



LFULG-Anlage

Umsetzung der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI) im Freistaat Sachsen



Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum im Freistaat Sachsen 2014 - 2020

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Poststelle Klotzsche - 4 -		
Hybridakte	08. April 2021	Anlage
Az.:		
Dok.-Nr.:		

## Endbericht

für ein nach Richtlinie LIW/2014 mit Mitteln des ELER gefördertes Vorhaben

Titel des Vorhabens

# „Pflanzenbauliche Strategien zur Optimierung der Ertragsleistung klimaresilienter, sommerannueller Kulturpflanzen (Sonnenblumen und Mais) in Sachsen“ (kurz: „Sonnenblumen“)

Autoren: B.Sc. Hannah Scharfstädt  
 Prof. Dr. Knut Schmidtke  
 Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden  
 Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie  
 Fachgebiet Ökologischer Landbau  
 Pillnitzer Platz 2  
 01326 Dresden

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	6
1 Kurzdarstellung des Projektes .....	9
1.1 Mitglieder der Operationellen Gruppe .....	9
1.2 Problembeschreibung .....	9
1.3 Zielformulierung .....	11
1.4 Arbeitsplan .....	12
1.4.1 Methodenbeschreibung .....	12
1.4.2 Tabellarischer Zeit- und Arbeitsplan mit definierten Meilensteinen.....	16
1.4.3 Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der operationellen Gruppe .....	16
1.5 Erwartete Ergebnisse .....	17
2 Darstellung des Projektverlaufs .....	17
2.1 Tabellarische Übersicht Projektablauf .....	17
2.2 Fotodokumentation .....	19
2.3 Arbeit zu den Huminstoffpräparaten.....	27
2.3.1 Entwicklung wirksamer Huminsäure-Präparate .....	27
2.3.2 Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu den Huminsäuren .....	29
2.3.3 Herstellung von Produktmustern und Analyseergebnisse .....	30
3 Projektergebnisse .....	32
3.1 Einschätzung der Zielerreichung .....	32
3.2 Hauptergebnisse des Projektes .....	32
3.2.1 Mikrogefäßversuche zur Huminstoffwirkung .....	32
3.2.2 Gefäßversuche .....	37
3.2.3 Feldversuche zur Huminsäurewirkung .....	38
3.2.4 Feldversuche zur Unkrautregulierung in Sonnenblumen .....	45
3.3 Nebenergebnisse des Projektes .....	62
3.4 Nutzung der Ergebnisse in der Praxis .....	62
3.5 Konzept der Verbreitung der Projektergebnisse .....	64
4 Wirkung des Projektes .....	65
4.1 Beitrag zu den Prioritäten der EU für die Entwicklung des ländlichen Raumes	65
4.2 Beitrag zu den Zielen der EIP-AGRI .....	66
4.3 Beitrag zu den in der SWOT-Analyse festgestelltem Bedarf .....	66

5	Literaturverzeichnis.....	68
6	Anhang.....	69

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b>	Prüfglieder in den Feldversuchen zur Unkrautregulierung .....	14
<b>Tab. 2:</b>	In den Jahren 2018 bis 2020 verwendete Sonnenblumensorten .....	15
<b>Tab. 3:</b>	Bezeichnungen der Versuchsstandorte in den drei Versuchsjahren.....	15
<b>Tab. 4:</b>	Zeit- und Arbeitsplan mit definierten Meilensteinen laut Aktionsplan .....	16
<b>Tab. 5:</b>	Übersicht über den Projektablauf 2018 bis 2020 .....	18
<b>Tab. 6:</b>	Huminsäurepräparate der weiterführenden Mikrogefäßversuche .....	35
<b>Tab. 7:</b>	Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf Ertrag, Nährstoffgehalt und -aufnahme der Sonnenblume in 2018 und 2019. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	37
<b>Tab. 8:</b>	Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf Ertrag, Nährstoffgehalt und -aufnahme des Mais in 2018 und 2019. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	38
<b>Tab. 9:</b>	Analyseergebnisse der Bodenproben der Feldversuchsflächen in 2018 bis 2020 und des für die Gefäßversuche in 2018 und 2019 verwendeten Bodens mit Angabe der Versorgungsstufe (Großbuchstaben) (LKS mbH) .....	38
<b>Tab. 10:</b>	Einfluss der Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngemitteln auf den TM-Ertrag, die Kornertrag, den Ölgehalt, den Ölertrag, den N-Gehalt, den N-Ertrag, den P-Gehalt und den P-Ertrag nach Versuchsjahr und -standort. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	39
<b>Tab. 10:</b>	(Fortsetzung) .....	40
<b>Tab. 11:</b>	P-Verwertungseffizienzen nach Varianten der Huminsäurebehandlung und P-Düngung von Sonnenblumen in den Versuchsjahren 2018 bis 2020 und nach Versuchsstandorten in (% des gedüngten P) .....	42
<b>Tab. 12:</b>	Einfluss der Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngemitteln auf den TM-Ertrag, P-Gehalt und P-Ertrag von Mais im Feldversuch nach Versuchsjahren und -standorten. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	43
<b>Tab. 13:</b>	Scheinbare P-Verwertungseffizienzen nach Varianten der Huminsäurebehandlung und Düngung von Sonnenblumen in den Versuchsjahren 2018 bis 2020 und nach Versuchsstandorten in (% des gedüngten Phosphors) .....	44
<b>Tab. 14:</b>	Einfluss der Sonnenblumensorte auf den Feldaufgang in [% der Saatstärke] und die Bestandesdichte in (Pflanzen je $m^2$ ) nach Versuchsjahren und -standorten. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	47
<b>Tab. 15:</b>	Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Spross-TM-Ertrag, den Kornertrag, den Ölgehalt und den Ölertrag der Sonnenblumen nach Versuchsjahr und -standort). Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen	

den Unkrautregulierungsmaßnahmen. (n.s.= nicht signifikant; \*= signifikant  $P = 0,05$ ; xx = Wechselwirkung S x U).....57

**Tab. 16:** Einfluss der der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den TM-Ertrag, den Kornertrag, den Ölgehalt und den Ölertrag der Sonnenblumen nach Versuchsjahr und –standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Sorten. (n.s.= nicht signifikant; \*= signifikant  $P = 0,05$ ; xx = Wechselwirkung S x U).....58

**Tab. 17:** Übersicht Deckungsbeiträge I der Versuchsvarianten zur Unkrautregulierung nach Jahren und Standorten in (€/ha) .....62

**Tab. 18:** Übersicht Deckungsbeiträge I der Versuchsvarianten zur Wirkung der Huminsäurepräparate bei Sonnenblumen nach Versuchsstandorten und zusammengefasst für die Versuchsjahre 2018 bis 2020 in (€/ha) .....63

**Tab. 19:** Übersicht Deckungsbeiträge der Versuchsvarianten zur Wirkung der Huminsäurepräparate bei Mais nach Versuchsstandorten und zusammengefasst für die Versuchsjahre 2018 bis 2020 in (€/ha) .....64

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b> Einfluss der Zugabe verschiedener Huminstoffe auf die Seitenwurzellänge von Weizen (Krachonova & Schmidtke 2017) .....	10
<b>Abb. 2:</b> Mikrogefäßversuch mit Huminsäuren und Sonnenblumenkeimpflanzen (Foto: H. Scharfstädt, 2018).....	19
<b>Abb. 3:</b> Aussaat der Sonnenblumen mit vierreihiger, pneumatischer Einzelkornsämaschine am Standort Oelsitz, 2020. Auch für den Mais wurde diese Technik genutzt (Foto: H. Scharfstädt).....	19
<b>Abb. 4:</b> Rücktrocknung des mit verschiedenen Huminsäuren gebeizten Maissaatgutes, 2019 (Foto: H. Scharfstädt, 2019).....	20
<b>Abb. 5:</b> Sonnenblumenkeimpflanzen nach vorherigem Hacken und Anhäufeln der Reihe im Voraufbau. Sie stehen nun oben auf dem angehäufelten Damm. Im Hintergrund sichtbar die Bonitur des Feldaufgangs zu BBCH 10 mit den je Parzelle über farbige Holzstäbchen markierten Pflanzen (Foto: H. Scharfstädt, 2019).....	20
<b>Abb. 6:</b> Hacken und Häufeln mit Beginn im Keimblattstadium (BBCH 10) am Standort Hirschstein, 2018. Gut sichtbar die Wirkung der Flachbeethäufel auf die Sonnenblumenreihe. Die kleinen Keimpflanzen sind nach dem Durchgang mit der Hacke vollständig mit Erde bedeckt (Foto: H. Scharfstädt, 2018).....	21
<b>Abb. 7:</b> Handernte zu BBCH 16 am Standort Oelsitz, 2020 (Foto: H. Scharfstädt, 2020) .....	21
<b>Abb. 8:</b> Variante IV mit Beginn der Hack- und Häufelmaßnahmen zu BBCH 10 in 2019. Hier sind deutliche Pflanzenverluste erkennbar (Foto: H. Scharfstädt, 2019) .....	22
<b>Abb. 9:</b> Bonitur Pflanzenlänge 2018 (Foto: H. Scharfstädt 2018).....	22
<b>Abb. 10:</b> Probenaufbereitung auf dem Gelände der HTW Dresden in Dresden-Pillnitz. Hier wurde zur Handernte in den Sonnenblumen in BBCH 51 das Unkraut von der Sonnenblume getrennt, um durch folgende Aufbereitung der Proben den TM-Ertrag je ha von Unkraut und Sonnenblume je Variante zu ermitteln (Foto: H. Scharfstädt, 2019).....	23
<b>Abb. 11:</b> Gefäßversuch mit Sonnenblumen und Mais und Bewässerungssystem am 22.07.2019 (Foto: H. Scharfstädt 2019).....	23
<b>Abb. 12:</b> Feldversuch zur Wirkung von Huminsäuren zur Vollblüte der Sonnenblumen am Standort Weigersdorf 2019. Aufgestellte Schilder kennzeichnen für die Feldbegehung mit der Operationellen Gruppe die verschiedenen Huminsäure- und Düngevarianten (Foto: H. Scharfstädt, 2019) .....	24
<b>Abb. 13:</b> Maisbestand am Standort Klitten 2019. Aufgestellte Schilder zeigen bei einer Feldbegehung mit der Operationellen Gruppe die verschiedenen Huminsäure- und Düngevarianten an (Foto: H. Scharfstädt, 2019) .....	24
<b>Abb. 14:</b> Überblick über die Versuchsfläche am Standort Hirschstein II, 2019. Gut sichtbar ist hier der versetzt einsetzende Blühbeginn der einzelnen Parzellen (Foto: H. Scharfstädt, 2019).....	25
<b>Abb. 15:</b> Vogelfraß am Standort Klitten, 2019. Leere Samenschalen und Kotreste liegen noch auf dem Sonnenblumenkorb (Foto: H. Scharfstädt, 2019) .....	25

<b>Abb. 16:</b> Kernparzellendrusch mittels Parzellendrescher am Standort Hirschstein I, 2018. Es wurden jeweils die beiden mittleren Reihen einer Parzelle gedroschen (Foto: H. Scharfstädt, 2018) .....	26
<b>Abb. 17:</b> Prinzipielle Vorgehensweise zur Herstellung von Huminsäuren nach dem LC2HumicAcid-Verfahren (Green Sugar AG) .....	28
<b>Abb. 18:</b> FT-IR-Spektren natürlicher und synthetischer Huminsubstanzen (Greensugar 2020) .....	31
<b>Abb. 19:</b> Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Summe gebildeter Seitenwurzeln zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Sonnenblumen, Sorte MAS 83.R, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ ) .....	33
<b>Abb. 20:</b> Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Sonnenblumen, Sorte NK Delfi, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ ) .....	34
<b>Abb. 21:</b> Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner 1 cm zum dritten Boniturtermin nach 14 Tagen bei Mais, Sorte Ronaldinio, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ ) .....	34
<b>Abb. 22:</b> Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln größer 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Mais, Sorte Colisee, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ ) .....	35
<b>Abb. 23:</b> N-Ertrag und N-Gehalte im Spross von Sonnenblumen nach Versuchsvarianten in <i>Ober Prauske</i> 2020. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, $P = 0,05$ ) .....	41
<b>Abb. 24:</b> Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme auf die Bestandesdichte in (Pflanzen je $m^2$ ) an den Versuchsstandorten <i>Hirschstein II</i> und <i>Weigersdorf</i> , 2019. Ungleiche Klein- bzw. Großbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ ) .....	48
<b>Abb. 25:</b> Temperaturverläufe an der Messstation Meißen 2018 und 2019 und Termine der mechanischen Unkrautregulierung in den Sonnenblumen (Agrarmeteorologisches Messnetz Sachsen) .....	49
<b>Abb. 26:</b> Einfluss der Unkrautregulierung auf den Sprosstrockenmasseertrag von Sonnenblumen (SB) und Unkraut (UK) zu BBCH 16 nach Standorten im Jahr 2019. Ungleiche Groß- bzw. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Parameters und innerhalb des jeweiligen Standortes ( $P = 0,05$ ) .....	50
<b>Abb. 27:</b> Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf den Trockenmasseertrag der Sonnenblumen am Standort Hohendubrau in 2018 in (dt/ha), Wechselwirkung $S \times U$ : $P = 0,0462$ .....	51
<b>Abb. 28:</b> Sprossertrag der Sonnenblumen und des Unkrautes am Standort Oeslitz zu BBCH 51 in (dt/ha), 2020. Signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Unkrautregulierungsvarianten sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet ( $P = 0,05$ ) .....	52

<b>Abb. 29:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum ersten Boniturtermin am Standort Hohendubrau, 2018, Wechselwirkung S x U: $P = 0,0070$ .....	53
<b>Abb. 30:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum ersten Boniturtermin am Standort Hirschstein I, 2018, Wechselwirkung S x U: $P = 0,0167$ .....	53
<b>Abb. 31:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum zweiten Boniturtermin am Standort Hirschstein II, 2019, Daten nicht normalverteilt. Wechselwirkung S x U: $P = 0,0042$ .....	54
<b>Abb. 32:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum zweiten Boniturtermin am Standort Hohendubrau, 2018, Wechselwirkung S x U: $P = 0,0036$ .....	54
<b>Abb. 33:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) S) zum dritten Boniturtermin am Standort Hirschstein II, 2019, Wechselwirkung S x U, $P = 0,0486$ .....	55
<b>Abb. 34:</b> Einfluss der Art der Unkrautregulierung auf den Kornertrag (9 % Restfeuchtegehalt) der Sonnenblumen auf dem Lößstandort in den Versuchsjahren 2018 und 2019 in dt/ha. Ungleiche Klein- bzw. Großbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und zwischen den Varianten der Unkrautregulierung ( $P = 0,05$ ).....	59
<b>Abb. 35:</b> Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Kornertrag der Sonnenblumen am Standort Hohendubrau in 2018 in dt je ha (% bei 9 % Restfeuchte im Korn), Wechselwirkung S x U: $P = 0,0375$ .....	60
<b>Abb. 36:</b> Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Ölgehalt im Sonnenblumenkorn am Standort Hirschstein I in 2018 in ( bei 9 % Restfeuchte im Korn, Wechselwirkung S x U: $P = 0,0018$ .....	60
<b>Abb. 37:</b> Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf den Ölgehalt im Sonnenblumenkorn am Standort Ober Prauske in 2020 in % bei 9 % Restfeuchte im Korn, Daten nicht normalverteilt. Wechselwirkung S x U: $P = 0,0029$ .....	61



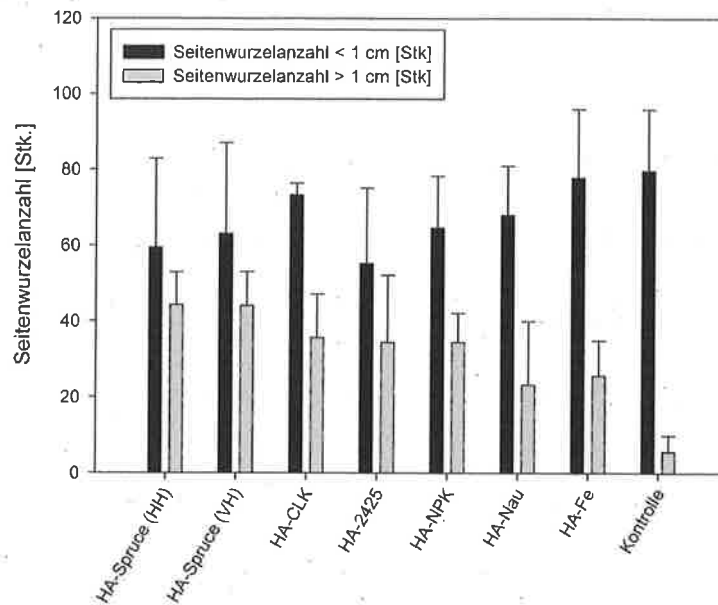
# 1 Kurzdarstellung des Projektes

## 1.1 Mitglieder der Operationellen Gruppe

Institution	Bereich	Ansprechpartner
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden	Forschung/Wissenschaft	Prof. Dr. Knut Schmidtke
Green Sugar AG Meißen	Kleinere-mittlere Unternehmen	Matthias Schmidt
Agrargenossenschaft Klitten	Landwirtschaftlicher Betrieb	Maik Apelt

## 1.2 Problembeschreibung

Phosphor ist aufgrund begrenzt vorhandener Vorräte in den weltweit vorhandenen Lagerstätten sowie der bisher unzureichend realisierten Rezyklierung der aus den Acker- und Grünlandflächen über tierische und pflanzliche Produkte abgeführten Phosphormengen auf einer Reihe von Ackerflächen in Sachsen zu einem zunehmend ertragsbegrenzenden Faktor in der pflanzlichen Erzeugung geworden. Dieses gilt insbesondere, aber nicht ausschließlich, für langjährig ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen in Sachsen. Da Phosphor in erster Linie über Diffusion an die Pflanzenwurzel angeliefert wird, können die gering in der Bodenlösung vorliegenden pflanzenverfügbaren Phosphormengen vor allem über eine hohe Wurzellängendichte der Pflanzen in hinreichendem Maße von den Pflanzen aufgenommen werden. Deshalb können pflanzenbauliche Maßnahmen, die zu einer Erhöhung der Wurzellängendichte im Boden führen, zu einer deutlich gesteigerten Aneignungsfähigkeit der Pflanzen für im Boden vorhandenen oder gedüngten Phosphor beitragen. Im Rahmen eines bis Ende Juni 2017 gelaufenen, durch das BMBF geförderten Kooperationsprojektes (BioEconomy-Spitzencluster-Forschung, FKZ 031B0053); zwischen der Green Sugar AG und dem Zentrum für Angewandte Forschung an der HTW Dresden konnte erstmals experimentell nachgewiesen werden, dass spezifisch aufbereitete Huminstoffe der Green Sugar AG schon bei geringer Applikationsmenge zu einer signifikant erhöhten Seitenwurzelbildung mit Einzelwurzellängen größer einem Zentimeter bei Weizen und somit zu einer gesteigerten Wurzellängendichte führen können (Abb. 1).



**Abb. 1:** Einfluss der Zugabe verschiedener Huminstoffe auf die Seitenwurzellänge von Weizen (Krachonova & Schmidtke 2017)

Die Kulturpflanze Mais verfügt insbesondere in der Jugendentwicklung bei kühlen Bodentemperaturen nur über eine unzureichende P-Aufnahmefähigkeit, die im Feld häufig, insbesondere auf Standorten mit geringem Vorrat an pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden (Versorgungsklasse A oder B) deutlich ertragsbegrenzend wirkt. Deshalb lassen Maßnahmen, die zu einer deutlichen Steigerung der Seitenwurzelbildung und Erhöhung der Wurzellängendichte des Mais und auch der Sonnenblume führen, erwarten, dass hierüber die P-Aneignungsfähigkeit und P-Aufnahme des Mais und der Sonnenblume, sowie in dessen Folge auch die Ertragsleistung auf Standorten mit geringer P-Verfügbarkeit im Boden gesteigert werden kann. Um die durch spezifisch aufbereitete Huminstoffe induzierte erhöhte Seitenwurzelbildung in der Praxis nutzen zu können, sollte dieses neue Verfahren erstmals im Rahmen der hier vorgesehenen Untersuchungen in die landwirtschaftliche Praxis transferiert und validiert werden.

Eine Anwendung der Huminstoffe auch bei Sonnenblumen kann sehr interessant für sächsische Landwirte sein, da der Bedarf an Sonnenblumenöl aus regionaler und ökologischer Erzeugung zurzeit bei weitem nicht gedeckt werden kann. So findet die Ölmühle Faller-Moog auch in Sachsen derzeit nicht genügend regional erzeugte Sonnenblumen aus ökologischem Anbau, obwohl Sonnenblumen hinsichtlich ihrer Ansprüche an Boden und Klima sehr gut in Teilen Sachsens angebaut werden könnten. Zugleich stellen sie auch eine sehr gute Option zur Diversifizierung von Fruchtfolgen nicht nur im ökologischen Landbau dar. Innovationen im ökologischen Sonnenblumenanbau haben in den zurückliegenden Jahren nahezu nicht stattgefunden, da zumindest in Deutschland seit mehr als 10 Jahren offenbar keine experimentell gestützte Weiterentwicklung zumindest im ökologischen Landbau erfolgte. Soweit erkennbar fanden die letzten detaillierten Untersuchungen zum Anbau von Sonnenblumen im ökologischen Landbau in Deutschland im Jahr 2003 statt (Reinbrecht & Claupein 2004).

So ist auch die Unkrautregulierung über mechanische Maßnahmen bisher nicht weiterentwickelt worden. Da Sonnenblumensamen mit einer Ablagetiefe von 3 bis 4 cm eher flach gesät werden und epigäisch keimen, bestehen nur sehr eingeschränkt

Möglichkeiten im Voraufbau durch ein Blindstriegeln Samenunkräuter in Sonnenblumen zu regulieren. Da ein nur über der Saatreihe der Sonnenblume oder ein ganzflächig durchgeführtes Abflammen in der Regel zu kostenintensiv ist bzw. wegen unzureichender Verfügbarkeit von Spezialtechnik in der Praxis derzeit nahezu nicht eingesetzt wird, verbleibt in der Praxis lediglich eine im Nachaufbau durchgeführte Hackmaßnahme als effizientes und im Reihenzwischenraum wirkendes Instrument der mechanischen Regulation von Unkräutern im ökologischen Sonnenblumenanbau. In der Reihe verbleibt derzeit nur die Option, durch ein Anhäufeln, d.h. sukzessives Aufschütten eines kleinen Dammes in der Reihe, Unkräuter mit Boden zu überdecken. Allerdings ist bisher nicht geklärt, inwieweit Sonnenblumen auf ein Anhäufeln vor dem Auflaufen und ein Anhäufeln der Stängelbasis im Nachaufbau hinsichtlich Überleben der Pflanzen, Streckungswachstum, Lageranfälligkeit, Korn- und Ölertragsleistung und Befall mit Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) reagieren und ob hinsichtlich dieser Parameter genotypische Unterschiede in der Reaktion auf ein Anhäufeln im Voraufbau bzw. eine Bedeckung der Stängelbasis mit Boden vorhanden sind.

### 1.3 Zielformulierung

Ziel des Vorhabens war es, in einem ersten Projektteil, durch spezifisch aufbereitete Huminstoffe, die als Pflanzenstärkungsmittel zur Saat über eine Behandlung des Saatgutes appliziert wurden, die Seitenwurzelbildung und P-Aufnahme von Mais und Sonnenblume auf gering mit Phosphor versorgten Böden zu erhöhen. Dazu sollten Mikrogefäß-, Gefäß- und Feldversuche zur Wirkung von spezifisch aufbereiteten Huminstoffen mit Sonnenblumen und Mais und deren Einfluss auf die P-Aufnahme und die P-Verwertungseffizienz zusätzlich gedüngten Phosphors im Feld durchgeführt. Die Feldversuche werden gezielt auf Ackerstandorten mit geringer Phosphorversorgung durchgeführt. Zeitlich vor und parallel zur pflanzenbaulichen Prüfung der verschiedenen Huminstoffe fand eine Bereitstellung und Optimierung dieser durch die Green Sugar AG statt.

In einem zweiten Projektteil sollten zeitgleich im ökologischen Sonnenblumenanbau neue Strategien der Unkrautregulierung in Ölsonnenblumen durch ein sukzessives Verschütten der Unkräuter in der Reihe zur Praxisreife optimiert werden. Mit sechs verschiedenen Sonnenblumensorten sollten drei Verfahren der Unkrautregulierung erprobt werden. Das hinsichtlich Überleben sowie Korn- und Ölertragsleistung der Sonnenblumen und Unkrautregulierung erfolgreichste Verfahren sollte der Praxis als innovatives Verfahren bereitgestellt werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens sollten darüber hinaus durch Einbindung verschiedener, im Wissens- und Technologietransfer sehr erfahrener Projektpartner umfangreich im konventionellen wie ökologischen Landbau bekannt gemacht werden.

## **1.4 Arbeitsplan**

### **1.4.1 Methodenbeschreibung**

#### **1.4.1.1 Mikrogefäßversuche**

Nach einem im Jahr 2017 an der HTW Dresden im Rahmen von Voruntersuchungen entwickelten Testsystems in Mikrogefäßversuchen im Labor mit Wasser, sollten in den Jahren 2018 bis 2020 insgesamt 18 Huminstoffe hinsichtlich der Seitenwurzelbildung mit zwei Sonnenblumensorten und zwei Maissorten geprüft werden. Hierfür wurden von jeder Art und Sorte Samen einer mittleren Korngröße genutzt, die über eine zunächst erfolgte Fraktionierung des Saatgutes in drei Größen ausgewählt wurden. Nach einer 20-minütigen Saatgutdesinfektion mit 3-%iger Natriumhypochlorit Lösung (NaClO) und anschließender Spülung mit destilliertem Wasser, wurden die Samen in Petrischalen mit destilliertem Wasser vorgekeimt. Nach ca. einer Woche wurden sie in Gefäße mit 50 ml belüftetem Wasser unter Hinzugabe von je 2,5 mg eines Huminstoffes gesetzt und über 14 Tage wachsen gelassen. Außerdem wurde jeweils eine Kontrollvariante ohne Huminstoffzugabe angelegt. Zu drei Terminen wurden die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln und die Länge der Seitenwurzeln erfasst. Diese wurden beim Mais im späteren Wachstumsverlauf der Pflanzen aufgrund der hohen Wurzelzahl und schlechten Übersichtlichkeit nur an der gebildeten Hauptwurzel, nicht aber an den ersten gebildeten Kronenwurzeln erfasst.

#### **1.4.1.2 Gefäßversuche mit Boden**

Die vier im Mikrogefäßversuch im Labor in 2018 als stark seitenwurzelfördernden Huminstoffe wurden einschließlich einer Kontrolle (ohne Huminstoffzugabe) an jeweils einer Mais- und Sonnenblumensorte auf Wachstum und P- und N-Aufnahme von Mais und Sonnenblume in einem Gefäßversuch (Gefäße mit 6 kg Boden je Gefäß) getestet. Der Gefäßversuch wurde mit fünf Wiederholungen je Variante und unter Verwendung von Boden mit einem geringen Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor mit einer P-Gehaltsklasse des Bodens von B durchgeführt (vgl. Tab. 9). Es wurde Boden eines langjährig ökologisch bewirtschafteten Landwirtschaftsbetriebes verwendet. Der Versuch umfasste ( $5 \times 5 \times 2 = 50$ ) 50 Gefäße und wurde zur Verifizierung der Wirkungen in zwei analogen Durchläufen im Frühjahr 2018 und 2019 angelegt. Erfasst wurden der Trockenmasseertrag des Sprosses sowie die N- und P-Gehalte im Spross je Einzelpflanze und der N- und P-Ertrag im Spross von Sonnenblume und Mais.

#### **1.4.1.3 Feldversuche zur Huminstoffwirkung**

Geprüft werden sollten auf zwei Standorten mit geringer P-Versorgung (niedrige P-Versorgungsklasse B bzw. A im Boden, jeweils ein langjährig konventionell und ein langjährig ökologisch bewirtschafteter Standort zwei im Vorversuch (Mikrogefäßversuch) als besonders stark seitenwurzelfördernd erwiesene Huminstoffe in Kombination mit verschiedenen P-Düngemitteln (s.u.) gegenüber einer Kontrolle (ohne Huminstoffzugabe und P-Düngung) auf Wachstum, N- und P-Aufnahme sowie Verwertung des gedüngten Phosphors zu Mais und Sonnenblume. Je Fruchtart setzten sich die Prüfglieder wie folgt zusammen:

1. Kontrolle (ohne P-Düngung, ohne Huminstoffzugabe),
2. Huminstoff I (ohne P-Düngung),
3. Huminstoff I (mit 50 kg P/ha als Rohphosphat [RP]),
- 4a. Huminstoff I (mit 50 kg P/ha auf konventionell bewirtschafteten Flächen als Tripelsuperphosphat [TSP])
- 4b. Huminstoff I (mit 50 kg P/ha auf ökologisch bewirtschafteten Flächen als Grün-  
gutkompost [GGK]),
5. Huminstoff II (ohne P-Düngung)
6. Huminstoff II (mit 50 kg P/ha als Rohphosphat [RP])
- 7a. Huminstoff II (mit 50 kg P/ha auf konventionell bewirtschafteten Flächen als Tripelsuperphosphat [TSP])
- 7b. Huminstoff II (mit 50 kg P/ha auf ökologisch bewirtschafteten Flächen als  
Grün-  
gutkompost [GGK])

Die Versuche wurden mit vier Feldwiederholungen (7 Prüfglieder mit 4 Wiederholungen = 28 Parzellen je Standort und Pflanzenart) und in 3 Jahren (2018 bis 2020) an jeweils zwei Standorten angelegt. Erfasst wurden der Spross-TM-Ertrag der Pflanzenbestände zur Erntereife (Handernte auf 2 m<sup>2</sup> je Parzelle), der Kornertrag über Parzellendrusch, der N- und P-Gehalt bzw. N- und P-Ertrag der Pflanzen, die scheinbare Verwertungseffizienz des gedüngten Phosphors sowie der Ölgehalt und Ölertrag der Sonnenblumen.

Die Aussaat der Feldversuche erfolgte mittels Schlepper und vierreihiger Einzelkornsämaschine mit einem Reihenabstand von 75 cm bei Mais und Sonnenblumen und einer an Standort und Bodenfeuchte angepassten Saattiefe zwischen drei und fünf cm. Zielpflanzenzahl waren nach Absprache mit den Praxispartnern zwischen zehn und elf Pflanzen je m<sup>2</sup> (Abb. 3). Zur Aussaat wurde in jedem Jahr je Standort eine Bodenprobe zur Ermittlung des Vorrates an Nmin und Grundnährstoffen entnommen (Tab. 9).

Das Saatgut von Sonnenblume und Mais wurde vor der Aussaat mit den ausgewählten Huminsäurepräparaten behandelt. Dazu wurden je kg Saatgut 10 g Huminsäurepräparat verwendet. Dieses wurde mit 12 g einer Zuckerlösung je kg Saatgut auf dem Saatgut fixiert. Das Saatgut wurde im Anschluss an der Luft rückgetrocknet.

Aufgrund von starkem Auftreten von Vogelfraß wurden im Jahr 2019 die Körbe der Sonnenblumen schon zum Zeitpunkt der Handernte stationär in Pillnitz gedroschen, da befürchtet wurde, dass die Körbe zum späteren Druschtermin kaum noch Körner enthalten würden. Der Drusch mittels Parzellendrescher wurde letztlich trotzdem planmäßig auch in Klitten durchgeführt. An dieser Stelle wurde der Phosphorgehalt der Sonnenblumenpflanzen nur für den Pflanzenteil ohne die Sonnenblumenkörbe und somit auch ohne die Körner durchgeführt. In 2020 war das Auftreten von Vogelfraß am Standort Klitten so stark, dass hier auch kein Drusch von Hand mehr durchgeführt werden konnte und somit keine Ertragsdaten für den Kornertrag und Ölgehalt für dieses Jahr vorliegen. Gleichzeitig fielen hier leider die Herbizidmaßnahmen im Mais aus, da ein Blühstreifen aus Sonnenblumen um den Maisversuch angelegt worden war und der Partnerbetrieb deshalb kein Herbizid, das diese Sonnenblumen abgetötet hätte, ausgebracht hat. Die Maispflanzen konnten sich daher nur schlecht entwickeln.

Im letzten Versuchsjahr wurden zusätzlich betriebswirtschaftliche Kalkulationen der geprüften Verfahren durchgeführt, um die relative Vorzüglichkeit geprüfter Managementoptionen ausweisen zu können.

#### 1.4.1.4 Untersuchungen zur mechanischen Unkrautregulierung in Sonnenblumen

In den Jahren 2018 bis 2020 wurden Feldversuche auf zwei langjährig ökologisch bewirtschafteten Standorten mit unterschiedlichen Böden in Sachsen (ein Lößstandort, ein sandiger Standort) mit sechs verschiedenen Sonnenblumensorten und fünf Varianten der Unkrautregulation in drei Feldwiederholungen durchgeführt. Es wurden je Jahr und Standort somit 90 Parzellen angelegt (6 Sorten x 5 Prüfglieder der Unkrautregulation x 3 Wiederholungen), d.h. insgesamt 180 Parzellen pro Jahr auf 2 Standorten. Geprüft wurden unterschiedliche Strategien der Regulierung der Samenverunkrautung in der Saatreihe, wobei zusätzlich Leindotter (*Camelina sativa* L.) als „Modellunkraut“ in Breitsaat zur Aussaat der Sonnenblume ausgebracht wurde. Leindotter hat sich in mehreren Versuchsreihen als gut geeignet für diese Zwecke erwiesen (Kimpel-Freund 1997, Jung & Rauber 2016), um Wirkungen der Unkrautregulierung darstellen zu können. Die Aussaat der Sonnenblumen erfolgte ebenfalls mittels Schlepper und vierreihiger, pneumatischer Einzelkornsämaschine und einem Reihenabstand von 75 cm bei einer Zielpflanzenzahl von zehn bis elf Pflanzen je m<sup>2</sup> (Abb. 3). Die Prüfglieder der Unkrautregulierung sind in Tab. 1 zusammengestellt.

**Tab. 1:** Prüfglieder in den Feldversuchen zur Unkrautregulierung

I	Ohne Unkrautregulierung
II	Unkrautfrei durch manuelles Hacken
III	Hacken und Häufeln mit Beginn im Voraufbau
IV	Hacken und Häufeln mit Beginn im Nachaufbau zu BBCH 10 (Keimblattstadium)
V	Hacken und Häufeln mit Beginn im Nachaufbau zu BBCH 14 (zwei Laubblattpaare entfaltet)

Die Hackmaßnahmen wurden maschinell mit dem Schlepper durchgeführt (Gänsefußschare) und mit entsprechend angebrachten Häufelkörpern (Flachbeethäufler) das Anhäufeln in der Saatreihe erreicht. Insgesamt sollten in den Sonnenblumenbeständen vier Hackmaßnahmen bis zum Achtblattstadium der Sonnenblume (BBCH 18) durchgeführt werden. Aufgrund der schnellen Jugendentwicklung und der noch geringen Pflanzenlänge der Sonnenblumen zu BBCH 18 und auch der größeren Nähe zur landwirtschaftlichen Praxis, wurden die Hackmaßnahmen bis zur maximal durchfahrbaren Pflanzenhöhe durchgeführt. In der Regel wurden deshalb nur drei Hackdurchgänge je Variante durchgeführt.

Da sortenspezifische Unterschiede im Unkrautunterdrückungsvermögen und der Reaktion auf das Anhäufeln der Sonnenblumen vermutet wurden, sollte ein breites Spektrum an derzeit in Sachsen anbauwürdigen Sorten geprüft werden. Dabei kamen folgende Sorten zum Einsatz (vgl. Tab. 2). Im Jahr 2020 konnten die Sorten *RGT LLincoln*, *ES Biba* und *MAS 83.R* aufgrund von fehlender Verfügbarkeit nicht mehr bezogen werden und wurden durch die Sorten *P63hh111*, *ES Savanna* und *RGT Axell M* ersetzt. Es wurde in der Regel aufgrund des begrenzten Angebotes ökologisch vermehrtes Saatgut konventionell vermehrtes, ungebeiztes Sonnenblu-

mensaatgut verwendet. Die Sorten *MAS 83.R*, *ES Savanna* und *RGT Axell M* waren ökologisch vermehrt.

**Tab. 2:** In den Jahren 2018 bis 2020 verwendete Sonnenblumensorten

Kürzel	2018	2019	2020
A	NK Delfi	NK Delfi	NK Delfi
B	RGT LLincoln	RGT LLincoln	P63hh111
C	ES Idillic	ES Idillic	ES Idillic
D	ES Biba	ES Biba	ES Savanna
E	Charks	Charks	Charks
F	MAS 83.R	MAS 83.R	RGT Axell M

Im Feld wurden der Feldaufgang der Sonnenblume zu zwei Terminen (BBCH 12 sowie nach der letzten Hackmaßnahme), der Sprossertrag der Sonnenblumen und der Unkräuter auf jeweils 2 m<sup>2</sup> je Parzelle zu drei Terminen (BBCH 16, Sechsstadium, BBCH 51, Infloreszenz-Knospe zwischen den jungen Blättern gerade erkennbar [Stern-Stadium] und BBCH 89, Vollreife) erfasst.

Aufgrund eines geringen Feldaufgangs im Jahr 2018 am Standort *Hohendubrau* wurde der Sprossertrag in 2018 an beiden Standorten statt zu drei Terminen auf 2 m<sup>2</sup> zu zwei Terminen (BBCH 51 und BBCH 89) auf je 3 m<sup>2</sup> ermittelt. Dadurch ergaben sich je Termin durch die größere Fläche je Parzelle repräsentativere Werte und es konnten gleichzeitig genügend Pflanzen für den späteren Kernparzellendrusch (s.u.) erhalten werden.

In 2020 konnte aufgrund von krankheitsbedingten Ausfällen keine Händernten zu BBCH 16 am Standort *Ober Prauske* durchgeführt werden. In der Jugendentwicklung der Sonnenblume sollte zudem zu drei Terminen die Pflanzenlänge der Sonnenblume erfasst werden. Zur Druschreife wurden der Kornertrag, der Ölgehalt der Samen sowie der Ölertrag ermittelt. Im Verlauf der Vegetation sollten ferner bei entsprechendem Auftreten andere Schaderreger, insbesondere am Stängelgrund, sowie die Lageranfälligkeit bonitiert werden. Es wurden zudem Beobachtungen zum Blüh- und Abreifezeitpunkt der Sorten gemacht.

**Tab. 3:** Bezeichnungen der Versuchsstandorte in den drei Versuchsjahren

Standorteigenschaft	2018	2019	2020
Sandiger Standort	Klitten (KL) I	Klitten (KL) II	Klitten (KL) III
Lößstandort	Hirschstein (HS) I	Hirschstein (HS) II	Oelsitz (OE)
Sandiger Standort	Hohendubrau (HD)	Weigersdorf (WGD)	Ober Prauske (OP)

## 1.4.2 Tabellarischer Zeit- und Arbeitsplan mit definierten Meilensteinen

**Tab. 4:** Zeit- und Arbeitsplan mit definierten Meilensteinen laut Aktionsplan

<b>Zeitraum</b>	<b>Tätigkeit</b>	<b>Meilenstein</b>
01/2018 bis 04/2018	Planung der Gefäß- und Feldversuche, Durchführung der Mikrolaborversuche zur Wirkung der Huminstoffe auf die Seitenwurzelbildung	<b>Meilenstein I</b> Mikrolaborversuche I zur Seitenwurzelbildung abgeschlossen, Huminstoffe für Gefäß- und Feldversuche ausgewählt, Huminstoffe für Gefäß- und Feldversuche 2018 erzeugt
05/2018 bis 12/2018	Anlage, Durchführung, Beerntung und Auswertung Gefäßversuch I und Feldversuche I (Huminstoffe) und Feldversuch II (Sonnenblume), Analyse Huminstoffe Feldversuchstag I planen und durchführen Kick-off meeting OG	<b>Meilenstein II</b> Gefäßversuch I und Feldversuche I und II abgeschlossen, Feldversuchstag I durchgeführt
01/2019 bis 12/2019	Anlage, Durchführung, Beerntung und Auswertung Gefäßversuch II und Feldversuche III (Huminstoffe) und Feldversuch IV (Sonnenblume), Produktion und Analyse Huminstoffe, Planung und Veranstaltung Feldversuchstag II, Erstellung von Veröffentlichungen der Versuchsergebnisse 2018, Beratung OG 2019	<b>Meilenstein III</b> Mikrogefäßversuch II, Gefäßversuch II und Feldversuche III und IV abgeschlossen, Feldversuchstag II und Veröffentlichung Versuchsergebnisse durchgeführt
01/2020 bis 12/2020	Anlage, Durchführung, Beerntung und Auswertung Feldversuche V (Huminstoffe) und Feldversuch VI (Sonnenblume), Produktion und Analyse Huminstoffe, Planung und Veranstaltung Feldversuchstag III, Erarbeitung von Veröffentlichungen der Versuchsserie 2018 bis 2020, Erstellung des Abschlussberichtes, Abschlussberatung OG	<b>Meilenstein IV</b> Mikrogefäßversuche III und Feldversuche V und VI abgeschlossen, Feldversuchsserie ausgewertet, Feldversuchstag III und Veröffentlichung Versuchsergebnisse einschließlich Abschlussbericht durchgeführt

## 1.4.3 Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der operationellen Gruppe

### Green Sugar AG

Sie unterstützte das Projekt mit ihrer Erfahrung, ihren Anlagen und ihrem Personal bei der Entwicklung, Weiterentwicklung, Testung, Herstellung und Verwendung von hoch wirksamen Huminstoff-Präparaten. Sie arbeitete an den Verfahren, die die Nutzung der synthetisch hergestellten Huminstoffe in der landwirtschaftlichen Praxis ermöglichen sollten. Zusätzlich sollten diese Huminstoff-Präparate analysiert und detailliert beschrieben werden. Die Green Sugar AG beteiligte sich an den Treffen der OG und wirkte bei der Veröffentlichung der Ergebnisse der Versuche mit.

### HTW Dresden

Die HTW Dresden führte die Mikrogefäß-, Gefäß- und Feldversuche durch, einschließlich der wissenschaftlichen Auswertung der gewonnenen Ergebnisse. Sie beauftragte Dritte mit der Aussaat der Versuchsanlage und des Parzellendrusches sowie der Analyse des gewonnenen Boden- und Pflanzenmaterials. Die HTW Dresden verfasste die Zwischenberichte und den Abschlussbericht zum Projekt. Sie erstellte zudem Vorlagen für die Öffentlichkeitsarbeit und präsentierte die erzielten Versuchsergebnisse auf Feldtagen sowie Arbeitssitzungen der Operationellen Gruppe.



### Agrargenossenschaft Klitten eG

Die Agrargenossenschaft (AG) Klitten beteiligte sich als Mitglied der Operationellen Gruppe an deren Treffen und Beratungen und stellte ihr Knowhow zum Standort und zum Sonnenblumenanbau zur Verfügung. Außerdem stellte die AG Klitten als Dienstleister langjährig konventionell bewirtschaftete Ackerflächen für Versuchszwecke zur Verfügung. Für die landwirtschaftliche Praxis relevante Ergebnisse sollten im betriebseigenen Sonnenblumenanbau umgesetzt werden.

## **1.5 Erwartete Ergebnisse**

Erwartet wurde, dass aufbereitete Huminstoffe als Pflanzenstärkungsmittel identifiziert werden, die nicht nur unter Labor- und Gefäßversuchsbedingungen, sondern auch unter Praxisbedingungen im Feld eine erhöhte Seitenwurzelbildung an Mais und Sonnenblume induzieren, in deren Folge eine deutlich erhöhte Aneignung von boden- und düngebürtigem Phosphor erfolgt und die Ertragsleistung der Kulturpflanzen signifikant gesteigert werden kann. Die Wirkung der Huminstoffe ist reproduzierbar, so dass die Ergebnisse für die Landwirtschaft insgesamt, insbesondere jedoch auf Standorten mit geringer P-Versorgung des Bodens, eine hohe Relevanz zur Steigerung der Wertschöpfung im Ackerbau erlangen können.

Hinsichtlich der Untersuchungen zur Unkrautregulation in Sonnenblumen wurde erwartet, dass eine der geprüften Strategien sich als praktikabel und effizient zur Regulation von Unkräutern in Sonnenblumen erweisen. Hierbei dürften sich die Strategien zwischen den Standorten unterscheiden. Zudem kann aus den Ergebnissen zur Ertragsleistung aktueller Sonnenblumensorten abgeleitet werden, welche Sorten insbesondere unter sächsischen Bedingungen die höchste Wertschöpfung im ökologischen Landbau erzielen lässt. Durch die Untersuchungen sollte ferner die Klimaverträglichkeit und Resilienz der Nutzungssysteme im sächsischen Pflanzenbau erhöht werden können, da Sonnenblumen vergleichsweise gut unter trocken-warmen Bedingungen angebaut werden können.

## **2 Darstellung des Projektverlaufs**

### **2.1 Tabellarische Übersicht Projekttablauf**

**Tab. 5: Übersicht über den Projektablauf 2018 bis 2020**

<b>01.01.2018</b>	<b>Beginn EIP Projekt Sonnenblumen</b>
Januar/ Februar 2018	Planung der Mikrogefäß-, Gefäß- und Feldversuche, Auswahl der Versuchsflächen und Absprachen mit Partnerbetrieben, Auswahl der Sonnenblumensorten, Treffen OG
März/April 2018	Vorbereitungen zu den Aussaaten der Feldversuche, Durchführung der Mikrogefäßversuche I zur Wirkung der Huminsäuren auf die Seitenwurzelbildung, Auswahl Huminsäuren für Feld- und Gefäßversuche
<b>April 2018</b>	<b>Meilenstein I erreicht: Mikrolaborversuche zur Seitenwurzelbildung abgeschlossen, Huminstoffe für Gefäß- und Feldversuche ausgewählt, Huminstoffe für Gefäß- und Feldversuche 2018 erzeugt</b>
April/ Mai	Anlage der Feld- und Gefäßversuche mit Sonnenblume und Mais an allen drei Standorten, Entnahme von Bodenproben (Nmin und Grundnährstoffe)
Mai bis August 2018	Durchführung der Datenerhebungen und Bonituren in den Feldversuchen (Erfassung Feldaufgang zu zwei Terminen, Trockenmasseaufwuchs zu BBCH 51, Pflanzenlänge, Auftreten von <i>Sclerotinia</i> und Lageranfälligkeit) Hack- und Häufelmaßnahmen, Pflegearbeiten, Pflege Gefäßversuche; Durchführung von zwei Feldversuchstagen (Wissenschaftler aus der Ukraine und Ölpflanzentagung der Gäa e.V.)
September 2018	Handernten in allen Feld- und Gefäßversuchen, Drusch in den Sonnenblumen, Probenaufbereitung, Treffen OG
Oktober 2018	Probenaufbereitung und Probenversand für Analysen (P-Gehalt Sonnenblumen- und Mais, N-Gehalt Sonnenblumen, Ölgehalt Sonnenblumenkerne)
November	Probenaufbereitung, Datenaufbereitung, Datenanalyse, Zwischenbericht
<b>Dezember 2018</b>	<b>Meilenstein II erreicht: Gefäßversuch I und Feldversuche I und II abgeschlossen, Feldversuchstag I durchgeführt</b>
Januar bis März 2019	Vorbereitungen Versuchsanlagen, Datenaufbereitung und –auswertung, Wissenschaftstagung Kassel; Absprachen mit Partnerbetrieben und gemeinsame Auswertung 2018, Auswahl neue Versuchsflächen; Treffen OG; Mikrogefäßversuche II mit Huminsäuren durchgeführt
April/ Mai 2019	Anlage der Feld- und Gefäßversuche zu Sonnenblume und Mais an allen drei Standorten, Entnahme von Bodenproben (Nmin und Grundnährstoffe), Mikrogefäßversuche
Mai bis August 2019	Durchführung der Datenerhebungen und Bonituren in den Feldversuchen (Erfassung Feldaufgang zu zwei Terminen, Trockenmasseaufwuchs zu BBCH 16 und BBCH 51, Pflanzenlänge, Auftreten von <i>Sclerotinia</i> und Lageranfälligkeit) Hack- und Häufelmaßnahmen, Pflegearbeiten, Pflege Gefäßversuche; Durchführung eines Feldtages; Feldbegehung mit der OG
September 2019	Handernten in allen Feld- und Gefäßversuchen, Drusch in den Sonnenblumen, Probenaufbereitung, Mikrogefäßversuche
Oktober bis Dezember 2019	Probenaufbereitung und Probenversand für Analysen (P-Gehalt Sonnenblumen- und Mais, N-Gehalt Sonnenblumen, Ölgehalt Sonnenblumenkerne); Datenaufbereitung, Datenanalyse, Zwischenbericht
<b>Dezember 2019</b>	<b>Meilenstein III erreicht: Mikrogefäßversuch II, Gefäßversuch II und Feldversuche III und IV abgeschlossen, Feldversuchstag II und Veröffentlichung Versuchsergebnisse durchgeführt</b>
Januar bis März 2020	Vorbereitungen Versuchsanlagen, Datenaufbereitung und –auswertung, Aufbereitung Fotodokumentation; Absprachen mit Partnerbetrieben, Auswahl neue Versuchsflächen; Mikrogefäßversuche III mit Huminsäuren geplant und vorbereitet
März/April 2020	Corona bedingter Standby-Betrieb der HTW Dresden bis 4. Mai 2020
Ende April/ Anfang Mai 2020	Anlage der Feldversuche
Mai bis August 2020	Durchführung der Datenerhebungen und Bonituren in den Feldversuchen (Erfassung Feldaufgang zu zwei Terminen, Trockenmasseaufwuchs zu BBCH 16 und BBCH 51, Pflanzenlänge, Auftreten von <i>Sclerotinia</i> und Lageranfälligkeit), Hack- und Häufelmaßnahmen, Pflegearbeiten; Vortrag zum Projekt beim Ölpflanzentag der Gäa und der Ölmühle Moog; Erstellung Film zum Projekt mit mehreren Drehterminen gemeinsam mit dem Netzwerk Saxony5
September 2020	Handernten in allen Feldversuchen, Drusch in den Sonnenblumen, Probenaufbereitung, Mikrogefäßversuch
Oktober bis Dezember 2020	Probenaufbereitung und Probenversand für Analysen (P-Gehalt Sonnenblumen- und Maisganzpflanze, N-Gehalt Sonnenblumen, Ölgehalt Sonnenblumenkerne); Datenaufbereitung, Datenanalyse, Zwischenbericht und Abschlussbericht
<b>Dezember 2020</b>	<b>Meilenstein IV erreicht: Mikrogefäßversuch III Feldversuche V und VI abgeschlossen, Feldversuchsserie ausgewertet, Feldversuchstag III und Veröffentlichung Versuchsergebnisse einschließlich Erstellung des Abschlussberichtes durchgeführt</b>

## 2.2 Fotodokumentation



**Abb. 2:** Mikrogefäßversuch mit Huminsäuren und Sonnenblumenkeimpflanzen (Foto: H. Scharfstädt 2018)



**Abb. 3:** Aussaat der Sonnenblumen mit vierreihiger, pneumatischer Einzelkornsämaschine am Standort Oelsitz, 2020. Auch für den Mais wurde diese Technik genutzt (Foto: H. Scharfstädt 2020)



**Abb. 4:** Rücktrocknung des mit verschiedenen Huminsäuren gebeizten Mais-saatgutes, 2019 (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 5:** Sonnenblumenkeimpflanzen nach vorherigem Hacken und Anhäufeln der Reihe im Voraufbau. Sie stehen nun oben auf dem angehäuften Damm. Im Hintergrund sichtbar die Bonitur des Feldaufgangs zu BBCH 10 mit den je Parzelle über farbige Holzstäbchen markierten Pflanzen (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 6:** Hacken und Häufeln mit Beginn im Keimblattstadium (BBCH 10) am Standort Hirschstein, 2018. Gut sichtbar die Wirkung der Flachbeethäufler auf die Sonnenblumenreihe. Die kleinen Keimpflanzen sind nach dem Durchgang mit der Hacke vollständig mit Erde bedeckt (Foto: H. Scharfstädt 2018)



**Abb. 7:** Handernte zu BBCH 16 am Standort Oelsitz, 2020 (Foto: H. Scharfstädt 2020)



**Abb. 8:** Variante IV mit Beginn der Hack- und Häufelmaßnahmen zu BBCH 10 in 2019. Hier sind deutliche Pflanzenverluste erkennbar (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 9:** Bonitur Pflanzenlänge 2018 (Foto: H. Scharfstädt 2018)



**Abb. 10:** Probenaufbereitung auf dem Gelände der HTW Dresden in Dresden-Pillnitz. Hier wurde zur Handernte in den Sonnenblumen in BBCH 51 das Unkraut von der Sonnenblume getrennt, um durch folgende Aufbereitung der Proben den TM-Ertrag je ha von Unkraut und Sonnenblume je Variante zu ermitteln (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 11:** Gefäßversuch mit Sonnenblumen und Mais und Bewässerungssystem am 22.07.2019 (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 12:** Feldversuch zur Wirkung von Huminsäuren zur Vollblüte der Sonnenblumen am Standort Weigersdorf 2019. Aufgestellte Schilder kennzeichnen für die Feldbegehung mit der Operationellen Gruppe die verschiedenen Huminsäure- und Düngevarianten (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 13:** Maisbestand am Standort Klitten 2019. Aufgestellte Schilder zeigen bei einer Feldbegehung mit der Operationellen Gruppe die verschiedenen Huminsäure- und Düngevarianten an (Foto: H. Scharfstädt 2019)





**Abb. 14:** Überblick über die Versuchsfläche am Standort Hirschstein II, 2019. Gut sichtbar ist hier der versetzt einsetzende Blühbeginn der einzelnen Parzellen (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 15:** Vogelfraß am Standort Klitten, 2019. Leere Samenschalen und Kotreste liegen noch auf dem Sonnenblumenkorb (Foto: H. Scharfstädt 2019)



**Abb. 16:** Kernparzellendrusch mittels Parzellendrescher am Standort Hirschstein I, 2018. Es wurden jeweils die beiden mittleren Reihen einer Parzelle gedroschen (Foto: H. Scharfstädt 2018)

## 2.3 Arbeit zu den Huminstoffpräparaten

### 2.3.1 Entwicklung wirksamer Huminsäure-Präparate

#### 2.3.1.1 Grundlagen zu Huminstoffen

Die größte Fraktion organischer Stoffe im Boden sind die Huminstoffe. Der Begriff "natürliche Huminsubstanzen" bezieht sich auf Huminstoffe, die nach Jahrtausenden über einen biologischen Abbau organischer Substanzen entstehen und heute aus natürlichen Quellen gewonnen und isoliert werden. Huminstoffe finden sich im Boden, Ligniten, Torf, Braunkohle, sowie in Grund-, Süß- und Salzwasser.

Huminstoffe werden als Makropolymere dargestellt. Diese makromolekularen Stoffe sind schwarz bis braun gefärbte Substanzen mit einem hohen Molekulargewicht von etwa 1.000 bis 10.000 Da. In wissenschaftlichen Artikeln und Forschungsberichten gibt es keine vollständige Definition der chemischen Struktur von Huminstoffen. Sie gelten als lineare Polymere mit einer komplexen Mischung aus vielen Kohlenstoffverbindungen, die statistisch miteinander verbunden sind. Diese Makromoleküle sind aus einem Kernteil und reaktiven Gruppen zusammengesetzt. Der zentrale Kern besitzt einen hohen Aromatizitätsgrad (iso- und heterozyklische 5- und 6-Ringstrukturen). Die Brückenbindungen beruhen auf Sauerstoff-, Stickstoff- und Kohlenstoffbindungen. Die reaktiven Zentren beinhalten phenolische Gruppen, OH-Gruppen, Karboxyl-, Amin-, Sulfhydryl-, Carbonyl- sowie Hydroxygruppierungen. Das Substitutionsmuster ist je nach Herkunft der Huminsäuren überwiegend lignin- oder flavonoidähnlich bzw. chinoid. Die besonderen Eigenschaften von Huminstoffen sind eine hohe chemische Reaktivität und ihre Fähigkeit, aufgrund ihrer reaktiven funktionellen Gruppen an ihrer Oberfläche einen Beitrag zu Ionenaustausch- und Komplexbildungsprozessen zu leisten.

Zur Entstehung von Huminstoffen in der Natur ist noch immer vergleichsweise wenig bekannt. Es gibt einige Theorien über den Mechanismus der Bildung von Huminsubstanzen. Im Jahr 1982 beschrieb Stevenson drei Haupttheorien, wie Huminsubstanzen in natürlichen Quellen gebildet werden:

1. **Die Lignintheorie** (mikrobiologische Zersetzung und Modifikation von Lignin), basierend auf den bereits 1932 von Waksman publizierten Arbeiten
2. **Die Polyphenoltheorie** (mikrobiologische Modifikation von Polyphenolen aus Cellulose- und Ligninsubstanzen)
3. **Die Zucker-Amin-Theorie** (die Reaktion zwischen Zucker und Aminosäuren).

Die Bildung von Huminstoffen in der Natur hat verschiedenste Variablen, wie Zeit, Klima, Vegetation, organisches Ausgangsmaterial, aber auch Topographie. Ausgehend vom Humus kann man durch Aufschluss verschiedene Huminsubstanzen isolieren, wobei man insbesondere Humine, Huminsäuren und Fulvosäuren unterscheidet.

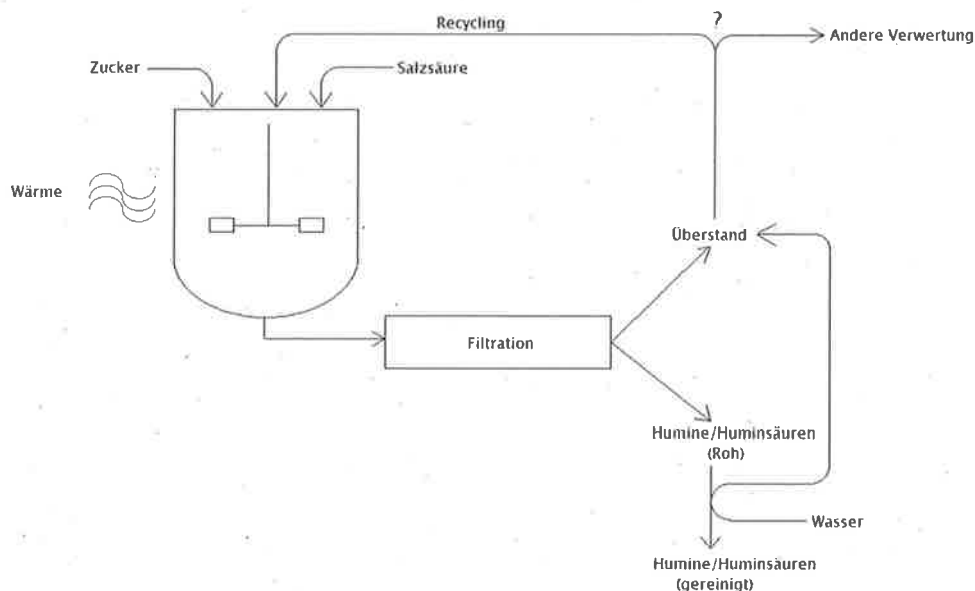
#### 2.3.1.2 Huminstoffe der Green Sugar AG

Die synthetisch gewonnenen, naturidentischen Huminsäuren der Green Sugar AG sind im Gegensatz zu den in Kohle, Torf oder Boden vorhandenen Huminsäuren in hohem Grad frei von Verunreinigungen. Spurenelemente bzw. andere Verunreinigungen (z.B. Metalle, Proteine, AOX u.a.) sind praktisch nicht nachweisbar. Unter

Berücksichtigung der Endlichkeit der Rohstoffe Torf oder Kohle stellen die aus Pflanzenzuckern synthetisierten Huminsäuren der Green Sugar GmbH eine den Markt interessierende Alternative dar.

Der innovatorische Lösung der Green Sugar AG liegen weitere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Dehydratisierung und thermischen Kondensationsprozessen von Zuckern im sauren wässrigen Milieu zugrunde. Die Green Sugar AG hat hierüber - massgeblich unterstützt durch eine Projektförderung des BMBF<sub>2</sub>- den reproduzierbaren *LC2Humic-Acid-Prozess* entwickelt, der es ermöglicht, standardisierte Huminsäuren aus natürlichen Zuckerquellen zu erzeugen, insbesondere aus lignocellulosebütigen Zuckern. Die nachfolgend benannten einzelnen Prozessschritte konnten erfolgreich umgesetzt und evaluiert werden (*nachfolgend betriebsinternes Verfahren kursiv*) (vgl. dazu auch Abb. 17):

- **Dehydrierungsprozess:** *exotherme Bildung von Hydroxymethylfurfural (HMF) bei variierenden Konzentrationen der Kohlenhydrate und Salzsäure.*
- **Polymerisationsprozess:** *Nach der Dehydrierung wird in einem definierten Prozessregime die Prozess Temperatur erhöht und geregelt und die Syntheszeit der Huminsäure-Polymerisation optimiert.*
- **Filtrationsprozess:** *Separation der Huminsäure von Salzsäure und Wasser sowie Nebenprodukten, insbesondere niedermolekulare Säuren.*
- **Produktreinigung:** *Mehrmalige Aufreinigung der Huminsäure bis zur vollständigen Entfernung der Salzsäure*
- **Produkttrocknung:** *Herstellung der finalen Produktqualität der Huminsäure als Feststoff.*



**Abb. 17:** Prinzipielle Vorgehensweise zur Herstellung von Huminsäuren nach dem LC2HumicAcid-Verfahren (Green Sugar AG 2020)

### 2.3.2 Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu den Huminsäuren

Die auftragsbezogenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der wissenschaftlichen Leistungen und Produktion von Testpräparaten sind unterteilt in:

- Fortentwicklung neuer qualitativer Huminsäurepräparate
- Herstellung von Produktmustern für wissenschaftliche Wirkungsuntersuchungen in Mikrogefäß- und Gefäßversuchen
- Herstellung von reproduzierbaren Produktmustern für mehrjährige Feldversuche im Sonnenblumen- und Maisanbau.

Bei den Arbeiten zur Prozessentwicklung wurde festgestellt, dass die qualitativen Merkmale der Huminsäure-Präparate ebenso wie die pflanzenbaulichen Wirkungsmerkmale durch Variation der Zuckerzusammensetzung und Variation der Prozessbedingungen in einem relativ weiten Fenster einstell- und reproduzierbar sind. Der Kern der weiteren wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten richtete sich auf diese Bestimmung der optimalen Reaktionskinetik zugunsten optimaler Wirkungseffekte als Pflanzenstärkungsmittel. Gegenstand der konkreten wissenschaftlichen Arbeiten waren demnach:

- Die Synthese von Huminsäuren mit unterschiedlichen Zuckerkonzentrationen:  
Es wurden anhand des Standardzuckers Saccharose eindeutige Zusammenhänge zwischen der Kohlenhydratkonzentration zur Produktbildung analytisch erfasst und bewertet, hier in einem Konzentrationsbereich von 15 bis 60 % Kohlenhydratgehalt.  
*Die beste Produktausbeute (g Huminsäure/g Kohlenhydrat) wurde im Bereich von 37 bis 60 % erreicht (max. 27,0 g HA/100 g Succrose).*
- Die Synthese von Huminsäuren mit unterschiedlicher Salzsäurekonzentration:  
In einem Testbereich von 24 bis 37 % HCl-Konzentration wurden auch hier eindeutige Zusammenhänge zur Ausbeute festgestellt. Allerdings zeigte sich auch in den analytischen IR-Ergebnissen, dass die Struktur der funktionellen Gruppen einen erheblichen Einfluss auf die pflanzenbauliche Wirkung der Huminsäuren hat. So wurden in den Iterationsschleifen letztlich diejenigen HCl-Konzentrationen favorisiert, die den höchsten Nutzeneffekt aufweisen, nicht diejenigen mit der höchsten Ausbeute.  
*Die höchste Ausbeute wurde mit 37 %-iger HCl erreicht, der beste funktionale Nutzen bei HCl-Konzentrationen zwischen 28 und 32 %.*
- Die Synthese von Huminsäuren bei unterschiedlichen Polymerisationszeiten:  
Die experimentellen Untersuchungen erfolgten bei Polymerisationszeiten von 12 bis 48 Stunden. Auch hier wurde in den Iterationsschleifen festgestellt, dass die Verfahrensoptimierung und die Produktnutzenoptimierung zu beachten ist.  
*Die qualitativ besten Produktnutzen wurde bei einer Reaktionszeit von +/-12 Stunden erreicht, die höchste quantitative Produktausbeute demgegenüber bei 48 h.*
- Die Synthese von Huminsäuren mit anderen Zuckern als Saccharose:  
Die experimentellen Versuche untersuchten vorerst Hexosen, hier Mono- und Disaccharide, und in Sonderheit vorbehandelte (karamellisierte) Disaccharide. Hierbei stellte sich heraus, dass Galactose sich grundsätzlich der Polykon-

densation entzieht und alle Glukose/Fruktose basierten Zucker eine gute Produktausbeute für Huminsäuren aufwiesen.

*Die Produktausbeute an Huminsäure aus Glukose/Fruktose basierten Kohlehydraten beträgt zwischen 15 und 20 %.*

Um vergleichende pflanzenbauliche Wirkungstests umsetzen zu können, wurden Methoden ausgearbeitet und experimentelle Arbeiten zur Herstellung von Metalloxydotierten Huminsäuren realisiert, wobei sich die Arbeiten im Ergebnis der Literaturrecherchen zunächst auf Eisen- und Natriumoxide konzentrierten.

Aus den Arbeiten des bereits genannten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens *GSHumine4Fertilizer* haben sich in Labor- und Gefäßversuchen an der HTW Dresden an Weizenkeimlingen *die vorteilhaftesten Ergebnisse bei einer Dotierung von 10 bis 15 Gewichtsprozent herauskristallisiert.*

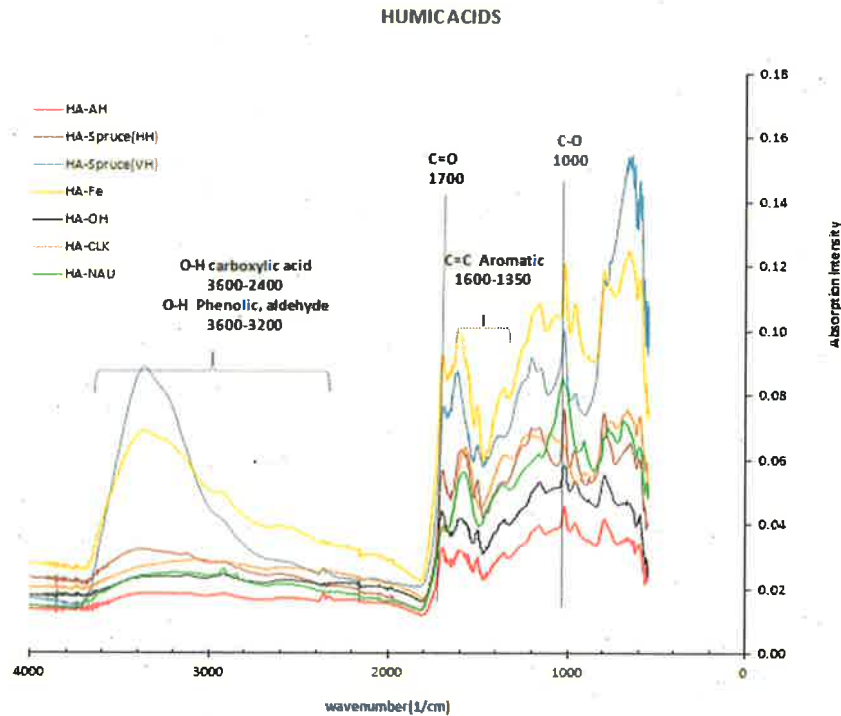
An diesen statistisch validierten ersten Erfahrungswerten wurde die weitere Produktentwicklung systematisch fortgeführt werden.

### 2.3.3 Herstellung von Produktmustern und Analyseergebnisse

#### FT-IR-Spektroskopie

Die Dehnungs- und Biegeschwingungen von Humin-Proben wurden mit einem Thermo Scientific Nicolet iS5 FT-IR-Spektrometer mit iD5 ATR-Zubehör im Spektralbereich von 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  analysiert, um den Unterschied zwischen der Probenstruktur und ihren funktionellen Gruppen zu bestimmen. Die angenommene Struktur und funktionelle Gruppen von Huminsäuren wurden 1994 von Stevenson veröffentlicht. Er hat dargestellt, dass Huminsäuren reaktive funktionelle Gruppen auf der Oberfläche haben, wie Carbonsäure-, Phenol-, Hydroxylgruppen mit aromatischen Kernen und Quinon-, Zucker-, Phenol- und Catechol-Komponenten in der Struktur. In Bezug auf die von Stevenson angenommene Huminsäurestruktur wird erwartet, dass die Bindungsschwingungsabsorption von funktionellen Gruppen von OH (Carbonsäure, Phenol und von Zucker), C = O (Aldehyd) mittels FT-IR-Spektroskopie beobachtet wird, CO (Carbonsäure, aliphatisch aus Zucker, aromatisch), C = C (aromatisch im Ring), CH ( $\text{sp}^2$ -Aldehyd und aromatisch,  $\text{sp}^3$ -aliphatisch aus Zucker) in allen Arten von Huminsäurebändern.

Die FTIR-Spektren verschiedener Huminsäuren sind in **Abb. 18** dargestellt. Wir erhielten eine breite Absorption der OH-Streckschwingung im Bereich von 3654-1999  $\text{cm}^{-1}$ , eine schwache Streckschwingung der CH-Bindungen im Bereich von 2900-2800  $\text{cm}^{-1}$ , die C = C-Streckschwingungen (einige breite Absorptionen) im Bereich von 1592-1361  $\text{cm}^{-1}$ , eine starke Absorption von C = O im Bereich von 1713  $\text{cm}^{-1}$ , eine starke Absorption von CO-Streckschwingungen im Bereich von 1036  $\text{cm}^{-1}$ , eine starke Absorption im Bereich um 772  $\text{cm}^{-1}$  aufgrund der Biegeschwingung von = CH in aromatischen Ringen oder C-Cl. Das beobachtete Ergebnis der FT-IR-Spektroskopie von Huminsäureanteilen unter allen Bedingungen lässt den Schluss zu, dass alle Huminsäureanteile auf natürlicher und synthetischer Basis eine ähnliche Struktur und funktionelle Gruppen aufweisen.



**Abb. 18:** FT-IR-Spektren natürlicher und synthetischer Huminsubstanzen (Greensugar 2020)

### Elementaranalyse (ICP)

In Vorarbeiten wurde bereits festgestellt, dass der Aschegehalt in Huminsäure-Isolaten aus natürlichen Huminstoffquellen (NHS, durchschnittlich 20 g/100 g HS) teilweise erheblich höher ist und Unterschiede in der Elementzusammensetzung der synthetisch erzeugten Huminsäuren (SHS, durchschnittlich 2,5 g/100 g HS) erwarten lässt. Im Rahmen des Vorhabens wurden aus diesem Grund vertiefte wissenschaftlich-analytische Arbeiten in das Entwicklungsprogramm aufgenommen. Die Bestimmung des Aschegehalts wurde unter Verwendung eines Muffelofens durchgeführt. Zur Bestimmung des Aschegehalts wurde eine Portion, die 4 g jeder Huminsäure (vollständig trocken) enthielt, für 8 Stunden bei 800°C in einen Tiegel gegeben, um eine vollständige Verbrennung durchzuführen. Dieser Vorgang wurde zweimal wiederholt. Die chemischen Zusammensetzungen von NHS und SHS wurden mit Hilfe einer vom Deutschen Biomasseforschungszentrum gGmbH angebotenen induktiv gekoppelten plasmaoptischen Emissionsspektroskopie (ICP-OES) analysiert.

Aus den Ergebnissen der Aschegehaltsbestimmung kann der wahrscheinliche Gehalt an Elementen in der ursprünglichen NHS- und SHS-Probe berechnet werden. Über eine statistische Analyse wurden signifikante Unterschiede in der Elementzusammensetzung von NHS und SHS herausgearbeitet. Für diese Elemente wurden Werte von NHS und SHS verglichen.

### **3 Projektergebnisse**

#### **3.1 Einschätzung der Zielerreichung**

Die Ziele des Vorhabens bestanden darin, über die Anwendung von Huminsäurepräparaten bei Sonnenblumen und Mais, die Phosphoraufnahme und den Ertrag der beiden Kulturpflanzen in Kombination mit einer angemessenen Phosphordüngung gezielt zu steigern. Dieses konnte in den durchgeführten Gefäß- und Feldversuchen nicht bzw. nur vereinzelt erreicht werden. Im Labor zeigten sich zunächst ebenfalls vereinzelt signifikante Effekte der Huminsäuren, die jedoch im praxisnahen Feldversuch nicht in analoger Weise bestätigt werden konnten.

Zusätzlich sollte ein neues Verfahren der Unkrautregulierung in Ölsonnenblumen erarbeitet werden. Hier waren die durchgeführten Feldversuche sehr erfolgreich und die ermittelten Daten lassen sehr konkrete Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis bezüglich des optimalen Zeitpunkts von Unkrautregulierungsmaßnahmen und der Sortenwahl auf den verschiedenen Standorten und in Kombination mit den geplanten Verfahren zur Unkrautregulierung zu.

#### **3.2 Hauptergebnisse des Projektes**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der SAS Programmversion 9.3 des SAS Institute Inc. (2013). Die Daten wurden über einen Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Der Vergleich der Mittelwerte erfolgte mit Hilfe des Tukey-Tests, wobei angegebene Signifikanzen ein Signifikanzniveau von  $P < 0,05$  aufweisen. Ausgewählte Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten detaillierter dargestellt.

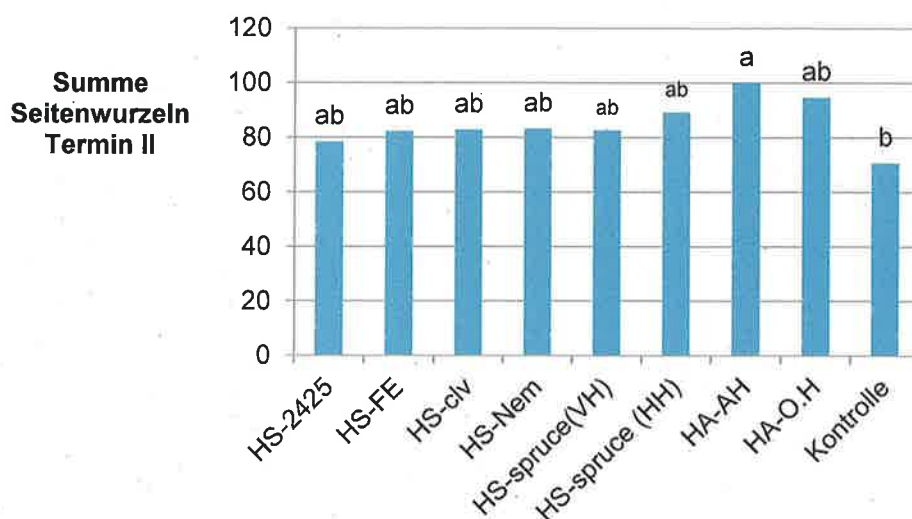
##### **3.2.1 Mikrogefäßversuche zur Huminstoffwirkung**

Die Ergebnisse der Mikrogefäßversuche mit insgesamt 18 Huminsäurepräparaten der Green Sugar AG Meißen sind detailliert im Anhang in **A 1** bis



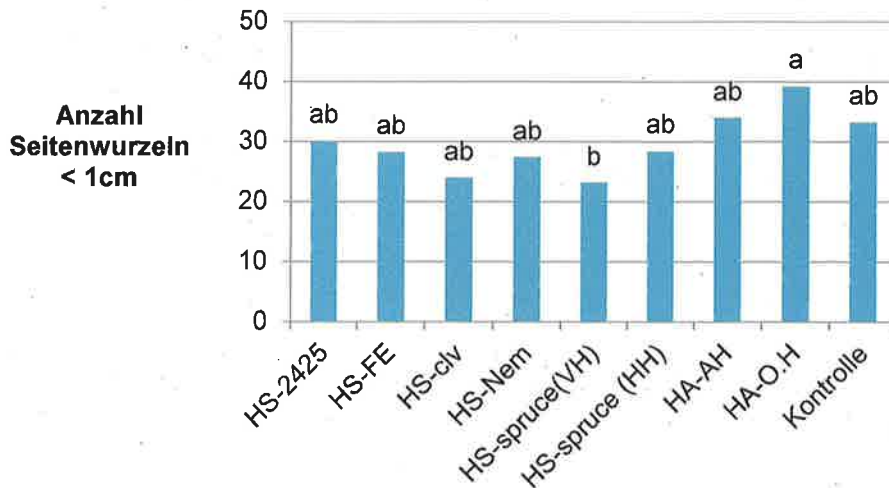
**A 7** aufgeführt. Es zeigten sich nur vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den Varianten anhand derer die Huminsäurepräparate für die anschließenden Gefäß- und Feldversuche ausgewählt wurden.

Für die Sonnenblumen der Sorte *MAS 83.R* zeigt zunächst **Abb. 19**: Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Summe gebildeter Seitenwurzeln zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Sonnenblumen, Sorte *MAS 83.R*, im Jahr 2018 die Summe der gebildeten Seitenwurzeln zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen aus 2018. Hier wurden bei den mit der Huminsäure *HA-AH* gewachsenen Pflanzen mit 100,0 Seitenwurzeln signifikant mehr Seitenwurzeln gebildet als in der Kontrollvariante (70,6 Seitenwurzeln). Aufgrund dieser Signifikanz wurden die Huminsäure *HA.AH* und die Sorte *MAS 83.R* für die anschließenden Feld- und Gefäßversuche ausgewählt.



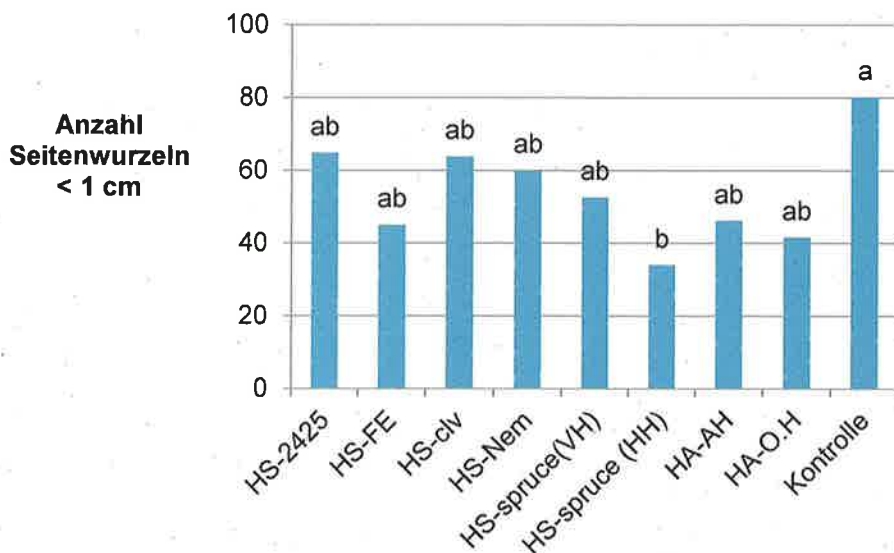
**Abb. 19:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Summe gebildeter Seitenwurzeln zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Sonnenblumen, Sorte *MAS 83.R*, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ )

Zusätzlich wurden bei der Sonnenblumensorte *NK Delfi* bezüglich der Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Anwendung der Huminsäure *HA-O.H* signifikant mehr Seitenwurzeln gebildet als gegenüber der Huminsäure *HS-spruce (VH)*, jedoch nicht gegenüber der Kontrolle (vgl. **Abb. 20**). Daher wurde auch die Huminsäure *HA-O.H* für die Feld- und Gefäßversuche ausgewählt.



**Abb. 20:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Sonnenblumen, Sorte NK Delfi, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ )

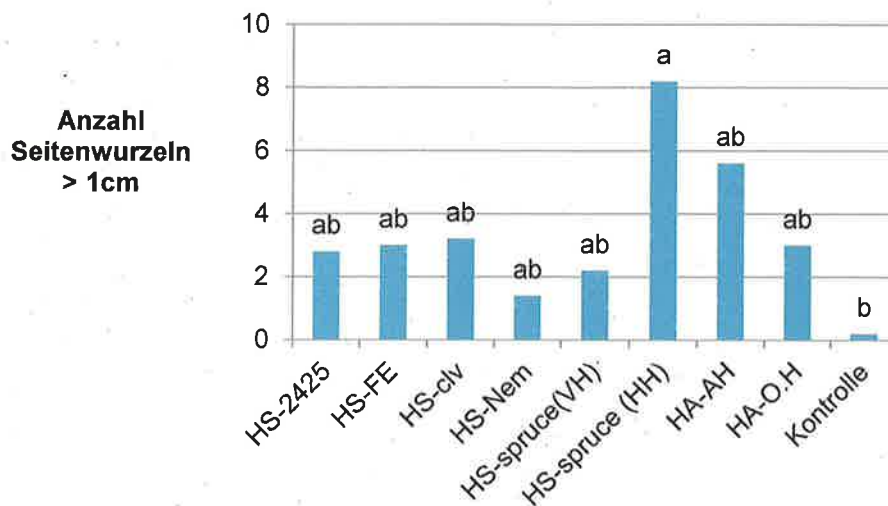
Die geprüften Maispflanzen der Sorte *Ronaldinio* ergaben keine positiven signifikanten Wirkungen der Huminsäurepräparate. Zum dritten Boniturtermin nach 14 Tagen waren dagegen wie in **Abb. 21** sichtbar, die Anzahl Seitenwurzeln kleiner 1 cm in der Kontrollvariante signifikant höher als bei der Huminsäure *HS-spruce (HH)* und erzielten auch in der Tendenz die höchste Anzahl Seitenwurzeln kleiner 1 cm.



**Abb. 21:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner 1 cm zum dritten Boniturtermin nach 14 Tagen bei Mais, Sorte Ronaldinio, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ )

Da bei der Maissorte *Colisee* mehr positive signifikante Effekte der Huminsäurepräparate auftraten, wurde diese Sorte im Weiteren für die Gefäß- und Feldversuche mit Mais verwendet. In **Abb. 22** wird deutlich, dass hier der umgekehrte Fall wie bei

Sorte *Ronaldino* aufgetreten ist, und sich die Variante *HS-spruce (HH)* positiv gegenüber der Kontrolle abhob, hier bezüglich der Anzahl Seitenwurzeln größer 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen.



**Abb. 22:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln größer 1 cm zum zweiten Boniturtermin nach 7 Tagen bei Mais, Sorte *Colisee*, im Jahr 2018. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ )

Aufgrund dieser und weiterer im Anhang aufgeführten Ergebnisse wurden für die anschließenden Gefäß- und Feldversuche mit Sonnenblumen die Huminsäuren *HA.AH*, *HA-O.H*, *HS-spruce (HH)*, und *HA-Nem* ausgewählt. Für die Versuche zum Mais wurden *HS-spruce*, *HS-clv*, *HA.AH* und *HA-O.H* ausgewählt.

In den folgenden Mikrogefäßversuchen wurden weiterentwickelte Huminsäuren der Green Sugar AG Meißen getestet. **Tab. 6** listet die Huminsäurepräparate auf, die erneut bei beiden Sonnenblumen- und Maissorten zum Einsatz kamen.

**Tab. 6:** Huminsäurepräparate der weiterführenden Mikrogefäßversuche

Huminsäurepräparat	Abkürzung
Lignin-spruce-VH/HH-VWV	LS
Na-Humat AH-VH/35-NaOH	NHS
Huminsäure AH-VH/ 35	AH
2450	2450
SH-VH/30	SH
Na-Humate/SNa	SNa
HA CNH2	H2
HA-E25	E25
HA_CM1	CM1
HA_CM5	CM5

Nur an einzelnen Stellen unterschieden sich die Ergebnisse zweier Huminsäuren statistisch voneinander. Bei den Sonnenblumenpflanzen der Sorte *NK Delfi* trat an zwei Stellen zum ersten Boniturtermin bereits einen Tag nach Einsetzen der Son-

nenblumenkeimpflanzen in die Lösung aus Wasser und Huminsäurepräparat ein signifikanter Unterschied zwischen Huminsäure *Na-Humat/SNa* und Huminsäure *HA-CM5* auf bezüglich der Anzahl gebildeter Seitenwurzeln größer 1 cm Länge und der Summe der gebildeten Seitenwurzeln (Daten waren hier nicht normalverteilt).

Zum dritten Boniturtermin am 11. Tag des Versuches zeigte sich bei der Maissorte *Colisee* ein signifikanter Unterschied zwischen den Präparaten *HA-E25* und *HA\_CM 1*. An allen anderen Stellen gab es keine statistisch abgesicherten Unterschiede zwischen den ermittelten Werten.

Es konnte kein signifikanter Effekt auf die Ausbildung der Anzahl an Seitenwurzeln größer oder kleiner 1 cm Länge bzw. die Gesamtzahl an Seitenwurzeln je Einzelpflanze durch eines der Präparate gegenüber der jeweils durchgeführten Kontrollvariante festgestellt werden, sodass nach diesen weiterführenden Mikrogefäßversuchen für die folgenden Gefäß- und Feldversuchen weiterhin in 2019 und 2020 die in 2018 für Sonnenblume und Mais ausgewählten Huminsäuren verwendet wurden.

### 3.2.2 Gefäßversuche

Die Ergebnisse der Gefäßversuche mit Sonnenblumen und Mais sind in Tab. 7 und Tab. 8 dargestellt. Es ergaben sich in keinem der beiden Versuchsjahre signifikante Mittelwertdifferenzen bei den erfassten Parametern der Pflanzen zwischen den verschiedenen Huminsäurepräparaten und der Kontrollvariante. In 2019 waren die Einzelpflanzen der Sonnenblumen besser entwickelt als in 2018. Jedoch kam es in beiden Jahren aufgrund der „Stresssituation“ durch das Wachstum in einem Pflanztopf nur zur Entwicklung vergleichsweise kleiner Pflanzen mit geringer Korbgröße (vgl.

Abb. 11). Als Pfahlwurzler ist besonders die Sonnenblume auf die Möglichkeit zur Ausbildung einer tiefreichenden Wurzel angewiesen und reagiert auch empfindlich auf Verdichtungen im Feld (FibL, 2014).

**Tab. 7:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf Ertrag, Nährstoffgehalt und -aufnahme der Sonnenblume in 2018 und 2019. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Jahr	Huminsäure	TM-Ertrag Einzelpflanze [g]	N-Gehalt [%]	N-Ertrag je Einzelpflanze [mg]	P-Ertrag je Einzelpflanze [mg]	P-Gehalt [g/kg OS]
<b>2018</b>						
	HA.AH	26,06	0,67	167,57	72,40	2,89
	HA-O.H	23,42	0,49	112,36	63,60	2,73
	HA-Nem	26,23	0,52	144,47	58,91	2,56
	HA-spruce (HH)	31,51	0,61	191,11	79,05	2,58
	Kontrolle	32,87	0,47	159,15	54,73	1,85
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>2019</b>						
	HA.AH	31,96	1,09	339,21	121,69	3,87
	HA-O.H	34,45	1,00	344,21	123,75	3,64
	HA-Nem	33,39	0,99	329,91	121,85	3,65
	HA-spruce (HH)	34,41	0,95	322,27	120,81	3,53
	Kontrolle	33,35	1,10	329,89	129,55	3,98
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Tab. 8:** Einfluss verschiedener Huminstoffpräparate auf Ertrag, Nährstoffgehalt und -aufnahme des Mais in 2018 und 2019. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Jahr	Huminsäure	TM-Ertrag Einzelpflanze [g]	N-Gehalt [%]	N-Ertrag je Einzelpflanze [mg]	P-Ertrag je Einzelpflanze [mg]	P-Gehalt [g/kg OS]
<b>2018</b>						
	HA-clv	46,27	0,47	207,95	100,71	2,20
	HA-spruce (HH)	40,11	0,44	173,03	109,63	2,88
	HA-Nau	44,17	0,40	187,84	109,70	2,48
	HA-O.H	49,21	0,41	201,90	108,17	2,25
	Kontrolle	41,35	0,44	184,72	115,70	2,97
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>2019</b>						
	HA-clv	44,44	0,66	294,06	121,69	2,75
	HA-spruce (HH)	43,33	0,68	299,66	118,17	2,78
	HA-Nau	46,02	0,74	323,44	119,37	2,61
	HA-O.H	38,68	0,60	244,46	102,19	2,67
	Kontrolle	50,56	0,70	352,72	127,57	2,53
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

### 3.2.3 Feldversuche zur Huminsäurewirkung

Die Ergebnisse der Feldversuche zur Wirkung der Huminsäuren sind getrennt nach Sonnenblume und Mais in Tab. 10 und Tab. 13 dargestellt. Die statistische Auswertung erfolgte hier einfaktoriell. Zudem sind in Tab. 9 die Ergebnisse der Bodenproben von den Versuchsflächen aus den drei Versuchsjahren zusammengefasst.

**Tab. 9:** Analyseergebnisse der Bodenproben der Feldversuchsflächen in 2018 bis 2020 und des für die Gefäßversuche in 2018 und 2019 verwendeten Bodens mit Angabe der Versorgungsstufe (Großbuchstaben) (LKS mbH)

	HD	KL I	Stollsdorf	WGD	KL II	Stollsdorf	O P	KL III
	2018	2018	2018	2019	2019	2019	2020	2020
pH	5,6 C	5,2 B	6,5 D	5,3	5,1	6,3	5,5	5,4
P [mg 100g <sup>-1</sup> ]	2,8 B	12,3 E	4,0 B	6,8 B	7,0 B	3,0 A	4,0 B	9,0 B
K [mg 100g <sup>-1</sup> ]	4,5 B	5,8 B	10,0 C	2,9 B	5,6 B	8,4 B	2,9 B	5,4 B
Mg [mg 100g <sup>-1</sup> ]	7,2 E	2,3 B	18,3 E	2,9 B	1,1 A	15,5 E	6,3 D	4,8 D
Nmin 0-30 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	60	31	-	60	34	-	8	71
Nmin 30-60 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	8	6	-	11	7	-	9	10
Nmin 60-90 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	3	10	-	6	15	-	7	14

**Tab. 10:** Einfluss der Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngemitteln auf den TM-Ertrag, die Kornertrag, den Ölgehalt, den Ölertrag, den N-Gehalt, den N-Ertrag, den P-Gehalt und den P-Ertrag nach Versuchsjahr und -standort. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

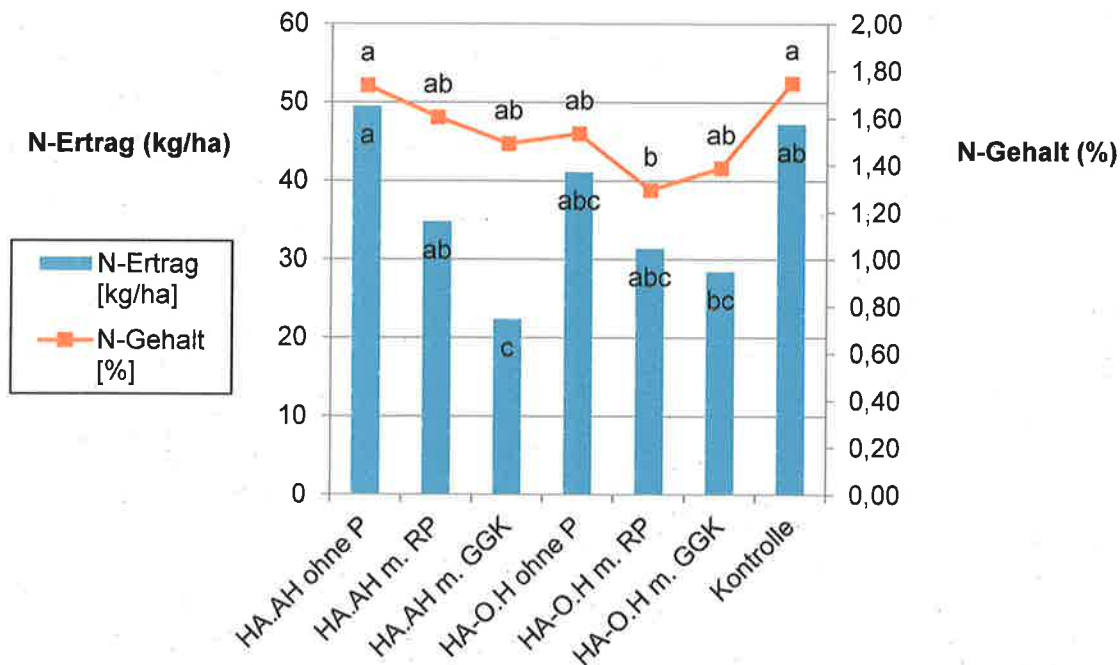
Standort	Huminsäure	P-Düngung	TM-Ertrag [dt/ha]	Kornertrag [dt/ha]	Ölgehalt [%]	Ölertrag [dt/ha]	N-Gehalt [%]	N-Ertrag [kg/ha]	P-Gehalt [g/kg OS]	P-Ertrag [kg/ha]	
<b>2018</b>											
Hohendubrau	HA.AH	ohne	46,36	3,34	39,15	1,26	1,58	72,49	1,88	8,55	
		Rohphosphat	50,28	2,56	41,17	0,95	1,49	78,67	1,78	10,08	
		GGK	46,87	3,69	40,90	1,41	1,48	70,33	1,89	9,04	
	Ha-O.H	ohne	40,93	3,96	37,28	1,35	1,42	57,79	1,85	7,62	
		Rohphosphat	31,66	4,49	43,40	1,77	1,45	46,76	1,65	5,55	
		GGK	37,99	5,02	45,10	2,10	1,37	52,45	1,74	6,71	
	Kontrolle	ohne	39,54	4,14	39,00	1,50	1,55	60,11	2,01	8,10	
				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	Klitten	HA.AH	ohne	42,15	7,29	44,23	2,98	1,50	60,72	2,46	10,58
Rohphosphat			36,47	7,06	45,50	2,97	1,51	55,71	2,41	9,49	
TSP			36,94	7,65	44,53	3,17	1,41	51,87	2,54	9,50	
Ha-O.H		ohne	36,96	9,22	45,20	3,87	1,74	63,67	2,50	9,25	
		Rohphosphat	46,64	7,56	44,93	3,15	1,50	69,65	2,51	11,88	
		TSP	35,36	8,15	46,08	3,46	1,39	47,53	2,46	8,42	
Kontrolle	ohne	41,60	7,61	45,08	3,20	1,52	60,17	2,27	9,47		
			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>2019</b>											
Weigersdorf	HA.AH	ohne	70,19	14,79	48,15	7,12	1,55	106,99	2,28	15,97	
		Rohphosphat	57,92	14,83	49,25	7,30	1,48	84,49	1,88	10,83	
		GGK	71,64	12,63	49,30	6,23	1,40	99,78	2,13	15,61	
	Ha-O.H	ohne	61,93	16,03	48,70	7,81	1,38	85,56	1,89	11,77	
		Rohphosphat	81,41	14,21	48,08	6,89	1,47	117,71	2,30	18,27	
		GGK	80,00	18,48	47,68	8,81	1,38	110,20	2,25	18,26	
	Kontrolle	ohne	65,06	12,46	49,10	6,09	1,55	99,68	2,22	14,52	
			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	

Tab. 11: (Fortsetzung)

Standort	Huminsäure	P-Düngung	TM-Ertrag [dt/ha]	Kornertrag [dt/ha]	Ölgehalt [%]	Ölertrag [dt/ha]	N-Gehalt [%]	N-Ertrag [kg/ha]	P-Gehalt [g/kg OS]	P-Ertrag [kg/ha]		
<b>2019</b>												
Klitten	HA.AH	ohne	53,27	6,83	44,93	2,94	0,91	b	48,37	0,48	2,56	
		Rohphosphat	58,62	7,49	47,73	3,52	0,96	ab	54,91	0,85	4,60	
		TSP	60,64	6,21	44,05	2,74	0,98	ab	59,48	0,80	4,86	
	Ha-O.H	ohne	76,23	8,47	44,80	3,76	0,88	b	64,94	0,47	3,58	
		Rohphosphat	63,15	7,79	44,78	3,52	1,21	a	74,44	1,06	6,06	
		TSP	61,10	5,93	45,10	2,72	1,02	ab	61,55	0,73	4,52	
Kontrolle	ohne	61,27	5,90	44,18	2,66	1,08	ab	65,11	0,83	4,90		
			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>P</i> < 0,05	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		
<b>2020</b>												
Ober Prauske	HA.AH	ohne	28,76	4,93	45,13	2,22	1,74	a	49,52	a	2,64	7,45
		Rohphosphat	21,36	3,13	45,63	1,43	1,60	ab	34,79	ab	2,57	5,57
		GGK	14,97	3,57	45,90	1,65	1,49	ab	22,36	c	2,73	4,09
	Ha-O.H	ohne	26,84	3,86	44,60	1,72	1,53	ab	41,12	abc	2,49	6,60
		Rohphosphat	24,44	2,85	46,30	1,34	1,29	b	31,37	abc	1,88	4,61
		GGK	20,83	3,37	46,03	1,56	1,39	ab	28,43	bc	2,29	4,70
Kontrolle	ohne	27,43	4,18	43,80	1,83	1,75	a	47,21	ab	2,50	6,93	
			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>P</i> < 0,05	<i>P</i> < 0,05	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		
Klitten	HA.AH	ohne	34,63	.	.	.	1,69	.	58,45	2,38	8,00	
		Rohphosphat	33,84	.	.	.	1,47	.	50,90	2,22	7,66	
		TSP	29,11	.	.	.	1,48	.	44,49	2,29	6,55	
	Ha-O.H	ohne	42,77	.	.	.	1,29	.	55,66	1,66	7,13	
		Rohphosphat	27,30	.	.	.	1,48	.	40,24	2,37	6,30	
		TSP	39,31	.	.	.	1,52	.	58,98	2,32	9,05	
Kontrolle	ohne	37,85	.	.	.	1,47	.	54,78	2,17	7,81		
			<i>n.s.</i>	.	.	<i>n.s.</i>	.	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		



Die gebildete Trockenmasse der Sonnenblumen je ha konnte in keiner Variante und in keinem Jahr signifikant durch eine Beaufschlagung des Saatgutes mit einer Huminsäure oder durch die Gabe eines der Phosphordüngemittel gesteigert werden. Auch der Kornertrag und Ölgehalte und Ölerträge wurden nicht signifikant beeinflusst. Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Sprossmasse der Sonnenblume und die daraus resultierenden Stickstoff- und Phosphorerträge der Sonnenblume blieben in 2018 und 2019 ebenfalls unbeeinflusst. In 2020 ergaben sich bezüglich des N-Gehaltes und des N-Ertrages am Standort *Ober Prauske* signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Versuchsvarianten (Abb. 23). P-Gehalte in der Sprossmasse der Sonnenblume und P-Erträge blieben in 2020 ebenfalls unbeeinflusst.



**Abb. 23:** N-Ertrag und N-Gehalte im Spross von Sonnenblumen nach Versuchsvarianten in *Ober Prauske* 2020. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant  $P = 0,05$ )

Da die Kontrollvariante sich hierbei nicht negativ von den anderen Varianten unterschied bzw. teilweise signifikant bessere Ergebnisse als einzelne andere Varianten erreichte, kann nicht auf einen positiven Effekt durch die Anwendung der Huminpräparate auf den N-Ertrag und N-Gehalt der Sonnenblumen geschlossen werden.

Auffällig war, dass im Jahr 2019 durchschnittlich höhere TM-, Korn- und Ölerträge auf dem ökologisch bewirtschafteten Standort *Weigersdorf* erzielt wurden als in Klitten. Dieses wird weniger dem Standort, als der Bestandesdichte zugeschrieben, die am konventionell bewirtschafteten Standort in Klitten in 2019 weniger gut war. Der Phosphorgehalt der Sonnenblumen an den beiden Standort kann an dieser Stelle zwischen den Standorten leider nicht verglichen werden, da es sich in Klitten um den P-Gehalt der Pflanzen ohne den Korbanteil inkl. der Sonnenblumenkerne handelte (siehe 1.4.1.3).

Es wurde zusätzlich aus den erreichten P-Erträgen der Sonnenblumen der verschiedenen Varianten die scheinbare Verwertungseffizienz des über Rohphosphat, Triple-Superphosphat oder Grüngutkompost gedüngten Phosphors für Sonnenblume und Mais bestimmt. Tab. 12 zeigt die Phosphorverwertungseffizienz in % bei Sonnenblumen. Es kann an dieser Stelle nur eine scheinbare Verwertungseffizienz des Phosphors angegeben werden, da nicht mit Isotopenmarkierungen gearbeitet wurde. Sie drückt den Quotienten aus der Mehraufnahme an Phosphor im Spross der Pflanzen gegenüber der Kontrolle und der gedüngten Phosphormenge in Prozent aus.

**Tab. 12:** P-Verwertungseffizienzen nach Varianten der Huminsäurebehandlung und P-Düngung von Sonnenblumen in den Versuchsjahren 2018 bis 2020 und nach Versuchsstandorten in (% des gedüngten P)

2018	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Hohendubrau</i>
	Rohphosphat	0.04	3.95
	TSP/GGK	0.07	1.87
	Rohphosphat	4.83	-5.11
2019	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Weigersdorf</i>
	Rohphosphat		-7.39
	TSP/GGK		2.17
	Rohphosphat		7.50
2020	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Ober Prauske</i>
	Rohphosphat	-0.15	-2.71
	TSP/GGK	-1.26	-5.68
	Rohphosphat	-1.51	-4.63
	TSP/GGK	1.24	-4.45

Die scheinbare Verwertungseffizienz des gedüngten Phosphors lag insgesamt vergleichsweise niedrig. In einigen Fällen waren sogar negative Werte zu verzeichnen, d.h. in der Kontrolle wurde von der Sonnenblume mehr Phosphor aufgenommen als in den mit Phosphor gedüngten Beständen.

Die folgende Tabelle zeigt die erreichten Trockenmasse- und Phosphorerträge, sowie die Phosphorgehalte der Maisbestände in den drei Versuchsjahren nach Standorten und Varianten (Tab. 13). Zwischen den Versuchsvarianten ergaben sich in keinem der Jahre signifikante Mittelwertdifferenzen für die untersuchten Parameter, sodass nicht auf eine Wirkung der Huminsäuren oder der Phosphordüngemittel auf die Massebildung der Pflanzen, den Phosphorgehalt und den Phosphorertrag im Feld geschlossen werden kann.

**Tab. 13:** Einfluss der Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngemitteln auf den TM-Ertrag, P-Gehalt und P-Ertrag von Mais im Feldversuch nach Versuchsjahren und -standorten. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Jahr	Standort	Huminsäure	P-Düngung	TM-Ertrag [dt/ha]	P-Gehalt [g/kg OS]	P-Ertrag [kg/ha]	
<b>2018</b>							
Hohendubrau	HS-clv		ohne	43,15	2,08	8,80	
			Rohphosphat	34,66	2,01	6,94	
			GGK	32,62	2,01	6,25	
	HS-spruce (HH)		ohne	36,36	1,98	6,94	
			Rohphosphat	42,88	1,71	7,32	
			GGK	33,29	1,92	5,96	
	Kontrolle		ohne	46,01	1,91	8,60	
					<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	Klitten	HS-clv		ohne	47,25	1,86	8,72
Rohphosphat				43,80	1,92	8,41	
TSP				46,09	1,81	8,21	
HS-spruce (HH)			ohne	47,22	1,93	9,17	
			Rohphosphat	49,14	1,90	9,22	
			TSP	50,02	1,98	9,54	
Kontrolle			ohne	48,99	1,86	9,17	
				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>2019</b>							
Weigersdorf	HS-clv		ohne	78,39	1,64	12,62	
			Rohphosphat	76,42	1,41	10,44	
			GGK	96,05	1,51	14,44	
	HS-spruce (HH)		ohne	76,42	1,54	11,46	
			Rohphosphat	74,91	1,24	9,14	
			GGK	76,06	1,62	12,31	
	Kontrolle		ohne	72,24	1,53	10,96	
					<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	Klitten II	HS-clv		ohne	100,95	1,88	19,06
Rohphosphat				110,40	1,39	15,37	
TSP				117,51	1,34	15,81	
HS-spruce (HH)			ohne	127,87	1,41	18,21	
			Rohphosphat	103,46	1,44	14,90	
			TSP	112,59	1,56	17,62	
Kontrolle			ohne	142,14	1,67	24,02	
				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>2020</b>							
Ober Prauske	HS-clv		ohne	29,07	2,73	7,84	
			Rohphosphat	45,08	2,20	9,73	
			GGK	39,82	2,30	9,25	
	HS-spruce (HH)		ohne	49,54	2,33	11,18	
			Rohphosphat	50,01	2,37	11,97	
			GGK	35,85	2,55	9,06	
	Kontrolle		ohne	46,84	2,63	11,96	
					<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	Klitten III	HS-clv		ohne	35,55	2,44	8,16
Rohphosphat				41,95	2,15	9,06	
TSP				25,02	2,46	5,85	
HS-spruce (HH)			ohne	41,53	2,27	9,01	
			Rohphosphat	14,57	2,31	2,96	
			TSP	33,62	2,28	7,67	
Kontrolle			ohne	22,76	2,34	5,39	
				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	

Die Grünmasseerträge der Maisbestände (35 % Trockenmassegehalt) der Versuchsbestände lagen in den drei Versuchsjahren in der Regel unter den sächsischen Durchschnittserträgen für Silomais. Im Jahr 2018 wurden sachsenweit durchschnittlich 272,8 dt/ha, in 2019 durchschnittlich 298,4 dt/ha Grünmasse geerntet (DMK, 2020). In 2019 konnten am Standort *Klitten II* höhere Erträge als die sächsischen Durchschnittserträge erreicht werden. Die Kontrollvariante kam dabei auf knapp über 400 dt/ha Grünmasse (35 % TM). Besonders niedrige Erträge vor allem im Jahr 2018 am Standort *Hohendubrau* und im Jahr 2020 am Standort *Klitten* werden zurückgeführt zum einen auf die Witterung in 2018, die von sehr geringen Niederschlagsmengen geprägt war, und zum anderen für die Versuchsfläche in *Klitten* im Jahr 2020 auf das Ausbleiben der geplanten Herbizidmaßnahmen. Der starke Unkrautdruck auf der Versuchsfläche *Klitten III* hemmte die Maispflanzen erheblich in ihrem Wachstum.

Auch zu den Feldversuchen mit Mais wurde eine scheinbare Verwertungseffizienz des gedüngten Phosphors aus den erreichten P-Erträgen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 14 zusammengefasst.

**Tab. 14:** Scheinbare P-Verwertungseffizienzen nach Varianten der Huminsäurebehandlung und Düngung von Sonnenblumen in den Versuchsjahren 2018 bis 2020 und nach Versuchsstandorten in (% des gedüngten Phosphors)

	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Hohendubrau</i>
2018	Rohphosphat	-1.52	-3.32
	TSP	-1.92	-4.70
	Rohphosphat	0.10	-2.56
	TSP	0.75	-5.29
2019	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Weigersdorf</i>
	Rohphosphat	-17.30	-1.03
	TSP	-16.41	6.97
	Rohphosphat	-18.23	-3.64
2020	TSP	-12.80	2.71
	<i>Düngung</i>	<i>Klitten</i>	<i>Ober Prauske</i>
	Rohphosphat	3.67	-4.46
	TSP	0.47	-5.41
	Rohphosphat	-2.43	0.01
	TSP	2.29	-5.79

In 2018 lieferten die Maisbestände der Kontrollvariante ohne P-Düngung am Standort *Hohendubrau* die höchsten P-Erträge, sodass sich hier negative scheinbare P-Verwertungseffizienzen rechnerisch ergaben. Ebenso war dieses im Jahr 2019 in *Klitten* und 2020 in *Ober Prauske* der Fall. Eine deutlich positive P-Verwertungseffizienz war insgesamt nur in zwei Fällen nach Düngung von Trippelsuperphosphat zu verzeichnen.

### **3.2.4 Feldversuche zur Unkrautregulierung in Sonnenblumen**

#### **3.2.4.1 Feldaufgang und Bestandesdichte**

Für die beiden Parameter Feldaufgang und Bestandesdichte ergaben sich bei der statistischen Auswertung keine Wechselwirkungen bezüglich der Faktoren Sorte und Unkrautregulierung. Es soll deshalb zunächst ein Blick auf die verschiedenen Sorten und die Bedeutung des Standortes (sandiger oder lehmiger Boden) auf die Ausprägung der erfassten Parameter genommen werden. Aus

Tab. 15 ist zu entnehmen, dass auf dem sandigen Standort gegenüber dem lehmigen Standort in 2018 und 2020 deutlich geringere Bestandesdichten erreicht wurden.

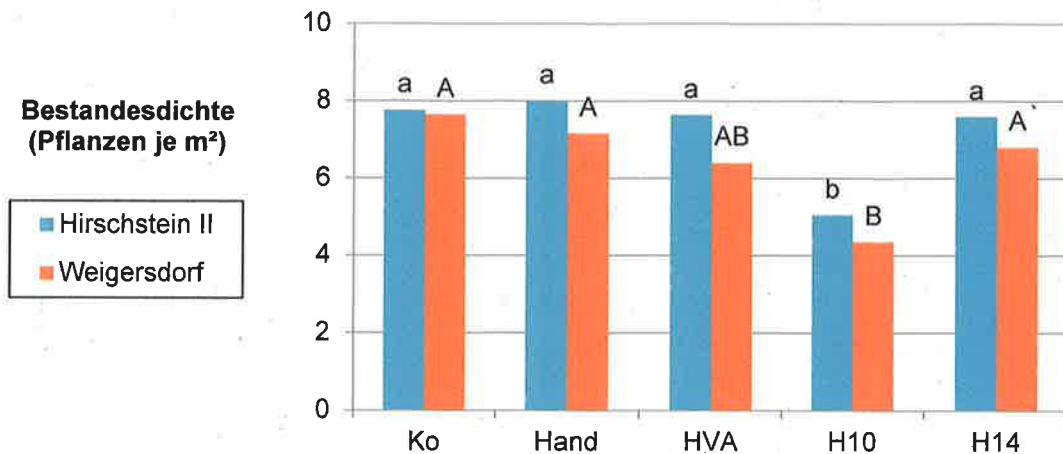
Die Sorte *NK Delfi* erreichte auf dem lehmigen Standort zumeist die besten Feldaufgänge, ebenso die Sorte *ES Biba*, die auch auf den sandigen Standorten in 2018 und 2019 gute Feldaufgänge erreichte. Dagegen war in 2018 und 2020 der Feldaufgang von *NK Delfi* auf diesen Standorten schlechter. Hier trat neben *ES Biba* die Sorte *ES Idillic* mit den höchsten erreichten Feldaufgängen auf. Die Sorten *RGT Lincoln* und *MAS 83.R* sowie die in 2020 neu getestete Sorte *RGT Axell M* konnten generell weniger gute Feldaufgänge erzielen. Die Sorte *Charks* konnte auf allen Standorten und in allen Jahren im Vergleich mit den anderen Sorten gute bis sehr gute Feldaufgänge erreichen.

Die Sorte *Charks* empfiehlt sich daher für beide Standorttypen. Für bessere Standorte eignet sich außerdem besonders die Sorte *NK Delfi*, für schwächere Standorte die Sorten *ES Biba*, die leider nicht mehr im Angebot des Züchters ist oder die Sorte *ES Idillic*. Diese Empfehlungen gelten auch bei Betrachtung der nach der letzten durchgeführten Hackmaßnahme erfolgten Ermittlung der Bestandesdichte. Hier spiegelten sich die Verhältnisse der ermittelten Feldaufgänge der Sorten zueinander wider.

Die Durchführung von Unkrautregulierungsmaßnahmen führte zu einem signifikanten Verlust von Einzelpflanzen, der jedoch auch in der Kontrollvariante nicht ausblieb (vgl. A 9). Abb. 24 zeigt die Bestandesdichten in 2019 nach der letzten Hack- und Häufelmaßnahme an den Standorten *Hirschstein II* und *Weigersdorf* nach Varianten der Unkrautregulierung.

**Tab. 15:** Einfluss der Sonnenblumensorte auf den Feldaufgang in [% der Saatstärke] und die Bestandesdichte in (Pflanzen je m<sup>2</sup>) nach Versuchsjahren und -standorten. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten (n.s.= nicht signifikant, P = 0,05)

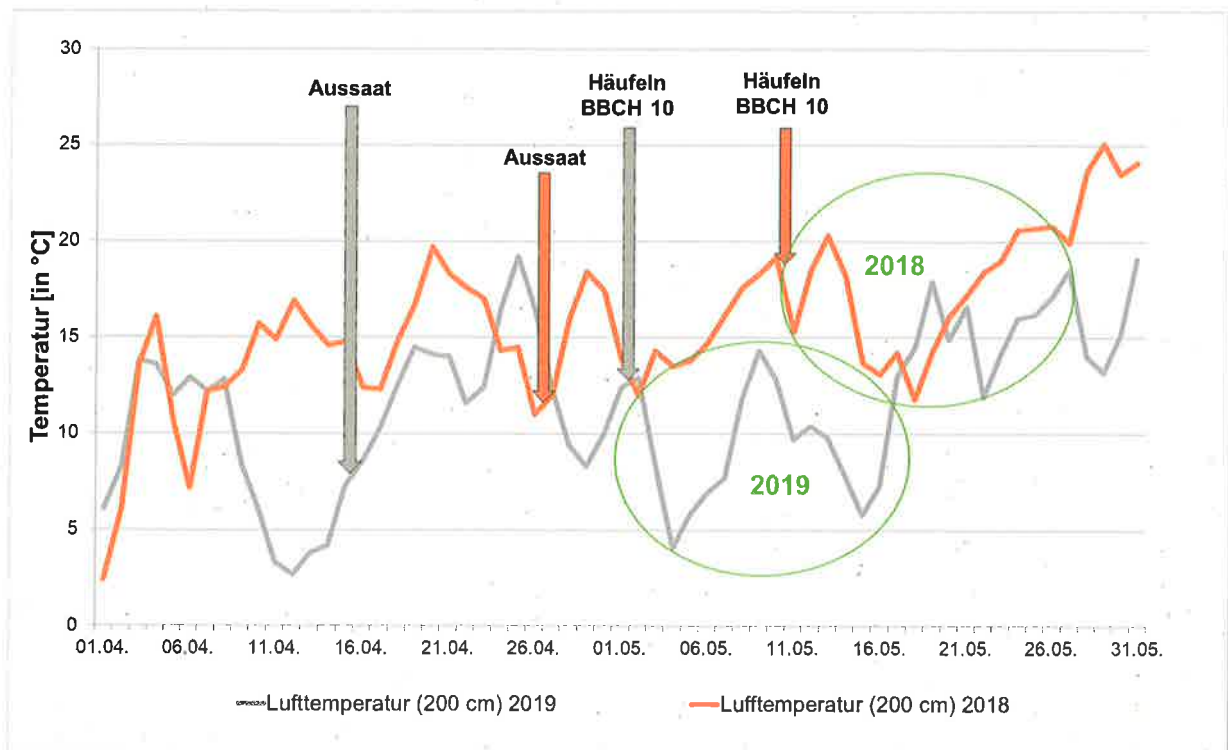
Jahr	Standort	Sorte	Feldaufgang BBCH 10 [%]		Bestandesdichte BBCH 51	
<b>2018</b>			*		*	
	Hirschstein	NK Delfi	70,56	a	6,49	a
		RGT Llincoln	56,89	b	5,09	bc
		ES Biba	65,44	ab	6,03	ab
		ES Idillic	42,67	c	4,13	c
		Charks	67,22	ab	6,16	ab
		MAS 83.R	60,78	ab	5,36	b
			*		*	
	Hohendubrau	NK Delfi	32,67	bc	2,84	bc
		RGT Llincoln	24,88	c	2,06	c
		ES Biba	45,44	ab	3,90	ab
		ES Idillic	52,78	a	4,79	a
		Charks	49,44	a	4,46	a
		MAS 83.R	30,56	bc	2,57	bc
<b>2019</b>			*		*	
	Hirschstein II	NK Delfi	86,54	ab	7,54	ab
		RGT Llincoln	74,11	d	6,59	d
		ES Biba	89,33	a	7,83	a
		ES Idillic	78,67	dc	7,15	bdc
		Charks	82,78	bc	7,35	abc
		MAS 83.R	76,90	dc	6,74	dc
			*		*	
	Weigersdorf	NK Delfi	83,00	b	6,49	abc
		RGT Llincoln	74,11	c	5,81	c
		ES Biba	89,78	a	7,32	a
		ES Idillic	79,78	ab	6,29	abc
		Charks	84,44	bc	6,97	ab
		MAS 83.R	75,56	c	5,96	bc
<b>2020</b>			*		n.s.	
	Oelsitz	NK Delfi	58,00	ab	5,60	
		P63hh111	47,22	b	5,27	
		ES Savanna	52,38	b	5,80	
		ES Idillic	67,89	ab	6,63	
		Charks	56,22	b	5,63	
		RGT Axell M	33,56	c	5,00	
			n.s.		*	
	Ober Prauske	NK Delfi	25,95		3,54	b
		P63hh111	26,67		4,54	ab
		ES Savanna	32,62		3,60	b
		ES Idillic	34,52		3,96	ab
		Charks	30,83		3,86	b
		RGT Axell M	26,90		4,95	a



**Abb. 24:** Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme auf die Bestandesdichte in (Pflanzen je m<sup>2</sup>) an den Versuchsstandorten *Hirschstein II* und *Weigersdorf*, 2019. Ungleiche Klein- bzw. Großbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und zwischen den Varianten ( $P = 0,05$ )

In *Hirschstein II* wurde in Variante IV mit Hacken und Häufeln mit Beginn zu BBCH 10 die signifikant geringste Bestandesdichte verzeichnet. Auch in *Weigersdorf* hob sich Variante IV signifikant negativ von der Kontrollvariante und der Variante mit der Handhacke ab und die Bestandesdichte erreichte hier nur geringe Werte bis 5 Pflanzen je m<sup>2</sup>. Die hier aufgetretenen erhöhten Pflanzenverluste nach Hacken und Häufeln zu BBCH 10 in 2019 werden zurückgeführt auf eine feucht-kühle Folgewitterung nach erfolgtem Anhäufeln der Sonnenblumenkeimpflanzen. Abb. 25 zeigt dazu den Verlauf der Lufttemperatur in 200 cm Höhe an der Messstation des Agrarmeteorologischen Messnetzes Sachsen in Meißen. Die Temperaturwerte sollen an dieser Stelle für die nahe der Messstation Meißen gelegene Versuchsfläche *Hirschstein II* genutzt werden.





**Abb. 25:** Temperaturverläufe an der Messstation Meißen 2018 und 2019 und Termine der mechanischen Unkrautregulierung in den Sonnenblumen (Agrarmeteorologisches Messnetz Sachsen)

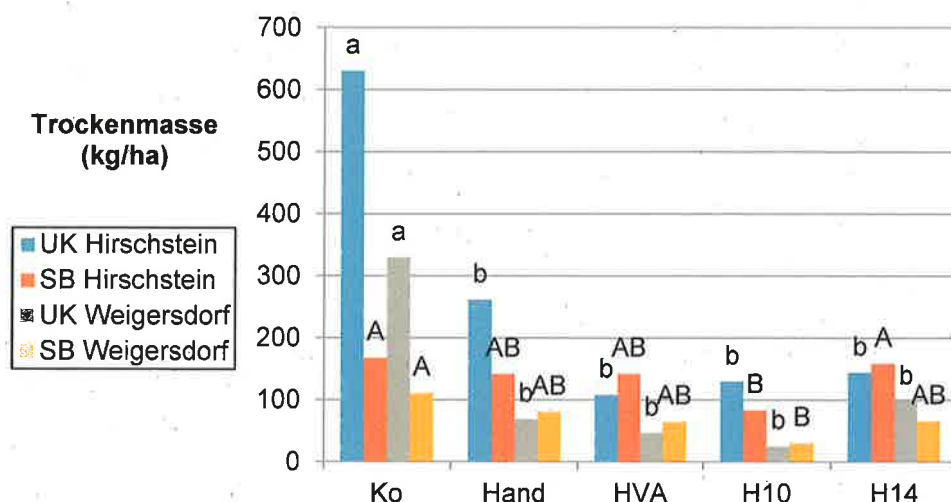
Nach erfolgtem Hacken und Häufeln zu BBCH 10 in 2019 wurde ein deutlicher Temperatursturz verzeichnet. Die Tagesmitteltemperatur der auf das Anhäufeln folgenden 14 Tage war in 2018 mit  $16,6^{\circ}\text{C}$  um ca.  $9,6^{\circ}\text{C}$  höher als in 2019. Das Vier-Blatt-Stadium wurde dadurch am Standort *Weigersdorf* erst 5 Tage später erreicht, als am Standort *Hirschstein II*. Die Summe der Niederschläge bis zum Vier-Blatt-Stadium war in 2019 mit 36 mm mehr als drei Mal so hoch wie in 2018 mit 11,6 mm. Zudem fiel 2019 die Tagestemperatur an den Folgetagen nach der Unkrautregulierungsmaßnahme mehrfach unter  $10^{\circ}\text{C}$  bzw. bis unter  $5^{\circ}\text{C}$  (Abb. 25).

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Entwicklung der Sonnenblumenpflanzen in 2019 durch das Anhäufeln ausgebremst und ihre Fähigkeit, den aufgeschütteten Damm zu durchbrechen, durch kühle und feuchte Witterung gehemmt war. Ein Anhäufeln der Sonnenblumen-Keimpflanzen kann somit zu einem vermehrten Absterben führen, wenn die Folgewitterung kühle und feuchte Bedingungen mit sich bringt.

In 2020 kam es am Standort *Ober Prauske* zu einem verzögerten Feldaufgang. Dieses wird durch die höheren Werte zum späteren Auszählungstermin deutlich (vgl. A 9). Der verzögerte Feldaufgang wird erklärt durch eine erschwerte gleichmäßige Saatgutablage, da die Versuchsfläche geprägt war durch eine hohe Steinigkeit und das Vorhandensein größerer Reste der Grasnarbe der Vorfrucht Klee gras im Boden.

### 3.2.4.2 Trockenmassebildung zu BBCH 16

Abb. 26 zeigt die gebildete Spross-Trockenmasse der Sonnenblume und des Unkrautes zu BBCH 16 (sechs Laubblätter bzw. drei Laubblattpaare sind voll entfaltet) in 2019 an den Versuchsstandorten *Hirschstein II* und *Weigersdorf*. Betrachtet man zusätzlich die Daten aus 2020 (A 9A 10) lassen sich ähnliche Beobachtungen für das Sechs-Blatt-Stadium feststellen.



**Abb. 26:** Einfluss der Unkrautregulierung auf den Sprosstrockenmasseertrag von Sonnenblumen (SB) und Unkraut (UK) zu BBCH 16 nach Standorten im Jahr 2019. Ungleiche Groß- bzw. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Parameters und innerhalb des jeweiligen Standortes ( $P = 0,05$ )

Zu BBCH 16 war die Masse an gebildetem Unkraut am Standort *Hirschstein II* in den Varianten I, II und IV höher als die gebildete Sonnenblumenmasse. Der Effekt einer vollständig ausbleibenden Unkrautregulierung in der Kontrollvariante (I) wird bereits zu diesem Entwicklungsstadium der Sonnenblumenpflanzen an beiden Standorten sehr gut sichtbar: Die Sonnenblumensprossmasse betrug an beiden Standorten mit 167,3 kg/ha (ohne Unkrautregulierung) gegenüber 629,3 kg/ha in *Hirschstein II* bzw. 110,5 kg/ha gegenüber 329,4 kg/ha in *Weigersdorf* nur rund ein Drittel der gebildeten Unkrauttrockenmasse. Gegenüber den anderen Varianten hob sich die Unkrautsprossmasse der Kontrolle (ohne Unkrautregulierung) signifikant ab.

Innerhalb der vier anderen Versuchsvarianten setzte sich bezüglich der gebildeten (und noch vorhandenen) Unkrautmasse zu diesem Zeitpunkt keine Variante gegenüber einer anderen signifikant ab. Zu diesem Entwicklungsstadium der Sonnenblumenpflanzen kann demnach nicht festgestellt werden, dass ein besonders frühzeitiger Beginn der Hack- und Häufelmaßnahmen auch zu einer geringeren Unkrautmasse und damit geringeren Konkurrenzsituation zur Sonnenblume führt.

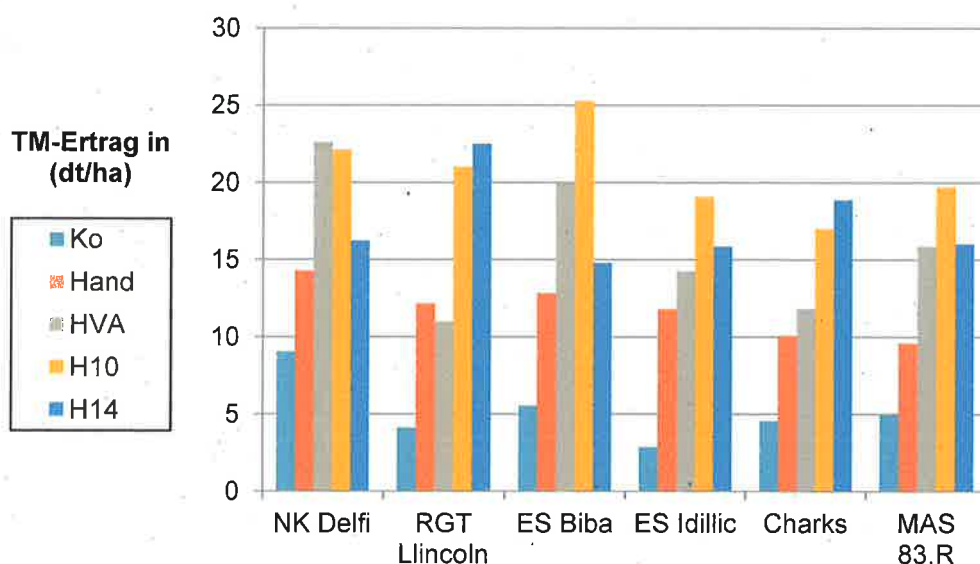
Bei Betrachtung der unterschiedlichen Sonnenblumensorten ergaben sich in einzelnen Fällen signifikante Unterschiede. Hier sei besonders die Sorte *ES Idillic* erwähnt, die in allen drei Jahren zumindest verglichen mit einzelnen Sonnenblumensorten ei-

nen höheren Trockenmasseaufwuchs zu BBCH 16 aufwies als mindestens eine andere Sorte (A 11).

### 3.2.4.3 Trockenmasseerträge zu BBCH 51

Die Tabellen A 12 und A 13 fassen die ermittelten Daten zu den Spross-trockenmasseaufwüchsen von Sonnenblumen und Unkraut zu BBCH 51 in dt je ha zusammen. Zu diesem Zeitpunkt der Pflanzenentwicklung war in jedem der drei Versuchsjahre an beiden Standorten in der Kontrollvariante ohne Unkrautregulierung die Trockenmasse des Unkrautes signifikant am höchsten und lag innerhalb dieser Variante weiterhin deutlich über der gebildeten Sonnenblumensprossmasse.

Bezüglich der Sonnenblumensprossmasse ergaben sich an einzelnen Stellen signifi-kante Unterschiede zwischen den Varianten der Unkrautregulierung. In 2018 traten hier auch Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren Unkrautregulierung und Sorte auf (vgl. Abb. 27). Ähnlich der Beobachtungen zur Entwicklung der Pflan-zenlänge (vgl. 3.2.4.4) reagierten einzelne Sonnenblumensorten gegenüber anderen Sorten mit einem geringeren Sprossmassewachstum auf die durchgeführten Unkrautregulierungen. Beispielweise bildete die Sorte *RGT Llincoln* die höchste Sprossmasse in der Variante mit Beginn des Hackens und Häufelns ab BBCH 14 (H14), reagierte aber auf die Unkrautregulierung im Voraufbau deutlich empfindlicher, als Sorten wie *NK Delfi* oder *ES Biba*.

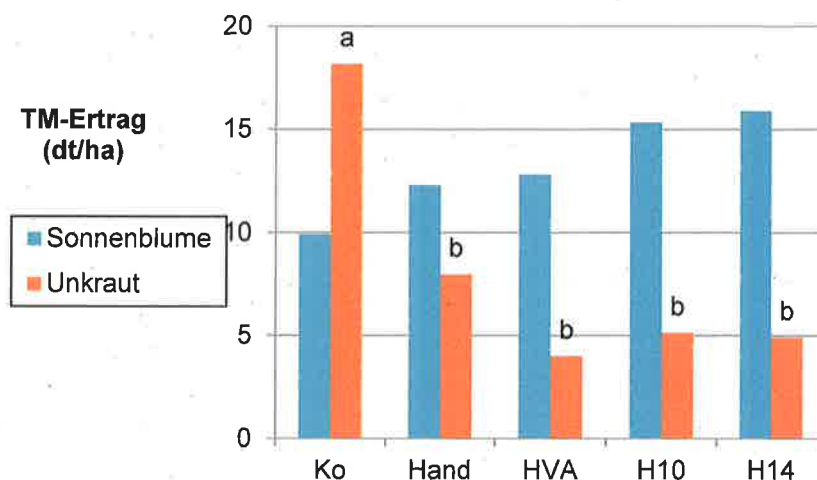


**Abb. 27:** Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf den Trockenmasseertrag der Sonnenblumen am Standort Hohendubrau in 2018 in (dt/ha), Wechselwirkung S x U:  $P = 0,05$

In 2019 wurde neben der Kontrollvariante auch in Variante IV mit Hacken und Häufeln ab BBCH 10 signifikant weniger Sonnenblumen-TM zu BBCH 51 gebildet, als in den drei anderen Varianten. Dieses ist zurückzuführen auf die erhöhten Pflanzenverluste (vgl. 3.2.4.1).

In 2020 ergaben sich am Standort *Ober Prauske* signifikant höhere Sonnenblumen-Sprosserträge in der Variante V gegenüber den vier anderen Varianten. Für den

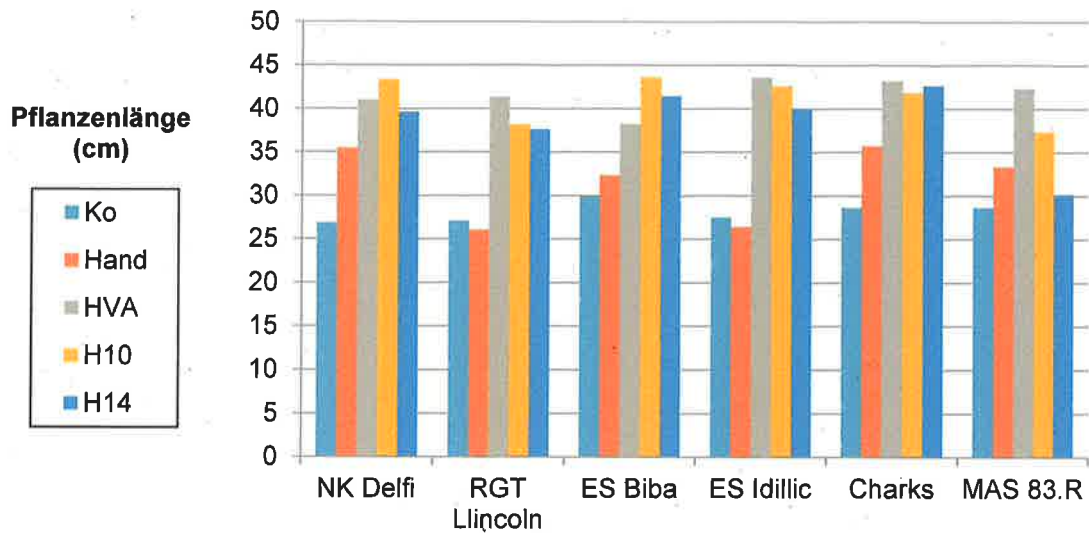
Standort Oelsitz konnten in 2020 keine signifikanten Unterschiede im Sonnenblumenenertrag zu BBCH 51 beobachtet werden, wenngleich eine leichte Tendenz sichtbar ist (Abb. 28). Auch an diesem Standort war die Unkraut-TM in der Kontrollvariante signifikant am höchsten und betrug hier 18,2 dt je ha.



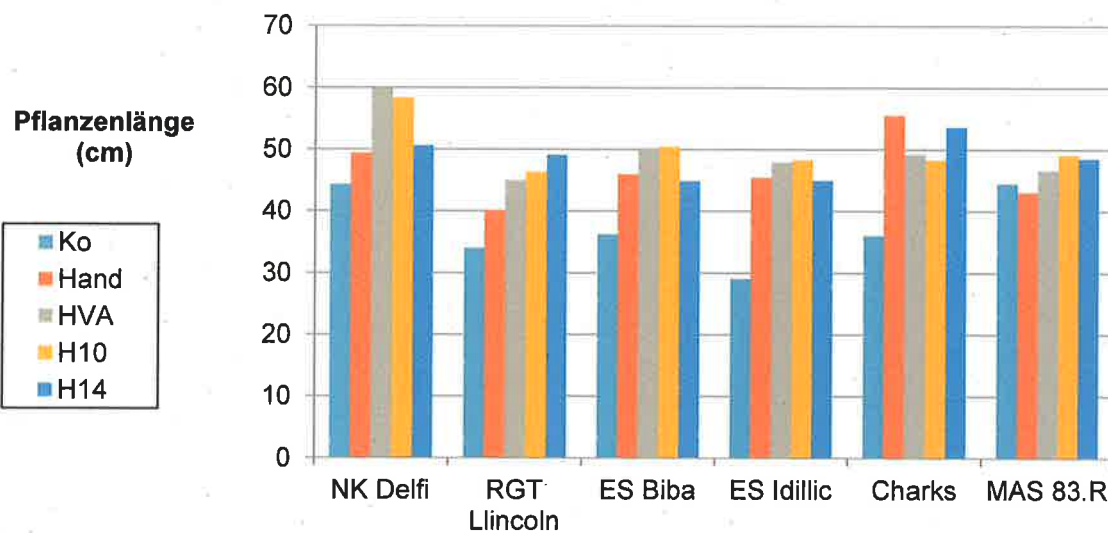
**Abb. 28:** Sprossertrag der Sonnenblumen und des Unkrautes am Standort Oelsitz zu BBCH 51 in (dt/ha), 2020. Signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Unkrautregulierungsvarianten sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet ( $P = 0,05$ )

#### 3.2.4.4 Entwicklung der Pflanzenlänge

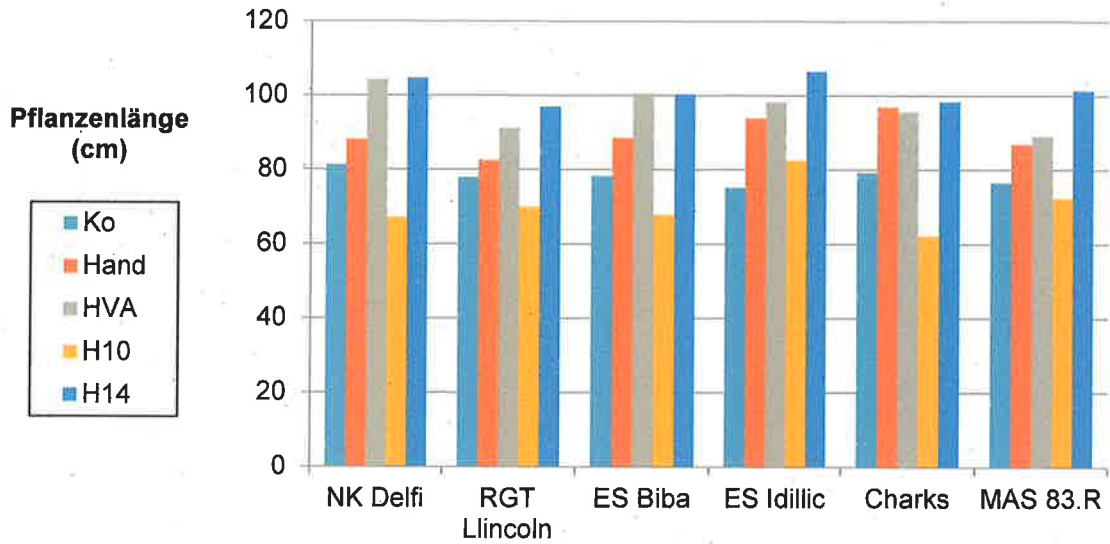
Bei der Datenauswertung der ermittelten Pflanzenlängen der Sonnenblumen wurde an mehreren Stellen eine Wechselwirkung zwischen den Versuchsfaktoren Unkrautregulierung (U) und Sorte (S) festgestellt, die im Folgenden im Detail dargestellt werden. Die vollständig ermittelten Daten sind im Anhand in A 14 und A 15 zusammengefasst.



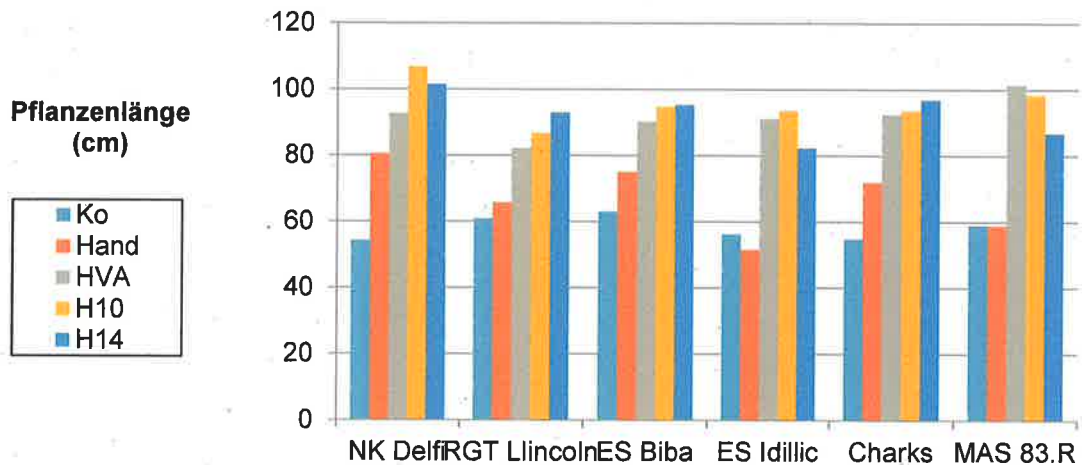
**Abb. 29:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum ersten Boniturtermin am Standort Hohendubrau, 2018, Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0070$



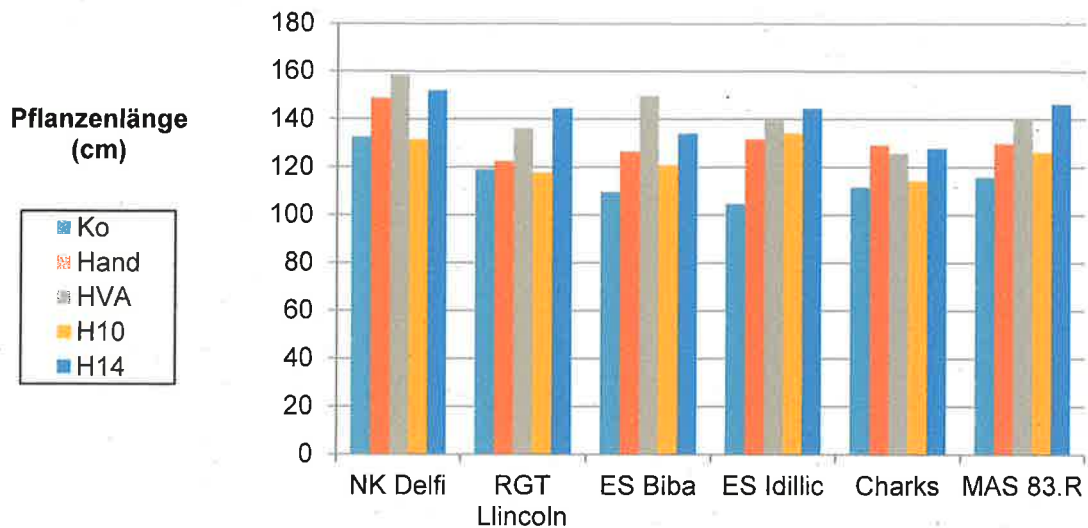
**Abb. 30:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum ersten Boniturtermin am Standort Hirschstein I, 2018, Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0167$



**Abb. 31:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum zweiten Boniturtermin am Standort Hirschstein II, 2019, Daten nicht normalverteilt. Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0042$



**Abb. 32:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) zum zweiten Boniturtermin am Standort Hohendubrau, 2018, Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0036$



**Abb. 33:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen der Sonnenblumenpflanzen in (cm) S) zum dritten Boniturtermin am Standort Hirschstein II, 2019, Wechselwirkung S x U,  $P = 0,0486$

Es wird deutlich, dass die Sonnenblumensorten in ihrem Längenwachstum unterschiedlich stark auf die jeweils durchgeführte Unkrautregulierung reagieren und einzelne Sorten durch eine bestimmte Unkrautregulierungsstrategie längere bzw. kürzere Pflanzen ausbilden. Beispielsweise war die Pflanzenlänge der Pflanzen der Sorte *NK Delfi* nicht beeinflusst durch eine bestimmte Variante der Unkrautregulierung. Dagegen sind Sorten wie *RGT Lincoln*, *ES Idillic* oder *Charks* je nach Unkrautregulierung länger bzw. kürzer gewachsen. *RGT Lincoln* reagierte mit kürzeren Pflanzenlängen auf die frühzeitig einsetzenden Maßnahmen im Voraufbau oder zu BBCH 10, wo hingegen die Pflanzenlänge der Sorte *ES Idillic* durch ein Anhäufeln bereits im Keimblattstadium verlängert wurde. *ES Idillic* bildete kleinere Pflanzen als die anderen Sorten in der Kontrollvariante mit hohem Unkrautdruck und Variante V mit später einsetzendem Hacken und Häufeln zu BBCH 10. Die Sorte *Charks* wurde hingegen in ihrer Pflanzenlänge durch das Anhäufeln vermehrt im Längenwachstum gehemmt, während die Variante der Handhacke zu größeren Pflanzen bei *Charks* führte.

Die Pflanzenlänge von Sonnenblumen wird neben der Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen für das Pflanzenwachstum resultierend aus den Standortbedingungen vor allem auch über die Standortverfügbarkeit der Pflanzen und der ebenfalls damit zusammenhängenden Konkurrenz der Pflanzen um Licht beeinflusst. Bei lückigen Pflanzenbeständen bilden Sonnenblumen vermehrt kürzere Pflanzen mit größeren Blütenkörben und sehr starken Stielen aus. Dieses ist für die Druscharbeiten von Nachteil, da diese Pflanzen länger für die Abreife benötigen und der Gesamtbestand zumeist sehr unregelmäßig abreift. Auf der anderen Seite sind Pflanzen mit einer zu hohen Wuchshöhe stärker gefährdet, in Lager zu gehen, als kurzwüchsigen Typen. In den drei Versuchsjahren kam es jedoch nur bei einzelnen Pflanzen zu leichten Erscheinungen von Lager, sodass die hier erreichten Pflanzenlängen als nicht zu groß eingeschätzt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein Anhäufeln von jungen Sonnenblumenpflanzen je nach Sorte einen Effekt auf das Längenwachstum der Pflan-

zen haben kann, dieses jedoch nicht für jeden durchgeführten Messtermin bestätigt werden konnte. Außerdem ist der Effekt der Veränderung der Pflanzenlänge nicht als negativ zu bewerten, da alle Sorten dennoch druschfähig und weder zu kurz noch zu lang waren.

#### **3.2.4.5 Korn-, Öl- und Trockenmasseerträge zu BBCH 89 und Ölgehalte**

Die Daten zu den ermittelten Korn- und Ölerträgen, sowie der Trockenmasse der Sonnenblumen zu BBCH 89 und die Ölgehalte im Sonnenblumenkorn sind in Tab. 16 und Tab. 17 zusammengefasst.



**Tab. 16:** Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Spross-TM-Ertrag, den Kornertrag, den Ölgehalt und den Ölertrag der Sonnenblumen nach Versuchsjahr und –standort). Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Unkrautregulierungsmaßnahmen. (n.s.= nicht signifikant; \*= signifikant  $P = 0,05$ ; xx = Wechselwirkung S x U)

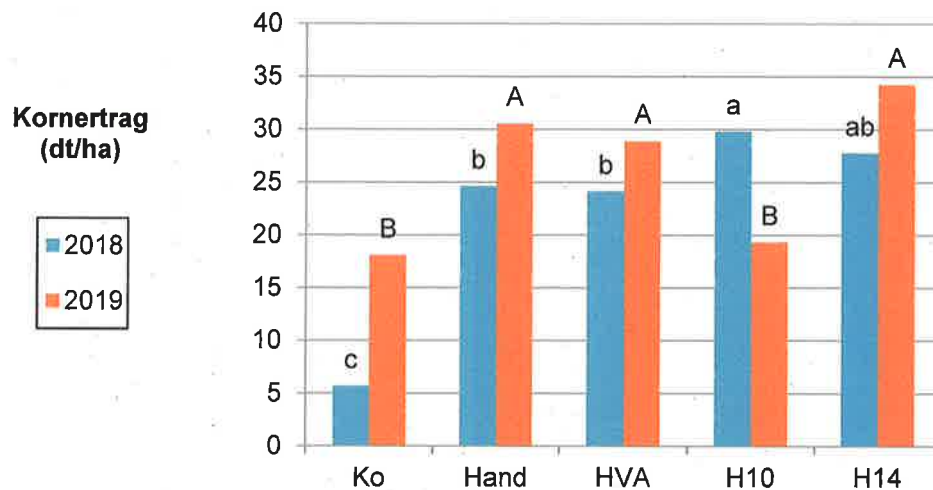
Standort	Variante	TM-Ertrag [dt/ha]	Kornertrag [dt/ha]	Ölgehalt [%]	Ölertrag [dt/ha]
<b>2018</b>					
		*	*	xx	*
Hirschstein	Kontrolle	21.88 d	5.68 c	<i>vgl.</i>	2.64 c
	manuell	39.57 c	24.61 b	<i>Abb. 36</i>	10.77 ab
	Häufeln ab Vorauflauf	38.65 bc	24.12 b		10.71 b
	Häufeln ab BBCH 10	57.83 a	29.80 a		12.57 a
	Häufeln ab BBCH 14	48.65 b	27.77 ab		12.04 ab
		*	xx	*	**
Hohendubrau	Kontrolle	12.95 d	<i>vgl.</i>	46.48 a	1.51 c
	manuell	20.07 c	<i>Abb. 35</i>	45.08 ab	2.36 bc
	Häufeln ab Vorauflauf	22.88 bc		42.39 bc	3.49 a
	Häufeln ab BBCH 10	31.20 a		40.97 c	3.85 a
	Häufeln ab BBCH 14	28.81 ab		40.03 c	3.28 ab
<b>2019</b>					
		*	*	*	*
Hirschstein II	Kontrolle	45.33 b	18.08 b	51.11 a	9.29 bc
	manuell	65.34 a	30.57 a	49.09 a	14.99 ab
	Häufeln ab Vorauflauf	71.75 a	28.90 a	48.64 a	14.01 abc
	Häufeln ab BBCH 10	65.48 a	19.32 b	44.14 b	8.65 c
	Häufeln ab BBCH 14	72.05 a	34.24 a	48.14 a	16.44 a
		<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	*
Weigersdorf	Kontrolle	29.07	6.37 b	46.52	3.01 b
	manuell	43.35	10.70 a	47.30	5.09 a
	Häufeln ab Vorauflauf	39.90	10.38 a	46.70	4.85 a
	Häufeln ab BBCH 10	31.67	6.80 b	45.67	3.10 b
	Häufeln ab BBCH 14	41.32	10.14 a	46.45	4.73 a
<b>2020</b>					
		*	*	<i>n.s.</i>	*
Oelsitz	Kontrolle	26.01 b	7.98 c	45.61	3.64 c
	manuell	40.68 ab	15.15 bc	45.54	6.88 bc
	Häufeln ab Vorauflauf	58.55 a	24.30 a	45.28	11.00 a
	Häufeln ab BBCH 10	59.86 a	20.60 ab	45.23	9.27 ab
	Häufeln ab BBCH 14	58.85 a	23.66 a	45.34	10.70 a
		<i>n.s.</i>	*	xx	*
Ober Prauske	Kontrolle	15.19	0.82 b	<i>Vgl.</i>	0.41 b
	manuell	24.07	4.53 a	<i>Abb.</i>	2.13 a
	Häufeln ab Vorauflauf	18.81	3.62 a	37	1.70 a
	Häufeln ab BBCH 10	28.35	4.72 a		2.18 a
	Häufeln ab BBCH 14	28.80	5.33 a		2.46 a

**Tab. 17:** Einfluss der der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den TM-Ertrag, den Kornertrag, den Ölgehalt und den Ölertrag der Sonnenblumen nach Versuchsjahr und –standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Sorten. (n.s.= nicht signifikant; \*= signifikant  $P = 0,05$ ; xx = Wechselwirkung S x U)

Jahr	Standort	Sorte	TM-Ertrag [dt/ha]		Kornertrag [dt/ha]		Ölgehalt [%]		Ölertrag [dt/ha]	
2018	Hirschstein	NK Delfi	n.s.		n.s.		xx		n.s.	
		RGT Lincoln	44.54		22.47		vgl.		9.77	
		ES Biba	39.83		22.10		Abb.		9.86	
		ES Idillic			24.31		36		10.81	
		Charks	43.73		22.89				9.78	
		MAS 83.R	39.23		21.55				9.21	
			42.72		21.05				9.03	
	Hohen- dubrau	NK Delfi	n.s.		xx		*		*	
		RGT Lincoln	16.91		vgl.		43.41	ab	2.98	ab
		ES Biba	19.16		Abb. 35		42.86	b	2.31	b
		ES Idillic	19.83				43.41	a	3.43	a
		Charks	33.68				43.00	ab	3.38	ab
		MAS 83.R	24.83				43.37	ab	2.94	ab
		25.00					41.75	b	2.34	b
2019	Hirschstein II	NK Delfi	*		*		*		*	
		RGT Lincoln	69.74	a	24.81	ab	49.08	a	12.33	ab
		ES Biba	69.93	a	28.94	a	49.62	a	14.37	a
		ES Idillic	64.91	ab	26.67	ab	47.97	a	12.73	ab
		Charks	67.98	ab	27.66	ab	45.63	b	12.62	ab
		MAS 83.R	52.89	b	23.40	b	48.09	a	11.42	b
	Weigers- dorf		58.64	ab	23.95	ab	48.94	a	11.69	b
		NK Delfi	n.s.		*		*		*	
		RGT Lincoln	43.91		9.34	ab	48.33	a	4.51	a
		ES Biba	33.57		9.27	ab	46.05	bc	4.31	ab
		ES Idillic	38.08		10.70	a	47.37	ab	5.11	a
		36.14		9.95	ab	44.56	c	4.43	a	
		34.65		6.01	b	45.31	c	2.75	b	
		35.43		8.20	ab	47.54	ab	3.93	ab	
2020	Oelsitz	NK Delfi	n.s.		n.s.		*		n.s.	
		P63hh111	46.25		17.84		45.69	ab	8.15	
		ES Savanna	45.37		18.10		45.87	ab	8.31	
		ES Idillic	49.26		20.61		43.23	c	8.91	
		Charks	53.50		18.40		46.11	ab	8.49	
		RGT Axell M	42.84		16.89		45.35	b	7.61	
	Ober Prauske		55.52		18.76		46.30	a	8.63	
		NK Delfi	*		*		xx		*	
		P63hh111	23.10	ab	4.77	a	Vgl.		2.36	a
		ES Savanna	27.84	a	4.47	ab	Abb. 37		2.18	ab
		ES Idillic	23.73	ab	4.23	ab			1.91	ab
		Charks	20.98	ab	2.72	bc			1.37	bc
		RGT Axell M	16.56	b	1.97	c			0.92	c
			27.09	ab	5.30	a			2.52	a

Die Sonnenblumenbestände hatten zur Druschreife bis zu 72 dt Sprosstrockenmasse je ha in 2019 gebildet. 2018 und 2020 waren die Trockenmasseerträge auf einem niedrigeren Niveau als in 2019, jedoch ergab sich in allen Versuchsjahren in der Kontrollvariante die signifikant geringste gebildete Menge Sprosstrockenmasse der Son-

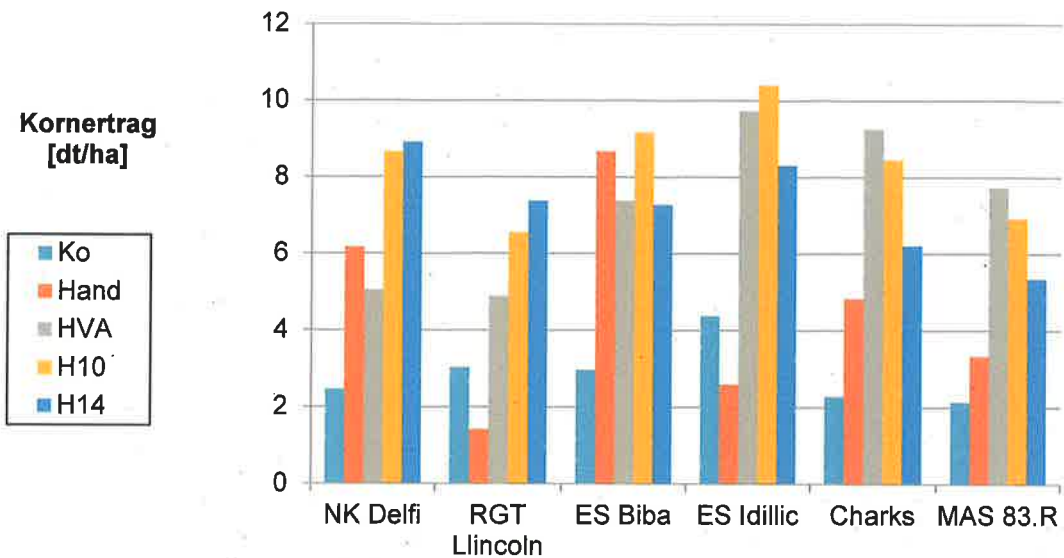
nenblumen, die sich nur in 2020 nicht von der Variante mit Handhacke statistisch abhob. Es soll an dieser Stelle bemerkt werden, dass in Variante H14 mit Beginn des Hackens und Häufelns ab BBCH 14 auch in 2019 trotz der geringeren Bestandesdichte und Kornerträge (vgl. Abb. 34) die Trockenmasseerträge der Sonnenblumen sich nicht von den anderen Varianten außer der Kontrolle negativ abhoben. Dieses ist auf die größere Einzelpflanzenmasse zurückzuführen, die bereits unter 3.2.4.4 erwähnt wurde.



**Abb. 34:** Einfluss der Art der Unkrautregulierung auf den Kornertrag (9 % Restfeuchtegehalt) der Sonnenblumen auf dem Lößstandort in den Versuchsjahren 2018 und 2019 in dt/ha. Ungleiche Klein- bzw. Großbuchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und zwischen den Varianten der Unkrautregulierung ( $P = 0,05$ )

Bezüglich der Kornerträge lässt sich außerdem feststellen, dass in 2018 in der Variante H10 und H14 mit 29,8 dt/ha und 27,7 dt/ha die höchsten Kornerträge in diesem Versuchsjahr erreicht wurden. In 2019 erreichte die Variante H14 bis zu 34,2 dt/ha Kornertrag und lag damit deutlich höher als der deutschlandweite Durchschnittsertrag bei Sonnenblumen von 20,5 dt/ha (Bundesamt, 2020). Ein vollständiges Ausbleiben der Unkrautregulierung führte zu Ertragsverlusten zwischen 15 und 20 dt/ha.

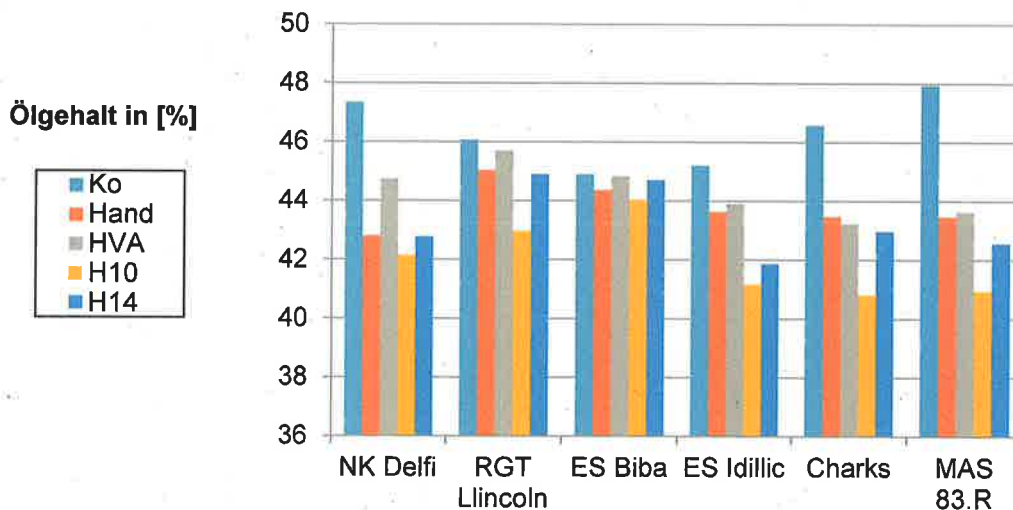
Am Versuchsstandort Hohendubrau zeigte sich bezüglich des Kornertrages in 2018 eine Wechselwirkung zwischen den Versuchsfaktoren Unkrautregulierung (U) und Sorte (S) (vgl. Abb. 35).



**Abb. 35:** Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Kornertrag der Sonnenblumen am Standort Hohendubrau in 2018 in dt je ha (% bei 9 % Restfeuchte im Korn), Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0375$

Die erzielten Kornerträge lagen über die Sorten und Unkrautregulierungsvarianten hinweg nur zwischen 1,42 dt/ha und 10,40 dt/ha. Diese Wechselwirkung konnte jedoch in keiner anderen Umwelt (Jahr oder Standort) festgestellt werden.

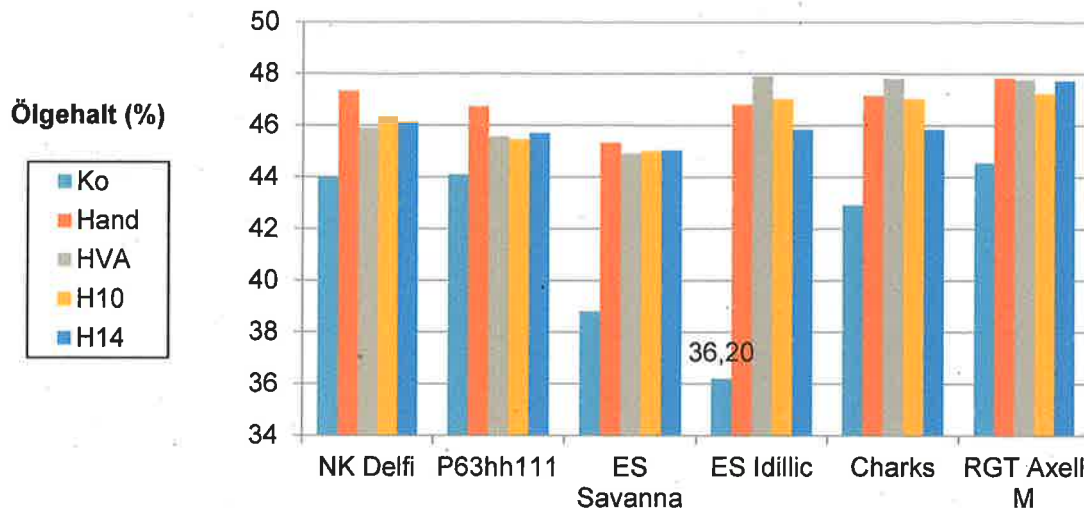
In 2018 traten zudem Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren Unkrautregulierung (U) und Sorte (S) beim Ölgehalt im Sonnenblumenkorn am Standort Hirschstein I auf (Abb. 36).



**Abb. 36:** Einfluss der Art der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf den Ölgehalt im Sonnenblumenkorn am Standort Hirschstein I in 2018 in (bei 9 % Restfeuchte im Korn) Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0018$

Die Sorten *NK Delfi* und *MAS 83.R* reagierten dabei deutlich stärker auf die verschiedenen Varianten der Unkrautregulierung als die Sorte *ES Biba*, deren Ölgehalt sich in allen fünf Varianten auf einem ähnlichen Niveau befand. Auch in 2020 wurde

am Standort Ober Prauske eine Wechselwirkung zwischen diesen beiden Faktoren festgestellt (vgl. Abb. 37).



**Abb. 37:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf den Ölgehalt im Sonnenblumenkorn am Standort Ober Prauske in 2020 in % bei 9 % Restfeuchte im Korn, Daten nicht normalverteilt. Wechselwirkung S x U:  $P = 0,0029$

Hier waren ebenfalls die stärksten Effekte in der Kontrollvariante zu beobachten, wobei hier jeweils die geringsten Ölgehalte in dieser Variante zu verzeichnen waren. Die Sorte ES IDillic zeigte in der Kontrollvariante den niedrigsten Ölgehalt aller Prüfglieder mit nur 36,20 %.

An dieser Stelle soll noch erwähnt werden, dass in einigen Versuchsumwelten im Druschgut der Sonnenblume auch Leindottersamen zu finden waren. Der Leindotter war als Modellunkraut mit den Sonnenblumen in Breitsaat ausgesät worden. In der aufgewachsenen Unkrautmasse machte er unterschiedlich große Anteile aus; je nach Unkrautdruck des Standortes und der Variante der Unkrautregulierung. Bei hohem Aufkommen von Wurzelunkräutern wie beispielsweise an den Standorten in 2020 waren nur vereinzelt Leindotterpflanzen zu finden und dementsprechend kaum oder keine Leindottersamen im Druschgut der Sonnenblume zu finden. Die Leindottersamen ließen sich bei Bedarf in der anschließenden Aufbereitung der Druschproben sehr gut durch Sieben von den Sonnenblumenkernen trennen und hatten keinen Einfluss auf den Kornertrag oder Ölgehalt der Sonnenblumenproben.

### 3.3 Nebenergebnisse des Projektes

Als Nebenergebnissen des Projektes und insbesondere der durchgeführten Feldversuche soll hier der beobachtete zeitversetzte Blühbeginn der Sonnenblumensorten genannt werden. Insbesondere die Sorte *Charks* erreichte frühzeitig die Vollblüte und konnte daher auch früher abreifen. In witterungsunbeständigen Jahren wie 2020, in denen ein Drusch im Oktober nicht mehr ohne weiteres möglich ist bzw. aufgrund von kühl-feuchten Witterungsbedingungen erschwert wird, bieten sich früh abreifende Sorte besonders an. Aufgrund der vorhandenen Erntetechnik konnte kein frühzeitiger und selektiver Drusch der Sorte *Charks* durchgeführt werden. Daher waren es auch diese Sonnenblumenpflanzen, die besonders von Fraßschäden durch Vögel betroffen waren. Es ist daher mit einem höheren Kornertrag bei der Sorte *Charks* bei termingerechtem Drusch zu rechnen.

### 3.4 Nutzung der Ergebnisse in der Praxis

Zur Einschätzung der Umsetzbarkeit und der Integrierbarkeit der getesteten Produktionsverfahren in die Landwirtschaft wurde der Deckungsbeitrag der jeweiligen Varianten ermittelt. Dieser ermöglicht eine Aussage darüber, ob die variablen Kosten des Verfahrens gedeckt werden können und ermöglicht eine gute Vergleichbarkeit der verschiedenen Varianten.

Tab. 18 zeigt zunächst die zusammengefassten Deckungsbeitragsrechnungen für die verschiedenen Strategien der Unkrautregulierung, die im Detail im Anhang aufgeführt sind (A 17, A 18, A 19). Die Variante II mit Handhacke wurde hier aufgrund der Ferne zur landwirtschaftlichen Praxis nicht berücksichtigt.

Folgende Annahmen, die Angaben des LfL Bayern entsprechen, lagen dabei den Berechnungen zugrunde: Schlaggröße 10 ha, Dieselpreis 1,22 €, Saatgutkosten 253,77 € je Einheit, keine Hagelversicherung. Die variablen Maschinenkosten setzen sich zusammen aus den Kosten für die Verfahren „pflügen“, „Saatbettbereitung“, „Aussaat“, „Drusch über Lohnunternehmer“, „Abfuhr Erntegut vom Feld“ und für den konventionell bewirtschafteten Standort Klitten zusätzlich „Mineraldünger streuen“ und „Pflanzenschutz ausbringen“. Für das konventionelle Produktionsverfahren sind außerdem niedrigere Kosten je Reinnährstoff für N und K angesetzt worden. Zudem fallen auf diesen Flächen Kosten für die Pflanzenschutzmittel an.

**Tab. 18:** Übersicht Deckungsbeiträge I der Versuchsvarianten zur Unkrautregulierung nach Jahren und Standorten in (€/ha)

Deckungsbeiträge Variante	Einheit	2018		2019		2020	
		Sand	Löß	Sand	Löß	Sand	Löß
ohne Unkrautregulierung	€/ha	-224	-96	-61	547	-348	29
Hacken und Häufeln ab Vorauflauf	€/ha	-	-	86	1047	-262	828
Hacken und Häufeln ab BBCH 10	€/ha	35	1093	-100	550	-204	633
Hacken und Häufeln ab BBCH 14	€/ha	-30	988	73	1324	-172	794

Die errechneten Deckungsbeiträge zeigen auf, dass in der Regel ein Sonnenblumenanbau ohne jegliche Unkrautregulierung kein wirtschaftliches Produktionsverfahren darstellt. Hier werden die erreichbaren Kornerträge stark durch den entstehenden

Unkrautdruck beeinträchtigt. In 2019 konnte dennoch auf dem Lößstandort ein deutlich positiver Deckungsbeitrag erzielt werden.

Auf den Flächen des sandigen Versuchsstandortes wurde nur an einzelnen Stellen ein gering positiver Deckungsbeitrag (< 100 € je Hektar) erreicht. Im Versuchsjahr 2020 wurde zudem in keiner Variante ein positiver Deckungsbeitrag am sandigen Versuchsstandort erzielt. Hier waren neben den schwierigen Bodenbedingungen mit hohem Sand- und Steinanteilen die geringen Niederschläge und ein hoher Unkrautdruck durch die Vorfrucht Klee gras für eine erschwerte Bestandesetablierung und – führung verantwortlich. Der Wahl des Schrages für den Anbau der Sonnenblumen sollte daher besondere Beachtung geschenkt werden, wenn Sonnenblumen im Betrieb angebaut werden. Ein Anbau von Ölsonnenblumen im ökologischen Landbau wird für sehr leichte und trockene Standorte in Sachsen daher nicht bzw. nur sehr eingeschränkt empfohlen werden.

An dem Lößstandort konnte über die drei Versuchsjahre hinweg in allen drei Varianten der Unkrautregulierung ein deutlich positiver Deckungsbeitrag I in einer Höhe von bis zu 1324 €/ha in 2019 in Variante V erreicht werden. Hier kann ein Anbau von Sonnenblumen empfohlen werden. Das Hacken und Anhäufeln der Sonnenblumen ermöglicht positive Deckungsbeiträge und sollte je nach Bestandesentwicklung, Unkrautauflkommen und aktuellen Witterungsverhältnissen im Anbaujahr so früh wie möglich erfolgen, da mit dem Verfahren im Voraufbau gehackt und angehäufelt gute Deckungsbeiträge erreicht werden können.

Auch für den Einsatz von Huminsäurepräparaten bei Sonnenblumen und Mais durchgeführten Feldversuche wurden Deckungsbeiträge in € je ha ermittelt (Tab. 19 und Tab. 20). Hier wurde jeweils der Durchschnittsertrag je Standort über die drei Versuchsjahre zur Berechnung angesetzt. Außerdem wurden zusätzlich neben den Verfahrenskosten, wie oben beschrieben, Kosten für die verschiedenen P-Düngemittel und die Huminsäurepräparate veranschlagt (vgl. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. und Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). Für die Berechnungen zum Mais wurde ein Preisansatz nach LfL Bayern für den Verkauf von Silomais ab Feld von 5,43 €/dt FM (ökologisch) und 2,71 €/dt FM (konventionell) gewählt.

**Tab. 19:** Übersicht Deckungsbeiträge I der Versuchsvarianten zur Wirkung der Huminsäurepräparate bei Sonnenblumen nach Versuchsstandorten und zusammengefasst für die Versuchsjahre 2018 bis 2020 in (€/ha)

Versuchsvariante	Einheit	Versuchsflächen Klitten	Versuchsflächen Hohendubrau
HA.AH ohne P-Düngung	€/ha	-183,06	-90,56
HA.AH mit Rohphosphat	€/ha	-315,35	-283,03
HA.AH mit TSP/GGK	€/ha	-271,43	-315,96
HA-O.H ohne P-Düngung	€/ha	-62,20	-76,30
HA-O.H mit Rohphosphat	€/ha	-287,97	-264,43
HA-O.H mit TSP/GGK	€/ha	-263,79	-189,87
Kontrolle	€/ha	-128,70	-56,59

**Tab. 20:** Übersicht Deckungsbeiträge der Versuchsvarianten zur Wirkung der Huminsäurepräparate bei Mais nach Versuchsstandorten und zusammengefasst für die Versuchsjahre 2018 bis 2020 in (€/ha)

Versuchsvariante	Einheit	Versuchsflächen Klitten	Versuchsflächen Hohendubrau
HS -clv o.	€/ha	-714,35	-642,80
HS-clv m. RP	€/ha	-839,19	-776,82
HS-clv m. GGK	€/ha	-785,24	-770,53
HS-spruce (HH) o.	€/ha	-656,71	-616,30
HS-spruce (HH) m. RP	€/ha	-889,97	-750,50
HS-spruce (HH) m. GGK	€/ha	-771,88	-823,20
Kontrolle	€/ha	-121,50	-70,08

Sowohl bei Sonnenblume, als auch bei Mais konnte bei den geprüften Anbauverfahren kein positiver Deckungsbeitrag erzielt werden. Die variablen Kosten des jeweiligen Verfahrens wurden somit nicht gedeckt und ein Anbau der Kulturen in dieser Weise kann deshalb hier nicht empfohlen werden. Bei den Sonnenblumen wurden die vergleichsweise besten Deckungsbeiträge in den Varianten ohne zusätzliche P-Düngung (geringere Kosten) und der Kontrollvariante erreicht. Für den Mais erreichte ebenfalls die Kontrollvariante den höchsten Deckungsbeitrag. Das Huminsäurepräparat zur Saatgutbehandlung, das mit den bisher bekannten Preisen angesetzt wurde, beeinflusst bei der Berechnung zum Mais mit 540 €/ha sehr stark die Höhe der variablen Kosten. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass im Falle einer größeren Produktionsmenge von Huminsäuren die Kosten für diese Pflanzenhilfsstoffe geringer ausfallen würden.

### 3.5 Konzept der Verbreitung der Projektergebnisse

Die Verbreitung der erzielten Versuchsergebnisse erfolgte auf mehreren Wegen. Zudem werden die Ergebnisse auch nach Abschluss des Projektes in einschlägigen lokalen, nationalen und EU-weiten Homepages von EIP-AGRI eingestellt. Folgendes Konzept lag der Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt zugrunde:

1. Einstellung der Ergebnisse einschließlich des Abschlussberichts in die einschlägigen lokalen, nationalen und EU-weiten Homepages von EIP-AGRI
2. Einstellung der Ergebnisse im Forschungsinformationssystem der HTW Dresden
3. Durchführung von drei Feldtagen durch einen in der Beratung tätigen landwirtschaftlichen Anbauverband
4. Vorstellung der Ergebnisse auf zwei regionalen Fachtagungen im Verlauf des Projektzeitraumes (Ölpflanzentagung)
5. Veröffentlichung der Versuchsergebnisse in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften und, soweit möglich, in wissenschaftlichen Publikationsorganen.

Das Projekt und dessen Zwischenergebnisse bzw. Endergebnisse wurden und werden auf folgenden Wegen veröffentlicht:

1. Einstellung der Ergebnisse einschließlich des Abschlussberichts in die einschlägigen lokalen, nationalen und EU-weiten Homepages von EIP-AGRI



2. Einstellung der Ergebnisse im Forschungsinformationssystem der HTW Dresden
3. Durchführung von drei Feldtagen durch einen in der Beratung tätigen landwirtschaftlichen Anbauverband am 14.06.2018, 25.06.2018 und 12.06.2019
4. Vorstellung der Ergebnisse auf zwei regionalen Fachtagungen im Verlauf des Projektzeitraumes (Ölpflanzentagung der Gää am 25.06.2018 und 18.06.2020)
5. Veröffentlichung der Versuchsergebnisse in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften und, soweit möglich, in wissenschaftlichen Publikationsorganen (Gää-Rundbrief vom Januar 2020, geplanter Artikel im Ratgeber der Bauernzeitung für ökologischen Landbau im April 2021)
6. zusätzliche Vorstellung von Zwischenergebnissen auf verschiedenen Veranstaltungen: 14.06.2020: 2. Fachinformationsfahrt im Rahmen des BMEL-geförderten Projektes UKR „Deutsch-Ukrainische Zusammenarbeit im Bereich Ökolandbau“; 06.03.2019: Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau 2019, Kassel; 14.03.2019: 3. Bundesweiter Workshop für Operationelle Gruppen und Innovationsdienstleister, Arnstadt; 22.03.2019: Eichigter Öko-Expertenforum "Boden und Humus", Eichigt; 30.04.2019: Naturland-Striegetag, Dietlingen.
7. Medialer Wissenstransfer zu Projektergebnissen im Rahmen des Co-Creation-Labs „Landwirtschaft und Biodiversität“ Saxony5 siehe unter: <https://saxony5.de/erster-saxony5-transferfilm-online/>

## 4 Wirkung des Projektes

### 4.1 Beitrag zu den Prioritäten der EU für die Entwicklung des ländlichen Raumes

Im Rahmen des Projektes wurden Beiträge zu verschiedenen Prioritäten der EU geleistet. So werden Wissenstransfer und Innovation in der Landwirtschaft und den ländlichen Gebieten durch die Testung und Einführung neuartiger Verfahren in der sächsischen Landwirtschaft gefördert. Auch wird die Lebensfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe, insbesondere Sonnenblumen- und Maiserzeugerbetriebe, durch die im Projekt entwickelten innovativen Verfahren zur mechanischen Unkrautregulierung in Sonnenblumen gestärkt. Gestärkte Landwirtschaftsbetriebe können durch die Schaffung von Arbeitsplätzen speziell in oft strukturschwachen ländlichen Regionen die soziale Inklusion fördern, Armut in diesen Regionen entgegenwirken und generell die wirtschaftliche Entwicklung in den ländlichen Gebieten fördern. Durch die enge Zusammenarbeit mit ökologisch wirtschaftenden Betrieben innerhalb der Projektes und die Testung speziell im Öko-Landbau benötigter neuer Verfahren, kommt es im Speziellen zu einer Stärkung von ökologisch wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben. Diese fördern über einen geringeren Ressourceneinsatz und geringere Umweltbelastungen den Erhalt, die Wiederherstellung und Verbesserung der mit der Landwirtschaft verbundenen Ökosysteme und unterstützen den Agrarsektor beim Übergang zu einem kohlenstoffarmen und klimaresilienten Wirtschaftsbereich. Auch bedeutet eine Förderung der ökologischen Landwirtschaft die Stabilisierung von Betrieben, die erhöhte Ansprüche an das Tierwohl und den Tierschutz stellen.

Durch einen erweiterten Anbau von Sonnenblumen und Mais in Sachsen über verbesserte Produktionsverfahren stehen regional höhere Mengen Öko-Rohstoffe zur Verfügung, die insbesondere im Fall der Ölsonnenblumen für die heimische Öko-

Lebensmittelproduktion verwendet werden können. Dadurch können Importe ersetzt werden bzw. deren Anstieg eingeschränkt werden und regionale Wertschöpfungsketten werden gestützt.

## **4.2 Beitrag zu den Zielen der EIP-AGRI**

Im Rahmen der EIP-AGRI-Projekte spielen Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft eine zentrale Rolle. Diese werden erreicht durch die Förderung ressourceneffizienter, wirtschaftlich lebensfähiger, produktiver, wettbewerbsfähiger, emissionsarmer, klimafreundlicher und -resistenter Agrarsysteme, die zukünftig in Harmonie mit den wesentlichen natürlichen Ressourcen funktionieren werden. Dabei soll die sichere, stetige und nachhaltige Versorgung mit Lebensmitteln, Futtermitteln und Biomaterialien erreicht werden. Durch die über die Testung innovativer Produktionsverfahren erreichte Stabilisierung und Förderung ökologisch wirtschaftender Landwirtschaftsbetriebe wird das Erreichen dieser Ziele der EIP-AGRI deutlich gefördert. Der Ökologische Landbau verbraucht weniger Ressourcen durch eine geringere Abhängigkeit von aus Erdöl hergestellten Betriebsmitteln (z.B. Stickstoffdüngemittel und Pflanzenschutzmittel) emittiert weniger Klimagase und erzielt höhere Erzeugerpreise am Markt als konventionelle Wirtschaftssysteme. Das Projekt strebt zudem an, bereits vorhandene Produktionsverfahren noch effizienter zu gestalten.

Es wird somit erreicht, einen Beitrag zum Schutz der Umwelt, zur Eindämmung des Klimawandels und auch zur Anpassung an dessen Auswirkungen zu leisten. Durch die Stabilisierung der Wettbewerbsfähigkeit der von den neuen Produktionsverfahren profitierenden Betriebe können diese außerdem die nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels (z.B. höhere Produktionskosten) besser meistern.

Das Projekt schafft es zudem, eine Brücke zu schlagen zwischen Spitzenforschung und -technologie und den praktischen Landwirten, Waldbewirtschaftern, ländlichen Gemeinden, Unternehmen, NRO und Beratungsdiensten, da sich die Operationelle Gruppe aus drei unterschiedlichen Bereichen zusammensetzt (Forschung, Unternehmen und Landwirtschaftlicher Betrieb) und das Projekt und seine Ergebnisse intensiv der Fachöffentlichkeit, Landwirtschaftsbetrieben und anderen Multiplikatoren bekanntgemacht werden.

## **4.3 Beitrag zu den in der SWOT-Analyse festgestelltem Bedarf**

Das Projekt leistet Beiträge zu einer Vielzahl an in der SWOT-Analyse festgestellten Bedarf. So bewirkt das Projekt eine Stärkung ökologischer Landwirtschaftsbetriebe über bessere und stabilere Erträge dank verbesserter Produktionsverfahren, insbesondere bei Produzenten von Mais und Sonnenblumen, was zu einer Stabilisierung und Verbesserung des Risikomanagements in diesen landwirtschaftlichen Betrieben führt. Der Ökolandbau gewinnt dadurch an Attraktivität und Arbeitsproduktivität. Damit einher gehen eine Vielzahl an positiven Effekten, wie die Erhöhung des Anteils ökologisch bewirtschafteter Flächen, eine Verbesserung des ökologischen und chemischen Zustandes von Grund- und Oberflächenwasserkörpern über eine nachweislich geringere Wasserbelastung durch den ökologischen Landbau (insbesondere bezogen auf Nitrat) und eine Erhöhung des Artenreichtums auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Auf ökologisch bewirtschafteten Flächen sind eine höhere Zahl an Arten in Flora und Fauna anzutreffen. Diese Artenvielfalt stützt zudem den Erhaltungszustand gefährdeter Tier- und Pflanzenarten. Zudem wird im ökologischen Landbau

eine ganzjährige Bodenbedeckung angestrebt und der Anbau erosionsvermindernder Leguminosenbestände findet häufiger Anwendung. Dadurch kann Bodenerosion vermindert werden. Des Weiteren sind die Klimagasemissionen je Hektar auf Ökoflächen geringer als bei konventionellen Wirtschaftssystemen und nach Ökorichtlinien gehaltene Milchkühe haben eine höhere durchschnittliche Anzahl Laktationen und somit eine gesteigerte Nutzungsdauer. Durch die innovativen Produktionsverfahren zur Phosphordüngung wird ein Beitrag geleistet, den Pflanzenbau auch in der Zukunft sicherzustellen, auch wenn in wenigen Dekaden die Lagerstätten für Phosphordünger aufgebraucht sein werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- Greensugar AG 2020: Mitteilungen per E-Mail zu Versuchsergebnissen. Greensugar AG, Meißen.
- Kimpel-Freund, H. 1999: Konkurrenz und Unkrautunterdrückung der Erbse (*Pisum sativum* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer (*Avena sativa* L.). Dissertationsschrift, Universität Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen. ISBN 3-89712-670-2.
- Krachunova, S., Schmidtke, K., 2017: Zwischenbericht zum Vorhaben „Wirkung von Huminstoffen auf die Seitenwurzelbildung von Weizen“, HTW Dresden, 1-15.
- Jung, R., Rauber, R., 2016: Pflanzenbauliche Strategien zur Minderung der Verunkrautung bei Mulchsaat von Ackerbohnen. In: Köpke, U., Rauber, R., Schmidtke, K.: Optimierung der Unkrautregulation, Schwefel- und Phosphorverfügbarkeit durch Unterfußdüngung bei temporärer Direktsaat von Ackerbohne und Sojabohne. Abschlussbericht des BOELN-Vorhabens. 1-176, <http://orgprints.org/30761>.
- Reinbrecht, C., Claupein, W., 2004: Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten- und sorten für den Ökologischen Landbau unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle. Abschlussbericht des BÖL-Vorhabens, 1-69. <http://orgprints.org/4844/>

## 6 Anhang

**A 1:** Einfluss der Huminsäureanwendung auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner bzw. größer 1 cm Wurzellänge und die daraus errechnete Summe der Seitenwurzeln je Pflanze bei Sonnenblumen (Sorte MAS 83.R), 2018 bis 2020, getrennt nach Durchläufen der Mikrogefäßversuche. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten eines Durchlaufs (n.s. = nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]			
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	
HS-2425	12.20	15.80	17.20	15.40	62.60	85.60	27.60	78.40	ab	102.80
HS-FE	18.80	18.00	13.20	15.80	64.20	85.80	34.60	82.20	ab	99.00
HS-clv	14.80	22.20	13.00	19.40	60.60	91.80	34.20	82.80	ab	104.80
HS-Nem	17.40	19.00	15.60	16.00	64.20	95.00	33.40	83.20	ab	110.60
HS-spruce(VH)	18.20	21.00	14.00	17.20	61.60	91.20	35.40	82.60	ab	105.20
HS-spruce(HH)	15.40	29.40	14.60	19.60	59.80	93.40	35.00	89.20	ab	108.00
HA-AH	18.40	24.40	14.80	17.60	75.60	99.40	36.00	100.00	a	114.20
HA-O.H	14.80	28.00	15.40	17.40	66.60	95.20	32.20	94.60	ab	110.60
Kontrolle	17.40	15.60	12.60	18.60	55.00	75.60	36.00	70.60	b	88.20

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>AH</b>	4.80	22.60	4.00	17.60	42.00	68.60	22.40	64.60	72.60
<b>LS</b>	7.00	28.40	2.80	17.60	23.60	58.40	24.60	52.00	61.20
<b>NHS</b>	7.80	22.20	10.00	15.20	38.00	54.60	23.00	60.20	64.60
<b>K</b>	5.40	31.00	5.00	17.00	28.40	67.40	22.40	59.40	72.40

A 2: (Fortsetzung)

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>2450</b>	16.40	7.80	6.60	24.60	58.80	94.80	41.00	66.60	101.40
<b>SH</b>	23.80	9.40	8.80	21.20	81.40	107.80	45.00	90.80	116.60
<b>Kontrolle</b>	17.40	11.00	4.60	7.40	78.20	96.20	24.80	89.20	100.80

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>SNA</b>	3.60	9.40		7.00	41.20		10.60	50.60	
<b>H2</b>	7.00	6.50		2.40	46.75		9.40	53.25	
<b>E25</b>	8.20	10.20		2.80	40.80		11.00	51.00	
<b>CM1</b>	7.40	12.20		1.40	50.00		8.80	66.00	
<b>CM5</b>	6.80	7.75		10.00	37.80		16.80	44.00	
<b>Kontrolle</b>	10.60	12.00		7.00	44.50		17.60	56.50	

**A 3:** Einfluss der Huminsäureanwendung auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner bzw. größer 1 cm Wurzellänge und die daraus errechnete Summe der Seitenwurzeln je Pflanze bei Sonnenblume (Sorte NK Delfi), 2018 bis 2020, getrennt nach Durchläufen der Mikrogefäßversuche. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten eines Durchlaufs (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
HS-2425	15.20	30.00 ab	13.40	21.40	66.60	99.40	36.60	96.60	112.80
HS-FE	12.60	28.20 ab	11.20	17.60	62.20	99.20	30.20	90.40	110.40
HS-clv	11.60	24.00 ab	10.60	22.80	55.40	89.00	34.40	79.40	99.60
HS-Nem	12.40	27.40 ab	16.40	26.20	59.20	94.00	38.60	86.60	110.40
HS-spruce(VH)	12.40	23.20 b	15.20	25.20	67.00	95.00	37.60	90.20	110.20
HS-spruce (HH)	15.20	28.40 ab	14.00	26.00	63.20	91.80	41.20	91.60	105.80
HA-AH	10.20	34.00 ab	11.60	26.20	64.40	102.60	36.40	98.40	114.20
HA-O.H	13.80	39.20 a	15.20	22.60	61.80	104.00	36.40	101.00	119.20
Kontrolle	13.80	33.20 ab	12.20	20.80	61.40	100.00	34.60	94.60	112.20

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>AH</b>	4.40	10.00	9.00	24.60	44.20	59.80	29.00	54.20	68.80
<b>LS</b>	7.80	14.00	4.20	20.00	30.20	39.20	27.80	44.20	43.40
<b>NHS</b>	10.40	12.60	7.20	19.00	40.60	50.80	29.40	53.20	58.00
<b>K</b>	8.00	13.40	3.80	21.60	34.40	42.20	29.60	47.80	46.00

A 4: (Fortsetzung)

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		*	<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>24</b>	12.20	4.00		10.20	ab	65.60	22.40	69.60	
<b>SH</b>	12.40	1.20		10.20	ab	50.80	22.60	52.00	
<b>Kontrolle</b>	9.20	3.20		13.60	a	63.00	22.80	66.20	

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		*	<i>n.s.</i>		*	<i>n.s.</i>	
<b>SNA</b>	3.80	8.40		1.40	b	52.40	5.20	b	60.80
<b>H2</b>	14.00	3.80		13.20	a	63.60	27.20	a	67.40
<b>E25</b>	7.40	2.60		17.40	a	57.60	24.80	a	60.20
<b>CM1</b>	7.20	4.60		7.20	ab	52.80	14.40	ab	57.40
<b>CM5</b>	16.20	6.80		12.40	ab	61.20	28.60	a	68.00
<b>Kontrolle</b>	9.20	3.20		13.60	a	63.00	22.80	ab	66.20



**A 5:** Einfluss der Huminsäureanwendung auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner bzw. größer 1 cm Wurzellänge und die daraus errechnete Summe der Seitenwurzeln je Pflanze bei Mais (Sorte Ronaldinio), 2018 bis 2020, getrennt nach Durchläufen der Mikrogefäßversuche. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten eines Durchlaufs (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
HS-2425	15.40	47.40	64.80 ab	0.00	9.80	30.20	15.40	81.80	183.00
HS-FE	10.40	37.40	45.00 ab	0.00	8.20	36.40	10.40	58.20	129.60
HS-clv	17.60	57.40	63.80 ab	0.00	9.20	49.80	17.60	83.40	173.00
HS-Nem	20.80	57.40	60.00 ab	0.00	18.20	62.00	20.80	86.80	165.20
HS-spruce(VH)	17.80	49.20	52.60 ab	0.00	17.60	54.80	17.80	91.60	181.00
HS-spruce (HH)	16.80	35.40	34.00 b	0.40	17.00	42.40	17.20	75.80	160.20
HA-AH	17.00	46.80	46.20 ab	0.00	11.80	44.40	17.00	72.80	166.20
HA-O.H	18.80	32.20	41.60 ab	0.60	16.20	41.20	19.40	78.00	187.20
Kontrolle	14.40	64.00	80.20 a	0.00	5.60	53.20	14.40	81.60	179.80

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	
AH	3.00	61.40		0.00	14.00		6.20	82.80	
LS	1.60	36.40		0.00	26.40		7.40	88.20	
NHS	1.00	46.80		0.00	24.60		4.40	79.80	
K	2.40	57.80		0.00	29.00		2.40	86.80	

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	
24	0.00	39.00		0.00	35.60		0.00	74.60	
SH	5.60	48.20		0.60	38.60		6.20	86.80	
Kontrolle	2.40	64.60		0.00	25.60		2.40	90.20	

**A 6: (Fortsetzung)**

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	
<b>SNA</b>	9.80	43.80	.	1.40	25.40	.	11.20	69.20	.
<b>H2</b>	4.40	63.60	.	0.00	18.00	.	4.40	81.60	.
<b>E25</b>	6.20	26.00	.	0.00	31.80	.	6.20	57.80	.
<b>CM1</b>	1.80	38.20	.	0.00	25.80	.	1.80	64.00	.
<b>CM5</b>	5.80	55.80	.	0.20	36.60	.	6.00	92.40	.
<b>Kontrolle</b>	2.40	64.60	.	0.00	25.60	.	2.40	90.20	.

**A 7:** Einfluss der Huminsäureanwendung auf die Anzahl gebildeter Seitenwurzeln kleiner bzw. größer 1 cm Wurzellänge und die daraus errechnete Summe der Seitenwurzeln je Pflanze bei Mais (Sorte Colisee), 2018 bis 2020, getrennt nach Durchläufen der Mikrogefäßversuche. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten eines Durchlaufs (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]				
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III		
	n.s.	*	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
HS-2425	2.80	36.20 abc	53.40	ab	0.00	2.80	ab	24.00	2.80	39.00	96.80
HS-FE	4.40	42.60 abc	64.00	a	0.00	3.00	ab	17.20	4.40	45.60	69.80
HS-clv	2.40	53.20 a	68.40	a	0.00	3.20	ab	25.20	2.40	56.40	117.20
HS-Nem	1.00	51.80 a	78.40	a	0.00	1.40	ab	24.80	1.00	53.20	87.20
HS-spruce(VH)	2.40	34.00 abc	55.80	ab	0.00	2.20	ab	23.00	2.40	36.20	103.60
HS-spruce(HH)	6.40	23.80 bc	23.80	bc	0.00	8.20	a	25.00	6.40	32.00	130.40
HA-AH	4.00	16.40 c	15.20	c	0.00	5.60	ab	24.40	4.00	22.00	73.60
HA-O.H	1.80	32.60 abc	48.80	abc	0.00	3.00	ab	30.00	1.80	35.60	116.80
Kontrolle	0.00	47.60 ab	70.20	a	0.00	0.20	b	12.60	0.00	47.80	58.00

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>AH</b>	11.80	52.80	53.00	1.00	5.40	9.80	12.80	58.20	62.80
<b>LS</b>	5.80	48.00	45.80	1.80	7.40	23.80	7.60	55.40	69.60
<b>NHS</b>	7.40	41.40	47.00	0.80	5.40	9.80	8.20	46.80	56.80
<b>K</b>	6.40	41.80	46.20	1.40	8.00	16.20	7.80	49.80	62.40

A 8: (Fortsetzung)

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>2450</b>	39.20	74.80	103.20	5.80	16.40	23.40	45.0 0	91.20	126.60
<b>SH</b>	39.75	64.40	90.20	5.25	13.60	21.00	45.0 0	78.00	111.20
<b>Kontrolle</b>	24.80	41.00	55.25	6.00	23.00	47.75	30.8 0	64.00	82.40

Huminsäure	Anzahl SW < 1 cm [Stk.]			Anzahl SW > 1 cm [Stk.]			Summe SW/ Pflanze [Stk.]		
	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III	Termin I	Termin II	Termin III
	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>SNA</b>	4.00	45.40	23.00	0.00	33.40	30.50	ab 4.0 2.0	78.80	53.50
<b>H2</b>	2.00	49.40	36.20	0.00	25.60	16.80	ab 1.4	75.00	53.00
<b>E25</b>	1.40	82.80	40.60	0.00	25.00	34.20	a 0	107.80	74.80
<b>CM1</b>	3.40	38.20	29.40	0.00	21.00	8.00	b 3.4 0	59.20	37.40
<b>CM5</b>	0.20	34.20	18.40	0.00	15.25	13.80	ab 0.2 0	57.50	39.50
<b>Kontrolle</b>	0.40	66.00	34.60	0.00	21.50	22.60	ab 0.4 0	87.50	62.00

**A 9:** Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme auf den Feldaufgang in (%) und die Bestandesdichte (in Pflanzen je m<sup>2</sup>) von Sonnenblumen nach Versuchsjahr und -standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Unkrautregulierungsmaßnahmen (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Jahr	Standort	Variante	Feldaufgang BBCH 10 [%]		Bestandesdichte BBCH 51	
<b>2018</b>			*		*	
	Hirschstein	Kontrolle	47,78	b	4,37	b
		manuell	55,65	ab	5,48	ab
		Häufeln ab Voraufbau	63,80	ab	6,03	a
		Häufeln ab BBCH 10	71,30	a	6,08	a
		Häufeln ab BBCH 14	64,44	ab	5,75	ab
			<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	
	Hohendubrau	Kontrolle	34,35		3,19	
		manuell	39,51		3,41	
		Häufeln ab Voraufbau	44,44		3,93	
		Häufeln ab BBCH 10	43,52		3,42	
		Häufeln ab BBCH 14	35,46		3,31	
<b>2019</b>			*		*	
	Hirschstein II	Kontrolle	80,09	ab	7,76	a
		manuell	82,22	ab	8,00	a
		Häufeln ab Voraufbau	79,26	b	7,63	a
		Häufeln ab BBCH 10	85,56	a	5,04	b
		Häufeln ab BBCH 14	79,63	b	7,59	a
			*		*	
	Weigersdorf	Kontrolle	82,78	ab	7,65	a
		manuell	82,87	ab	7,16	a
		Häufeln ab Voraufbau	73,06	b	6,40	ab
		Häufeln ab BBCH 10	81,30	ab	4,35	b
		Häufeln ab BBCH 14	85,56	a	6,81	a
<b>2020</b>			<i>n.s.</i>		<i>n.s.</i>	
	Oelsitz	Kontrolle	45,65		5,33	
		manuell	54,35		5,47	
		Häufeln ab Voraufbau	53,24		4,64	
		Häufeln ab BBCH 10	56,76		6,67	
		Häufeln ab BBCH 14	52,78		5,33	
			<i>n.s.</i>		*	
	Ober Prauske	Kontrolle	35,83		4,69	a
		manuell	23,33		4,44	ab
		Häufeln ab Voraufbau	26,11		3,43	b
		Häufeln ab BBCH 10	26,57		3,66	ab
		Häufeln ab BBCH 14	40,48		4,24	ab

**A 10:** Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme auf die Sprosstrockenmasseerträge von Sonnenblumen und Unkraut zu BBCH 16 in (dt/ha) nach Versuchsjahr und -standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Unkrautregulierungsmaßnahmen (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Standort	Variante	TM-Ertrag Sonnenblumen [dt/ha]	TM-Ertrag Unkraut [dt/ha]
<b>2019</b>		*	*
Hirschstein II	Kontrolle	167,30	a 629,92
	manuell	141,14	ab 260,76
	Häufeln ab Vorauflauf	141,80	ab 107,76
	Häufeln ab BBCH 10	82,83	b 129,24
	Häufeln ab BBCH 14	158,23	a 143,95
		*	*
Weigersdorf	Kontrolle	110,45	a 329,41
	manuell	80,24	ab 68,79
	Häufeln ab Vorauflauf	64,28	ab 46,34
	Häufeln ab BBCH 10	29,81	b 24,93
	Häufeln ab BBCH 14	65,38	ab 97,52
<b>2020</b>		n.s.	*
Oelsitz	Kontrolle	138,79	304,49
	manuell	122,45	142,18
	Häufeln ab Vorauflauf	93,55	33,35
	Häufeln ab BBCH 10	107,04	81,16
	Häufeln ab BBCH 14	124,18	53,56

**A 11:** Einfluss der Sonnenblumensorte auf die Sprosstrockenmasseerträge von Sonnenblumen und Unkraut zu BBCH 16 in (dt/ha) nach Versuchsjahr, und – standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Sorten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ )

Standort	Sorte	TM-Ertrag Sonnenblumen [dt/ha]		TM-Ertrag Unkraut [dt/ha]	
<b>2019</b>			*		*
Hirschstein II	NK Delfi	155,73	ab	185,37	b
	P63hh111	136,87	ab	241,51	ab
	ES Savanna	128,02	ab	261,45	ab
	ES Idillic	164,10	a	342,68	a
	Charks	120,54	b	221,94	ab
	RGT Axell M	125,19	b	263,11	ab
			*		n.s.
Weigersdorf	NK Delfi	59,40	b	103,51	
	P63hh111	54,97	b	128,01	
	ES Savanna	64,25	ab	106,78	
	ES Idillic	112,94	a	111,24	
	Charks	66,84	ab	124,60	
	RGT Axell M	61,79	ab	106,25	
<b>2020</b>			*		n.s.
Oelsitz	NK Delfi	98,16	bc	143,65	
	P63hh111	103,87	bc	123,56	
	ES Savanna	131,97	ab	91,51	
	ES Idillic	180,68	a	81,98	
	Charks	116,04	bc	108,34	
	RGT Axell M	67,86	c	123,68	

**A 12:** Einfluss der Unkrautregulierungsmaßnahme auf die Sprosstrockenmasseerträge von Sonnenblumen und Unkraut zu BBCH 51 in (dt/ha) nach Versuchsjahr und –standort. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Unkrautregulierungsmaßnahmen (n.s.= nicht signifikant, \*= signifikant,  $P = 0,05$ , xx = Wechselwirkung S x U)

Standort	Variante	TM-Ertrag Sonnenblumen [dt/ha]		TM- Ertrag Unkraut [dt/ha]	
<b>2018</b>		*		*	
Hirschstein I	Kontrolle	5,16	d	20,20	a
	manuell	11,77	c	8,80	b
	Häufeln ab Vorauflauf	15,91	b	6,02	bc
	Häufeln ab BBCH 10	20,69	a	1,37	d
	Häufeln ab BBCH 14	17,36	ab	4,21	cd
		xx		*	
Hohendubrau	Kontrolle	vgl. Abb. 27		8,70	a
	manuell			5,80	ab
	Häufeln ab Vorauflauf			3,20	bc
	Häufeln ab BBCH 10			1,51	c
	Häufeln ab BBCH 14			1,32	c
<b>2019</b>		*		*	
Hirschstein II	Kontrolle	8,93	b	15,41	a
	manuell	12,45	a	3,53	b
	Häufeln ab Vorauflauf	13,15	a	2,81	b
	Häufeln ab BBCH 10	6,65	b	2,34	b
	Häufeln ab BBCH 14	14,73	a	2,61	b
		n.s.		*	
Weigersdorf	Kontrolle	16,66		18,93	a
	manuell	20,10		2,61	b
	Häufeln ab Vorauflauf	19,18		3,38	b
	Häufeln ab BBCH 10	13,52		2,23	b
	Häufeln ab BBCH 14	19,43		3,66	b
<b>2020</b>		n.s.		*	
Oelsitz	Kontrolle	9,90		18,18	a
	manuell	12,28		7,97	b
	Häufeln ab Vorauflauf	12,81		4,01	b
	Häufeln ab BBCH 10	15,33		5,14	b
	Häufeln ab BBCH 14	15,89		4,91	b
		*		*	
Ober Prauske	Kontrolle	4,14	b	12,66	a
	manuell	3,68	b	3,25	b
	Häufeln ab Vorauflauf	3,84	b	3,28	b
	Häufeln ab BBCH 10	4,20	b	1,88	b
	Häufeln ab BBCH 14	7,30	a	1,18	b



**A 13:** Einfluss der Sonnenblumensorte auf die Sprosstrockenmasseerträge von Sonnenblumen und Unkraut zu BBCH 51 in (dt/ha) nach Versuchsjahren, -standort und Sonnenblumensorte. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Sorten (n.s.= nicht signifikant, \*= signifikant,  $P = 0,05$ , xx = Wechselwirkung S x U).

Standort	Sorte	TM-Ertrag Sonnenblumen [dt/ha]		TM-Ertrag Unkraut [dt/ha]
<b>2018</b>		*		n.s.
Hirschstein I	NK Delfi	16,84	a	7,46
	RGT Llincoln	14,14	ab	7,50
	ES Biba	15,67	ab	6,74
	ES Idillic	12,75	b	9,61
	Charks	12,46	b	8,25
	MAS 83.R	13,22	ab	9,13
		xx		n.s.
Hohendubrau	NK Delfi	Vgl. Abb. 27		4,84
	RGT Llincoln			3,86
	ES Biba			4,24
	ES Idillic			3,68
	Charks			3,55
	MAS 83.R			4,34
<b>2019</b>		n.s.		n.s.
Hirschstein II	NK Delfi	9,49		6,27
	RGT Llincoln	11,43		4,74
	ES Biba	11,67		5,43
	ES Idillic	12,59		5,69
	Charks	10,83		4,77
	MAS 83.R	10,58		5,65
		n.s.		n.s.
Weigersdorf	NK Delfi	16,93		5,16
	RGT Llincoln	17,49		6,58
	ES Biba	17,79		5,95
	ES Idillic	20,82		6,49
	Charks	16,82		5,71
	MAS 83.R	16,82		7,08
<b>2020</b>		n.s.		n.s.
Oelsitz	NK Delfi	12,48		9,11
	P63hh111	12,10		7,55
	ES Savanna	14,67		6,18
	ES Idillic	15,64		6,97
	Charks	13,76		9,25
	RGT Axell M	10,80		10,02
		n.s.		n.s.
Ober Prauske	NK Delfi	5,00		3,78
	P63hh111	4,78		4,22
	ES Savanna	4,09		5,50
	ES Idillic	4,70		4,31
	Charks	3,62		4,62
	RGT Axell M	5,58		4,28

**A 14:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und der Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlänge von Sonnenblumenpflanzen in 2018 bis 2020 nach Versuchsjahr, -standort und Termin der Messung. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Unkrautregulierungsmaßnahmen (n.s.= nicht signifikant, \* = signifikant,  $P = 0,05$ , xx= Wechselwirkung S x U)

Standort	Variante	Termin I	Termin II	Termin III			
<b>2018</b>		xx	*				
Hirschstein I	Kontrolle	vgl. Abb. 30	65,83	c			
	manuell		107,16	b			
	Häufeln ab Voraufbau		111,10	b			
	Häufeln ab BBCH 10		120,47	a			
	Häufeln ab BBCH 14		114,09	ab			
		xx	xx				
Hohendubrau	Kontrolle	Vgl. Abb. 29	Vgl. Abb. 32				
	manuell						
	Häufeln ab Voraufbau						
	Häufeln ab BBCH 14						
<b>2019</b>		*	xx	xx			
Hirschstein II	Kontrolle	45,22	b	Vgl. Abb. 31	Vgl. Abb. 33		
	manuell	48,08	ab				
	Häufeln ab Voraufbau	46,43	ab				
	Häufeln ab BBCH 10	32,67	c				
	Häufeln ab BBCH 14	50,69	a				
			*	*			
Weigersdorf	Kontrolle	42,41	a	99,75	b	111,08	b
	manuell	40,53	ab	111,72	a	131,53	a
	Häufeln ab Voraufbau	35,71	b	107,61	ab	129,52	a
	Häufeln ab BBCH 10	25,98	c	83,46	c	117,38	b
	Häufeln ab BBCH 14	35,94	b	107,51	ab	130,49	a
<b>2020</b>			n.s.	*			
Oelsitz	Kontrolle			71,60		107,29	b
	manuell			71,73		120,68	ab
	Häufeln ab Voraufbau			77,80		140,23	a
	Häufeln ab BBCH 10			76,29		136,00	ab
	Häufeln ab BBCH 14			80,48		144,09	a
Ober Prauske	Kontrolle					77,45	
	manuell					90,97	
	Häufeln ab Voraufbau					94,34	
	Häufeln ab BBCH 14					108,61	

**A 15:** Einfluss der Unkrautregulierung (U) und Sonnenblumensorte (S) auf die Pflanzenlängen von Sonnenblumenpflanzen nach Versuchsjahr, -standort und Termin der Messung. Ungleiche Buchstaben zeigen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Standortes und Jahres zwischen den Sorten (n.s.= nicht signifikant,  $P = 0,05$ , xx=Wechselwirkung S x U).

Standort	Sorte	Termin I	Termin II	Termin III			
<b>2018</b>							
		xx	*				
Hirschstein I	NK Delfi	vgl. Abb. 30	113,98	a			
	RGT Llincoln		99,65	bc			
	ES Biba		103,03	ab			
	ES Idillic		102,05	ab			
	Charks		99,08	b			
	MAS 83.R		104,60	ab			
<hr/>							
		xx	xx				
Hohendubrau	NK Delfi	Vgl. Abb. 29	Vgl. Abb. 32				
	RGT Llincoln						
	ES Biba						
	ES Idillic						
	Charks						
	MAS 83.R						
<hr/>							
<b>2019</b>							
		*	xx	xx			
Hirschstein II	NK Delfi	48,05	a	Vgl. Abb. 31	Vgl. Abb. 33		
	RGT Llincoln	42,11	c				
	ES Biba	43,43	c				
	ES Idillic	47,29	ab				
	Charks	42,79	c				
	MAS 83.R	43,73	bc				
<hr/>							
		*	*	*			
Weigersdorf	NK Delfi	38,02	ab	105,13	ab	132,06	a
	RGT Llincoln	32,92	b	101,43	bc	122,17	b
	ES Biba	33,43	b	99,53	bc	124,47	ab
	ES Idillic	41,55	a	109,86	a	127,04	ab
	Charks	36,09	ab	100,08	bc	118,89	b
	MAS 83.R	34,66	b	96,02	c	119,37	b
<hr/>							
<b>2020</b>							
			*		n.s.		
Oelsitz	NK Delfi			79,79	ab	133,30	
	P63hh111			68,53	c	126,29	
	ES Savanna			77,36	ab	126,92	
	ES Idillic			81,11	a	136,74	
	Charks			76,46	abc	126,58	
	RGT Axell M			71,16	abc	133,11	
<hr/>							
					*		
Ober Prauske	NK Delfi					102,98	a
	P63hh111					91,16	b
	ES Savanna					91,99	b
	ES Idillic					96,17	ab
	Charks					89,92	b
	RGT Axell M					102,24	a

**A 16: Deckungsbeitragsrechnung I für die Variante „Kontrolle“ nach Versuchsjahren und Standorten**

ohne Unkrautregulierung	Einheit	2018		2019		2020	
		Sand	Löß	Sand	Löß	Sand	Löß
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	3,23	5,68	6,37	18,08	0,82	7,98
Erzeugerpreis Korn	€/dt	74,68	74,68	74,68	74,68	75,51	75,51
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>241,22</b>	<b>424,24</b>	<b>475,71</b>	<b>1350,21</b>	<b>61,57</b>	<b>602,52</b>
VARIABLE KOSTEN							
Saatgut	€/ha	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96
Dünger	€/ha	66,65	117,23	131,45	373,10	16,83	164,66
var. Maschinenkosten	€/ha	259,20	259,20	259,20	259,20	259,20	259,20
Reinigung	€/ha	2,78	4,89	5,48	15,55	0,70	6,86
Trocknung	€/ha	4,20	7,39	8,28	23,51	1,06	10,38
Summe variable Kosten	€/ha	464,79	520,66	536,37	803,32	409,75	573,06
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-223,58</b>	<b>-96,42</b>	<b>-60,66</b>	<b>546,89</b>	<b>-348,18</b>	<b>29,46</b>

**A 17: Deckungsbeitragsrechnung I für die Variante „Hacken und Häufeln mit Beginn im Voraufbau“ nach Versuchsjahren und Standorten**

Hacken und Häufeln ab Voraufbau	Einheit	2019		2020	
		Sand	Löß	Sand	Löß
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	10,38	28,9	3,62	24,30
Erzeugerpreis Korn	€/dt	74,68	74,68	75,51	75,51
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>775,18</b>	<b>2158,25</b>	<b>273,72</b>	<b>1834,96</b>
VARIABLE KOSTEN					
Saatgut	€/ha	131,96	131,96	131,96	131,96
Dünger	€/ha	214,20	596,38	74,80	501,47
var. Maschinenkosten	€/ha	320,82	320,82	320,82	320,82
Reinigung	€/ha	8,93	24,85	3,12	20,90
Trocknung	€/ha	13,50	37,58	4,71	31,60
Summe variable Kosten	€/ha	689,41	1111,60	535,42	1006,75
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>85,77</b>	<b>1046,65</b>	<b>-261,70</b>	<b>828,20</b>

**A 18: Deckungsbeitragsrechnung für die Variante „Hacken und Häufeln mit Beginn zu BBCH 10“ nach Versuchsjahren und Standorten**

<i>Hacken und Häufeln ab BBCH 10</i>	<i>Einheit</i>	<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>	
		<b>Sand</b>	<b>Löß</b>	<b>Sand</b>	<b>Löß</b>	<b>Sand</b>	<b>Löß</b>
Ertrag Versuchsvariante	<i>dt/ha</i>	9,41	29,8	6,8	19,32	4,72	20,60
Erzeugerpreis Korn	<i>€/dt</i>	74,68	74,68	74,68	74,68	75,51	75,51
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>702,74</b>	<b>2225,46</b>	<b>507,82</b>	<b>1442,82</b>	<b>356,22</b>	<b>1555,18</b>
<b>VARIABLE KOSTEN</b>							
Saatgut	<i>€/ha</i>	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96
Dünger	<i>€/ha</i>	194,18	614,95	140,32	398,69	97,35	425,01
var. Maschinenkosten	<i>€/ha</i>	320,82	320,82	320,82	320,82	320,82	320,82
Reinigung	<i>€/ha</i>	8,09	25,63	5,85	16,62	4,06	17,71
Trocknung	<i>€/ha</i>	12,24	38,75	8,84	25,13	6,14	26,78
Summe variable Kosten	<i>€/ha</i>	667,30	1132,12	607,80	893,21	560,32	922,29
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>35,44</b>	<b>1093,35</b>	<b>-99,97</b>	<b>549,61</b>	<b>-204,10</b>	<b>632,89</b>

**A 19: Deckungsbeitragsberechnung für die Variante „Hacken und Häufeln mit Beginn zu BBCH 14“ nach Versuchsjahren und Standorten**

Hacken und Häufeln ab BBCH 14	Einheit	2018		2019		2020	
		Sand	Löß	Sand	Löß	Sand	Löß
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	8,14	27,77	10,14	34,24	5,33	23,66
Erzeugerpreis Korn	€/dt	74,68	74,68	74,68	74,68	75,51	75,51
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>607,90</b>	<b>2073,86</b>	<b>757,26</b>	<b>2557,04</b>	<b>402,66</b>	<b>1786,22</b>
<b>VARIABLE KOSTEN</b>							
Saatgut	€/ha	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96
Dünger	€/ha	167,98	573,06	209,25	706,58	110,04	488,15
var. Maschinenkosten	€/ha	320,82	320,82	320,82	320,82	320,82	320,82
Reinigung	€/ha	7,00	23,88	8,72	29,45	4,59	20,34
Trocknung	€/ha	10,59	36,11	13,19	44,53	6,93	30,76
Summe variable Kosten	€/ha	638,34	1085,84	683,94	1233,33	574,34	992,04
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-30,45</b>	<b>988,02</b>	<b>73,32</b>	<b>1323,71</b>	<b>-171,69</b>	<b>794,18</b>

**A 20: Deckungsbeitragsberechnung für die Feldversuche zum Anbau von Sonnenblumen unter Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngevarianten an den Versuchsstandorten in Klitten**

	Einheit	Klitten						
		1	2	3	4	5	6	7
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	7,06	7,27	6,93	8,84	7,67	7,04	6,75
Erzeugerpreis Korn	€/dt	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>529,16</b>	<b>544,98</b>	<b>519,25</b>	<b>662,95</b>	<b>575,30</b>	<b>527,70</b>	<b>506,32</b>
<b>VARIABLE KOSTEN</b>								
Saatgut	€/ha	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96
Huminpräparat	€/ha	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	0,00
Dünger nach Abfuhr o. P	€/ha	35,87	36,95	35,20	44,94	39,00	35,77	34,32
P-Düngemittel	€/ha	0,00	146,58	79,41	0,00	146,58	79,41	0,00
var. Maschinenkosten	€/ha	363,84	363,84	363,84	363,84	363,84	363,84	363,84
Reinigung	€/ha	6,07	6,25	5,96	7,61	6,60	6,05	5,81
Trocknung	€/ha	9,18	9,46	9,01	11,50	9,98	9,16	8,78
Pflanzenschutz	€/ha	90,30	90,30	90,30	90,30	90,30	90,30	90,30
Summe variable Kosten	€/ha	712,23	860,33	790,68	725,15	863,26	791,50	635,02
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-183,06</b>	<b>-315,35</b>	<b>-271,43</b>	<b>-62,20</b>	<b>-287,97</b>	<b>-263,79</b>	<b>-128,70</b>

**A 21:** Deckungsbeitragsberechnung für die Feldversuche zum Anbau von Sonnenblumen unter Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngevarianten an den Versuchsstandorten in Klitten

	Einheit	Hohendubrau						
		1	2	3	4	5	6	7
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	7,69	6,84	6,63	7,95	7,18	8,96	6,93
Erzeugerpreis Korn	€/dt	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96	74,96
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>576,16</b>	<b>512,71</b>	<b>497,00</b>	<b>595,88</b>	<b>538,42</b>	<b>671,36</b>	<b>519,43</b>
VARIABLE KOSTEN								
Saatgut	€/ha	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96	131,96
Huminpräparat	€/ha	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	0,00
Dünger nach Abfuhr o. P	€/ha	142,87	127,14	123,24	147,76	133,51	166,48	128,80
P-Düngemittel	€/ha	0,00	146,58	168,16	0,00	146,58	168,16	0,00
var. Maschinenkosten	€/ha	300,28	300,28	300,28	300,28	300,28	300,28	300,28
Reinigung	€/ha	6,61	5,88	5,70	6,84	6,18	7,70	5,96
Trocknung	€/ha	10,00	8,90	8,62	10,34	9,34	11,65	9,01
Summe variable Kosten	€/ha	666,72	795,74	812,97	672,18	802,85	861,23	576,01
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-90,56</b>	<b>-283,03</b>	<b>-315,96</b>	<b>-76,30</b>	<b>-264,43</b>	<b>-189,87</b>	<b>-56,59</b>

**A 22:** Deckungsbeitragsberechnung für die Feldversuche zum Anbau von Mais unter Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngevarianten an den Versuchsstandorten in Klitten

	Einheit	Klitten						
		1	2	3	4	5	6	7
Ertrag Versuchsvariante	dt/ha	175,00	186,81	179,63	206,31	159,22	186,89	203,71
Preisansatz	€/dt	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
<b>Summe Leistung</b>		<b>474,24</b>	<b>506,25</b>	<b>486,79</b>	<b>559,10</b>	<b>431,48</b>	<b>506,46</b>	<b>552,05</b>
VARIABLE KOSTEN								
Saatgut	€/ha	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00
Huminpräparat	€/ha	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	0,00
Dünger nach Abfuhr o. P	€/ha	152,14	162,41	156,17	179,37	138,42	162,48	177,11
P-Düngemittel	€/ha	0,00	146,58	79,41	0,00	146,58	79,41	0,00
var. Maschinenkosten	€/ha	127,75	127,75	127,75	127,75	127,75	127,75	127,75
Pflanzenschutz	€/ha	137,70	137,70	137,70	137,70	137,70	137,70	137,70
Summe variable Kosten	€/ha	1188,59	1345,44	1272,03	1215,82	1321,45	1278,34	673,56
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-714,35</b>	<b>-839,19</b>	<b>-785,24</b>	<b>-656,71</b>	<b>-889,97</b>	<b>-771,88</b>	<b>-121,50</b>

**A 23:** Deckungsbeitragsberechnung für die Feldversuche zum Anbau von Mais unter Verwendung von Huminsäurepräparaten und verschiedenen P-Düngevarianten an den Versuchsstandorten in Hohendubrau

	Einheit	Hohendubrau						
		1	2	3	4	5	6	7
Ertrag Versuchsvariante	dt FM/ha	143,44	148,73	160,46	154,60	159,81	138,29	157,22
Preisansatz	€/dt FM	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43
<b>Summe Leistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>778,89</b>	<b>807,59</b>	<b>871,30</b>	<b>839,46</b>	<b>867,76</b>	<b>750,91</b>	<b>853,68</b>
VARIABLE KOSTEN								
Saatgut	€/ha	282,20	282,20	282,20	282,20	282,20	282,20	282,20
Huminpräparat	€/ha	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	0,00
Dünger nach Abfuhr o. P	€/ha	438,13	454,27	490,11	472,20	488,12	422,39	480,20
P-Düngemittel	€/ha	0,00	146,58	168,16	0,00	146,58	168,16	0,00
var. Maschinenkosten	€/ha	161,36	161,36	161,36	161,36	161,36	161,36	161,36
Summe variable Kosten	€/ha	1421,69	1584,41	1641,83	1455,76	1618,26	1574,11	923,76
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ha</b>	<b>-642,80</b>	<b>-776,82</b>	<b>-770,53</b>	<b>-616,30</b>	<b>-750,50</b>	<b>-823,20</b>	<b>-70,08</b>