

Forschung

Elektronenbeize und Vitalität

Getreidesaatgut im Kalttest

von Christoph Matthes, Uwe Geier, Hartmut Spieß

Christoph Matthes,
Dr. Uwe Geier,
Dr. habil. Hartmut Spieß,
Institut für Biologisch-Dynamische
Forschung im Forschungsring e.V.,
Zweigstelle Dottenfelderhof,
61118 Bad Vilbel,
matthes@ibdf.de

Die Saatgutbehandlung mit niederenergetischen Elektronen wurde als alternatives Verfahren zur Bekämpfung saattgutübertragbarer Krankheiten, vor allem von Steinbrand entwickelt (LINDNER 1992). Für einen Einsatz des Verfahrens im Ökologischen Landbau, der bisher nicht grundsätzlich geregelt ist,

keine Radioaktivität. Es treten jedoch beim Abbremsen der Elektronen an der Samenoberfläche Röntgenstrahlen auf, die das Korn durchdringen. Diese sind mehr als tausendfach schwächer als übliche Röntgenstrahlung. Dennoch stellt sich die Frage, ob und in welcher Weise das Saatgut durch eindringende Strah-

über mehrere Generationen festgestellt, was einer genetischen Veränderung gleichkommt. Um den Einfluss der Elektronenbehandlung auf die Saatgutvitalität beurteilen zu können, wurden Getreideproben in Triebkrafttests sowie mit 'bildschaffenden' Methoden untersucht.



Abb 1: Wuchsanomalien: Winterweizen mit (rechts) und ohne (links) Elektronenbehandlung im Kalttest, 22. Tag

wäre seine Einstufung als 'unbedenklich' Voraussetzung, da laut EU-Verordnung 2092/91 in der Erzeugung keine ionisierende Strahlung eingesetzt werden darf. Zwar entsteht nach GOLDSTEIN (1999) bei dieser Technik

lungskomponenten beeinträchtigt wird, denn LINDNER (1992) stellte bei elektronenbehandeltem Weizen Veränderungen des Phänotyps fest. Sie beobachtete an der Koleoptile (Keimscheide) Anomalien in Form von gestauchtem oder ungerichtetem Wuchs und einer Spaltung der Blattspreite. Keimfähigkeit und Triebkraft waren jedoch nicht signifikant beeinträchtigt. Zum anderen wurden von SCHWÄRZEL et al. (2001) an elektronenbehandelten Kartoffeln Veränderungen der Sortenechtheit anhand elektrophoretischer Profile der Isoperoxydasen und Esterasen

Methoden

Proben von Weizen der Sorten *Ludwig* und *Certo*, der Roggensorte *Amilo* sowie der Gerste *Lomerit* wurden 2004 in Kalttests untersucht. *Ludwig* wurde außerdem nach einjähriger Überlagerung getestet, war aber auch schon 2003 untersucht worden. Die nach dem üblichen e-ventus®-Verfahren behandelten Proben stellten das Fraunhofer Institut Dresden und die KWS Wiebrectshausen zur Verfügung. Um Veränderungen der Triebkraft oder des Phänotyps differenziert erfassen zu können, wurde das üblicherweise bei 10° C durchgeführte Kalttest-Verfahren bei 5° C im dunklen Kühlkeimschrank als zweifaktorieller Versuch angelegt. Elektronenbehandelte sowie unbehandelte Proben wurden teils in sterilisierten Sand (Körnung 0,2–1mm), teils in ein Erde-Sand-Gemisch (50/50) gesät. Jede Variante wurde in sechsfacher Wiederholung mit je 100 Körnern angesetzt. Die Körner wurden auf eine 2 cm hohe Substratschicht gesät, mit einer 1,3 cm hohen

Kurz & knapp:

- Elektronenbeize soll gegen saattgutübertragbare Pflanzenkrankheiten auch im Ökolandbau eingesetzt werden.
- Um die Wirkungen auf die Pflanze zu testen, wurden Weizen, Roggen und Gerste unter Kälttestress geprüft.
- Die Behandlung verursachte u.a. geringere Keimgeschwindigkeiten, veränderte den Gravitropismus, das Verhältnis von Wurzel- zu Blattanteil und die Vitalqualität.

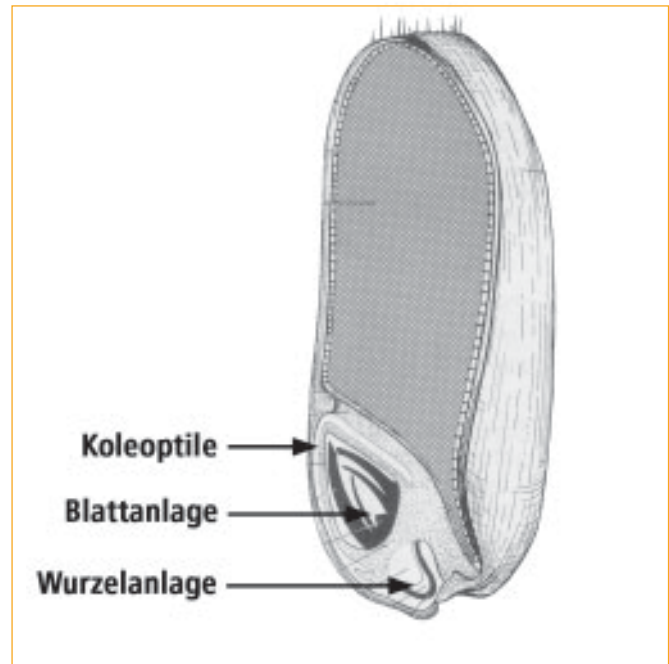
Kiesschicht (Körnung 1-5mm) abgedeckt und auf 60 % der maximalen Wasserkapazität gegossen.

Bei Roggen wurden bereits nach 11 Tagen, bei Weizen und Gerste nach 13 bis 15 Tagen täglich die aufgelaufenen Keimlinge gezählt. Des Weiteren wurde der Anteil nicht senkrecht wachsender Pflanzen (gestörter Gravitropismus) festgestellt und die Keimlinge mit frühzeitig aus der Koleoptile geschobener Blattspitze (Primordium) gezählt. Nach 17 Tagen (Roggen) bzw. 22 Tagen (Weizen und Gerste) im Kühlkeimschrank wurden die Gefäße bei Raumtemperatur und Tageslicht aufgestellt. Zwei bis vier Tage später erfolgte zum Versuchsende die Bestimmung der Trockenmasse der Blätter sowie der aschefreien Wurzeltrockenmasse. 2003 wurden je zwei Vergleichsproben der Weizen- und Gerstensorten

Ludwig und *Lomerit* mit den bildschaffenden Methoden Kupferchloridkristallisation, Steigbild und Rundbildfilterchromatogramm (BALZER-GRAF 1997) im Blindversuch untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Kalttest 2003 mit der Weizensorte *Ludwig* fiel bei den elektronenbehandelten Proben eine *verringerte Auf-
laufgeschwindigkeit* sowie ein erhöhter Anteil von Keimlingen mit gestörtem *Gravitropismus* auf. 2004 trat ein Substrateffekt auf: Bei Erde-Sand-Gemisch wurde gegenüber sterilisiertem Sand bei allen drei Getreiden ein Zuwachs der Blattmasse bei gleichzeitigem Rückgang der Wurzelmasse ermittelt. Zugleich erhöhte sich der Anteil der Keimlinge mit früh sichtbarer Blattspitze sowie der-



jenige mit gestörtem Gravitropismus. Das Auflaufen der Weizensorten war bei Erde-Sand-Gemisch gegenüber Sand verzögert, wobei zwischen Elektronenbehandlung und Substrat Wechselwirkungen festgestellt wurden. Das Ausmaß der Beeinträchtigung der Keimlingsentwicklung durch Elektronenbehandlung nahm in der Reihenfolge Gerste < Roggen < Weizen zu. Bei allen drei Getreiden wurden zu Beginn der täglichen Zählungen deutlich verminderte *Auflaufraten* (Abb. 6) sowie eine verlängerte mittlere Triebzeit festgestellt. Bei Versuchsende war dagegen kein Unterschied bezüglich der Triebkraft (%) mehr vorhanden.

Während die *Blattmasse* der Keimlinge lediglich beim Weizen *Ludwig* mit einem deutlichen Rückgang durch die Elektronenbehandlung beeinträchtigt war, nahm die *Wurzelmasse* der Keimlinge elektronenbehandelter Weizenproben signifikant zu. Das Blatt-Wurzel-Verhältnis war

Abb 2: Der Keimling (Embryo) im Korn ist empfindlich – wird er durch Behandlung mit Elektronen geschädigt? Lage des Embryos im Getreidekorn

Beize mit Elektronen

Chemisch-synthetische Beizmittel sind im Ökolandbau nicht zugelassen. Daher wird seit den 90er Jahren die Beizung mit ionisierender Strahlung als Alternative zu den im Ökolandbau angewandten pflanzlichen sowie mikrobiellen Saatgutbehandlungsmitteln und Warm-/Heißwasserbeizen diskutiert.

Die Elektronenbehandlung von Saatgut nutzt die abtötende Wirkung ionisierender Strahlung. Diese entsteht durch einen Elektronenbeschleuniger: Je höher dabei die Energie der Elektronen ist, desto tiefer dringen diese in das zu bestrahlende Material ein. Die Bestrahlungsintensität lässt sich steuern. Das Verfahren wird u.a. zur Keimhemmung an Kartoffeln und Zwiebeln genutzt, ist in Deutschland aber nur zur Behandlung getrockneter Kräuter und Gewürze zugelassen. Forscher des Fraunhofer Instituts für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden haben in Zusammenarbeit mit der Schmidt-Seeger-AG die Bestrahlung für Saatgut in Form eines mobilen Aggregats technisch praktikabel gemacht. Bei der *e-ventus*® Pilotanlage passiert das Saatgut zwei 1,5m breite Elektronenfelder, die Elektronen dringen von allen Seiten in die Samen-/Fruchtschale ein, Endosperm und Keimling sollen verschont bleiben. Eine Schädigung sei ausgeschlossen, so die Forscher. Sie stützen sich dabei auf Versuche, die einen normalen Feldaufgang zeigen. Jährlich werden ca. 3000 - 5000 t Saatgetreide damit behandelt. (red, nach *Jahn, M., Röder, O, Tigges, J: 2005: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut – Zusammenfassende Wertung der Freilandergebnisse. Mitteilungen der BBA Berlin Dahlem*)

Danksagung:
An Zukunftsstiftung
Landwirtschaft,
Rudolf Steiner-Fonds für
wissenschaftliche Forschung,
Gemeinnützige Treuhand
Landwirtschaft e.V.

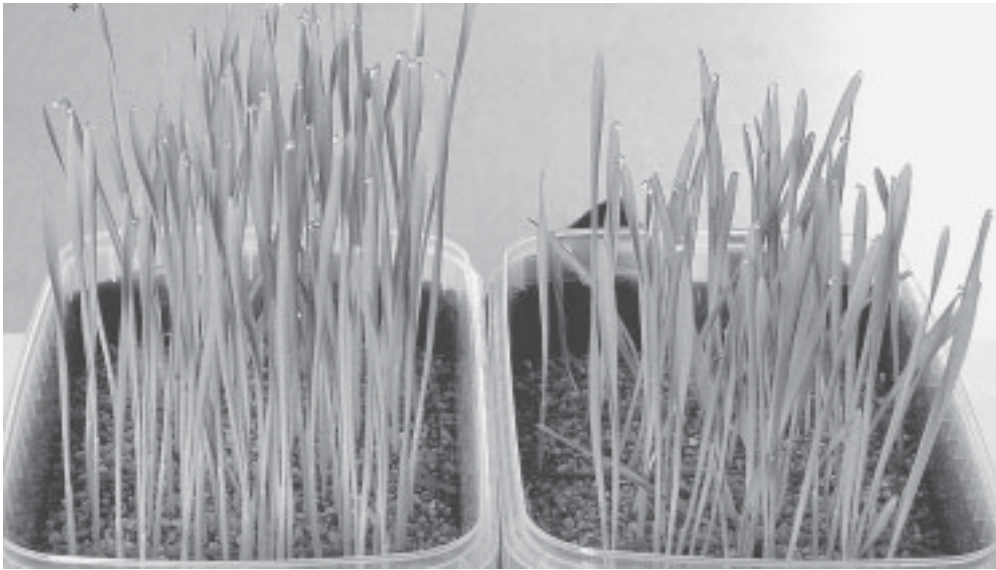


Abb. 3: Weizenkeimlinge, links unbehandelt, rechts elektronenbehandelt, 25. Tag

in erster Linie bei Weizen, in geringerem Maße auch bei Gerste durch Elektronenbehandlung zugunsten der Wurzeln verschoben (Abb. 4). Der Anteil der Keimlinge mit gestörtem Gravotropismus war bei Weizen und Roggen infolge der Behandlung fünf- bzw. vierfach erhöht. Es stellt sich die Frage, ob diese Wuchsstörung die Folge einer all-

Der Anteil der Keimlinge mit frühzeitig sichtbarer *Blattspitze* war bei Weizen und Roggen bei den elektronenbehandelten Proben stark erhöht. Dies stand im Gegensatz zur verlangsamten Aufwuchsgeschwindigkeit. Die Keimlinge liefen zwar später auf, schoben jedoch früher das Blattprimordium aus der im Wachstum verkürzten Koleoptile. Nach einjähriger Überlagerung der Weizenproben von Ludwig 2004 bestätigten sich 2005 die Vorjahresergebnisse. Die 'bildschaffenden' Untersuchungen zeigten bei Weizen behandlungsbedingte Unterschiede in allen drei Untersuchungsmethoden, bei Gerste waren die Unterschiede geringer. Die Gleichmäßigkeit und Differenzierung der Bilder sowie ihre organotypische Ausprägung (Fruchtbildtyp; vgl. GEIER 2005) waren bei der elektronenbehandelten Probe gegenüber der Kontrolle vermindert. Vor dem Erfahrungshintergrund der Getreideuntersuchungen werden diese Phänomene als Qualitätsminderung bewertet. (Abb. 7)

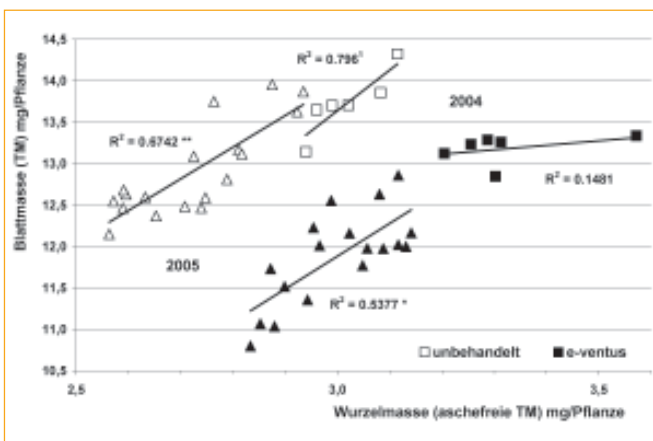


Abb. 4: Elektronenbeize verändert die Beziehung von Sproß zu Wurzel der Keimlinge
Blatt : Wurzel-Verhältnis (Blatt-trockenmasse und aschefreie Wurzel-trockenmasse in mg/Pfl.) bei Keimpflanzen von Weizen LUDWIG im Kalttest, Dfh. in den Jahren 2004 (Dreiecke) und 2005 (Vierecke) (*R-Test* $\alpha < 0,1$ *) $\alpha < 0,05$ **) $\alpha < 0,01$

gemeinen Schwächung der Saatgutvitalität oder einer spezifischen Schädigung der genetischen Grundlage des Gravotropismus in der im Korn präformierten Koleoptile ist.

Der bei Weizen und Gerste festgestellte Zuwachs der Wurzelmasse bei den elektronenbehandelten Proben sowie die Verschiebung des Blatt-Wurzelverhältnis zugunsten der Wurzel stellt eine auffällige Veränderung des Wachstumsverhaltens der Pflanzen dar. Es ist der Frage nachzugehen, ob hier ein Phänomen vorliegt, das RUDOLF STEINER (1924) im Landwirtschaftlichen Kurs (Fragenbeantwortung vom 16.6.1924) auf die Frage nach der Wirkung der Elektrizität auf Pflanze und Tier folgendermaßen beschrieben hat: „Nun darf man aber nicht vergessen, dass die Elektrizität immer besonders einwirkt auf die höhere Organisation, die Kopforganisation des Menschen und des Tieres, dementsprechend bei den Pflanzen auf die Organisation der Wurzel in außerordentlich starker Weise einwirkt“. Die Ergebnisse

Quellen:

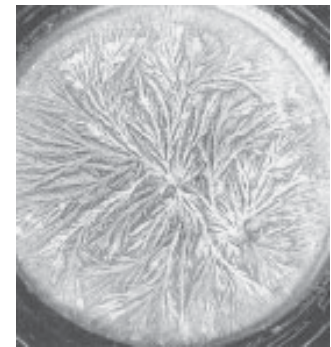
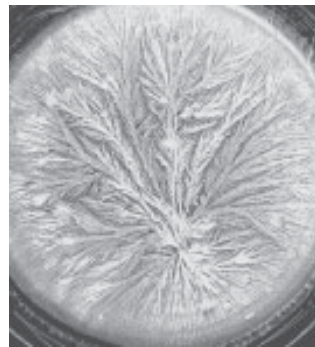
BALZER-GRAF, U. (1997): Vitalqualität – Qualitätserfassung mit bildschaffenden Methoden. Goetheanum 76 (25/26): 315-318
 CLOOS, W. 1980: Die Wirkungen des elektrischen Feldes auf das Pflanzenwachstum und die Möglichkeiten seiner Abschirmung. Lebendige Erde 31 (4), S. 131-133
 GEIER, U. 2005: Pflanzenorganbildtypen in Kupferchloridkristallisation und Steigbild. Lebendige Erde 5: 42-45
 GOLDSTEIN, W. (1999): Strahlensicherheit der Behandlung mit niederenergetischen Elektronen. In: Beer H., Jahn M. (Hrsg): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau. Berichte BBA, H 50, S. 53-54
 LINDNER K. (1992): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung einer Behandlung von Winterweizensaatgut mit niederenergetischen Elektronen. Diss. Humboldt-Univ. Berlin
 SCHWÄRZEL R., Lè C.-L., Cazelles O., Röder O, Merz U. (2001): Pflanzkartoffelbehandlung mit Elektronen. AGRAR Forschung 8 (11-12): 477-481
 STEINER, R. 1924: Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft. 7. Aufl. Dornach 1984

sollten zudem im Zusammenhang mit den Untersuchungsergebnissen von CLOOS (1980), der Weizenkeimlinge im elektrischen Feld prüfte, diskutiert werden. Dabei wurde ein deutlicher Zuwachs der Wurzellänge bei den im elektrischen Feld gewachsenen Keimlingen festgestellt.

Elektronenbehandlung beeinträchtigt das Saatgut

Der im Kalttest nachweisbare Rückgang der Auflaufgeschwindigkeit durch Elek-

tronenbehandlung zeigt, dass dieses Beizverfahren die Saatgutvitalität beeinträchtigt. Die im Vergleich zu Weizen und Roggen geringere Beeinträchtigung der Gerstenproben hängt vermutlich mit dem das Korn schützenden Spelz zusammen. Die Störung des Gravitropismus, die veränderte Wuchsrelation von Blattspitze und Keimscheide bei Weizen und Roggen sowie die bei Weizen und Gerste festgestellte Verschiebung der Blatt-Wurzel-Relation zugunsten der Wurzel stellen Veränderungen des Phänotyps dar und bestätigen die Beob-



achtungen von LINDNER (1992).

Abb 7: Vitalqualität verändert: Kristallisationsbild ohne (links) und mit Elektronenbeize (rechts). Die behandelte Variante ist weniger gleichmäßig, weniger organotypisch.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen Zweifel an einer auf die Samenoberfläche beschränkten, für den Embryo unschädlichen Wirkung der Elektronenbehandlung berechtigt erscheinen. Sie deuten darauf hin, dass bei Behandlung mit praxisüblichen Bestrahlungsstärken Strahlenkomponenten den Keimling erreichen und schädigen können. Die Untersuchung durch 'bildschaffende' Methoden weist auf eine qualitätsmindernde Wirkung der Elektronenbehandlung. Die 'Unbedenklichkeit' dieses Verfahrens für den Öko-Landbau ist daher in Frage zu stellen. Zusätzliche pflanzenphysiologische Untersuchungen zur Aufklärung der aufgezeigten Phänomene wären wünschenswert. ■

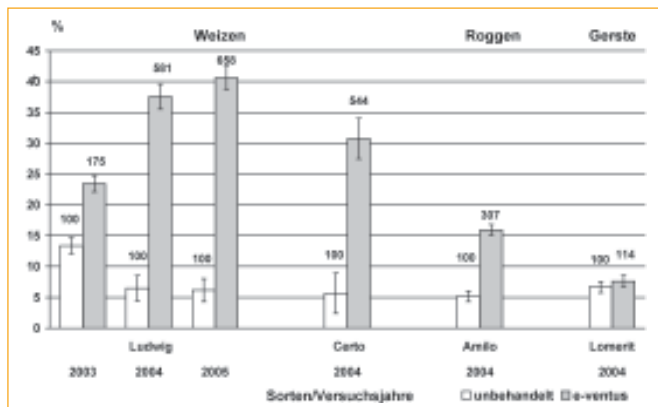


Abb 5: Mit Elektronen gebeiztes Saatgut wächst weniger natürlich. Anteil von Getreidekeimpflanzen mit ungerichtetem Wuchs (%), Mittel aus zwei Substratvarianten, Kalttest, Dottenfelderhof 2004. (*) Tukey $\alpha < 0.05$

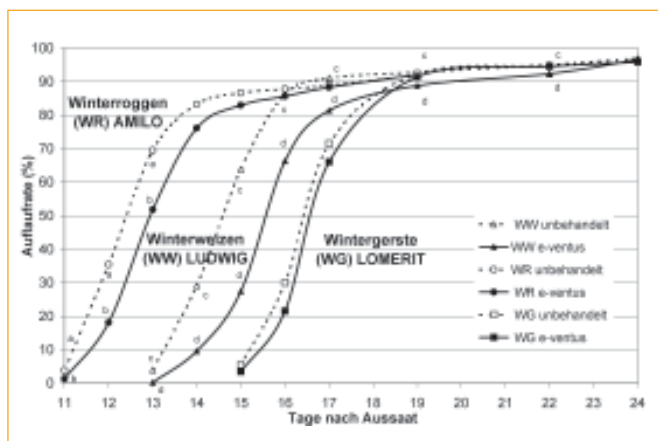


Abb. 6: Elektronenbeize bremst das Auflauf tempo: Auflaufraten von Getreide im Kalttest in Abhängigkeit von der Elektronenbehandlung des Saatgutes (e-ventus®-Verfahren). Mittel aus zwei Substratvarianten. Dottenfelderhof 2004 (Tukey $\alpha < 0.05$, Werte mit ungleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant)