

Diskussionspapier

Zur Elektronenbehandlung von Saatgut im Kontext des Europäischen und Schweizer Biolandbaus

Beschreibung des Verfahrens

Unter «Elektronenbehandlung» oder «Elektronenbeize» versteht man ein physikalisches Verfahren zur Desinfektion von Saatgut.

Die Desinfektion mittels hochenergetischer Elektronen wurde 1947 entwickelt und wird heute in erster Linie in der Medizinaltechnik eingesetzt, wo sie als sicherste und effizienteste Methode gilt. Die Anwendung niederenergetischer Elektronen zur Saatgutbeizung wurde ab Anfang der 1980er Jahre in Deutschland entwickelt und wird heute in grossem Massstab in mehreren Anlagen bei Saatgut für den Acker- und Gemüsebau angewendet, insbesondere bei Getreide, Mais, Gemüse und Kräutern. Es gibt stationäre Apparaturen und mobile, welche in Sattelaufliegern oder Containern untergebracht sind. Die Elektronen werden in einer Kathodenstrahlröhre beschleunigt und treffen danach auf das Saatgut. Meist werden die Samen im freien Fall durch eine Bestrahlungszone geführt. Die Energie der Elektronen wird so dosiert, dass sie nur geringfügig in das Saatgut eindringen können. Die genaue Eindringtiefe hängt von der sogenannten Elektronenenergie ab und kann am Gerät reguliert werden (Vorversuche mit Keimtest). Somit werden die auf der Oberfläche und in der Samenschale haftenden Erreger von samenbürtigen Krankheiten abgetötet, während der weiter innen liegende Embryo nicht geschädigt wird.

Verschiedene Arten elektromagnetischer Strahlung sind in Abb. 1 dargestellt. Sie dringen unterschiedlich tief in Pflanzengewebe ein: (i) UV und länger wellige Strahlung können nicht in Gewebe eindringen und wirken rein oberflächlich; (ii) beschleunigte Elektronen dringen ein Stück weit in das Gewebe ein, wobei die Eindringtiefe vom Energiegehalt abhängt; (iii) Gamma- und Röntgenstrahlung können Gewebe vollständig durchdringen.

Die genauen Wellenlängen, die in diesen Technologien eingesetzt werden, sind in der Regel nicht veröffentlicht. Liegen die Wellenlängen jedoch deutlich unter 100 nm, werden diese gemäss der europäischen Verordnung 2013/59, Kapitel II, Art.4, 46 als *ionisierende Strahlung* eingestuft¹. Sie unterscheiden sich aber von hochenergetischer Strahlung durch die Möglichkeit, über die Dosierung die Eindringtiefe und damit den

¹ Siehe auch EFSA 2011: Statement summarising the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. EFSA Journal 2011; 9(4): 2107, sowie Rögner, F.H. 2012: Elektronenbehandlung von Saatgut – eine umweltfreundliche Pflanzenschutzmaßnahme. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, 10.-14. 9.2012, Braunschweig.

Wirkungsort zu bestimmen. Dies ermöglicht eine oberflächennahe Desinfektion, während die inneren Zonen des Saatgutes nicht tangiert werden.

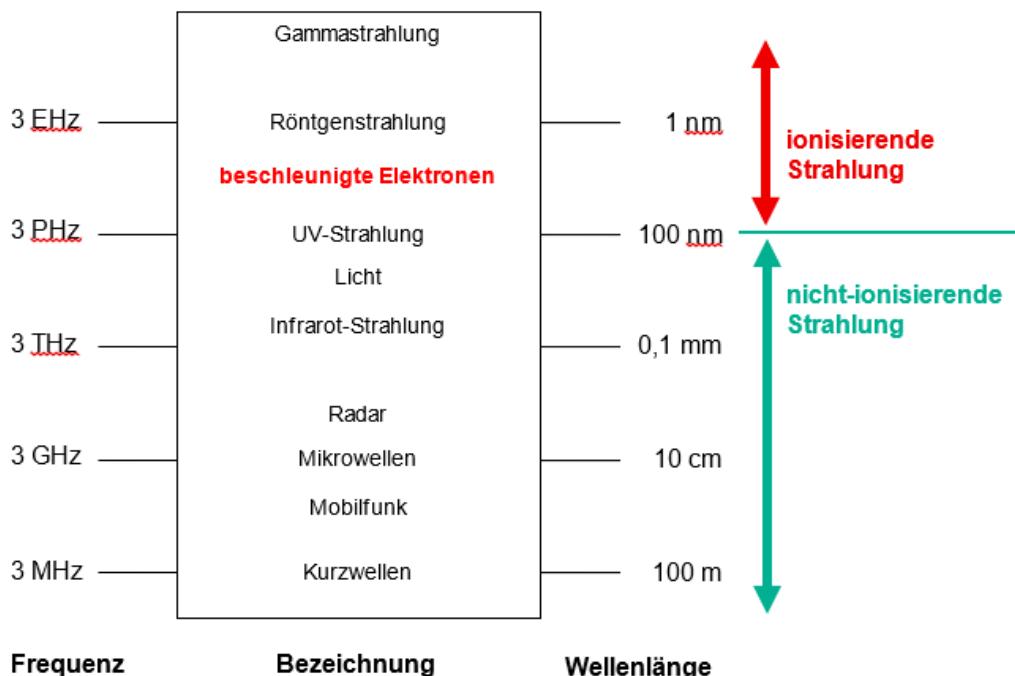


Abb. I. Schematische Darstellung der Strahlungsbereiche und deren Nutzungen (Quelle: Jahn et al. 2005, Abb. I)

Beurteilung des Verfahrens aus dem Blickwinkel des Biolandbaus

Anwendung und Wirkungsbereich: Das Verfahren wird heute hauptsächlich bei Getreide zur Kontrolle von samenbürtigen Krankheiten eingesetzt². Es wurden folgende Wirkungsgrade ermittelt: Stinkbrand (*Tilletia caries*): bis 100 %; *Septoria nodorum*: >70 % und erhöhter Feldaufgang; *Fusarium* spp. und Schneeschimmel (*Microdochium nivale*): erhöhter Feldaufgang; Netzflecken (*Drechslera graminea*): bis 60 %.

Die Elektronenbehandlung wird auch bei anderen Kulturen wie z.B. Gemüse und Kräutern eingesetzt (siehe oben). Im EU-Projekt STOVE³ wurden gute Wirkungsgrade bei der Bekämpfung von *Phoma* auf Feldsalat, *Alternaria* auf Karotten und Kohlgewächsen und gegen andere Krankheiten ermittelt.

Bei Feldversuchen in der Schweiz zwischen 2018 und 2021 wurde bei Lupinensaatgut nur eine nicht signifikante Verringerung der Symptome der saatgutbürtigen Anthraknose (*Colletotrichum lupini*) durch die Elektronenbehandlung festgestellt. Auch wurde tendenziell eine Verringerung der Keimfähigkeit beobachtet⁴.

² siehe Abb. I in M. Jahn, O. Röder und J. Tigges (2005): Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut. Mitteilungen aus der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 399: 126 Seiten.

³ Projekt Nr QLK5-2002-02239

⁴ J.A. Alkemade et al. (2022): The potential of alternative seed treatments to control anthracnose disease in white lupin. Artikel in Crop Protection, Band 158.

Nebenwirkungen: Auf Grund des Wirkungsmechanismus ist anzunehmen, dass mutagene Schädigungen des Saatguts und der Pathogene grundsätzlich möglich sind, aber durch eine korrekte Dosierung weitgehend vermieden werden. Der Feldaufgang wird durch die Elektronenbehandlung in der Regel nicht negativ beeinflusst. In einzelnen Untersuchungen mit Getreide wurden Wachstumsstörungen beobachtet^{5,6}, in anderen hingegen nicht⁷.

Es ist ebenfalls bekannt, dass die mit Samen assoziierte, mikrobielle Biodiversität Faktoren wie Pflanzenwachstum, Samenkeimung und die Widerstandsfähigkeit einer Pflanze gegen Krankheitserreger beeinflussen kann^{8,9,10}. Saatgutbehandlungen mit einem breiten Wirkungsspektrum stören das ökophysiologische Gleichgewicht der mikrobiellen Gemeinschaft in der Rhizosphäre und können das Pflanzenwachstum und die Krankheitsunterdrückung nach der Aussaat beeinträchtigen.

Notwendigkeit: Die Bekämpfung samenbürtiger Krankheiten ist wichtig. Die erste vorbeugende Massnahme besteht darin, zertifiziertes Saatgut zu verwenden und diese Zertifizierung sogar durch eine gezielte Gesundheitsanalyse des Saatguts zu ergänzen. Des Weiteren existieren in gewissen Fällen Alternativen, wie z.B. Warmwasserbeizung, belüfteter Dampf oder bürsten. Auch diese Verfahren haben ihre spezifischen Nachteile (z.B. Rücktrocknung) oder sind nur beschränkt wirksam oder verfügbar. Das früher gegen Stinkbrand eingesetzte Senfmehl ist in der Schweiz seit Kurzem nicht mehr regulär bewilligt; damit fällt bei Getreide eine wichtige Alternative weg. Bei manchen Gemüsearten ist eine Wasserbeizung nicht möglich, da sie bei der Quellung Schleim bilden. Auch bei diesen Verfahren kann die Keimfähigkeit beeinträchtigt werden. Fazit: in vielen Fällen bestehen – zumindest theoretisch – Alternativen zur Elektronenbehandlung. Die Elektronenbehandlung ist aus agronomischer Sicht eine nützliche Ergänzung zu den verfügbaren Behandlungsmethoden.

Umwelt: Da die Elektronenbehandlung in einer geschlossenen Anlage erfolgt, sind keine direkten Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten. Die Erzeugung und Einwirkung der Elektronen verursacht keine Radioaktivität. Die Geräte sind nicht radioaktiv und es entstehen keine radioaktiven Abfälle. Der Energiebedarf ist wesentlich geringer als bei der Warmwasserbehandlung und liegt bei rund 0,5 kWh pro 100 kg.

⁵ Arbeitsbericht 2003. Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., DE-Darmstadt (2004). 26 S. Archiviert unter <http://orgprints.org/2324>.

⁶ C. Matthes, U. Geier und H. Spiess (2007): Saatgutvitalität von elektronenbehandeltem Getreidesaatgut im Kalttest. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau. Universität Hohenheim, 20. – 23. März 2007, pp 365-368.

⁷ A. Richter (2007): Einfluss der Elektronen-Behandlung und Tillecur-Beizung von Weizensaatgut auf das Keimverhalten. Diplomarbeit Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau / Landespfllege, Studiengang Agrarwirtschaft. Betreuung: Betreuer: Prof. Dr. K. Schmidtke und Dipl.-Ing. Birgit Pöllitz

⁸ R. Alvaro et al. (2024): Endophytic seed-associated microbial diversity and its impact on seedling growth of the Andean tree *Nothofagus obliqua*. Artikel im Plant Growth Regul 103, Seiten 321-336

⁹ C. Walsh et al. (2021): Variable influences of soil and seed-associated bacterial communities on the assembly of seedling microbiomes. Artikel im ISME Journal, Band 15, Ausgabe 9, Seiten 2748–2762

¹⁰ M. Barret et al (2016): Plant microbiota affects seed transmission of phytopathogenic microorganisms. Artikel im Molecular Plant Pathology Journal, Band 17, Ausgabe 6, Seiten 791-795.

Menschliche Gesundheit: Beschleunigte Elektronen sind gesundheitsschädigend, Anwender müssen sich während der Saatgutbehandlung schützen. Da die Elektronenbehandlung in einer geschlossenen Anlage erfolgt, sind bei fachgerechter Anwendung keine Auswirkungen auf die Gesundheit der Anwender zu erwarten. Es entstehen keine Rückstände auf den behandelten Produkten.

Traditionen und öffentliche Wahrnehmung: In den Richtlinien des biologischen Landbaus ist die Verwendung von ionisierender Strahlung zur Desinfektion von Nahrungsmitteln explizit ausgeschlossen. Eine kritische Grundhaltung gegenüber der Verwendung von ionisierender Strahlung hat demnach im Biolandbau eine lange Tradition. Die Elektronenbehandlung von Saatgut unterscheidet sich zwar klar von der Verwendung von energiereicher Strahlung zur Desinfektion von Lebensmitteln, die Akzeptanz bei Anwendern und Konsumenten bleibt aber zu klären.

Gesetzliche Regelung (Bio-Verordnung): Es gehört zu den Grundsätzen der biologischen Produktion, dass keine ionisierende Strahlung verwendet wird. In der Schweizerischen Bioverordnung ist die entsprechende Regelung so formuliert, dass sie eindeutig auch den Einsatz bei Saatgut abdeckt (VO 910.18, Art. 3 Buchstabe d). Die entsprechende Regelung in der EU zur biologischen Produktion verbietet den Einsatz von ionisierender Strahlung in der gesamten ökologischen/biologischen Lebensmittelkette sowie die Verwendung ionisierender Strahlung zur Behandlung von Rohstoffen von ökologischen Lebens- oder Futtermitteln (VO 2018/848, Art. 5 und Art. 9 Abs. 4). Da Saatgut als Rohstoff ökologischer Lebensmittel gilt, wird eine Behandlung mit ionisierender Strahlung ausgeschlossen.

Richtlinien Bio Suisse: Die Richtlinien von Bio Suisse (Fassung 2026) verbieten die Verwendung von ionisierenden Strahlen in den allgemeinen Prinzipien zur Verarbeitung (Teil II, Kapitel 1.7.1). Sie verbieten zudem die Elektronenbeize explizit im Kapitel zur physikalischen Saatgutbehandlung (Teil II, Kapitel 2.2.12.4).

Schlussfolgerungen

Die Elektronenbehandlung kann samenbürtige Krankheiten auf umweltfreundliche Art bekämpfen und ist in der Praxis verfügbar. Sie ist eine nützliche Ergänzung zu den verfügbaren Behandlungsmethoden. Es existieren aber auch andere biotaugliche Verfahren, wie zum Beispiel die Heisswasser-/Dampf- oder Wärmebehandlungen. Die Elektronenbehandlung wird kontrovers diskutiert, weil sie ionisierende Strahlung verwendet. Es muss abgewogen werden, ob der Nutzen die negative Wahrnehmung vermeintlicher und effektiver Nebenwirkungen aufwiegt und ob die Abgrenzung gegenüber der unerwünschten Lebensmitteldesinfektion durch Bestrahlung gelingt.

Trotz der möglichen Vorteile dieser Methode mit ionisierender Strahlung verstößt diese Art der Saatgutbehandlung gegen die grundlegenden rechtlichen Rahmenbedingungen für die biologische Produktion und ist mit den Grundsätzen des ökologischen Landbaus nicht vereinbar. Eine Diskussion der Biotauglichkeit wäre jedoch über die Zulässigkeit

von Behandlungen möglich, welche nicht unter die Definition von ionisierender Strahlung fallen.

Autor*innen: Bernhard Speiser, Hans-Jakob Schärer, Martin Koller, Matthias Klaiss, Monika Messmer, Raphaël Charles, Lucius Tamm, Carlo Gamper, Caroline Stäheli und Christine Arncken