

## **Möglichkeiten eines elektrophysikalischen Verfahrens zur Sikkation in Frühkartoffeln und Bekämpfung von ausdauernden Unkräutern**

### *Possibilities of an electrical - physical technology for desiccation of early potatoes and control of perennial weeds*

Benjamin Klauk\*, Anja Löbmann, Jan Petersen

Technische Hochschule Bingen, Berlinstr. 109, 55411 Bingen a.R.

\*b.klauk@th-bingen.de

DOI: 10.5073/20220124-064213

### **Zusammenfassung**

Durch den Wegfall von herbiziden Wirkstoffen wie Deiquat als Sikkationsmittel im Frühkartoffelanbau oder dem potenziell bevorstehenden Wegfall von Glyphosat rücken alternative Verfahren in den Vordergrund. Ein möglicher Ansatz ist die Electroherb™ Technologie der Firma Zasso®, welche auf einem nicht-selektiven, systemischen, elektrischen Fluss durch das Gefäßsystem der Pflanzen beruht, der die Zellstrukturen zerstört. Zur Eignungsprüfung in der Sikkation in Frühkartoffeln und zur Bekämpfung von ausdauernden Unkräutern wurde das Verfahren am Standort Bingen 2020 und 2021 getestet. Neben verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten (1, 3 und 6 km/h) wurden Kombinationen aus chemischen bzw. mechanischen Verfahren mit der Electroherb™ Technologie zur Krautsikkation getestet. Bei den ausdauernden Unkräutern (*Cirsium arvense*, *Elymus repens*, *Rumex obtusifolius*) wurde lediglich die Fahrgeschwindigkeit variiert (1, 3 und 6 km/h). Im Versuchsjahr 2020 wurde in allen behandelten Kartoffel-Varianten ein Absterbegrad von Blatt und Stängel von 100 % nach spätestens 14 Tagen bonitiert. In 2021 wurden in den reinen elektrophysikalischen Varianten Wirkungsgrade von 80 bis 90 % erzielt, was an feuchteren Bedingungen und einem stärkeren Krautwachstum lag. Die perennierenden Unkräuter zeigten eine hohe Wirkung auf den Spross von bis zu 100 %, jedoch trieben alle Arten in 2021 vier Wochen nach der Behandlung wieder aus, in 2020 war dies nur bei *E. repens* der Fall. Neben der Geschwindigkeit scheint die Bodenfeuchte zur Zeit der Applikation die Wirksamkeit zu beeinflussen. Durch die geringere Flächeneffizienz und zusätzliche Anschaffungskosten sind höhere Verfahrenskosten bei der Bewertung zu berücksichtigen. Zur umfänglichen Bewertung des Verfahrens fehlen noch Erkenntnisse –unter verschiedenen Einsatzbedingungen und zu potenziellen Nebenwirkungen.

**Stichwörter:** Electroherb™ Technologie, elektrophysikalische Vegetationskontrolle, Herbizidersatz, Sikkation

### **Abstract**

The omission of herbicidal active ingredients such as deiquat for desiccation in early potato cultivation or the imminent omission of glyphosate requires other methods to ensure the vegetation control. One possible approach is the Electroherb™ technology of the company Zasso®, which is based on a non-selective, systemic, electrical flow through the vascular system of the plants, which destroys the cell structures. For suitability testing desiccation in early potatoes and for control of perennial weeds, the process was tested at Bingen in 2020 and 2021. In addition to different driving speeds (1, 3 and 6 km/h), combinations of chemical and mechanical methods with the Electroherb™ technology were tested for desiccation of the leaf canopy in early potatoes. To control perennial weeds (*Cirsium arvense*, *Elymus repens*, *Rumex obtusifolius*), only the driving speed was varied (1, 3 and 6 km/h). In the trial year 2020, a 100% degree of leaf and stem dieback was recorded in all treated potato treatments. In 2021, efficacies of 80 to 90% were achieved in the electrophysical-only treatments, which was due to the wet weather conditions and better developed potato leaf canopy. Perennial weeds showed high efficacy rates on the

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online

shoots of up to 100%, but all species recovered four weeks after treatment in 2021. In 2020, only *E. repens* showed resprouting after the treatment. In addition to speed, soil moisture at the time of application seems to influence efficacy. Besides costs of the technology, for a comprehensive evaluation, there is still a lack of knowledge regarding risks for soil flora and fauna and for efficacy under different situations.

**Keywords:** Electroherb™ Technology, electrophysical weed control, herbicide substitute, siccation

## Einleitung

Mehrere Faktoren fördern die Entwicklung alternativer Pflanzenschutzverfahren. Zum einem besteht ein gesellschaftlicher Wunsch nach reduziertem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, welcher sich auch in Verordnungen und Gesetzen widerspiegelt (z.B. EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie 2009/128/EG). Des Weiteren ist der Wegfall von Wirkstoffen, deren potenzielle Auswirkungen auf die Umwelt als nicht tolerierbar angesehen werden, zu nennen. Dies führt dazu, dass in manchen Kulturen die Vielfalt an Bekämpfungsmöglichkeiten sinkt. Ein Beispiel ist die Sikkation bei Kartoffeln. Bis 2019 war der Einsatz von Deiquat (z.B. Reglone) in vielen konventionellen Kartoffelbetrieben gängige Praxis. Der Wegfall von Deiquat erfordert andere Maßnahmen, um weiterhin termingerechte Ware zu liefern, die die Qualitätsanforderungen erfüllt. Neben Deiquat wird mit Glyphosat ein weiterer Wirkstoff, der in vielen nicht-selektiven Herbiziden enthalten ist, voraussichtlich seine Zulassung verlieren. Mechanische Verfahren und verbliebene Wirkstoffe werden zukünftig vermehrt eingesetzt, wobei nicht immer sichergestellt ist, dass eine vergleichbare Wirkung erzielt werden kann. Ein alternatives Verfahren zu nicht-selektiven Herbiziden stellt die Applikation von Strom dar. In der Vergangenheit wurde ein solcher Ansatz in anderen Kulturen, wie der Schosserrüben-Bekämpfung, bereits verfolgt (DIPROSE et al., 1985). Aufgrund der erhöhten Verfahrenskosten und den daraus sich ergebenden geringen Absatzmöglichkeiten wurde jedoch die Weiterentwicklung solcher Geräte im europäischen Raum eingestellt. Die veränderten Rahmenbedingungen und der stetige Wegfall von Herbiziden dürften das Interesse an einem derartigen Verfahren jedoch steigen lassen. Ein Anbieter eines elektrophysikalischen Verfahrens ist die Firma Zasso mit der Electroherb™ Technologie. Das Wirkungsprinzip beruht auf einem nicht-selektiven und systemischen Stromfluss durch das Gefäßsystem der Pflanze, welcher zu Zellzerstörungen führen soll (KOCH et al., 2020). Zur Eignungsprüfung bei Sikkation von Frühkartoffeln und zur Bekämpfung ausdauernder Unkräuter als Ersatz für nicht-selektive Herbizide wurde dieses Verfahren zweijährig am Standort Bingen in Feldversuchen getestet.

## Material und Methoden

### Standort

Der Standort Bingen (548 l/m<sup>2</sup> Jahresniederschlag und 9,9 °C Durchschnittstemperatur) war im Versuchsjahr 2020 im Zeitraum von April bis Juni durch Trockenheit und geringe Niederschlagssummen (April bis Juni: 77 l/m<sup>2</sup>) geprägt, wohingegen das Jahr 2021 hinsichtlich Niederschlagssummen (April bis Juni: 135 l/m<sup>2</sup>) konträr verlief. Zur Absicherung des Wasserbedarfs wurden die Kartoffelfelder je nach Niederschlag bewässert. In 2020 wurden die Kartoffeln auf einem Schlag mit sandigem Lehm, 2021 auf lehmigen Sand angebaut. Die ausdauernden Unkräuter wurden auf Schlägen mit Lehm gepflanzt.

### Versuchsaufbau und -ablauf

In allen Versuchen kam das XPower-Gerät der Firma Zasso® zum Einsatz mit einer Arbeitsbreite von drei Metern. Die Spannung (8000 Volt) blieb konstant, was einer theoretischen elektrischen Stromleistung von 72 kW entsprach. Angetrieben wurde das Gerät von einem 102 kW leistungsstarken Traktor. Acht verschiedene Varianten wurden bei der Sikkation der Frühkartoffeln miteinander in Wirkung auf Blatt und Stängel verglichen. Dabei wurden im zweiten Versuchsjahr die Varianten nach dem Kenntnisstand des

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online

ersten Jahres adaptiert (Tab. 1). Die 32 Parzellen (acht Varianten mit je vier Wiederholungen), welche 20 m lang und 3 m breit (4 Reihen je 75 cm Reihenabstand) waren, wurden in beiden Jahren auf einer vollrandomisierten Blockanlage verteilt. Die Kartoffeln wurden in beiden Jahren bei Bedarf bewässert (2020: etwa 100 l/m<sup>2</sup>, 2021 etwa 80 l/m<sup>2</sup>). Düngung und Pflanzenschutz gestalteten sich bis auf die Sikkationsmaßnahmen für alle Varianten gleich (Tab. 2). Herbizide (nicht zur Sikkation), Insektizide und Fungizide wurden mit Lechler-Düsen IDK 120-03 und 300 l/ha Spritzbrühe mit 5 km/h Fahrgeschwindigkeit und 3 bar Druck ausgebracht. Die Herbizide zur Sikkation (Tab. 1) wurden mit einer Parzellenspritze mit 3 m Arbeitsbreite appliziert, welche 400 l/ha Spritzbrühe mit 2,1 bar Druck und einer Geschwindigkeit von 5 km/h aus Airmix 120-05 Düsen ausbrachte. Die ausdauernden Unkräuter (*Cirsium arvense*, *Elymus repens*, *Rumex obtusifolius* und *Equisetum arvense*) wurden in beiden Jahren auf die Versuchsflächen im Herbst des Vorjahres gepflanzt. Dabei wurden in 18 m langen und 3 m breiten Parzellen (verteilt auf randomisierter Spaltanlage) an vier Stellen für jede Arte die jeweiligen vegetativen Vermehrungsorgane eingegraben. Bis auf *Equisetum arvensis* waren in beiden Jahren alle Arten zum Zeitpunkt der Applikation vorhanden, die zu diesem Zeitpunkt kurz vor der Blüte waren (*R. obtusifolius* schon in der Abreife, daher keine Wirksamkeitsbonitur). In beiden Jahren wurde in vierfacher Wiederholung eine 1 km/h und 3 km/h Variante, im Versuchsjahr 2021 noch zusätzlich eine 6 km/h Variante verglichen. Die Behandlungstermine entsprechen denen der Kartoffelversuche (Tab. 2).

### **Datenerhebung und statistische Auswertung**

In den Sikkationsversuchen wurde der Absterbegrad (in %) des Blattapparates und der Stängel visuell geschätzt. Dabei wurde die Bonitur 1, 4, 8 und 14 Tage nach der Stromapplikation durchgeführt. Der Wirkungsgrad bei den ausdauernden Unkräutern wurde vier Wochen nach der Behandlung artspezifisch erfasst, indem der Anteil an nekrotisiertem Gewebe vier Wochen nach der Behandlung geschätzt wurde. Zudem wurde der Wiederaustrieb erfasst. Die Daten wurden nach Prüfung der Voraussetzungen (Normalverteilung: Shapiro-Wilk-Test, Varianzhomogenität: Levene-Test) varianzanalytisch ausgewertet. Um genauere Aussagen bezüglich der Signifikanzen treffen zu können, wurde bei Unterschreitung des P-Wertes in der Varianzanalyse ein post-hoc Test nach Tukey durchgeführt ( $\alpha = 5\%$ ). Die Wirkungsdaten aus den Kartoffelversuch 2021 erfüllten nicht die Voraussetzungen zur Varianzanalyse, sodass ein Kruskal-Wallis-Test mit anschließendem Nemenyi-Test ( $\alpha = 5\%$ ) durchgeführt wurde.

**Tabbelle 1** Varianten zur Krautsikkation bei Frühkartoffeln in den Versuchsjahren 2020 und 2021 am Standort Bingen  
**Table 1** Treatments for desiccation of early potatoes in trial year 2020 and 2021 on trial site Bingen

VG	Versuchsjahr 2020	Versuchsjahr 2021
1	Kontrolle	Kontrolle
2	XPower 1 km/h	Krautschlägeln plus XPower 6 km/h
3	XPower 6 km/h	XPower 6 km/h
4	XPower 3 km/h	XPower 3 km/h
5	XPower 3 km/h plus 1,0 l/ha Shark® (60 g/l Carfentrazone)	XPower 6 km/h plus 1,0 l/ha Shark® (60 g/l Carfentrazone)
6	XPower 3 km/h plus zusätzliche Bewässerung vor Überfahrt	XPower 3 km/h ohne zusätzliche Bewässerung vor Überfahrt
7	XPower 3 km/h mit zusätzlicher N-Düngung (plus 50 kg/ha N)	XPower 3 km/h mit zusätzlicher N-Düngung (plus 50 kg/ha N)
8	0,8 l/ha Quickdown® (24,2 g/l Pyraflufen) + 2,0 l/ha Toil® und 1,0 l/ha Shark® (60 g/l Carfentrazone)	0,8 l/ha Quickdown® (24,2 g/l Pyraflufen) + 2,0 l/ha Toil® und 1,0 l/ha Shark® (60 g/l Carfentrazone)

**Tabelle 2** Pflanztermin, N-Düngung, Rodungs- und Sikkationstermine in den Versuchsjahren 2020 und 2021

**Table 2** Planting date, N-fertilisation, harvest and desiccation dates in the trial years 2020 and 2021

	Versuchsjahr 2020	Versuchsjahr 2021
Pflanztermin	20.02.2020 (Sorte: Annabelle) Abdeckung Vlies	25.02.2021 (Sorte: Musica) Abdeckung Vlies
N-Düngung	110 kg N mit stabilisiertem Harnstoff	120 kg N mit stabilisiertem Harnstoff
Sikkationstermine	17.06.2020 Quickdown® + Toil® in VG 5 und 8 24.06.2020 elektrophysikalisch 25.06.2020 Shark® in VG 8	30.06.2021 Quickdown® + Toil® in VG 5 und 8 08.07.2021 Zasso® 08.07.2021 Shark® in VG 8
Rodungstermin	09.07.2020	22.07.2021

**Tabelle 3** Anteil an nekrotisiertem Gewebe [%] vier Wochen nach der Behandlung der Arten *Cirsium arvense*, *Elymus repens*, und *Rumex obtusifolius* in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit von XPower® in den Versuchsjahren 2020 und 2021 am Standort Bingen (n.s.= nicht signifikant)

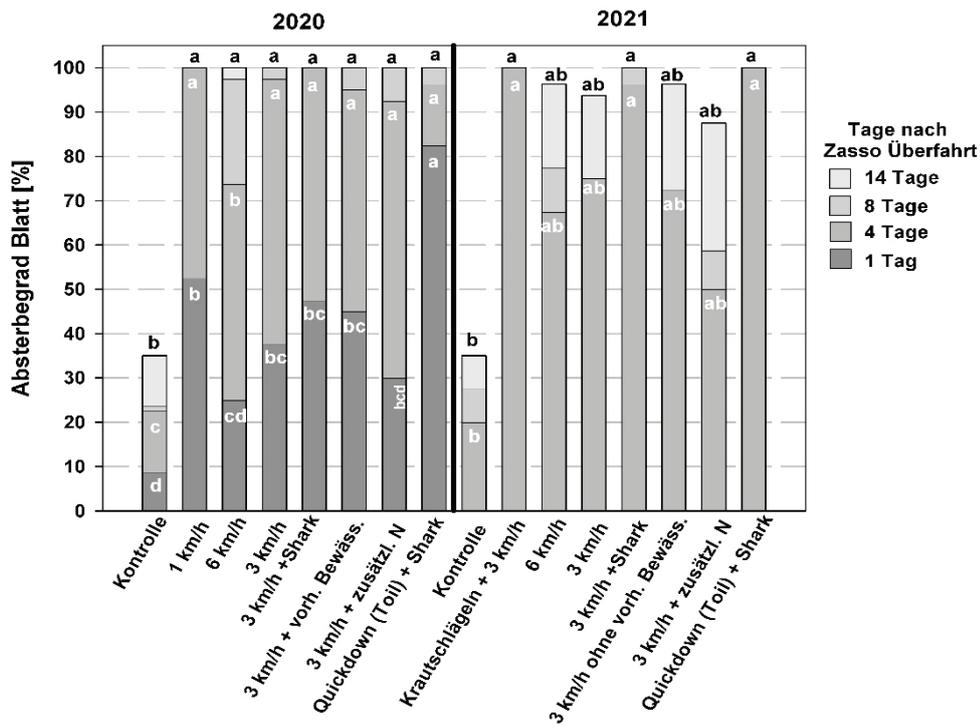
**Table 3** Proportion of necrotised tissue [%] after four weeks of application of the species *Cirsium arvense*, *Elymus repens* and *Rumex obtusifolius* depending on the velocity of XPower® in the trial years 2020 and 2021 at the Bingen site (n.s.= not significant)

Versuchsjahr 2020						
Variante	<i>Cirsium arvense</i>	Wieder-austrieb	<i>Elymus repens</i>	Wieder-austrieb	<i>Rumex obtusifolius</i>	Wieder-austrieb
1 km/h XPower®	100 <sup>n.s.</sup>	Nein	100 <sup>n.s.</sup>	Ja	-	Ja
3 km/h XPower®	100 <sup>n.s.</sup>	Nein	97,5 <sup>n.s.</sup>	Ja	-	Ja
Versuchsjahr 2021						
Variante	<i>Cirsium arvense</i>	Wieder-austrieb	<i>Elymus repens</i>	Wieder-austrieb	<i>Rumex obtusifolius</i>	Wieder-austrieb
1 km/h XPower®	87 <sup>n.s.</sup>	Ja	93 <sup>n.s.</sup>	Ja	-	Ja
3 km/h XPower®	87,5 <sup>n.s.</sup>	Ja	75 <sup>n.s.</sup>	Ja	-	Ja
6 km/h XPower®	85 <sup>n.s.</sup>	Ja	72,5 <sup>n.s.</sup>	Ja	-	Ja

## Ergebnisse

Der Absterbegrad beim Blatt im Kartoffelversuch unterlag im Vergleich zwischen den Jahren einem Unterschied in der Absterbegeschwindigkeit (Abb. 1). Im Versuchsjahr 2020 konnten bereits einen Tag nach der XPower® Überfahrt Wirkungsgrade von bis zu 50 % (Ausnahme chemische Variante) bonitiert werden.

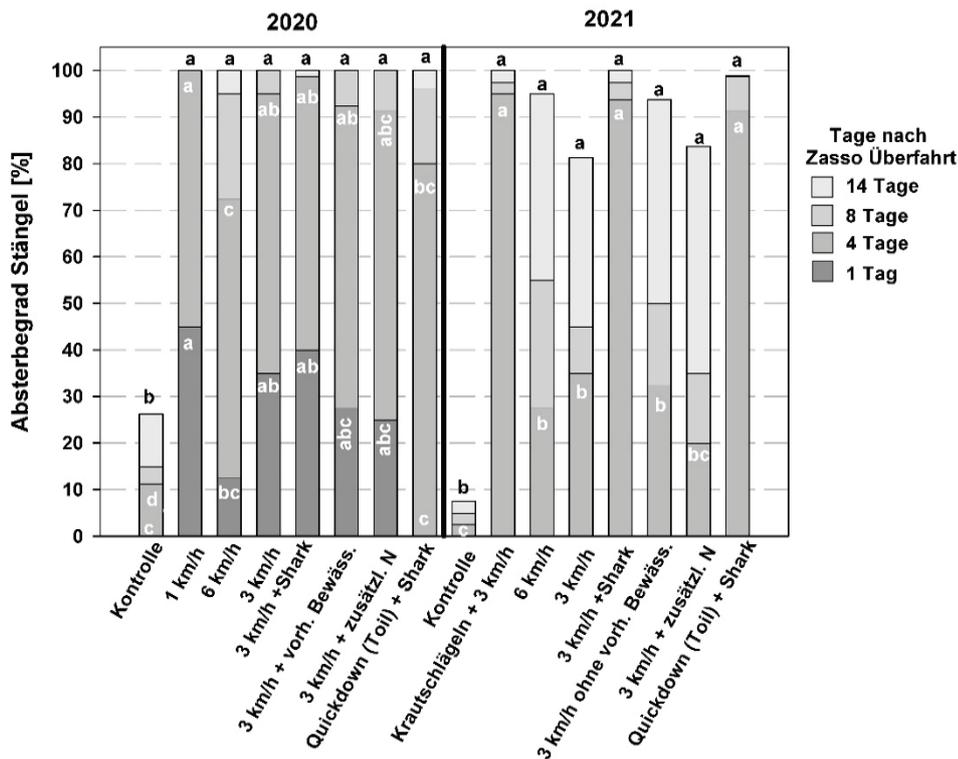
Die Wirkungsgrade der XPower®-Varianten unterschieden sich signifikant untereinander in beiden Jahren zu den ersten Bonituren, zu den Endbonituren glichen sich die Werte jedoch an. In 2021 wurde in nicht allen XPower®-Varianten ein hundertprozentiger Absterbegrad im Blatt erreicht. Der Absterbegrad beim Stängel verhielt sich ähnlich zum Absterbegrad beim Blatt (Abb. 2). Im Versuchsjahr 2020 war nach spätestens 14 Tagen ein 100-prozentiger Absterbegrad erreicht, was in 2021 nur in den XPower®-Kombinationsvarianten (plus Shark® oder Krautschlägeln) erreicht wurde. Jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant.



**Abbildung 1** Absterbegrad Blatt (Kartoffeln) [%] in Abhängigkeit von der Variante und dem Versuchsjahr jeweils 1, 4, 8 und 14 Tage nach der XPower®-Überfahrt (2020: 24.06.20, 2021, 08.07.21) am Standort Bingen, (unterschiedliche Buchstaben: Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Varianten im Absterbegrad zum jeweiligen Boniturtermin, 2020: TukeyHSD-Test mit  $\alpha=5\%$ , 2021: Nemenyi-Test mit  $\alpha=5\%$ ).

**Figure 1** Degree of leaf dieback (potatoes) [%] as a dependence of the variant and the trial year, in each case 1, 4, 8 and 14 days after the XPower® crossing (2020: 24.06.20, 2021, 08.07.21) at the Bingen site, (different letters: Representation of significant differences between the treatments in the degree of dieback on the respective assessment date, 2020: TukeyHSD test with  $\alpha=5\%$ , 2021: Nemenyi test with  $\alpha=5\%$ ).

Der artspezifische Anteil an nekrotisiertem Gewebe unterschied sich zwischen den verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten in keinem der Versuchsjahre signifikant (Tab. 3). In beiden Jahren wurden bei den Arten *E. repens* und *R. obtusifolius* ein Wiederaustrieb nach 4 Wochen festgestellt, bei *C. arvensis* hingegen nur im Jahr 2021. Der bonitierte Anteil an nekrotisiertem Gewebe lag bei *C. arvensis* meist höher als bei *E. repens*.



**Abbildung 2** Absterbegrad Stängel [(Kartoffeln) %] in Abhängigkeit von der Variante und dem Versuchsjahr jeweils 1, 4, 8 und 14 Tage nach der XPower®-Überfahrt (2020: 24.06.20, 2021, 08.07.21) am Standort Bingen, (unterschiedliche Buchstaben: Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Varianten im Absterbegrad zum jeweiligen Boniturtermin, 2020: TukeyHSD-Test mit  $\alpha=5\%$ , 2021: Nemenyi-Test mit  $\alpha=5\%$ )

**Figure 2** Degree of stem dieback (potatoes) [%] as a dependence of the variant and the trial year, in each case 1, 4, 8 and 14 days after the XPower® crossing (2020: 24.06.20, 2021, 08.07.21) at the Bingen site, (different letters: Representation of significant differences between the treatments in the degree of dieback on the respective assessment date, 2020: TukeyHSD test with  $\alpha=5\%$ , 2021: Nemenyi test with  $\alpha=5\%$ ).

## Diskussion

Sowohl die Kartoffel- als auch die Unkrautversuche machten Unterschiede zwischen den Jahren deutlich. Im durch Trockenheit geprägten Versuchsjahr 2020 wurden in beiden Versuchen höhere Wirkungsgrade erzielt als im darauffolgenden Jahr. Unter trockenen Bedingungen scheint der letale Effekt auf Pflanzen größer zu sein. Deutlich wird dies auch durch den Nicht-Wiederaustrieb von *C. arvensis* in 2020. Der Strom erreichte auch die tieferen Bereiche der Wurzel. Erklärt wird dies durch die geringe Ableitung des Stroms in den Boden bei trockenen Bedingungen (KOCH et al., 2020). Anders als bei *C. arvensis* konnte auch die Trockenheit den Wiederaustrieb in 2020 nicht verhindern. Ein Punkt ist sicherlich die geringere Blattfläche von *E. repens* und damit auch geringer Kontaktfläche mit den Elektroden, sodass auch weniger Strom aufgenommen werden kann. Frühere Versuche zur elektrophysikalischen Kontrolle von *E. repens* zeigten ebenfalls keine ausreichende und nachhaltige Wirkung (BAUER et al., 2020). Als Schlussfolgerung müsste prinzipiell bei Gräsern eine niedrigere Fahrgeschwindigkeit gewählt werden, um die geringere Kontaktfläche mit einer erhöhten Kontaktdauer zu kompensieren, jedoch war auch bei 1 km/h ein Wiederaustrieb festzustellen, sodass diese Möglichkeit der Reduktion erschöpft erscheint. Zur Gesamtbewertung eines solchen Verfahrens müssen bei Sikkationsmaßnahmen auch die Auswirkungen auf die Ernteprodukte betrachtet werden. Im Versuchsjahr 2020 lag der Anteil an Nabelendnekrosen und Gefäßbündelverbräunungen bei den Kartoffeln deutlich höher als in 2021 (Daten nicht gezeigt), was auf den Einfluss der Bodenfeuchte und der Fahrgeschwindigkeit auf den Anteil geschädigter Knollen

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online zurückzuführen ist. Durch Erhöhung der Bodenfeuchte und/oder der Fahrgeschwindigkeit konnte der Anteil an geschädigten Knollen signifikant reduziert werden. Es bestehen also Möglichkeiten, das Verfahren an die jährlichen und standortspezifischen Gegebenheiten anzupassen. Bei einem direkten Vergleich der herkömmlichen Herbizidapplikation und einem elektrophysikalischen Verfahren wird auch die geringere Flächenleistung deutlich. Diese geringere Flächenleistung, die zusätzlichen Anschaffungskosten sowie der Mehrverbrauch an fossilen Energieträger sind Punkte, die ein solches Verfahren deutlich verteuern, was schon bei früheren Ansätzen zur elektrophysikalischen Vegetationskontrolle angemerkt wurde (DIPROSE & BENSON, 1984). Letztlich wird sich ein solches Verfahren nur in den Kulturen durchsetzen können, in denen die bisherigen Verfahren aufgrund von Verboten nicht mehr möglich und die Risiken auf Bodenflora und -fauna abwägbar sind.

## Literatur

- BAUER, M.V., C. MARX, F.V. BAUER, D.M. FLURY, T. RIPKEN, B. STREIT, 2020: Thermal weed control technologies for conservation agriculture – a review. *Weed Research* **60**, 241-250.
- DIPROSE, M.F., F.A. BENSON, 1984: Electrical methods of killing plants. *Journal of Agricultural Engineering Research* **30**, 197-209.
- DIPROSE, M.F., R. FLETCHER, P.C. LONGDEN, M.J. CHAMPION, 1985: Use of electricity to control bolters in sugar beet (*Beta vulgaris* L.): a comparison of the electrothermal with chemical and mechanical cutting methods. *Weed Research* **25**, 53–60.
- KOCH, M., T. THOLEN, P. DRIEBEN, B. ERGAS, 2020: The Electroherb™ Technology - A new technique supporting modern weed management. *Julius-Kühn-Archiv* **464**, 261-263.