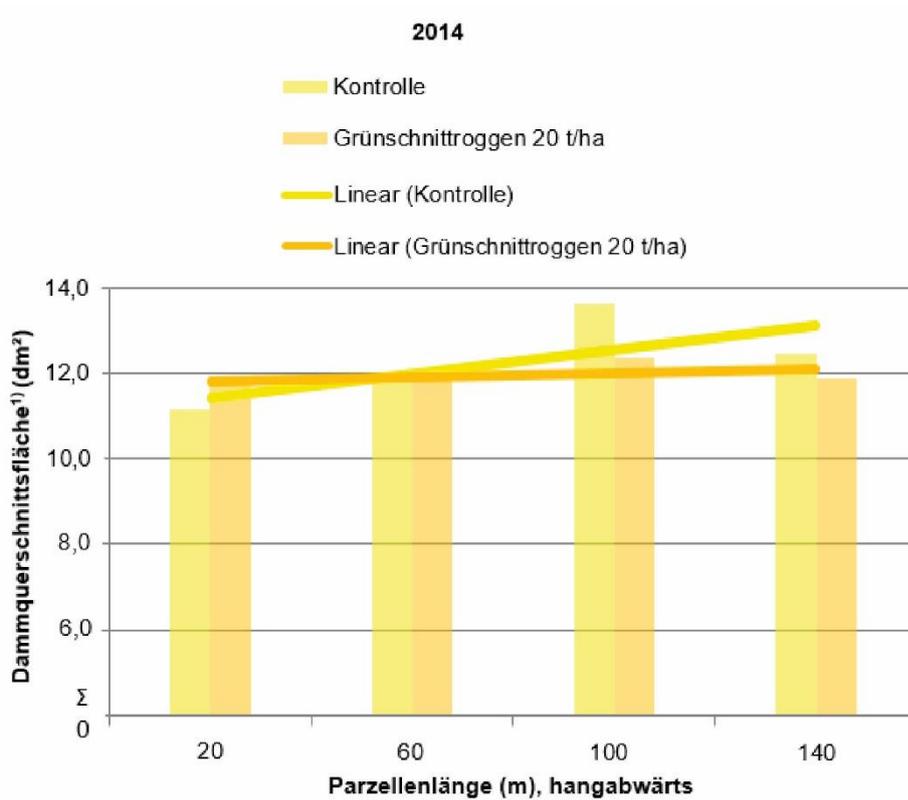
## Diskussion



<sup>1)</sup> Mittelwerte aus zwei Wiederholungen und sieben Messungen je Variante

**Abb. 22: Geländeverlauf entlang der Längsseite der Parzelle im Vergleich zur Dammquerschnittsfläche (dm<sup>2</sup>, manuelle Dammvermessung) der *Kontrolle* und der Variante *Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha* (die rote Linie kennzeichnet den Geländeknick) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**

## Diskussion



<sup>1)</sup> Mittelwerte aus zwei Wiederholungen und vier Messungen je Variante

**Abb. 23: Geländeverlauf entlang der Längsseite der Parzelle im Vergleich zur Dammquerschnittsfläche (dm<sup>2</sup>, manuelle Dammvermessung) der Kontrolle und der Variante *Grünschnittroggen 20 t/ha* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**

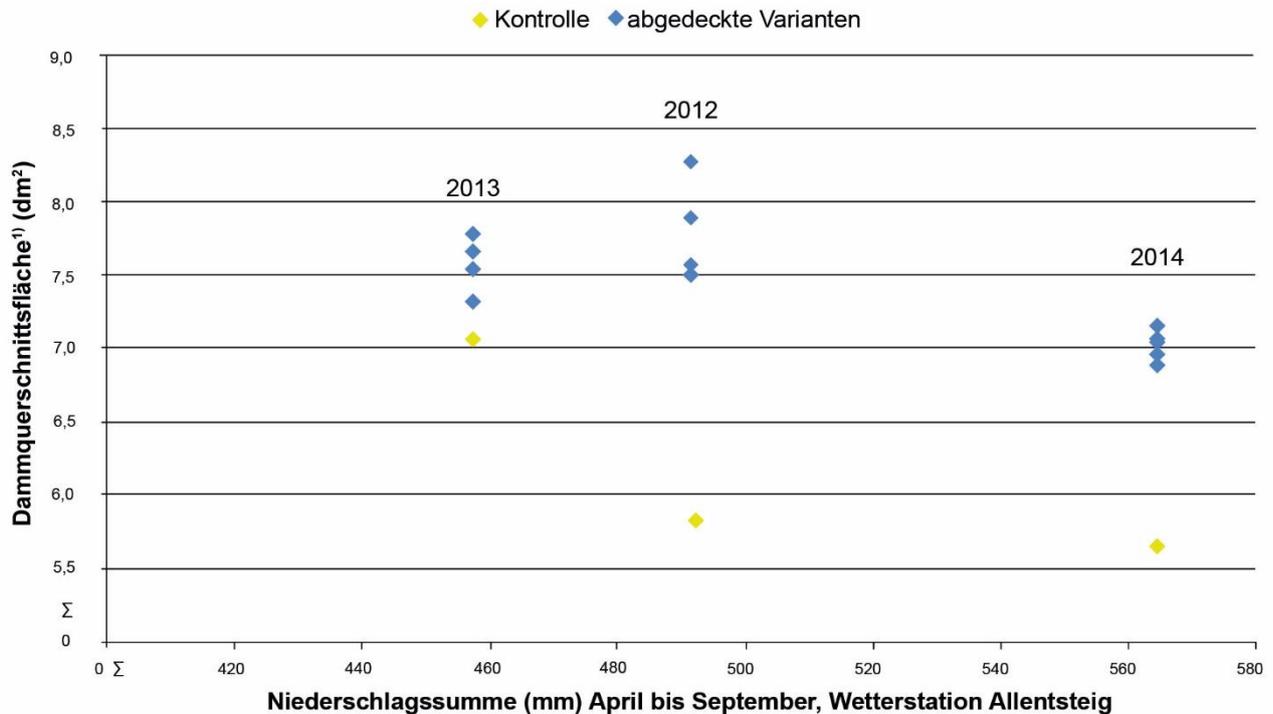


**Abb. 24: Durch Erosion vertiefte Dammfurche im Bereich der tiefsten Erosionsstelle (=höchste Hangefälle) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 03. Oktober 2014**

Neben den unterschiedlichen Varianten der Dammapdeckung nahm die Niederschlagssumme an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf im Vegetationszeitraum (April bis September) Einfluss auf die Dammquerschnittsfläche (Abb. 25), zumal die übrigen Versuchsparameter wie Bodendauereigenschaften und Sorte über die Jahre gleich gehalten wurden. Die Jahre 2012 (492 mm) und 2013 (457 mm) wiesen in den Monaten April bis September gegenüber dem Jahr 2014 (566 mm) geringere Niederschlagsmengen auf. Während jedoch in den Jahren 2012 und 2014 zum Erntezeitpunkt die Dammquerschnittsflächen der abgedeckten Varianten jeweils um ca. 35 % (2012) bis ca. 27 % (2014) größer waren als jene der *Kontrolle*, zeigte sich im Jahr 2013 der Unterschied der Dammquerschnittsflächen zwischen den Varianten mit ca. 7 % – trotz ähnlich hoher Niederschlagsmengen wie im Jahr 2012 – als nicht stark ausgeprägt. Der Niederschlagsverteilung und der Niederschlagsintensität kommt somit große Bedeutung zu: Anfang Mai 2013 waren die noch ungeschützten Dämme aller Varianten Niederschlagsmengen von mehr als 40 mm ausgesetzt, da die Ausbringung der Abdeckmaterialien erst nach dem Regenereignis durchgeführt werden konnte. In den weiteren Monaten wurden nur mehr mittlere Niederschlagsmengen gemessen. Weiters lässt sich die

## Diskussion

größere Differenzierung zwischen den abgedeckten und nicht abgedeckten Varianten im Jahr 2012 auf Niederschlagsmengen im Juli zurückführen, welche mit 116 mm ca. viermal so hoch waren wie im Juli 2013: Die Dämme ohne organisches Abdeckmaterial wiesen 2012 eine höhere Veränderung auf als jene mit Bedeckung durch organisches Material.



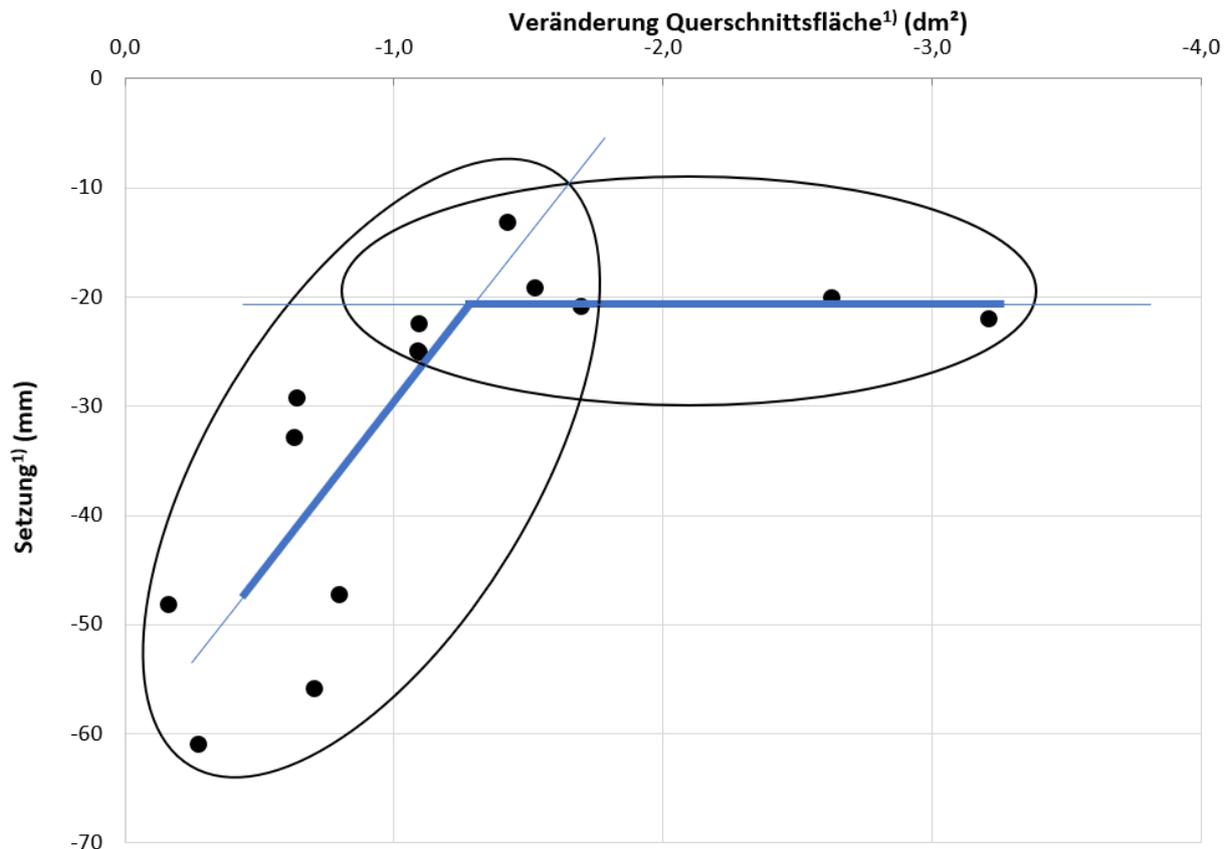
<sup>1)</sup>Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Variante

**Abb. 25: Dammquerschnittsflächen (dm<sup>2</sup>, manuelle Dammvermessung) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit des Jahrs bzw. der Niederschlagssumme (mm) April bis September, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014**

Abb. 26 zeigt die Beziehung zwischen der Veränderung der Dammquerschnittsfläche und dem Ausmaß der Setzung. Entsprechend der *Cate-Nelson graphical method* (CATE et NELSON, 1971, S. 658) wurden die erfassten Daten aufgrund kritischer x- und y-Werte in zwei Bereiche geteilt. Mit Abnahme der Dammquerschnittsfläche ging der Einfluss der Setzung zurück. Bei einer Abnahme der Querschnittsfläche von ca. -1,3 dm<sup>2</sup> wurde ein Plateau erreicht, ab welchem keine weitere Setzung mehr folgte. Die zunehmende Veränderung der Dammquerschnittsfläche trotz gleichbleibender Setzung ließ sich auf die verstärkte Verlagerung von Bodenmaterial von der Dammkrone in die Furche zurückführen, wie bereits in Abb. 13 dargestellt.

Diese Feststellung liegt in der Methodik der photogrammetrischen Messung begründet, welche die diskutierten Parameter (Dammquerschnittsfläche, Min-Max-Index, Setzung) durch die Distanz des fixierten Rahmens zur Bodenoberfläche ermittelt. Zur Berechnung der Setzung werden die, über den gesamten Dammverlauf – vom niedrigsten Punkt in der linken Dammfurche zum höchsten Punkt und wieder zum niedrigsten Punkt in der rechten

Dammfurche – erfassten Werte, gemittelt: Eine Anlandung von Bodenmaterial – wie bei der *Kontrolle* – geht somit positiv in die Mittelwertbildung ein und reduziert den Wert der Setzung. Die relative Veränderung der Dammquerschnittsflächen von -8 bis -12 % bei der jeweiligen abgedeckten Variante an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf (2014) – Basis photogrammetrische Messung – entsprach jenen Ergebnissen bei rückverdichteten Dämmen (Rückverdichtung von Dammflanken und –kuppe) unter holländischen Standortbedingungen (zit. nach KOUWENHOVEN et al., 2003, S. 130).



<sup>1)</sup> Mittelwerte aus drei Wiederholungen

**Abb. 26: Regressionsanalyse Veränderung Dammquerschnittsfläche (dm<sup>2</sup>) und Setzung (mm) jeweils auf Basis der photogrammetrischen Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

Die beiden eingesetzten Messmethoden (manuell und photogrammetrisch) erbrachten in der Erfassung der Dammquerschnittsflächen zum Erntezeitpunkt 2014 vergleichbare Werte (Tab. 36). Obwohl die *Kontrolle* eine deutlich höhere und statistisch signifikante Veränderung der Dammquerschnittsfläche gegenüber abgedeckten Varianten aufwies (Tab. 35), konnten Unterschiede in der Setzung zwischen den Varianten (abgedeckt und nicht abgedeckt) statistisch nicht abgesichert werden. Hervorzuheben sind die Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha*, die tendenziell eine geringere Setzung als alle anderen abgedeckten Varianten, welche sich auf einem der *Kontrolle* ähnlichen Niveau befanden, zeigten. Diesen Varianten ist

gemeinsam, dass das jeweilige Abdeckmaterial zu Vegetationsende einen hohen Bedeckungsgrad bewirkt: Abb. 27 zeigt die zu Vegetationsende noch dichte Dammbedeckung in der Variante *Grünschnitt 50 t/ha*, welche zur Stabilisierung des Damms beitrug. Abb. 28 verdeutlicht den hohen Grad der Verfilzung des Abdeckmaterials in der Variante *Heu 10 t/ha*.



**Abb. 27:** Das Abdeckmaterial, Variante *Grünschnitt 50 t/ha*, 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln, blieb bis Vegetationsende erhalten, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 01. Okt. 2011



**Abb. 28:** Sichtbar verfilztes Abdeckmaterial Variante *Heu 10 t/ha*, 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln, nach Entfernung des Blattkrauts, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 04. Sept. 2013

Tab. 16 zeigt, dass – bezogen auf Trockenmasse – bei *Grünschnitt 50 t/ha* und *Heu 10 t/ha*, die jeweils höchste Menge an Trockenmasse auf die Dämme aufgebracht wurde. Beide Varianten wiesen tendenziell die geringste Setzung (Tab. 35) auf. Wie in Tab. 36 erkennbar, zeigte die Variante *Heu 10 t/ha* zudem in den Prüffahren 2012 bis 2014 tendenziell die höchste Dammquerschnittsfläche zu Vegetationsende auf.

Dem Erhalt der Dammmächtigkeit für die Kartoffelpflanzen wird große Bedeutung zugeschrieben, da der Damm der Hauptdurchwurzelungsbereich ist: Nach GREGORY et SIMMONDS (1992, S. 226) befindet sich 82 % des Wurzelsystems der Kartoffelpflanzen in einer Bodentiefe von bis zu 30 cm. MAIDL et al. (2000, S. 458) stellen fest, dass sich 75 % der Wurzeln direkt im Damm befinden. Abb. 13 zeigt den Abtrag des Bodenmaterials von den Dammflanken und der Dammkrone, welcher in weiterer Folge die Dammfurche auffüllt. Das in der Dammfurche abgelagerte Material steht der Kartoffelpflanze als Wachstumsraum nicht zur Verfügung. Im Rahmen der manuellen Dammvermessung konnte keine Durchwurzelung im

Ablagerungsbereich zwischen den Dämmen festgestellt werden. Durch die ebene Lage der Versuchsflächen am Standort Tautendorf wurde eine Verschleppung allfälligen Bodenabtrags aus der jeweiligen Parzelle in die benachbarten Parzellen ausgeschlossen. Die laufende Beobachtung und die Datenerfassung in den Parzellen ergaben hierfür visuell keine Anhaltspunkte.

#### 7.1.4 Infiltrationsfähigkeit

Der Erhalt der Infiltrationsfähigkeit des Bodens ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass es bei Niederschlagsereignissen zu keiner Bodenverlagerung kommt (zit. n. BODNER et al., 2008, S. 317). Auf den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf 2014 konnte auch im Zuge der photogrammetrischen Messungen (Abb. 13) kein Austrag aus den Parzellen festgestellt werden. BAEUMER (1997, S. 237) verweist, dass durch die Ausbringung von organischer Masse einerseits die Stabilität der Bodenaggregate und andererseits die Anzahl an Regenwurmgängen erhöht wird – die Erhöhung der Anzahl Regenwurmgänge sichert die Infiltration von Wasser in den Boden und reduziert Abfluss und Abtrag. Die Anzahl an Regenwurmgängen wurde in der vorliegenden Arbeit an Fallbeispielen deskriptiv erfasst. Detaillierte Erhebungen müssen Gegenstand nachfolgender gesonderter Arbeiten sein. Abb. 29 zeigt das Ergebnis der visuellen Beurteilung der Variante *Klee 50 t/ha* – mit einer größeren Anzahl an Regenwurmgängen – gegenüber der *Kontrolle*. Das Wachstum des Wurzelsystems bei Kartoffeln wird stark vom Vorhandensein von ausreichend vielen Poren beeinflusst, deren Radius größer bzw. gleich jener von Wurzeln der Kartoffelpflanze ist (zit. n. GREGORY et SIMMONDS, 1992, S. 227).



Abb. 29: Visuelle Beurteilung Anzahl Regenwurmgänge bei Variante *Klee 50 t/ha* (links) und der *Kontrolle* (rechts) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 17. September 2011

### 7.1.5 Bodenerosion

TAUBNER et al. (2009, S. 36) erhalten nach einer Ausbringung von Grünguthäcksel (Laub- und Nadelholz, 50 bis 150 m<sup>3</sup>/ha) eine signifikante Erhöhung der Aggregatstabilität (im Bearbeitungshorizont). Bereits eine Abdeckmenge von 1,25 t Stroh/ha reicht, um Bodenabtrag zu mindern, wobei eine Dammbabdeckung in Höhe von 5 t Stroh/ha zu einer 98,0- bis 99,9-prozentigen Verminderung von Bodenerosion führt: Kurz gehacktes Stroh erweist sich in der Erosionsminderung effektiver als Stroh mit langen Halmen (zit. n. DÖRING et al., 2005, S. 246). Bei einer ausgebrachten Menge von 5 t gehäckseltem Stroh/ha wird ein Bodenbedeckungsgrad von über 95 % erreicht (DÖRING et al., 2005, S. 247). BAEUMER (1997, S. 236) zeigt, dass eine 50-prozentige Bedeckung des Bodens durch Pflanzenaufwuchs ausreicht, um Erosion zu unterbinden. Zur Beurteilung des Bodenbedeckungsgrads eignet sich eine computerunterstützte Bildanalyse (RIEGLER-NURSCHER, 2016, S. 1).

BRUNOTTE et FRÖBA (2007, S. 37) verweisen darauf, dass die gesamte Länge eines abfallenden Feldstücks nicht erosionsgefährdet ist, sondern „nur der Teil, der im Mittel der Ereignisse unmittelbar der Erosion unterliegt“ (BRUNOTTE et FRÖBA, 2007, S. 37). Folglich reicht eine Ausbringung von Abdeckmaterial an den kritischen Feldstellen aus, um den Beginn der Bodenbewegung zu unterbinden. Diese Ergebnisse würden die von GAMERITH (2012, S. 91ff) berechneten Kosten für die Werbung und Ausbringung von organischem Abdeckmaterial vermindern. Bereits eine geringe Mulchauflage stellt einen großen Effekt auf die Minderung von Bodenerosion dar (zit. n. BODNER et al., 2015, S. 418).



**Abb. 30: Aufstauende Wirkung des Abdeckmaterials bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 12. September 2013**

Eine Bodenbedeckung mit Abdeckmaterial in den Langparzellenversuchen am Standort Moidrams führte zu einer Verminderung des Bodenabflusses und zur Verminderung des Bodenabtrags (Abb. 30). Die stauende Wirkung von organischem Material hat durch die Minderung der Fließgeschwindigkeit den Effekt, dass „Teilchen mit großem Durchmesser (Kies, Sand), dann immer kleinere Teilchen (Schluff, Lehm), sedimentiert“ (BAEUMER, 1992, S. 437) werden.

VETTER (1997, S. 311f) fasst die Auswirkungen von organischem Material zur Dammbdeckung folgend zusammen: Eine höhere Anzahl von Krümeln im Boden führt zu höherer Stabilität der Bodenaggregate und zur Erhöhung des Porenvolumens. Dem Boden zugefügte organische Stoffe bewirken eine Erhöhung der Speicherung von Wasser im Boden und eine höhere Stabilität des Bodens, welche letztlich nachfolgend den Bodenabtrag vermindern (VETTER, 1997, S. 311f).

## **7.2 Einfluss der Dammbdeckung auf Wachstumsverlauf und Knollenertrag bei Stärkeindustriekartoffeln**

### **7.2.1 Unkraut- und Krankheitsdruck bei Stärkeindustriekartoffeln**

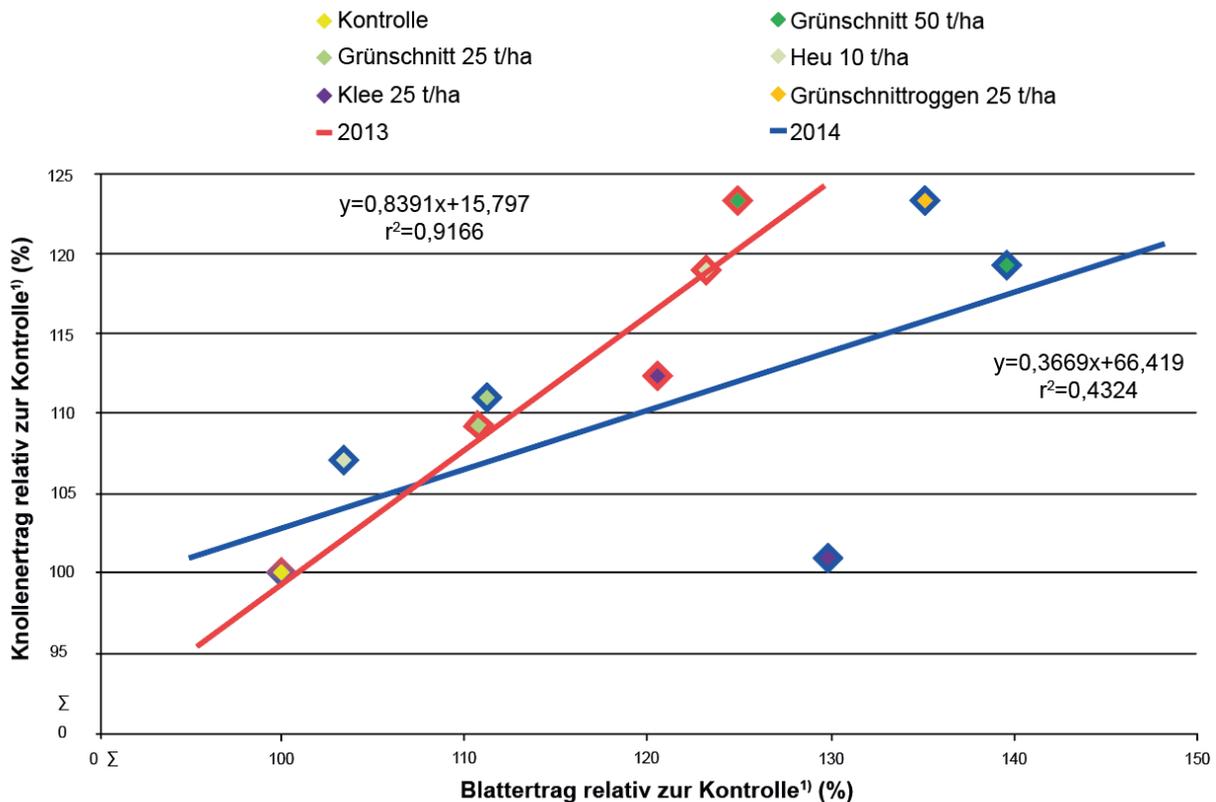
Sowohl an keinem Versuchsstandort als auch in keinem Versuchsjahr kam es zu einer Beeinträchtigung des Kartoffelbestands durch Unkräuter: Vor Ausbringung des Abdeckmaterials wurden die Versuchsflächen mit einem Herbizid behandelt. Einige Autoren beschreiben, dass eine organische Mulchauflage von 10 cm die Keimrate von Unkraut auf ca. 25 % reduziert (zit. n. ALTIERI et NICHOLLS, 2012, S. 19).

An keinem der Versuchsstandorte und auch in keinem Versuchsjahr kam es weder zu Unterschieden im Auflaufen der Kartoffelpflanzen noch zu Unterschieden im Krankheitsbefall. Das Ergebnis wird von HEIN et WASCHL (2015, S. 54f) bestätigt: Sie dokumentieren in mehrjährigen Versuchen mit Mulchabdeckung bei Kartoffeln Mehrerträge ohne zusätzlichen Krankheitsdruck. JOHNSON et al. (2004, S. 1635) berichten von einer Reduktion der Anzahl an Amerikanischen Kartoffelzikaden (*Empoasca fabae*) durch die Ausbringung von 10 t Stroh/ha, welche in weiterer Folge einen geringeren Virus-Befall verursachen kann.

### **7.2.2 Blattertrag bei Stärkeindustriekartoffeln**

Abb. 31 zeigt den durch Abdeckung erzielten relativen Mehrertrag an Knollen gegenüber der *Kontrolle* in Abhängigkeit des durch Abdeckung erzielten relativen Mehrertrags an Blatt gegenüber der *Kontrolle*, jeweils für die Jahre 2013 und 2014, Versuchsstandort Tautendorf.

## Diskussion



<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante

**Abb. 31: Knollenertrag relativ (%) in Abhängigkeit des Blattertrags relativ (%), alle Varianten jeweils relativ zur Kontrolle bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 bis 2014**

Die Variante *Klee 25 t/ha* lag in beiden Versuchsjahren jeweils unterhalb und gleichzeitig am weitesten entfernt von der jeweiligen Geraden. Die Variante *Klee 25 t/ha* konnte den Mehrertrag an Blatt nicht in Mehrertrag an Knolle umsetzen. Als mögliche Ursache eines reduzierten Wachstums nennen OHNO et DOOLAN (2001, S. 187) zum Beispiel die Freisetzung von phytotoxischen Substanzen, zu denen phenolischer Kohlenstoff zählt, welcher beim Abbau von Rotklee entsteht.

Für das Jahr 2013 zeigt die Regressionsanalyse ( $r^2 = 0,92$ ) einen linear nahezu auf der Winkelhalbierenden liegenden Verlauf. Im Gegensatz dazu verläuft die Regressionsgerade für das Jahr 2014 ( $r^2 = 0,43$ ) deutlich flacher. Unter Ausschluss der Variante *Klee 25 t/ha* verbessert sich die Beziehung ( $r^2 = 0,88$ ). Der Verlauf der Geraden lässt den Rückschluss zu, dass die abgedeckten Varianten im Jahr 2013 die Zunahme im Blattertrag besser in höhere Knollenerträge umsetzen konnten als im Jahr 2014.

Eine mögliche Erklärung für die höhere Blattmenge bei abgedeckten Varianten ist die gemessene höhere Bodenfeuchtigkeit im Damm unter Abdeckung. Verminderte Erträge unter trockenen Bedingungen haben ihre Ursache in einem reduzierten Blattapparat (zit. n. DEGUCHI et al., 2010, S. 337). 74 bis 87 % des Ertragsunterschieds zwischen den einzelnen Sorten ist auf die Länge des Zeitraums zurückzuführen, in der ein voll ausgebildeter Blattapparat vorliegt und somit Bodenbeschattung gegeben ist (BOYD et al., 2002, S. 128). In der vorliegenden Arbeit konnte

durch die Ausbringung von organischem Abdeckmaterial eine Bodenbeschattung lange vor der Beschattung des Bodens durch den Blattapparat sichergestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Arbeit von HOU et al. (2010, S. 118), in welcher eine signifikante Zunahme der Pflanzenhöhe bei Zunahme der Bedeckungsdauer der Dämme mit Plastikfolie beschrieben wird. In den, nur in den Jahren 2013 und 2014, bestimmten Blatterträgen, erzielte die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* den höchsten Mehrertrag gegenüber der *Kontrolle*. Im Mittel lag dieser um 30 % und hiermit signifikant höher. Dies bedeutet, dass in dieser Variante eine letztlich größere Assimilationsfläche zur Verfügung stand, welche Voraussetzung für höhere Knollenerträge ist. SATTELMACHER (1999, S. 155) nennt einen größeren Blattapparat als Ursache für höhere Knollenerträge. Auch BOYD et al. (2002, S. 126) nennen Versuche, in welchen steigende Knollenerträge mit zunehmender Blattmasse korrelieren. HOU et al. (2010, S. 117f) berichten von höherem Aufwuchs der Kartoffelpflanzen im frühen Entwicklungsstadium bei mit Plastikfolie abgedeckten Dämmen im Vergleich zu unbedeckten Varianten. Die Arbeit bestätigt die an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf durch die Ausbringung von organischem Abdeckmaterial erzielten höheren Blatterträge – welche in weiterer Folge zu höheren Knollenerträgen führten.

### 7.2.3 Ernteindex bei Stärkeindustriekartoffeln

Der Ernteindex (Tab. 64) zeigt den Anteil des Knollenertrags an der gesamt gebildeten Masse. Im Mittel der Jahre 2013 und 2014 ergeben sich für alle Varianten einheitliche Werte im Bereich von ca. 75 %. Hervorzuheben ist, dass trotz konstantem Ernteindex über die Varianten hinweg die gebildete Gesamtmasse zwischen den Varianten stark unterschiedlich war: Der Unterschied zwischen *Kontrolle* und der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* betrug ca. 15 t/ha Gesamtmasse. Nach STRUIK (1999, S. 59) entsprechen die ermittelten Relationen den Erwartungswerten für Westeuropa, welche im Bereich von 75 % liegen.

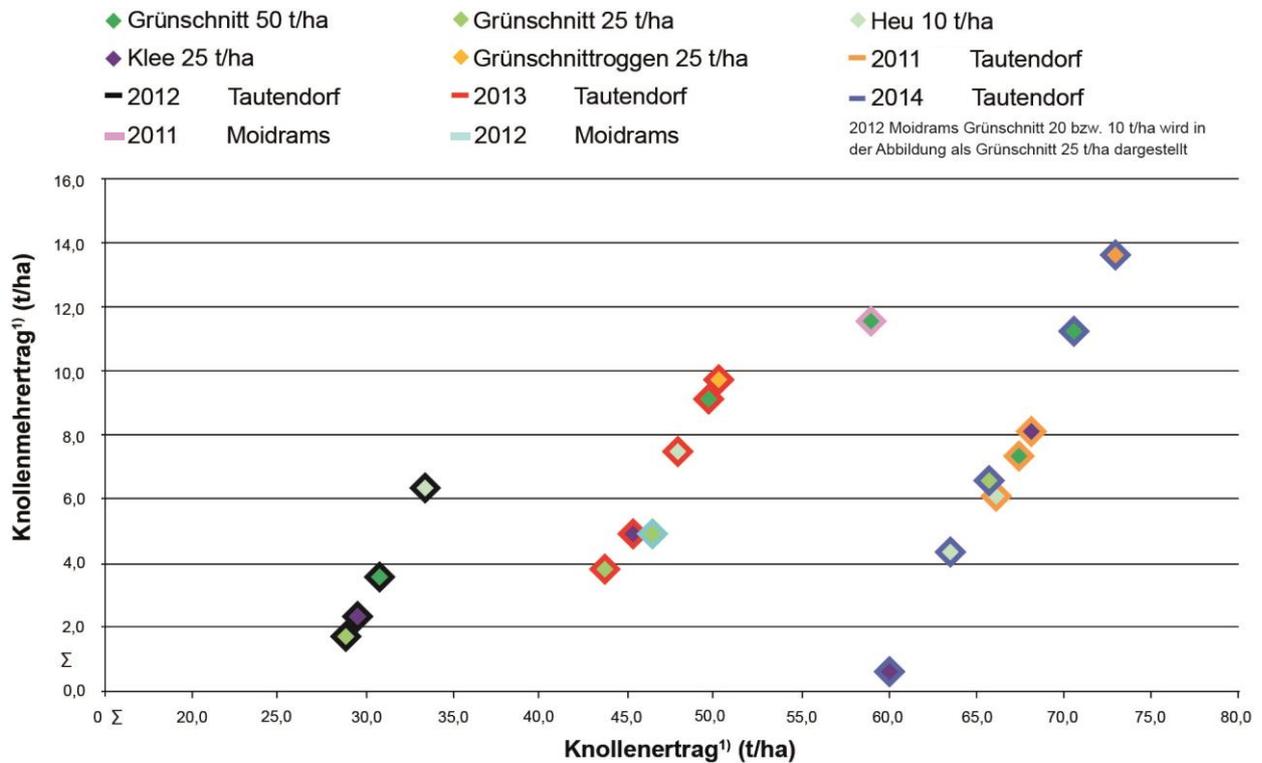
**Tab. 64: Ernteindex von Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 und 2014**

Variante	Knollenertrag <sup>1)</sup> (t/ha)	Blattfrischmasse <sup>1)</sup> (t/ha)	Gesamtmasse (t/ha)	Ernteindex (%)
<b>Kontrolle</b>	49,0	15,5	64,5	76,0 %
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	60,1	20,2	80,3	74,8 %
<b>Grünschnitt 25 t/ha</b>	57,2	17,2	74,4	76,9 %
<b>Heu 10 t/ha</b>	55,3	17,8	73,1	75,6 %
<b>Klee 25 t/ha</b>	52,6	19,2	71,8	73,3 %
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha</b>	59,9	18,5	78,4	76,4 %

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen pro Jahr

### 7.2.4 Knollenertrag bei Stärkeindustriekartoffeln

Die Versuche an den Schlägen an den Standorten Tautendorf und Moidrams zeigen, dass in Varianten mit organischer Abdeckung die Knollenerträge immer über jenen in den Parzellen ohne Abdeckung lagen (Tab. 38 und Tab. 54).



<sup>1)</sup> Mittelwerte für KG Tautendorf aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr und für KG Moidrams aus drei Wiederholungen je Variante (2011: vier Wiederholungen) und Jahr

**Abb. 32: Knollenmehrertrag (t/ha) und Knollenertrag (t/ha) aller abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf (2011 bis 2014) und Moidrams (2011 und 2012)**

Im Mittel der vier Versuchsjahre wurde an den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf bei der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* gegenüber der *Kontrolle* ein Knollenmehrertrag von 18 % erzielt. Li et al. (2018 a, S. 53) zeigen diesbezüglich in ihrer Meta-Analyse, dass in China durch die Abdeckung der Kartoffeldämme mit Stroh (Reis-, Weizen- oder Maisstroh) ein Mehrertrag von 16 % erzielt wurde.

Die Zusammenfassung der Prüffahre an den Versuchsschlägen am Standort Moidrams zeigte ebenso, dass gegenüber der *Kontrolle* – im Mittel aller abgedeckten Varianten – ein Mehrertrag von ca. 14 % ermittelt wurde.

In Europa werden bei biologisch produzierten Kartoffeln Erträge zwischen 37 und 114 % des konventionellen Standards erzielt, eine große Zahl an Umwelteinflüssen wirkt ertragsmindernd (zit. n. PAWELZIK et MÖLLER, 2014, S. 279). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Aufbringung von Mulchmaterial – richtungsweisend unter anderem für den

biologischen Landbau – stabilisierend auf die Knollenerträge wirkt und so zu gesicherten Erträgen führt.

Wie Abb. 32 wiedergibt, stieg der durch Abdeckung erzielbare Knollenmehrertrag mit dem zugrunde liegenden Ertragsniveau an, d. h., dass das durch Standort und Jahre bedingte bestehende Ertragspotential durch eine Dammapdeckung noch besser genutzt werden konnte.

Die Ergebnisse der Versuche 2013 und 2014 stellen Blatt- und Knollenertrag in einen positiven Zusammenhang (Abb. 31). Zu diskutieren bleibt, in welchem Umfang aus der Abdeckung der Dämme resultierendes zusätzliches Angebot an Stickstoff zu diesem Mehrertrag an Blatt beiträgt. SATTELMACHER (1999, S. 155) beschreibt die Zunahme des Knollenertrags mit steigenden Stickstoffgaben. Der Autor hält jedoch auch fest, dass bei Überschreiten des Nährstoffoptimums, die Bildung des Blattapparats forciert wird. Zumal die vorgestellten Versuche in jedem Jahr eine Düngung von 150 kg N/ha erfuhren (Tab. 18), ist ein weiterführender Einfluss von, aus dem Abdeckmaterial bereitgestellter Stickstoffmengen, auf die beiden Ertragsparameter weitgehend auszuschließen. Versuche der AGRANA Stärke GmbH (AGRANA, 2009, s.p.) zeigen zudem, dass Stickstoffgaben über 100 kg/ha zu keinen wesentlich höheren Knollen- und Stärkeerträgen führen.

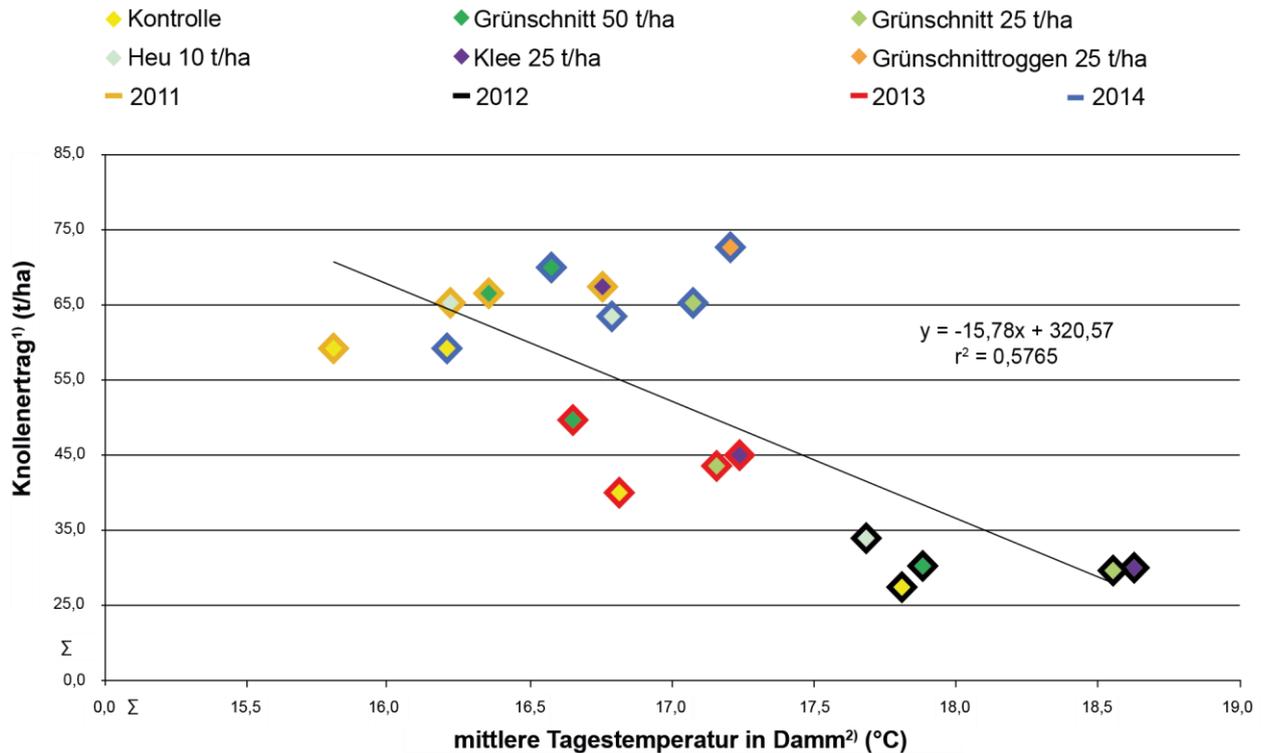
### **7.2.5 Ertragsbildende Faktoren**

#### **7.2.5.1 Temperatur im Damm**

Abb. 33 stellt den Knollenertrag für den Versuchszeitraum 2011 bis 2014 der mittleren Tagestemperatur im Damm gegenüber. Über die Versuchsjahre hinweg war die Abhängigkeit des Knollenertrags von der mittleren Tagestemperatur im Damm negativ gerichtet. Die Beziehung wurde durch den Einfluss des Jahrs geprägt, kaum durch die unterschiedlichen Abdeckvarianten.

Zudem scheinen die Niederschlagsmengen für die Monate April bis September (Tab. 14) Einfluss auf die Ertragsbildung zu nehmen: Während für die Jahre 2013 und 2014 annähernd gleiche mittlere Tagestemperaturen im Damm gegeben waren, wurden im Jahr 2014 deutlich höhere Niederschlagsmengen und höheres Ertragsniveau dokumentiert. Bestärkt wird die Bedeutung der Niederschlagsverhältnisse durch die Gegenüberstellung der Versuchsjahre 2011 und 2014. Vergleichbare Niederschlagsmengen von Juni bis September standen gleich hohen Knollenerträgen – bei unterschiedlicher mittlerer Tagestemperatur im Damm – gegenüber.

## Diskussion



<sup>1)</sup>Basierend auf vier Wiederholungen je Variante

<sup>2)</sup>Mittelwerte aus täglichen Messungen um 7h, 12h und 19h

2013 ohne *Grünschnitttroggen 25 t/ha* aufgrund defekter Messzelle-Bodentemperatur

2014 ohne *Klee 25 t/ha* aufgrund defekter Messzelle-Bodentemperatur

**Abb. 33: Knollenertrag (t/ha) in Abhängigkeit der mittleren Tagestemperatur im Damm (°C) aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Bodentemperaturen von mehr als 30,0 °C werden als limitierender Faktor für das Knollenwachstum benannt (zit. n. LI et al., 2018 a, S. 56). Als Folge starker Erwärmung der Dämme unter Plastikfolie stellen WANG et al. (2009, S. 126f) einen Ertragsrückgang bei Kartoffeln fest. Der angeführte Grenzwert von 30,0 °C wurde am Versuchsstandort Tautendorf ausschließlich in den Monaten Juni bzw. Juli 2012 – jeweils zur Messung um 19 Uhr – überschritten. Im Falle der *Kontrolle* war dies an fünf Tagen sowie bei den Varianten *Grünschnitt 25 t/ha* und *Klee 25 t/ha* an jeweils zwei Tagen gegeben. Am Versuchsstandort Moidrams war kein Überschreiten dieser kritischen Temperaturschwelle zu beobachten.

ZHAO et al. (2012, S. 76) zeigen in ihren Versuchen mit unterschiedlicher Bedeckungsdauer der Kartoffeldämme mit Plastikfolie, dass eine Bedeckung über den gesamten Vegetationszeitraum die Knollenentwicklung – durch zu hohe Temperaturen im Damm – beeinträchtigt. Ein positiver Einfluss wird durch eine zeitlich begrenzte Abdeckung erreicht: Zu Vegetationsbeginn ist eine Erhöhung der Temperatur im Damm anzustreben, zu Vegetationsende wird ein Absinken der Temperatur im Damm positiv beurteilt (ZHAO et al., 2012, S. 76). Dem gegenüber steht die Aussage von NYAWADE et al. (2018, S. 24), dass ausgeglichene Temperaturen im Damm positiv auf den Knollenertrag wirken.

## Diskussion

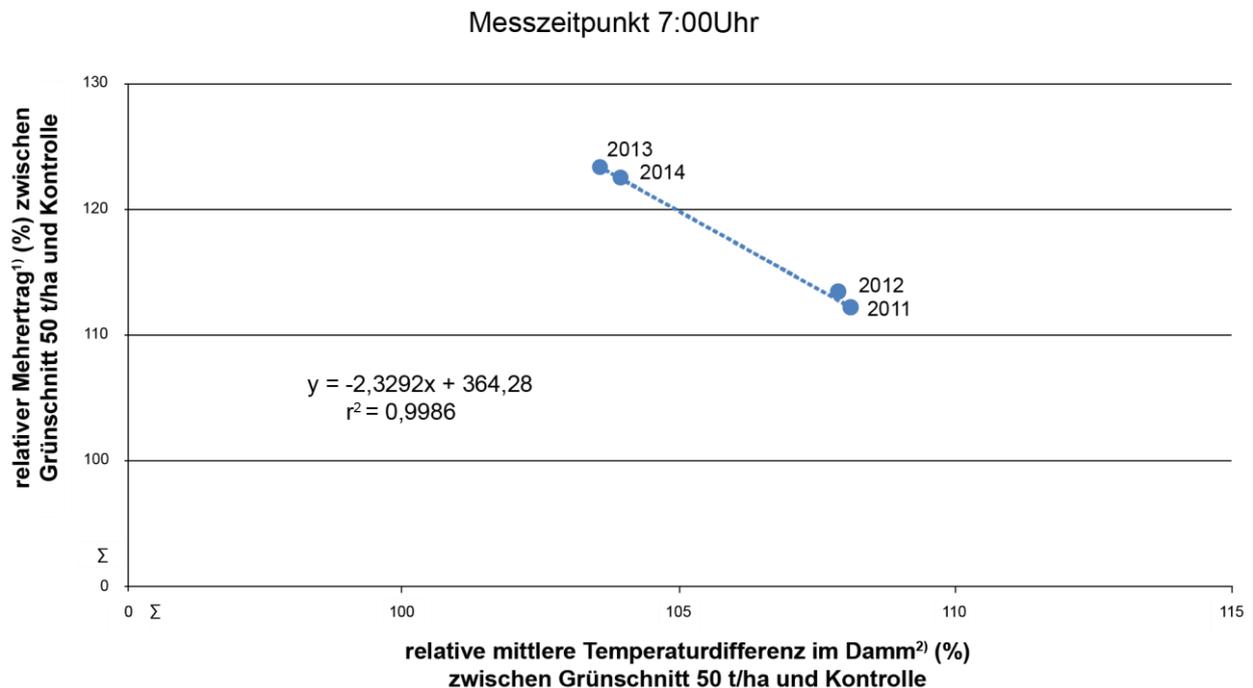
Zur Beurteilung des Einflusses der abweichenden Temperaturen im Damm – zwischen der abgedeckten Variante *Grünschnitt 50 t/ha* und der *Kontrolle* zu den Messzeitpunkten 7:00 Uhr, 12:00 Uhr, 19:00 Uhr – auf allfälligen Mehrertrag, werden einander folgend die Temperaturdifferenz im Damm und der durch Abdeckung erzielte Mehrertrag an Knollen (jeweils *Grünschnitt 50 t/ha* relativ zur *Kontrolle*) für die Jahre 2011 bis 2014 (Tab. 65) gegenübergestellt. Zur Verdeutlichung des Einflusses wird der Zeitraum für jedes der Jahre vom 01. Juni bis 30. September in zwölf Dekaden unterteilt. Gemeinsam ist den Jahren, dass es unter den gegebenen Versuchsbedingungen – speziell zu den Messungen um 7:00 Uhr – über alle Jahre hinweg zu einer Zunahme der relativen Temperaturdifferenz bis Ende September kam. Zu den Messzeitpunkten 12:00 und 19:00 Uhr war die Beobachtung weniger deutlich ausgeprägt. Die nach Dekaden festgestellten Unterschiede in den Temperaturen im Damm zeigten sich unabhängig von den Niederschlägen in den jeweiligen Zeiträumen.

**Tab. 65: Relative Temperaturdifferenz (%) im Damm um 7:00 Uhr, 12:00 Uhr und 19:00 Uhr, Grünschnitt 50 t/ha gegenüber Kontrolle und Niederschlag (mm) je nach Dekade, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

			Dekade 1	Dekade 2	Dekade 3	Dekade 4	Dekade 5	Dekade 6	Dekade 7	Dekade 8	Dekade 9	Dekade 10	Dekade 11	Dekade 12
			01.06.-10.06.	11.06.-20.06.	21.06.-30.06.	01.07.-10.07.	11.07.-20.07.	21.07.-31.07.	01.08.-10.08.	11.08.-20.08.	21.08.-31.08.	01.09.-10.09.	11.09.-20.09.	21.09.-30.09.
2011	relative Temperaturdifferenz (%) zwischen Kontrolle und Grünschnitt 50 t/ha	7:00 Uhr	104%	108%	107%	104%	106%	108%	106%	107%	108%	111%	115%	117%
		12:00 Uhr	94%	102%	103%	101%	102%	106%	104%	103%	103%	105%	109%	110%
		19:00 Uhr	94%	99%	98%	97%	99%	104%	101%	99%	101%	105%	106%	103%
	Niederschlag (mm)		76	31	12	15	19	22	42	23	15	29	13	0
2012	relative Temperaturdifferenz (%) zwischen Kontrolle und Grünschnitt 50 t/ha	7:00 Uhr	108%	106%	101%	102%	107%	107%	109%	116%	110%	110%	112%	113%
		12:00 Uhr	96%	89%	92%	95%	99%	101%	102%	103%	104%	104%	104%	105%
		19:00 Uhr	88%	83%	81%	91%	95%	98%	102%	108%	106%	106%	106%	105%
	Niederschlag (mm)		93	30	13	45	24	47	45	3	55	2	49	6
2013	relative Temperaturdifferenz (%) zwischen Kontrolle und Grünschnitt 50 t/ha	7:00 Uhr	106%	103%	106%	104%	102%	99%	100%	103%	106%	103%	108%	109%
		12:00 Uhr	97%	92%	99%	97%	97%	94%	94%	98%	104%	100%	105%	104%
		19:00 Uhr	96%	89%	99%	97%	95%	94%	96%	97%	102%	97%	103%	102%
	Niederschlag (mm)		71	4	61	28	0	2	14	25	37	5	67	4
2014	relative Temperaturdifferenz (%) zwischen Kontrolle und Grünschnitt 50 t/ha	7:00 Uhr	108%	103%	101%	101%	102%	103%	104%	107%	107%	104%	104%	106%
		12:00 Uhr	104%	104%	102%	102%	103%	103%	104%	107%	106%	103%	103%	105%
		19:00 Uhr	97%	98%	96%	96%	99%	100%	101%	105%	103%	101%	100%	101%
	Niederschlag (mm)		0	8	26	5	15	58	39	40	63	20	64	21

Die vorhandene Datengrundlage ergibt (Abb. 34), dass mit steigender relativer mittlerer Temperaturdifferenz zwischen *Grünschnitt 50 t/ha* und *Kontrolle* zum Messzeitpunkt 7:00 Uhr der Mehrertrag abnahm: Je geringer die Temperatur im Damm unter Abdeckung über Nacht gegenüber der *Kontrolle* abfiel, desto geringer war der Mehrertrag. Je Prozent relativer Temperaturabweichung sank der relative Mehrertrag um 2,3 % ab. Zwischen den Temperaturverhältnissen in den Dämmen um 12:00 und 19:00 Uhr und der Ertragsituation in den entsprechenden Varianten konnte kein Zusammenhang hergestellt werden. Die für die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* getroffenen Beobachtungen fanden sich in den weiteren Varianten sowie in den Versuchen am Standort Moidrams – bei geringerer Datendichte – bedingt wieder. Die festgehaltene Beziehung bedarf der Prüfung in weiteren Versuchen, insbesondere da die Beziehung auf nur vier Datenpunkten beruht. Die Temperatur im Damm zeigte sich weder in Abhängigkeit der Bodendauereigenschaften, des Tagesmittels der Lufttemperatur, der Anzahl

Tage mit einer Lufttemperatur  $\geq 25\text{ °C}/\geq 30\text{ °C}$ , allfälliger Niederschläge, noch der Mächtigkeit des jeweils ausgebildeten Blattapparats.



<sup>1)</sup>Basierend auf vier Wiederholungen je Variante

<sup>2)</sup>Basierend auf einer täglichen Messung/Uhrzeit je Variante

**Abb. 34: Relativer Mehrertrag (%) zwischen Grünschnitt 50 t/ha und Kontrolle bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von der relativen mittleren Temperaturdifferenz im Damm (%), Messzeitpunkt 7 Uhr jeweils 1. Juni bis 30. September, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

### 7.2.5.2 Wasserverhältnisse im Damm

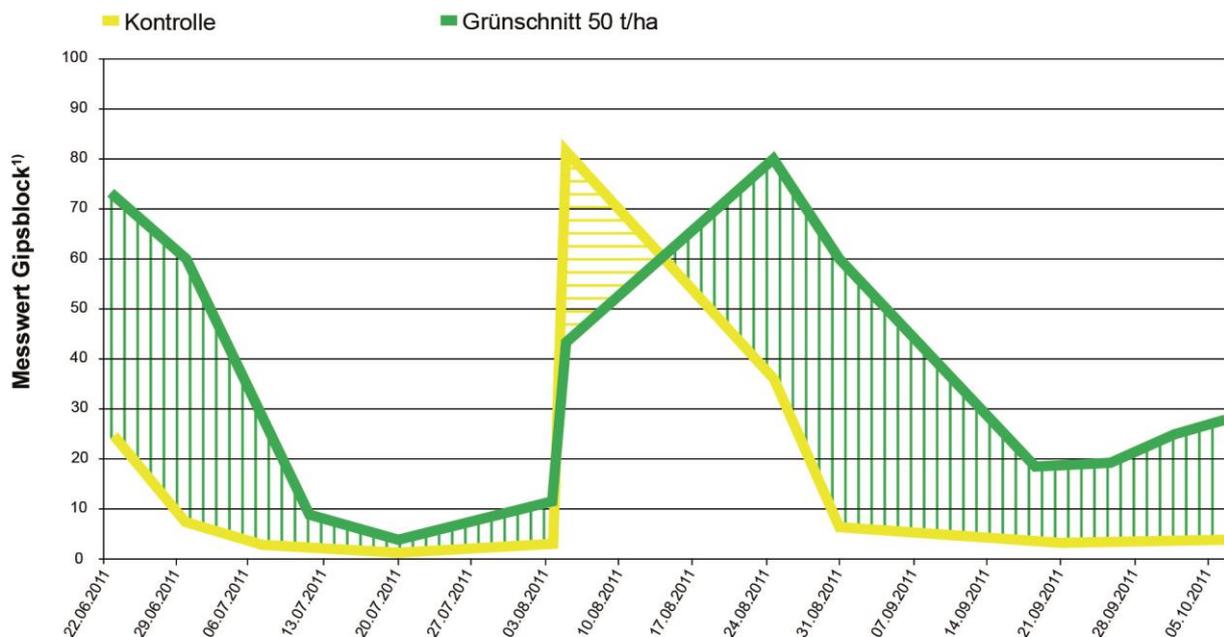
DÖRING et al. (2005, S. 242) führen an, dass mit steigender Aufwandmenge an Abdeckmaterial der Wassergehalt im Damm verbessert wird. Eine Abdeckmenge von 3,4 t Stroh/ha wird als ausreichend benannt, um die unproduktive Verdunstung zu reduzieren (DÖRING et al., 2005, S. 242). Laut BAEUMER (1992, S. 444f) verlangsamt eine Mulchauflage die Bodenaustrocknung. DASS et BHATTACHARYYA (2017, S. 15) halten fest, dass mit einer Strohmulchauflage von 5 t/ha ein um 20 % höherer Bodenwassergehalt gegenüber unbedecktem Boden vorliegt.

Abb. 35 verdeutlicht, dass im Vergleich zur *Kontrolle* unter der Variante *Grünschnitt 20 t/ha* deutlich feuchterer Boden festzustellen war – ersichtlich an der dunkleren Färbung der Bodenschicht in der Nähe des Knollennests. Die höheren Erträge legen nahe, dass in der Variante *Grünschnitt 20 t/ha* mehr Wasser für das Knollenwachstum zur Verfügung stand. EDWARDS et al. (2000, S. 229) berichten von einer Erhöhung der Wasserhaltekapazität des Bodens in Dämmen unter einer Auflage von Strohmulch um 5,3 % gegenüber nicht abgedeckten Dämmen: Der Stressfaktor Trockenheit wird vermindert.



**Abb. 35: Deutlich sichtbarer feuchterer Boden bei der Variante *Grünschnitt 20 t/ha* (links) im Vergleich zur *Kontrolle* (rechts) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 29. September 2012**

Abb. 36 stellt die *Messwerte Gipsblock* der Varianten *Kontrolle* (gelbe Linie) und *Grünschnitt 50 t/ha* (grüne Linie) am Versuchsschlag Hausacker am Standort Tautendorf (2011) gegenüber.



<sup>1)</sup>Basierend auf 14 Messungen in einer Wiederholung

**Abb. 36: Verlauf des *Messwerts Gipsblock* in 20 cm Bodentiefe, 1. WH in den Varianten *Kontrolle* und *Grünschnitt 50 t/ha* bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

Bei der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* lagen im überwiegenden Zeitraum die *Messwerte Gipsblock* über jenen der *Kontrolle*. KASTANEK (1996, S. 224) beschreibt die Wasserspannung im Boden und im Medium Gipsblock als im Gleichgewicht: Die mittels Gipsblock ermittelten Werte erlauben somit eine Abschätzung der Saugspannungsverhältnisse im Boden. Die unter *Kontrolle* erhobenen Werte am Versuchsstandort Tautendorf lassen somit darauf schließen,

## Diskussion

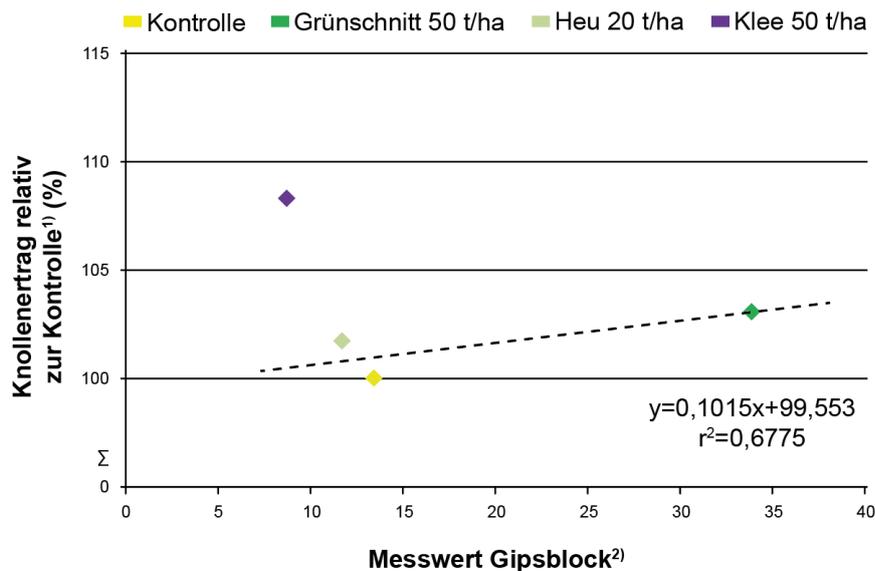
dass die Gipsblöcke über einen langen Zeitraum nicht in der Lage waren, Wasser aus dem umgebenen Boden abzuziehen. Dies lässt auf trockene Verhältnisse im Damm schließen. Die in der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* erhobenen Messwerte lagen dem gegenüber deutlich höher. Ein Mangel an Wasser in der Vegetationsperiode zwischen Blüte und Absterben des Krauts ist als ertragsmindernd einzustufen (zit. n. REUST et KELLER, 1999, S. 145). Dieser genannte kritische Zeitraum wurde am Versuchsstandort Tautendorf im Jahr 2011 durch den 30. Juni – Blühbeginn der Kartoffeln – und den 20. September – Beginn Blattverfärbung – definiert und durch die Messungen mittels Gipsblock abgedeckt. ZHAO et al. (2012, S. 70) konnten durch gravimetrische Messungen in Kartoffeldämmen, welche für unterschiedliche Zeitdauer mit Plastikfolie abgedeckt waren, nachweisen, dass die Bodenfeuchtigkeit im Oberboden (0 bis 20 cm) von den stattgefundenen Niederschlagsmengen abhängig ist und sich – z. B. 40 Tage nach Pflanzung – die abgedeckten Varianten durch doppelt so hohe Bodenwassergehalte signifikant von der nicht abgedeckten Variante (ca. 40 mm versus 20 mm Bodenwassergehalt) unterscheiden.

Die in Abb. 12 dokumentierte Abnahme des Gehalts an Wasser – Basis der indirekten Erfassung durch den *Messwert Gipsblock* – können sowohl durch Drainung, Evaporation oder auch durch Pflanzenaufnahme beeinflusst werden. Ein Abfluss aus den Parzellen kann durch die ebene Lage des Versuchs ausgeschlossen werden. Der im gegenständlichen Versuch festgestellte markante Wechsel von hohen zu niedrigen *Messwerten Gipsblock* – in Abfolge zweier eng zusammenliegender Messtermine – lässt auf Grund der vorliegenden Bodenart (lehmiger Sand) auf ein rasches Einsickern der Niederschläge schließen. Verstärkt wird diese Annahme durch die Tatsache, dass Niederschlagsereignisse nur in den tieferen Bodenschichten (Abb. 12) deutlich zum Ausdruck kamen. Der zeitliche Abstand zwischen stattgefundenem Niederschlag und nachfolgendem Messtermin ist in der Interpretation zu berücksichtigen. Die Genese des vorliegenden Bodens, welche durch das Fließgewässer Taffabach geprägt ist, nimmt auf die Ergebnisse Einfluss. Obwohl die Bodenkarte keine Differenzierung für das Versuchsfeld ausgibt, zeigte der Profilstich eine Zunahme der Bodenschwere in Richtung des Fließgewässers Taffabach, d.h. in Richtung der 4. Wiederholung. Die Veränderung der Bodenschwere resultiert in einer geringeren Regenverdaulichkeit: Die *Messwerte Gipsblock* in der 4. Wiederholung in 20 cm verhalten sich folgend wie jene der 1. Wiederholung in 40 cm Tiefe.

Der Vergleich der *Messwerte Gipsblock* zeigt – sowohl zwischen den Varianten zu den jeweiligen Messzeitpunkten als auch in 20 bzw. 40 cm Bodentiefe – deutlichen Einfluss der ausgebrachten Materialart als auch der Menge an Material auf den Wassergehalt im Damm. Die Einflussnahme der Struktur der ausgebrachten Abdeckmaterialien sowie deren im Laufe der Vegetationszeit geänderte Struktur – dokumentiert wurden u.a. eine Veränderung der

## Diskussion

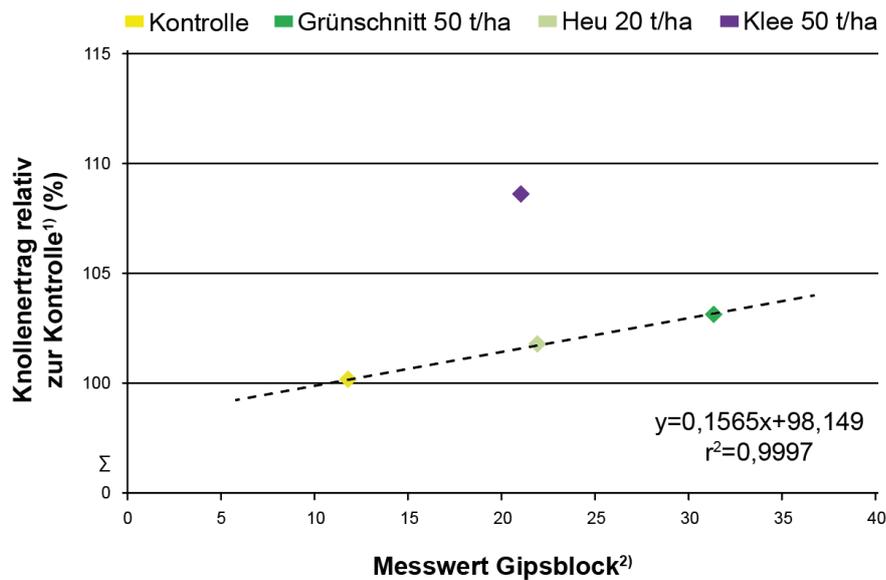
Dichtlagerung oder die Bildung einer modrigen Schicht – auf den Wassergehalt im Damm, muss Gegenstand weiterer Untersuchungen sein: Das Abdeckmaterial beeinflusst einerseits das Einsickern des Wassers in den Damm – das direkte Eindringen des Niederschlags in den Damm steht der Ableitung des Niederschlags in die Dammfurche gegenüber – und andererseits die Evaporation. Die Verdunstung wird durch das Abdeckmaterial reduziert. GEISLER (1983, S. 193) berichtet, dass eine unzureichende Wasserversorgung zu Beginn der Kartoffelentwicklungsphase als ertragsfördernd einzustufen ist und im Gegensatz eine höhere Feuchtigkeit im Boden zu Vegetationsende zu Reifeverzögerungen sowie zu vermehrtem Krankheitsbefall führt. Diese Ergebnisse konnten in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. GREGORY et SIMMONDS (1992, S. 220) weisen darauf hin, dass Bodenfeuchtigkeit und Sonnenstrahlung die bestimmenden Einflüsse für die Ertragsbildung bei Kartoffeln sind. BODNER et al. (2015, S. 418) heben den durch eine Mulchauflage bedingten Verdunstungsschutz hervor, da dieser die Auswirkungen niederschlagsarmer Phasen für die Pflanzen hinsichtlich Wasserstress vermindert.



<sup>1)</sup> Basierend auf 1. Wiederholung

<sup>2)</sup> Basierend auf 14 Messungen je Variante

**Abb. 37: Relativer Knollenertrag zur Kontrolle (%) in Abhängigkeit vom Messwert Gipsblock in 20 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

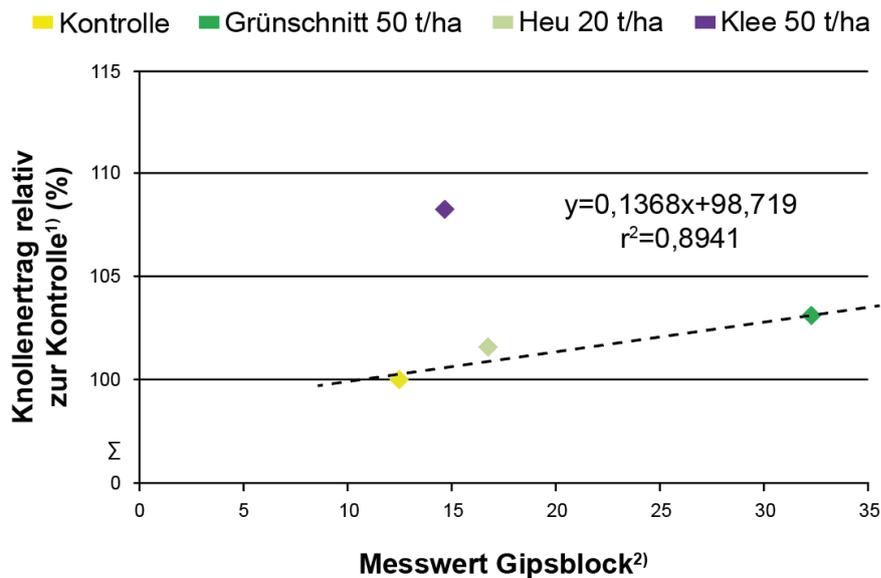


<sup>1)</sup> Basierend auf 1. Wiederholung  
<sup>2)</sup> Basierend auf 14 Messungen je Variante

**Abb. 38: Relativer Knollenertrag zur Kontrolle (%) in Abhängigkeit vom Messwert Gipsblock in 40 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

Allen Abbildungen (37 bis 39) ist zu entnehmen, dass im Versuchsjahr 2011 die Variante *Klee 50 t/ha* (1. Wiederholung) – bei deutlich geringeren *Messwerten Gipsblock* für den Wassergehalt im Boden – Mehrerträge über dem Niveau der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* erzielte. Dieses Ergebnis lässt den Rückschluss zu, dass für den Ertragszuwachs in der Variante *Klee 50 t/ha* einerseits der Wassergehalt im Boden, andererseits aber weitere Parameter Einfluss nehmen. Bei einer Gabe von 150 kg N/ha zu Kartoffeln trägt ein möglicher Eintrag an Stickstoff aus dem Abdeckmaterial Klee nicht zu einer Erklärung der beobachteten Mehrerträge bei. Es bedarf weiterer Untersuchungen, um die einflussnehmenden Größen zu definieren. In den folgenden Versuchsjahren (2012 bis 2014) hoben sich die Knollenerträge der – im Aufwand um 50 % reduzierten – Variante *Klee 25 t/ha* weniger deutlich von den übrigen Varianten ab.

Abb. 37 gibt die Beziehung zwischen den über die Vegetationsperiode gemittelten *Messwerten Gipsblock* in 20 cm Tiefe und dem gegenüber der *Kontrolle* erzielten Mehrerträgen wieder, Abb. 38 jene für die Wassergehalte in 40 cm Tiefe. In beiden Fällen zeigt sich der erzielte Mehrertrag in hoher Abhängigkeit des gegebenen Wasserangebots. Hervorzuheben ist die Variante *Heu 20 t/ha* bei welcher die tendenziell größte Dammquerschnittsfläche (Tab. 36) mit tendenziell erhöhten Messwerten in 40 cm Bodentiefe (Abb. 38) einhergehen. ZHAO et al. (2012, S. 70) stellen mit Plastikfolie bedeckte Dämme nicht bedeckten Dämmen gegenüber: Die Bodenfeuchtigkeit in 21 bis 60 cm Tiefe liegt bei den mit Plastikfolie bedeckten Dämmen über weite Bereiche der Vegetationsperiode über jenen der nicht bedeckte Dämmen.



<sup>1)</sup> Basierend auf 1. Wiederholung

<sup>2)</sup> Basierend auf 14 Messungen je Variante und Messtiefe

**Abb. 39: Relativer Knollenertrag zur Kontrolle (%) in Abhängigkeit vom Mittelwert Messwert Gipsblock in 20 und 40 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

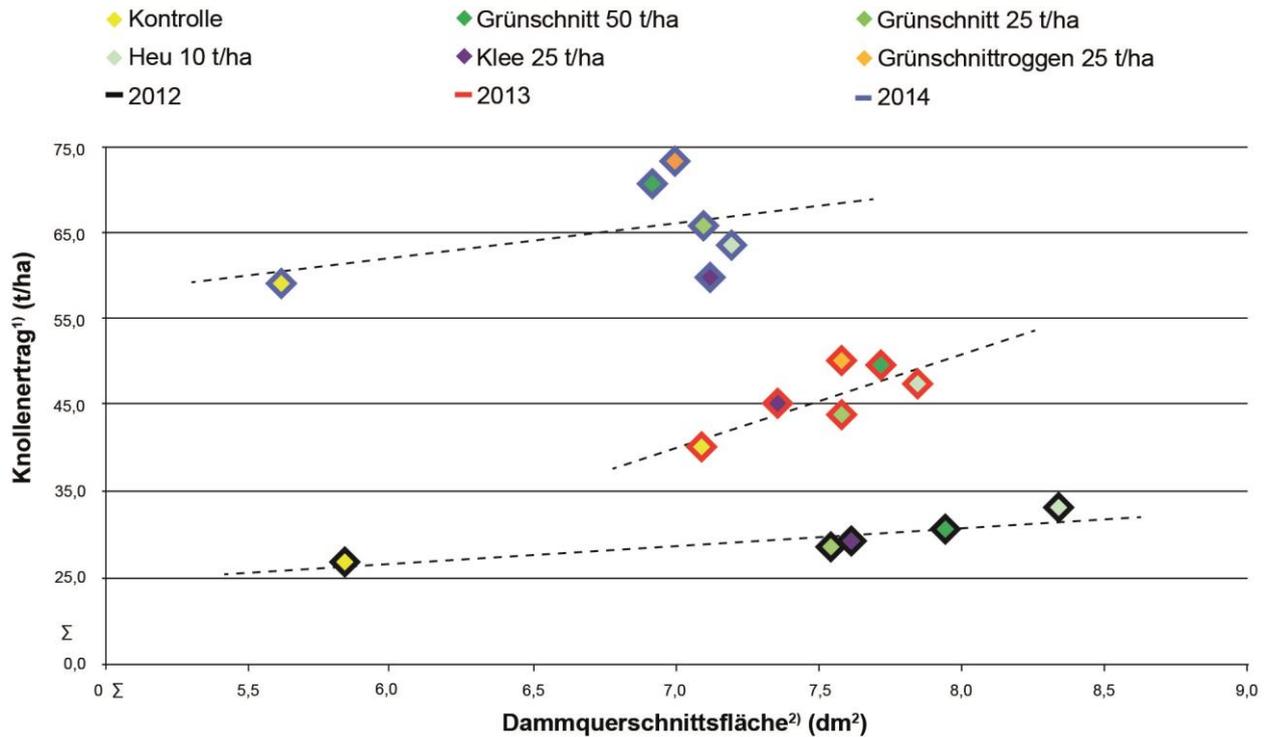
In Abb. 39 sind folgend alle vorliegenden Messwerte in 20 und 40 cm Tiefe (1. Wiederholung) zusammengefasst und den korrespondierenden Mehrerträgen gegenübergestellt. Ausgehend von einer Pflanztiefe der Kartoffeln von etwa 15 bis 18 cm (Tab. 18) und einer potenziellen Durchwurzelungstiefe von ca. 60 bis 100 cm (DIEPENBROCK, 1999, S. 173) ist davon auszugehen, dass die Gehalte an Wasser sowohl in der Messtiefe 20 als auch 40 cm das Wachstum der Kartoffelpflanzen beeinflussten.

### 7.2.5.3 Dammstabilität

DIEPENBROCK et al. (2016, S. 235) geben eine durchschnittliche Dammquerschnittsfläche von 10 dm<sup>2</sup> als Idealzustand für den Kartoffeldamm an. Nach KOUWENHOVEN et al. (2003, S. 127) wird diese Angabe bei einem Reihenabstand von 90 cm erreicht – eine Ertragssteigerung bei 90 cm Reihenabstand und 10 dm<sup>2</sup> Dammquerschnittsfläche bei Verarbeitungskartoffeln wird im Vergleich zu einem Anbau mit 75 cm Reihenweite dokumentiert, da bei einem Reihenabstand von 75 cm eine Dammquerschnittsfläche von ca. 8,0 dm<sup>2</sup> vorliegt.

Die indexbezogene Auswertung der photogrammetrischen Dammvermessung am Versuchsstandort Tautendorf 2014 (Tab. 33) zeigte, dass die geforderten 8,0 dm<sup>2</sup> Dammquerschnittsfläche zum Zeitpunkt der Aussaat im Wesentlichen bei allen Varianten gegeben war.

## Diskussion



<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante

<sup>2)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen und drei Messungen je Variante

**Abb. 40: Knollenertrag (t/ha) in Abhängigkeit der Dammquerschnittsfläche (dm<sup>2</sup>) zu Vegetationsende für alle Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Basis manuelle Dammvermessung, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014**

Wie Abb. 40 zeigt lagen zu Vegetationsende die Dammquerschnittsflächen unter organischen Abdeckmaterialien in einem Bereich zwischen 7,0 und 8,0 dm<sup>2</sup>. Dies entsprach dem Soll-Wert der Dammquerschnittsfläche bei der Pflanzung. In den Jahren 2012 und 2014 wiesen die Dammquerschnittsflächen der *Kontrolle* zu Vegetationsende Werte zwischen 5,5, und 6,0 dm<sup>2</sup> auf. Diese Minderung der Variante *Kontrolle* bestätigen die photogrammetrischen Messungen im Jahr 2014 durch die Dokumentation der Dammquerschnittsfläche zu Vegetationsbeginn und –ende.

Im Gegensatz zu den Jahren 2012 und 2014 lag im Jahr 2013 zu Vegetationsende die Dammquerschnittsfläche der *Kontrolle* nahe bei den abgedeckten Varianten. Wie in Kapitel 7.1. beschrieben, nahmen Niederschlagsmenge (Abb. 25) und Niederschlagsverteilung (Tab. 14) Einfluss auf die Dammquerschnittsfläche.

Hohe Niederschlagsmengen im Jahr 2014 führten zu kleineren Dammquerschnittsflächen, auch in den Varianten mit Dammapdeckung, und gleichzeitig zu höheren Knollenerträgen. In jedem Einzeljahr wurden durch die Aufbringung von organischem Abdeckmaterial sowohl höhere Dammquerschnittsflächen bis Vegetationsende erreicht als auch höhere Knollenerträge erzielt.

#### 7.2.5.4 Abdeckmaterial als Nährstoffquelle

Die Untersuchung des Oberbodens (0 bis 30 cm) nach der Kartoffelernte ergab Hinweis auf Nährstoffzufuhr bzw. -eintrag aus dem Abdeckmaterial. Dieses Ergebnis wird insbesondere aus dem Vergleich der Gehalte im Oberboden an EUF-NO<sub>3</sub>-N und EUF-N<sub>org</sub>-N (mg/100 g Boden) zwischen der Variante *Klee 50 t/ha* (2011) und jenen der *Kontrolle* (2011) bestärkt: Nach Abdeckung mit Klee 50 t/ha wurden um mehr als 70 % höhere Gehalte an EUF-NO<sub>3</sub>-N und EUF-N<sub>org</sub>-N festgestellt.

Bei einer Bewertung von 44 kg N/ha je mg **EUF-NO<sub>3</sub>-N**/100 g Boden (BMLFUW, 2017 b, S. 44) standen somit 35 kg N/ha (Variante *Kontrolle*, 2011) bzw. etwa 60 kg N/ha aus EUF-NO<sub>3</sub>-N (Variante *Klee 50 t/ha*, 2011) der Folgekultur aus dem Oberboden zur Verfügung. 2012 waren im Gehalt an Nitrat keine Differenzierungen gegeben: Es fanden sich jeweils etwa 35 kg N/ha aus Nitrat. PAUL (1994, S. 30ff) zeigt für den Zeitraum nach der Ernte (Mitte Juli bis Mitte Oktober) durch die Einarbeitung von Erbsenstroh im Oberboden (0 bis 30 cm) einen Anstieg des Gehalts an EUF-NO<sub>3</sub>-N und beschreibt, dass unter den gegebenen trockenen Bedingungen am Standort die Mineralisation gegenüber der Parzelle ohne Erbsenstroh um 30 kg N/ha höher liegt.

Grundsätzlich wies die Variante *Kontrolle* in beiden Jahren gegenüber den übrigen Varianten niedrigere Gehalte an **EUF-N<sub>org</sub>-N** auf, was auf ein – nach dieser Variante verbleibendes – geringeres Mineralisationspotential des Bodens schließen lässt. Speziell gegenüber den Varianten mit Abdeckung lagen die Gehalte in der *Kontrolle* um ca. 40 % zurück. PAUL (1994, S. 33f) zeigt in seinen Versuchen demgegenüber, dass die Einarbeitung von Erbsenstroh zu keiner Erhöhung des Gehalts an EUF-N<sub>org</sub>-N führt.

Entsprechend den *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland* ist in der Bemessung des Düngebedarfs zu Folgekulturen mit langer Vegetationsdauer im Erntejahr je mg EUF-N<sub>org</sub>-N/100 g Boden mit ebenfalls einer Verfügbarkeit von 44 kg N/ha zu bewerten (BMLFUW, 2017 b, S. 44). Basis dieser Bewertung stellte der Boden der Folgekultur nach der Kartoffelernte 2011 in der Variante *Kontrolle* 100 kg N/ha und in der Variante *Klee 50 t/ha* 185 kg N/ha zur Verfügung. Dem gegenüber vermag der Boden nach Kartoffel 2012 nur 60 kg N/ha in der Variante *Kontrolle* und 90 kg N/ha in der Variante *Klee 25 t/ha* der Folgekultur bereitzustellen. Standorttypisch wies der Versuchsschlag 2011 höhere Gehalte an EUF-N<sub>org</sub>-N aus als jener des Jahres 2012. Die relative Zunahme der EUF-N<sub>org</sub>-N-Gehalte in den Varianten mit Abdeckung gegenüber der *Kontrolle* richtete sich nach Material und Ausbringungsmenge. Tendenziell fiel diese 2012 höher aus als im Jahr davor. Dieser Unterschied zwischen den Jahren lässt sich durch höhere Niederschlagsmenge in den Monaten mit einer Dammbdeckung (Juni bis September) – 297 mm (2011) und 597 mm (2012) – im Jahr 2012 begründen, welche folglich zu einem höheren Angebot an Nährstoffen aus dem Abdeckmaterial in den Boden geführt haben mag. Einige Autoren vertreten demgegenüber die Meinung, dass eine Veränderung des Gehalts an Stickstoff im Boden durch einjährige Einbringung von

organischem Material nicht nachweisbar ist (zit. n. BAEUMER, 1997, S. 222). Im Folgejahr 2012 konnte durch die Ausbringung von Klee 25 t/ha zwar keine Erhöhung des Gehalts an EUF-NO<sub>3</sub>-N im Oberboden festgestellt werden – jedoch zeigte sich der Gehalt an EUF-N<sub>org</sub>-N deutlich erhöht. DÖRING et al. (2005, S. 243) verweisen auf um 17,6 kg NO<sub>3</sub>-N/ha höhere Gehalte im Boden (0 bis 60 cm) nach der Kartoffelernte unter nicht abgedeckten Dämmen im Vergleich zu mit Stroh (2,5 t/ha) bedeckten Dämmen. Verantwortlich hierfür ist das weite C:N-Verhältnis des eingearbeiteten Strohs, welches die Freisetzung von Stickstoff hemmt (zit. n. DÖRING et al., 2005, S. 243). Deshalb wird von vielen Autoren, unter anderem von DIEPENBROCK et al. (1999, S. 81) empfohlen in einer analogen Situation, gleichzeitig zu einer Einarbeitung von Stroh nach Getreideernte auch mineralischen Stickstoff im Umfang von 10 kg N je Tonne Stroh auszubringen, um den mikrobiellen Abbau des gering stickstoffhaltigen Strohs zu fördern. Die von DÖRING et al. (2005) beschriebenen Beobachtungen und die aus diesen resultierenden Folgerungen konnten für die am Standort Tautendorf in den Jahren 2011 und 2012 eingesetzten Materialien nicht bestätigt werden.

Das Ergebnis der EUF-Bodenuntersuchung zeigt, dass in den abgedeckten Varianten das Nährstoffangebot nicht nur bei EUF-NO<sub>3</sub>-N und EUF-N<sub>org</sub>-N sondern auch bei EUF-P und EUF-K immer über jenem der *Kontrolle* lag. Die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* wies im Jahr 2011 gegenüber der *Kontrolle* einen um etwa 1,0 mg **EUF-P**/100 g Boden höheren Wert im Bereich 0 bis 30 cm aus. Unter der Annahme, dass dem vorliegenden Boden eine Bodendichte von 1,3 g/cm<sup>3</sup> (SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL, 2010, S. 180) zuzuordnen ist und ein Umrechnungsfaktor von P auf P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> von 2,29 (BMLFUW, 2017 b, S. 93) gilt, entspricht 1,0 mg P/100 g Boden etwa 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> je Hektar. 50 t/ha Grünschnitt mit einem Gehalt von 17 % Trockensubstanz entsprechen 8,5 t/ha Trockenmasse. Entsprechend den *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland* entspricht dies dem Ertrag einer dreischnittigen Dauerwiese bei mittlerer bis hoher Ertragslage (BMLFUW, 2017 b, S. 37). Für diese empfehlen die *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland* eine Düngung von 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/a (BMLFUW, 2017 b, S. 52) um die entzogene Menge an Phosphor auszugleichen.

Die *Kontrolle* hatte im Jahr 2011 gegenüber der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* einen um zwei mg **EUF-K**/100 g Boden höheren Wert sowohl im Bereich 0 bis 30 cm als auch im Bereich 30 bis 60 cm. Bei gleicher Vorgehensweise wie bei EUF-P ergibt sich aus 4,0 mg EUF-K/100 g Boden (beide Entnahmehorizonte zusammengefasst) ein Mehrangebot von rund 190 kg K<sub>2</sub>O/ha. Entsprechend den *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland* liegen die 190 kg K<sub>2</sub>O/ha ebenfalls im Bereich einer entzugskompensierenden Düngung für eine dreischnittige Dauerwiese bei mittlerer bis hoher Ertragslage (BMLFUW, 2017 b, S. 52).

CANALI et al. (2012, S. 459ff) beschreiben, dass durch das – mit einer Dammbdeckung – zugeführte organische Material, eine zusätzliche Düngung erfolgt und somit eine zusätzliche Nährstoffquelle zur Verfügung steht: Das gleichzeitige Vorhandensein von ausgebrachtem

kompostiertem Rasen- und Gartenschnitt sowie der Pflanzenreste einer Klee-Zwischenfrucht zeigt sich in einem Knollenmehrertrag von ca. 25 % gegenüber nicht bedeckten Flächen. Die Autoren beschreiben die Dammbdeckung als fördernd für die Kartoffelpflanze und in weiterer Folge für den Ertrag, da die Kartoffelpflanzen über einen langen Zeitraum optimal mit Stickstoff versorgt werden. Kompost weist ein weites, die Pflanzenreste der Leguminosen ein enges C:N-Verhältnis auf, womit eine gleichmäßige Stickstoffversorgung über die gesamte Vegetationsperiode möglich ist (CANALI et al., 2012, S. 459ff).

Der Reproduktionskoeffizient einer Gründüngung liegt bei 0,4 Einheiten, d. h., dass je Tonne Gründüngungsbiomasse (mit 10 % Trockensubstanz) etwa 40 kg organische Substanz im Boden positiv in einer Humusbilanz berücksichtigt werden kann (zit. n. VETTER, 1997, S. 316). Für Stroh wird ein Reproduktionskoeffizient von 0,68 angegeben und resultiert in 550 kg organische Masse je Tonne Stroh (zit. n. VETTER, 1997, S. 316). KOLBE (2007, s.p.) nennt ähnlich hohe Reproduktionskoeffizienten für eine zugeführte Menge von 10 bis 20 t/ha Gründüngung und für eine zugeführte Menge an 3 bis 6 t/ha Stroh. Diese Angaben zu Gründüngung können für die Varianten *Grünschnitt 25 t/ha* (Standort Tautendorf) bzw. *Grünschnitt 20 t/ha* (Standort Moidrams) geltend gemacht werden. Ebenso können die Angaben für Stroh – unter Berücksichtigung der höheren Ausbringmengen an den Versuchsstandorten der vorliegenden Arbeit – für die Varianten *Grünschnittroggen 25 t/ha* (Standort Tautendorf) und den Varianten *Grünschnittroggen 20 t/ha* (Standort Moidrams) herangezogen werden. Organische Materialien, die zur Dammbdeckung eingesetzt werden, tragen – unabhängig von der Beeinflussung der Nährstoffgehalte im Boden – zum Aufbau der organischen Substanz im Boden bei. Zudem beschreibt GAMERITH (2012, S. 85), dass die Wurzeln der Kartoffelpflanzen in den abgedeckten Varianten (organisches Material) aus den Dämmen austreten und sich diese sowohl unter, als auch im feuchten organischen Material weiterentwickeln.

### **7.3 Einfluss der Dammbdeckung auf Qualitätsparameter bei Stärkeindustriekartoffeln**

#### **7.3.1 Stärkegehalt in den Knollen**

Die an den Standorten Tautendorf und Moidrams erarbeiteten Ergebnisse zeigen in keiner Zusammenfassung der Jahre zwischen den Varianten eine statistische Unterscheidung im Stärkegehalt in den Kartoffelknollen (Tab. 39 und Tab. 55) – ausgenommen in der zweijährigen Zusammenfassung (2013 und 2014) Standort Tautendorf. Tendenziell war an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf der Unterschied im Gehalt an Stärke zwischen der Variante *Kontrolle* und der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* am größten. Diese Variante *Grünschnitt 50 t/ha* wies jedoch statistisch signifikant die höchsten Knollenerträge auf. Dieses Ergebnis – eine negative Korrelation zwischen Knollenertrag und Stärkegehalt – bestätigen

KNITTEL et ALBERT (2003, S. 158). Zudem zeigen QIN et al. (2014, S. 93), dass der Einsatz von Plastikfolie zur Dammbdeckung im Kartoffelbau keinen Einfluss auf den Stärkegehalt hat.

### 7.3.2 Nitratgehalte in den Knollen

Ein statistisch abgesicherter Einfluss des Faktors Variante (= Abdeckmaterial bei Kartoffeln) auf den Nitratgehalt in den Knollen war in keiner Zusammenfassung über die Jahre gegeben. Tendenziell wiesen *Kontrolle*, *Grünschnitt 25 t/ha*, *Heu 20 bzw. 10 t/ha* und *Grünschnittroggen 25 t/ha* im Vergleich zu *Grünschnitt 50 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha* einen geringeren Nitratgehalt in den Knollen auf (Tab. 66). Die erhöhten Nitratgehalte in den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha* deckten sich mit den höheren EUF-NO<sub>3</sub>-N und EUF-N<sub>org</sub>-N Werten der Bodenuntersuchung (Tab. 43 und Tab. 44). Stickstoffgaben – vor allem aus organischem Ursprung – werden für erhöhte Nitratgehalte in den Knollen verantwortlich gemacht (zit. n. SATTELMACHER, 1999, S. 161).

**Tab. 66: Gehalt an Nitrat in Knollen (g/kg) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Zusammenfassung nach Jahren Variante	2011, 2012, 2013, 2014 Nitratgehalt <sup>1)</sup> (g/kg)	2012, 2013, 2014 Nitratgehalt <sup>1)</sup> (g/kg)	2013, 2014 Nitratgehalt <sup>1)</sup> (g/kg)
<b>Kontrolle (absolut)</b>	58	60	56
<b>Grünschnitt 50 t/ha (absolut)</b>	80	84	105
<b>Grünschnitt 25 t/ha (absolut)</b>	n.b.	58	66
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha (absolut)</b>	61	69	73
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha (absolut)</b>	85	81	107
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha (absolut)</b>	n.b.	n.b.	75

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr  
n.b. = nicht bestimmt

### 7.3.3 Fraßstellen an den Knollen

An den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf gab es in allen Zusammenfassungen über die Jahre sehr niedrige Schäden durch Befraß der Knollen. Der Prozentsatz an Fraßstellen, welche vorwiegend durch die Larven des Saatschnellkäfers (*Agriotes lineatus* L.) oder des Düsteren Humusschnellkäfers (*Agriotes obscurus* L.) entstanden, waren in den Zusammenfassungen über die Jahre zwischen den Varianten an den Versuchsschlägen Standort Tautendorf und Moidrams nicht signifikant verschieden.

**Tab. 67: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014**

Zusammenfassung nach Jahren Variante	2011, 2012, 2013, 2014 Fraßstellen <sup>1)</sup> (%)	2012, 2013, 2014 Fraßstellen <sup>1)</sup> (%)	2013,2014 Fraßstellen <sup>1)</sup> (%)
<b>Kontrolle (absolut)</b>	2,9	1,3	1,8
<b>Grünschnitt 50 t/ha (absolut)</b>	0,2	0,2	0,4
<b>Grünschnitt 25 t/ha (absolut)</b>	n.b.	0,3	0,2
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha (absolut)</b>	1,1	1,4	2,1
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha (absolut)</b>	0,5	0,7	1,0
<b>Grünschnittroggen 25 t/ha (absolut)</b>	n.b.	n.b.	0,8

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr  
n.b. = nicht bestimmt

Tendenziell zeigten – in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre der Versuchsschläge Standort Tautendorf – die *Kontrolle* und die Variante *Heu 20 bzw. 10 t/ha* einen höheren Prozentsatz an Fraßstellen gegenüber allen anderen abgedeckten Varianten (Tab. 67). Nach RADTKE et al. (2000, S. 143) führt Trockenheit zu vermehrtem Befall durch die angeführten Schädlinge. Ob die Varianten *Kontrolle* und *Heu 20 bzw. 10 t/ha* trockenere Verhältnisse im Damm schaffen, bedarf weiterer Untersuchungen. Diese Verbindung untermauern HERMANN et al. (2013, S. 48) mit ihren Ergebnissen, dass mit zunehmendem Sandanteil im Boden – welcher in weiterer Folge für Trockenheit im Boden steht – das wasserhaltige Milieu in den Kartoffelknollen für Drahtwürmer attraktiv ist.

## 7.4 Einfluss der Dammapdeckung bei Kartoffeln auf Wachstumsverlauf und Kornertrag bei der Nachfrucht Winterweizen

### 7.4.1 Residuen der Dammapdeckmaterialien im Frühjahr des Folgejahrs

In allen Jahren waren bei der visuellen Beurteilung der Parzellen im Frühjahr nach Kartoffeln die Reste der Abdeckmaterialien – vor allem bei den Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* (2011 bis 2014), *Heu 20 t/ha* (2011), *Heu 10 t/ha* (2012 bis 2014) und *Grünschnittroggen 25 t/ha* (2013 und 2014) – im Weizenbestand erkennbar (Abb. 41).

Pflanzenmaterial im oberen Bodenhorizont wird sowohl infolge einer Reduzierung der Aufprallenergie des Niederschlags als auch einer höheren Infiltrationsrate positiv für die Stabilität des Bodens bewertet (zit. n. LOZIER et al., 2017, S. 40).

In den vier Versuchsjahren war – in allen Varianten – eine uniforme Etablierung der Winterweizenbestände gegeben. Winterweizenparzellen mit Abdeckmaterialien aus der vorausgegangenen Kartoffelkultur waren von solchen ohne Abdeckung nicht zu unterscheiden. Eine Ausnahme bildete die Variante *Klee 25 t/ha* im Jahr 2015. Sie wies in den Jahren 2012 bis 2014 eine gute Bestandsentwicklung sowie einen signifikant höheren Kornertrag gegenüber der *Kontrolle* auf. Nur im Jahr 2015 kam es bei Winterweizen nach Kartoffeln 2014 unter

## Diskussion

Abdeckmaterial Klee 25 t/ha zu vermindertem Feldaufgang und folgend zu einem lückigen Bestand (Abb. 42). Aufgelaufene Pflanzen blieben in ihrer Entwicklung zurück. Das Schadbild war in allen Wiederholungen in gleichem Ausmaß gegeben und die jeweiligen Parzellen waren scharf zu den benachbarten Parzellen abgegrenzt.



**Abb. 41: Mit dem freien Auge sichtbare Reste des Abdeckmaterials  
Grünschnitttroggen aus dem Vorjahr im Weizenbestand,  
Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 22. März 2014**



**Abb. 42: Weizenbestand an der Parzellengrenze zwischen *Kontrolle*, 3. WH (linke Bildhälfte) und  
*Klee 25 t/ha*, 4. WH (rechte Bildhälfte),  
Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 30. Mai 2015**

Im Herbst 2014 waren sehr feuchte Witterungs- und Bodenverhältnisse bei der Kartoffelernte gegeben. Die fehlende Abtrocknung des Bodens bis Anfang November führte nachfolgend zu suboptimalen Bedingungen bei der Aussaat des Winterweizens.

Zu diskutieren bleibt, ob und in welchem Umfang die nassen Bedingungen im Herbst 2014 eine Veränderung des Abbauverhaltens des eingesetzten Materials (Klee) nach sich zogen. CHRISTEN (2009, S. 278) zeigt, dass Verdichtungen im Boden sowie Staunässe die Wurzeln von Weizen in ihrem Wachstum beeinträchtigen und Luftarmut zu Mangelerscheinungen, welche mit Wasser- und Nährstoffdefiziten vergleichbar sind, führt. PAUL (1994, S. 35) führt eine reduzierte Mineralisation nach Einarbeitung von Rübenblättern im Oktober bzw. November auf Kälte sowie erhöhte Bodendurchfeuchtung zurück.

OHNO et DOOLAN (2001, S. 189) berichten von der phytotoxischen Wirkung von eingearbeiteten Kleeresten, welche bei Ackersenf (*Sinapis arvensis* L.) zu gehemmtem Keimlingswachstum führt: Die Autoren beobachten eine Verbräunung der Wurzeln. So verweisen CANNELL et LYNCH (1984, S. 455) auf eine phytotoxische Wirkung, im Besonderen beim Abbau von Pflanzenresten unter anaeroben Bodenverhältnissen. Nach ACEVEDO et al. (1999, S. 310) führen nicht eingearbeitete Pflanzenreste zu Ertragsabfall. Als mögliche Ursachen werden hier allerdings ein verminderter Gehalt an Nitrat im Boden, Schädigungen durch den Gelbverzweigungsvirus (*Barley yellow dwarf virus*) sowie durch Wurzelälchen (*Pratilenchus tomei*) angeführt (ACEVEDO et al., 1999, S. 310). Weiters beschreibt CHRISTEN (2009, S. 108), dass nicht abgebautes, organisches Material am Boden zur Überdauerung von Krankheitserregern beiträgt. Ein erhöhter Krankheitsbefall im Weizen konnte am Versuchsstandort Tautendorf nicht beobachtet werden.

### **7.4.2 Parameter der Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit der durch N-Tester ermittelten Werte**

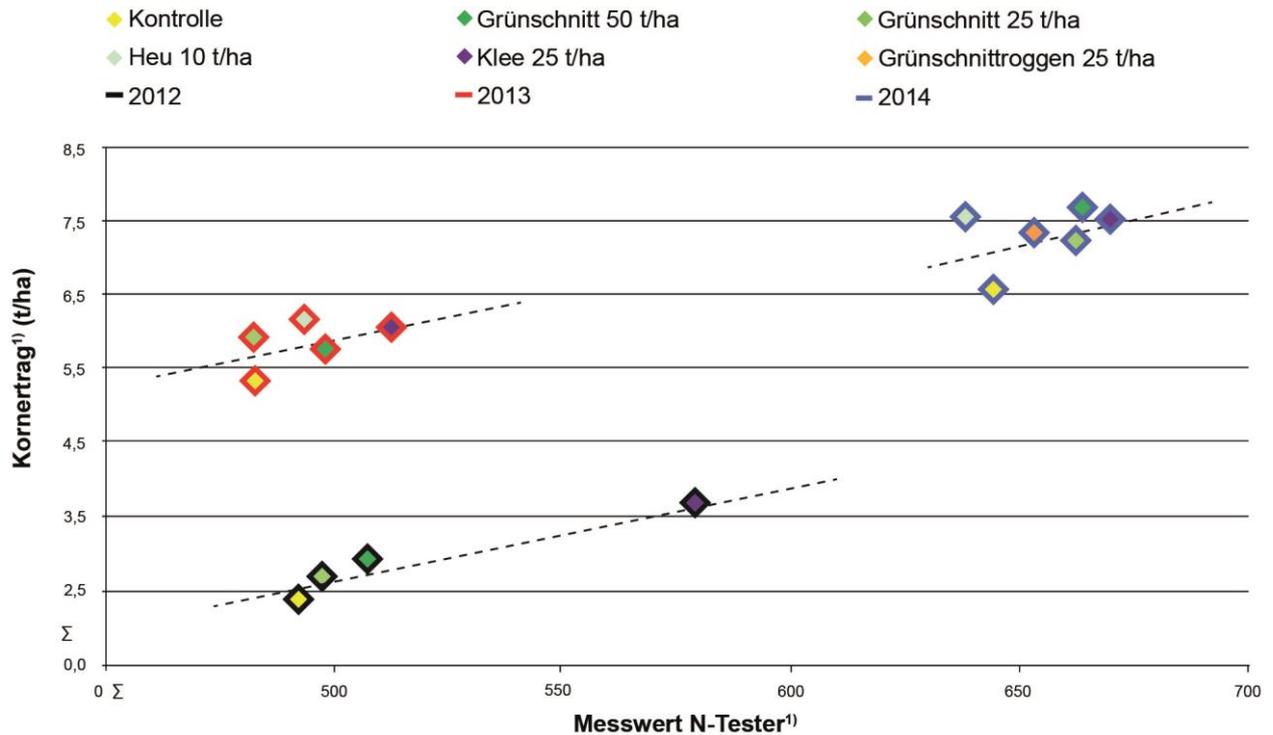
Bei Zusammenfassung der vier Versuchsjahre im Winterweizen wies die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* (exkl. Daten 2015) den höchsten, mittels N-Tester zum BBCH-Stadium 37, ermittelten Messwert auf (Tab. 58). Für diese Variante ergab sich eine um 10 kg N/ha geringere Düngeempfehlung gegenüber jenen für die übrigen Varianten. Auf Leguminosen basierendes Mulchmaterial wird von einigen Autoren als Stickstoffquelle – auch ohne Berücksichtigung der aus Symbiose der Knöllchenbakterien resultierenden Stickstoffmenge – angeführt (zit. n. FAGERIA, 2009, S. 60f). Ebenso führt KAUL (2004, S. 99) einen positiven Einfluss der Pflanzenreste durch die Vorfrüchte Erbse und Ackerbohne – vor allem wegen der höheren Stickstoffverfügbarkeit im Boden – in der Keimungsphase von Winterweizen an. PAUL (1994, S. 53f) zeigt, dass der mineralische Stickstoff im Boden (Basis  $N_{\min}$ -Bestimmung nach Wehrmann und Scharpf) im Frühjahr (Februar) durch das im Vorjahr eingearbeitete Erbsenstroh gegenüber den Standorten ohne Einarbeitung von Erbsenstroh jeweils um ca. 10 bis 30 kg N/ha höher ist und erreichte in einem der Versuchsjahre den Sollwert für eine Winterweizendüngung

## Diskussion

im Frühjahr (120 kg N/ha) – somit war keine Stickstoffgabe notwendig. Weitere Standorte mit eingearbeiteten Rübenblättern erreichten gegenüber jenen ohne Rübenblatteinarbeitung einen um mehr als 10 kg N/ha höheren mineralischen Stickstoffgehalt im Boden (PAUL, 1994, S. 53f).

Abb. 43 stellt die mittels N-Testers erhobenen Werte den Kornerträgen gegenüber. Das Versuchsjahr nahm deutlichen Einfluss auf die Beziehung. Die Jahre unterschieden sich in der Niederschlagsmenge (April bis September) und hiermit in der Höhe des Kornertrags. NEUGSCHWANDTER et al. (2015, S. 147) zeigen in mehrjährigen Versuchen Ertragsanstieg in Winterweizen in Abhängigkeit hoher Niederschlagsmengen von der Aussaat bis zur Ernte. Innerhalb der einzelnen Jahre war am Standort Tautendorf zwischen den Messwerten des N-Testers und dem Kornertrag jeweils eine schwach positive Beziehung gegeben. Die Regressionsgeraden wiesen in allen anderen Jahren die gleiche Steigung auf. Das Versuchsjahr 2015 wurde mangels der für *Klee 25 t/ha* ausgeschlossenen Ergebnisse aus der Darstellung in Abb. 43 genommen. Sowohl die *Kontrolle* als auch die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* beeinflussten den Verlauf der Geraden deutlich. Nach HANUS (2008 b, S. 102) führt eine frühe, noch vor dem Ährenschieben feststellbare Stickstoffverfügbarkeit zu einer positiven Beeinflussung des Kornertrags: Die ertragsbestimmenden Faktoren – „verminderte Reduktion von Blüten, positiver Einfluss auf die Fertilität und Ausbildung von Körnern“ (HANUS, 2008 b, S. 102) – werden durch das höhere Stickstoffangebot unterstützt. Die ertragssteigernde Wirkung einer frühen, hohen Stickstoffversorgung bestätigen auch andere Autoren (zit. n. LABUSCHGANE et al., 2006, S. 315). Den übereinjährigen Einfluss von eingearbeitetem Pflanzenmaterial bestätigt PAUL (1994, S. 69f) durch die Dokumentation von mineralisiertem Stickstoff (Basis Rest-N<sub>min</sub>-Bestimmung) nach der Winterweizenernte durch das im Vorjahr eingearbeitete Erbsenstroh (1992/93: 3,64 kg N/ha und 1991/92: 6,4 kg N/ha) bzw. Rübenblatt (1991/92: 11,4 kg N/ha und 1992/93: 33,3 kg N/ha).

## Diskussion



<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante und Jahr

**Abb. 43: Kornertrag (t/ha) in Abhängigkeit vom Messwert N-Tester zum BBCH-Stadium 37 bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014**

### 7.4.3 Ertragsaufbau bei Winterweizen

In Zusammenfassung der Jahre 2012 bis 2015 gilt es, die Beziehung zwischen den Parametern des Ertragsaufbaus zu analysieren und deren Vorhersage auf Basis der durch N-Tester ermittelten Werte zu beurteilen.

#### 7.4.3.1 Beziehung zwischen Parametern des Ertragsaufbaus bei Winterweizen

Tab. 68 zeigt, dass der Weizenkornertrag in hohem Maß vom Gewicht voll ausgebildeter Ähren ( $r = 0,91$ ), jedoch in geringerem Umfang von deren Anzahl ( $r = 0,64$ ) abhängig war. Die von GEISLER (1983, S. 28) unterstellte Korrelation mit  $r = 0,58$  von Ertrag an Ähren und Kornertrag liegt deutlich unter jener vom Gewicht voll ausgebildeter Ähren und Kornertrag in der vorliegenden Arbeit. Die Anzahl voll ausgebildeter Ähren stand in enger Beziehung zur Anzahl ährentragende Halme. Nicht voll ausgebildete Ähren waren in diesen Versuchen nicht von Bedeutung.

Tab. 68: Parameter der Ertragsbildung bei Winterweizen – Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsschläge Standort Tautendorf, 2012 bis 2015

	Kornertrag <sup>1)</sup> (t/ha)	Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)+2)/m<sup>2</sup>(g)</sup>	Anzahl voll ausgebildeter Ähren <sup>1)/m<sup>2</sup></sup>	Anzahl ähren- tragender Halme <sup>1)/m<sup>2</sup></sup>	Halmlänge (cm)	Gewicht Stroh <sup>1)/m<sup>2</sup>(g)</sup>	Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)	Messwert N-Tester <sup>1)</sup>
Kornertrag <sup>1)</sup> (t/ha)								0,61
Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)+2)/m<sup>2</sup>(g)</sup>	0,91							0,69
Anzahl voll ausgebildeter Ähren <sup>1)/m<sup>2</sup></sup>	0,64	0,57						
Anzahl ährentragender Halme <sup>1)/m<sup>2</sup></sup>			0,73					-0,38
Halmlänge <sup>1)</sup> (cm)	0,48	0,34	0,54	0,35				0,44
Gewicht Stroh <sup>1)/m<sup>2</sup>(g)</sup>	0,65	0,79		-0,45				0,75
Hektoliter- gewicht <sup>1)</sup> (kg/hl)	0,65	0,47	0,53		0,57			0,32

<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante und Jahr

<sup>2)</sup> inkl. Spindel

-0,3 ≤ r ≤ 0,3 nicht angeführt

Sowohl die Anzahl ährentragender Halme als auch das Gewicht voll ausgebildeter Ähren standen zur Halmlänge in nur schwacher Beziehung ( $r = \text{ca. } 0,35$ ). Ungeachtet dessen zeigte die Zusammenfassung der vier Versuchsjahre, dass die Halmlänge der Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* mit 81 cm im Vergleich zur *Kontrolle* mit 76 cm statistisch signifikant höher war (Tab. 58). Etwas enger war die Relation von Halmlänge und der Anzahl voll ausgebildeter Ähren in Bezug auf den Kornertrag ( $r = \text{ca. } 0,5$  und  $r = \text{ca. } 0,6$ ). Das Gewicht voll ausgebildeter Ähren sowie der Kornertrag zeigten sich in hoher Abhängigkeit vom Gewicht an Stroh. Die vorliegenden Ergebnisse weisen keine Beziehung zwischen Anzahl ährentragender Halme und Kornertrag aus (Tab. 68).

Während das Hektolitergewicht in positiver Relation ( $r = \text{ca. } 0,5$ ) zu den meisten Parametern der Ertragsbildung stand (Tab. 68), wurde der Gehalt an Protein des Weizens von diesen durchwegs negativ beeinflusst (Tab. 68). Dessen Beziehungen werden unter Kapitel 7.5 gesondert diskutiert.

### **7.4.3.2 Beziehung zwischen den Parametern Ertragsaufbau bei Winterweizen und der durch N-Tester ermittelten Werte**

Sowohl die Anzahl ährentragender Halme ( $r = \text{ca. } -0,4$ ) als auch die Halmlänge ( $r = \text{ca. } 0,4$ ) standen in nur schwacher, die Anzahl voll ausgebildeter Ähren in keiner Abhängigkeit von den mittels N-Tester erfassten Werten (Tab. 68). Ursache hierfür ist, dass zum Messzeitpunkt – BBCH-Stadium 37 des Winterweizens – die Ertragsparameter bereits festgelegt waren. Enge Beziehungen ergaben sich von den mittels N-Tester erfassten Werten zum Gewicht an Stroh ( $r = 0,75$ ) sowie zum Kornertrag ( $r = 0,61$ ), welcher selbst – wie beschrieben – in enger Relation zum Gewicht an voll ausgebildeten Ähren stand. Auch SIELING (2008, S. 110f) zeigt einen Anstieg der Masse an vegetativem und generativem Aufwuchs mit steigender N-Verfügbarkeit.

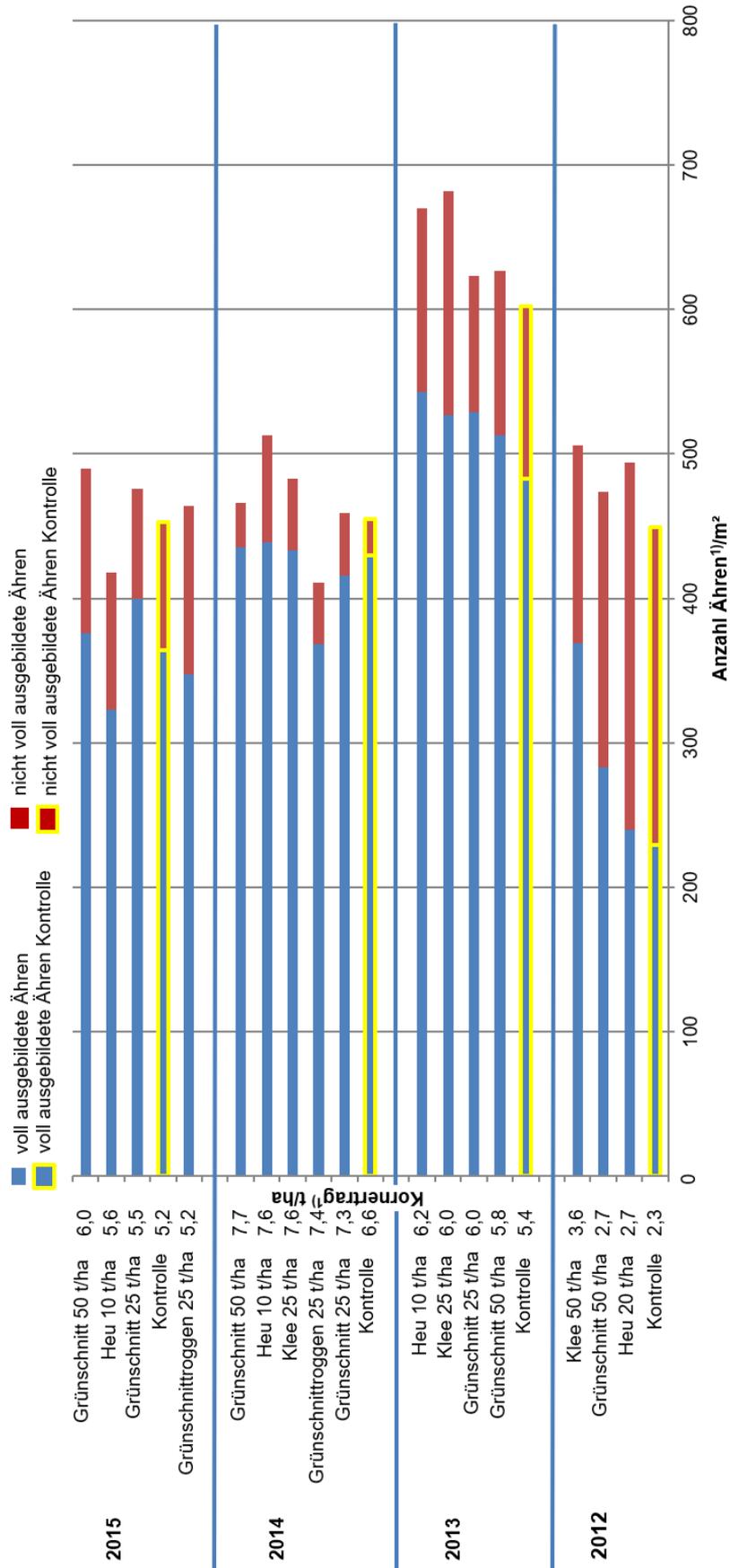
Die hoch positive Korrelation zwischen Gewicht an Stroh und Gewicht an voll ausgebildeten Ähren ( $r = 0,79$ ) wurde auch von CHRISTEN (2008, S. 46) gezeigt und dieser verweist, dass unter Stress in der Kornfüllungsphase auf zwischengespeicherte Assimilate in der Sprossachse zurückgegriffen wird. Die positive Beziehung zwischen Kornertrag (bzw. Gewicht an voll ausgebildeten Ähren) und den mittels N-Tester ermittelten Werten wurde maßgeblich vom Verhältnis der Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* zur *Kontrolle* beeinflusst (Tab. 58). Das Gewicht an voll ausgebildeten Ähren der Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* lag mit 16 % statistisch signifikant über jenem der *Kontrolle* in der vierjährigen Zusammenfassung. Ebenso wurde für die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* mittels N-Tester jeweils die höchsten Werte – somit der niedrigste Aufdüngungsbedarf – ermittelt. HANUS (2008 b, S. 288) führt niedrige Korngewichte einerseits auf Wassermangel und andererseits auf eine fehlende Stickstoffversorgung in der Phase der Kornbildung zurück. SIELING (2008, S. 112) zeigt, dass ein Mangel an Nährstoffen zum Schossen zu mangelhaft ausgebildeten Ähren führt.

## Diskussion

Das zur Dammbdeckung eingesetzte organische Material führte bei der Nachfrucht Winterweizen im Folgejahr zu einer signifikanten Erhöhung des Kornertrags (Tab. 61). Die statistische Auswertung in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre wies – bei gegebener limitierter Stickstoffversorgung von 80 kg N/ha mineralischer Düngung – mit 4,9 t/ha den niedrigsten mittleren Kornertrag für die *Kontrolle*, mit 5,9 t/ha den höchsten für die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* aus. Dies entspricht einem Mehrertrag von ca. 20 %. Gegenüber der *Kontrolle* wurde für die Variante *Grünschnitt 50 t/ha* ein Mehrertrag von ca. 14 %, für *Heu 20 bzw. 10 t/ha* von 12 % ermittelt. HE et al. (2017, S. 3003f) erhalten bei Weizen unter Plastikfolie einen Mehrertrag von ca. 13 %.

EREKUL (2000, S. 48f) zeigt, dass vor Winterweizen im Feld verbliebene Ernterückstände, wie unter anderem Stroh bzw. Rübenblatt, höhere Weizenerträge bewirken und führt zusätzlich aus, dass der Einsatz einer Kombination aus organischen und mineralischen Düngemitteln gegenüber einer ausschließlich mineralischen Düngerstrategie von Vorteil war. Auch TAUBNER et al. (2009, S. 36) berichten, dass sich in Winterweizen – besonders auf schwächeren, sandigen Standorten – bei einmaliger sowie wiederholter Ausbringung von Grünguthäcksel (50 bis 150 m<sup>3</sup>/ha) Ertragssteigerungen von 13 bis 23 % erzielen lassen.

Abb. 44 verdeutlichen den Einfluss der Jahre auf den Kornertrag. Allen Jahren war gemeinsam, dass in der *Kontrolle* der niedrigste Kornertrag erzielt wurde. Ebenso unterschied sich die Relation an voll und nicht voll ausgebildeten Ähren nach Jahren, jedoch kaum zwischen den geprüften Varianten des jeweiligen Jahrs (Tab. 69). Nur im Jahr 2012 wies die Variante *Klee 50 t/ha* im Vergleich zur *Kontrolle* eine deutlich reduzierte Anzahl an nicht voll ausgebildeten Ähren aus. Nach GEISLER (1983, S. 63) schlägt sich eine Zunahme der Anzahl Ähren/m<sup>2</sup> in steigenden Kornerträgen in ertragsschwachen Jahren gegenüber ertragsstarken Jahren deutlich ausgeprägter nieder. Diese Feststellung steht im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen: Die Versuchsjahre 2012, 2014 und 2015 weisen eine ähnlich hohe Gesamtanzahl an Ähren auf (Tab. 69), wobei das Versuchsjahr 2012 deutlich niedrigere Kornerträge hatte. Die Versuchsjahre unterschieden sich (statistisch nicht signifikant) in der Verteilung von voll ausgebildeten und nicht voll ausgebildeten Ähren. So war im Jahr 2012 ein Verhältnis von ca. 50 zu 50 % gegeben im Gegensatz zu den Jahren 2013 und 2014 mit einem Verteilungsverhältnis von ca. 85 zu 15 %.



<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr

Abb. 44: Kornertrag (t/ha) in Abhängigkeit von Anzahl voll ausgebildeter Ähren und nicht voll ausgebildeter Ähren/m<sup>2</sup> bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015

Tab. 69: Anteil voll ausgebildeter und nicht voll ausgebildeter Ähren (%) an der Gesamtanzahl Ähren/m<sup>2</sup> bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015

Variante	2012				2013				
	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)
Kontrolle	449	51,0 %	49,0 %	602	80,3 %	19,7 %			
Grünschnitt 50 t/ha	494	59,7 %	40,3 %	627	81,8 %	18,2 %			
Grünschnitt 25 t/ha	n.b.	n.b.	n.b.	623	84,8 %	15,1 %			
Heu 20 bzw. 10 t/ha	474	48,6 %	51,4 %	682	81,0 %	19,0 %			
Klee 50 bzw. 25 t/ha	506	73,0 %	27,0 %	670	77,3 %	22,7 %			
Grünschnittroggen 25 t/ha	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.
Variante	2014				2015				
	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)	Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> (absolut)	Anteil voll ausgebildeter Ähren (%)	Anteil nicht voll ausgebildeter Ähren (%)
Kontrolle	455	94,5 %	5,5 %	453	80,3 %	19,7 %			
Grünschnitt 50 t/ha	459	93,3 %	6,7 %	490	76,7 %	23,3 %			
Grünschnitt 25 t/ha	411	90,6 %	9,4 %	476	84,0 %	16,0 %			
Heu 20 bzw. 10 t/ha	483	85,6 %	14,4 %	418	77,3 %	22,7 %			
Klee 50 bzw. 25 t/ha	513	89,6 %	10,4 %	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.
Grünschnittroggen 25 t/ha	466	89,6 %	10,4 %	464	74,7 %	25,3 %			

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr  
n.b. = nicht bestimmt

**Tab. 70: Modifizierter Ernteindex von Winterweizen aller Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2014 bis 2015**

Variante	Gewicht Ähren <sup>1)+2)</sup> (g/m <sup>2</sup> )	Gewicht Stroh <sup>1)</sup> (g/m <sup>2</sup> )	Gesamtmasse (g/m <sup>2</sup> )	Ernteindex (%)
Kontrolle	1.144	1.952	3.096	37,0 %
Grünschnitt 50 t/ha	1.256	2.120	3.376	37,2 %
Grünschnitt 25 t/ha	1.264	2.092	3.356	37,7 %
Heu 20 bzw. 10 t/ha	1.228	2.068	3.296	37,3 %
Klee 50 bzw. 25 t/ha	1.252	2.072	3.324	37,7 %
Grünschnittroggen 25 t/ha	1.124	2.040	3.164	35,5 %

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr

<sup>2)</sup> inkl. Spindel

Tab. 70 listet für den Ernteindex der Jahre 2014 und 2015 sehr einheitliche Quotienten: Trotz deutlicher Unterschiede der Erntegewichte in Abhängigkeit der Dammapdeckung blieb das Verhältnis der Ährengewichte zur insgesamt gebildeten Masse konstant. Aktuellen Getreidesorten wird ein Harvestindex von 40 bis 60 % (zit. n. SMITH et HAMEL, 1999, S. 81) zugeordnet, somit lag der modifizierte Ernteindex der Versuchsschläge am Standort Tautendorf an der unteren Grenze der Erwartung.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine Messungen zur Wasserverfügbarkeit im Winterweizenbestand durchgeführt. LI et al. (2018 b, S. 93) zeigen mit ihren Versuchen, dass bei Winterweizen in Dammkultur in Kombination mit Plastikfolie und Mulchmaterial, vor allem unter trockener Witterung, höhere Kornerträge gegenüber konventionell bewirtschafteten Parzellen erzielt werden und führen dies auf eine erhöhte Wasserverfügbarkeit im Boden zurück.

## 7.5 Einfluss der Dammapdeckung bei Kartoffeln auf Gehalt und Ertrag an Protein der Nachfrucht Winterweizen

### 7.5.1 Proteingehalt bei Winterweizen

Die Gehalte an Protein bei Winterweizen ergaben in den Zusammenfassungen der Versuchsjahre keine signifikante Abhängigkeit von den im Vorjahr ausgebrachten Materialien (Tab. 63).

Tab. 71 zeigt die Gehalte an Protein nach Einzeljahren für die durchgehend bestehenden Varianten. EREKUL (2000, S. 61ff) berichtet von einer Versuchsreihe, in der weder die Düngung mit Stroh oder Grünschnitt noch mit Rübenblatt einen Einfluss auf den Proteingehalt bei Winterweizen ergab und folglich wurde der Proteingehalt signifikant ausschließlich von den jährlichen Witterungsverhältnissen beeinflusst.

**Tab. 71: Gehalt an Protein (%) bei Winterweizen nach Versuchsjahr und durchgehend bestehenden Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

Variante \ Jahr	2012 Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)	2013 Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)	2014 Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)	2015 Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)
Kontrolle	15,3	12,8	12,5	12,5
Grünschnitt 50 t/ha	15,5	12,7	12,9	13,1
Heu 20 bzw. 10 t/ha	16,0	12,6	12,6	13,1
Klee 50 bzw. 25 t/ha	15,9	12,8	12,6	n.b.

<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante und Jahr  
n.b. = nicht bestimmt

Die Korrelationsmatrix (Tab. 72) zeigt einen signifikant negativen Zusammenhang mit  $r = -0,78$  zwischen Kornertrag und Proteingehalt. SIMMONDS (1995, S. 313) bestätigt in seinen Versuchen die negative Korrelation von sinkenden Kornerträgen mit steigendem Proteingehalt.

**Tab. 72: Proteingehalt in Abhängigkeit der ertragsbildenden Parameter bei Winterweizen – Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

	Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)
Kornertrag <sup>1)</sup> (t/ha)	-0,78
Gewicht voll ausgebildeter Ähren <sup>1)+2)</sup> /m <sup>2</sup> (g)	-0,70
Anzahl voll ausgebildeter Ähren <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup>	-0,57
Anzahl ährentragender Halme <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup>	
Halmlänge <sup>1)</sup> (cm)	
Gewicht Stroh <sup>1)</sup> /m <sup>2</sup> (g)	-0,47
Proteingehalt <sup>1)</sup> (%)	
Messwert N-Tester <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> Basierend auf 4 Wiederholungen je Variante und Jahr

<sup>2)</sup> inkl. Spindel

-0,3  $\geq$  r  $\leq$  0,3 nicht angeführt

Die Ursache lag in der bewussten Entscheidung, bei den Versuchsschlägen am Standort Tautendorf keine ertragsoptimierende Stickstoffdüngung (2012 bis 2015: max. 80 kg N/ha) durchzuführen, damit Unterschiede zwischen den Abdeckmaterialien beurteilbar werden. Die Messwerte mittels N-Tester zum BBCH-Stadium 37 (Erscheinen letzten Blattes - Schossen) zeigten in der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre für die Variante *Klee 50 bzw. 25 t/ha* signifikant höhere Messwerte mittels N-Tester gegenüber allen anderen Varianten (Tab. 58). Dies manifestierte sich positiv in einem Mehrertrag an Korn, jedoch nicht in einem höheren Proteingehalt. HANUS (2008 b, S. 102f) bekräftigt diesen Befund mit der Begründung, dass eine Erhöhung des Stickstoffangebots zu einer Verlängerung der Phase der Kornfüllung führt und folgend die Proteingehalte auf Kosten des Kornertrags reduziert werden.

Nach LABUSCHAGNE et al. (2006, S. 315) wird die Höhe des Proteingehalts vom Stickstoffangebot zum Ährenschieben (BBCH-Stadium 51) bestimmt. Da die betroffenen Messungen mittels N-Tester bereits zum Stadium BBCH 37 stattfanden, ist davon auszugehen, dass die im Vorjahr ausgebrachten Abdeckmaterialien den Kornertrag positiv beeinflussten,

jedoch das Stickstoffangebot für eine positive Beeinflussung des Proteingehalts nicht ausreichte.

### 7.5.2 Proteinertrag bei Winterweizen

Die Leistung eines Weizenbestands wird oftmals am Ertrag an Protein gemessen (Tab. 73).

**Tab. 73: Proteinertrag (kg/ha) bei Winterweizen nach Versuchsjahr und durchgehend bestehenden Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

Variante \ Jahr	2012 Proteinertrag <sup>1)</sup> (kg/ha)	2013 Proteinertrag <sup>1)</sup> (kg/ha)	2014 Proteinertrag <sup>1)</sup> (kg/ha)	2015 Proteinertrag <sup>1)</sup> (kg/ha)
<b>Kontrolle</b>	357	690	832	652
<b>Grünschnitt 50 t/ha</b>	463	739	994	778
<b>Heu 20 bzw. 10 t/ha</b>	432	779	958	735
<b>Klee 50 bzw. 25 t/ha</b>	580	773	932	n.b.

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus vier Wiederholungen je Variante und Jahr  
n.b. = nicht bestimmt

In allen Einzelergebnissen überstieg der Proteinertrag der abgedeckten Varianten jenen der *Kontrolle*. Die Anstiege können statistisch jedoch nicht abgesichert werden. In der Zusammenfassung der vier Versuchsjahre wiesen die Varianten *Grünschnitt 50 t/ha* und *Klee 50 bzw. 25 t/ha* letztlich einen um ca. 19 % höheren Proteinertrag gegenüber der *Kontrolle* aus.

**Tab. 74: Proteinertrag in Abhängigkeit der ertragsbildenden Parameter bei Winterweizen– Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015**

	Proteinertrag <sup>1)</sup> (kg/ha)
<b>Kornertrag<sup>1)</sup>(t/ha)</b>	0,98
<b>Gewicht voll ausgebildeter Ähren<sup>1)+2)</sup>/m<sup>2</sup> (g)</b>	0,90
<b>Anzahl voll ausgebildeter Ähren<sup>1)</sup>/m<sup>2</sup></b>	0,63
<b>Anzahl ährentragender Halme<sup>1)</sup>/m<sup>2</sup></b>	
<b>Halmlänge<sup>1)</sup> (cm)</b>	0,52
<b>Gewicht Stroh<sup>1)</sup>/0,25 m<sup>2</sup> (g)</b>	0,64
<b>Proteingehalt<sup>1)</sup> (%)</b>	-0,66
<b>Messwert N-Tester<sup>1)</sup></b>	0,66

<sup>1)</sup> Basierend auf vier Wiederholungen je Variante und Jahr

<sup>2)</sup> inkl. Spindel

-0,3 ≥ r ≤ 0,3 nicht angeführt

Die Matrix (Tab. 74) weist den Zusammenhang zwischen dem Ertrag an Protein und dem Ertrag an Korn mit  $r = 0,98$  aus: Der Kornertrag war die bestimmende Größe für den Proteinertrag. Der Proteinertrag korrelierte mit  $r = -0,66$  negativ mit dem Proteingehalt. Auch hier kommt zum Ausdruck, dass der verfügbare Stickstoff sich primär auf den Ertrag auswirkte. Hervorzuheben ist, dass die Messwerte des N-Testers (BBCH-Stadium 37) zum Kornertrag in einer Beziehung

## Diskussion

mit  $r = 0,61$  (Tab. 68) standen. Demgegenüber ergab sich im Proteinertrag eine Beziehung  $r = 0,66$  (Tab. 74). SIMMONDS (1995, S. 313) bestätigt in seinen Versuchen den Kornertrag als bestimmende Einflussgröße auf den Proteinertrag, im Gegensatz zum Proteingehalt.

## 8 Zusammenfassung

Bis zum Jahr 2100 wird es weltweit und im Besonderen in Zentraleuropa zu einem Temperaturanstieg bei gleichbleibenden Niederschlagsmengen kommen. Auch die Anzahl und die Intensität an Starkregenereignissen wird nach mehreren Klimamodellen zunehmen. Dieser prognostizierte negative Klimawandel erfordert Maßnahmen, welche den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sichern. Zusätzliche Bodenschutzmaßnahmen sind bei mehreren Fruchtarten erforderlich. Fruchtarten mit Frühjahrssaat und großen Reihenabständen bzw. geringer Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> sind bereits bei geringer Hangneigung besonders erosionsgefährdet. Durch ergänzende Schutzmaßnahmen müssen die Böden dieser landwirtschaftlichen Betriebe gesichert werden damit auch zukünftig der Anbau von Stärkeindustriekartoffeln in speziellen Regionen möglich ist. Sichere Erntemengen sind auch die Basis für den Erhalt der nachgelagerten Verarbeitungsbetriebe.

Der Anbau der Kartoffeln in Dämmen und die langsame Jugendentwicklung dieser Fruchtart weist unter den zu erwartenden Klimaveränderungen – Änderung von Temperatur und Niederschlagsverteilung – für den Boden und die Ertragssicherheit im Vergleich zu anderen Fruchtarten ein hohes Risiko auf. Hohe Niederschlagsmengen in kurzer Zeit führen auch zu hoher Bodenerosion. Geringere Niederschlagsmengen bei höheren Temperaturen führen zu höheren Verdunstungsraten und in der Folge zu geringeren Knollenerträgen.

Daher muss es wegen der zu erwartenden Klimaänderung in der landwirtschaftlichen Praxis im Ackerbau zunehmend zu bodenschützenden Bewirtschaftungsstrategien kommen, damit die Erträge auf einem wirtschaftlichen Niveau gesichert bleiben. Zur Stabilisierung der Erträge und zur Erhöhung der Bodenstrukturstabilität sowie zur Erosionsverminderung müssen standortbezogene Produktionstechniken erarbeitet werden. Im Kartoffelanbau ist die Dammannebenbedeckung mit Aufbringung von organischem Material aus benachbarten Flächen eine Variante zur Verminderung der Bodenerosion und zur Ertragssicherung.

Zur Erarbeitung zukunftsweisender Produktionstechniken wurden in den Jahren 2011 bis 2015 umfassende Feldversuche bei konventionell wirtschaftenden Betrieben an zwei Standorten durchgeführt. Die Ergebnisse können ohne Abänderung auch bei biologischer Wirtschaftsweise durchgeführt werden.

Die ausgewählten Standorte für die Feldversuche Tautendorf und Moidrams im nordwestlichen Niederösterreich sind repräsentativ für ein bedeutendes Stärkeindustriekartoffelanbaugebiet in Österreich.

In den Exaktversuchen am Standort **Tautendorf** wurden unterschiedliche Mengen organischer Abdeckmaterialien manuell auf Dämme von Stärkeindustriekartoffeln ausgebracht. Die Parzellengröße betrug 30 m<sup>2</sup> (drei mal zehn Meter). Als Abdeckung kamen Grünschnitt (Grünland), Heu, Klee und unmittelbar geernteter Grünschnittroggen in Aufwandmengen von

## Zusammenfassung

10 t, 20 t, 25 t und 50 t/ha zum Einsatz. Den abgedeckten Varianten wurde eine nicht abgedeckte Variante (*Kontrolle*) gegenübergestellt. Nach der Kartoffelernte wurden die Reste der Abdeckmaterialien auf den jeweiligen Parzellen flach eingearbeitet. Der Winterweizen wurde nachfolgend immer ohne wendende Bodenbearbeitung gesät.

Die Versuche am Standort **Moidrams** wurden in Langparzellen angelegt. Die Ausbringung der Abdeckmaterialien bei den Kartoffeln erfolgte mittels Kompoststreuer. Die Parzellen hatten eine Breite von 15,0 m und erstreckten sich über die gesamte Feldlänge. Als Abdeckmaterial wurden Grünschnitt (von benachbarten Grünlandflächen) und Grünschnittroggen in einer Ausbringungsmenge von 10 t, 20 t und 50 t/ha ausgebracht.

In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, ob bzw. wie sich durch die Aufbringung unterschiedlicher Abdeckmaterialien auf Stärkeindustriekartoffeldämmen der Temperaturverlauf während der Vegetationszeit im Boden (im Bereich der Knollenlage) verändert. Auch der Bodenwassergehalt im Damm wurde kontinuierlich gemessen. Wesentliche Ziele der Arbeit waren, den Knollenertrag durch verminderten Trockenstress zu sichern, das Bodengefüge nicht zu belasten und die Bodenerosion zu vermindern, auch die Dammform soll höchstmöglich stabil bleiben. Die Auswirkung der unterschiedlichen Abdeckvarianten wurde auf den Krankheitsbefall, die Erntbarkeit, den Knollenertrag und die Knollenqualität der Kartoffeln beurteilt. Nachfolgend wurde auch der überjährige Einfluss der Dammapdeckmaterialien auf den Stickstoffgehalt im aufwachsenden Winterweizen zum BBCH-Stadium 37 (Bewertung mittels eines handelsüblichen Sensors), auf ertragsbildende Parameter, den Kornertrag und spezielle Qualitätsmerkmale bei der Folgefrucht Winterweizen geprüft.

Während des Vegetationsverlaufs der Kartoffel kam es in allen Versuchsjahren zu keiner Veränderung durch die Dammapdeckung in der Bestandsentwicklung, im Krankheits- und Schädlingsbefall. Durch das Abdeckmaterial wurden im Tagesverlauf die Temperaturschwankungen im Damm (Tag- und Nachtamplitude) vermindert.

Der Gehalt an Bodenwasser war unter den abgedeckten Varianten – sowohl bei Gehaltsmessung mittels Gipsblöcke als auch in der deskriptiven Beurteilung – gegenüber der *Kontrolle* höher. Sowohl die manuelle als auch die photogrammetrische Dammvermessung ergab bei den Varianten mit Dammapdeckung eine bessere Dammstabilität und eine höhere Dammquerschnittsfläche. Auch der Bodenabtrag, die Bodenerosion, war vermindert. Der oberirdische Aufwuchs der Kartoffelpflanzen (Blattertrag) wurde durch die Abdeckung der Dämme gefördert. Bei der Variante *Grünschnitt 50 t/ha* wurde im Vergleich zur *Kontrolle* ein Mehrertrag von 18,0 % erreicht. Weder der Stärkegehalt der Knollen noch deren Nitratgehalt wurde beeinflusst. Der Anteil an Fraßstellen an den Knollen wurde in allen Versuchsjahren als gering eingestuft.

Die Ergebnisse der Langparzellenversuche am Standort Moidrams deckten sich mit den Ergebnissen der Exaktversuche am Standort Tautendorf. Die reduzierte Abdeckintensität

## Zusammenfassung

infolge der maschinellen Ausbringung sowie die Neigung der Versuchsfelder wurden in den Ergebnissen abgebildet.

Die aus den Abdeckmaterialien verbliebenen Residuen ergaben ein zusätzliches Nährstoffangebot, welches sich im unterschiedlichen Stickstoffgehalt im Oberboden nach der Kartoffelernte zeigte. Die Residuen führten zu keiner Beeinträchtigung der Bestandsentwicklung bei der Nachfrucht Winterweizen. Eine Ausnahme stellte die Variante *Klee 25 t/ha* im Jahr 2015 dar. Der Feldaufgang war retardiert, was sich in lückigen Beständen der Weizenparzellen nach dem Schossen zeigte. In den vorangegangenen Versuchsjahren 2012 bis 2014 gab es auf allen Parzellen einen geschlossenen Weizenbestand und eine gute Bestandsentwicklung.

Der durch einen handelsüblichen Sensor ermittelte Stickstoffgehalt im aufwachsenden Winterweizen zum BBCH-Stadium 37 war auf Parzellen mit vorjähriger Abdeckung mit Klee gegenüber der *Kontrolle* höher – folglich der Stickstoffdüngerbedarf geringer. Die Messergebnisse korrelierten positiv mit dem Kornertrag. Dieser lag auf Parzellen nach Dammapdeckung im Vorjahr – in Abhängigkeit des Abdeckmaterials um ca. 12,0 bis 20,0 % höher als in den nicht abgedeckten Kontrollparzellen.

Das Ährgewicht und die Anzahl voll ausgebildeter Ähren korrelierten positiv mit dem Kornertrag und waren im Gegensatz zur Anzahl ährentragender Halme ertragsbestimmend. Auch die Halmlänge und der Strohertrag waren mit dem Kornertrag in positiver Korrelation. Der Proteingehalt des Weizens wurde durch die unterschiedlichen Abdeckmaterialien nicht beeinflusst. Durch die Wahl einer reduzierten Stickstoffdüngung zu Winterweizen konnte eine Stickstoffnachlieferung aus den Residuen zum Zeitpunkt des Schossens gezeigt werden. Jedoch reichte diese nicht mehr aus, um den Bedarf zum Zeitpunkt der Kornfüllungsphase zu decken.

## 9 Summary

By the year 2100 a considerable rise in temperatures is expected to occur globally – in particular in Central Europe – but at the same time the amount of precipitation will remain stable. However, the number and intensity of heavy rain events will increase. This predicted climate change requires suitable measures in order to preserve soil fertility. Different crops necessitate additional soil protection measures. Spring-sown crops with wide row spacings and a low number of plants per square metre are – at a low inclination of slope – particularly vulnerable to erosion. Through complementary protection measures agricultural soils are protected and this allows the cultivation of starch potatoes in specific regions and consequently, serve as the basis for maintaining downstream processing facilities.

Given the currently expected climate change – change of temperature and distribution of precipitation – the cultivation of potatoes in ridges and the slow early emergence of this crop present a high risk concerning soil and yield stability. High levels of precipitation in a short period of time result in increased erosion rates. Low precipitation levels at higher temperatures lead to higher evaporation rates and, consequently, to lower tuber yields. As a result, soil protecting management strategies in agricultural practices and crop farming are essential to guarantee yield crops at an economically viable level. To stabilize yields, maintain soil structure stability and reduce soil erosion, location-based production techniques need to be established. Therefore, potato cultivation in ridges and covering those ridges using organic material is one way to reduce soil erosion and provide yield stability.

In order to develop future-oriented production techniques, extensive field trials were carried out at conventionally managed farms – at two locations – between 2011 and 2015. The results of these field trials can be applied to organic farming without any modification. The test locations of the field trials, Tautendorf and Moidrams in the north-western region of Lower Austria, are representative of an important starch potato growing region in Austria.

In exact field trials at the **Tautendorf** location, different amounts of organic coverage material were spread manually on ridges of starch potatoes. The plot size amounted to 30 square metres (3 m x 10 m). Covering materials included grassland cut, hay, clover cut and rye cut in an output quantity of 10 t, 20 t, 25 t and 50 t per hectare and this variant was compared to check plots without any coverage material. Residual coverage material on the plots was worked in horizontally after harvesting. In the following, winter wheat was sowed without any further soil tillage.

The exact field trials at the **Moidrams** location were long plots and the plot size had a width of 15,0 m and covered the total field length. The coverage material was applied with the help of a compost spreader and included grassland cut and rye cut in an output quantity of 10 t, 20 t and 50 t per hectare.

## Summary

The objective of this dissertation was to examine whether and how different coverage materials influenced starch potato ridges regarding soil temperature in the ridges over the vegetation period. Additionally, soil water content was measured continuously. Furthermore, the purpose of this dissertation was to reduce drought stress to ensure optimum tuber yield, maintain soil structure and minimize soil erosion, but at the same time the size of ridges should remain constant. The influence of coverage materials on diseases, harvest handicaps, tuber yield and tuber quality, was examined, followed by assessing the long-term effects of coverage materials on nitrogen content in the developing winter wheat plant in BCCH-stadium 37 (with the help of a commercially available sensor), on yield-forming parameters, grain yield and quality characteristics of the subsequent crop winter wheat.

During the vegetation process of the potatoes, the use of coverage material had no significant influence on plant development in regard to diseases or infestation over the trial years. Covering potato ridges lead to a reduction of temperature fluctuations in the course of the day (day/night amplitude).

Using gypsum blocks and descriptive evaluation, soil water content in the covered ridges was slightly higher compared to the check plots without coverage material. Both manual and photogrammetric measurements showed stability of the ridges and higher cross-sectional areas with covered potato ridges. In addition to that, soil loss and soil erosion were reduced. The above-ground plant parts of the potato plant (leaf yield) were supported by covering the ridges, and thus, tuber yield was increased. Grassland cut coverage of 50 tons per hectare reached-in contrast to check plots without any coverage material – an increase in tuber yield of 18,0 %. Neither starch content nor nitrate content of the tubers was influenced. In all trial years the extent of the damage on the tubers caused by pests was considered to be low.

Overall, the results of the long plots at the Moidrams test location agree with the results of the exact field trials at the Tautendorf test location. Applying coverage material with the help of a compost spreader lead to an uneven emergence at the Moidrams test location. Apart from that, the reduced amount of coverage material due to mechanical spreading as well as the inclination of slope affected the results.

Residual coverage material provided additional nutrients, which led to different amounts of nitrogen content in the top soil after harvesting. On the whole, residuals did not have a negative impact on plant development of winter wheat as the subsequent crop. Clover cut in an output quantity of 25 tons per hectare represented an exception in 2015 as it showed poor emergence even after stem elongation. From 2012 to 2014 the plots were fully established and showed positive plant development. Plots covered with clover cut in the previous year showed a higher amount of nitrogen content in the growing winter wheat plant compared to the check plots, and consequently, nitrogen fertilizer requirements were lower. Measurement results correlated positively with grain yield, which was 12,0 to 20,0 % higher with previously covered plots than

## Summary

with check plots. Ear weight and number of fully developed ears correlated positively with grain yield and was – in contrast to the number of stems with ears – determining yield.

While stem length and straw yield were positively affected by grain yield, protein content of wheat was not significantly influenced by coverage material. By reducing the amount of nitrogen fertilizer for winter wheat, natural nitrogen supply of the residuals was shown during stem elongation, however, it was not sufficient regarding the development of fruit.

## 10 Literaturverzeichnis

ABIVEN, S., RECOUS, S., REYES, V. et OLIVER, R. (2005): Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. In: *Biology and Fertility of Soils*. 2005, 42. Berlin, Heidelberg: Springer.

ABL – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (1989): Verordnung (EWG) Nr. 1821/89 Der Kommission vom 23. Juni 1989 zur Bestimmung der zur Herstellung einer Tonne Kartoffelstärke nötigen Menge Kartoffeln und des für diese Menge zu zahlenden Mindestpreis. Nr. L 177/32.

ACEVEDO, E. H., SILVA, P. C., SILVA, H. R. et SOLAR, B. R. (1999): Wheat production in mediterranean environments. In: SATORRE, E. H. (Ed.) et SLAFER, G. A. (Ed.) (1999): *Wheat: ecology and physiology of yield determination*. New York: Food Products Press.

AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.) (2013): *N-Düngeempfehlung 2013 zum Schossen und Ährenschieben*. Wien: Eigenverlag.

AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.) (2016): *Österreichische Sortenliste 2016 – Republik Österreich*. Wien: Eigenverlag.

AGRANA (1990): *50 Jahre Stärkefabrik Gmünd*. Gmünd: Eigenverlag.

AGRANA (2009): *Stärkekartoffel Versuchsbericht 2009*. Gmünd: Eigenverlag.

AGRANA (2014): *75 Jahre Stärke Werk Gmünd*. Gmünd: Eigenverlag.

AGRANA (2017): *Integrierter Geschäftsbericht 2016/17 für das Geschäftsjahr vom 1. März 2016 bis 28. Februar 2017 der AGRANA Beteiligungs-AG*. Wien: Eigenverlag.

AGRANA AAW (2014): *Arbeitsanweisung SPIK Achsübernahme*. s.l.: unveröffentlichtes Skript.

ALTIERI, M. A. et NICHOLLS, C. I. (2012): Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. In: LICHTFOUSE, E. (Ed.): *Sustainable agriculture reviews*. Volume 11. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

AMA – Agrarmarkt Austria (2017): *AMA Agrarmarktdaten visualisiert*. <https://markt.services.ama.at/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Anwendungen%2Fm>

## Literaturverzeichnis

arktinformation.qvw&host=QVS%40qlikviewdmz01&anonymous=true&sheet=SH10  
(abgerufen am 04.06.2017, 19:12).

- AMMON, H. U. (1999): Unkrautbekämpfung. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- AUERSWALD, K. (1998): Bodenerosion durch Wasser. In: RICHTER, G. (Hrsg.): Bodenerosion – Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- AUERSWALD, K., GERL, G. et KAINZ, M. (2006): Influence of cropping system on harvest erosion under potato. In: Soil and Tillage Research. 2006, Volume 89, Issue 1. Amsterdam: Elsevier B.V..
- BAES – Bundesamt für Ernährungssicherheit (2015): Richtlinien für die Sortenwertprüfung. 23. Jahrgang, Sondernummer 44. Wien: Eigenverlag.
- BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co..
- BAEUMER, K. (1997): Anbauverhältnis und Fruchtfolge. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- BASCH, G., FRIEDRICH, A., KASSAM, A. et GONZALEZ-SANCHEZ, E. (2015): Conservation agriculture in Europe. In: FAROOQ, M. (Ed.) et SIDDIQUE, K. H. M. (Ed.): Conservation Agriculture. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- BAUER, T., STRAUSS, P. et MURER, E. (2014): A photogrammetric method for calculating soil bulk density. In: Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2014, Volume 177, Issue 4. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- BMLF – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1997): Bodenschutz in Österreich. Wien: Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft.

- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017 a): Getreideanbau und Getreidearten in Österreich. <https://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/getreide/Getreide.html> (abgerufen am 04.06.2017, 19:12).
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017 b): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland – Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 7. Auflage. Wien: Eigenverlag.
- BOARDMAN, J. et POESEN, J. (2006): Soil erosion in Europe: Major processes, causes and consequences. In: BOARDMAN, J. (Ed.) et POESEN, J. (Ed.): Soil erosion in Europe. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- BODNER, G., LOISKANDL, W., BUCHAN, G. et KAUL, H.-P. (2008): Natural and management-induced dynamics of hydraulic conductivity along a cover-cropped field slope. In: Geoderma. Volume 146, Issues 1–2. Amsterdam, New York: Elsevier Science.
- BODNER, G., NAKHFOROOSH, A. et KAUL, H.-P. (2015): Management of crop water under drought: a review. In: Agronomy for Sustainable Development. 2015, Volume 35, Issue 2. Paris: Springer.
- BOYD, N. S., GORDON, R. et MARTIN, R. C. (2002): Relationship between leaf area index and ground cover in potato under different management conditions. In: Potato Research. 2002, Volume 45, Issue 2-4. Heidelberg: Springer.
- BRUNOTTE, J. et FRÖBA, N. (2007): Schlaggestaltung – kostensenkend und bodenschonend. KTBL-Schrift 460. Darmstadt: KTBL-Schr.-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag.
- BURTON, W. G., VAN ES, A. et HARTMANS, K. J. (1992): The physics and physiology of storage. In: HARRIS, P. (Ed.): The potato crop – The scientific basis for improvement. Second edition. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman & Hall.
- CAMPIGLIA, E., PAOLINI, R., COLLA, G. et MANCINELLI, R. (2009): The effects of cover cropping on yield and weed control of potato in a transitional system. In: Field crop Research. 2009, Volume 112, Issue 1. Amsterdam: Elsevier B.V..

- CANALI, S., CIACCIA, C. et TITTARELLI, F. (2012): Soil fertility management in organic potato: The role of green manure and amendment applications. In: HE, Z. (Ed.), LARKIN, R. P. (Ed.) et HONEYCUTT, W. (Ed.): Sustainable potato production: Global case studies. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- CANNELL, R. Q. et LYNCH, J. M. (1984): Possible adverse effects of decomposing crop residues on plant growth. In: International Rice Research Institute (Ed.): Organic matter and rice. Los Banos, Laguna, Phillipines: Eigenverlag.
- CARTER, M. R., SANDERSON, J. B. et MacLEOD, J. A. (1998): Influence of time of tillage on soil physical attributes in potato rotations in Prince Edward Island. In: Soil and Tillage Research. 1998, Volume 49, Issues 1–2. Amsterdam: Elsevier B.V..
- CATE, R. B. et NELSON, L. A. (1971): A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. In: Soil Science Society of America. 1971, Volume 35. New York: Springer.
- CERDAN, O., GOVERS, G., LE BISSONNAIS, Y., VAN OOST, K., POESEN, J., SABY, N., GOBIN, A., VACCA, A., QUINTON, J., AUERSWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F. J. P. M., RACLOT, D., IONITA, I., REJMAN, J., ROUSSEVA, S., MUXART, T., ROXO, M. J. et DOSTAL, T. (2010): Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. In: Geomorphology. 2010, Volume 122, Issues 1-2. Amsterdam: Elsevier B.V..
- CHRISTEN, O. (2008): Entwicklungsphysiologie und Ertragsstruktur. In: HANUS, H. (Hrsg.), HEYLAND, K.-U. (Hrsg.) et KELLER, E. R. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 2: Getreide und Futtergräser. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- CHRISTEN, O. (2009): Winterweizen – Das Handbuch für Profis. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.
- CUTTER, E. G. (1992): Structure and development of the potato plant. In: HARRIS, P. (Ed.): The potato crop – The scientific basis for improvement. Second edition. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman & Hall.
- DASS, A. et BHATTACHARYYA, R. (2017): Wheat residue mulch and anti-transpirants improve productivity and quality of rainfed soybean in semi-arid north-Indian plains. In: Field Crops Research. 2017, Volume 210. Amsterdam: Elsevier B.V..

- DEFAUW, S. L., HE, Z., LARKIN, R. P. et MANSOUR, S. A. (2012): Sustainable potato production and global food security. In: HE, Z. (Ed.), LARKIN, R. P. (Ed.) et HONEYCUTT, W. (Ed.): Sustainable potato production: Global case studies. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- DEGUCHI, T., NAYA, T., WANGCHUK, P., ITOH, E., MATSUMOTO, M., ZHENG, X., GOPAL, J. et IWAMA, K. (2010): Aboveground characteristics, yield potential and drought tolerance in "Konyu" potato cultivars with large root mass. In: Potato Research. 2010, Volume 53, Issue 4. Heidelberg: Springer.
- DIEPENBROCK, W., ELLMER, F. et LÉON, J. (2016): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 4. überarbeitete Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- DIEPENBROCK, W., FISCHBECK, G., HEYLAND, K.-U. et KNAUER, N. (1999): Spezieller Pflanzenbau. 3. neubearbeitete und ergänzte Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co..
- DÖRING, T. F., BRANDT, M., HESS, J., FINCKH, M. R. et SAUCKE, H. (2005): Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. In: Field crop Research. 2005, Volume 94, Issues 2-3. Amsterdam: Elsevier.
- EDWARDS, L. M., VOLK, A. et BURNEY, J. R. (2000): Mulching potatoes: Aspects of mulch management systems and soil erosion. In: American Journal of Potato Research. 2000, Volume 77, Issue 4. New York: Springer.
- EIGNER, H. (1981): Der Einfluss verschiedener Tropfbewässerungsverbände auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe im Vergleich mit herkömmlichen Beregnungstechniken. Wien: Diplomarbeit Universität für Bodenkultur.
- EITZINGER, J. (2010): Der Klimawandel – seine Auswirkungen auf agrarmeteorologische Aspekte und Anpassungsoptionen für die Landwirtschaft im europäischen Kontext. [https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:d394826b-2e75-474f-8845-6bbb909cb4a0/15\\_Eitzinger.pdf](https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:d394826b-2e75-474f-8845-6bbb909cb4a0/15_Eitzinger.pdf) (abgerufen am 05.06.2017, 10:24).
- EREKUL, O. (2000): Einfluß langjährig differenzierter Düngung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen und Sommergerste. Standortvergleich Berlin (D) – Tartu (EST). Göttingen: Cuvillier Verlag.

- EUROSTAT - Statistische Amt der Europäischen Union (2016): Agriculture, forestry and fishery statistics edition 2016. s.l.: Eigenverlag European Union.
- EUROSTAT – Statistische Amt der Europäischen Union (2017): Crop statistics (from 2000 onwards): <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do> (abgerufen am 04.06.2017, 19:46).
- FAGERIA, N. K. (2009): The use of nutrients in crop plants. Boca Raton: CRC Press.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017): FAOSTAT – Data, Austria, potato yield 2011 – 2014. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (abgerufen am 04.06.2017, 17:54).
- FAROOQ, M. et SIDDIQUE, K. H. M. (2015): Conservation agriculture: Concepts, brief history, and impacts on agricultural systems. In: FAROOQ, M. (Ed.) et SIDDIQUE, K. H. M. (Ed.): Conservation Agriculture. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- FLESSA, H., POTTHOFF, M. et LOFTFIELD, N. (2002): Greenhouse estimates of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions following surface application of grass mulch: importance of indigenous microflora of mulch. In: Soil Biology and Biochemistry. 2002, Volume 34, Issue 6. Amsterdam: Elsevier Science.
- GAMERITH, M. (2012): Einfluss einer Dammbdeckung auf ausgewählte boden- und pflanzenbauliche Kennzahlen bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im speziellen auf Ertrag und Qualität. Wien: Masterarbeit Universität für Bodenkultur.
- GEISLER, G. (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey.
- GIRTON, S. S. et SINGH, N. T. (1974): Effect von organic mulches on the hydrothermal regime of soil and growth of potato crop in Northern India. In: Plant and Soil. 1974, Volume 40, Issue 1. Heidelberg: Springer.
- GREGORY, P. J. et SIMMONDS, L. P. (1992): Water relations and growth of potatoes. In: HARRIS, P.: The potato crop – The scientific basis for improvement. Second edition. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman & Hall.

- HALDE, C. et ENTZ, M. H. (2016): Plant species and mulch application rate affected decomposition of cover crop mulches used in organic rotational no-till systems. In: Canadian Journal of Soil Science. 2016, Volume 96, Number 1. Ottawa: Canadian Science Publishing (CSP)/Agricultural Institute of Canada.
- HANUS, H. (2008 a): Ansprüche an Klima und Witterungsverlauf. In: HANUS, H. (Hrsg.), HEYLAND, K.-U. (Hrsg.) et KELLER, E. R. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 2: Getreide und Futtergräser. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- HANUS, H. (2008 b): Saat und Bestandesführung. In: HANUS, H. (Hrsg.), HEYLAND, K.-U. (Hrsg.) et KELLER, E. R. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 2: Getreide und Futtergräser. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- HE, G., WANG, Z., MA, X., HE, H., CAO, H., WANG, S., DAI, J., LUO, L., HUANG, M. et MALHI, S. S. (2017): Wheat yield affected by soil temperature and water under mulching in dryland. In: Agronomy Journal. 2017, Volume 109, Issue 6. Madison: American Society of Agronomy.
- HEIN, W. et WASCHL, H. (2015): Welcher Effekt ist durch Mulchen bei Kartoffeln im humiden Klimagebiet zu erwarten? In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Kartoffelbau - Ergebnisse aus Forschung und Praxis: Fachtagung biologische Landwirtschaft. Raumberg-Gumpenstein: Eigenverlag.
- HELMREICH, T. (2016): Querdämme und Begrünung mindern Erosionsgefahr auf Kartoffelfeldern. In: Verein AGROZUCKER (Hrsg.): Agrozucker/Agrostärke. 05/2016. Wien: Eigenverlag.
- HENRIKSEN, C. B., MØLGAARD, J. P. et RASMUSSEN, J. (2007): The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. In: Soil and Tillage Research. 2007, Volume 93, Issue 2. Amsterdam: Elsevier B.V..
- HERMANN, A., BRUNNER, N., HANN, P., WRBKA, T. et KROMP, B. (2013): Correlations between wireworm damages in potato fields and landscape structure at different scales. In: Journal of Pest Science. 2013, Volume 86, Issue 1. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

HÖLZL (2007): Rad- und Straßenkarte. Wien: Ed. Hölzl.

HORTON, D. E. et ANDERSON, J. L. (1992): Potato production in the context of the world and farm economy. In: HARRIS, P. (Ed.): The potato crop – The scientific basis for improvement. Second edition. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman & Hall.

HOU, X.-Y., WANG, F.-X., HAN, J.-J., KANG, S.-Z. et FENG, S.-Y. (2010): Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. In: Agricultural and Forest Meteorology. 2010, Volume 150, Issue 1. Amsterdam: Elsevier B.V..

ILYAS, M. et AYUB, G. (2017): Effects of various planting depth and mulching on yield of autumn potato crop sown at different dates. In: International journal of biosciences. 2017, Volume 11, Number 6. Dahaka: International Network for Natural Sciences.

JOHNSON, J. M., HOUGH-GOLDSTEIN, J. A. et VANGESSEL, M. J. (2004): Effects of straw mulch on pest insects, predators, and weeds in watermelons and potatoes. In: BioOne Complete - Environmental Entomology Vol. 33, Issue 6. <https://bioone.org/search?term=Effects+of+Straw+Mulch+on+Pest+Insects%2C+Predators%2C+and+Weeds+in+Watermelons+and+Potatoes> (abgerufen am 04.04.2020, 13:36).

KAR, G. et KUMAR, A. (2007): Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in eastern India. In: Agricultural Water Management. 2007, Volume 94, Issue 1-3. Amsterdam: Elsevier B.V..

KASTANEK, F. (1996): Kritische Bemerkungen zur Bestimmung der Wasserspannung im Boden mit der Blockmethode. In: Die Bodenkultur – Journal for Land Management, Food and Environment. Band 60, Heft 4, 2009. Wien: Facultas Universitätsverlag.

KAUL, H.-P. (2004): Pre-crop effects of grain legumes and linseed on soil mineral N and productivity of subsequent winter rape and winter wheat crops. In: Die Bodenkultur – Journal for Land Management, Food and Environment. Band 55, Heft 3, 2004. Wien: Facultas Universitätsverlag.

KELLER, E. R. (1999): Einführung in die Integrierte Produktion im Kartoffelbau. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des

## Literaturverzeichnis

Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..

- KIRNER, L. (2010): Wettbewerbsfähigkeit der Stärkeindustriekartoffel in Österreich nach Implementierung des EU-Health-Check und der Reform der GAP nach 2013. Wien: AWI-Bundesanstalt für Agrarwirtschaft.
- KLIK, A. (2004): Bodenerosion durch Wasser. In: Ländlicher Raum 6/2004. [https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:7f451655-2070-451e-893f-001d6f2a4665/Klik\\_end\\_pdf.pdf](https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:7f451655-2070-451e-893f-001d6f2a4665/Klik_end_pdf.pdf) (abgerufen am 10.06.2017, 21:36).
- KLIK, A. et EITZINGER, J. (2010): Impact of climate change on soil erosion and the efficiency of soil conservation practices in Austria. In: The Journal of Agricultural Science. 2010, Volume 148, Issue 5. Cambridge: Cambridge University Press.
- KNITTEL, H. (Hrsg.) et ALBERT, E. (Hrsg.) (2003): Praxishandbuch Dünger und Düngung. Bergen/Dumme: Agrimedia GmbH.
- KOLBE, H. (2007): Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität. [https://orgprints.org/id/eprint/9516/1/9516\\_Kolbe\\_Vortrag.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/9516/1/9516_Kolbe_Vortrag.pdf) (abgerufen am 11.06.2017, 19:25).
- KOLBE, H. et MÜLLER, K. (1986): Vergleichende Untersuchungen über semiquantitative und quantitative Methoden zur Bestimmung von Nitrat in Kartoffelknollen. In: Potato Research. 1986, Volume 29, Issue 3. Heidelberg: Springer.
- KOUWENHOVEN, J. K., PERDOK, U. D., JONKHEER, E. C., SIKKEMA, P. K. et WIERINGA, A. (2003): Soil ridge geometry for green control in french fry potato production on loamy clay soils in the Netherlands. In Soil and Tillage Research. 2003, Volume 74, Issue 2. Amsterdam: Elsevier B.V..
- LABUSCHAGNE, M. T., MEINTJES, G. et GROENEWALD, F. P. C. (2006): The influence of different nitrogen treatments on the size distribution of protein fractions in hard and soft wheat. In: Journal of Cereal Science. 2006, Volume 43, Issue 7. Amsterdam: Elsevier B.V..

## Literaturverzeichnis

- LI, Q., LI, H., ZHANG, L., ZHANG, S. et CHEN, Y. (2018 a): Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. In: Field crop Research. 2018, Volume 221. Amsterdam: Elsevier.
- LI, N., ZHOU, C., SUN, X., JING, J., TIAN, X. et WANG, L. (2018 b): Effects of ridge tillage and mulching on water availability, grain yield and water use efficiency in rain-fed winter wheat under different rainfall and nitrogen conditions. In: Soil and Tillage Research. 2018, Volume 179. Amsterdam: Elsevier B.V..
- LIAO, X., SU, Z., LIU, G., ZOTARELLI, L., CUI, Y. et SNODGRASS, C. (2016): Impact of soil moisture and temperature on potato production using seepage and center pivot irrigation. In: Agricultural Water Management. 2016, Volume 165. Amsterdam: Elsevier B.V..
- LIEBHARD, P., EITZINGER, J. et KLAGHOFER, E. (1994): Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf Infiltration und Bodenwasservorrat im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 4). In: Die Bodenkultur – Journal for Land Management, Food and Environment. Band 45, 1994. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- LÖHR, L. (1976): Faustzahlen für den Landwirt. Fünfte, verbesserte Auflage. Graz: Leopold Stocker Verlag.
- LOZIER, T. M., MACRAE, M. L., BRUNKE, R. et VAN EERD, L. L. (2017): Release of phosphorus from crop residue and cover crops over the non-growing season in a cool temperate region. In: Agricultural Water Management. 2017, Volume 189. Amsterdam: Elsevier B.V..
- MAIDL, F.-X., KUNICK, A. et WENZEL, G. (2000): Optimierungsmöglichkeiten im Stärkekartoffelanbau aus pflanzenbaulicher Sicht. In: Kartoffelbau. 2000, 51. Jahrgang (9/10). Groß-Umstadt: AgroFood Medien GmbH.
- MENGEL, K. et KIRKBY, E. A. (1982): Principles of Plant Nutrition. 3<sup>rd</sup> Edition (completely revised). Worblaufen-Bern: International Potash Institute.
- MORGAN, R. P. C. (2005): Soil Erosion and conservation. Third Edition. Malden, Oxford, Carlton: Blackwell Publishing.

## Literaturverzeichnis

- MOW – Maps of World 2016 (2017): Top 10 Potato producing countries. <https://www.mapsofworld.com/world-top-ten/potato-producing-countries.html> (abgerufen am 31.07.2017, 20:33).
- N'DAYEGAMIYE, A. et TRAN, T. S. (2001): Effects of green manures on soil organic matter and wheat yields and N nutrition. In: Canadian Journal of Soil Science. 2001, Volume 81, Number 4. Ottawa: Canadian Science Publishing (CSP)/Agricultural Institute of Canada.
- NEUGSCHWANDTNER, R. W., KAUL, H.-P. LIEBHARD, P. et WAGENTRISTL, H. (2015): Winter wheat yields in a long-term tillage experiment under Pannonian climate conditions. In: Plant Soil and Environment. 2015, Volume 61, Number 4. Prague: Inst. of Agricultural and Food Information. Print..
- NITSCH, A. (2013): Praxishandbuch Kartoffelbau. 2. Auflage. Clenze: Agrimedia, eine Marke des Erling Verlag GmbH & Co. KG.
- NÖ ATLAS – Niederösterreich Atlas (2018): [https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/\(S\(wkwvdl0kx0wo4z1dam2j5lpf\)\)/init.aspx?karte=atlas\\_gst](https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/(S(wkwvdl0kx0wo4z1dam2j5lpf))/init.aspx?karte=atlas_gst) (abgerufen am 18.11.2018, 16:15).
- NÖS – Niederösterreichische Saatbaugenossenschaft (2016 a): Kuras. [http://d22463.ispservices.at/cms/saatbau/media/pdf\\_sorten/sortenblatt\\_KURAS\\_d.pdf](http://d22463.ispservices.at/cms/saatbau/media/pdf_sorten/sortenblatt_KURAS_d.pdf) (abgerufen am 03.02.2016, 19:30).
- NÖS – Niederösterreichische Saatbaugenossenschaft (2016 b): Eurostarch. [http://d22463.ispservices.at/cms/saatbau/media/pdf\\_sorten/sortenblatt\\_EUROSTARCH\\_d.pdf](http://d22463.ispservices.at/cms/saatbau/media/pdf_sorten/sortenblatt_EUROSTARCH_d.pdf) (abgerufen am 03.02.2016, 19:30).
- NYANKANGA, R. O., WIEN, H. C. et OLANYA, O. M. (2008): Effects of mulch and potato hilling on development of foliar blight (*Phytophthora infestans*) and the control of tuber blight infection. In: Potato Research. 2008, Volume 51, Issue 2. Heidelberg: Springer.
- NYAWADE, S. O., KARANJA, N. N., GACHENE, C. K. K., SCHULTE-GELDERMANN, E. et PARKER, M. (2018): Effect of potato hilling on soil temperature, soil moisture distribution and sediment yield on a sloping terrain. In: Soil and Tillage Research. 2018, Volume 184. Amsterdam: Elsevier B.V..

## Literaturverzeichnis

- ÖBK – Österreichische Bodenkartierung (1980): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25 000 Kartierungsbereich Zwettl KB 70 – Bl. 19-3N. Wien: Eigenverlag Bundesanstalt für Bodenkultur.
- ÖBK – Österreichische Bodenkartierung (1990): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25 000 Kartierungsbereich Horn KB 132 – Bl. 20-2S. Wien: Eigenverlag Bundesanstalt für Bodenkultur.
- ÖPUL – Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (2017 a): ÖPUL 2015: Allgemeine Teilnahmebedingungen. Version 4.0. [https://www.ama.at/getattachment/02be4134-ab84-4946-a6d1-4799f46ad4be/MEB\\_Oepul2015\\_Allgemeine\\_Teilnahmebedingungen\\_4-0.pdf](https://www.ama.at/getattachment/02be4134-ab84-4946-a6d1-4799f46ad4be/MEB_Oepul2015_Allgemeine_Teilnahmebedingungen_4-0.pdf) (abgerufen am 10.02.2018, 11:00).
- ÖPUL – Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (2017 b): ÖPUL 2015 Maßnahmen Erläuterungsblatt Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till). Version 4.0. [https://www.ama.at/getattachment/c4e936a4-d712-4da3-b09d-12834e0d789f/MEB\\_Oepul2015\\_Mulch\\_und\\_Direktsaat\\_\(inkl\\_Strip-Till\)\\_4-0.pdf](https://www.ama.at/getattachment/c4e936a4-d712-4da3-b09d-12834e0d789f/MEB_Oepul2015_Mulch_und_Direktsaat_(inkl_Strip-Till)_4-0.pdf) (abgerufen am 03.06.2017, 16:00).
- OHNO, T. et DOOLAN, K. L. (2001): Effects of red clover decomposition on phytotoxicity to wild mustard seedling growth. In: Applied Soil Ecology. 2001, Volume 16, Issue 2. Amsterdam: Elsevier Science.
- PAUL, R. (1994): Feldversuche zur genaueren Erfassung der Stickstoffanlieferung aus Ernterückständen mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF). Aachen: Shaker.
- PAWELZIK, E. et MÖLLER, K. (2014): Sustainable potato production worldwide: the challenge to assess conventional and organic production systems. In: Potato Research. 2014, Volume 57, Issue 3. Heidelberg: Springer.
- PRASUHN, V. (2012): On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. In: Soil and Tillage Research. 2012, Volume 120. Amsterdam: Elsevier B.V..

- QIN, S., ZHANG, J., DAI, H., WANG, D. et LI, D. (2014): Effect of ridge-furrow and plastic-mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi-arid area. In: *Agricultural Water Management*. 2014, Volume 131. Amsterdam: Elsevier B.V..
- RADTKE, W., RIECKMANN, W. et BRENDLER, F. (2000): *Kartoffel Krankheiten-Schädlinge-Unkraut*. Gelsenkirchen: Verlag Th. Mann.
- RAM, H., DADHWAL, V., VASHIST, K. K. et KAUR, H. (2013): Grain yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to irrigation levels and rice straw mulching in North West India. In: *Agricultural Water Management*. 2013, Volume 128. Amsterdam: Elsevier B.V..
- REES, H. W., CHOW, T. L., LORO, P. J., LAVOIE, J., MONTEITH, J. O. et BLAAUW, A. (2002): Hay mulching to reduce runoff and soil loss under intensive potato production in Northwestern New Brunswick, Canada. In: *Canadian Journal of Soil Science*. 2002, Volume 82, Number 2. Ottawa: Canadian Science Publishing (CSP)/Agricultural Institute of Canada.
- REUST, W. et KELLER, E. R. (1999): Bewässerung und Beregnung. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): *Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen*. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- RICHTER, G. (1998): Bodenerosion und Kulturlandschaft. In: RICHTER, G. (Hrsg.): *Bodenerosion – Analyse und Bilanz eines Umweltproblems*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- RIEGLER-NURSCHER, P., PRANKL, J., BAUER, T., STRAUSS, P. et PRANKL, H. (2016): An integrated image analysis system for the estimation of soil cover. [https://www.josephinum.at/fileadmin/content/BLT/Publikationen/1568\\_00\\_E.pdf](https://www.josephinum.at/fileadmin/content/BLT/Publikationen/1568_00_E.pdf) (abgerufen am 24.03.2018, 20:00).
- SAATZUCHT (2016 a): *Sortenbeschreibung Estevan*. [http://www.saatzucht.edelhof.at/de/sorten\\_und\\_saatgut/sorten/winterweizen/download.php?file=2610](http://www.saatzucht.edelhof.at/de/sorten_und_saatgut/sorten/winterweizen/download.php?file=2610) (abgerufen am 06.03.2016, 17:00).

- SAATZUCHT (2016 b): Sortenbeschreibung Energo.  
[http://www.saatzucht.edelhof.at/de/sorten\\_und\\_saatgut/sorten/winterweizen/download.php?file=4497](http://www.saatzucht.edelhof.at/de/sorten_und_saatgut/sorten/winterweizen/download.php?file=4497) (abgerufen am 06.03.2016, 17:00).
- SATTELMACHER, B. (1999): Düngung zu Kartoffeln. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- SCHÄFER, W., VÄISÄNEN, J. et PIHALA, M. (2001): Technique of green mulch spreading. Vakola: Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research.
- SCHEFFER, F. et SCHACHTSCHABEL, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, überarbeitet von BLUME, H. P., BRÜMMER, G. W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. et WILKE, B.-M.. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- SCHUSTER, W. H. et VON LOCHOW, J. (1979): Anlagen und Auswertung von Feldversuchen – Anleitung und Beispiele für die Praxis der Versuchsarbeit. 2., erweiterte Auflage. Frankfurt Main: DLG-Verlag.
- SELING, K. (2008): N-Düngung. In: HANUS, H. (Hrsg.), HEYLAND, K.-U. (Hrsg.) et KELLER, E. R. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 2: Getreide und Futtergräser. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- SIMMONDS, N. W. (1995): The relation between yield and protein in cereal grain. In: Journal of the science of food and agriculture. UK: John Wiley & Sons Ltd.
- SMITH, D. L. (Hrsg.) et HAMEL, C. (Hrsg.) (1999): Crop yield: Physiology and processes. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- SPECHT, A. (1999): Ernte, Lagerung und Aufbereitung. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- STARCH – International Starch Institute (2017): Statistics on starch.  
<http://www.starch.dk/isi/stat/img/RawMaterialPie.gif> (abgerufen am 03.06.2017, 19:15).

## Literaturverzeichnis

- STARCH EUROPE (2017 a): Starch production in the EU – 2015. [https://www.starch.eu/european-starch-industry/#prettyPhoto\[gallery\]/2/](https://www.starch.eu/european-starch-industry/#prettyPhoto[gallery]/2/) (abgerufen am 03.06.2017, 18:03).
- STARCH EUROPE (2017 b): The European starch industry. <https://www.starch.eu/european-starch-industry/> (abgerufen am 03.06.2017, 18:45).
- STATISTIK AUSTRIA (2018): Viehbestand. [https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/land\\_und\\_forstwirtschaft/viehbestand\\_tierische\\_erzeugung/viehbestand/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/viehbestand/index.html) (abgerufen am 07.07.2018, 13:41).
- STEININGER, F. F. (Hrsg.) (1999): Erdgeschichte des Waldviertels. 2. erweiterte Auflage. Horn-Waidhofen/Thaya: Waldviertler Heimatbund.
- STRAUSS, P. et KLAGHOFER, E. (2006): Austria. In: BOARDMAN, J. (Ed.) et POESEN, J. (Ed.): Soil erosion in Europe. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- STRUİK, P. C. (1999): Entwicklungsphysiologie. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- TAUBNER, H., EICKHORST, T. et TIPPKÖTTER, R. (2009): Auswirkungen der direkten Grüngutapplikation auf Ertrag und Bodeneigenschaften von Ackerböden. In: Die Bodenkultur – Journal for Land Management, Food and Environment. Band 60, Heft 4, 2009. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- TIESSEN, K. H. D., LOBB, D. A., MEHUYS, G. R. et REES, H. W. (2007): Tillage translocation and tillage erosivity by planting, hilling and harvesting operations common to potato production in Atlantic Canada. In: Soil and Tillage Research. 2007, Volume 97, Issue 2. Amsterdam: Elsevier B.V..
- TRIBOUILLOIS, H., CONSTANTIN, J. et JUSTES, E. (2018): Cover crops mitigate direct greenhouse gases balance but reduce drainage under climate change scenarios in temperate climate with dry summers. In: Global Change Biology. 2018, Volume 24, Issue 6. Oxford: Wiley-Blackwell.

## Literaturverzeichnis

- VAN LOON, C. D. (1999 a): Fruchtfolge. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- VAN LOON, C. D. (1999 b): Pflanzung und Bestandesführung. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- VETTER, H. (1997): Düngung. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..
- WALTER, R. (2007): Geologie von Mitteleuropa. 7., vollständig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).
- WANG, F.-X., FENG, S.-Y., HOU, X.-Y., KANG, S.-Z. et HAN, J.-J. (2009): Potato growth with and without plastic mulch in two typical regions of Northern China. In: Field crop Research. 2009, Volume 110, Issues 2. Amsterdam: Elsevier.
- WANG, X.-L., LI, F.-M., JIA, Y. et SHI, W.-Q. (2005): Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature. In: Agricultural Water Management. 2005, Volume 78, Issue 3. Amsterdam: Elsevier B.V..
- WHITMORE, A. P. et HANDAYANTO, E. (1997): Simulating the mineralization of N from crop residues in relation to residue quality. In: CADISCH, G. (Ed.) et GILLER, K. E. (Ed.) (1997): Driven by Nature. – Plant litter quality and decomposition. Wallingford, Oxon: CAB International.
- WIENS, M. J., ENTZ, M. H., MARTIN, R. C. et HAMMERMEISTER, A. M. (2006): Agronomic benefits of alfalfa mulch applied to organically managed spring wheat. In: Canadian Journal of Soil Science. 2006, Volume 86, Number 1. Ottawa: Canadian Science Publishing (CSP)/Agricultural Institute of Canada.
- WOHLRAB, B. (1997): Rekultivierung von Anbauflächen für den landwirtschaftlichen Pflanzenbau. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.):

## Literaturverzeichnis

Handbuch des Pflanzenbaues – Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..

WRIEDT, G. (1999): Stand der Züchtung und Sortenwahl. In: KELLER, E. R. (Hrsg.), HANUS, H. (Hrsg.) et HEYLAND, K.-U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues – Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co..

WWP – World wheat production – 2017 (2017): <https://www.worldwheatproduction.com/> (abgerufen am 31.07.2017, 20:33).

XIE, Z., WANG, Y. et LI, F. (2005): Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of Northwest China. In: Agricultural Water Management. 2005, Volume 75. Amsterdam: Elsevier B.V..

YANG, Y., DING, J., ZHANG, Y., WU, J., ZHANG, J., PAN, X., GAO, C., WANG, Y. et HE, F. (2018): Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. In: Agricultural Water Management. 2018, Volume 201. Amsterdam: Elsevier B.V..

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2017): <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/daten-download/klimamittel> (abgerufen am 29.10.2017, 14:34).

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2018): <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch> (abgerufen 24.03.2018, 20:10).

ZHAO, H., XIONG, Y. C., LI, F.-M., WANG, R.-Y., QIANG, S.-C., YAO, T.-F. et MO, F. (2012): Plastic film mulch for half growing-season maximized WUE and yield of potato via moisture-temperature improvement in a semi-arid agroecosystem. In: Agricultural Water Management. 2012, Volume 104. Amsterdam: Elsevier B.V..

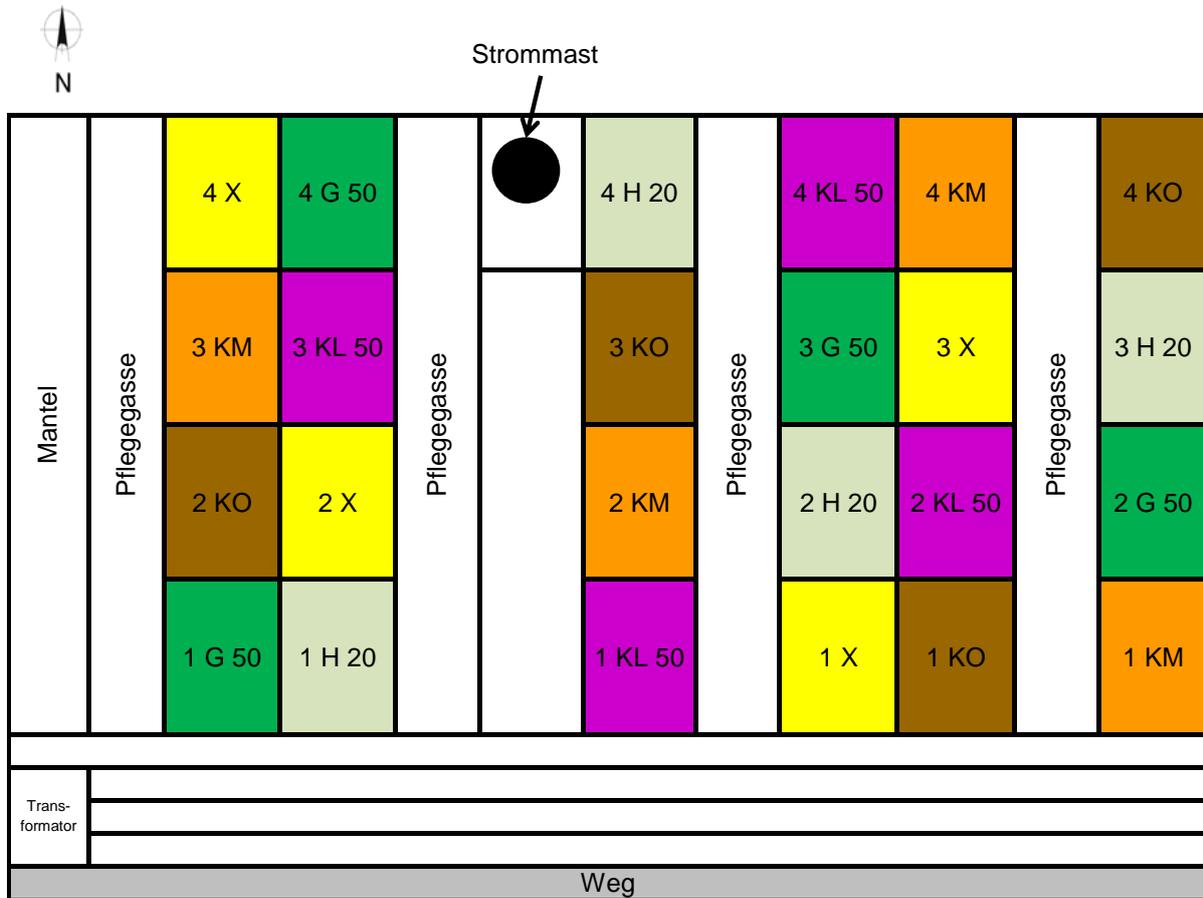
## 11 Abkürzungsverzeichnis

A (Bodenhorizont) .....	A-Horizont = Mineralhorizont im Oberboden
a .....	Jahr
A <sub>g</sub> (Bodenhorizont).....	A-Horizont mit leichter Vergleyung
AB <sub>v</sub> (Bodenhorizont) .....	AB-Horizont mit Verwitterung
abs. ....	absolut
B (Bodenhorizont) .....	B-Horizont = Mineralhorizont im Unterboden
B <sub>g</sub> (Bodenhorizont).....	B-Horizont mit leichter Vergleyung
B <sub>v</sub> (Bodenhorizont).....	B-Horizont mit Verwitterung
BBCH-Stadium .....	Steht für morphologisches Entwicklungsstadium von Pflanzen. (Abkürzung für: Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie)
C .....	Kohlenstoff
C <sub>v</sub> (Bodenhorizont) .....	C-Horizont (Lockerboden) mit Verwitterung
E (Bodenhorizont) .....	E-Horizont = Mineralhorizont mit aufgetragenem Plaggenmaterial
EU .....	Europäische Union
EU-28 .....	Europäische Union mit 28 Mitgliedern (Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Schweden, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern)
EUf .....	Elektro-Ultrafiltration
EWG .....	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
G (Bodenhorizont) .....	durch Grundwasser geprägter Unterbodenhorizont
K .....	Kalium
K <sub>2</sub> O .....	Kaliumoxid
Max. ....	Maximum
max. ....	maximal
MgO .....	Magnesiumoxid
Min. ....	Minimum
MW.....	Mittelwert
N .....	Stickstoff
N <sub>min</sub> .....	mineralisierter Stickstoff
N <sub>org</sub> .....	Organisch gebundener Stickstoff
NO <sub>3</sub> .....	Nitrat
N <sub>2</sub> O .....	Distickstoffmonoxid
NÖ .....	Niederösterreich
n.s. ....	nicht signifikant

## Abkürzungsverzeichnis

OÖ	.....	Oberösterreich
P	.....	Phosphor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.....	Diphosphorpentoxid
S	.....	Schwefel
S (Bodenhorizont)	.....	Mineralbodenhorizont durch Stauwasser beeinflusst
S <sub>rel</sub> (Bodenhorizont)	.....	Mineralbodenhorizont mit alter Verwitterungsdecke
WH	.....	Wiederholung
°C	.....	Grad Celsius
μ	.....	Anzahl Standorte
°	.....	Grad
Ø	.....	Durchschnitt

## 12 Anhang



**Abb. 45: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**

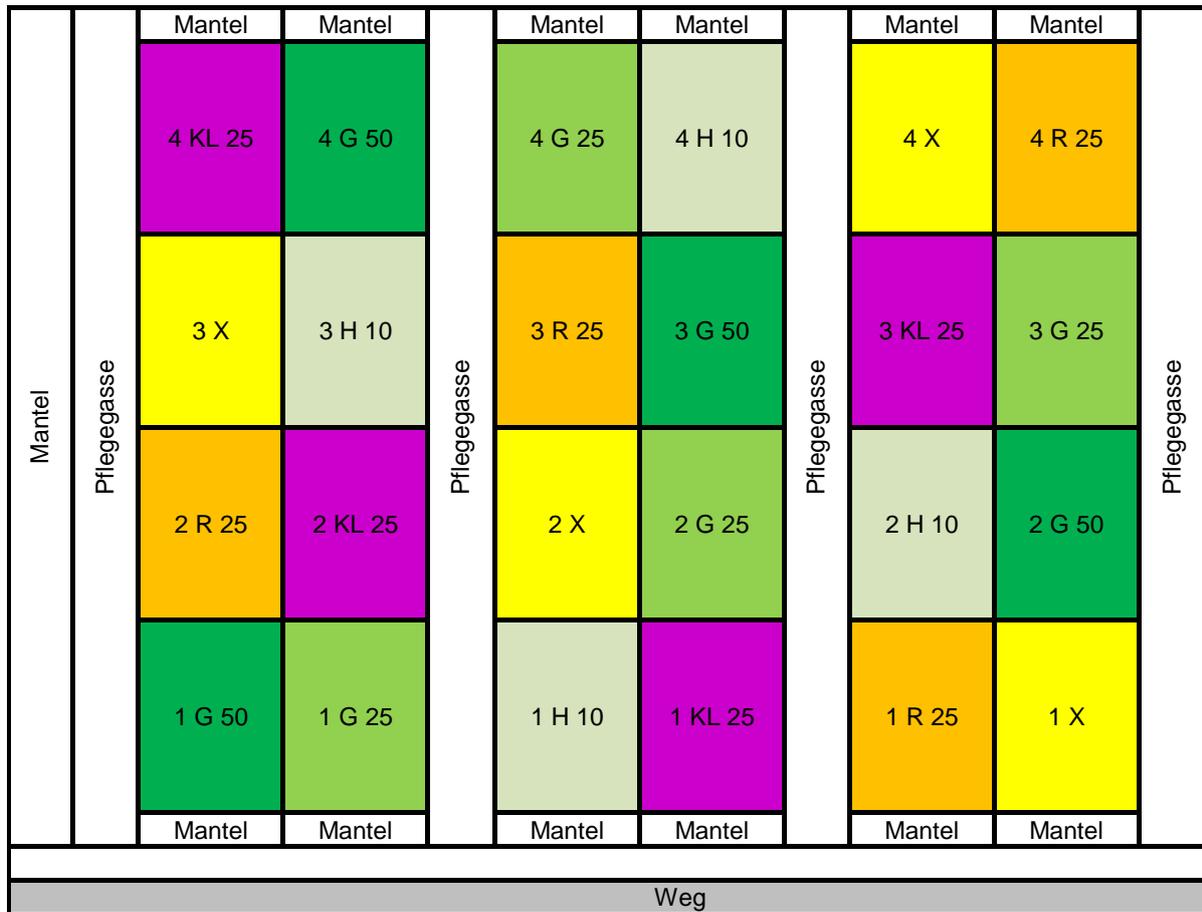
1 bis 4 = Wiederholungen. G = Grünschnitt, H = Heu, KL = Klee, X = Kontrolle, KO = Kompost, KM = Kompostmischung. 50 = 50 t Abdeckmaterial/ha, 20 = 20 t Abdeckmaterial/ha. Ein Rechteck symbolisiert eine Legemaschinenbreite (vier Dämme).



Mantel	Pfliegasse	Mantel	Mantel	Pfliegasse	Mantel
		3 G 50	2 G 25		
		3 H 10	2 X		
		3 KL 25	2 G 50		
		3 X	2 H 10		
		3 G 25	2 KL 25		
		4 H 10	1 X		
		4 G 25	1 KL 25		
		4 G 50	1 H 10		
		4 KL 25	1 G 25		
		4 X	1 G 50		
		Mantel	Mantel		

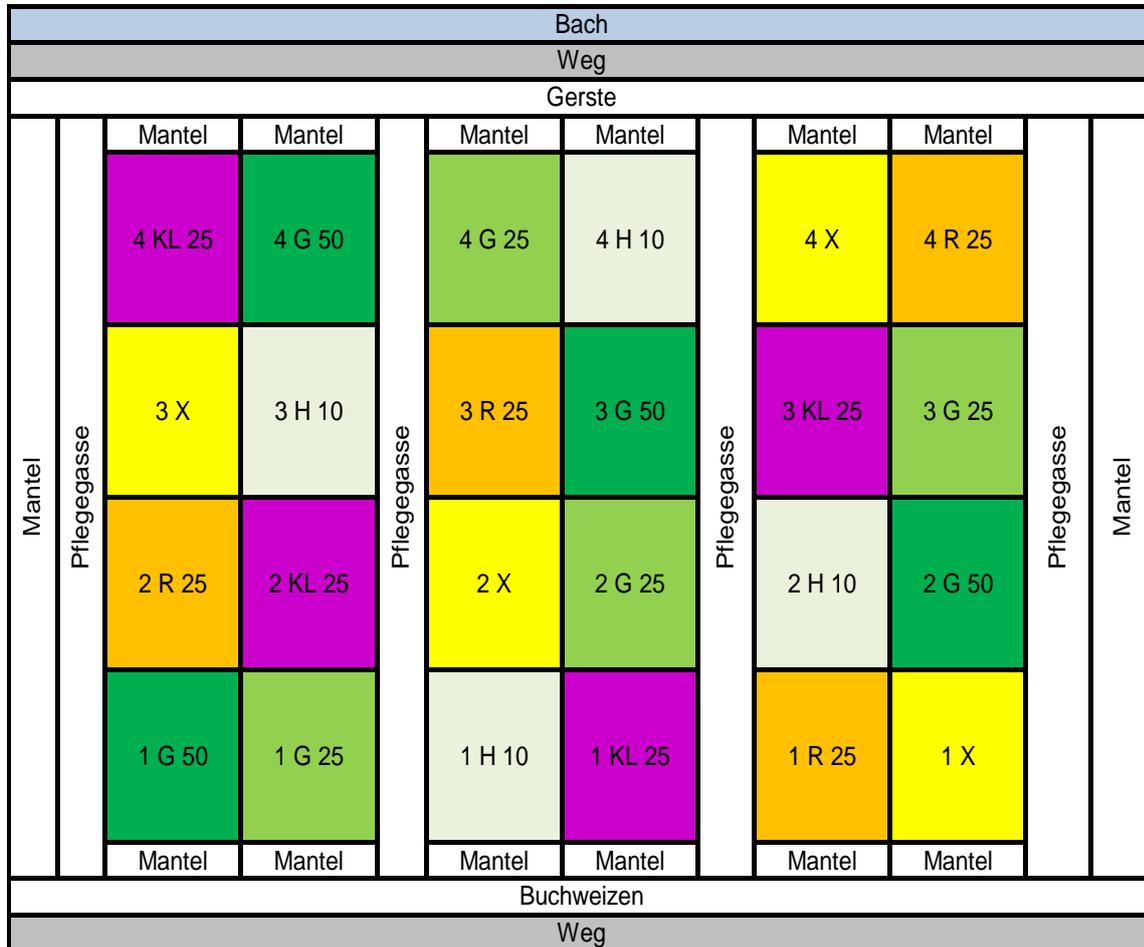
**Abb. 46: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**

1 bis 4 = Wiederholungen. G = Grünschnitt, H = Heu, KL = Klee, X = Kontrolle.  
50 = 50 t Abdeckmaterial/ha, 25 = 25 t Abdeckmaterial/ha, 10 = 10 t Abdeckmaterial/ha.  
Ein Rechteck symbolisiert eine Legemaschinenbreite (vier Dämme).



**Abb. 47: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013**

1 bis 4 = Wiederholungen. G = Grünschnitt, H = Heu, KL = Klee, R = Grünschnitttroggen, X = Kontrolle. 50 = 50 t Abdeckmaterial/ha, 25 = 25 t Abdeckmaterial/ha, 10 = 10 t Abdeckmaterial/ha. Ein Rechteck symbolisiert eine Legemaschinenbreite (vier Dämme).



**Abb. 48: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**

1 bis 4 = Wiederholungen. G = Grünschnitt, H = Heu, KL = Klee, R = Grünschnittroggen, X = Kontrolle. 50 = 50 t Abdeckmaterial/ha, 25 = 25 t Abdeckmaterial/ha, 10 = 10 t Abdeckmaterial/ha. Ein Rechteck symbolisiert eine Legemaschinenbreite (vier Dämme).

# Anhang

Dammnr.	Schamr.	WH 1	WH 2
1	1		Kontrolle
2	2		Kontrolle
3	3		Kontrolle
4	4		Kontrolle
4	5		Kontrolle
3	6		Kontrolle
2	7		Kontrolle
1	8		Kontrolle
1	9		Pflegegasse
2	10		Pflegegasse
3	11		Pflegegasse
4	12		Pflegegasse
4	13		Kontrolle
3	14		Kontrolle
2	15		Kontrolle
1	16		Kontrolle
1	17		Kontrolle
2	18		Kontrolle
3	19		Kontrolle
4	20		Kontrolle
4	21		Grünschnitt 50 t/ha
3	22		Grünschnitt 50 t/ha
2	23		Grünschnitt 50 t/ha
1	24		Grünschnitt 50 t/ha
1	25		Grünschnitt 50 t/ha
2	26		Grünschnitt 50 t/ha
3	27		Grünschnitt 50 t/ha
4	28		Grünschnitt 50 t/ha
4	29		Pflegegasse
3	30		Pflegegasse
2	31		Pflegegasse
1	32		Pflegegasse
1	33		Grünschnitt 50 t/ha
2	34		Grünschnitt 50 t/ha
3	35		Grünschnitt 50 t/ha
4	36		Grünschnitt 50 t/ha
4	37		Grünschnitt 50 t/ha
3	38		Grünschnitt 50 t/ha
2	39		Grünschnitt 50 t/ha
1	40		Grünschnitt 50 t/ha
1	41		Kontrolle
2	42		Kontrolle
3	43		Kontrolle
4	44		Kontrolle
4	45		Kontrolle
3	46		Kontrolle
2	47		Kontrolle
1	48		Kontrolle
1	49		Pflegegasse
2	50		Pflegegasse
3	51		Pflegegasse
4	52		Pflegegasse
4	53		Kontrolle
3	54		Kontrolle
2	55		Kontrolle
1	56		Kontrolle
1	57		Kontrolle
2	58		Kontrolle
3	59		Kontrolle
4	60		Kontrolle



**Abb. 49: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Breite Bischinger, Standort Moidrams, 2011**  
Ein Rechteck symbolisiert einen Kartoffeldamm.

## Anhang

Scharnr.	Dammnr.	W/H 1	W/H 2
1	1		Kontrolle
1	2		Kontrolle
2	3		Kontrolle
3	4		Kontrolle
4	5		Kontrolle
4	6		Kontrolle
3	7		Kontrolle
2	8		Kontrolle
1	9		Kontrolle
1	10		Kontrolle
2	11		Grünschnitt 10 t/ha
3	12		Grünschnitt 10 t/ha
4	13		Grünschnitt 10 t/ha
4	14		Grünschnitt 10 t/ha
3	15		Grünschnitt 10 t/ha
2	16		Grünschnitt 10 t/ha
1	17		Grünschnitt 10 t/ha
1	18		Grünschnitt 10 t/ha
2	19		Pflegegasse
3	20		Pflegegasse
4	21		Pflegegasse
4	22		Pflegegasse
3	23		Grünschnitt 20 t/ha
2	24		Grünschnitt 20 t/ha
1	25		Grünschnitt 20 t/ha
1	26		Grünschnitt 20 t/ha
2	27		Grünschnitt 20 t/ha
3	28		Grünschnitt 20 t/ha
4	29		Grünschnitt 20 t/ha
4	30		Grünschnitt 20 t/ha
3	31		Kontrolle
2	32		Kontrolle
1	33		Kontrolle
1	34		Kontrolle
2	35		Kontrolle
3	36		Kontrolle
4	37		Kontrolle
4	38		Kontrolle
3	39		Kontrolle
2	40		Kontrolle



**Abb. 50: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**  
Ein Rechteck symbolisiert einen Kartoffeldamm.

## Anhang

Scharnr.	Dammnr.	WH 1	WH 2
1	1	Kontrolle	
2	2	Kontrolle	
3	3	Kontrolle	
4	4	Kontrolle	
4	5	Pflegegasse	
3	6	Pflegegasse	
2	7	Pflegegasse	
1	8	Pflegegasse	
1	9	Grünschnittroggen 20 t/ha	
2	10	Grünschnittroggen 20 t/ha	
3	11	Grünschnittroggen 20 t/ha	
4	12	Grünschnittroggen 20 t/ha	
4	13	Grünschnittroggen 20 t/ha	
3	14	Grünschnittroggen 20 t/ha	
2	15	Pflegegasse	
1	16	Pflegegasse	
1	17	Pflegegasse	
2	18	Pflegegasse	
3	19	Grünschnittroggen 20 t/ha	
4	20	Grünschnittroggen 20 t/ha	
4	21	Grünschnittroggen 20 t/ha	
3	22	Grünschnittroggen 20 t/ha	
2	23	Grünschnittroggen 20 t/ha	
1	24	Grünschnittroggen 20 t/ha	
1	25	Grünschnittroggen 20 t/ha	
2	26	Grünschnittroggen 20 t/ha	
3	27	Kontrolle	
4	28	Kontrolle	
4	29	Kontrolle	
3	30	Kontrolle	
2	31	Kontrolle	
1	32	Pflegegasse	
1	33	Pflegegasse	
2	34	Pflegegasse	
3	35	Pflegegasse	
4	36	Kontrolle	
4	37	Kontrolle	
3	38	Kontrolle	
2	39	Kontrolle	
1	40	Kontrolle	



**Abb. 51: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 2013**  
Ein Rechteck symbolisiert einen Kartoffeldamm.

# Anhang

Dammnr. Schemr.	WH 1	WH 2
	1	
2		Kontrolle
3		Kontrolle
4		Kontrolle
5		Kontrolle
6		Kontrolle
7		Kontrolle
8		Kontrolle
9		Kontrolle
10		Kontrolle
11		Kontrolle
12		Kontrolle
13		Pflegegasse
14		Pflegegasse
15		Pflegegasse
16		Pflegegasse
17		Kontrolle
18		Kontrolle
19		Kontrolle
20		Kontrolle
21		Kontrolle
22		Kontrolle
23		Kontrolle
24		Kontrolle
25		Kontrolle
26		Kontrolle
27		Kontrolle
28		Kontrolle
29		Grünschnittroggen 20 t/ha
30		Grünschnittroggen 20 t/ha
31		Grünschnittroggen 20 t/ha
32		Grünschnittroggen 20 t/ha
33		Grünschnittroggen 20 t/ha
34		Grünschnittroggen 20 t/ha
35		Grünschnittroggen 20 t/ha
36		Grünschnittroggen 20 t/ha
37		Pflegegasse
38		Pflegegasse
39		Pflegegasse
40		Pflegegasse
41		Grünschnittroggen 20 t/ha
42		Grünschnittroggen 20 t/ha
43		Grünschnittroggen 20 t/ha
44		Grünschnittroggen 20 t/ha
45		Grünschnittroggen 20 t/ha
46		Grünschnittroggen 20 t/ha
47		Grünschnittroggen 20 t/ha
48		Grünschnittroggen 20 t/ha
49		Kontrolle
50		Kontrolle
51		Kontrolle
52		Kontrolle
53		Kontrolle
54		Kontrolle
55		Kontrolle
56		Kontrolle
57		Kontrolle
58		Kontrolle
59		Kontrolle
60		Kontrolle
61		Pflegegasse
62		Pflegegasse
63		Pflegegasse
64		Pflegegasse
65		Kontrolle
66		Kontrolle
67		Kontrolle
68		Kontrolle
69		Kontrolle
70		Kontrolle
71		Kontrolle
72		Kontrolle
73		Kontrolle
74		Kontrolle
75		Kontrolle
76		Kontrolle



**Abb. 52: Versuchsanlage (Skizze),  
Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**  
Ein Rechteck symbolisiert einen Kartoffeldamm.

## 13 Bildanhang



**Abb. 53: Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011**



**Abb. 54: Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012**



**Abb. 55: Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013**

## Bildanhang



**Abb. 56: Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014**



**Abb. 57: Versuchsschlag Breite Bischinger, Standort Moidrams, 2011**



**Abb. 58: Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012**

## Bildanhang



**Abb. 59: Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 2013**



**Abb. 60: Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014**

## 14 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kartoffelfläche (inkl. Saatkartoffeln) EU-28 (ha), 2011 bis 2015 (EUROSTAT, 2017, s.p.) und durchschnittlicher Knollenertrag EU-28 (t/ha), 2011 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.) .....	5
Tab. 2: Stärke- und Speiseindustriekartoffelfläche Österreich (ha), 2011 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.) und durchschnittliche Knollenerträge bei Kartoffeln Österreich (t/ha), 2011 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.) .....	6
Tab. 3: Empfehlungsrichtwerte für Düngung bei Stärkeindustriekartoffeln .....	9
Tab. 4: Weizenflächen EU-28 (ha), 2012 bis 2015 (EUROSTAT, 2017, s.p.) und durchschnittlicher Kornertrag EU-28 (t/ha), 2012 bis 2015 (FAO, 2017, s.p.) .....	10
Tab. 5: Weichweizenfläche Österreich (ha), 2012 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.) und durchschnittliche Weizenerträge Österreich (t/ha), 2012 bis 2015 (AMA, 2017, s.p.).....	11
Tab. 6: Kriterien für den Beginn von Wassererosion (BRUNOTTE et FRÖBA, .....	14
Tab. 7: Schlagbezeichnungen, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2015.....	19
Tab. 8: Schlagbezeichnungen, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014 .....	19
Tab. 9: Bodenbeschreibung, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 59).....	19
Tab. 10: Bodenbeschreibung, Versuchsschläge Stüxenhof und Straßacker, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 92).....	20
Tab. 11: Bodenbeschreibung, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf (ÖBK, 1990, S. 121) .....	20
Tab. 12: Bodenbeschreibung, Versuchsschläge Breiten Bischinger, Garten Bischinger und Steinhügel Auer, Standort Moidrams (ÖBK, 1980, S. 67) .....	20
Tab. 13: Bodenbeschreibung, Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams (ÖBK, 1980, S. 69).....	21
Tab. 14: Lufttemperatur (°C) und Niederschlag (mm), Wetterstation Allentsteig, 2011 bis 2015.....	22
Tab. 15: Lufttemperatur (°C) und Niederschlag (mm), Wetterstation Stift Zwettl, 2011 bis 2014 .....	23
Tab. 16: Zur Auswertung kommende Varianten der Dammbabdeckungen, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	25
Tab. 17: Varianten der Dammbabdeckungen, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014 .....	26
Tab. 18: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	28
Tab. 19: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014.....	30
Tab. 20: Übersicht der Kulturführungsmaßnahmen bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015.....	32

## Tabellenverzeichnis

Tab. 21: Ausgewählte Dämme für die manuelle Dammvermessung bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2012 bis 2014.....	35
Tab. 22: Messwerte mittels N-Tester und Stickstoff-Düngeempfehlung 2013.....	40
Tab. 23: Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	44
Tab. 24: Temperaturmaxima und –minima absolut (°C) im Damm aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	47
Tab. 25: Temperaturdifferenz absolut (°C) im Damm zwischen 07:00 und 19:00 Uhr aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	48
Tab. 26: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011.....	48
Tab. 27: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012.....	50
Tab. 28: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013.....	51
Tab. 29: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	52
Tab. 30: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012.....	55
Tab. 31: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013.....	56
Tab. 32: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	56
Tab. 33: Berechnete Dammquerschnittsflächen (dm <sup>2</sup> ) auf Basis der photogrammetrischen Messungen für die Dämme 1 und 2 aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	59
Tab. 34: Min-Max-Index (%) und Setzung (mm) auf Basis der photogrammetrischen Messungen aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	60
Tab. 35: Mittlere Dammquerschnittsfläche (dm <sup>2</sup> ), Min-Max-Index (%) und Setzung (mm) auf Basis der photogrammetrischen Messungen für die mittleren Dämme (Damm 1 und 2) absolut und relativ zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	60
Tab. 36: Gegenüberstellung berechnete Dammquerschnittsflächen (dm <sup>2</sup> ) bei manueller Dammvermessung (2012 bis 2014) und der berechneten Dammquerschnittsflächen (dm <sup>2</sup> ) bei	

## Tabellenverzeichnis

photogrammetrischer Dammvermessung (2014), jeweils zu Vegetationsende aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014 .....	61
Tab. 37: Blattertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 und 2014 .....	62
Tab. 38: Knollenertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	63
Tab. 39: Stärkegehalt (%) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	65
Tab. 40: Stärkeertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	66
Tab. 41: Nitratgehalt (g/kg) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	67
Tab. 42: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	68
Tab. 43: Ausgewählte Nährstoffe der EUF-Bodenuntersuchung nach der Ernte der Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	70
Tab. 44: Ausgewählte Nährstoffe der EUF-Bodenuntersuchung nach der Ernte der Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012.....	70
Tab. 45: Verhalten der Abdeckmaterialien während des Vegetationszeitraums bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014.....	71
Tab. 46: Temperaturmaxima und -minima (°C) im Damm absolut aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014.....	73
Tab. 47: Temperaturdifferenz absolut (°C) im Damm zwischen 07:00 und 19:00 Uhr aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014 .....	73
Tab. 48: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Breiten Bischinger, Standort Moidrams, 2011 .....	74
Tab. 49: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012 .....	75
Tab. 50: Temperatur (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014 .....	76
Tab. 51: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012.....	77
Tab. 52: Abstand der Messlehre zur Dammfurche (cm) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014.....	77
Tab. 53: Berechnete mittlere Dammquerschnittsflächen (dm <sup>2</sup> ) bei manueller Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Moidrams, 2012 und 2014 .....	77

## Tabellenverzeichnis

Tab. 54: Knollenertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014.....	78
Tab. 55: Stärkegehalt (%) in den Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014.....	79
Tab. 56: Stärkeertrag (t/ha) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014.....	79
Tab. 57: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Moidrams, 2011, 2012 und 2014.....	80
Tab. 58: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	85
Tab. 59: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr Versuchsstandort Tautendorf, 2013 bis 2015 .....	86
Tab. 60: Ertragsbildung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr Versuchsstandort Tautendorf, 2014 bis 2015 .....	87
Tab. 61: Kornertrag (t/ha) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	89
Tab. 62: Hektolitergewicht (kg/hl) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	90
Tab. 63: Proteingehalt (%) bei Winterweizen in Abhängigkeit von Abdeckmaterial und Jahr, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	92
Tab. 64: Ernteindex von Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 und 2014.....	108
Tab. 65: Relative Temperaturdifferenz (%) im Damm um 7:00 Uhr, 12:00 Uhr und 19:00 Uhr, Grünschnitt 50 t/ha gegenüber Kontrolle und Niederschlag (mm) je nach Dekade, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	112
Tab. 66: Gehalt an Nitrat in Knollen (g/kg) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	123
Tab. 67: Anteil Fraßstellen (%) an Knollen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	124
Tab. 68: Parameter der Ertragsbildung bei Winterweizen – Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsschläge Standort Tautendorf, 2012 bis 2015.....	129
Tab. 69: Anteil voll ausgebildeter und nicht voll ausgebildeter Ähren (%) an der Gesamtanzahl Ähren/m <sup>2</sup> bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	133
Tab. 70: Modifizierter Ernteindex von Winterweizen aller Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2014 bis 2015.....	134
Tab. 71: Gehalt an Protein (%) bei Winterweizen nach Versuchsjahr und durchgehend bestehenden Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015.....	135

## Tabellenverzeichnis

Tab. 72: Proteingehalt in Abhängigkeit der ertragsbildenden Parameter bei Winterweizen – Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	135
Tab. 73: Proteinertrag (kg/ha) bei Winterweizen nach Versuchsjahr und durchgehend bestehenden Varianten, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015.....	136
Tab. 74: Proteinertrag in Abhängigkeit der ertragsbildenden Parameter bei Winterweizen– Korrelationskoeffizienten (r), Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015 .....	136

## 15 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams (HÖLZL, 2007, s.p.) Die Versuchsstandorte Tautendorf und Moidrams sind rot gekennzeichnet.....	18
Abb. 2: Versuchsfläche nach Ausbringung der Dammapdeckung bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 24. Mai 2013 .....	25
Abb. 3: Ausbringung von Grünschnitttroggen auf die Dämme bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 23. Mai 2013 .....	27
Abb. 4: Schematische Darstellung der manuellen Dammvermessung bei Stärkeindustriekartoffeln.....	35
Abb. 5: Photogrammetrische Aufnahmen bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 06. Mai 2014 .....	36
Abb. 6: Photogrammetrische Aufnahme der Variante <i>Grünschnitt 50 t/ha</i> , 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln (links: Vegetationsbeginn und rechts: Vegetationsende), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	37
Abb. 7: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Abdeckvarianten bei Stärkeindustriekartoffeln zum Auflaufen der Kartoffelpflanze und zu Vegetationsende,.....	45
Abb. 8: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	49
Abb. 9: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012 .....	50
Abb. 10: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013 .....	51
Abb. 11: Temperaturunterschied (°C) im Damm der abgedeckten Varianten im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014 .....	53
Abb. 12: Niederschlag und <i>Messwert Gipsblock</i> in 20 und 40 cm Bodentiefe in der 1. Wiederholung sowie in 20 cm Bodentiefe in der 4. Wiederholung aller Varianten, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	54
Abb. 13: Dammprofile zu Vegetationsbeginn (blaue Linie) und zu Vegetationsende (rote Linie) auf Basis der photogrammetrischen Messung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	58
Abb. 14: Ablagerung des Abdeckmaterials Grünschnitttroggen .....	71

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 15: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Breiten Bischinger, Standort Moidrams, 2011 .....	74
Abb. 16: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012 .....	75
Abb. 17: Verlauf Temperatur absolut (°C) im Damm der abgedeckten Variante im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014 .....	76
Abb. 18: Verhalten der Abdeckmaterialien aus dem Vorjahr im Weizenbestand,.....	81
Abb. 19: Weizenbestand nach vorjähriger Abdeckung Klee 25 t/ha, 1. WH (Foto links) und Grünschnitt 25 t/ha, 2. WH (Foto rechts), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 28. Juli 2015.....	82
Abb. 20: Vergleich mittlerer Tagestemperatur im Damm (°C) in der <i>Kontrolle</i> und den abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln zur mittleren Lufttemperatur (°C), Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014 .....	95
Abb. 21: Vergleich mittlerer Tagestemperatur im Damm (°C) in der <i>Kontrolle</i> und den abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln zur mittleren Lufttemperatur (°C), Versuchsstandort Moidrams, 2011 bis 2014.....	96
Abb. 22: Geländeverlauf entlang der Längsseite der Parzelle im Vergleich zur Dammquerschnittsfläche (dm <sup>2</sup> , manuelle Dammvermessung) der <i>Kontrolle</i> und der Variante <i>Grünschnitt 10 bzw. 20 t/ha</i> (die rote Linie kennzeichnet den Geländeknick) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012 .....	98
Abb. 23: Geländeverlauf entlang der Längsseite der Parzelle im Vergleich zur Dammquerschnittsfläche (dm <sup>2</sup> , manuelle Dammvermessung) der <i>Kontrolle</i> und der Variante <i>Grünschnittroggen 20 t/ha</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014 .....	99
Abb. 24: Durch Erosion vertiefte Dammfurche im Bereich der tiefsten Erosionsstelle (=höchste Hangefälle) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 03. Oktober 2014 .....	100
Abb. 25: Dammquerschnittsflächen (dm <sup>2</sup> , manuelle Dammvermessung) bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit des Jahrs bzw. der Niederschlagssumme (mm) April bis September, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014.....	101
Abb. 26: Regressionsanalyse Veränderung Dammquerschnittsfläche (dm <sup>2</sup> ) und Setzung (mm) jeweils auf Basis der photogrammetrischen Dammvermessung aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	102

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 27: Das Abdeckmaterial, Variante <i>Grünschnitt 50 t/ha</i> , 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln, blieb bis Vegetationsende erhalten, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 01. Okt. 2011 .....	103
Abb. 28: Sichtbar verfilztes Abdeckmaterial Variante <i>Heu 10 t/ha</i> , 1. WH bei Stärkeindustriekartoffeln, nach Entfernung des Blattkrauts, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 04. Sept. 2013.....	103
Abb. 29: Visuelle Beurteilung Anzahl Regenwurmgänge bei Variante <i>Klee 50 t/ha</i> (links) und der <i>Kontrolle</i> (rechts) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 17. September 2011 .....	104
Abb. 30: Aufstauende Wirkung des Abdeckmaterials bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 12. September 2013.....	105
Abb. 31: Knollenertrag relativ (%) in Abhängigkeit des Blattertrags relativ (%), alle Varianten jeweils relativ zur <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2013 bis 2014 .....	107
Abb. 32: Knollenmehrertrag (t/ha) und Knollenertrag (t/ha) aller abgedeckten Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf (2011 bis 2014) und Moidrams (2011 und 2012).....	109
Abb. 33: Knollenertrag (t/ha) in Abhängigkeit der mittleren Tagestemperatur im Damm (°C) aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	111
Abb. 34: Relativer Mehrertrag (%) zwischen <i>Grünschnitt 50 t/ha</i> und <i>Kontrolle</i> bei Stärkeindustriekartoffeln in Abhängigkeit von der relativen mittleren Temperaturdifferenz im Damm (%), Messzeitpunkt 7 Uhr jeweils 1. Juni bis 30. September, Versuchsstandort Tautendorf, 2011 bis 2014.....	113
Abb. 35: Deutlich sichtbarer feuchterer Boden bei der Variante <i>Grünschnitt 20 t/ha</i> (links) im Vergleich zur <i>Kontrolle</i> (rechts) bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 29. September 2012.....	114
Abb. 36: Verlauf des <i>Messwerts Gipsblock</i> in 20 cm Bodentiefe, 1. WH in den Varianten <i>Kontrolle</i> und <i>Grünschnitt 50 t/ha</i> bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011.....	114
Abb. 37: Relativer Knollenertrag zur <i>Kontrolle</i> (%) in Abhängigkeit vom <i>Messwert Gipsblock</i> in 20 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	116
Abb. 38: Relativer Knollenertrag zur <i>Kontrolle</i> (%) in Abhängigkeit vom <i>Messwert Gipsblock</i> in 40 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	117
Abb. 39: Relativer Knollenertrag zur <i>Kontrolle</i> (%) in Abhängigkeit vom Mittelwert <i>Messwert Gipsblock</i> in 20 und 40 cm Bodentiefe, 1. WH aller Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	118

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 40: Knollenertrag (t/ha) in Abhängigkeit der Dammquerschnittsfläche (dm <sup>2</sup> ) zu Vegetationsende für alle Varianten bei Stärkeindustriekartoffeln, Basis manuelle Dammvermessung, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014.....	119
Abb. 41: Mit dem freien Auge sichtbare Reste des Abdeckmaterials Grünschnitttroggen aus dem Vorjahr im Weizenbestand, Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 22. März 2014 .....	125
Abb. 42: Weizenbestand an der Parzellengrenze zwischen <i>Kontrolle</i> , 3. WH (linke Bildhälfte) und <i>Klee 25 t/ha</i> , 4. WH (rechte Bildhälfte), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 30. Mai 2015 .....	125
Abb. 43: Kornertrag (t/ha) in Abhängigkeit vom Messwert N-Tester zum BBCH-Stadium 37 bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2014 .....	128
Abb. 44: Kornertrag (t/ha) in Abhängigkeit von Anzahl voll ausgebildeter Ähren und nicht voll ausgebildeter Ähren/m <sup>2</sup> bei Winterweizen, Versuchsstandort Tautendorf, 2012 bis 2015.....	132
Abb. 45: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011.	163
Abb. 46: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012..	164
Abb. 47: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013.	165
Abb. 48: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014	166
Abb. 49: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Breite Bischinger, Standort Moidrams, 2011 .....	167
Abb. 50: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012 .....	168
Abb. 51: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 2013 .....	169
Abb. 52: Versuchsanlage (Skizze), Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014 .....	170
Abb. 53: Versuchsschlag Hausacker, Standort Tautendorf, 2011 .....	171
Abb. 54: Versuchsschlag Stüxenhof, Standort Tautendorf, 2012.....	171
Abb. 55: Versuchsschlag Straßacker, Standort Tautendorf, 2013 .....	171
Abb. 56: Versuchsschlag Hummelfeld, Standort Tautendorf, 2014.....	172
Abb. 57: Versuchsschlag Breite Bischinger, Standort Moidrams, 2011.....	172
Abb. 58: Versuchsschlag Garten Bischinger, Standort Moidrams, 2012 .....	172
Abb. 59: Versuchsschlag Steinhügel Klein, Standort Moidrams, 2013.....	173
Abb. 60: Versuchsschlag Steinhügel Auer, Standort Moidrams, 2014 .....	173