



Endbericht zum Interreg-Projekt ABH101

Entwicklung präventiver Maßnahmen für einen nachhaltigen Umgang mit der endlichen Ressource Wasser im Obstbau

Präventives Wassermanagement im Obstbau

Projektlaufzeit:

01.10.2020 bis 30.06.2023

Endbericht zum Interreg-Projekt ABH101

Entwicklung präventiver Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit der endlichen Ressource Wasser im Obstbau.

Präventives Wassermanagement im Obstbau

Projektlaufzeit: 01.10.2020 bis 30.06.2023

Projektleiter: Prof. Dr. Dominikus Kitemann, (HSWT)
Alexander Zimmermann (LWG)

Projektbearbeiter: Hildegard Cäsar, Annika Killer (LWG)

Veitshöchheim, Juni 2023

Zuwendungsempfänger:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Institut für Erwerbs- und Freizeitgartenbau (IEF)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
www.lwg.bayern.de, poststelle@lwg.bayern.de

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Problemstellung	7
3	Versuchsansatz mit Bodenzuschlagsstoffen (Teil 1)	9
3.1	Verwendete Bodenzuschlagsstoffe	9
3.1.1	Novovit Frutta (Superabsorber)	9
3.1.2	Stockosorb Gel (Superabsorber)	10
3.1.3	Be Grow Boost (Superabsorber)	10
3.1.4	Leonardit (leonardithaltige Produkte)	12
3.1.5	Perlhumus + Bio Health / Humintech 1 (leonardithaltige Produkte)	12
3.1.6	Humicraft Liquid / Humintech 2 (leonardithaltige Produkte)	14
3.1.7	Gesteinsmehl (Mineralisch)	14
3.1.8	Pflanzenkohle (Organisch)	15
3.1.9	Kompost (Organisch)	15
3.2	Versuchsaufbau	15
3.2.1	Versuchsaufbau in Thüngersheim	16
3.2.2	Tastversuch unter einer Überdachung	17
3.2.3	Tastversuch in einem Praxisbetrieb	17
3.2.4	Topfversuch mit Erdbeere	17
3.3	Durchgeführte Messungen und Bonituren	18
3.3.1	Bodenproben	18
3.3.2	Triebblängenwachstum	19
3.3.3	Blütenbonitur	19
3.3.4	Wasserverfügbarkeit	19
3.3.5	Blattanalysen	20
3.3.6	Gesättigte Wasserleitfähigkeit	20
3.3.7	Ertragsauswertung	20
3.3.8	Stammdurchmesserzuwachs	21
3.3.9	Wurzelbonitur	21
4	Versuchsansatz mit Mulchmaterialien (Teil 2)	22
4.1	Verwendete Mulchmaterialien	22
4.1.1	Holz hackschnitzel	22
4.1.2	Untersaat	22
4.1.3	Sprühmulch	23
4.1.4	Grassilage	24
4.2	Versuchsaufbau	25
4.3	Durchgeführte Messungen und Bonituren	26
4.3.1	Beikrautbedeckungsgrad	26
5	Ergebnisse Bodenzuschlagsstoffe	27
5.1	Bodenproben	27
5.2	Triebblängenzuwachs	28
5.3	Blütenbonitur	30
5.4	Wasserverfügbarkeit	31
5.5	Blattanalysen	35
5.6	Gesättigte Wasserleitfähigkeit	37
5.7	Ertragsauswertung	38

5.8	Stammdurchmesserzuwachs	39
5.9	Wurzelbonitur und verbliebene Zuschlagsstoffe	41
5.10	Kostenaufstellung	42
5.11	Betrachtung der Ausbringungsmengen	43
6	Ergebnisse Mulchmaterialien.....	44
6.1	Bodenproben	44
6.2	Trieb­längenwachstum	45
6.3	Blütenbonitur	46
6.4	Wasserverfügbarkeit	47
6.5	Blattanalysen	49
6.6	Beikrautbedeckungsgrad	51
6.7	Ertragsauswertung	52
6.8	Stammdurchmesserzuwachs	52
6.9	Bildliche Darstellung der Entwicklung der Mulchmaterialien	54
6.10	Weitere Beobachtungen	56
6.11	Kostenaufstellung	57
7	Diskussion und Fazit.....	58
7.1	Diskussion und Fazit Bodenzuschlagsstoffe	58
7.2	Diskussion und Fazit Mulchmaterialien	60
8	Öffentlichkeitsarbeit.....	62
8.1	Vorträge und Veröffentlichungen	62
8.1.1	Vorträge	62
8.1.2	Veröffentlichungen	62
8.1.3	Fernsehen	62
9	Literatur.....	63
10	Ausblick.....	65

1 Zusammenfassung

Im Zuge des Klimawandels kommt es vermehrt zu Hitze- und Trockenperioden speziell in der Vegetationszeit. Dies birgt ein hohes Konfliktpotential zwischen der Landwirtschaft und der Wasserversorgung von Industrie und Privathaushalten. Folglich wird die Wichtigkeit der Wassereinsparung im Gartenbau enorm gesteigert. Ziel des Projekts ist es möglichst effektive Wege der Wassernutzung im Obstbau aufzuzeigen. Es wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt. Zunächst die Einsparung von Wasser durch eine bessere Speicherung des Wassers im Boden, hierfür wurden verschiedene Bodenzuschlagsstoffe getestet. Ein weiterer Ansatz war es die Evaporation durch den Einsatz von Mulchmaterialien zu reduzieren. Die Versuche wurden im Rahmen eines Interreg-Projekts über drei Jahre durchgeführt und fanden am Bodensee am KOB sowie bei Schlachters statt, außerdem in der Schweiz bei Agroscope und als trockenster Standort an der LWG in Veitshöchheim.

Bei den Bodenzuschlagsstoffen wurden folgende Produkte untersucht: Novovit Frutta, Stockosorb Gel, Be Grow Boost, Leonardit, Perlhumus + Bio Health, Humicraft Liquid, Gesteinsmehl, Pflanzenkohle und Kompost. Bei den ersten drei genannten Produkten handelt es sich um sogenannte Superabsorber, die Produkte basieren auf Polyacrylat, wobei Be Grow Boost acrylamid frei ist. Leonardit wirkt durch seine hohe Kationen-Austauschkapazität als Nährstoff- und Wasserspeicher. Die beiden Hilfsstoffe Bio Health und Humicraft Liquid basieren auf dem gleichen Grundstoff. Weitere natürliche Materialien waren das Gesteinsmehl auf Basis von Zeolith, aufgedüngte Pflanzenkohle aus europäischen Laubgehölzen und Kompost.

Der Versuch wurde in einer Apfelanlage mit der Sorte 'Pinova' durchgeführt. Der Aufbau war randomisiert mit drei Wiederholungen, jede Parzelle enthielt 12 Bäume, die bei Pflanzung mit den Zuschlagsstoffen versehen wurden. Die Bäume wurden in 2021 minimal bewässert und in 2022 extremen Trockenstress ausgesetzt.

Die Messung der Triebhöhen und des Stammdurchmesserzuwachses zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, bis auf den verringerten Wuchs in der Pflanzenkohlevariante im ersten Jahr. Etwas mehr Zuwachs in 2022 zeigte die Variante, die mit Humicraft Liquid behandelt wurde. Der Blütenansatz war in der Variante mit Leonardit im ersten Jahr am höchsten, im zweiten Jahr zeigte die Variante mit Perlhumus + Bio Health den stärksten Blütenansatz. Den höchsten Ertrag im zweiten Jahr hatte die Variante Humicraft Liquid.

Die Messung der Bodenfeuchte erfolgte im Jahr 2022 sowohl mit einer mobilen TDR-Sonde sowie mit fest installierten Watermarksensoren und Bodenfeuchtesensoren. Zusätzlich wurde das Wasserpotenzial in der Pflanze mit einer Scholanderkammer gemessen. Die Messungen zeigten keine eindeutig nachweisbare Verbesserung der Bodenfeuchte durch einen der Zuschlagsstoffe.

Wird die zusätzliche Wasserspeicherleistung von 0,4 Litern bei z.B. dem Gesteinsmehl betrachtet kann daraus geschlossen werden, dass dies nur einen geringen Anteil an zusätzlichem Wasser für einen Baum bringt. Mit Fokus auf die Wirtschaftlichkeit und teilweisen Kosten von über einem Euro pro Baum für die Zuschlagsstoffe sollten Kosten und Nutzen gut abgewogen werden. Hier besteht auf jeden Fall weiterer Forschungsbedarf zur Wirksamkeit der Zuschlagsstoffe, die richtig eingesetzt, ein großes Potenzial haben könnten.

Der Versuch mit den Mulchmaterialien bestand aus folgenden Varianten: Holzhackschnitzel, Grassilage, Kleeuntersaat, Sprühmulch und einer unbehandelten Kontrolle. Der Versuch war randomisiert aufgebaut mit drei Wiederholungen und jeweils 16 Bäumen der Sorte 'Pinova' pro Parzelle.

Im ersten Jahr war der Stammdurchmesserzuwachs der Hackschnitzel und der Grassilage stat. signifikant höher als der Zuwachs in den anderen Varianten. Im zweiten Jahr war der Zuwachs bei den Holzhackschnitzeln und dem Sprühmulch stat. signifikant höher als in der Kontrolle. Der Triebblängenzuwachs war im ersten und zweiten Jahr bei der Grassilage am höchsten, gefolgt von den Holzhackschnitzeln.

Bei den Messungen der Bodenfeuchte mit der mobilen TDR-Sonde zeigten die Grassilage, die Holzhackschnitzel wie auch der Sprühmulch eine gute Wirkung.

Zur Unterdrückung von Beikräutern wiesen die Hackschnitzel den besten Effekt auf, gefolgt von der Grassilage im ersten Jahr und dem Sprühmulch im zweiten Jahr. Generell war die Wirkung der Grassilage im zweiten Jahr reduziert, da diese bereits stark abgebaut war. Die Untersaaten sind im ersten Jahr schlecht aufgelaufen und stellten im zweiten Jahr eine hohe Wasserkonkurrenz zu den Bäumen dar. Die gezogenen Bodenproben wiesen, anders als vielleicht zu erwarten, keine nennenswerte Stickstoff Immobilisierung durch die Hackschnitzel auf.

Im Versuch sind zwei Bäume der Kontrollvariante durch Mäuseschäden ausgefallen. Wie sich in einem anderem Mulchmaterialienversuch an der LWG zeigte, fühlen sich Mäuse unter den Abdeckungen wohl, darauf sollte beim Einsatz der Mulchmaterialien auf jeden Fall geachtet werden.

Preislich liegen beispielsweise die Hackschnitzel im Moment bei ca. 3 Euro pro m², was sie noch teurer macht als die verwendeten Zuschlagsstoffe. Trotzdem liegt vor allem in den Hackschnitzeln, der Grassilage oder dem Sprühmulch Potenzial zur Wassereinsparung und gleichzeitiger Unterdrückung von Beikräutern.

2 Problemstellung

Im Zuge des Klimawandels ist laut Klimaexperten zunehmend mit unregelmäßigen sowie extremen Wetterereignissen zu rechnen. Dabei treten niederschlagsfreie Trockenperioden sowohl häufiger als auch über längere Zeiträume hinweg auf. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, kommt es speziell in der Vegetationsperiode zu immer stärkeren Trockenperioden. Laut Analysen vom Global Institute for Water Security hat

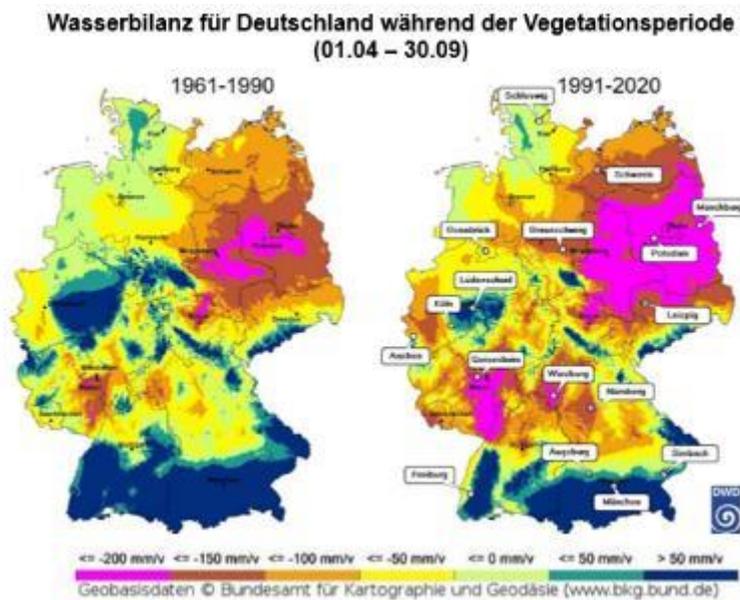


Abbildung 1 Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode (Zinkernagel, 2022)

Deutschland seit dem Jahr 2000 jährlich 2,5 Kubikkilometer Wasser verloren, dies entspricht der Menge an Wasser, die der Bodensee umfasst. Deutschland ist eine der Regionen, die am meisten Grundwasserverluste hatte. Besonders stark betroffen ist Lüneburg, Baden-Württemberg und Bayern (Nova, 2022).

Veränderte Niederschlagsereignisse und niedrigere Grundwasserspiegel bringen für alle gartenbaulichen Kulturen ein großes Problem für die Entwicklung der Pflanzen. Bei Obstanlagen handelt es sich um Dauerkulturen, auf die sich klimatische Extreme wie Trockenheit über Jahre hinweg auswirken können. Dies kann zwar durch eine Zusatzbewässerung ausgeglichen werden, allerdings kommt es immer häufiger zu einem Konflikt um die Ressource Wasser. Heute schon aber in Zukunft noch mehr wird es zu einem Streit um das zur Verfügung stehende Wasser kommen, da Wasser nicht nur für Pflanzen, sondern auch für den Menschen und die restliche Umwelt wichtig ist. Deshalb liegt eine der wichtigsten Herausforderung des landwirtschaftlichen Sektors hierfür eine Lösung zu finden. Um auch weiterhin langfristig regionale Wertschöpfungsketten in der Produktion von gartenbaulichen beziehungsweise landwirtschaftlichen Lebensmitteln aufrechterhalten zu können, müssen nachhaltige Strategien zur Nutzung der endlichen Ressource Wasser gefunden werden, welche sowohl ökologischen, ökonomischen als auch gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung präventiver Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit der endlichen Ressource Wasser im Obstbau. Der Fokus des Projektes lag dabei nicht auf Verfahren der Bewässerung, sondern auf Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserspeicher-

kapazität sowie zur Reduzierung der Transpiration. Hierfür wurden verschiedene Mulchmaterialien sowie auch unterschiedliche Bodenzuschlagsstoffe untersucht.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit Projektpartnern wie in Abbildung 2 zu sehen, aus der Grenzregion Deutschlands durchgeführt. Die Versuche wurden an den Institutionen am KOB, der HSWT und bei Agroscope mit überwiegend gleichen Versuchsvarianten durchgeführt. Leadpartner des Projekts war die HSWT.



Abbildung 2: Versuchspartner des Interreg-Projekts

3 Versuchsansatz mit Bodenzuschlagsstoffen (Teil 1)

Um den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken wurden Versuche mit Bodenzuschlagsstoffen an der Kultur Apfel am Versuchsbetrieb in Thüngersheim sowie bei einem Praxisbetrieb durchgeführt. Hierbei sollte untersucht werden, ob die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens durch Zuschlagsstoffe erhöht werden kann. Im Folgendem werden die verwendeten Bodenzuschlagsstoffe kurz vorgestellt.

3.1 Verwendete Bodenzuschlagsstoffe

Bodenzuschlagsstoffe sind Stoffe, die dem Boden zugegeben werden können, um die Bodenstruktur zu verbessern und damit die Wasserspeicher- und Nährstoffspeicherfähigkeit zu steigern. Es wird zwischen mineralischen, organischen und synthetischen Zuschlagsstoffen unterschieden.

Übersicht verwendeter Bezeichnungen im Versuch:

1. Novovit Frutta (Superabsorber) -> Novovit
2. Stockosorb Gel (Superabsorber) -> Stockosorb
3. Be Grow Boost (Superabsorber) -> Be Grow
4. Leonardit (leonardithaltige Produkte)
5. Perlhumus + Bio Health (leonardithaltige Produkte) -> Humintech 1 -> HT1
6. Humicraft Liquid (leonardithaltige Produkte) -> Humintech 2 -> HT2
7. Gesteinsmehl (mineralisch) -> ZEP 70
8. Pflanzenkohle (organisch) -> Amino Terra Substrat -> ATS Carbuna
9. Kompost (organisch)

3.1.1 Novovit Frutta (Superabsorber)

Das Produkt Novovit® FRUTTA (Abb.3) von dem Unternehmen Plantan aus Buchholz ist ein pelletiertes NPK-Düngemittel mit integriertem Wasserspeicher.



Abbildung 3: Novovit Frutta

Die speziellen Gelpartikel von Novovit mit der Zusammensetzung wie in Tabelle 1 zu sehen, speichern Wasser und geben es zeitverzögert auch wieder ab. Gleichzeitig werden die im Gel enthaltenen Nährstoffe an die Wurzeln abgegeben. Die Wurzeln wachsen direkt durch die Gelpartikel. Die permanente Nährstoffversorgung der Pflanze bleibt etwa 8 Monate vorhanden und der Wasserspeicher ist bis zu 5 Jahre aktiv.

Tabelle 1: Inhaltsstoffe und Anwendungsempfehlung Novovit

Inhaltsstoffe:
Gesamtstickstoff 7,0 % (N) wovon Ammoniumstickstoff 7,0 % (N)
Phosphat (wasserlöslich) 35 % (P ₂ O ₅) und löslich in neutralem Ammoniumcitrat 35 % (P ₂ O ₅)
Kaliumoxid 8 % (K ₂ O) (wasserlöslich)
Bor 0,0099 % (B)
Kupfer 0,0164 % (Cu)
Eisen 0,02 % (Fe)
Mangan 0,0195 % (Mn)
Molybdän 0,0016 % (Mo)
Zink 0,0104 % (Zn)
Anwendungsempfehlung:
40 g pro Baum

Vom Hersteller wird empfohlen, das Produkt nicht auf Kalkböden anzuwenden. Der Befall durch Schermäuse und Mäuse soll reduziert werden. Das Produkt soll nicht bei Pflanzen ohne Wurzelballen oder kahlen Wurzeln angewendet werden (Plantan, 2022). Im Versuch wurden 40 g pro Baum der Pellets mit ins Pflanzloch gegeben.

3.1.2 Stockosorb Gel (Superabsorber)

Das Produkt Stockosorb 660 micro von der Firma Evonik Nutrition & Care GmbH aus Krefeld ist ein weiterer Superabsorber. Es handelt sich um ein Wasserspeichergranulat mit Hydrogelen aus Kaliumpolyacrylat, quervernetzt, welches im Versuch als Gel verwendet wird. Wie in Abbildung 4 zu sehen, wurden die Wurzeln in das Gel getaucht und dann gepflanzt.

Stockosorb kann das über hundertfache seines Eigengewichts an Wasser speichern. Sobald der Boden trocken wird, kann das Wasser freigegeben werden und von den Wurzeln aufgenommen werden (EVONIK, 2022).



Abbildung 4: Stockosorb Gel

3.1.3 Be Grow Boost (Superabsorber)

Das Produkt Be-Grow Boost L von der Firma Be-Grow GmbH aus Neustadt ist ein weiterer Superabsorber. Es ist ein Wasserspeichergranulat aus Kalium-Polyacrylat (Tabelle 2).

Tabelle 2: Inhaltsstoffe von Be-Grow Boost

Inhaltsstoffe:
Kaliumsalz
Polyacrylat
Aluminiumsulfat



Abbildung 5: Be Grow Boost

Biotischer und abiotischer Stress von Feldpflanzen wird während der Wachstums- und Fruchtphase durch Be-Grow reduziert. Es verändert positiv die Bodenbeschaffenheit, dadurch wird die Pflanze mit Wasser und Mikronährstoffen besser versorgt und die Förderung von positiv-symbiotischen Wirkungssystemen im Boden führt zur Stärkung der Pflanzengesundheit und besseren Erträgen. (Raiffaisenmarkt, 2022). Im Versuch wurden 80 g der Pellets pro Baum eingebracht.

3.1.4 Leonardit (leonardithaltige Produkte)

Leonardit ist Weichbraunkohle mit einer hohen Konzentration an Humin- und Fulvosäuren. Das im Versuch verwendete Leonardit (Abbildung 6) stammt von der Firma Rösel aus Falkenstein.



Abbildung 6: Leonardit

Leonardit entsteht, wenn die Humifizierung von organischer Masse unter idealen Bedingungen stattfinden konnte. Leonardit ist ein natürliches Produkt welches aus unterschiedlichen Huminstoffen, organischen Substanzen, Spurenelementen und Dauerhumus besteht (Tabelle 3). Es wirkt als Wasser- sowie Nährstoffspeicher und fördert den Humusaufbau. Das Leonardit von Rösel stammt aus Regensburg und hat einen hohen Anteil an Huminstoffen (Roesel, 2022). Es wurden 500 g pro Baum ins Pflanzloch gegeben.

Tabelle 3: Inhaltsstoffe von Leonardit von Rösel

Inhaltsstoffe:
Bis zu 70% Huminstoffe
Nährstoffe
Spurenelemente
Dauerhumus

3.1.5 Perlhumus + Bio Health / Humintech 1 (leonardithaltige Produkte)

HuminTech® Perlhumus Granules (Abbildung 7) ist ein Leonardit von der Firma Humintech aus Wiesbaum.



Abbildung 7: Perlhumus

Auch dieses Leonardit hat einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwachstum durch die hohe Kationenaustauschkapazität, die pH-Pufferkapazität sowie die hohe Wasserhaltekapazität (Agrarshop, 2022).

Tabelle 4: Inhaltsstoffe Perlhumus

Inhaltsstoffe:
Huminstoffe 55-60 %
Salzgehalt 0,22 ms/cm
N (organisch) 1%
P ₂ O ₅ 0,2 %
K ₂ O 0,2 %
Anwendungsempfehlung
40 g/m ²

BioHealth TH BS WSG ist ein Bodenverbesserer der Firma Humintech. Es ist eine Mischung aus ausgewählten Trichoderma Stämmen, Bacillus subtilis, Huminsäuren und Algenextrakt. Trichoderma und Bacillus subtilis ernähren sich von Wurzelexudaten an der Rhizosphäre, dadurch wird die Pflanze gestärkt und kann Stresssituationen besser überstehen. BioHealth wird durch eine Extraktion aus deutschem Leonardit gewonnen und unter Zugabe von Trichoderma-Stämmen und Ascophyllum nodosum Algen hergestellt, siehe Tabelle 5 (Düngerexperte, 2022).

Tabelle 5: Inhaltsstoffe BioHealth (Pflanzzelt, 2022)

Inhaltsstoffe:
Algenextrakt (Ascophyllum nodosum) 10 %
Trichoderma harzianum 10 ⁶ cfu/g
Bacillus subtilis 10 ⁷ cfu/g
Gesamthuminsäuren 66 - 68 %
Huminsäuren 61 - 62 %
Fulvosäuren 5 - 6 %
Kalium 10 - 12 %
Kaliumhumate 75 %
Organische Substanz 68 - 70 %
Anwendungsempfehlung:
4-5 kg/ha, aufgeteilt auf mehrere Dosen (1-2 kg/ha) während der Saison

Bei dieser Variante wurden bei der Pflanzung einmalig 200 g pro Baum von dem Perlhumus ins Pflanzloch gegeben. Das BioHealth wurde im Jahr 2021 alle zwei Wochen (14 kg/ha) ausgebracht und im Jahr 2022 und 2023 gab es drei Anwendungen in der ersten Phase der Vegetationsperiode mit einer Gesamtmenge von 5 kg/ha.

3.1.6 Humicraft Liquid / Humintech 2 (leonardithaltige Produkte)

HUMICRAFT® Liquid ist ein Bodenverbesserer und Pflanzenstimulator der Firma Humintech, der durch Bodenmikroorganismen nur langsam abgebaut werden kann und aus Leonardit, Braunalgen und Aminosäuren besteht (Tabelle 6).

Tabelle 6: Inhaltsstoffe Humicraft Liquid

Inhaltsstoffe:
Kaliumhumat (aus Leonardit) 10 %
Kaliumalginat (aus Braunalgen) 10 %
Aminosäuren 10 %
Anwendungsempfehlung:
0,5–1 l/Baum während der Kulturzeit

Humicraft Liquid fördert das Pflanzenwachstum und die Wurzelbildung. Es verbessert die Bodenstruktur und die Wasserhaltekapazität (Agrarshop, 2022).

Im Versuch wurde das Produkt im Jahr 2021 mit 3 L/ha alle 14 Tage innerhalb der Vegetationsperiode ausgebracht. Im Jahr 2022 und 2023 wurde eine Gesamtmenge von 25 L/ha in drei Anwendungen ausgebracht.

3.1.7 Gesteinsmehl (Mineralisch)

ZEP 70 ist ein Gesteinsmehl aus Zeolith auf Basis von Chabasit (Tabelle 7) von der Firma Novaprot aus Reischach.

Tabelle 7: Inhaltsstoffe ZEP 70

Inhaltsstoffe:
Chabasite 65%
Phillipsite 3%
K-Feldspat 5%
Biotite 2%
Pyroxen 3%
Vulkanglas 22%
Gesamt-Zeolith 68%



Abbildung 8: Zeolithmehl

Zeolithmehl entsteht aus einem Gestein, das zu einer Größe von 0 bis 3 mm vermahlen wird (Abbildung 8). Es ist ein besonderes Gesteinsmehl, da es die Speicherfähigkeit des Bodens enorm erhöht und dadurch Düngemittel eingespart werden können (Gartenjournal, 2022). ZEP besitzt außerdem ein hohes Wasserbindevermögen und erhöht dadurch die Verfügbarkeit für die Wurzeln. Durch die offenporige Struktur wird auch das Wachstum der Mikroorganismen gefördert und so das Bodenleben verbessert. (Novaprot, 2022). Es wurde 1 kg pro Baum des Gesteinsmehls ausgebracht.

3.1.8 Pflanzenkohle (Organisch)

Amino Terra Substrat (Abbildung 9) von der Firma Carbuna aus Memmingen ist ein organischer Pflanzenkohle-NK-Dünger. Es handelt sich um eine Pflanzenkohle, die mit Aminosäure-Nährstoffen und Mikroorganismen aufgeladen wurde (Tabelle 8). Es ist ein langfristig wirkender Dünger, der den Humusaufbau fördert und als Speicher für Wasser und Nährstoffe dient (Carbuna, 2022). Es wurde 1 kg pro Baum ins Pflanzloch gegeben, 300 g auf den Boden des Pflanzloches und 700 g mit der Erde vermischt.

Tabelle 8: Inhaltsstoffe Amino Terra Substrat

Inhaltsstoffe:
Pflanzenkohle
Mikroorganismen
Organische Nährstoffe



Abbildung 9: Amino Terra Substrat

3.1.9 Kompost (Organisch)

Der verwendete Kompost stammt aus dem Kompostwerk aus Würzburg, dort werden Bio- und Gartenabfälle zu hochwertigem Qualitätskompost mit RAL-Gütekennzeichen umgewandelt (Kompostwerk Würzburg, 2022). Kompost liefert nicht nur Nährstoffe und Mikronährstoffe, sondern verbessert auch die Bodenstruktur und den Wasserhaushalt. Durch die mikrobiologische Aktivität können Pflanzen auch vor Krankheiten geschützt werden, dieser Effekt ist besonders in intensiv genutzten Flächen beeindruckend. Kompost verbessert das Bodengefüge, die Drainageeigenschaften und dadurch auch die Bearbeitbarkeit (Dr. Jacques G. Fuchs, 2008). Im Versuch wurden 5 Liter pro Pflanzloch hinzugefügt.

3.2 Versuchsaufbau

Die Bodenzuschlagsstoffe wurden in verschiedenen Versuchen untersucht am Versuchsbetrieb Stutel in Thüngersheim und auf einem Praxisbetrieb in der Fränkischen Schweiz bei Igensdorf.

3.2.1 Versuchsaufbau in Thüngersheim

Bei dem Versuch handelt es sich um einen randomisierten Versuch mit drei Wiederholungen (Abbildung 10). In jeder Parzelle befinden sich 12 Bäume (außer in drei Randparzellen, dort sind nur 11 Bäume). Insgesamt befinden sich im Versuch 357 Apfelbäume der Sorte 'Pinova' auf einer schwachwüchsigen Unterlage (M9). Die Reihenlänge beträgt 120 m und der Pflanzabstand ist ein Meter.

"Südwesten"				
Reihe 3	Reihe 4	Reihe 5		
Novovit Frutta	Carbuna ATS	Kompost	10	
Humintech 2 Humicraft	Kontrolle	Novapot ZEP 70	9	Wdh 1
Leonardit	Humintech 1 Perihumus_BioHealth	Humintech 2 Humicraft	8	
Stokasorb	Kompost	Carbuna ATS	7	Wdh 2
Begrow	Humintech 2 Humicraft	Leonardit	6	
Kontrolle	Novovit Frutta	Stokasorb	5	Wdh 3
Carbuna ATS	Begrow	Humintech 1 Perihumus_BioHealth	4	
Novapot ZEP 70	Stokasorb	Kontrolle	3	
Kompost	Leonardit	Novovit Frutta	2	
Humintech 1 Perihumus_BioHealth	Novapot ZEP 70	Begrow	1	
"Nordosten"				

Abbildung 10: Versuchsaufbau am Stutel

Die Bäume wurden im Dezember 2020 gepflanzt. Die Zuschlagsstoffe wurden direkt ins Pflanzloch eingefügt bzw. mit dem Erdaushub vermischt und wieder eingebracht. Die Reihen können durch eine Tröpfchenbewässerung gezielt bewässert werden. In der Reihe 5 wurden Bodensensoren der Firma Pessel installiert. Hierbei handelte es sich um 40 Watermarksensoren und 20 Volumetrische Bodenfeuchtesensoren. Die Watermarks wurden in einer Tiefe von 20 und 40 cm vergraben und die TDR-Sensoren in einer Tiefe von 20 cm.

Die Anlage wurde im Jahr 2021 durch Fertigation gedüngt und im Frühjahr 2022 wurde mit NPK-Pellets gleichmäßig über alle Parzellen mit 30 kg N/ha auf 50 kg N/ha aufgedüngt.

Die Anlage wurde Minimalbewässert. Im Jahr 2021 gab es mit 682 mm für die Region Franken relativ viel Regen. Die Bäume wurden zusätzlich mit 98 Litern pro Baum bewässert. Das Jahr 2022 war speziell in der Vegetationsperiode sehr trocken und durch heiße Tage geprägt. In diesem Jahr gab es Niederschläge in einer Höhe von 584 mm (Agrarmeteorologie, 2022). Die Bäume wurden im Jahr 2022 überwiegend in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode mit 300 Litern Wasser pro Baum bewässert. Am Versuchsbetrieb wird nach Richtlinien des ökologischen Anbaus gearbeitet.

3.2.2 Tastversuch unter einer Überdachung

Ein weiterer Versuch mit 7 Bodenzuschlagstoffen und einer Kontrolle wurde unter einer ganzjährigen Überdachung angelegt (Abbildung 11). Im Versuch sollten die Auswirkungen der Zuschlagsstoffe unter extremen Trockenstress geprüft werden.

	Novovit
	Stockosorb
	Begrow Boost
	Carbuna ATS
	ZEP
	Humintech 1 (nur Perlhumus)
	Kompost
	Kontrolle
	ZEP
	Kompost
	Novovit
	Humintech 1 (nur Perlhumus)
	Stockosorb
	Carbuna ATS

Der Versuch hat zwei Wiederholungen, jede Parzelle hat 5 Bäume der Sorte 'Pinova'. Die Bäume wurden im Dezember 2020 gepflanzt und in der Anwuchsphase mit ca. 100 Litern pro Baum bewässert. Die Bäume wurden im Jahr 2021 gar nicht bewässert und hatten auch keinen natürlichen Niederschlag durch die Überdachung abbekommen. Im Jahr 2022 wurden die verbliebenen Bäume dann betriebsüblich mitbewässert.

Die Bäume wurden im August 2022 gerodet.

Abbildung 11: Versuchsaufbau unter Überdachung

3.2.3 Tastversuch in einem Praxisbetrieb

Im Obstbaubetrieb Fahner in Igensdorf wurde auf einer Fläche mit 95 Apfelbäumen der Sorte 'Santana' ein weiterer Versuch durchgeführt (Abbildung 12). Die Bäume wurden im Jahr 2021 gepflanzt und gleichzeitig die Zuschlagsstoffe eingebracht.

Reihe 1	Reihe 2
Stockosorb 40 Bäume	Begrow Boost L 45 Bäume
Novovit 15 Bäume	Kontrolle
Leonardit 15 Bäume	30 Bäume
Perlhumus 25 Bäume	Perlhumus 20 Bäume

Abbildung 12: Versuchsplan am Obstbaubetrieb Fahner

3.2.4 Topfversuch mit Erdbeere

Dieser Versuch wurde im Frühjahr 2022 im Rahmen einer Bachelorarbeit vom 10. Juni bis 8. Juli am Versuchsbetrieb in Thüngersheim angelegt. Es handelt sich um einen randomisierten Versuchsaufbau mit drei Wiederholungen. Pro Parzelle bestanden drei Töpfe mit jeweils einer

Erdbeerpflanze pro Topf (Abbildung 13). Der Versuch wurde kontrolliert bewässert mit zwei Wassergaben pro Woche mit jeweils 250 ml Wasser.

Nordwesten		
DAFCEBG	S	A Novovit Frutta
DAFCEBG	ü	B Be Grow Boost
DAFCEBG	d	C Stockosorb Gel
	w	D Stockosorb
DFGBAEC	e	Granulat
DFGBAEC	s	E Kompost
DFGBAEC	t	F Gesteinsmehl
	n	G Kontrolle
BAEGDFC		
BAEGDFC		
BAEGDFC		

Abbildung 13: Versuchsplan Erdbeere

Alle Auswertungen und Ergebnisse zu diesem Versuch finden sie in der Bachelorarbeit von Ioanna Samakovlis „Untersuchung von Bodenzuschlagsstoffen als präventive Maßnahme gegen Trockenstress im Obstbau am Beispiel Apfel und Erdbeere.“

<https://www.researchgate.net/publication/371181468> Untersuchung von Bodenzuschlagsstoffen als präventive Massnahme gegen Trockenstress im Obstbau am Beispiel Apfel und Erdbeere Examination of soil additives as preventive measure against drought stress

3.3 Durchgeführte Messungen und Bonituren

Bei dem Exaktversuch am Versuchsbetrieb in Thüngersheim wurden regelmäßige Messungen und Bonituren durchgeführt.

3.3.1 Bodenproben

Im Frühjahr wurden Bodenproben aus einer Tiefe von 30 cm gezogen. Es wurden jeweils 8 Einstiche pro Parzelle gemacht und daraus eine Mischprobe erstellt. Die Bodenproben wurden auf den pH-Wert, Phosphor- und Kaliumgehalt sowie Gesamtstickstoff untersucht. Die Auswertung erfolgte von einem externen Labor Agrolab.

3.3.2 Trieb­längenwachstum

Das Trieb­längenwachstum wurde an jeweils den ein­jähri­gen Trieben mit dem meisten Zu­wachs gemessen. Es wurden drei Triebe pro Baum gemessen.

3.3.3 Blütenbonitur

Zur Vollblüte wurde eine Bonitur der Blühintensität durch­ge­führt. Hierfür wurden die Bonitur­noten 1 bis 9 verwendet, wobei die Note 7 einem Vollertrag entspricht.

3.3.4 Wasserverfügbarkeit

Die Bodenfeuchte wurde unter anderem mit eingebauten Sensoren der Firma Pessel dokumentiert. Die Sensoren bereiteten zunächst große Probleme bei der Funktionalität. Die Anlage konnte erst im Jahr 2022 einigermaßen zum Laufen gebracht werden. Die Sensoren in der Parzelle mit dem Zuschlagsstoff Novovit Frutta funktionieren nicht und es gibt dazu keine Daten.

Im Jahr 2022 wurden zusätzliche Feuchtemessungen mit einer mobilen TDR-Sonde durch­ge­führt. Hierbei wurde die Bodenfeuchte bis zu einer Tiefe von 10 cm gemessen. Die Messungen wurden alle zwei Wochen durch­ge­führt. Es erfolgten 10 Messungen pro Parzelle. Hieraus wurden Mittelwerte gebildet.

Außerdem wurde das Wasserpotenzial in der Pflanze mit einer Scholanderkammer gemessen (Abbildung 14).



Abbildung 14: Scholanderkammer

Hier wurde das „Midday stem water potential“ und das „Predawn water potential“ gemessen. Bei dem „Midday stem water potential“ wurden jeweils zwei Bäume und davon jeweils zwei Blätter pro Parzelle eingetütet und untersucht. Die Blätter wurden für ca. 2 h eingetütet, um die Photosynthese zu stoppen und ein Wassergleichgewicht zwischen Stamm und Blatt herzustellen. Bei dieser Messung liegt der Fokus des Ergebnisses auf dem im Stamm der Pflanze vorhandenen Wassers.

Bei dem „Predawn water potential“ wurden die Bäume vor Sonnenaufgang zwischen 4 und 6 Uhr morgens gemessen. Bei dieser Messung liegt der Fokus des Ergebnisses auf dem im Boden vorhandenen Wasser.

3.3.5 Blattanalysen

Für die Blattanalysen wurden im August 50 g Blattmasse pro Parzelle von den Bäumen entnommen und diese bei 100 °C für 24 h im Trockenschrank getrocknet. Folgende Parameter wurden untersucht: Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium. Die Auswertung erfolgte von der Analytik der LWG.

3.3.6 Gesättigte Wasserleitfähigkeit



Abbildung 15: Aufbau des Dual-Head-Infiltrometers

Im März 2021, Juli 2021, Juni 2022 und September 2022 wurden Messungen zur gesättigten Wasserleitfähigkeit mit Hilfe eines Dual-Head-Infiltrometers (Saturo, Meter Group) durchgeführt (Abbildung 15). Es wird der Einfluss des Bodens, bzw. seines Porensystems auf, das ihn durchströmende Wasser untersucht. Die hydraulische Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) kann nicht einfach aus dem Porenraum, der Porengrößenverteilung und der Porenfüllung ermittelt werden, Sie ist auch von der Porenform und vor allem von der Porenkontinuität abhängig. Daher unterscheidet sich die hydraulische Leitfähigkeit

auch stark je nach Bodenart (Boku, 2022). Je geringer der kf-Wert ist, desto geringer ist auch die Wasserdurchlässigkeit des Bodens.

3.3.7 Ertragsauswertung

Im Jahr 2022 wurde der Ertrag der Bäume pro Parzelle ausgewertet. Die Äpfel wurden in Ertragsfrüchte und Mostfrüchte unterschieden. Mostfrüchte definieren Früchte kleiner als 60 cm Umfang und leicht verrottete oder beschädigte Früchte.

3.3.8 Stammdurchmesserzuwachs

Der jährliche Zuwachs der Bäume wurde 20 cm über der Veredelungsstelle am Stamm gemessen. Hier wurde mit einer digitalen Schiebelehre im rechten Winkel zur Reihe gemessen.

3.3.9 Wurzelbonitur

Die Bäume unter der Überdachung wurden im August 2022 gerodet und eine Wurzelbonitur durchgeführt. Hierfür wurden die Wurzeln je nach Ausbildung und Feinwurzelanteil auf einer Skala von 1 bis 9 bewertet (Abbildung 16).



Abbildung 16: Wurzelboniturnoten

4 Versuchsansatz mit Mulchmaterialien (Teil 2)

Im zweiten Teil des Projekts wurden verschiedene Mulchmaterialien untersucht. Hierfür wurde ein weiterer Versuch am Versuchsbetrieb in Thüngersheim angelegt.

4.1 Verwendete Mulchmaterialien

Mulchmaterialien haben nicht nur eine beikrautunterdrückende Wirkung, teils humusbildende Eigenschaften, sondern reduzieren auch die Evaporation. Diese soll in dem Versuch genauer betrachtet werden, um somit Wasser einzusparen.

4.1.1 Holzhackschnitzel

Im Versuch wurden Hackschnitzel aus Laubholz verwendet. Diese wurden in einer Schichtdicke mit ca. 10 cm ausgebracht wie in Abbildung 17 zu sehen ist. Die Holzhackschnitzel wurden im Labor untersucht und hatten ein C/N-Verhältnis von 134. Die Holzhackschnitzel wurden im Frühjahr 2023 nochmals ausgebracht, da sie nach zwei Jahren bereits stark zersetzt waren.



Abbildung 17: Holzhackschnitzel

4.1.2 Untersaat

In der ersten und zweiten Vegetationsperiode wurden zwei verschiedene Untersaaten untersucht (Abbildung 18), diese wurden geteilt in einer Parzelle ausgebracht. Von Südwesten kommend wurde zunächst die Untersaat von „Appels Wilde Samen“ ausgebracht. Diese enthält folgende Arten: *Trifolium subterraneum*, *incarnatum*, *repens*, *pratense*, *Lotus corniculatus* und *Medicago lupulina* (Mantelsaatgut). Alle Arten liegen zu gleichen Anteilen vor.

Im unteren Bereich der Zelle wurde jeweils eine Mischung von BSV-Saaten ausgebracht. Diese enthält folgende Arten: 65% Weißklee niedrigwachsend, 20% Hornklee, 10% Erdklee, 5% Wundklee.

Beide Mischungen wurden mit 5 g/m² ausgesät.

Vor der dritten Vegetationsperiode wurden die Parzellen mit der Untersaat gekrümelt und die folgende Untersaat ausgebracht: „Appels Wilde Samen“, BSV-Saatenmischung und reiner Erdklee. In der dritten Vegetationsperiode wurde jeweils eine Parzelle für eine Saatenmischung angelegt.



Abbildung 18: Aufgelaufene Untersaat

4.1.3 Sprühmulch

Der Sprühmulch ist aktuell noch nicht auf dem Markt verfügbar, da er noch in der Entwicklungsphase ist. Das Produkt wird vom Technologie- und Förderzentrum in Straubing entwickelt. Es ist ein Zwei-Komponenten-Material aus Rapsöl und Maisstärke (Abbildung 19). Die beiden Komponenten vermischen sich erst bei der Ausbringung und verhärten dann. Sie bilden eine Schicht auf dem Boden, die den Beikrautbewuchs unterdrücken soll und die Verdunstung reduzieren soll (Abbildung 20).



Abbildung 19: Aufspritzen des Sprühmulchs



Abbildung 20: Ausgebrachter Sprühmulch

Der Sprühmulch muss jedes Jahr im Frühjahr neu ausgebracht werden. Die Reste des Sprühmulchs wurden jeweils im Herbst mit dem Ladurner eingearbeitet. Im Frühjahr fand im Jahr 2022 keine weitere Bearbeitung des Bodens statt, im Jahr 2023 wurde im Februar nochmals gekrümelt.

4.1.4 Grassilage

Es wurde eine langschnittige Klee-Grassilage aus der Nähe von Hammelburg verwendet (Abbildung 21). Diese hatte ein C/N-Verhältnis von 31.



Abbildung 21: Ausgebrachte Grassilage

Die Grassilage war nach der ersten Vegetationsperiode bereits relativ stark abgebaut und wurde dann nach der zweiten Vegetationsperiode nochmals erneuert. Die Schichtdicke betrug 15 bis 20 cm.

4.2 Versuchsaufbau

Im Versuch handelt es sich um einen randomisierten Versuchsaufbau mit drei Wiederholungen (Abbildung 22). In jeder Parzelle befinden sich 16 Bäume, nur in der Randparzelle mit der Kontrolle befinden sich nur 14 Bäume. Insgesamt befinden sich im Versuch 238 Apfelbäume der Sorte 'Pinova' auf einer schwachwüchsigen Unterlage (M9). Die Reihenlänge beträgt 120 m und der Pflanzabstand ist ein Meter. Die Bäume wurden im Dezember 2020 gepflanzt. Die Mulchmaterialien wurden im Frühjahr 2021 ausgebracht. Die Reihen können durch eine Tröpfchenbewässerung gezielt bewässert werden. Die Reihen wurden gleich gedüngt und bewässert wie der Versuch mit den Bodenzuschlagsstoffen. Auch dieser Versuch wurde nach den Richtlinien des ökologischen Anbaus bewirtschaftet.

"Südwesten"			
Reihe 1	Reihe 2		
Kontrolle (7)	(Kontrolle (7))	8	Wdh 1
Hackschnitzel (16)	Grassilage (16)	7	
Untersaat (16)	Sprühmulch (16)	6	Wdh 2
Grassilage (16)	Hackschnitzel (16)	5	
Untersaat (16)	Grassilage (16)	4	Wdh 3
Hackschnitzel (16)	Sprühmulch (16)	3	
Sprühmulch (16)	Untersaat (16)	2	
Kontrolle (16)	Kontrolle (16)	1	
"Nordosten"			

Abbildung 22: Versuchsplan der Mulchmaterialien

4.3 Durchgeführte Messungen und Bonituren

Es wurden die gleichen Parameter wie im Versuch mit den Bodenzuschlagsstoffen aufgenommen. In diesem Versuch gab es keine Bodensensoren. Zusätzlich hat hier noch eine Messung des Beikrautbedeckungsgrads stattgefunden.

4.3.1 Beikrautbedeckungsgrad

Um die Beikrautbedeckung der unterschiedlichen Varianten vergleichen zu können wurde die Fläche mit Hilfe des Programms „Fiji/Image J“ ausgewertet. Hierfür wurde jeweils an drei markierten Stellen in jeder Parzelle ein Foto des Bodens gemacht. Dies hat im zweiwöchentlichen Abstand stattgefunden. Die Fotos wurden in das Programm hochgeladen und der Anteil an grünen Farbpartikeln im Bild wurde untersucht. Je mehr Beikraut auf der Fläche vorhanden war umso höher war der Grünanteil in den Fotos und umso höher der Bedeckungsgrad in der Parzelle.

5 Ergebnisse Bodenzuschlagsstoffe

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Versuche dargestellt. Alle Messungen und Bonituren wurden statistisch mit der Freeware R. Studio ausgewertet. Die Auswertung erfolgte mit einer einfachen ANOVA gefolgt von einem Tukey Test, bzw. der nicht parametrischen Alternative des Kruskal Wallis Tests gefolgt von einem Wilcoxon Test. Das Signifikanzniveau wurde bei 0,5 festgelegt.

5.1 Bodenproben

Die Bodenprobenergebnisse zeigten Werte für den mineralischen Stickstoff in Höhe von 15 bis 25 kg/ha Anfang 2022 (Abbildung 23) der mineralisierte Stickstoff ist der pflanzenverfügbare, zum Zeitpunkt der Probennahme mineralisierte Stickstoff, der von der Pflanze direkt aufgenommen werden kann. Die Varianten mit dem Gesteinsmehl und die Variante Humintech 1 (Perlhumus + BioHealth) zeigten hier den höchsten Anteil an Stickstoff. Laut einer Studie der HSWT konnte auch in einem Versuch bewiesen werden, dass die Auswaschung von Stickstoff nach einer N-Düngung durch ZEP deutlich reduziert wurde (Novaprot, HSWT, 2022).

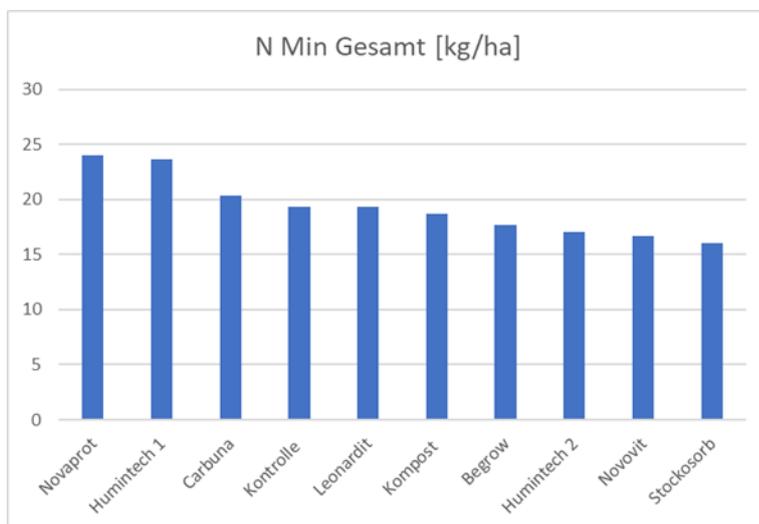


Abbildung 23: Nmin Gehalt Februar 2022

Im Jahr 2023 zeigten die Ergebnisse höhere Werte und Humintech 2 (Humicraft) und Pflanzenkohle zeigten die höchsten Werte (Abbildung 24).

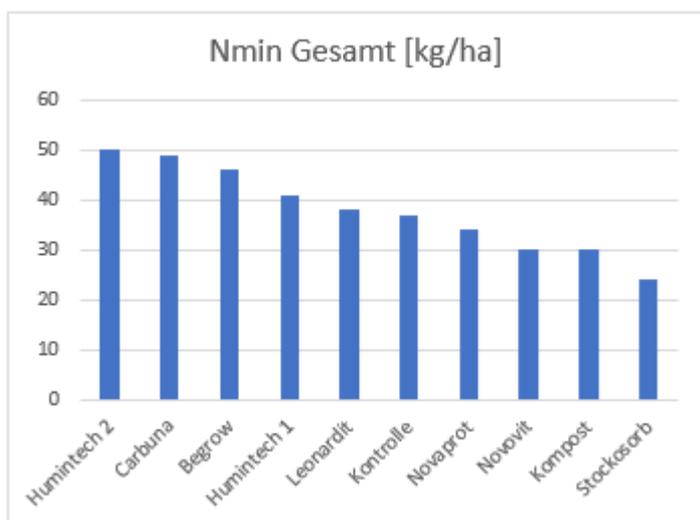


Abbildung 24: N Min Gehalt Feb 2023

Alle gemessenen pH-Werte lagen in 2022 im idealen Bereich zwischen 6,6 bis 7,0 für sandige Böden, bei den Bodenproben aus 2023 zeigen sich bei Humintech 1 (Perlhumus + BioHealth) und ZEP 70 (Novaprot) erhöhte Werte (Abbildung 25). Die Phosphorwerte lagen deutlich über dem Idealbereich von 10 bis 20 mg/100 g. Die idealen Kaliumwerte sollten zwischen 10 bis 18 mg/100 g liegen, hier ist nur die Variante mit dem Gesteinsmehl etwas erhöht, sowie in 2023 die Variante Humintech 2 (Humicraft).

Variante	pH	pH	P2O5 [mg/100g]	P2O5 [mg/100g]	K2O [mg/100g]	K2O [mg/100g]
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Begrow	6,8	6,9	34	29	18	15
Cabuna	6,7	6,8	40	31	20	14
Humintech 1	6,7	7,1	41	38	20	17
Humintech 2	6,6	6,7	31	29	19	21
Kompost	6,8	6,7	41	30	18	17
Kontrolle	6,8	6,7	41	28	17	13
Leonadit	6,9	6,9	41	30	18	15
Novaprot	6,9	7,1	40	39	19	16
Novovit	6,9	6,7	34	27	16	16
Stockosorb	6,8	6,7	42	30	18	16
IDEAL sandiger Lehm	6.6 bis 7.0		10 bis 20		10 bis 18	

Abbildung 25: pH, Phosphor, Kalium

5.2 Triebblängenzuwachs

Der Triebblängenzuwachs wurde im Januar 2022 gemessen (Abbildung 26). Hier ist der Zuwachs in der Pflanzenkohlevariante statistisch signifikant am niedrigsten. Die Variante Humintech 2 (Humicraft) hat hier den besten Zuwachs.

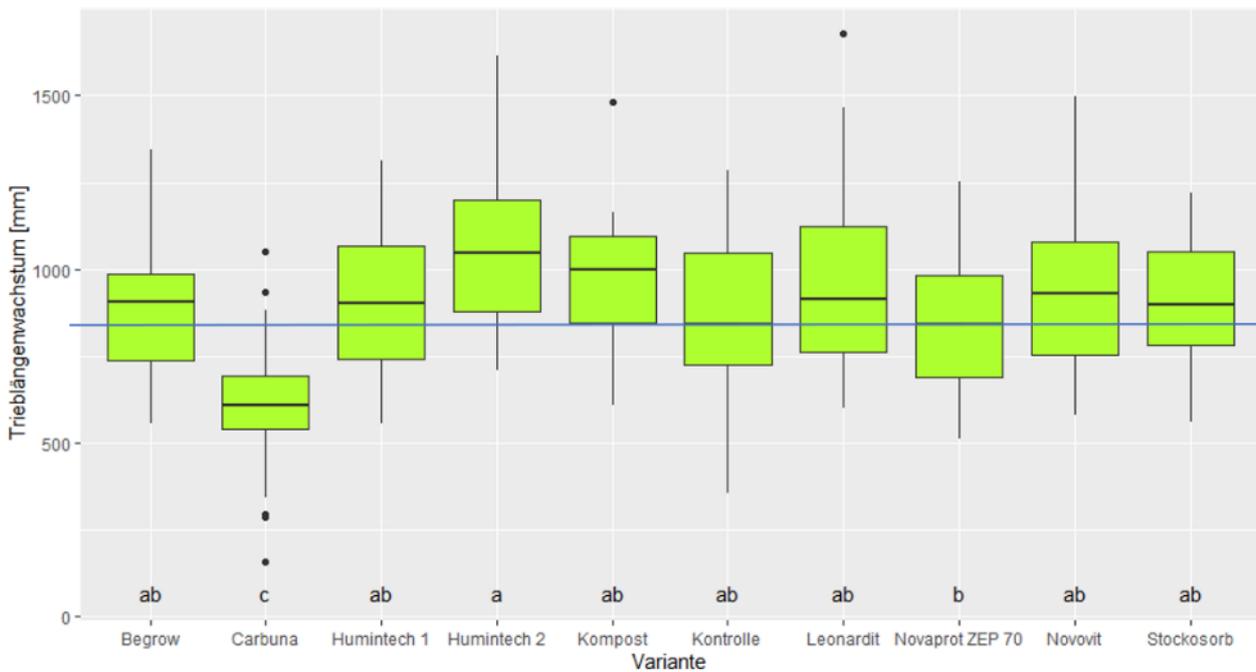


Abbildung 26: Trieb­längenmessung Januar 2022

Auch im Jahr 2022 hat die Variante Humintech 2 (Humicraft) den besten Zuwachs (Abbildung 27).

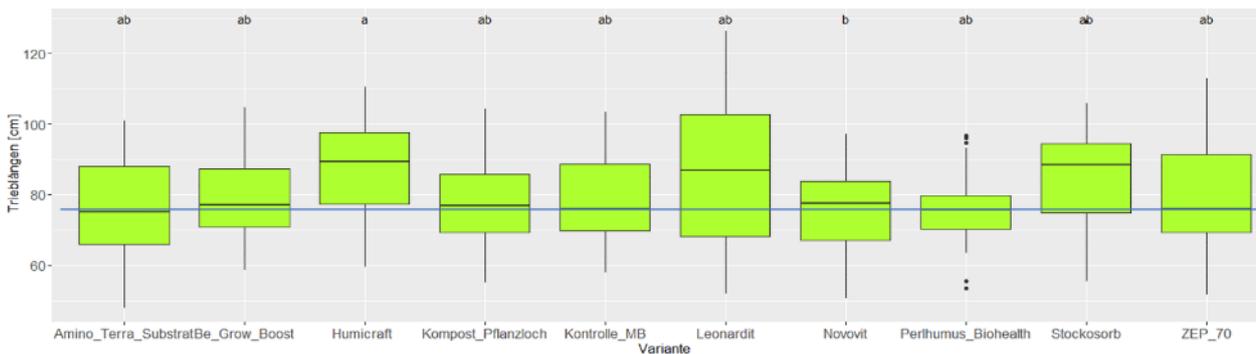


Abbildung 27: Trieb­längenmessung Januar 2023

Unter der Überdachung wurde der Trieb­längen­zuwachs im Früh­jahr 2021 gemessen. Hier hatte das Gesteinsmehl einen besonders guten Zuwachs und Novovit Frutta den schlechtesten Zuwachs (Abbildung 28).

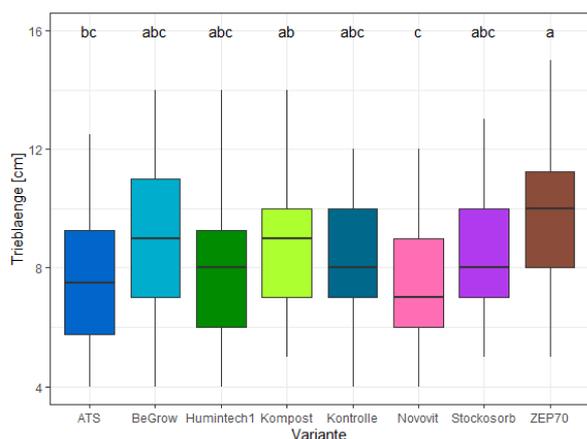


Abbildung 28: Triebhöhenzuwachs unter der Überdachung

5.3 Blütenbonitur

Bei der Bonitur der Blühintensität konnten im Jahr 2021 keine stat. Signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 29). Die Variante Leonardit zeigt einen besonders hohen Blütenansatz.

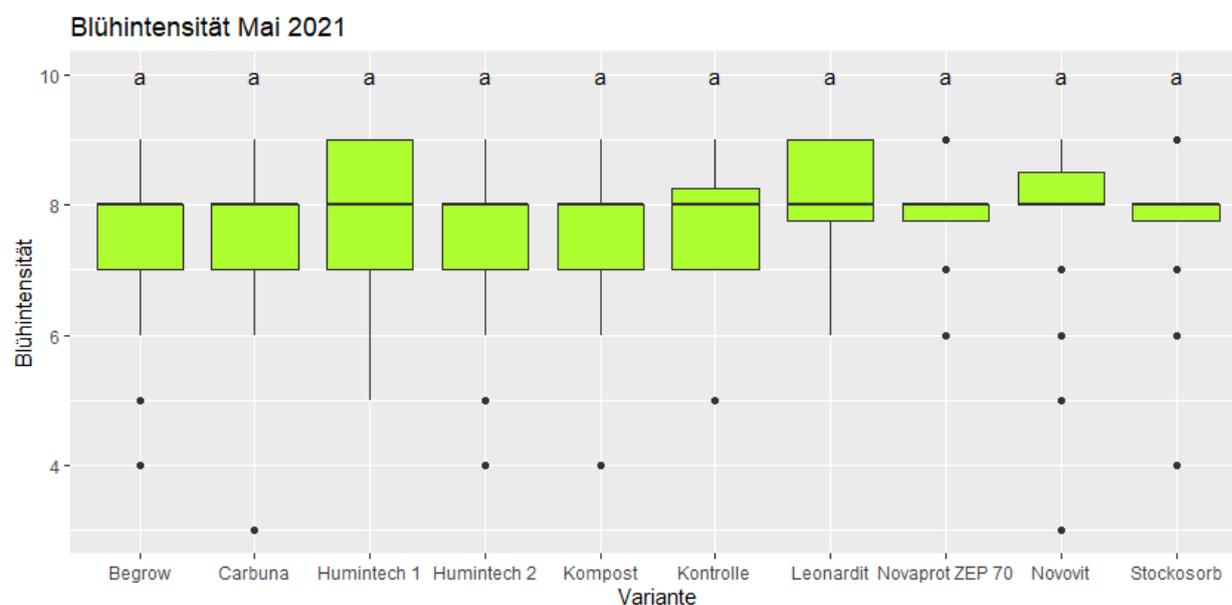


Abbildung 29: Blühintensität 2021

Im Jahr 2022 konnte ein stat. Signifikanter geringerer Blütenansatz bei der Pflanzenkohle festgestellt werden. Die Variante Humintech 1 (Perlhumus + BioHealth) hatte hier den höchsten Blütenansatz (Abbildung 30).

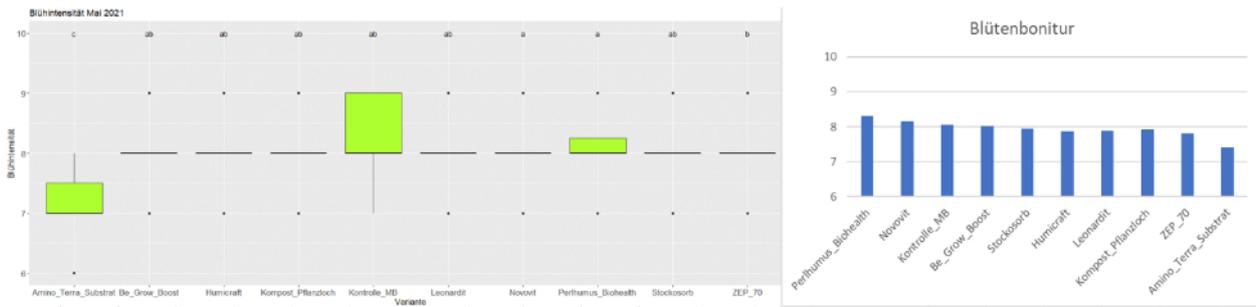


Abbildung 30: Blühintensität 2022

5.4 Wasserverfügbarkeit

Hier haben die Messungen des volumetrischen Wassergehalts aus 2022 mit der mobilen TDR-Sonde gezeigt, dass die Varianten BeGrow, Pflanzenkohle, Humintech 1 (Perlhumus + Bio Health) und Stockosorb im Vergleich zu den anderen Varianten etwas feuchter waren. Der Kompost hat hier am schlechtesten abgeschnitten (Abbildung 31).

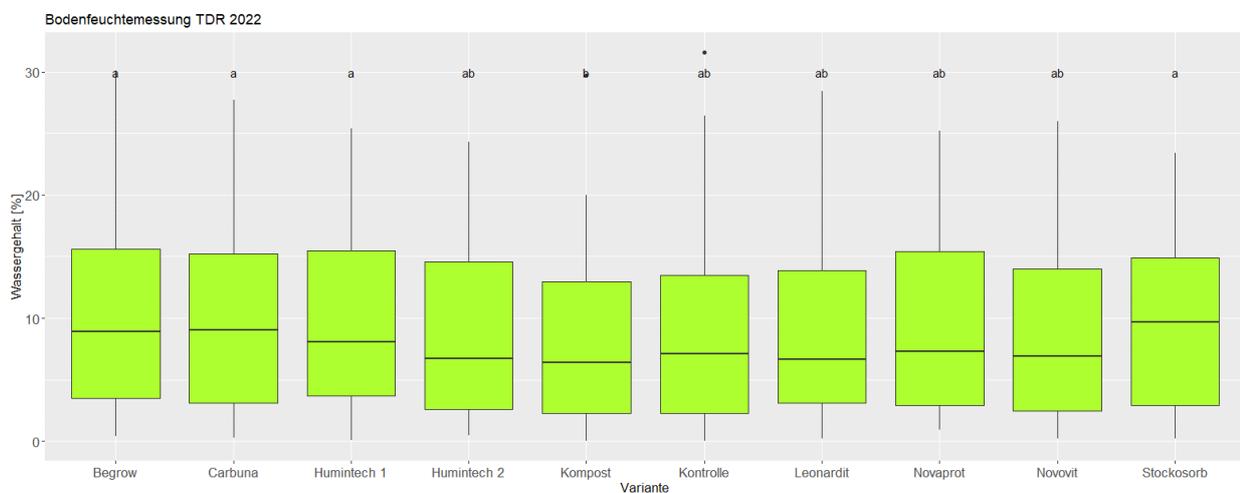


Abbildung 31: Mobile Feuchtemessung 2022

Die Daten der Bodenfeuchtesensoren zeigen, dass die Varianten Humintech 1 (Perlhumus + Bio Health) und Kontrolle im oberen Feuchtebereich liegen und die Variante Leonardit am trockensten ist (Abbildung 32). Auch die statistische Auswertung über den Zeitraum vom 22.06.22 bis 14.09.22 zeigt, dass Humintech 1 (Perlhumus + Bio Health) feuchter ist.

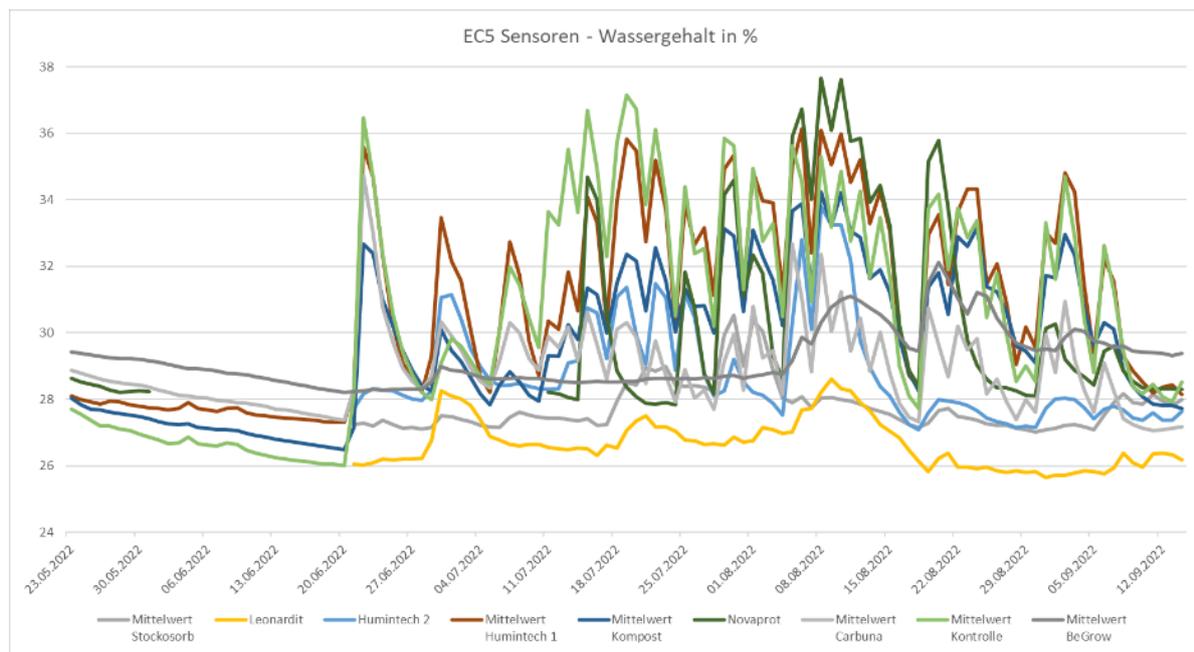


Abbildung 32: Sensordaten der Bodenfeuchtesensoren

Bei den Messungen mit der mobilen TDR-Sonde und den eingebauten Sensoren könnten ähnliche Ergebnisse erwartet werden. Die hier unterschiedlichen Ergebnisse können auf die verschiedenen Messtiefen bezogen werden. Mit der mobilen Sonde konnte die Feuchtigkeit nur bis zu einer Tiefe von 10 cm gemessen werden, da der Boden für längere Messstäbe zu trocken und hart war. Die Bodensensoren hingegen sind in einer Tiefe von 20 cm vergraben und spiegeln somit vermutlich die Feuchtigkeit in der Nähe der Zuschlagsstoffe besser wider.

Die Auswertung der Daten der Watermarksensoren zeigte, dass speziell in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode, als noch keine Bewässerung stattfand, große Unterschiede in der Saugspannung zu sehen waren (Abbildung 33). In der Abbildung sind die Mittelwerte aus den Sensoren von 20 und 40 cm Tiefe gebildet worden. Hier wird deutlich, dass die Kontrollvariante am trockensten ist und die Variante BeGrow am feuchtesten bleibt. Die Varianten Leonardit, Pflanzenkohle und Stockosorb wurden erst ab Ende Juni erfasst. Die Variante Novovit Frutta fehlt in der Auswertung komplett, da die Sensoren nicht funktionierten. Der exakte Messbereich der Watermarksensoren liegt laut Hersteller (Irrometer Company, Inc) zwischen 0 bis 200 kPa. Die Messwerte über 200 kPa lassen sich dadurch erklären, dass der Sensor Werte bis zu 252 kPa anzeigen kann und die Werte bei extremer Trockenheit über die 200 kPa hinaussteigen können.

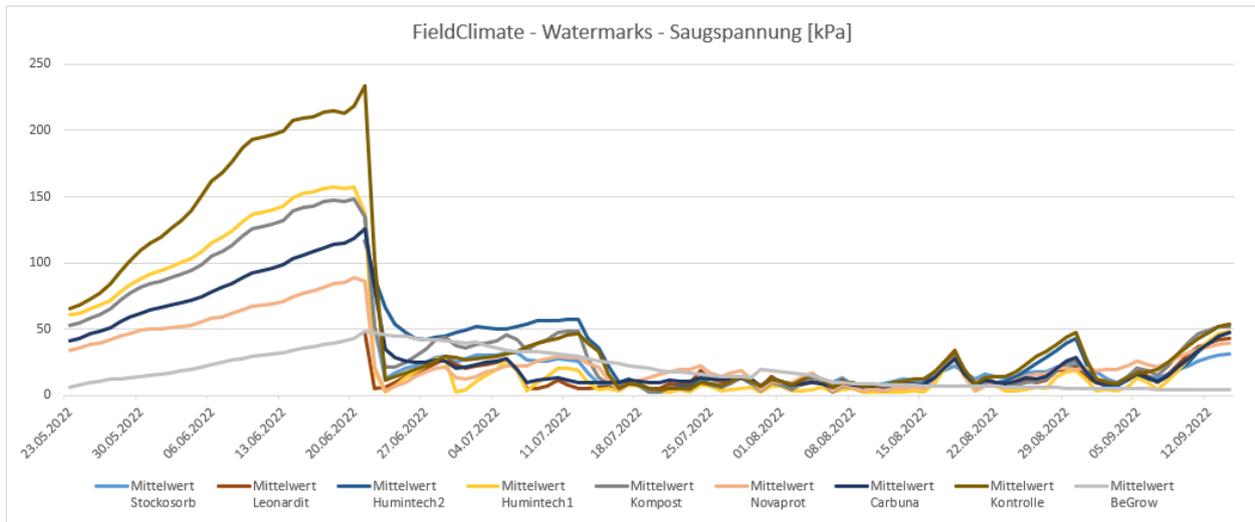


Abbildung 33: Messwerte der Watermarksensoren

Wird nur der Zeitraum von 22.06.22 bis 14.09.22 betrachtet indem regelmäßig bewässert wurde, sind die Varianten Leonardit und Humintech 1 (Perlhumus + BioHealth) stat. Sig. feuchter als die Kontrolle (Abbildung 34). Bei einer Saugspannung zwischen 25 und 50 kPa sollte die Kultur normalerweise bewässert werden (Immik, Bedarfsorientierte Bewässerung im Obstbau, 2012). In diesem Versuch wurde die Kultur extremen Bedingungen ausgesetzt, um mögliche Unterschiede zwischen den Varianten besser erkennbar zu machen.

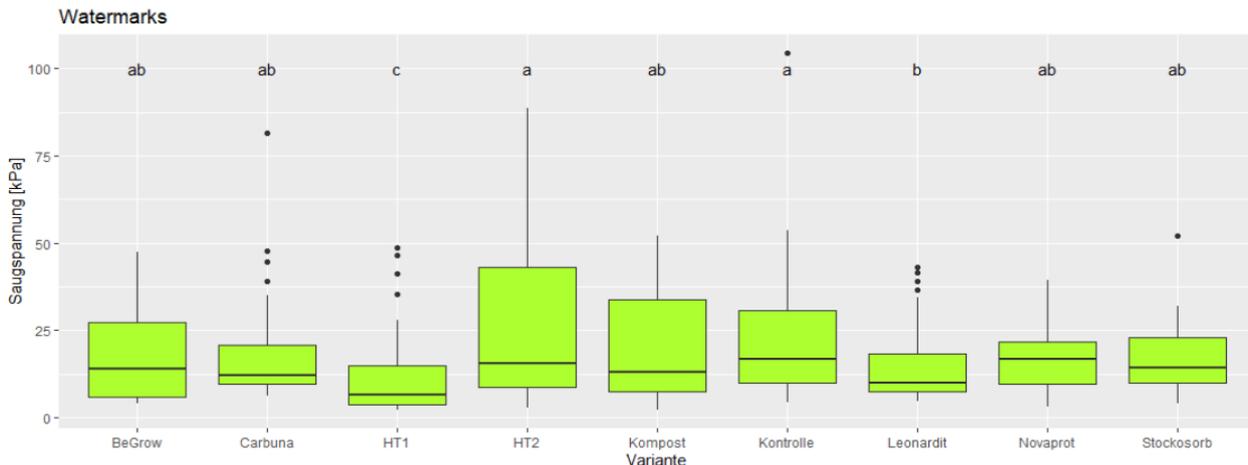


Abbildung 34: Auswertung Watermarks vom 22.06 bis 14.09.2022

Im Juli und August wurde bei allen Varianten zweimal das „Midday stem water potential“ mit der Scholanderkammer gemessen. Pro Parzelle wurden also insgesamt 4 Blätter gemessen und pro Variante dann insgesamt 12 Blätter, hieraus wurde ein Mittelwert gebildet. Je niedriger der gemessene Wert umso weniger Unterdruck musste erzeugt werden, um Wasser aus dem Xylem zu pressen und umso besser war die Pflanze mit Wasser versorgt. Bei Werten zwischen -10 bis -15 bar leidet die Pflanze unter moderatem Wasserstress. Bei Werten über -15 bar leidet die Pflanze unter starkem Wasserstress (G. Lopez, 2018). Die Messungen in Abbildung 35 zeigen, dass die Apfelbäume unter starkem Wasserstress litten. Die Varianten Pflanzkohle und Humintech 2 (Humicraft) zeigten hier die geringsten Mittelwerte und waren damit am besten mit Wasser versorgt. Generell ist zu sehen, dass es eine breite Streuung gab und

die Werte innerhalb der Varianten stark unterschiedlich waren. Außerdem war es herausfordernd die Werte korrekt abzulesen, da der genaue Zeitpunkt des Wasseraustritts nicht immer eindeutig zu erkennen war.

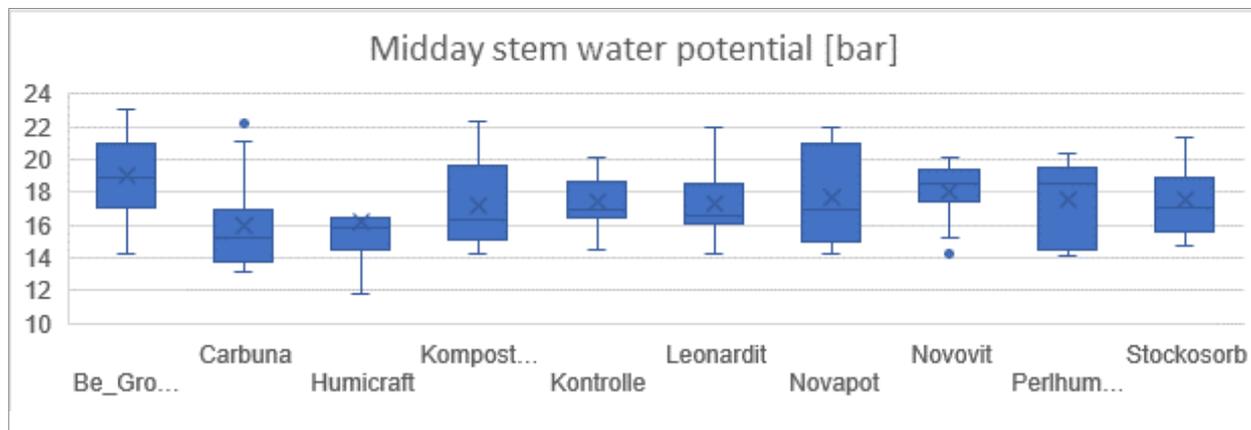


Abbildung 35: Mittelwerte des „Midday stem water potentials“

Das „Predawn water potential“ wurde nur einmal an jeweils zwei Blättern pro Parzelle gemessen (d.h. 6 Messungen pro Variante), hier hatten die Pflanzkohle und der Kompost die niedrigsten Werte und damit die beste Wasserversorgung im Bereich der Wurzeln (Abbildung 36).

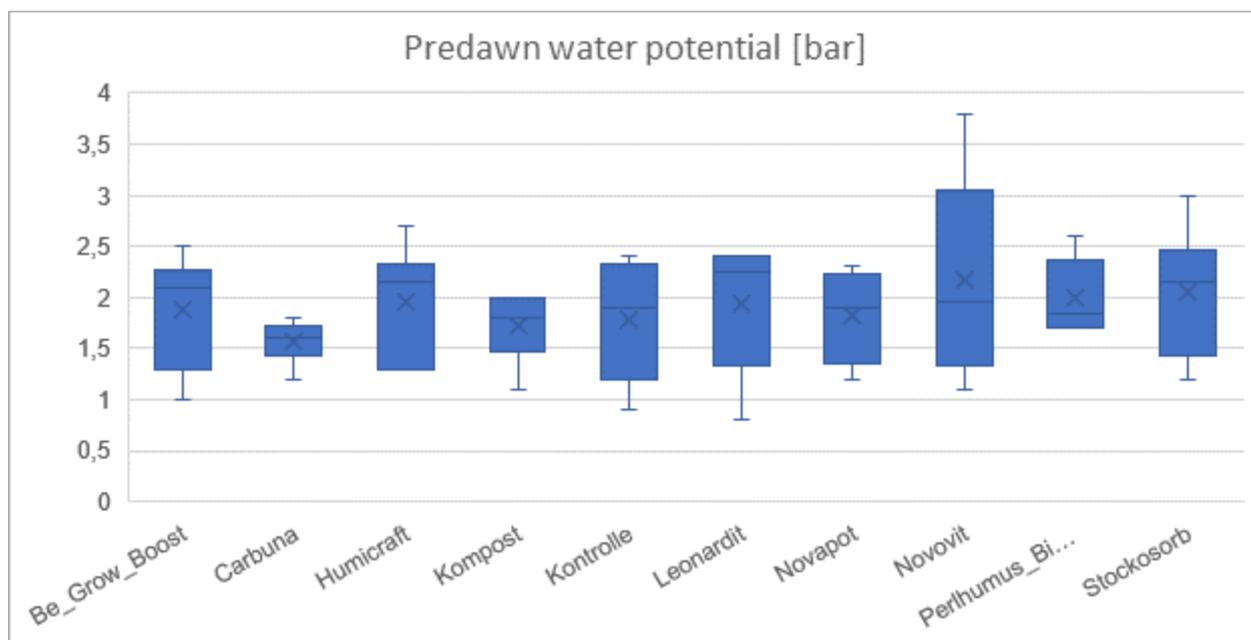


Abbildung 36: Predawn water potential

5.5 Blattanalysen

Die Blattanalysen wurden im Sommer 2021 durchgeführt. Die Idealversorgung bei Stickstoff liegt im Bereich von 2,2 bis 2,6 %. Humintech 1 (Perlhumus + Bio Health) hat die höchsten Stickstoffwerte Kompost die niedrigsten (Abbildung 37).

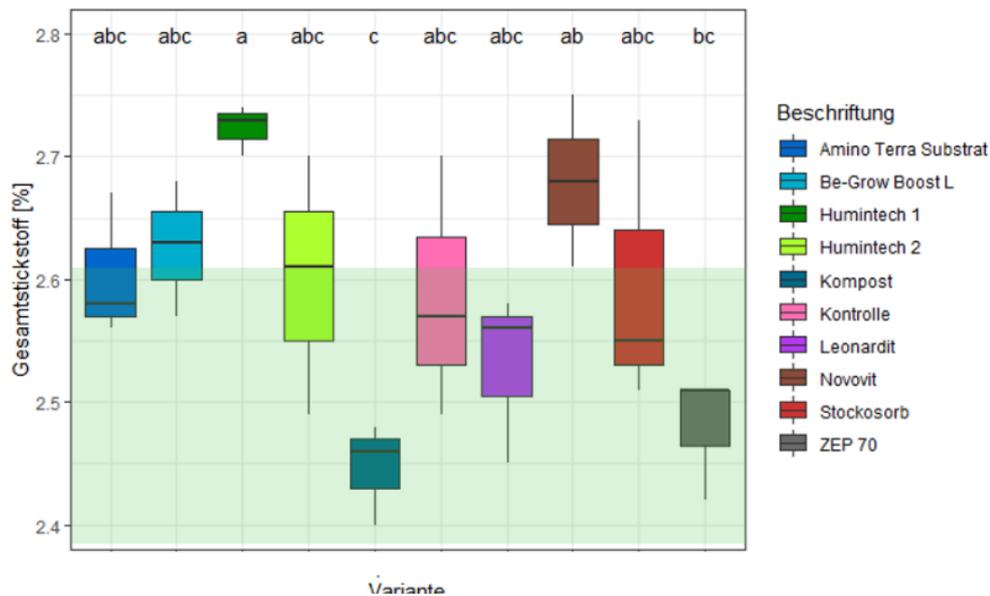


Abbildung 37: Gesamtstickstoff

Die Phosphorversorgung hat einen Idealbereich von über 0,15 %. Hier liegt speziell die Variante Gesteinsmehl am weitesten darunter (Abbildung 38).

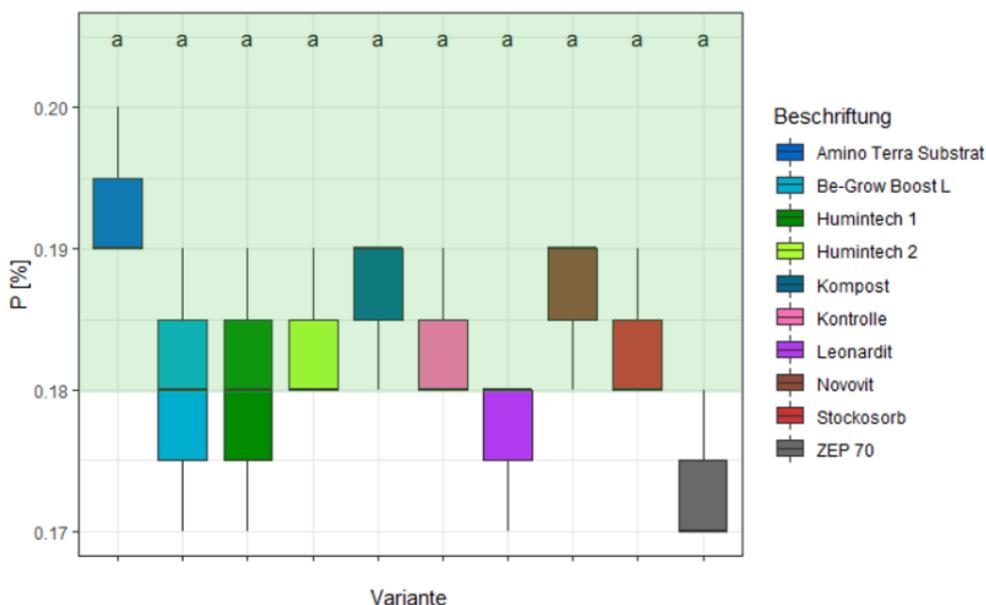


Abbildung 38: Phosphorversorgung

Die Kaliumversorgung bei Apfel liegt im Bereich von 1,1 bis 1,4 % im Idealbereich. Hier lag nur die Variante Humintech 2 (Humicraft) teils im Idealbereich, alle anderen Varianten hatten eine Überversorgung (Abbildung 39). Die Variante BeGrow war stat. Sig höher als die Kontrolle.

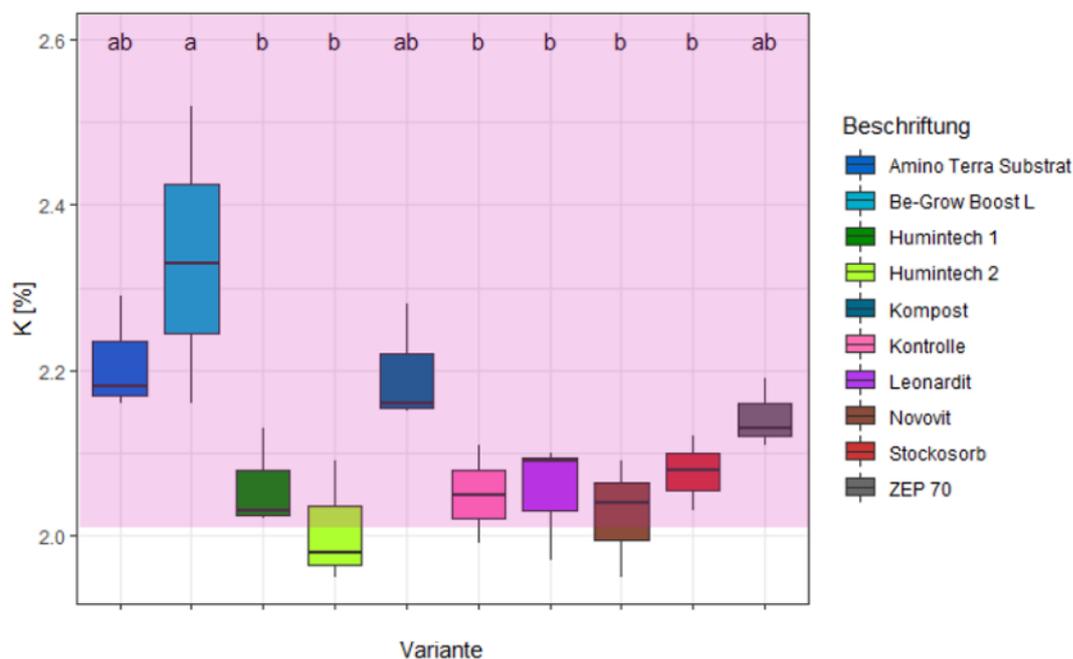


Abbildung 39: Kaliumversorgung

Bei Magnesium liegt die Idealversorgung bei Apfel bei über 0,2 %. Hier liegt nur die Variante BeGrow unter 0,2 % (Abbildung 40).

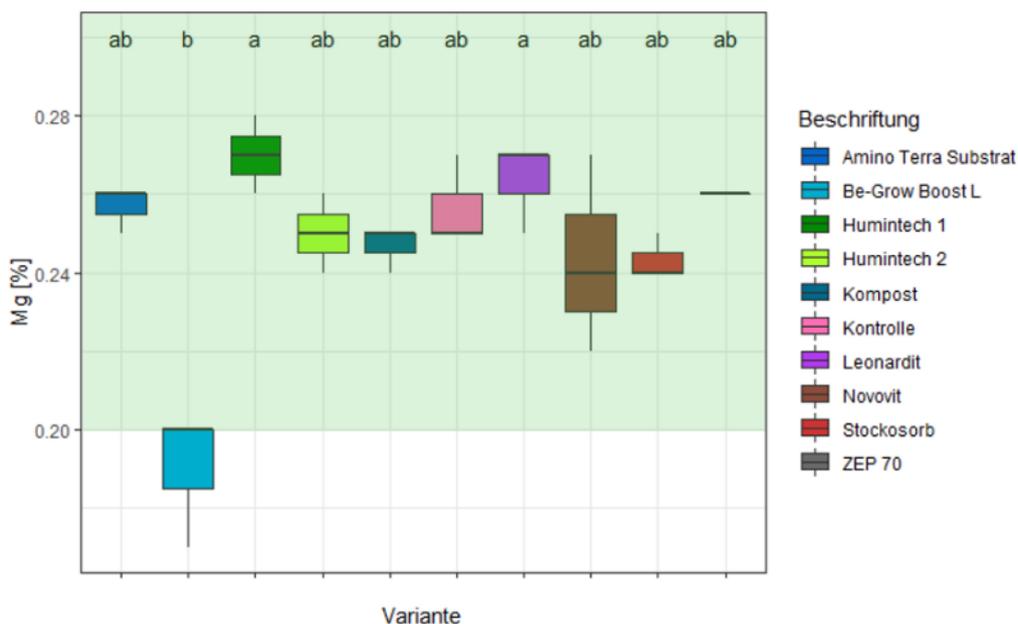


Abbildung 40: Magnesiumversorgung

Die Idealversorgung bei Calcium liegt bei über einem Prozent (Balmer, 2018). Hier liegen alle Varianten im Idealbereich, allerdings ist die Versorgung bei BeGrow stat. Signifikant niedriger (Abbildung 41).

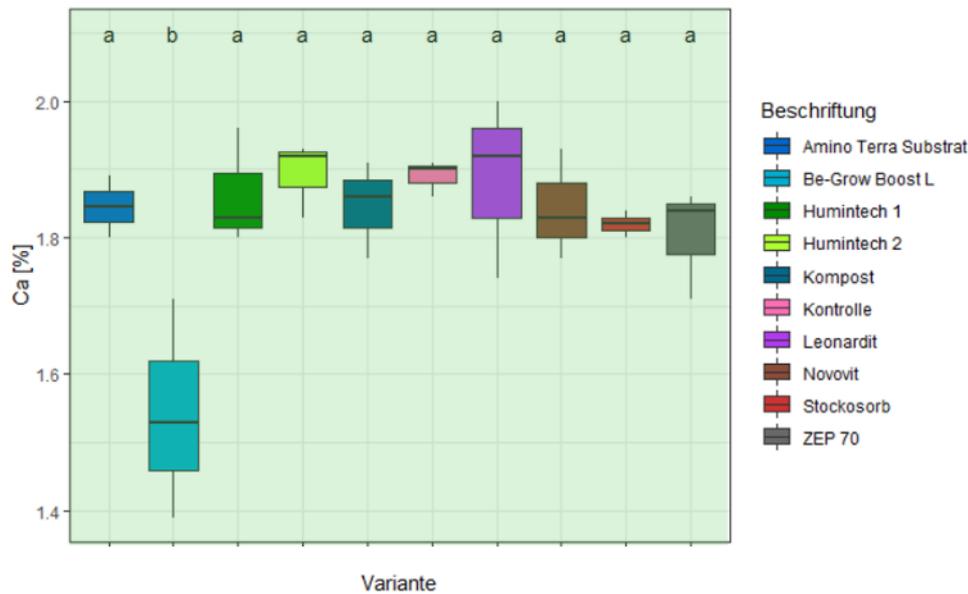


Abbildung 41: Calciumversorgung

5.6 Gesättigte Wasserleitfähigkeit

Die schwerkraftbedingte Abflussgeschwindigkeit, mit der Wasser im Boden versickert, wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f beschrieben. Je höher der Wert ist, desto höher ist die Geschwindigkeit, mit der das Wasser fließt (Abbildung 42). Mit zunehmender Korngröße des Untergrunds steigt der Wert, da sich die effektive Querschnittsfläche erhöht, durch die das Wasser versickern kann (Ifmu, 2022).

Bodendurchlässigkeiten nach DIN 18130, Teil 1	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich nach DIN 18130, Teil 1
$> 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
$10^{-2} - 10^{-4}$	stark durchlässig
$10^{-4} - 10^{-6}$	durchlässig
$10^{-6} - 10^{-8}$	schwach durchlässig
$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig

Abbildung 42: Durchlässigkeitswerte nach DIN 18130 (Regenwasserversickerung, 2022)

Am Standort in Thüngersheim handelt es sich um Boden in der Kategorie „stark durchlässig“. Im Vergleich zwischen den Varianten konnte bei den durchgeführten Messungen keine eindeutigen Unterschiede festgestellt werden, die sich ggf. durch die Zuschlagstoffe ergeben könnten.

Genauere Untersuchungen wurden von Herrn Dr. Klemisch (LWG) durchgeführt, die Ergebnisse sind hier zu finden:

https://www.lwg.bayern.de/analytik/boden_umwelt/332650/index.php

5.7 Ertragsauswertung

Bei der Auswertung des Gesamtertrags konnten keine stat. signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bezogen auf den Ertrag war die Variante Humicraft 2 (Humicraft) am besten, den Mostertrag eingeschlossen, hatte Leonardit den höchsten Ertrag (Abbildung 43). Der Ertrag der Pflanzenkohle war deutlich geringer. Generell fiel der Ertrag durch die hohe Trockenheit sehr gering aus.

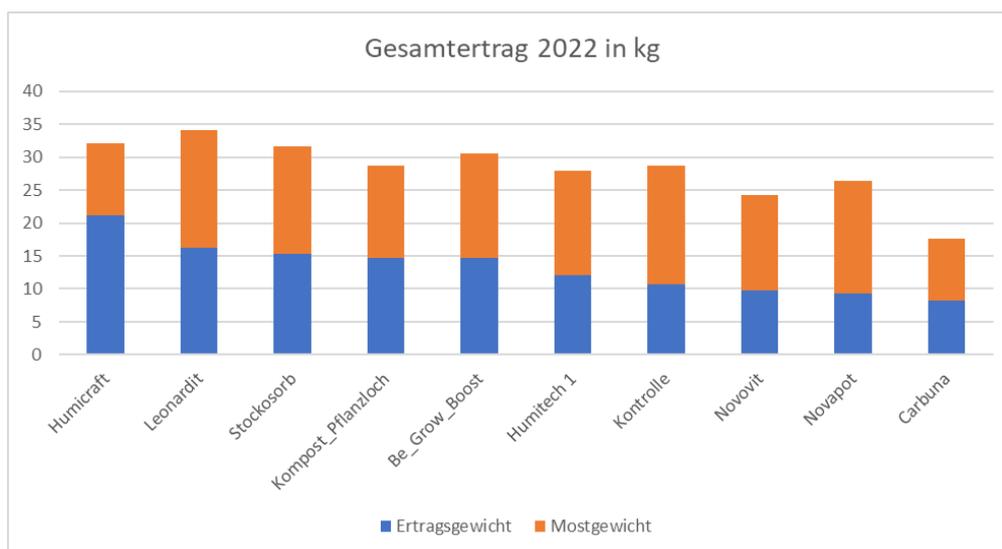


Abbildung 43: Gesamtertrag 2022

Die Auswertung des Ertrags pro Baum zeigt keine stat. Sig. Unterschiede (Abbildung 44), die Variante Humicraft hatte aber am meisten Ertrag.

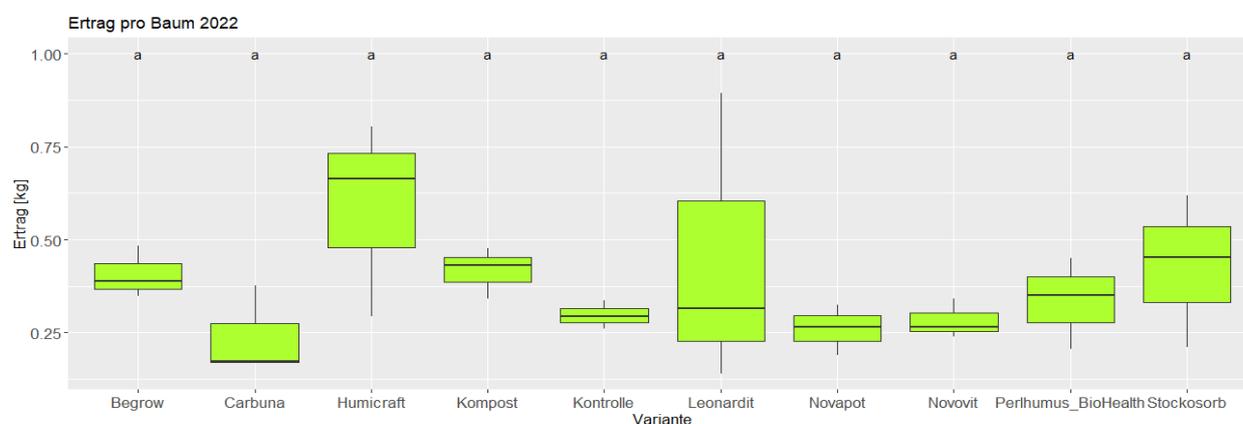


Abbildung 44: Ertrag pro Baum

5.8 Stammdurchmesserzuwachs

Bei der Messung des Stammdurchmessers war in der ersten Vegetationsperiode die Variante mit der Pflanzenkohle stat. Signifikant schlechter als die anderen Varianten. Keine der Varianten war stat. Signifikant besser als die Kontrolle (Abbildung 45).

In der zweiten Vegetationsperiode hatten die Variante Humintech 2 (Humicraft) statistisch signifikant den größten Zuwachs (Abbildung 46).

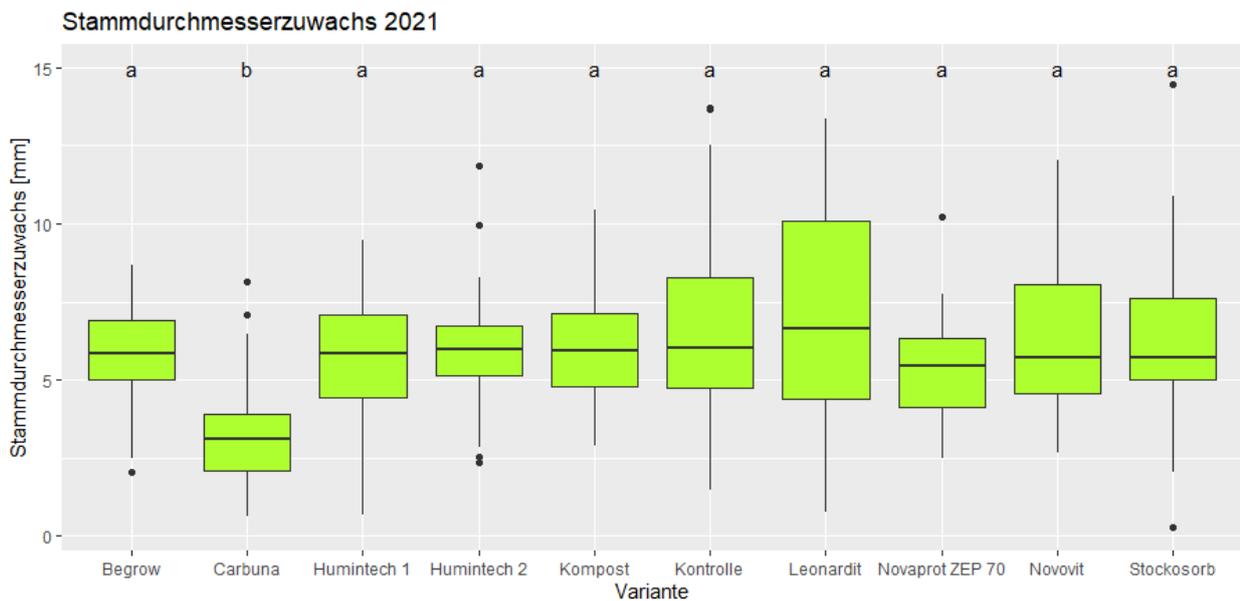


Abbildung 45: Zuwachs im Jahr 2021

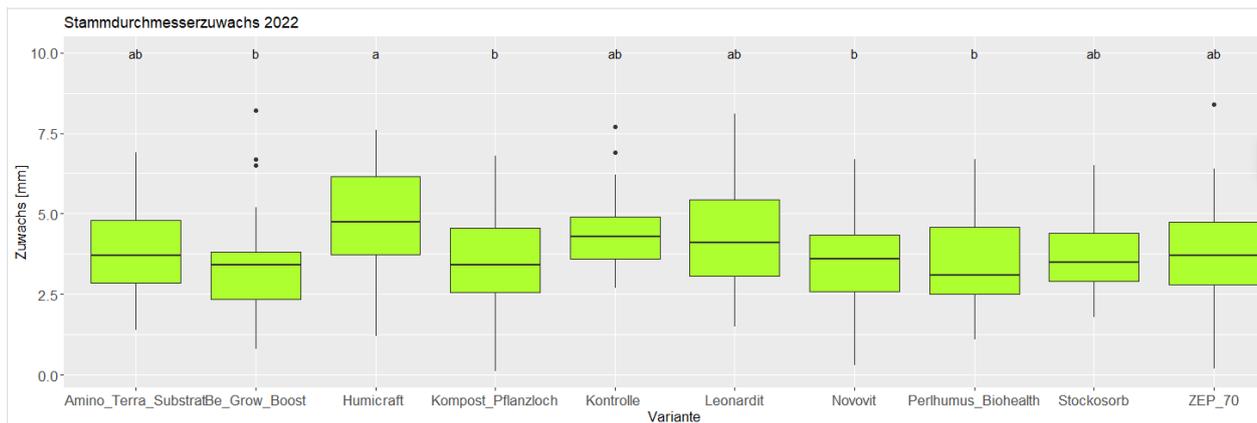


Abbildung 46: Zuwachs im Jahr 2022

Bei den Bäumen unter der Überdachung wurde im Winter 2021 der Stammdurchmesser gemessen. Hier hatten die Varianten Novovit Frutta und Stockosorb den besten Zuwachs.

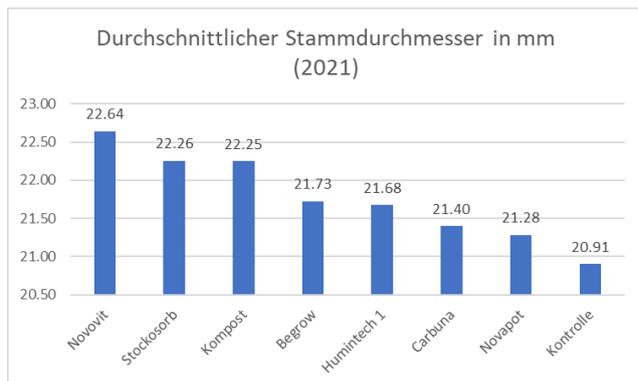


Abbildung 47: Zuwachs bei den Bäumen unter der Überdachung

Im Verlauf des Jahres 2021 starben einige Bäume ab. Hier fielen in der Variante mit der Pflanzenkohle 6 von 10 Bäumen aus. Gefolgt von den Varianten Kontrolle und Humintech 1 (ohne BioHealth) in denen 5 von 10 Bäumen ausfielen. Bei den noch lebenden Bäumen war der Stammdurchmesserzuwachs im Jahr 2022 bei den Varianten Stockosorb und BeGrow am besten (Abbildung 48).

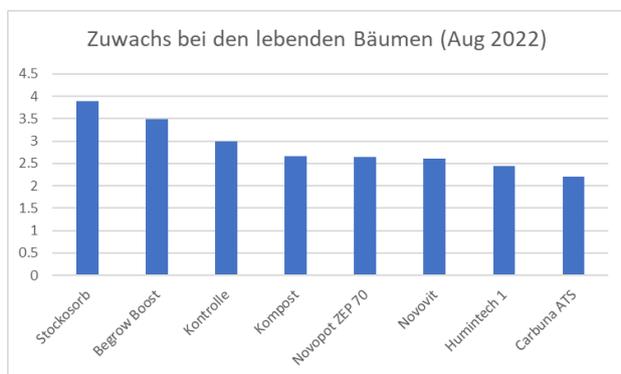


Abbildung 48: Stammdurchmesserzuwachs überlebender Bäume

Der Stammdurchmesserzuwachs an dem Erwerbsbetrieb bei Igensdorf wurde auch im Winter 21 und 22 gemessen. Bei dem errechneten Zuwachs ergaben sich für die Variante Leonardit stat. signifikante Unterschiede zur Kontrolle (Abbildung 49).

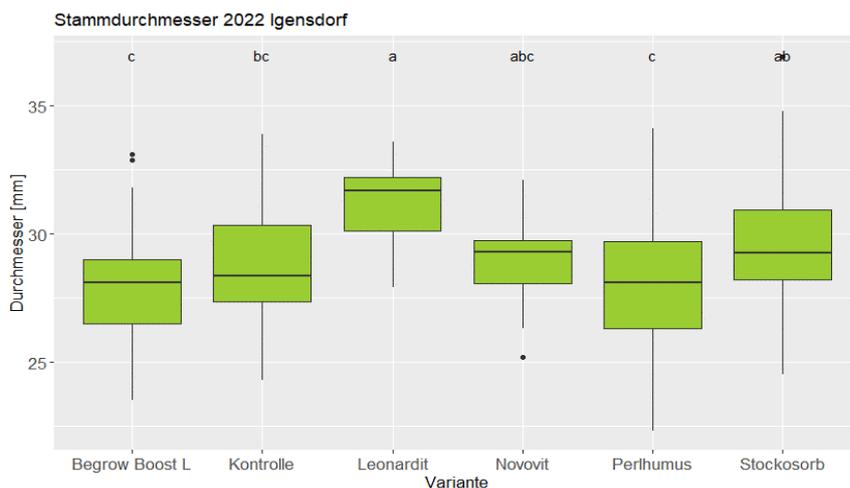


Abbildung 49: Stammdurchmesserzuwachs bei dem Betrieb in Igensdorf

5.9 Wurzelbonitur und verbliebene Zuschlagsstoffe

Die Bäume unter der Überdachung wurden im Sommer 2022 gerodet und dabei die Wurzeln bonitiert. Die stat. Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede. Es war zu beobachten, dass die Wurzeln mit ZEP70 besonders viele Feinwurzeln gebildet hatten und die Wurzeln gut ausgeprägt waren. Im Vergleich hierzu waren die Wurzeln der Varianten Kontrolle und Pflanzenkohle nicht so schön ausgeprägt (Abbildung 50) und schnitten auch durch die höheren Ausfälle schlechter ab.



Abbildung 50: Wurzeln der Varianten Pflanzenkohle, Gesteinsmehl und Kontrolle

Nach zwei Vegetationsperioden konnten die Zuschlagsstoffe Pflanzenkohle, Gesteinsmehl und Novovit Frutta noch deutlich in der Erde wiedergefunden werden (Abbildung 51). Die anderen Zuschlagsstoffe Stockosorb, BeGrow, Perlhumus und Kompost konnten auf den ersten Blick nicht wiedererkannt werden, es wurden keine genaueren Untersuchungen durchgeführt.



Abbildung 51: Verbliebene Bodenzuschlagsstoffe

5.10 Kostenaufstellung

Nicht zuletzt sollen auch noch die Kosten der einzelnen Zuschlagsstoffe betrachtet werden. Hierfür wurde die vom Hersteller angegebene Aufwandsmenge auf einen Baum umgerechnet und entsprechend einkalkuliert. Bei den Angaben handelt es sich nur um Richtwerte, trotzdem zeigt sich, dass es große preisliche Unterschiede gibt (Tabelle 9). Die Varianten Stockosorb Gel, Humintech 2 (Humicraft) und Kompost bieten mit ein paar hundert Euro pro Hektar einen günstigen Ansatz. Wohingegen Be Grow Boost, Gesteinsmehl und die Pflanzenkohle bei über 2000 € liegen. Die Produkte von Humintech wurden mit einer dreimaligen Anwendung berechnet. Bei keinem der Zuschlagsstoffe wurden Kosten für die Ausbringung kalkuliert. Es handelt sich um die reinen Materialkosten.

Tabelle 9: Kostenaufstellung Zuschlagsstoffe

Produkt	Kosten Produkt	Aufwandsmenge (lt. Hersteller) bei 3000 Bäumen pro ha	Kosten pro ha (bei 3000 Bäumen)
Novovit Frutta	189.95€ / 25kg	ca. 120 kg / ha	912 €
Stockosorb Gel	79.50€ / 10kg	ca. 2kg/ ha	16 €
BeGrow Boost L	239€ / 20kg	ca. 240 kg/ha	2,868 €
Perlhumus (Humintech 1)	23.99€ / 20kg	ca. 600kg/ ha	810 €
BioHealth (Humintech 1)	495€ / 25kg	ca. 5 kg / ha + Jahr	
Humicraft Liquid (Humintech 2)	136,55€ / 20Liter	25 Liter pro ha + Jahr	164 €
Gesteinsmehl (ZEP 70 Novaprot)	20€ / 25kg	3000 kg / ha	2,400 €
Leonardit (Rösel)	15 € / 20Liter	1500 kg / ha	1,125 €
Pflanzenkohle (ATS Carbuna)	481,50€ / 500kg	3000 kg / ha	2,889 €
Kompost	3-6€ / Tonne (hier 6€)	10 Liter pro Baum bzw. 30.000 Liter pro ha	216 €
Preise können abweichen und wurden i.d.R. auf Kleinstmengen berechnet. Die Übersicht soll nur eine Einschätzung darstellen.			

5.11 Betrachtung der Ausbringungsmengen

Bei einem Vergleich der vom Hersteller empfohlenen Ausbringungsmenge, wie z.B. bei dem Gesteinsmehl aber auch anderen Varianten (Tabelle 10), einer Menge von 1000 g pro Baum und der daraus resultierenden Wasserspeichermenge von 0,4 Litern Wasser (Novaprot) wird deutlich, dass die zusätzlich gespeicherte Wassermenge nicht hoch ist.

Bei einem Vergleich von zusätzlicher Wasserspeicherung mit Wasserverbrauchswerten eines Baums pro Tag, die in Höhe von 2,5 - 3 Litern in der Hauptvegetationsphase liegen (Immik, Bedarfsgerecht Bewässern), zeigt sich, dass der Verbrauch des Baums im Vergleich zur „gewonnenen“ Wassermenge hoch ist.

Tabelle 10: Zusätzlich gespeicherte Wassermenge bedingt durch die Zuschlagsstoffe

Zuschlagsstoff:	Ausbringungsmenge:	Wasserspeicherung laut Hersteller:
Gesteinsmehl ZEP70	1000g/Baum	Speicherung 40% des Eigengewicht → $1000 \text{ g} * 0,4 = 400 \text{ g} \rightarrow 0,4 \text{ L Wasser}$
Novovit	40g/Baum	Speicherung 50-faches des Eigengewichts → $40 \text{ g} * 50 = 2000 \text{ g} \rightarrow 2 \text{ L Wasser}$

Quelle: Novaprot, Plantan

6 Ergebnisse Mulchmaterialien

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Mulchmaterialienversuchs dargestellt.

6.1 Bodenproben

Die Bodenproben wurden jeweils zu Beginn der Jahre gezogen. Bei den Ergebnissen zum mineralischen Stickstoff ist zu beobachten, dass speziell in der Variante mit dem Sprühmulch über die Jahre hinweg am wenigsten mineralisierter Stickstoff vorhanden war. Grassilage und Untersaat zeigten höhere Werte als die anderen Varianten, was durch die Verrottung und Mineralisierung der stickstoffreichen Mulche zu erklären ist (Abbildung 52).

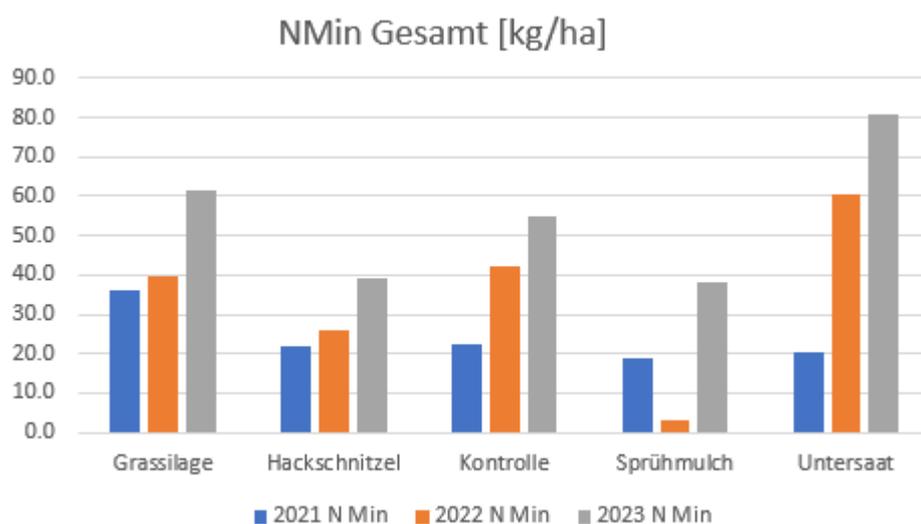


Abbildung 52: Mineralischer Stickstoff

Der pH-Wert war im Jahr 2021 in der Kontrolle etwas erhöht und im Jahr 2022 bei den Hackschnitzeln etwas zu niedrig, im Jahr 2023 lagen die Werte alle im Normalbereich von 6,6 bis 7,0.

Die Phosphatwerte liegen in allen Varianten über dem idealen Wert von 20 mg pro 100 g Probe. Auch die Kaliumwerte sind in allen Varianten zunächst zu hoch, diese liegen dann im Jahr 2023 bei allen Varianten außer der Grassilage im Idealbereich (Tabelle 11).

Tabelle 11: Übersicht pH, Phosphor und Kaliumwerte

Variante	pH	pH	pH	P2O5	P2O5	P2O5	K2O	K2O	K2O
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Grassilage	6.8	6.7	6.7	33.33	32.33	29.3	34	30	32.7
Hackschnitzel	6.73	6.53	7	30.33	30.67	31	25	20.33	15.3
Kontrolle	7.07	6.83	7	42.33	37	35	30	19.33	17
Sprühmulch	6.6	6.87	7	35.33	39.33	34.7	26	20.33	17.7
Untersaat	6.9	6.77	6.9	42	39.67	33.3	27	17.67	15
IDEAL sandiger Lehm	6.6 bis 7.0			10 bis 20 [mg/100g]			10 bis 18 [mg/100g]		

Das C/N-Verhältnis beschreibt die Beziehung zwischen dem Kohlenstoff und Stickstoff. Materialien mit einem hohen Anteil an Stickstoff verrotten schneller als Materialien mit einem geringen Stickstoffanteil. Daher zersetzen sich Materialien mit einem kleinerem C/N-Verhältnis schneller als andere. Wie in Abbildung 53 zu sehen ist trifft dies auch im Versuch auf die Grassilage zu, es ist eine Verringerung des C/N-Verhältnisses zu sehen. Wie zu erwarten war hat sich der Wert bei den Hackschnitzeln durch den Abbau zunächst erhöht und ist aber im Jahr 2023 bereits wieder abgefallen. Bei den restlichen Varianten hat sich das C/N-Verhältnis über die Zeit auch verringert.

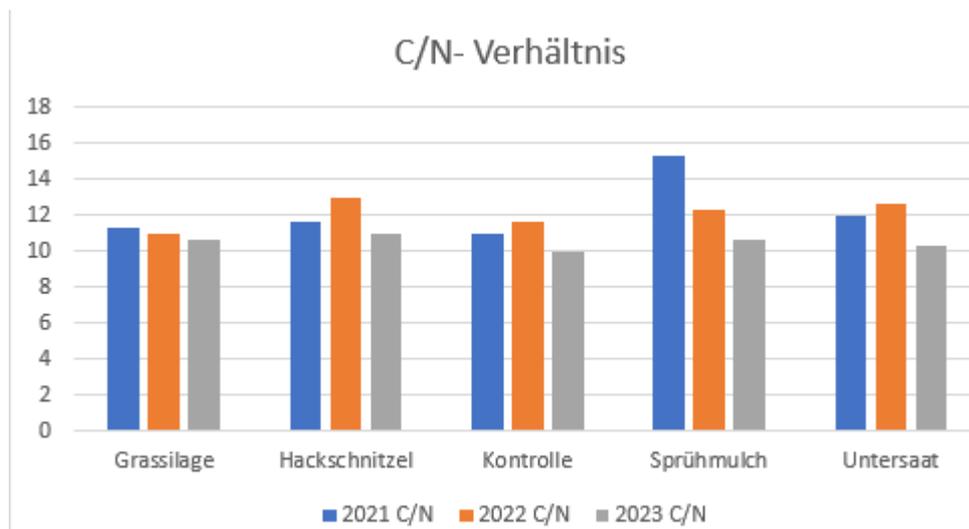


Abbildung 53: C/N-Verhältnis

6.2 Triebblängenwachstum

Hier ist der einjährige Triebblängenzuwachs gemessen im Januar 2022 zu sehen (Abbildung 54). Der stat. signifikant größte Zuwachs hat bei der Variante der Grassilage stattgefunden, gefolgt von der Hackschnitzelvariante.

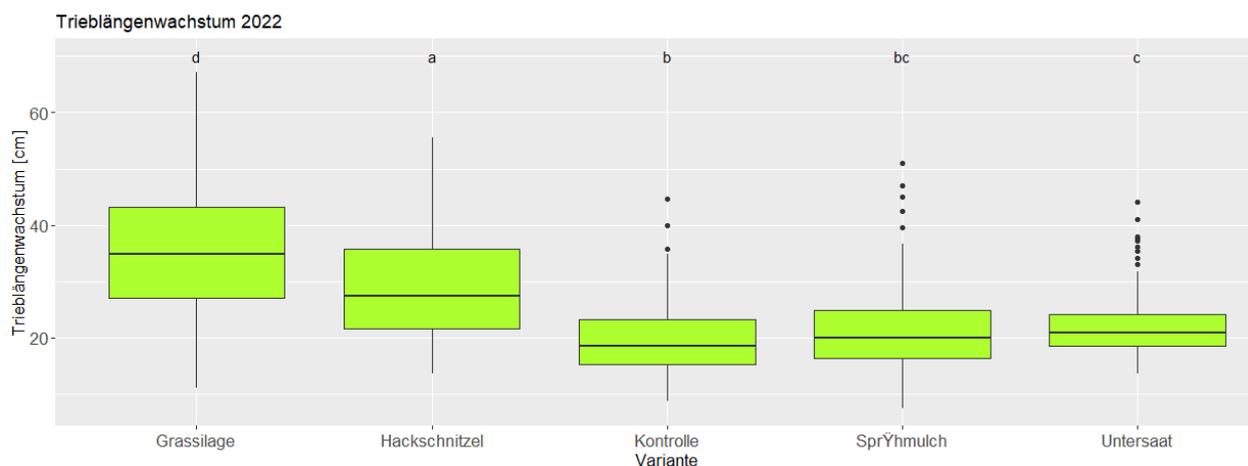


Abbildung 54: Trieb­längen­wachstum im Jahr 2021

Im Jahr 2022 war wiederum der Zuwachs bei der Grassilage und den Hackschnitzeln sowie auch dem Sprühmulch signifikant besser als die Kontrolle und die Untersaat (Abbildung 55).

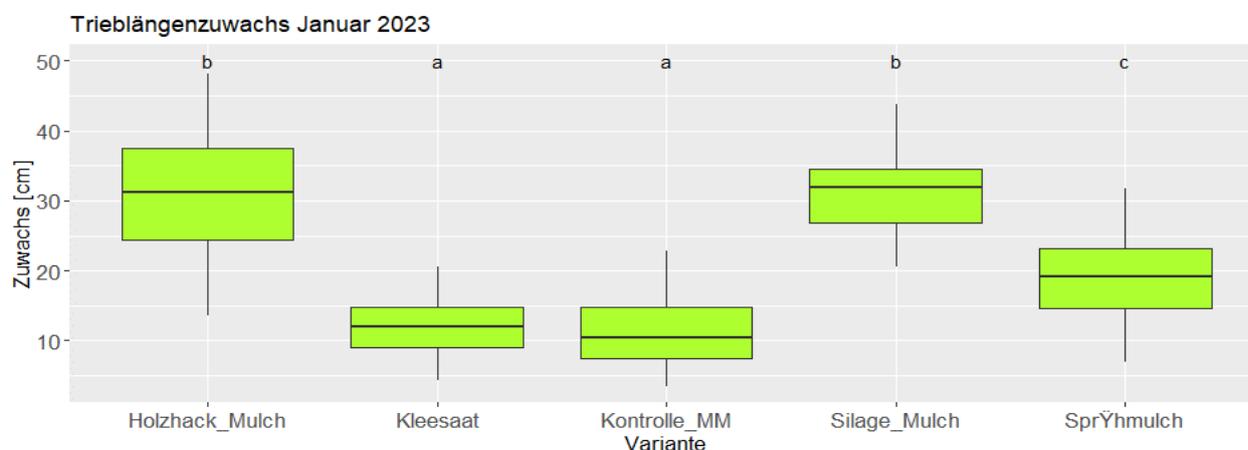


Abbildung 55: Trieb­längen­wachstum im Jahr 2022

6.3 Blütenbonitur

Bei der Blütenbonitur zeigte sich in allen Varianten ein hoher Blütenansatz über dem Vollertrag. Die Kontrollvariante hatte im Jahr 2021 einen höheren Blütenansatz als die anderen Varianten (Abbildung 56).

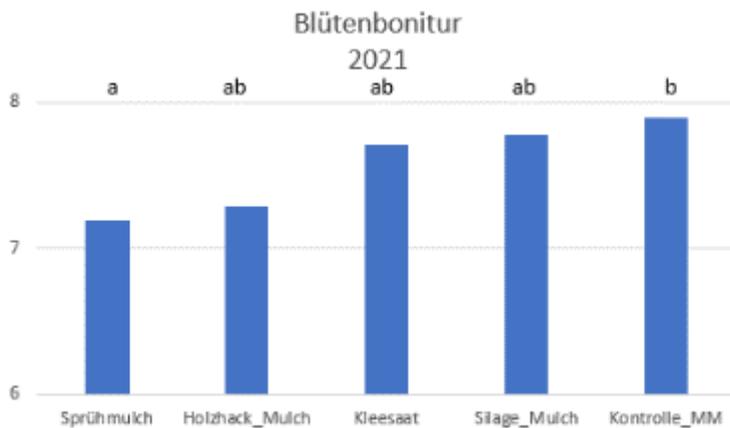


Abbildung 56: Blütenbonitur 2021

Im Jahr 2022 war der Blütenansatz in der Variante der Grassilage stat. Signifikant höher als die Kontrolle (Abbildung 57).

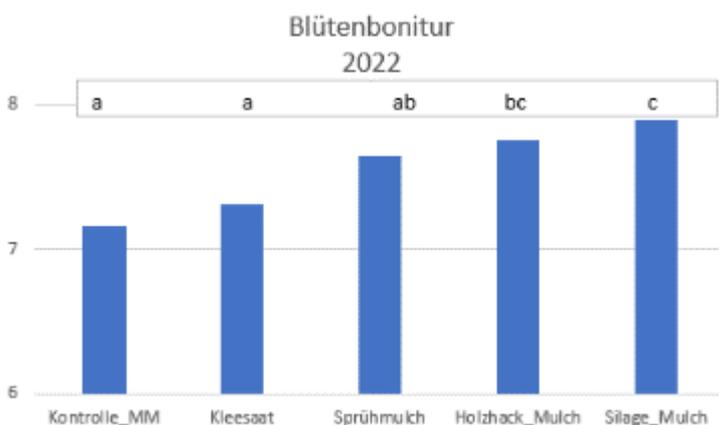


Abbildung 57: Blütenbonitur 2022

6.4 Wasserverfügbarkeit

Die Messungen mit der mobilen TDR-Sonde zeigten sowohl im Jahr 2021 wie auch in der unbewässerten Hälfte des ersten Halbjahres in 2022, dass die Kontrollvariante und die Untersaat deutlich trockener waren als die anderen Varianten (Abbildung 58 +Abbildung 59). Speziell die Grassilage hatte einen hohen Feuchtegehalt, dies war in der zweiten Vegetationsperiode nicht mehr so deutlich erkennbar, da die Silage schon stärker abgebaut war. Bei voller Wassersättigung zeigt die TDR-Sonde einen Wert von 53 %.

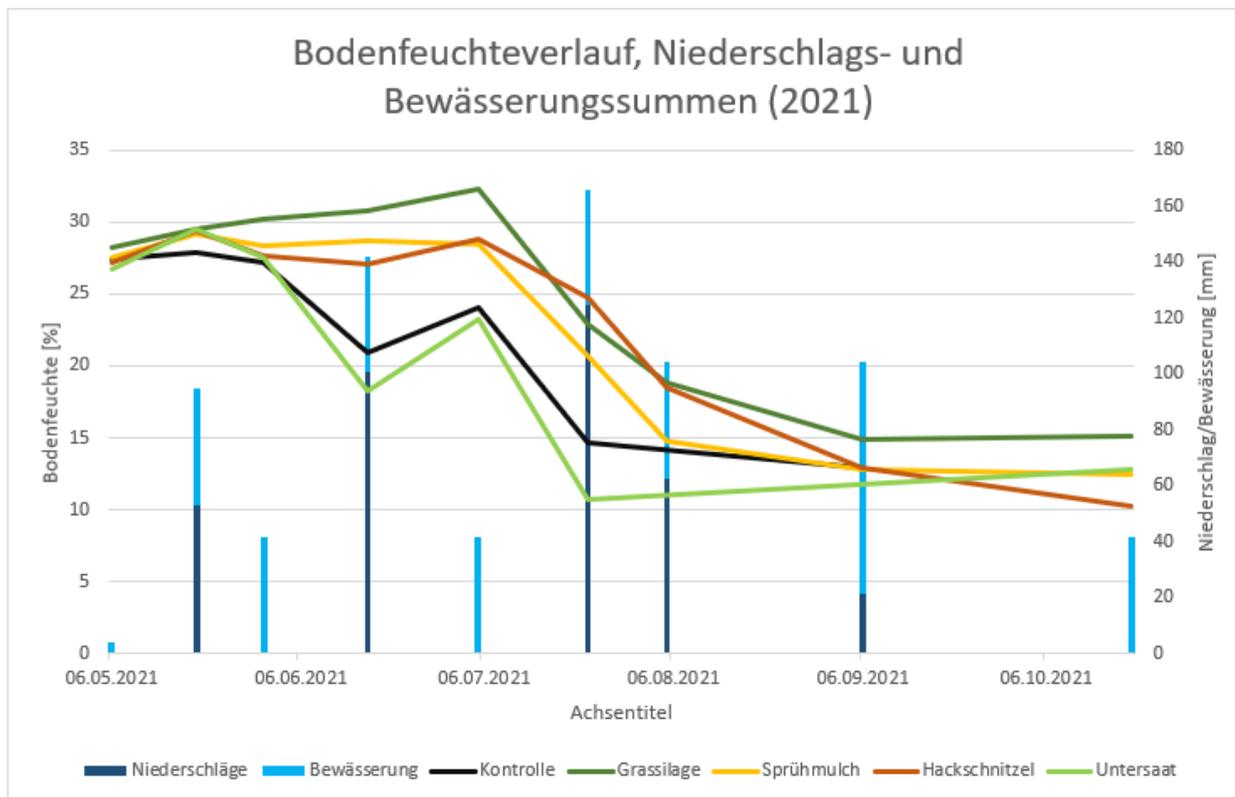


Abbildung 58: Volumetrischer Wassergehalt 2021

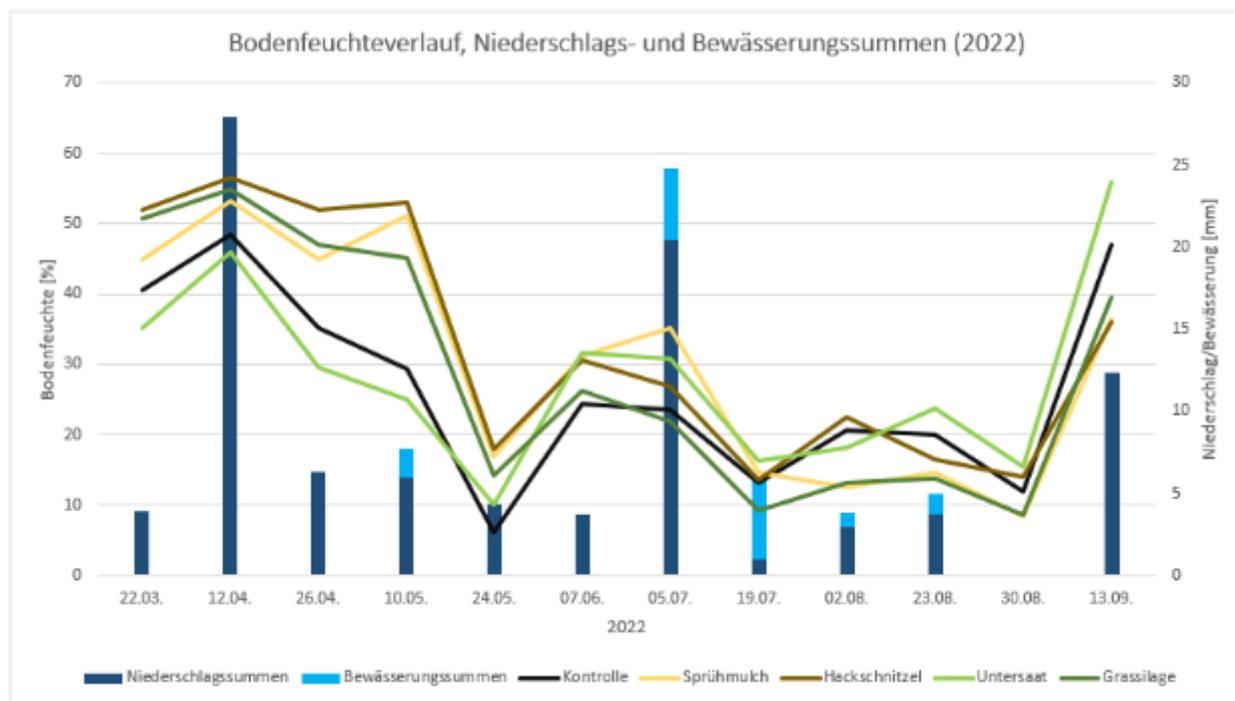


Abbildung 59: Volumetrischer Wassergehalt 2022

Bei Betrachtung der einzelnen Messtage und einem Vergleich der Varianten zur Kontrolle lässt sich feststellen, dass die Varianten Grassilage, Holzhackschnitzel und Sprühmulch jeweils an drei von 7 Messtagen in 2021 stat. Sig. Feuchter waren als die Kontrolle (Tabelle 12).

Tabelle 12: Übersicht Bodenfeuchte 2021

Bodenfeuchte 2021	Sig. feuchter als Kontrolle	Sig. trockner als Kontrolle
Holzhack	3 von 7	
Grassilage	3 von 7	
Sprühmulch	3 von 7	
Untersaat		1 von 7
Keine sig. Unterschiede	4 von 7	

Im Jahr 2022 war die Variante mit den Holzhackschnitzeln an 6 von 9 Messtagen stat. Sig. Feuchter als die Kontrolle und damit insgesamt am feuchtesten (Tabelle 13).

Tabelle 13: Übersicht Bodenfeuchte 2022

Bodenfeuchte 2022	Sig. feuchter als Kontrolle	Sig. trockner als Kontrolle
Holzhack	6 von 9	
Grassilage	5 von 9	
Sprühmulch	5 von 9	
Untersaat	2 von 9	1 von 9
Keine sig. Unterschiede	2 von 9	

6.5 Blattanalysen

Im August wurden 50 g Frischmasse an Blättern pro Variante entnommen und ins Labor gegeben. Bei der Analyse zum Gesamtstickstoff liegen die Holzhackschnitzelvariante und der Sprühmulch im Idealbereich. Die anderen Varianten liegen über 2,6 % (Abbildung 60).

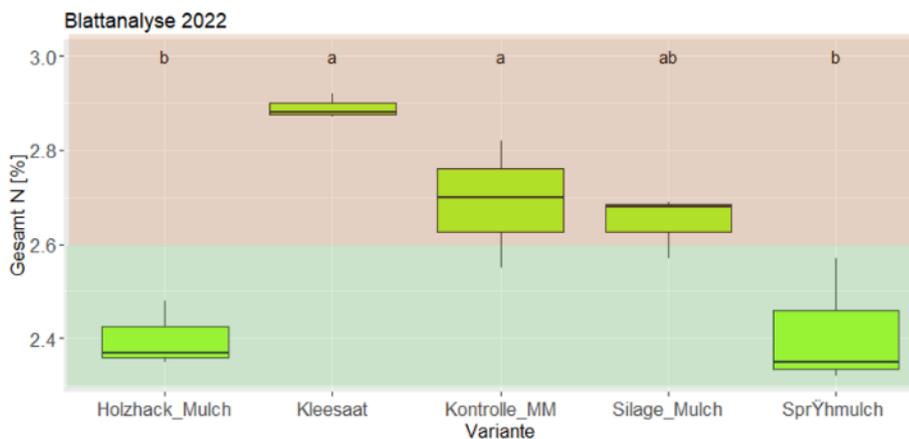


Abbildung 60: Blattanalyse Gesamtstickstoff

Bei der Phosphorversorgung im Blatt liegen alle Varianten im Idealbereich (Abbildung 61).

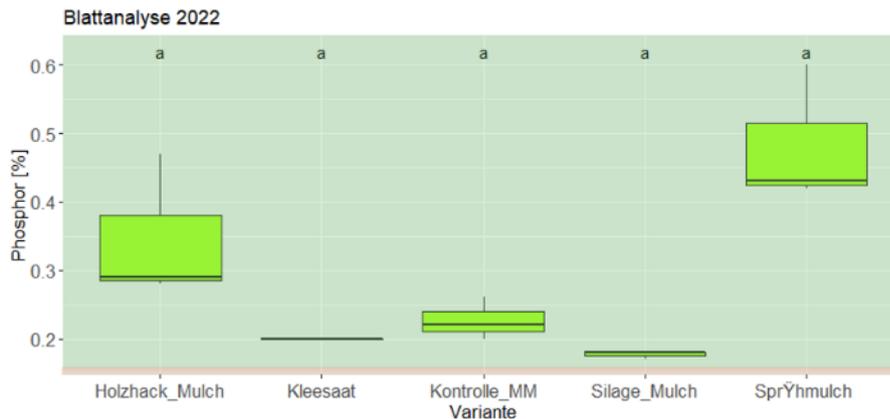


Abbildung 61: Blattanalyse Phosphor

Alle Varianten sind mit Kalium überversorgt (Abbildung 62).

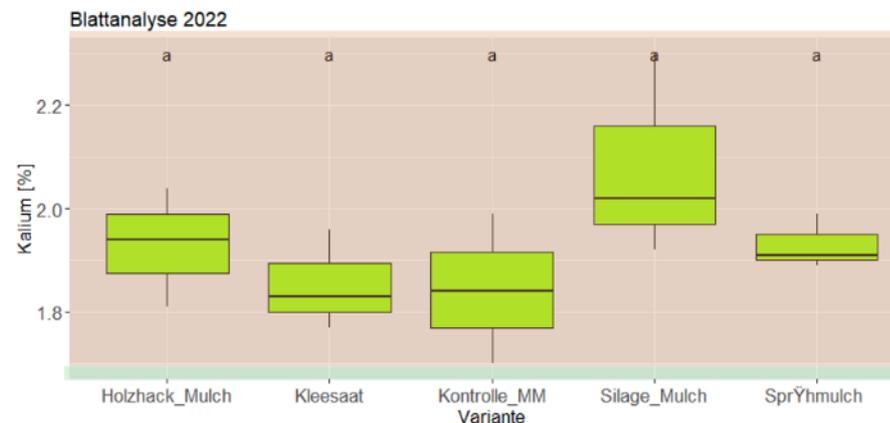


Abbildung 62: Blattanalyse Kalium

Alle Varianten liegen im Idealbereich der Magnesiumversorgung (Abbildung 63)

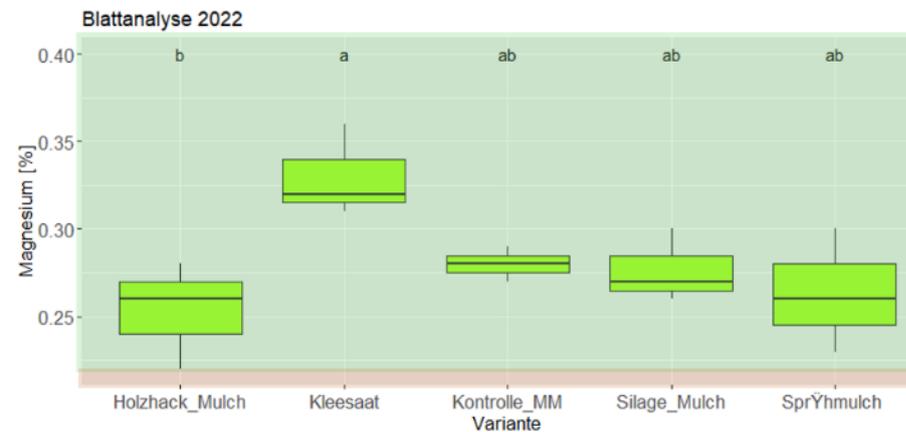


Abbildung 63: Blattanalyse Magnesium

Bei der Calciumversorgung liegen auch alle Varianten im Idealbereich (Abbildung 64).

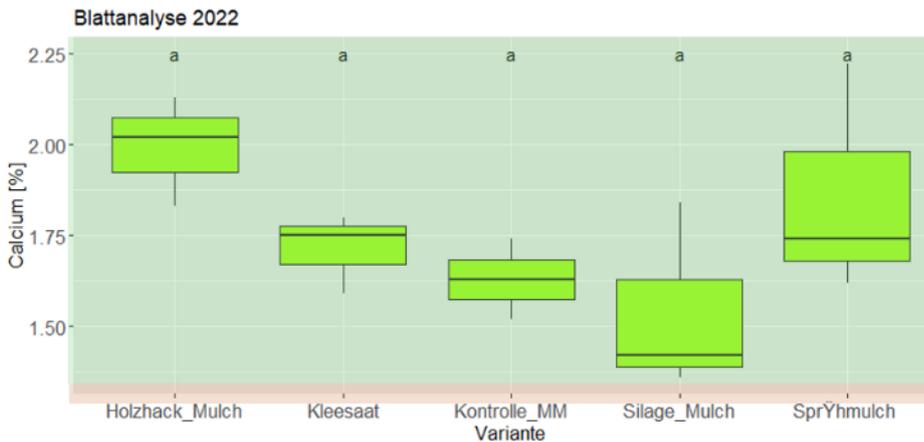


Abbildung 64: Blattanalyse Calcium

6.6 Beikrautbedeckungsgrad

Der Beikrautbedeckungsgrad ist im Jahr 2021 sowohl bei der Kontrolle als auch bei der Untersaat deutlich höher als in den anderen Varianten. Der Beikrautbedeckungsgrad und somit der Grünanteil auf den Bildern zeugt bei der Untersaat von gut aufgelaufenen Kleearten und ggf. Beikräutern. Der Grünanteil bei den Holzhackschnitzeln ist am niedrigsten, somit hatten die Hackschnitzel die beste beikrautunterdrückende Wirkung (Abbildung 65).

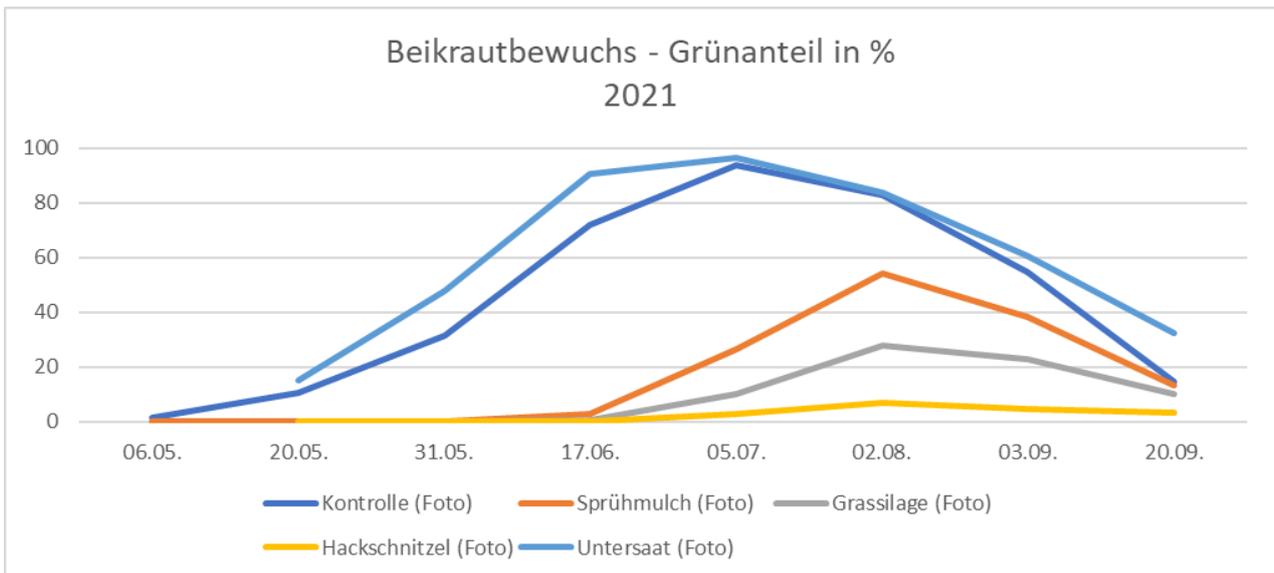


Abbildung 65: Beikrautbedeckungsgrad im Jahr 2021

Im Jahr 2022 war wieder der Bedeckungsgrad bei der Untersaat und der Kontrolle am höchsten, somit waren alle Mulchmaterialien im Einsatz gegen Beikräuter besser als die Kontrolle. Am besten hat hier auch die Variante mit den Hackschnitzeln abgeschnitten (Abbildung 66). Im Juni ist bei der Untersaat ein starker Einbruch zu sehen, dieser war bedingt durch die Hohe Trockenheit in der Anlage und das Verbräunen der Untersaat.

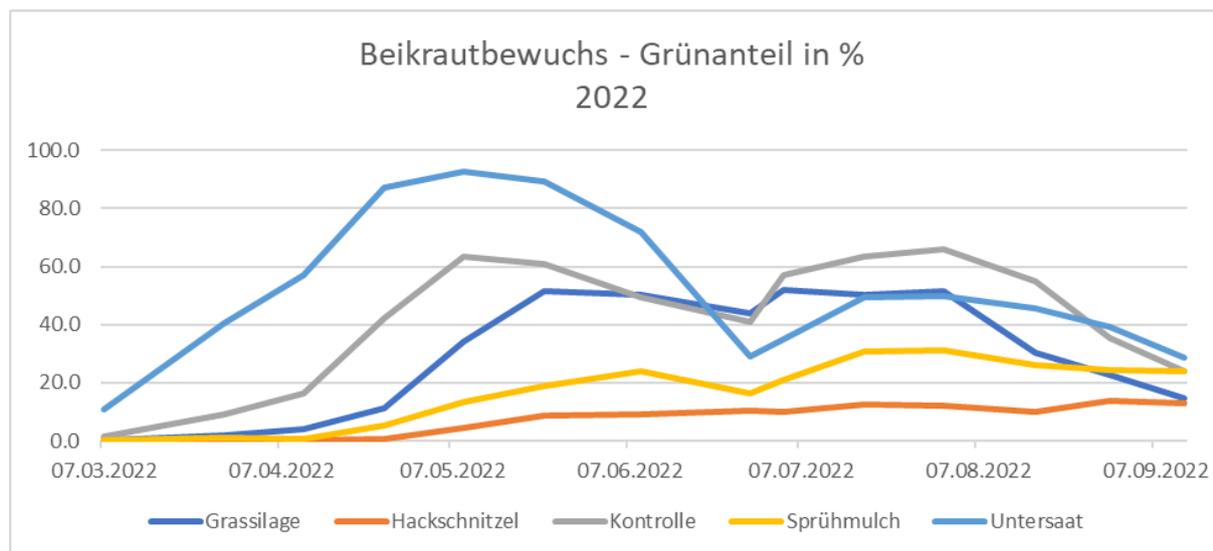


Abbildung 66: Beikrautbedeckungsgrad im Jahr 2022

6.7 Ertragsauswertung

Der Ertrag viel bedingt durch den hohen Trockenstress gering aus. Hier zeigt sich, dass der Ertrag bei den Holz hackschnitzeln im Vergleich zu den anderen Varianten besonders hoch ausfiel (Abbildung 67).

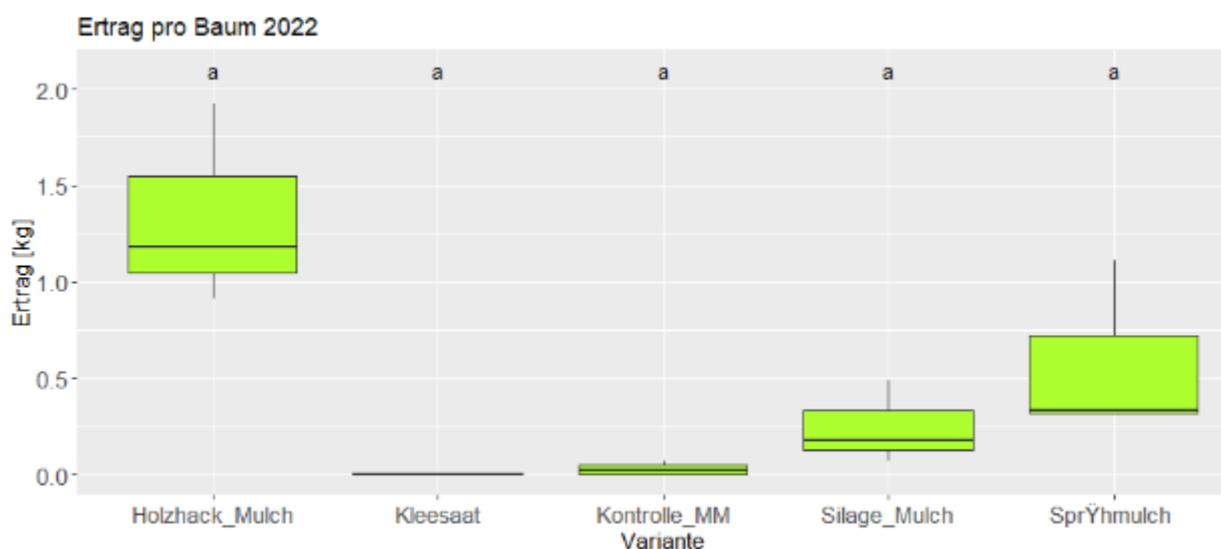


Abbildung 67: Gesamtertragsgewicht 2022

6.8 Stammdurchmesserzuwachs

Im Jahr 2021 war der Stammdurchmesserzuwachs in den Varianten Holz hackschnitzel und Grassilage stat. Sig. höher als in den anderen Varianten (Abbildung 68).

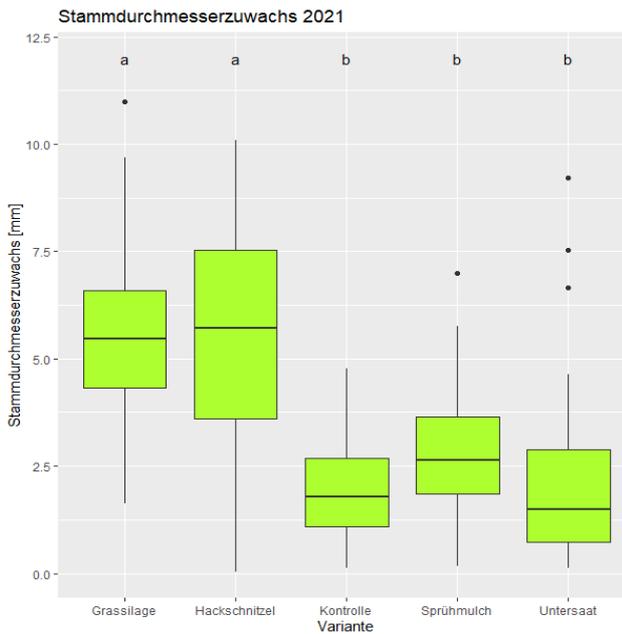


Abbildung 68: Stammdurchmesserzuwachs 2021

Im Jahr 2022 war der Stammdurchmesserzuwachs nur bei den Holzhackschnitzeln stat. Sig. Höher als in den anderen Varianten. Auch der Sprühmulch hat hier noch gut abgeschnitten (Abbildung 69). Die Grassilage schneidet im Vergleich zum Vorjahr schlechter ab, vermutlich bedingt durch die nur noch sehr dünn vorhandene Mulchschicht.

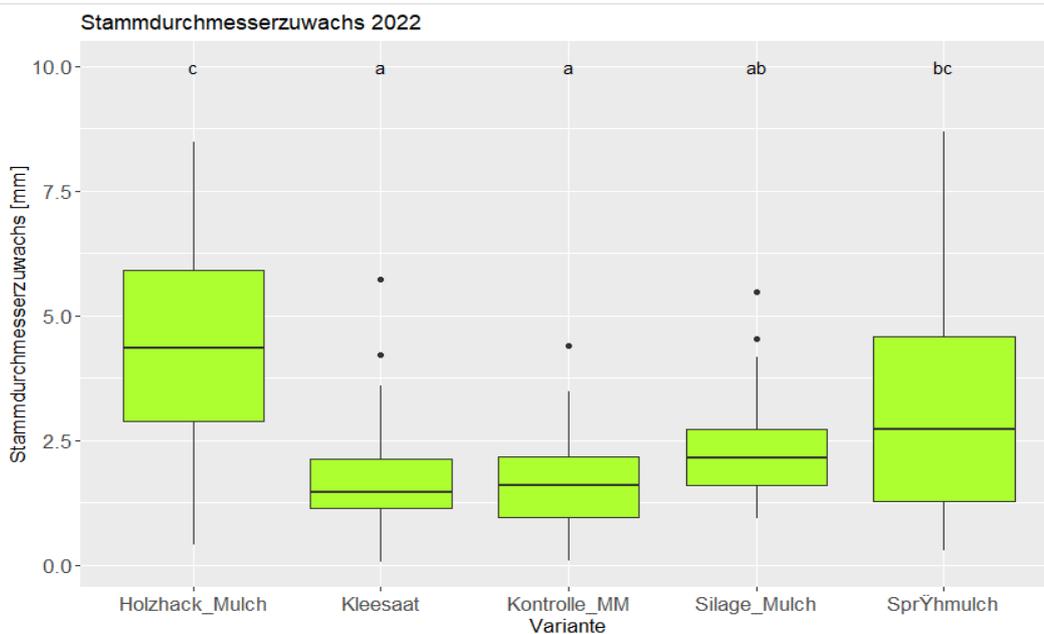


Abbildung 69: Stammdurchmesserzuwachs 2022

6.9 Bildliche Darstellung der Entwicklung der Mulchmaterialien

Die Grassilage war in der ersten Vegetationsperiode noch gut erhalten und fast kein Beikrautbewuchs zu sehen, in der zweiten Vegetationsperiode hingegen war die Grassilage im Juni bereits ziemlich weit abgebaut (Abbildung 70).



Abbildung 70: Entwicklung Grassilage

Die Untersaat ist im ersten Jahr nur zögerlich aufgelaufen. In der zweiten Vegetationsperiode ist die Untersaat relativ hochgewachsen. (Abbildung 71).



Abbildung 71: Entwicklung Untersaat

Die Hackschnitzel waren auch in der zweiten Vegetationsperiode noch gut erhalten und zeigten nur wenig Beikrautdruck (Abbildung 72).



Abbildung 72: Entwicklung Hackschnitzel

Der Sprühmulch zeigte in der zweiten Vegetationsperiode etwas mehr Beikrautbewuchs als in der ersten Vegetationsperiode (Abbildung 73).



Abbildung 73: Entwicklung Sprühmulch

Die Kontrollvariante wurde wie die restlichen Varianten nicht behandelt und zeigte daher einen hohen Beikrautdruck (Abbildung 74).

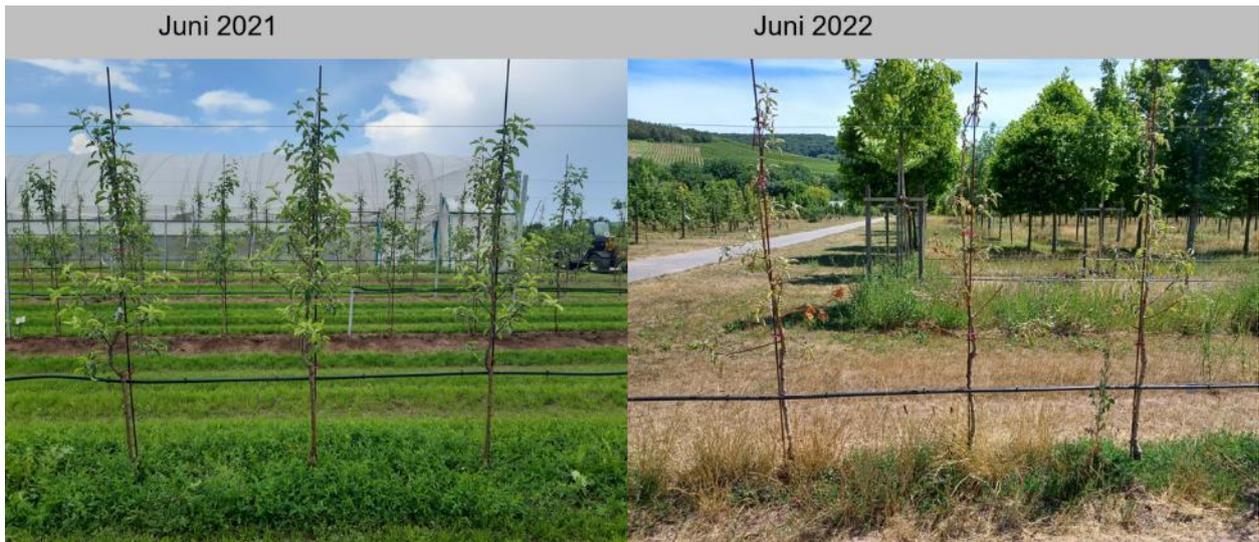


Abbildung 74: Entwicklung Kontrollvariante

6.10 Weitere Beobachtungen

In der zweiten Vegetationsperiode wurden Bäume von dem runzligen Obstbaumsplintkäfer, welcher ein Schwächeparasit ist befallen (Abbildung 75).



Abbildung 75: Befall durch den runzligen Obstbaumsplintkäfer

In den Sprühmulchvarianten konnte ein Pilzbefall mit dem Pilz *Schizophyllum commune* festgestellt werden (Abbildung 76). Der Pilz war an drei Bäumen zu finden. Der Spaltblättling ist weit verbreitet und kommt an Laubäusern häufig vor. Besonders oft ist er zu finden in Zusammenhang mit Sonnenbrandschäden an Bäumen (Arbofux, 2023).

Der Pilz war an Stellen zu beobachten an denen der Baum durch die Applikation vom Sprühmulch getroffen wurde und sich dadurch schwarz verfärbte.



Abbildung 76: Befall durch den Pilz *Schizophyllum commune*

Im Mulchmaterialienversuch sind insgesamt 10 Bäume abgestorben, bedingt durch unterschiedliche Ursachen. In der Silage sind 4 Bäume bedingt durch den Befall mit dem runzligen Obstbaumsplintkäfer abgestorben, in der Kontrollvariante sind bedingt durch einen Mäuseschaden 3 Bäume ausgefallen. In der Untersaat sind drei Bäume durch Trockenstress und den Befall des runzligen Obstbaumsplintkäfers abgestorben und in der Sprühmulchvariante ist ein Baum eventuell durch die Schwächung durch den Pilz abgestorben.

6.11 Kostenaufstellung

Die Hackschnitzel sind teurer als die restlichen Varianten, allerdings können diese auch für zwei Vegetationsperioden eingesetzt werden. Die Preise sind aus dem Frühjahr 2023 und der Holzpreis ist wirtschaftlich bedingt stark angestiegen. Bei den Kosten für den Sprühmulch ist zu erwarten, dass diese in Zukunft noch abfallen werden, da die Abnahmemengen aktuell noch sehr gering und auf Versuchsbasis sind (M. Kirchinger, 2022). Die Kostenaufstellung betrachtet nur die reinen Materialkosten, keine Ausbringungs- oder Maschinenkosten. Die Preise der Materialien können variieren.

Tabelle 14: Kostenaufstellung Mulchmaterialien

	Menge für 48 m ²	Kosten für 48 m ²	Kosten pro m ² [€]	Haltbarkeit
Holz hackschnitzel	5 m ³ , 1500 kg	292 €	6.08 €	Zwei Vegetationsperioden
Grassilage	2 Rundballen	80 €	1.67 €	Eine Vegetationsperiode
Sprühmulch	240 kg	144 €	3.00 €	Eine Vegetationsperiode
Untersaat	ca. 10 € pro kg Saatstärke: 5 g pro m ²	2.40 €	0.05 €	Zwei Vegetationsperioden

7 Diskussion und Fazit

7.1 Diskussion und Fazit Bodenzuschlagsstoffe

Bei Betrachtung des Triebblängenzuwachses ist der Zuwachs in der Variante Humicraft sowohl im ersten als auch im zweiten Jahr am höchsten, allerdings nicht signifikant besser als die Kontrolle. Die Variante Pflanzenkohle hat im ersten Jahr stat. sig. weniger Zuwachs als die anderen Varianten, im zweiten Jahr hat sich dieser Effekt nicht mehr gezeigt.

Bei dem Stammdurchmesserzuwachs kommt es zu ähnlichen Erkenntnissen, auch hier hat die Pflanzenkohle im ersten Jahr einen deutlich schlechteren Zuwachs als die anderen Varianten. Dies lässt sich durch einen zu nahen Kontakt der aufgedüngten Pflanzenkohle mit den Wurzeln und daraus folgenden Verbrennungen durch zu hohe Salzgehalte erklären.

Bei dem Tastversuch in Igensdorf war der Zuwachs des Stammdurchmessers in der Variante Leonardit signifikant höher als in der Kontrollvariante. Der Zuwachs in der Variante mit reinem Perlhumus war hier am geringsten. Auch bei dem Perlhumus handelt es sich um Leonardit nur von verschiedenen Herstellern.

Auswertungen des Tastversuchs unter der Überdachung zeigten, dass im ersten Jahr der Stammdurchmesserzuwachs der Variante Novovit Frutta am höchsten und in der Kontrolle am niedrigsten war. Durch den Trockenstress fielen im Jahr 2021 in der Pflanzenkohlevariante am meisten Bäume aus mit 6 von 10 Bäumen. Bei den überlebenden Bäumen war der Zuwachs in der Variante Stockosorb im Jahr 2022 am besten. Auswertungen des Triebblängenzuwachses im Jahr 2021 zeigen den höchsten Zuwachs beim Gesteinsmehl unter der Überdachung.

Mit Fokus auf den randomisiert angelegten Versuch zeigt sich Humicraft Liquid bei den vegetativen Wachstumsparametern hier am besten. Der Pflanzenstimulator scheint durch die Kombination der Wirkung aus Leonardit, Braunalgen und Aminosäuren einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwachstum zu haben. In einem Versuch mit Erbsen aus Kroatien zeigte sich auch, dass Humicraft Liquid das Pflanzenwachstum im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle steigerte (Adrijana Filipović, 2022).

Der Blütenansatz ist bei allen Varianten ähnlich nur im zweiten Jahr zeigt sich in der Pflanzenkohle ein etwas niedrigerer Blütenansatz als in den anderen Varianten. Bei der Auswertung des Ertrags im Jahr 2022 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, Humicraft hatte allerdings den höchsten und Pflanzenkohle den niedrigsten Ertrag. Auch bei den generativen Wachstumsparametern werden somit die Erkenntnisse der vegetativen Wachstumsparameter bestätigt.

Im Jahr 2022 wurde die Bodenfeuchte auf verschiedene Art aufgenommen. Die Messungen mit der mobilen Sonde bis 10 cm Tiefe zeigten, dass die Varianten Be Grow, Pflanzenkohle, Perlhumus + Bio Health und Stockosorb über das Jahr gesehen einen etwas höheren Feuchtegehalt hatten.

Die Messungen des Feuchtegehalts durch die fest installierten Bodensensoren zeigte, dass die Variante Perlhumus + BioHealth und Kontrolle im oberen Feuchtebereich lagen. Die kontroversen Ergebnisse könnten auf die unterschiedlichen Messtiefen der einzelnen Verfahren zurückzuschließen sein.

Die Saugspannungsmessungen zeigten speziell im Teil der Vegetationsperiode, der starkem Wasserstress ausgesetzt war hohe Unterschiede zwischen den Varianten. Hier waren die Varianten Be Grow und Gesteinsmehl am feuchtesten. Bei Betrachtung des Zeitraums in dem regelmäßig bewässert wurde sind die Varianten Leonardit und Perlhumus + BioHealth am feuchtesten.

Die beste Wasserverfügbarkeit in der Pflanze gemessen mit der Scholanderkammer zur Mittagszeit hatten die Varianten Pflanzenkohle und Humicraft. Einmalig durchgeführte Messungen mit der Scholanderkammer früh morgens zeigten die beste Wasserversorgung im Bereich der Wurzeln bei den Varianten Kompost und Pflanzenkohle.

Die differenten Ergebnisse der Wasserverfügbarkeit in den einzelnen Varianten können sich zum einen durch die unterschiedlichen Messtiefen ergeben, aber natürlich auch durch die verschiedenen Messmethoden bedingt sein, die mehr oder weniger für die am Standort vorliegenden Bodenbeschaffenheit geeignet sind. Durch die Hohe Störanfälligkeit der fest installierten Bodensensoren der Firma Pessel konnten nur Messwerte aus dem Jahr 2022 ausgewertet werden. Interessant wäre es hier sicherlich gewesen mehr Messwerte auswerten zu können, um damit ein aussagekräftigeres Ergebnis zu erzielen.

Die vorliegenden Werte deuten darauf hin, dass durch keinen der Zuschlagsstoffe in diesem Versuchsaufbau eindeutig mehr Wasser im Boden gehalten werden konnte.

Die Bodenprobenergebnisse zeigen im Jahr 2021 den höchsten Anteil an mineralisiertem Stickstoff in den Varianten Gesteinsmehl und Perlhumus + BioHealth und im Folgejahr bei den Varianten Humicraft und Pflanzenkohle. Bei Perlhumus + BioHealth spiegeln sich die hohen Stickstoffwerte auch in den Blattanalysen aus dem Sommer wider allerdings nicht bei Gesteinsmehl.

Die Bodenprobenergebnisse zeigen eine Überversorgung in allen Varianten mit Phosphor. Die Blattanalysen liegen im Idealbereich bis auf die Varianten Gesteinsmehl und Leonardit die unter dem Idealbereich liegen.

Kalium liegt im Boden überwiegend im Normalbereich, wohingegen die Blattanalysen in allen Varianten außer Humicraft Überversorgt sind. Bei Magnesium und Calcium liegen alle Werte der Blattanalysen im Idealbereich, wobei BeGrow deutlich weniger versorgt ist.

Die Betrachtung der Kosten zeigt, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Preisen für die Zuschlagsstoffe gibt, so liegen das Gesteinsmehl und die Pflanzenkohle bei 100 Euro für 100 Bäume und die Produkte Humicraft Liquid und Stockosorb Gel nur bei wenigen Euro für 100 Bäume.

Bezüglich der Wirksamkeit der Zuschlagsstoffe sollte auch die Ausbringungsmenge nicht außer Acht gelassen werden. So kann z. B. 1 kg Gesteinsmehl nur 0,4 kg Wasser speichern. Nachdem ein Baum am Tag einen deutlich höheren Verbrauch hat, können die Zuschlagsstoffe zwar Beihilfe bei der Wasserversorgung leisten aber keine ausreichende Wasserversorgung garantieren.

Grundsätzlich ist es mit Sicherheit ein guter Ansatz Bodenzuschlagsstoffe einzusetzen, um somit auch langfristig die Bodenstruktur zu verbessern. Hier zeigt sich weiterer Forschungsbedarf um unseren Böden, die Grundlage für den Gartenbau sind, für die zukünftige Produktion zu erhalten und verbessern.

7.2 Diskussion und Fazit Mulchmaterialien

Bei den vegetativen Wachstumsparametern zeigte sich, dass in beiden Jahren die Grassilage gefolgt von den Hackschnitzeln stat. signifikant mehr Trieb­längenwachstum hatte als die Kontrolle, in der zweiten Vegetationsperiode zeigte auch die Sprühmulchvariante guten Zuwachs. Der besonders gute Triebzuwachs in der Grassilage könnte bedingt durch die hohe Stickstoff­freisetzung durch den Abbau der Silage sein. Auch der Stammdurchmesserzuwachs zeigt, dass besonders die Hackschnitzel sehr gut abschneiden, gefolgt von Grassilage in 2021 und Sprühmulch in 2022. Hier lässt sich das etwas zurück gegangene Wachstum in der Grassilage im Vergleich zum Vorjahr durch die bereits relativ stark abgebaute Grassilage deuten.

Bei der generativen Entwicklung zeigte die Grassilagevariante in 2022 einen stat. Sig. höheren Blütenansatz als die anderen Varianten. Bei der Ertragsauswertung hatten wiederum die Hackschnitzel den höchsten Ertrag in 2022 von allen Varianten.

Bei Betrachtung der Bodenprobenergebnisse, zeigt sich wie zu erwarten eine stetige Verringerung des C/N-Verhältnisses bei der Grassilage sowie dem Sprühmulch. Bei den Varianten Hackschnitzel, Kontrolle und Untersaat kommt es zunächst zu einem höheren Wert, der dann wieder abfällt. Anders als zu erwarten, hatten die Hackschnitzel durch ihren Abbau keinen negativen Effekt auf das Wachstum der Bäume. Hier sollte die Auswirkung längerfristig betrachtet werden. Versuche der Fachhochschule Erfurt zeigten, dass die N-Immobilisierung durch Hackschnitzel den höchsten Wert nach vier Jahren erreichte, bevor der Wert dann langsam wieder absank (Müller, 2003). Die Stickstoff Mobilisierung sowie Immobilisierung bedingt durch die Mulchmaterialien kann einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Kultur haben.

Der Wassergehalt im Boden war im Jahr 2021 an drei von sieben Messtagen in den Varianten Grassilage, Holzhackschnitzel und Sprühmulch signifikant höher als in der Kontrolle. In der zweiten Vegetationsperiode war speziell die Hackschnitzelvariante feuchter als die anderen Varianten, diese war um bis zu 10 % volumetrischer Wassergehalt feuchter als die Kontrolle. Auch hier dürfte die bereits stark abgebaute Grassilage im zweiten Jahr einen hohen Einfluss gehabt haben. Untersuchung der Fachhochschule Erfurt zeigten, dass durch langfristige Mulchung mit Hackschnitzeln die Aufnahme von Wasser im Mittel über sieben Jahre deutlich höher war als in der Brach-Variante. (Müller, 2003).

Der Beikrautbedeckungsgrad war bei den Hackschnitzeln am geringsten. Darüber hinaus zeigte im ersten Jahr die Silage und im zweiten Jahr der Sprühmulch einen guten Schutz gegen Beikräuter. Untersuchungsergebnisse der Lehr- und Forschungsstation für Obstbau Klein-Altendorf, bekräftigen die positive Wirkung von Hackschnitzeln auf den Beikrautdruck (C. in der Beeck, 2006). Wie bereits erwähnt, spricht auch hier die bereits stark abgebaute Grassilage am Versuchsstandort für den erhöhten Beikrautdruck im zweiten Jahr.

Die zurückgegangene Wirkung der Grassilage macht deutlich, dass dieses Material nur für eine Vegetationsperiode geeignet ist und dann erneuert werden sollte. Im Gegensatz hierzu waren die Hackschnitzel auch im zweiten Jahr noch gut erhalten und zeigten eine effektive Wirkung.

Die unbehandelte Kontrolle sowie die Untersaat zeigten generell ähnliche, weniger erfolgsversprechende Resultate. Die Kontrollvariante war komplett unbehandelt und litt daher unter starkem Beikrautdruck. Die verwendeten Kleeuntersaaten liefen im ersten Jahr nicht gut auf. Im

zweiten Jahr unter extremer Trockenheit stellte die Untersaat für die jungen Bäume eine zu hohe Konkurrenz dar und entzog zu viel Wasser. Dies lässt darauf schließen, dass die hier gewählten Kleeuntersaaten für Standorte mit leichten, sandigen Böden speziell für junge, schwachwachsende Obstbäume nicht geeignet sind. Im Rahmen des Projekts „Domino“ durchgeführte Untersuchungen zeigten eine gute Wirkung von Untersaaten im Obstbau, jedoch auch unter dem Vorbehalt, dass die Untersaaten sich standortspezifisch sehr unterschiedlich verhalten können (Zikeli, 2021). Hier ergibt sicherlich weiteres Forschungspotenzial zu geeigneten Arten für lehmigen Sandboden, wie er am Versuchsstandort Thüngersheim vorliegt.

Der noch in der Entwicklung steckende Sprühmulch lag tendenziell im Mittelfeld und zeigte positive Effekte sowohl beim Stammdurchmesserzuwachs wie beim Triebblängenzuwachs als auch beim Wassergehalt. Der Sprühmulch besticht unter den Mulchmaterialien durch seine einfache und maschinelle Ausbringungsmöglichkeit sowie keine zusätzliche Gefahr der Mäusesanlockung. Auch hier besteht weiterer Forschungsbedarf zur idealen Anwendung und zur Ausbringungsdicke, dem idealen Ausbringungszeitpunkt sowie zu eventuell phytotoxischen Wirkungen.

Besonders die Mulchmaterialien, die eine dicke Auflage bilden, bringen ein hohes Potenzial mit sich, dass sich Mäuse dort wohl fühlen. Im Versuch entstand zwar kein Mäuseschaden bei den Mulchmaterialien jedoch in der hoch aufgewachsenen Kontrollvariante, welcher zum Ausfall von Bäumen geführt hat. Hier sollte beim Einsatz von Mulchmaterialien besonders Acht gegeben werden.

Die Betrachtung der ökonomischen Sicht stand nicht im Hauptfokus des Projekts, trotzdem sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass es speziell bei größeren Flächen zu hohen Kosten durch die Materialien und die Ausbringung kommen kann und speziell ab einer bestimmten Betriebsgröße der Einsatz eines Geräts zur mechanischen Bearbeitung sinnvoller sein kann. Die teuersten Mulchmaterialien aus dem Versuch, die Hackschnitzel und der Sprühmulch liegen bei der aktuellen Preissituation bei ca. 3 Euro pro m².

Insgesamt betrachtet zeigten sowohl die Hackschnitzel als auch die Grassilage eine wachstumsbestärkende Wirkung, dies zeigt sich im Vergleich zur Kontrolle die unbehandelt war, aber auch zur Kontrollvariante, die regelmäßig gekrümelt wurde (aus dem Versuch mit den Bodenzuschlagsstoffen). Hieraus wird deutlich, dass in den Mulchmaterialien bedingt durch die vielfältigen Vorteile, wie der Düngewirkung, der Beikrautunterdrückung, der Humusbildung und des Verdunstungsschutzes, richtig angewendet, ein hohes Potenzial liegt.

8 Öffentlichkeitsarbeit

Das Projekt wurde sowohl durch die LWG als auch die anderen Versuchspartner des Interreg-Teams bereits vorgestellt und soll auch noch weiterhin vorgestellt werden.

8.1 Vorträge und Veröffentlichungen

8.1.1 Vorträge

- 1) Vorstellung des Projekts am Versuchsbeirat der LWG Veitshöchheim (9.11.2021)
- 2) Vorstellung des Projekts bei der Exkursion vom ökologischen Obstbau (8.09.2021)
- 3) Vorstellung des Projekts beim ATB in Potsdam (4.11.2021)
- 4) Fachberatertagung Obstbau in Grünberg (27.10.2021)
- 5) Vorstellung des Versuchs am Projekttag IEF (21.02.22)
- 6) Vorstellung des Versuchs am Tag für „Alternative Unkrautregulierung für Obstbau und Baumschule“ am Stutel (25.05.2022)
- 7) Vorstellung des Versuchs an der Obstbauberatertagung in Grünberg (25-27.10.22)
- 8) Vorstellung des Versuchs bei dem Bayrischen Friedhofsgärtnerverband in Erlangen (10.11.2022)
- 9) Vorstellung des Versuches beim Veitshöchheimer Obstbautag (26.01.2023)

8.1.2 Veröffentlichungen

- 1) Artikel in der Zeitschrift „Schule und Beratung“ in der Ausgabe 810/2021 Rundfunk und Fernsehen

8.1.3 Fernsehen

- 1) Beitrag des BR in der Sendung Querbeet 10.07.2023 Bodenhilfsstoffe für bessere Wasserversorgung

9 Literatur

- (2023). Von Arbofux: <https://www.arbofux.de/spaltblaettling.html> abgerufen
- Adrijana Filipović, V. V. (2022). *ECOLOGICAL PERSPECTIVES IN PEA CULTIVATION*. Von <https://ppf.unsa.ba/casopis/Finalna%20Radovi%2072.1.pdf#page=10> abgerufen
- Agrarmeteorologie*. (2022). Von <https://www.wetter-by.de/Agrarmeteorologie-BY/Wetterdaten/Unterfranken> abgerufen
- Agrarshop. (2022). Von <https://www.agrarshop-online.com/humintech-perlhumus-granules.php> abgerufen
- Agrarshop*. (2022). Von <https://www.agrarshop-online.com/humintech-humicraft-liquid.php> abgerufen
- Balmer, B. e. (2018). *Lucas Anleitung zum Obstbau*. Ulmer Verlag, 33. Auflage.
- Boku*. (2022). Von https://www.bodenkunde-projekte.huberlin.de/boku_online/pcboku10.agrar.huberlin.de/cocoon/boku/sco_6_wasserhaushalt_135f0b.html abgerufen
- C. in der Beeck, R. P. (2006). *Holzhäcksel- und Miscanthusmulch erhalten die Bodenfeuchte und Fördern die biologische Bodenaktivität sowie vegetatives und generatives Wachstum junger Obstbäume*.
- Carbuna*. (2022). Von https://carbuna.com/products/carbuna-ats-2-n-pflanzenkohle-nk-dunger-2-3-2-0?_pos=1&_psq=ats&_ss=e&_v=1.0 abgerufen
- Dr. Jacques G. Fuchs, F. (2008). *Bodengesundung mit Kompost, Biofumigation und Mikroorganismen*. Schweiz.
- Düngerexperte*. (2022). Von <https://www.duengerexperte.de/de/humintech-biohealth.html> abgerufen
- ebook-tipp*. (2022). Von <https://www.ebook-tipp.eu/versickerungsgutachten/bodendurchlaessigkeit-kf-wert/> abgerufen
- EVONIK*. (2022). Von <https://corporate.evonik.com/de/unternehmen/divisionen/nutrition-care> abgerufen
- G. Lopez, e. (2018). *Effect of shading and water stress on light interception, physiology and yield of apple trees*.
- Gartenjournal*. (2022). Von <https://www.gartenjournal.net/gesteinsmehl> abgerufen
- Ifmu*. (2022). Von <https://www.ifmu.de/baugrund/bestimmung-der-wasserdurchlaessigkeit-von-boden/> abgerufen
- Immik, E. (2012). *Bedarfsorientierte Bewässerung im Obstbau*. [https://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/Themen.nsf/7f97e4b4b5935b96c12582580050d7a5/1f4479f6de8ce415c1257aaf0052006e/\\$FILE/Brosch%C3%BCre_Bedarfsorientierte%20Bew%C3%A4sserung%20Obstbau_%2006.11.2012.pdf#](https://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/Themen.nsf/7f97e4b4b5935b96c12582580050d7a5/1f4479f6de8ce415c1257aaf0052006e/$FILE/Brosch%C3%BCre_Bedarfsorientierte%20Bew%C3%A4sserung%20Obstbau_%2006.11.2012.pdf#). Von [https://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/Themen.nsf/7f97e4b4b5935b96c12582580050d7a5/1f4479f6de8ce415c1257aaf0052006e/\\$FILE/Brosch%C3%BCre_Bedarfsorientierte%20Bew%C3%A4sserung%20Obstbau_%2006.11.2012.pdf#](https://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/Themen.nsf/7f97e4b4b5935b96c12582580050d7a5/1f4479f6de8ce415c1257aaf0052006e/$FILE/Brosch%C3%BCre_Bedarfsorientierte%20Bew%C3%A4sserung%20Obstbau_%2006.11.2012.pdf#) abgerufen

Immik, E. (kein Datum). *Bedarfsgerecht Bewässern.*

Kompostwerk Würzburg. (2022). Von <https://www.wvv.de/kompostwerk/kompost.html> abgerufen

Landwirtschaftskammer. (2022). Von

<https://www.landwirtschaftskammer.de/verbraucher/garten/gartentipp040.htm> abgerufen

M. Kirchinger, e. (2022). *Alternatives Beikrautmanagement im Obst- und Weinbau mit ökologisch unbedenklichen Substanzen und einem alternativen Mulchverfahren auf Basis Nachwachsender Rohstoffe.*

Müller, S. (2003). *Wirkung verschiedener organischer Mulchmaterialien auf den Nährstoff- und Wasserhaushalt des Bodens - Quantifizierung der Bedeutung für den ökologischen Landbau.*

Nova, D. (2022). *Deutschlandfunk Nova.* Von

<https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/grundwasser-deutschland-verliert-den-umfang-des-bodensees-an-wasser> abgerufen

Novaprot. (kein Datum). Von https://novaprot.de/images/Anhaenge/zep-70/BALCO_scheda_ZEP70_09_2018.pdf abgerufen

Novaprot. (2022). Von <https://www.novaprot.de/de/produkte/pflanzenbau> abgerufen

Novaprot, HSWT. (2022). Von https://novaprot.de/index.php/de/news/5-news_substratstudie-zu-zep70-zeolith-in-weihenstephan.html abgerufen

Pflanzzelt. (2022). Von <https://www.pflanz-zelt.de/sonstige-duenger/5109-biohealth-wsg-th-bs-1kg> abgerufen

Plantan. (2022). Von <https://plantan.de/produkt/novovit-frutta/> abgerufen

Raiffaisenmarkt. (2022). Von <https://www.raiffeisenmarkt.de/be-grow-boost-l-77198> abgerufen

Regenwasserversickerung. (2022). Von <https://www.ebook-tipp.eu/versickerungsgutachten/bodendurchlaessigkeit-kf-wert/> abgerufen

Roesel. (2022). Von <https://www.roesl.de/produkte/leonardit> abgerufen

Zikeli, S. e. (2021). *15-Effective Options on Integrated Soil Management.*
[https://orgprints.org/id/eprint/42878/.](https://orgprints.org/id/eprint/42878/)

Zinkernagel. (2022).

10 Ausblick

Ein effektives Wassermanagement wird in Zukunft noch wichtiger werden als es aktuell schon ist. Die Bodenverbesserung und damit verbesserte Wasserspeicherung, sowie die Abdeckung des Bodens zur Verringerung von Verdunstungsverlusten ist ein guter Ansatz. Hier gibt es mit Sicherheit noch einiges an Forschungs- und Entwicklungspotential. Speziell die Bodengestaltung sollte hier noch genauer betrachtet werden, um ideale Wachstumsbedingungen für Pflanzen zu schaffen. Weiterhin kann auch die Bewässerungsstrategie und Wassergabemengen noch genauer untersucht werden.

Bildnachweis: © Annika Killer, LWG-IEF 4

IMPRESSUM

Herausgeber

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim,
Telefon +49 931 9801-0, www.lwg.bayern.de

Redaktion und Gestaltung

Institut für Erwerbs- und Freizeitgartenbau (IEF), ief@lwg.bayern.de

© LWG Veitshöchheim, Nachdruck und Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.