



Endbericht zum Forschungsvorhaben A/19/01

**„Herbizidfreie Beikrautregulierung in gärtnerischen Kulturen mit besonderer Berücksichtigung von Robotik, Mulchmaterialien und Anpassung der Kulturführung inkl. Betrachtung der Arbeitswirtschaft und Kosten“**

**Herbizidfreie Beikrautregulierung in gärtnerischen Kulturen**

Projektlaufzeit:

01.12.2019 bis 30.11.2021



Endbericht zum Forschungsvorhaben A/19/01

**„Herbizidfreie Beikrautregulierung in gärtnerischen Kulturen mit besonderer Berücksichtigung von Robotik, Mulchmaterialien und Anpassung der Kulturführung inkl. Betrachtung der Arbeitswirtschaft und Kosten“**

Herbizidfreie Beikrautregulierung in gärtnerischen Kulturen

Projektlaufzeit: 01.12.2019 bis 30.11.2021

Projektleiter:               Stefan Kirchner

Projektbearbeiter:       Anna Maria Molitor

Veitshöchheim, November 2021

**Zuwendungsempfänger:**

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

## Inhalt

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Zusammenfassung .....</b>                 | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Einleitung und Problemstellung .....</b>  | <b>7</b>  |
| 2.1      | Wegfall von Herbiziden                       | 7         |
| 2.2      | Mangelnde Saisonarbeitskräfte                | 8         |
| 2.3      | Autonome Hacktechnik                         | 8         |
| 2.4      | Mulchmaterial                                | 9         |
| <b>3</b> | <b>Versuchsansatz.....</b>                   | <b>11</b> |
| 3.1      | Mulchversuche                                | 11        |
| 3.1.1    | Versuchsaufbau im Apfel                      | 11        |
| 3.1.2    | Versuchsaufbau in Himbeeren                  | 13        |
| 3.1.3    | Bonituren                                    | 14        |
| 3.2      | Autonome Hacktechnik                         | 15        |
| <b>4</b> | <b>Ergebnisse und Diskussion .....</b>       | <b>17</b> |
| 4.1      | Mulchversuche                                | 17        |
| 4.1.1    | Beikrautauflkommen                           | 17        |
| 4.1.2    | Boden  | 20        |
| 4.1.3    | Pflanzenwachstum und Ertrag                  | 22        |
| 4.1.4    | Kosten und Wirtschaftlichkeit                | 25        |
| 4.2      | Autonome Hacktechnik                         | 27        |
| <b>5</b> | <b>Zusammenarbeit und Kooperationen.....</b> | <b>31</b> |
| <b>6</b> | <b>Öffentlichkeitsarbeit .....</b>           | <b>32</b> |
| 6.1      | Vorträge und Veröffentlichungen              | 32        |
| 6.1.1    | Vorträge                                     | 32        |
| 6.1.2    | Veröffentlichungen                           | 32        |
| 6.2      | Rundfunk und Fernsehen                       | 33        |
| 6.2.1    | Rundfunk                                     | 33        |
| 6.2.2    | Fernsehen                                    | 33        |
| <b>7</b> | <b>Literatur .....</b>                       | <b>34</b> |
| <b>8</b> | <b>Ausblick .....</b>                        | <b>35</b> |



## 1 Zusammenfassung

Der Wirkstoff Glyphosat steht seit einigen Jahren stark in der Kritik. Neben der gesundheitsschädlichen Wirkung wird die Zerstörung von Habitaten für Wildtiere (Insekten) angeprangert. Durch das öffentliche Interesse und den gesellschaftlichen Druck wird der Einsatz des Herbizids immer weiter eingeschränkt, bis im Dezember 2022 die Zulassung auslaufen wird. Auch durch die Volksbegehren der letzten Jahre (Artenvielfalt & Naturschönheiten „Rettet die Bienen!“ in Bayern und Volksbegehren Artenschutz – „Rettet die Bienen“ in Baden-Württemberg) zeigt sich ein großes Interesse der Gesellschaft an einem möglichst sparsamen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Die Entwicklung neuer Technik eröffnet den Anbauern neue Möglichkeiten die Beikrautregulierung ohne Herbizide durchzuführen. Dieses Projekt hat sich mit verschiedenen Möglichkeiten im Gartenbau beschäftigt, um Wege für eine herbizidfreie Beikrautregulierung aufzuzeigen.

In den Dauerkulturen Apfel und Himbeere wurden verschiedene Mulchmaterialien ausgebracht und untersucht. In den Gemüsekulturen mit kürzeren Standzeiten wurde hingegen neuste Hacktechnik in Form eines autonom fahrenden Hackroboters getestet. Die Mulchmaterialien zeigten eine sehr unterschiedliche Beikrautunterdrückung. Während die relativ günstige Silage die Beikräuter kaum für eine Saison in Schach halten konnte, eignen sich die teureren Varianten Rindenmulch und Nadelholzspäne auch für den Einsatz über mehrere Jahre. Auch die Abdeckungen auf den Himbeerdämmen zeigten sehr unterschiedliche Haltbarkeiten. Während die Schafwollmatte und das weiße Vlies schon nach einer Saison große Beschädigungen aufwies, sieht das abbaubare Bändchengewebe, aber auch das dunkle Vlies Ökolys noch nach zwei Jahren unbeschädigt aus.

Die autonome Hacktechnik wurde in Gemüsekulturen mit konventioneller Hacktechnik verglichen und konnte im Hackergebnis ähnliche Ergebnisse bei einem häufigeren Einsatz erzielen. Ergebnisse mit der aktiven Hacke, die die Beikrautregulierung auch in der Reihe übernehmen kann, konnten leider nicht erhoben werden, da wiederholte technische Probleme eine kontinuierliche Datenaufnahme verhinderten. Es zeigt sich also, dass die autonome Technik in der Lage ist mit konventioneller Technik mithalten, allerdings steht sie auch noch ganz am Anfang ihrer Entwicklung und wird in den nächsten Jahren noch einige Überarbeitungen bekommen. Wer technikaffin ist und den Roboter gut in seinen Betriebsablauf integrieren kann, für den ist die Anschaffung sicher auch heute schon eine Überlegung wert.

Im Folgeprojekt „Innovative Methoden zur ökologischen Beikrautregulierung im Gartenbau“ sollen daher weitere autonome Hackgeräte im Obst- und Gemüsebau getestet und verglichen werden.

## 2 Einleitung und Problemstellung

Aktuell stehen die Landwirtschaft und der Gartenbau vor vielen Herausforderungen ganz unterschiedlicher Art. Der Klimawandel wirft über viele Jahrzehnte gewonnen Erkenntnisse und Praktiken durcheinander. Gleichzeitig verlangt die Gesellschaft und somit die Politik eine nachhaltige Produktion mit möglichst geringem Einsatz an Pflanzenschutzmitteln zu gleichbleibend niedrigen Preisen. Saisonarbeitskräfte, die viele der Arbeiten in der landwirtschaftlichen Produktion übernehmen, sind derweil immer schwieriger zu bekommen. In diesem Projekt sollen daher einige Methoden aufgezeigt werden, um die Praxis in diesen Fragen zu unterstützen und neue Wege aufzuzeigen.

### 2.1 Wegfall von Herbiziden

Sowohl die Gesellschaft als auch die Politik fordern eine immer stärkere Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln. Gerade in den letzten Jahren ist der Wunsch nach einer Ökologisierung der Landwirtschaft immer größer geworden. Die Ergebnisse verschiedener Studien zum Artensterben zeigen welche Auswirkungen der Mensch auf die Natur und das ökologische Gleichgewicht hat. Da die Landwirtschaft direkt in und mit der Natur arbeitet, liegt es nahe, dass sie sich gegenseitig stark beeinflussen. Daher liegt es in beiderseitigem Interesse eine nachhaltige Bewirtschaftung anzustreben.

Nach dem erfolgreichen Volksbegehren „Rettet die Bienen“ wurde 2019 das Naturschutzgesetz in Bayern angepasst. In dem sogenannten Versöhnungsgesetz ist eine Halbierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes bis 2028 festgeschrieben. Auch auf europäischer Ebene werden die Anforderungen an Landwirte immer mehr mit Naturschutzaufgaben verknüpft. Die europäische Zulassung für das Total-Herbizid Glyphosat wird außerdem im Dezember 2022 auslaufen. Durch die fünfte Verordnung zur Änderung der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung (02.09.2021) ist der Einsatz von Glyphosat bereits ab sofort in bestimmten Schutzgebieten (z.B. Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Nationalparks, usw.) untersagt. Diese Lücke muss vor allem in Dauerkulturen wie dem Obstbau durch geeignete Alternativen kompensiert werden.

| Wirkstoffname          | Anteil am Wirkstoffbereich<br>(bezogen auf BI-Werte) in % | Anwendung in Prozent aller<br>Erhebungsbetriebe |
|------------------------|---|---|
| Glyphosat              | 53,7  | 93,8  |
| MCPA                   | 26,2  | 71,0  |
| 2,4-D                  | 6,1   | 23,4  |
| Dimethenamid-P         | 4,6   | 19,3  |
| Pendimethalin          | 3,9   | 17,9  |
| Flumioxazin            | 2,9   | 6,9   |
| Flazasulfuron          | 2,4   | 9,0   |
| + 1 weiterer Wirkstoff |   |   |

Bild 1: 2019 eingesetzte Herbizid-Wirkstoffe in Apfel. (Daten aus Papa-Erhebung des Julius-Kühn-Institut 2019; [www.papa.julius-kuehn.de](http://www.papa.julius-kuehn.de))

Durch den Einsatz von Mulchfolien werden in vielen Gemüsebaukulturen bereits erfolgreich Herbizide reduziert. Allerdings bringen diese Folien andere Herausforderungen mit sich. So ist neben dem Eintrag von Mikroplastik in den Boden auch das Recycling der verunreinigten Folien äußerst problematisch. Es entsteht ein großer Anteil an thermisch verwertbaren Restmüll.

## **2.2 Mangelnde Saisonarbeitskräfte**

In der Landwirtschaft sind, neben den Familienmitgliedern, etwa 58 % der Arbeitskräfte nur saisonal beschäftigt (Statistisches Bundesamt, BMEL, Referat 123). Diese Saisonarbeitskräfte fangen die saisonalen Arbeitsspitzen während der Vegetationsperiode ab. Vor dem Hintergrund steigender Löhne und der schwindenden Bereitschaft zu körperlich anstrengender Arbeit, wird die Einstellung von geeigneten Saisonarbeitskräften zur Herausforderung. Da die Beikrautregulierung gerade im ökologischen Anbau sehr arbeitsintensiv ist, besteht das Problem genügend Arbeitskräfte zu finden nicht erst seit der Corona-Krise. Neuste Technik, die durch Digitalisierung und Automatisierung möglich gemacht wird, verspricht Abhilfe zu schaffen.

## **2.3 Autonome Hacktechnik**

Vor allem monotone Arbeiten, die einen immer gleichen Arbeitsablauf beinhalten, sind geeignet zur Automatisierung. Im Gartenbau ist das zum Beispiel die herbizidfreie Beikrautregulierung. Es wird zwischen den Pflanzenreihen gehackt und so ein Großteil der Fläche beikrautfrei gehalten. Eine Herausforderung, die schon seit einiger Zeit bearbeitet wird, ist die Beikrautregulierung innerhalb der Reihe zwischen den Pflanzen. Hier muss die Maschine in der Lage sein, zwischen Kulturpflanze und Beikraut zu unterscheiden. Im Obstbau und bei Dauerkulturen wird das häufig über Taster umgesetzt, die an den Stämmen weggedrückt werden und so die Kulturpflanze erkennen und das Hackwerkzeug einschwenken. Bei den empfindlichen Gemüsekulturen ist eine mechanische Lösung schwierig. Daher werden seit einigen Jahren Sensoren (Kameras, Laser, Ultraschall) entwickelt, um die Pflanzen zu differenzieren und die Hackwerkzeuge entsprechend zu steuern (Staub & Brell 2019). In den letzten Jahren wurden diese Geräte, kombiniert mit konventioneller Hacktechnik am Schlepper, entwickelt und werden inzwischen auf einigen Betrieben eingesetzt.

Zusätzlich zu der automatisierten Pflanzenerkennung wurden in den letzten Jahren auch einige autonom-fahrende Hackgeräte auf dem Markt eingeführt. Diese können sich ohne Fahrer auf den Feldern bewegen. In Deutschland sind zurzeit etwa vier Hersteller mit ihren Geräten am Markt vertreten. Ein Hersteller bietet seinen Hackroboter auch als Leihmodell für eine Saison an und nutzt die Vegetationspausen für die Weiterentwicklung der Geräte. Für den Nutzer entfällt dadurch die einmalige hohe Investition für die Anschaffung dieser Geräte.



Der getestete Hackroboter Dino (Fa. Naïo Technologies) ist mit einer Steuerung über GNSS/RTK ausgestattet. Die Navigation läuft also ausschließlich über Satellitendaten und verwendet Mobilfunkdaten als Referenzsignal zur Präzisierung auf 2 cm Genauigkeit. Dazu wird beim Pflanzen oder Säen die Antenne des Roboters auf die Pflanz-/Sämaschine montiert und so die zukünftige Fahrspur des Roboters genau aufgezeichnet (Bild 2). Ein zusätzlicher Arbeitsschritt zur Erstellung der Karte entfällt damit. Um während des autonomen Fahrens die Sicherheit zu gewährleisten, ist der Roboter mit einer Lasererkennung ausgestattet, die Hindernisse in der Umgebung erkennt und so einen Not-Halt einleiten kann. Weiterhin verfügt er über Drucksensoren vor den Rädern, die bei Berührung ebenfalls zu einem Stopp führen.



Bild 2: Aufzeichnung der Fahrspur mit der Antenne des Roboters auf der Pflanzmaschine

Der Roboter kann in verschiedenen Ausführungen erworben werden. Die Vollausstattung beinhaltet eine aktive Hacktechnik, die über eine Kamera die Kulturpflanzen erkennen und so auch in der Reihe eine Beikrautregulierung durchführen kann. Die Basisversion des Roboters folgt lediglich der RTK-Spur und kann mit Fingerhacken, Gänsefußscharen und weiteren Werkzeugen zum Hacken zwischen den Reihen ausgestattet werden.

## 2.4 Mulchmaterial

Unabhängig von chemischen Mitteln oder mechanischen Verfahren können Unkräuter auch durch das Abdecken des Bodens mit diversen Mulchmaterialien am Wachstum gehindert werden. Die Produktpalette reicht von klassischen PE-Folien über biologisch

abbaubaren Mulchfolien in verschiedenen Stärken bis hin zu organischen Produkten wie Rindenmulch, Holzhäcksel oder –späne.

Integriert wirtschaftende Obstbaubetriebe haben aus Kostengründen überwiegend mit Herbiziden gearbeitet. Nach dem Wegfall von Basta im Jahr 2017 ist Glyphosat als breit wirksames Präparat übriggeblieben. Da auch die Nutzung von Glyphosat aktuell und in den kommenden Jahren immer weiter eingeschränkt wird, werden Alternativen dringend benötigt.

Vor allem im Bereich des Obstbaues wird für den Einsatz von Mulchmaterialien ein zunehmendes Potential gesehen, da der Lebensmitteleinzelhandel strengere Vorgaben macht und die Anzahl von rückstandsrelevanten Mitteln weiter reduziert haben will.

An der LVG Erfurt wurde bei einem Bewässerungsversuch festgestellt, dass vor allem Nadelholzspäne eine herbizide Nebenwirkung hatten und der Beikrautdruck deutlich reduziert wurde (Möhler 2018).

### 3 Versuchsansatz

Um auf die aktuellen Herausforderungen der Praxis einzugehen wurden verschiedene Versuche zur herbizidfreien Beikrautregulierung entwickelt und durchgeführt. Im Obstbau wurde die Beikrautregulierung mittels Mulchmaterialien und Untersaaten untersucht, während im Gemüsebau mit autonomer Hacktechnik gearbeitet wurde.

#### 3.1 Mulchversuche

Im Versuchsjahr 2020 wurden zwei vierfach wiederholte Exaktversuche zu verschiedenen Mulchmaterialien im Obstbau-Versuchsbetrieb Thüngersheim angelegt.

##### 3.1.1 Versuchsaufbau im Apfel

Im März 2020 wurden 160 Apfelbäume in vier Reihen gepflanzt. Davon jeweils 80 Bäume der Sorten „Tramin“ und „Gräfin Goldach“ auf der Unterlage M9. In alle Pflanzlöcher wurde Kompost eingebracht. Unter den neu gepflanzten Apfelbäumen wurden folgende Schüttmulche und Untersaaten (Zusammensetzung siehe Tabelle 1) in randomisiertem Design mit jeweils vier Wiederholungen ausgebracht und auf ihre beikrautregulierende Wirkung getestet:

- Pinienrindenmulch
- Gartenfaser (Kompost gemischt mit Rindenmulch)
- Miscanthusmulch
- Nadelholzrindenmulch
- Nadelholzspäne
- Maissilage
- Klee-Kräuter-Untersaat
- Gras-Klee-Untersaat

Tabelle 1: Zusammensetzung der Untersaaten

| Klee-Kräuter-Untersaat |                        | Gras-Klee-Untersaat |                 |
|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|
| 50 %                   | Gelbkle                | 30 %                | Rotschwingel    |
| 28 %                   | Hornkle                | 25 %                | Dt. Weidelgras  |
| 21 %                   | Weisskle               | 20 %                | Wiesenschweidel |
| 0,5 %                  | Begleitkräuter         | 10 %                | Schafschwingel  |
| 0,4 %                  | Gemeiner Wundkle       | 8 %                 | Wiesenrispe     |
| 0,1 %                  | Schopfiger Hufeisenkle | 5 %                 | Rotes Staußgras |
|                        |                        | 2 %                 | Weißkle         |

Neben diesen Varianten wurde eine unbehandelte Kontrolle und eine Variante mit mechanischer Bearbeitung (Positivkontrolle) angelegt. Die Variante „mechanische Bearbeitung“ wurde nach Bedarf mit der Handhacke bearbeitet.

Die Mulche wurden Ende März/Anfang April 2020 in einer Höhe von circa 10 cm mit einem Kompoststreuer ausgebracht. Alle Materialien mussten anschließend mit dem Rechen glattgezogen werden. Die Miscanthushäcksel wurden zusätzlich von oben befeuchtet, um ein Wegfliegen zu vermeiden. Die Tropfrohre zur Bewässerung wurden unter dem Mulch verlegt.



*Bild 3: Ausbringung des Mulchmaterials unter den Bäumen mittels Kompoststreuer*



*Bild 4: Ausbringung des Zweikomponenten Sprühmulchs*

Im März 2021 wurden die Varianten mit Silage und Gartenfaser untergearbeitet, da sie im ersten Versuchsjahr eine schlechte Beikrautunterdrückung aufwiesen. Auch die Gras-Klee-Untersaat wurde entfernt, da die Bäume hier einen Nährstoffmangel über gelbe Blätter zeigten. Für die neuen Varianten wurde das alte Material untergearbeitet, der Boden gehackt und neu vorbereitet. Die Silage wurde durch eine Auflage mit Stroh und die Gartenfaser durch Kompost ersetzt. Anstelle der Untersaat wurde ein vom TFZ (Technologie- und Förderzentrum Straubing) entwickelter Sprühmulch aus nachwachsenden Rohstoffen aufgebracht (siehe Bild 3 und Bild 4).

Die Bewässerung erfolgte über Tropfrohre. Im ersten Versuchsjahr wurden die Apfelbäume des Versuchs gleichzeitig mit den übrigen Pflanzen im Versuchsgelände bewässert. Da sich am Ende des ersten Versuchsjahres keine Unterschiede in der Bodenfeuchte der Varianten zeigte, die Mulchmaterialien aber das Wasser besser im Boden konservieren sollten, wurde für das Versuchsjahr 2021 eine Minimalbewässerung angestrebt. Bewässert wurde hauptsächlich alle zwei Wochen, um die Fertigation der Bäume zu ermöglichen. Gedüngt wurden die Bäume 2021 von Mai bis Juli alle zwei Wochen über Fertigation mit 3,5 L Diamin N9 (entspricht 0,021 L/Baum).

### 3.1.2 Versuchsaufbau in Himbeeren

Ende Mai 2020 wurden auf zwei Dämmen verschiedenen Abdeckmaterialien in randomisiertem Design mit jeweils vier Wiederholungen händisch ausgebracht (siehe Bild 5). In die Materialien wurden je fünf Himbeerpflanzen der Sorte „Glen Ample“ gepflanzt. Folgende Materialien wurden ausgebracht:

- Bändchengewebe
- Abbaubares Bändchengewebe Ökolys
- Vliesmatte (Fa. Kelheim Fibres)
- BioCovers Unkrautvlies
- Hanf-Schafwollmatte 700g (Fa. Baur)
- Schafwollmatte

Neben diesen Varianten wurde eine unbehandelte Kontrolle und eine Variante mit mechanischer Bearbeitung (Positivkontrolle) angelegt. Die Variante „mechanische Bearbeitung“ wurde nach Bedarf mit der Handhacke bearbeitet. Zusätzlich wurden noch drei Materialien (Hanf-Schafwollmatte 400g Fa. Baur, Papier Fa. Artinova, Papier Fa. Walki) ohne vierfache Wiederholung als Tastversuch am Rand ausgebracht.

Die Tropfrohre zur Bewässerung wurden unter dem Mulch verlegt.



*Bild 5: Vorbereitung der Dämme mit Abdeckmaterialien*

Im März 2021 wurden die Varianten mit den beiden Papieren, der Vliesmatte und der Schafwollmatte entfernt, da sie bereits nach dem ersten Versuchsjahr große Schäden aufwiesen. Die Vliesmatten wurden durch eine Auflage mit Stroh ersetzt, die Schafwollmatte durch eine Klee-Kräuter-Untersaat (Zusammensetzung siehe Tabelle 1)

und die Tastversuche mit Papier wurden durch einen Sprühmulch aus nachwachsenden Rohstoffen ersetzt.

Die Bewässerung erfolgte über Tropfschläuche. Im ersten Versuchsjahr wurden die Pflanzen des Versuchs gleichzeitig mit den übrigen Pflanzen im Versuchsgelände bewässert. Da sich am Ende des ersten Versuchsjahres keine Unterschiede in der Bodenfeuchte der Varianten zeigte, die Mulchmaterialien aber das Wasser besser im Boden konservieren sollten, wurde für das Versuchsjahr 2021 eine Minimalbewässerung angestrebt. Bewässert wurde ab Ende Juni wöchentlich. Ab Mitte Juli bis Anfang September wurden die Pflanzen alle zwei Wochen mit 1,2 kg Vinsasse (entspricht 6 g/Pflanze) gedüngt.

### 3.1.3 Bonituren

Um die Wirkung der Varianten auf die Beikrautentwicklung festzustellen, wurde der Bodenbedeckungsgrad mittels Software über den Grünanteil in Fotos gemessen (siehe Bild 6). Dazu wurden mit einem Rahmen standardisierte Bilder der Oberflächen gemacht. Diese Bilder wurden über ImageJ mit dem Plugin Fiji ausgewertet. Das Programm wertet die grünen Bildanteile aus und gibt einen Prozentsatz als Ergebnis aus.



Bild 6: links: Aufnahme der Bilder für die digitale Auswertung des Grünanteils; rechts: Auswertung des Grünanteils mittels Software

Zusätzlich zum Grünanteil wurden im Versuchsjahr 2020 auch Einzelarten bonitiert, um eine Selektion bestimmter Arten durch das Mulchmaterial zu erkennen. Da dies nicht der Fall war, wurden diese Bonituren im Versuchsjahr 2021 nur noch quantitativ durchgeführt.

Neben der beikrautregulierenden Wirkung wurden weitere Parameter untersucht, die die Wirtschaftlichkeit der Anlage beeinflussen können: Bodenfeuchtigkeit, Bodenleben, Stammdurchmesser, Nährstoffgehalt im Boden, Ertrag

Die Bodenfeuchtigkeit wurde im Versuchsjahr 2020 mit einem mobilen FDR-Messstab (SWM 5000 von StepSystems) gemessen. Da sich vor allem bei sehr trockenem, hartem Boden die Messung mit dem Stab als sehr schwierig und unzuverlässig (Bodenschluss nötig) herausstellte, wurde für das Versuchsjahr 2021 ein volumetrisches Messgerät

(TDR-350 Bodenfeuchtesensor von StepSystems) angeschafft. Die Daten sind daher nicht direkt zwischen den Versuchsjahren vergleichbar. Die übrigen Wetterdaten wurden über die Wetterstation auf dem Versuchsgelände erfasst. Um die Abdeckungen im Himbeerversuch nicht zu beschädigen, wurden hier fest verbaute Sensoren zur Messung der Bodenfeuchtigkeit verwendet. Da die Sensoren der Firma StepSystems bereits nach einigen Wochen korrodierten und auch das - mit großer Verzögerung - alternativ zur Verfügung gestellte System, nach wenigen Wochen einen Ausfall wegen Feuchtigkeit verzeichnete, sind die Daten unvollständig.

Um den Einfluss der Mulchschichten auf die Böden zu untersuchen, wurden jeweils vor Beginn der Vegetationsperiode Bodenproben gezogen und analysiert.

Weiterhin wurde im Versuchsjahr 2020 die Auswirkung der Mulchschichten auf das Bodenleben gemessen, indem getrocknetes Pflanzenmaterial unter der Erde ausgebracht und das abgebaute Material nach drei Monaten gemessen und berechnet wurde (Tea-Bag-Index).

Auch der Einfluss auf das Pflanzenwachstum und die Erntemenge wurde untersucht. Bei den Apfelbäumen wurde dazu der Stammdurchmesser direkt nach der Pflanzung und dann jeweils im Herbst nach der Vegetationsperiode gemessen. Im zweiten Jahr wurde zudem eine Bonitur der Blüten durchgeführt. Zur Bestimmung der Ernte wurde der Ertrag pro Baum, das Gewicht von 20 Früchten und das Mostgewicht bonitiert. Bei den Himbeeren wurden die Rutenlänge und die Rutenanzahl im Herbst aufgenommen. Für den Ertrag wurde bei jedem Erntedurchgang die Erntemenge pro Wiederholung festgehalten.

### **3.2 Autonome Hacktechnik**

Der Hackroboter (Dino, Fa. Naïo Technologies) ist seit August 2020 auf dem Gemüsebauversuchsbetrieb der LWG in Bamberg im Einsatz. Im ersten Jahr wurde zunächst der Einsatz in verschiedenen Salatsorten und Buschbohnen ohne Exaktversuche bewertet. Dabei wurde mit einer Kombination aus Fingerhacken und Gänsefußscharen gehackt. Auch der Verschieberahmen, der die Werkzeuge per Kamerasteuerung nach der Gemüsereihe ausrichtet, wurde getestet. Das aktive Werkzeug, das auch eine Bearbeitung in den Reihen ermöglicht, stand erst ab August 2021 zur Verfügung.

Im Frühjahr 2021 wurden zwei Versuchsflächen mit Zwiebeln und Rote Beete eingesät. Es wurden drei Varianten an Hacktechnik und deren Einsatzhäufigkeit verglichen: konventionelle Hacktechnik alle zwei Wochen, Hackroboter alle zwei Wochen (Dino extensiv) und Hackroboter wöchentlich (Dino intensiv) im Einsatz. Dazu wurden jeweils drei Beete pro Variante mit der gleichen Kultur eingesät. Anschließend wurde wöchentlich die Entwicklung der Beikräuter und der Kulturpflanzen bonitiert (siehe Bild 7).



*Bild 7: Bonitur der Beikräuter in Rote Beete*

Einsatz. Die Versuche wurden Ende Juni (Rote Beete) und Ende Juli (Zwiebel) beendet, um noch weitere Kulturen testen zu können.



*Bild 8: links: Gänsefußschare und Hackschutzrollen am Roboter; rechts: Die gleichen Werkzeuge an einem konventionellen Geräteträger*

Anfang August wurde zudem die aktive Hacke geliefert, die in den weiteren Versuchen getestet werden sollte. Gepflanzt wurden zwei Sätze Salat und Kohlrabi. Die getesteten Varianten wurden genau wie in der ersten Versuchshälfte gewählt.



## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Mulchversuche

#### 4.1.1 Beikrautaufkommen

##### Apfel

Sechs Monate nach der Ausbringung, im Herbst 2020, zeigen alle Mulchvarianten im Mittel ein geringeres Beikrautaufkommen als die unbehandelte Kontrolle. Allerdings liegen nur Miscanthusmulch, Nadelholzrindenmulch und Nadelholzspäne kontinuierlich unter 20 % Beikraut-Bedeckung. Die anderen Mulchvarianten erreichten im Laufe der ersten sechs Monate im Mittel bis zu 50 % Bedeckungsgrad (siehe Abbildung 1). Wie die Abbildung 1 zeigt, liefen die Untersaaten anfänglich gut auf und wurden, wie vom Saatguthersteller empfohlen, im Juli gemäht.

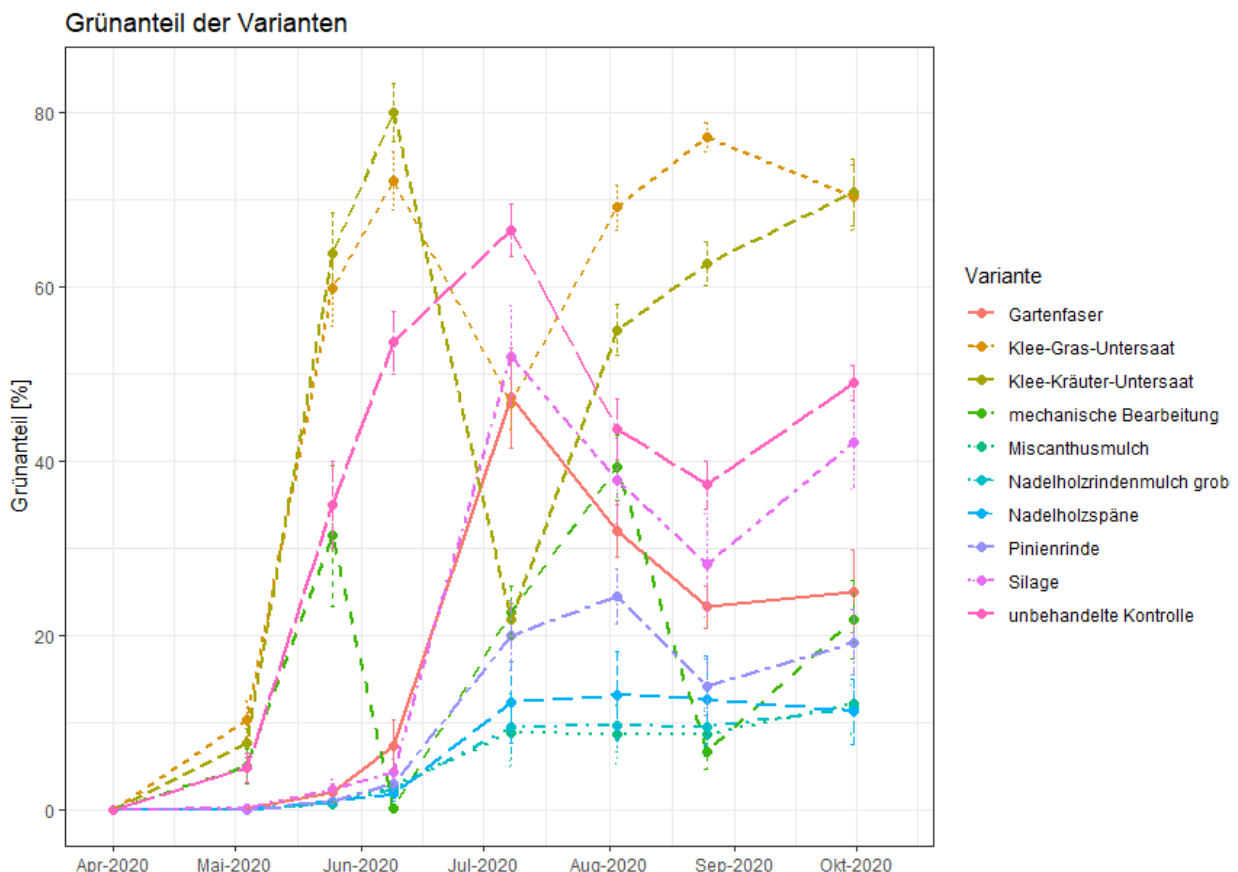


Abbildung 1: Grünanteil in den Mulchvarianten unter Apfelbäumen im Versuchsjahr 2020

Nachdem im März 2021 die ungeeigneten Varianten ersetzt wurden (siehe Kapitel 3.1.1), startete die Beobachtungsphase erneut. Der Bewuchs stieg ab Mai stark an. Da bereits im Juni von allen Varianten die 30 % Bedeckung erreicht wurde, wurde im ganzen Versuch der Baumstreifen gemäht. Damit konnte erreicht werden, dass in den meisten Mulch-Varianten der Bewuchs bei maximal ~ 50 % lag (siehe Abbildung 2).

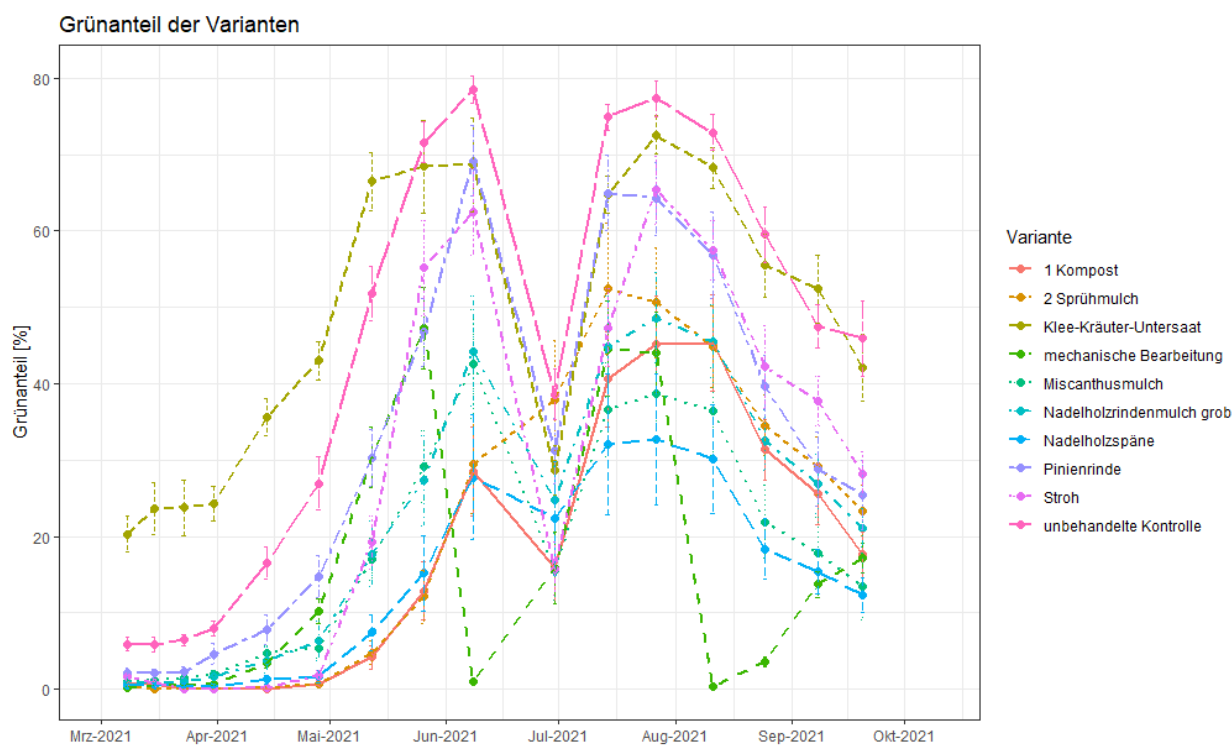


Abbildung 2: Grünanteil in den Mulchvarianten unter Apfelbäumen im Versuchsjahr 2021

Vor allem die im Jahr 2021 neu ausgebrachte Variante Stroh konnte in der Beikrautregulierung nicht überzeugen, da sie bereits im Juni über 60 % Grünanteil zeigte. Der Kompost stieg auf maximal etwa 45 % an. Auch der Sprühmulch blieb bei knapp über 50 %. Dieser sollte aber im nächsten Frühjahr wieder erneuert werden.

## Himbeere

Bis auf die Papiervarianten, zeigten alle Materialien während der ersten Saison eine gute beikrautunterdrückende Wirkung. Nur aus den Pflanzlöchern konnten bei allen Varianten vermehrt Beikräuter auflaufen. Bei den Hanf-/Schafwollmatten konnten zudem einzelne Beikräuter die Abdeckungen durchdringen. Bei den beiden Papieren wurde schon nach kurzer Zeit eine starke Beschädigung am unteren Rand des Damms durch die Mäharbeiten und anschließend durch den Wind festgestellt. Ein Teil wurde durch den Wind vollständig zerstört. Die Papiere sind somit nur für Kulturen mit kürzeren Standzeiten (z.B. Gemüse) geeignet. Gegen Ende des ersten Winters wurden außerdem starke Beschädigungen in den Varianten weißes Vlies und Schafwollmatte festgestellt. In

dem Vlies sind vor allem direkt neben den Tropfschläuchen bereits nach etwa 8 Monaten große Löcher entstanden. Die Schafwollmatte ist vor allem an den Rändern ausgerissen und weist auch sonst größere Beschädigungen auf (Bild 9). Auch diese Varianten sind daher nicht für einen langjährigen Einsatz geeignet.



*Bild 9: Beschädigungen an der Schafwollmatte nach einer Saison*

Nach der zweiten Saison lassen sich, neben dem Standardbändchengewebe, nur die Varianten abbaubares Bändchengewebe und BioCovers Unkrautvlies für einen weiteren Einsatz empfehlen (Bild 10). Alle anderen Varianten zeigten bereits in der ersten Saison (Stroh, Untersaat, Sprühmulch) oder während der zweiten Saison (Hanf-Schafwollmatte) große Schäden beziehungsweise eine sehr schlechte Beikrautunterdrückung.



*Bild 10: BioCovers Unkrautvlies auch Ende 2021 noch ohne große Beschädigungen*

## 4.1.2 Boden

### Apfel

Neben der beikrautregulierenden Wirkung wurden weitere Parameter untersucht, die die Wirtschaftlichkeit der Anlage beeinflussen können. Die Messung der Bodenfeuchtigkeit ergab im ersten Versuchsjahr keine dauerhaften signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Auch die Untersaaten zeigten keine signifikant geringere Bodenfeuchte als die anderen Varianten. Die Varianten wurden alle gleichmäßig mit Tropfschläuchen bewässert. Im zweiten Versuchsjahr wurde daher eine Minimal-Bewässerung angestrebt, um Unterschiede zwischen den Varianten herauszustellen. Zu Beginn der Vegetationsperiode zeigten sich auch leichte Unterschiede zwischen den Varianten, die sich allerdings im Laufe des Sommers aufgrund hoher Niederschläge ausglich. Signifikant höher war die Bodenfeuchtigkeit (über die ganze Vegetationsperiode) nur in den Varianten Kompost und Sprühmulch.

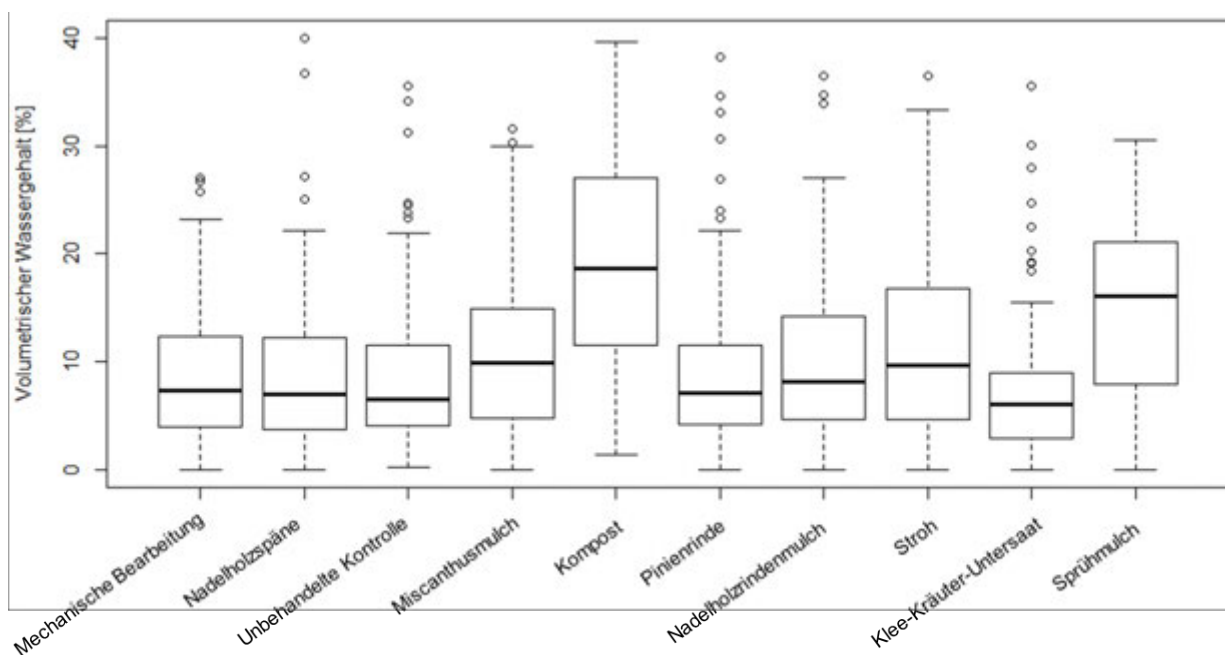


Abbildung 3: Bodenfeuchtigkeit der Saison 2021 nach Varianten

Im ersten Versuchsjahr wurde die Auswirkung der Mulchschichten auf das Bodenleben gemessen, indem getrocknetes Pflanzenmaterial unter der Erde ausgebracht und das abgebaute Material nach drei Monaten gemessen und berechnet wurde (Tea-Bag-Index). Dabei zeigte sich kein Unterschied in der Abbaugeschwindigkeit des ausgebrachten Pflanzenmaterials zwischen den Varianten (inkl. negativ und positiv Kontrolle).

Die Bodenuntersuchungen im Herbst 2020 ergaben einen höheren Nitratgehalt in der mechanischen Bearbeitung als in der unbehandelten Kontrolle oder einer der anderen Varianten. Am wenigsten Nitrat wurde in den Varianten Gras-Klee-Untersaat, Nadelholzspäne und Gartenfaser gemessen. Nach der mechanischen Bearbeitung am

meisten Nitrat wurde in den Varianten Miscanthus, Silage und Klee-Kräuter-Untersaat gemessen. Im März 2021 zeigten sich ähnliche Ergebnisse wie in der vorherigen Messung. Nur die kurz zuvor bearbeiteten Varianten Silage und Gartenfaser (untergearbeitet und durch Stroh und Kompost ersetzt) zeigten einen höheren Nitratgehalt. Die ebenfalls bearbeiteten Varianten mechanische Bearbeitung und Untersaat 1 (ersetzt durch Sprühmulch) zeigten dagegen einen geringeren Nitratgehalt als in der ersten Messung.

Auffallend zeigt sich eine sehr frühe Gelbfärbung der Blätter aller Bäume in der Gras-Klee-Untersaat (Bild 11) im Herbst 2020. Vermutlich handelt es sich dabei um die Symptome eines Stickstoffmangels durch die Konkurrenz zu den Pflanzen in der Untersaat.



*Bild 11: Frühe Gelbfärbung der Blätter in der Gras-Klee-Untersaat (links des Eisenstabs)*

## **Himbeere**

Die Messung der Bodenfeuchtigkeit zeigt in beiden Versuchsjahren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Dies kann bedingt sein durch viele technische Probleme, die mit den Messgeräten immer wieder aufgetaucht sind.

Auch in der Analyse des Bodenlebens (Tea-Bag-Index) zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten.

### 4.1.3 Pflanzenwachstum und Ertrag

#### Apfel

Der Stammdurchmesser wurde sowohl kurz nach der Pflanzung als auch jeweils am Ende der Vegetationsperiode gemessen (Mitte November 2020 und Ende Oktober 2021), um das Pflanzenwachstum zu bestimmen. Hierbei zeigte sich im ersten Versuchsjahr, dass die Varianten, die auch die beste beikrautregulierende Wirkung hatten, den größten Zuwachs zeigen (siehe Abbildung 4). Pinienrinde, Nadelholzspäne, Rindenmulch und Miscanthusmulch unterscheiden sich signifikant von der unbehandelten Kontrolle (Einfaktorielle Anova mit Tukey post-hoc Test  $p < 0,05$ ).

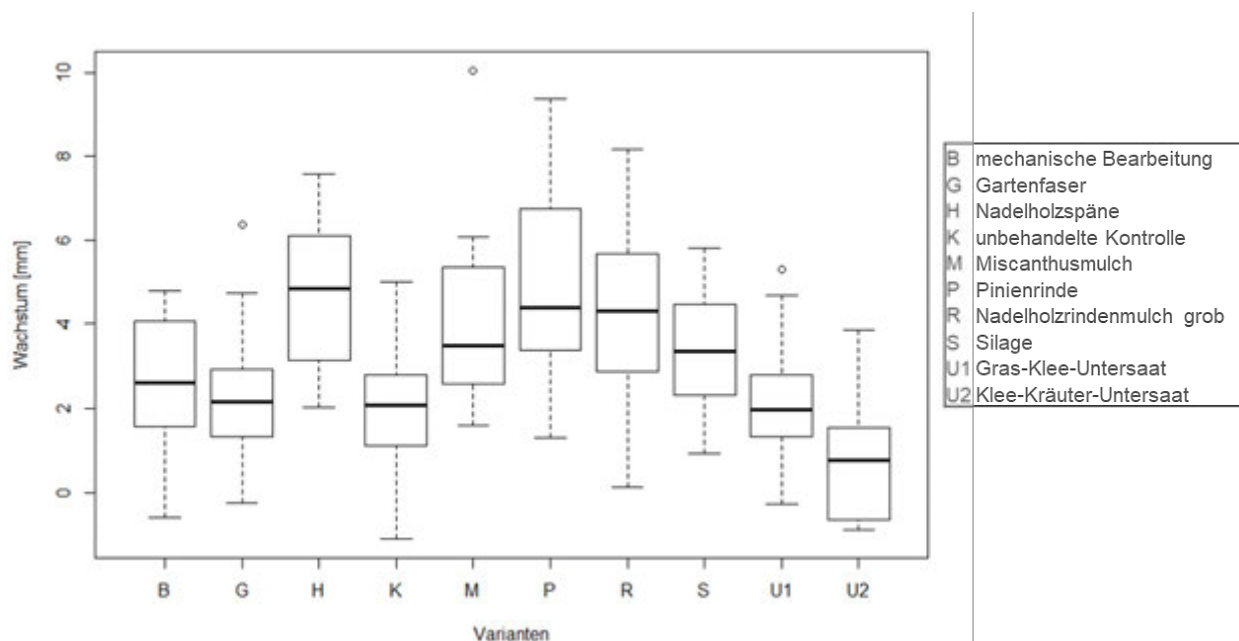


Abbildung 4: Stammzuwachs im ersten Versuchsjahr 2020

Auch im zweiten Versuchsjahr zeigen die Varianten Pinienrinde und Nadelholzspäne mit den größten Zuwachs. Ein signifikanter Unterschied zur Kontrolle kann aber nicht mehr festgestellt werden (Einfaktorielle Anova mit Tukey post-hoc Test  $p > 0,85$ ).

Im Ertrag zeigten sich im Versuchsjahr 2020 keine signifikanten Unterschiede im Erntegewicht, Fruchtgewicht oder Mostgewicht. Da es sich hierbei allerdings um eine Neuanlage handelt, werden diese Ergebnisse in den kommenden Jahren verifiziert werden.

Bei der Blütenbonitur im Frühjahr 2021 wurden für die Variante Silage (später Stroh) die meisten Blüten erfasst und für die Variante Gras-Klee-Untersaat (später Sprühmulch) die wenigsten. Nur zwischen diesen beiden Varianten konnte auch ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (paarweiser Wilcoxon-Test  $p=0,033$ ).

Bei der Auswertung der Erträge zeigte sich wiederum auch 2021 kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten. Gemessen und ausgewertet wurden die gleichen Parameter wie 2020. Die Varianten Sprühmulch (vorher Gras-Klee-Untersaat) und die unbehandelte Kontrolle hatten allerdings im Mittel am wenigsten Ertrag (siehe Abbildung 5).

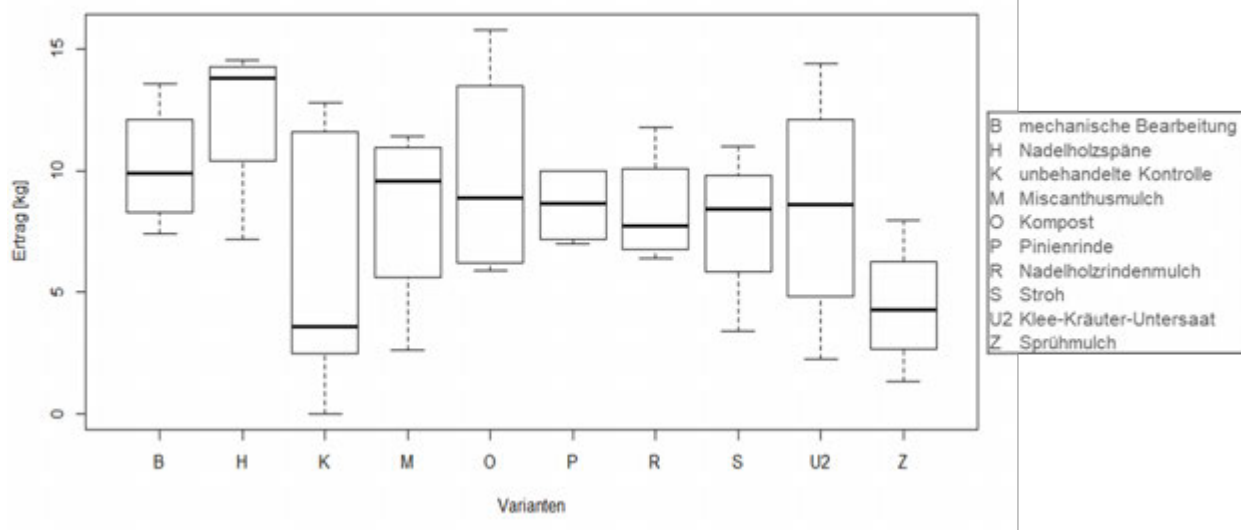


Abbildung 5: Apfelertrag 2021 pro Variante

## Himbeere

Beim Pflanzenwachstum zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der unbehandelten Kontrolle und den Varianten Schafwollmatte, Bändchengewebe und abbaubares Bändchengewebe in den Rutenlängen (Einfaktorielle Anova mit Tukey post-hoc Test  $p < 0,05$ , Bild 12). Kalkuliert man allerdings zusätzlich die Anzahl der gebildeten Ruten mit ein (Rutenanzahl x längste Rute), zeigen sich keine signifikanten Unterschiede mehr. Die Varianten mit abbaubarem Bändchengewebe und Schafwollmatten zeigen aber weiterhin die größten Pflanzen. Betrachtet man den massiven Beikrautdruck in der unbehandelten Kontrolle, der sich schon 4 Wochen nach der Pflanzung abzeichnete, ist das verringerte Wachstum in dieser Variante nicht verwunderlich. Auch im zweiten Versuchsjahr entwickelten sich die Pflanzen in der unbehandelten Kontrolle am schlechtesten. Signifikant größer wurden die Pflanzen in den Varianten Stroh (vorher weiße Vliesmatte), Bändchengewebe, abbaubares Bändchengewebe und BioCovers Unkrautvlies (Einfaktorielle Anova mit Tukey post-hoc Test  $p < 0,05$ ). Auch in der Variante Sprühmulch waren die Pflanzen signifikant kleiner als in den Varianten Stroh und Bändchengewebe.



Bild 12: Rutenwachstum im Herbst 2020 in den Varianten Bändchengewebe und unbehandelte Kontrolle. Die schwarzen Linien markieren das Wachstum der längsten Ruten.

Die erste Ernte im Sommer 2021 bestätigt die Ergebnisse des Pflanzenwachstums. Auch hier zeigten die Varianten Bändchengewebe, abbaubares Bändchengewebe und Stroh den größten Ertrag pro Pflanze, wohingegen die unbehandelte Kontrolle einen signifikant geringeren Ertrag lieferte (Einfaktorielle Anova mit Tukey post-hoc Test  $p < 0,05$ ).

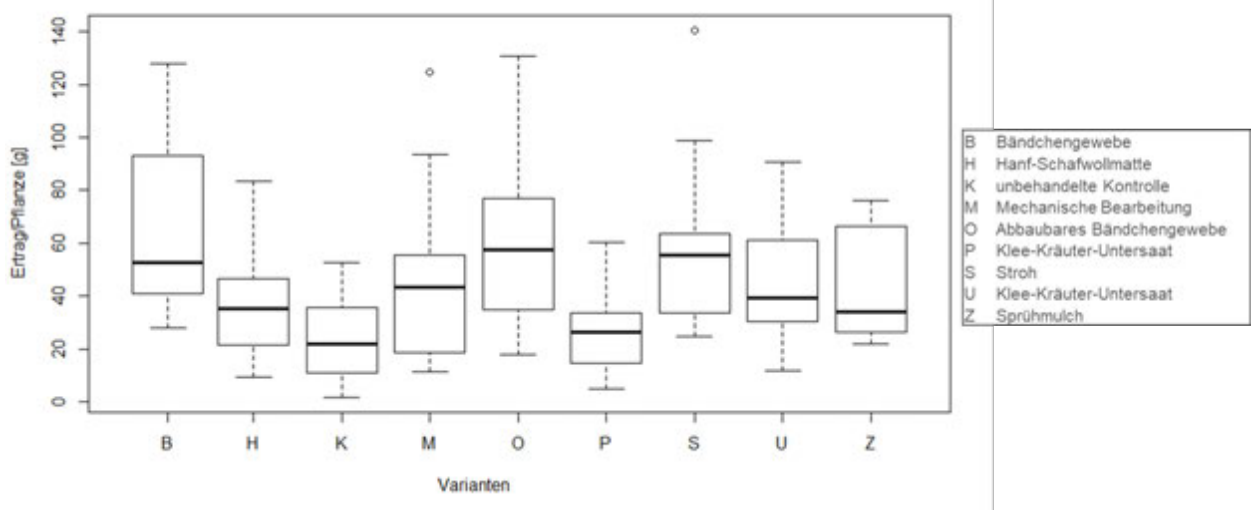


Abbildung 6: Ertrag pro Pflanze bei der Himbeerernte 2021



#### 4.1.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Betrachtet man die Kosten der verschiedenen Mulchmaterialien, zeigen sich auf den ersten Blick sehr große Preisunterschiede zwischen den Materialien. Die Silage war in diesem Versuch mit 1 €/m<sup>2</sup> das günstigste Material, während die Pinienrinde mehr als das zehnfache kostet. Verglichen mit einer chemischen oder mechanischen Beikrautregulierung, sind alle Materialien relativ teuer, weswegen sie sich über ihre längere Haltbarkeit bezahlt machen sollten. Rechnet man bei einer mechanischen Bearbeitung drei Durchfahrten pro Jahr, würde sich die Silage bereits nach 1-2 Jahren bezahlt machen.

Tabelle 2: Kosten der im Apfelversuch verwendeten Mulchmaterialien

| Produkt                              | Kosten [€/l] | Bedarf [m <sup>3</sup> ] | Aufbringhöhe [cm] | Kosten [€ pro m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------------|--------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Silage                               | 0,010        | 0,1                      | 10                | 1,00                           |
| Holzspäne (Hackschnitzel/Fallschutz) | 0,020        | 0,1                      | 10                | 2,00                           |
| Miscanthushäcksel                    | 0,035        | 0,1                      | 10                | 3,50                           |
| Pinienrinde mittel                   | 0,117        | 0,1                      | 10                | 11,67                          |
| Gartenfaser                          | 0,042        | 0,1                      | 10                | 4,20                           |
| Rindenmulch grob                     | 0,045        | 0,1                      | 10                | 4,50                           |
| mechanische Bearbeitung              | -            | -                        | -                 | 0,25                           |
| Chemisch                             | -            | -                        | -                 | 0,07                           |

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich Miscanthus, Rindenmulch und Nadelholzspäne nach den ersten beiden Versuchsjahren am besten zur Beikrautregulierung eignen und gleichzeitig einen positiven Einfluss auf den Stammzuwachs hatten. Betrachtet man zusätzlich die Kosten für das Material lassen sich die Nadelholzspäne am besten empfehlen, da sie bereits nach 2-3 Jahren auch wirtschaftlich mit einer mechanischen Beikrautregulierung konkurrieren können. Wirtschaftlich sinnvoll kann trotz der schlechteren Beikrautunterdrückung allerdings auch eine Abdeckung mit der relativ günstigen Silage sein.



Bild 13: Die Variante Nadelholzspäne im Test fotografiert nach 2 Vegetationsperioden

## Himbeere

Die Kosten der auf den Himbeerdämmen verwendeten Materialien sind sehr unterschiedlich. Einige der Materialien sind bisher auch nicht im Handel verfügbar und die Kosten daher nur ungefähre Angaben der Hersteller. Generell ist beim Einsatz auf Himbeerdämmen die langjährige Haltbarkeit der entscheidendste Faktor. Die im Versuchszeitraum am langlebigsten Materialien abbaubares Bändchengewebe und dunkles Unkrautvlies liegen preislich sehr ähnlich, allerdings deutlich höher als die nicht abbaubare Alternative des Bändchengewebes.

Tabelle 3: Kosten der im Himbeerversuch verwendeten Materialien

| Produkt                             | Kosten [€ pro m <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Mechanische Bearbeitung (Handhacke) | 0,80                           |
| Bändchengewebe                      | 0,60                           |
| Abbaubares Bändchengewebe           | 2,20                           |
| Vliesmatte weiß*                    | 1,20                           |
| Unkrautvlies dunkel                 | 2,30                           |
| Hanf-Schafwollmatte*                | 0,40                           |
| Schafwollmatte                      | 3,60                           |

\*bisher nicht im Handel verfügbar

Zusammenfassend lassen sich nach dem ersten Versuchsjahr die Varianten weißes Vlies, Schafwollmatte und die beiden Papiere für einen Einsatz auf Himbeerdämmen nicht empfehlen. Nach dem zweiten Versuchsjahr hat auch die Variante Hanf-Schafwollmatte starke Beschädigungen. Auch die im zweiten Jahr neu hinzugekommenen Varianten (Stroh, Untersaat, Sprühmulch) können für einen Einsatz auf Himbeerdämmen nicht empfohlen werden, da die Materialien von den Dämmen abrutschen und daher keine gute Beikrautunterdrückung gewährleisten werden kann. Die übrigen Varianten (Abbaubares Bändchengewebe, Bändchengewebe, schwarzes Vlies) sind auch nach zwei Versuchsjahren noch unbeschadet und werden in zukünftigen Versuchsjahren weiter untersucht, um ihre Langlebigkeit zu prüfen.



Bild 14: Die langlebigsten Varianten im Test fotografiert nach 2 Vegetationsperioden: schwarze Vlies (BioCovers), abbaubares Bändchengewebe (Ökoly) und Bändchengewebe

## 4.2 Autonome Hacktechnik

Die Ergebnisse der beiden Exaktversuche mit der autonomen Hacktechnik zeigen kein eindeutiges Ergebnis. In den Beeten, die alle zwei Wochen mit der konventionellen Technik bearbeitet wurden, fanden sich ähnlich viele Beikräuter wie in den wöchentlich mit dem Roboter gehackten Beeten. In den Versuchen mit Roter Beete zeigte der Einsatz des Roboters alle zwei Wochen eine schlechtere Beikrautregulierung, als die beiden anderen Varianten (Abbildung 7).

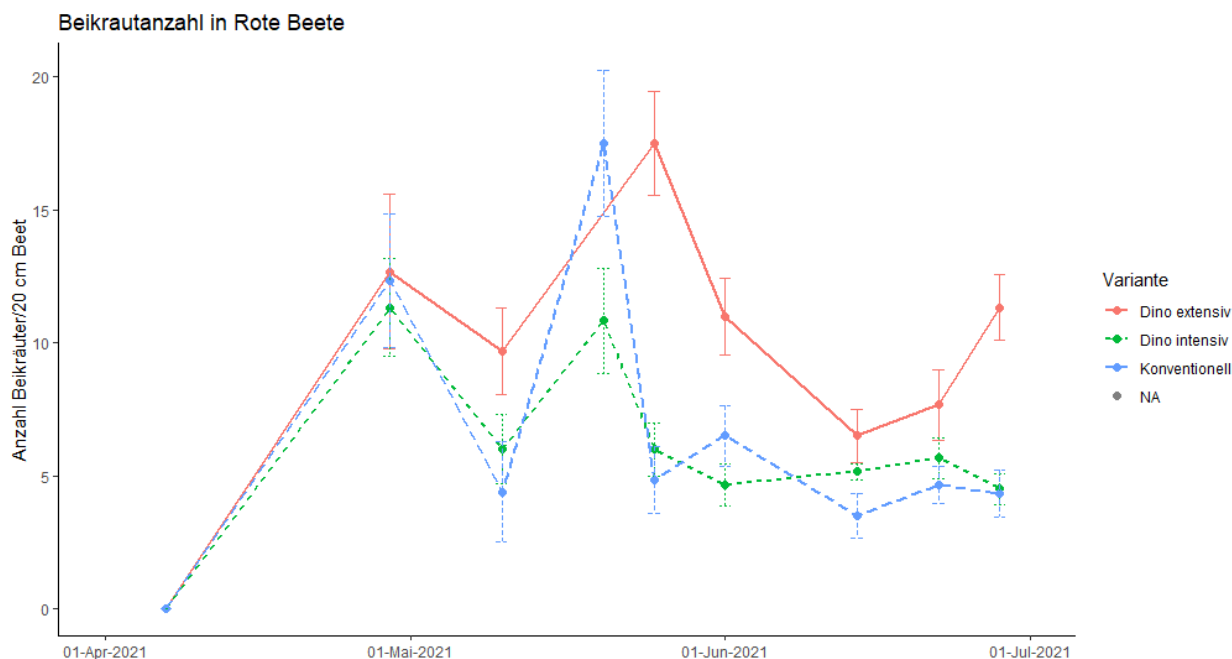


Abbildung 7: Beikrautanzahl in den drei Varianten im Versuch mit Roter Beete

Bei dem Versuch in Zwiebel wurde dies nicht bestätigt, was durch den Einsatz der Handhacke bedingt sein kann. Nach der Handhacke (Einsatz Ende Juni) stieg in den konventionell bearbeiteten Beeten der Beikrautbewuchs stärker an als in den Beeten, die mit dem Roboter gehackt wurden (Abbildung 8).

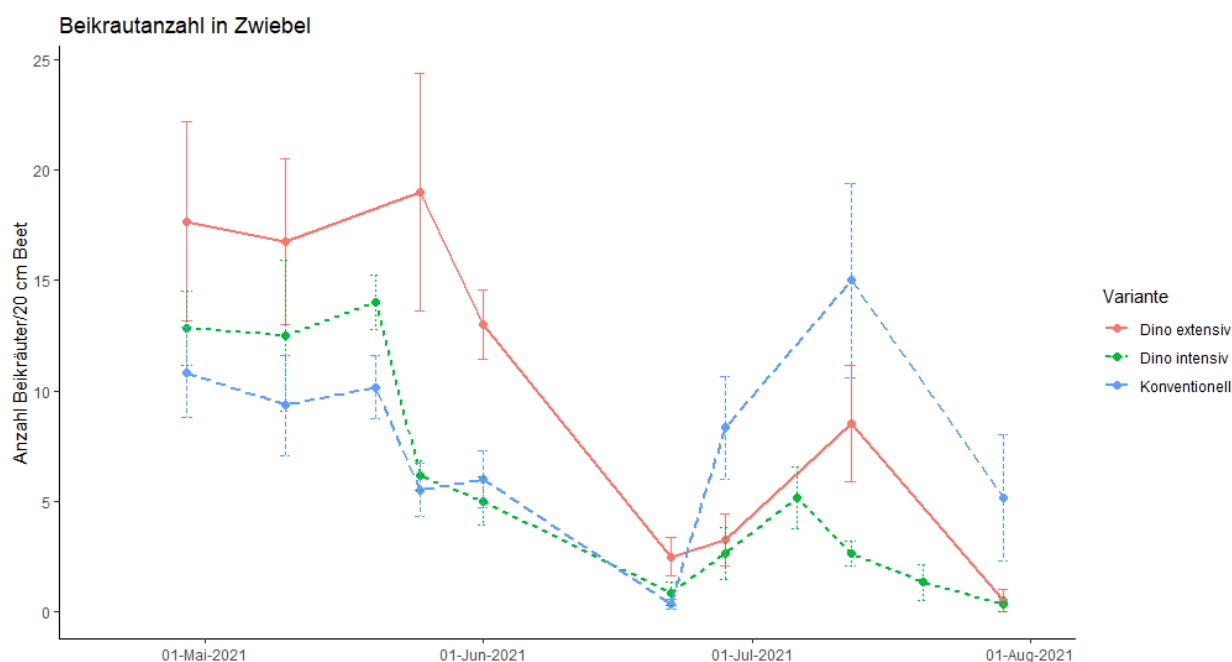


Abbildung 8: Beikrautanzahl in den drei Varianten im Versuch mit Zwiebel

Bei der Größe und der Anzahl der Kulturpflanzen konnte weder bei Rote Beete noch bei Zwiebel ein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden. Der Hackroboter verursacht also keine größeren Ernteverluste als konventionelle Hacktechnik.

Beim Vergleich der Arbeitszeiten wurden drei Arbeitsschritte verglichen: An-/Abfahrt, Einstellen der Werkzeuge und Hacken. Bei der Anfahrt zum Feld wird sowohl beim Hackroboter als auch bei der konventionellen Technik dauerhaft eine Person zum Steuern der Maschine benötigt. Beim Hackroboter dauert die Anfahrt länger als bei konventioneller Technik, da er sich maximal mit 4 km/h bewegen lässt. Müssen zur Anfahrt längere Strecken zurückgelegt werden oder öffentliche Straßen benutzt werden, kommt zusätzlich das Verladen auf einem geeigneten Transportfahrzeug hinzu. Nach dem Hacken muss der Roboter an einer Steckdose geladen werden und kann daher nicht im Feld verbleiben. Eine Möglichkeit die Akkus separat zu laden und anschließend zu tauschen ist derzeit nicht gegeben.

Auch das Einstellen der Werkzeuge gestaltet sich beim Hackroboter schwieriger als bei dem Traktor, da sich der Werkzeugträger unter der Maschine befindet und dadurch schlechter erreichbar ist. Der Umbau der Werkzeuge zwischen verschiedenen Reihenabständen erweist sich als kompliziert und aufwendig, da der Werkzeugträger nicht komplett abgenommen werden kann, sondern die Parallelogramme einzeln verschoben werden müssen (Bild 15).



*Bild 15: Fest verbauter Werkzeugträger mit einzeln abnehmbaren Parallelogrammen*

Das Hacken kann der Roboter ohne menschliche Steuerung ausführen. Trotz vielerlei Sicherheitsmechanismen ist allerdings gesetzlich eine Überwachung durch den Betreiber notwendig. Daher fällt die Arbeitszeit nicht vollständig weg. Es können allerdings andere Tätigkeiten nebenher ausgeführt werden. Je nach Betriebsablauf kann das Hacken so mit relativ geringem zusätzlichem Arbeitsaufwand integriert werden.

Nach dem Einbau der aktiven Hacke, die die Beikräuter auch in der Reihe bearbeiten kann, im August 2021 gab es immer wieder komplizierte technische Probleme, die die Datenaufnahme in den geplanten Exaktversuchen erschwert haben. Eine Datenauswertung war daher nicht möglich. In einem Versuch mit gepflanzten Salatsorten (verschiedene Sorten in einem Beet) konnte allerdings eine schlechte Erkennung von rotblättrigen Salaten festgestellt werden. Die Hacktechnik hat in dieser Reihe sehr viel mehr Salatpflanzen ausgehackt als in den grünen Reihen.

Ein weiterer Punkt, den es vor der Anschaffung des Geräts mit der aktiven Hacke zu bedenken gilt, ist die Nutzungsmöglichkeit der Technik. Ein Umbau zurück zu konventionellen Hackwerkzeugen ist nur durch den Hersteller möglich. Da ein Einsatz der aktiven Hacke in eng stehenden Kulturen, wie zum Beispiel der Zwiebel, nicht möglich ist, würde sich für diese Kultur eine Anschaffung der Basisvariante des Roboters

vermutlich mehr lohnen. Je nach Kultursortiment und Betriebsstruktur sollte daher genau überlegt werden, ob und welche Version des Roboters sich für den eigenen Betrieb rechnen kann. Klar ist, dass sich die autonome Hacktechnik in den kommenden Jahren noch weiterentwickeln und verbessern wird. Die aktuell erhältliche Technik ist in der Lage mit konventioneller Technik mithalten, hat aber noch immer Kinderkrankheiten, die es in den nächsten Jahren auszumerzen gilt. Wer allerdings technikaffin ist und den Roboter gut in seinen Betriebsablauf integrieren kann, für den ist die Anschaffung sicher auch heute schon eine Überlegung wert.

## 5 Zusammenarbeit und Kooperationen

Da das Thema Robotik in der Landwirtschaft und im Gartenbau noch sehr neu ist, sind Kooperationen und Zusammenarbeiten mit anderen Forschungsinstituten sehr wichtig, um schnelle Fortschritte zu erzielen. Im Laufe des Projekts wurde insbesondere mit der Arbeitsgruppe Agrarrobotik an der Landesanstalt für Landwirtschaft kooperiert, die verschiedene Roboter auf ihre Tauglichkeit in Feldfrüchten prüfen. Weiterhin kam über das KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) die Mitarbeit in der Arbeitsgruppe „Freilandroboter“ zustande. Dort werden von verschiedenen Experten aus dem Bereich „Robotik in der Landwirtschaft“ exakte Terminologien und Beschreibungen für Freilandrobotik festgelegt.

Auch im Bereich Mulch gab es eine Zusammenarbeit mit dem TFZ Straubing (Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe), die ein neues sprühbares Mulchmaterial entwickelt haben, welches im Rahmen des Projekts getestet wurde.

## 6 Öffentlichkeitsarbeit

Eine mehrfach verschobene Maschinenvorführung zu Hacktechnik im Obstbau und der Baumschule, konnte wegen der Einschränkungen durch die Pandemie leider nicht durchgeführt werden. Im Versuchsbetrieb in Bamberg konnte im Herbst 2021 noch eine Vorführung verschiedener autonomer Hackgeräte im Gemüsebau stattfinden. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Versuchsergebnisse konnten über verschiedene Kanäle an die Praxis und die allgemeine Öffentlichkeit weitergegeben werden.

### 6.1 Vorträge und Veröffentlichungen

#### 6.1.1 Vorträge

1. Fachschule für Gemüsebau Fürth (12.01.2021): Beikrautregulierung mit autonomer Hacktechnik
2. Veitshöchheimer Obstbautag (28.01.2021): Abdeckmaterialien auf Baumstreifen
3. Südostbayerischer Gemüsebautag (11.02.2021): Beikrautregulierung mit autonomer Hacktechnik
4. TechTalk: Robotik+Automation im Gartenbau (18.03.2021): Erfahrungsbericht über Forschungsprojekte mit dem mobilen Roboter Dino (Naïo Technologies) zur herbizidfreien Beikrautregulierung
5. Gartenbau, Nahversorgung und Digitalisierung - Netzwerkveranstaltung im Landkreis Cham und Regensburg (14.04.2021): Aktuelle technische Trends im Gartenbau
6. Statusworkshop HortiCo 4.0 (Vernetzungs- und Transferprojekt im BMEL-Förderschwerpunkt Gartenbau 4.0) (05.05.2021): Impulsvortrag „Herbizidfreie Beikrautregulierung mit dem Agrarroboter Dino“
7. Öko-Gemüsebautag Bamberg (14.09.2021): Projektvorstellung autonome Hacktechnik
8. Gemüsebauveranstaltung LVG Heidelberg (10.11.2021): Herbizidfreie Beikrautregulierung im Gemüsebau
9. Bio Austria Gemüsetage (30.11.2021): Autonome Hacktechnik für Groß- und Kleinbetriebe: Überblick und Erfahrungsberichte aus Bayern

#### 6.1.2 Veröffentlichungen

1. LWG Homepage 09/2020: Roboter trifft auf Beikraut
2. Agrarzeitung 09/2020: Dino hackt Unkraut im Salat
3. Gabot.de 10/2020: BayWa: Demonstriert Hackroboter im Salat
4. TASPO Nr 42 10/2020: Was macht eigentlich... ..ein Hackroboter namens „Dino“?
5. Besseres Obst 05/2021: Mulch – Altes Wissen neu gedacht
6. Obstbau 07/2021: Veranstaltungsbericht Veitshöchheimer Obstbautag
7. Bioland Magazin August 2021: Altes Wissen neu gedacht – Mulchmaterialien im Obstbau



8. LWG Homepage 09/2021: Veranstaltungsbericht Feldtag „Autonome Hacktechnik im Gemüsebau“
9. Bioland Magazin Oktober 2021: Kollege Roboter – autonome Hacktechnik im Test
10. Gemüse 12/2021: Robotik im Gartenbau

## **6.2 Rundfunk und Fernsehen**

### **6.2.1 Rundfunk**

IQ – Wissenschaft und Forschung auf Bayern 2 27.09.2021: Jäten per Roboter

### **6.2.2 Fernsehen**

Bayerischer Rundfunk 10/2020: Dino im Salat: Roboter für Gartenbau in Bamberg vorgestellt

## 7 Literatur

Daten aus Papa-Erhebung des Julius-Kühn-Institut 2019; [www.papa.julius-kuehn.de](http://www.papa.julius-kuehn.de)

Möhler 2018 3. Internationale Steinobst Konferenz

Statistisches Bundesamt, BMEL, Referat 123 2021 „Beschäftigung und Mindestlohn“

Staub & Brell 2019 Abschlussbericht Forschungsprojekt: „Beikrautregulierung in Ökobetrieben mit Gemüseulturen unter besonderer Betrachtung von moderner RTK Steuerungs-, Ultraschall- und Kameratechnik inkl. Arbeitswirtschaft und Kosten“

## 8 Ausblick

Eine ökologische Beikrautregulierung ist in sehr vielfältiger Form möglich, je nach Kulturen und Betriebsabläufen eignen sich unterschiedliche Möglichkeiten. Für die Betriebe ist es daher wichtig, sich mit den verschiedenen Varianten auseinander zu setzen und die beste Methode für sich zu finden. Eine Beikrautregulierung mit Mulchmaterialien ist gerade in Dauerkulturen eine Überlegung, um Arbeitszeiten zu sparen. Um auch langjährige Ergebnisse zu erhalten werden die vielversprechenden Varianten weiter beobachtet und ausgewertet. Auch die mechanische Beikrautregulierung hat viele Möglichkeiten und gerade in den letzten Jahren kommt immer neue Technik auf den Markt. Hier heißt es den Markt weiter zu beobachten, um den Bayerischen Anbauern aktuelle Informationen zur Verfügung stellen zu können. Im Folgeprojekt „Innovative Methoden zur ökologischen Beikrautregulierung im Gartenbau“ sollen daher weitere autonome Hackgeräte im Obst- und Gemüsebau getestet und verglichen werden.

### IMPRESSUM

#### Herausgeber:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)  
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim  
Telefon +49 931 9801-0, Fax +49 931 9801-3100, [www.lwg.bayern.de](http://www.lwg.bayern.de)

#### Bearbeitung:

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

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