

# Erfolgreiche und gescheiterte Innovationen in der Einzelkornsätechnik

Johannes Benninger

Mit Blick auf die Entwicklung verschiedener technischer Alternativen zur Einzelkornsätechnik wurde untersucht, ob es klare Kriterien für den Erfolg oder Misserfolg technischer Innovationen gibt. Um die Wende zum 20. Jahrhundert wurden nahezu zeitgleich zwei sehr unterschiedliche Einzelkornsävarianten entwickelt. Die äquidistante Fixierung von einzelnen Saatkörnern auf Bändern aus Papier oder Baumwolle, die auf dem Feld von großen Trommeln abgewickelt wurden, ermöglichte eine nahezu perfekte Einzelkornsäat. Bei dem im Jahre 1897 vorgeschlagenen pneumatischen System erfolgte die Korneinzelung dagegen erstmals mit Unterdruck. Während die Saadbänder eine zufriedenstellende technische Lösung anboten, doch zu keinem Zeitpunkt den Weg in die breite Anwendung fanden, hatten pneumatische Systeme ab den späten 1960er Jahren allmählich Erfolg. Bis dahin mussten diese Systeme als gescheiterte Innovation gelten. Durch Änderung des Betrachtungszeitraumes kann sich die Entscheidung über Erfolg oder Misserfolg einer Innovation völlig umkehren.

## Schlüsselwörter

Innovationen in der Sätechnik, Saadbänder, pneumatische Korneinzelung, gescheiterte Innovationen

Spätestens seit Mitte der 1970er Jahre, als die mit den Wiederaufbauleistungen nach den Zerstörungen des Zweiten Weltkrieges zusammenhängenden Wachstumsraten vieler europäischer Volkswirtschaften nach dem Ölpreisschock und der folgenden Energiekrise erkennbar abflachten, wurde über die Mechanismen technischer Innovationen als Quellen neuen Wachstums zunehmend intensiver diskutiert (BAUMOL 2002, DOWLING und HÜSIG 2007). Diese Diskussionen haben bis heute nicht nachgelassen, jedoch ohne einen allgemeinen Konsens zu finden, was die unverzichtbaren Faktoren einer erfolgreichen technischen Innovation sein müssen (SPOERER et al. 2007). Unstrittig für den Bereich der Technik liegt in der Entwicklung und erstmaligen Markteinführung einer neuen Technikvariante eine mehr oder weniger erfolgreiche Innovation vor (KILCHENMANN 2011). Zwar hatte schon SCHUMPETER (1939) darauf hingewiesen, dass eine Erfindung keineswegs zwangsläufig eine Innovation nach sich ziehen müsse, doch wurde erst in jüngerer Zeit vermehrt die interessante Frage verfolgt, wie gescheiterte Innovationen zu identifizieren und zu charakterisieren seien (BAUER 2006).

Eine schnelle und widerstandslose Marktdurchdringung durch technische Neuerungen gelingt in der Praxis äußerst selten. Häufiger sind lange Jahre der Ungewissheit, geprägt von mehr oder weniger erfolgreichen Anstrengungen, bis sich eine Erfindung allmählich als Innovation herausbildet, sich am Markt etablieren und sich dort durchsetzen kann (BAUER 2006, DOWLING und HÜSIG 2007). Die folgenden Ausführungen wollen darauf aufmerksam machen, dass die Betrachtung über lange Zeitzyklen zu ganz unterschiedlichen und sogar völlig gegensätzlichen Beurteilungen über den Erfolg einer Entwicklung führen kann. So kann eine zunächst erfolgreich erscheinende Entwicklung dennoch langfristig scheitern; umgekehrt kann sich eine technische Neuerung mit mittel- und langfristig

ungünstiger Prognose letztlich als erfolgreich und innovativ herausstellen. Anhand von ausgewählten Technikvarianten zur Einzelkornsaat soll veranschaulicht werden, dass der jeweilige Standpunkt im Zeitablauf darüber entscheiden kann, ob eine technische Lösung als innovativ, als technische Sackgasse, als technisch überholt oder auch als ihrer Zeit technisch voraus betrachtet werden kann.

### **Saatbänder als frühe technische Lösung bei der Suche nach der idealen Korneinzelung**

Die zahlreichen technischen Entwicklungen in der Sätechnik – ablesbar an den kaum zählbaren Patentveröffentlichungen allein auf dem Gebiet der Einzelkornsätechnik (BENNINGER 2013) – spiegeln verbesserte technische Optionen im Zeitablauf wider. Wichtiger Treiber vieler Entwicklungen waren ein zunehmender Arbeitskräftemangel in der Landwirtschaft im Zuge der mitteleuropäischen Industrialisierung sowie das allgemeine Bevölkerungswachstum (KRIEDTE 1980). Diese Faktoren erforderten nicht nur höhere landwirtschaftliche Erträge, sondern auch effektivere Verfahrenstechniken, da immer weniger Beschäftigte in der Landwirtschaft tätig waren (KRZYMOWSKI 1951, ABEL 1966, ACHILLES 1993). Die schon im 17. Jahrhundert entwickelte Drillsaat sparte nicht nur Arbeitskräfte ein, sondern half auch, die Bestellung der Felder effektiver zu machen (FISCHER 1910, HUPFAUER 1969, TROITZSCH 1997). Doch lieferten die Drillsaat und später die maschinelle Einzelkornsaat für viele Pflanzenarten auch wichtige Verbesserungen hinsichtlich der Optimierung des Standraumes für die Pflanzen und der Wachstumsbedingungen; nicht zuletzt konnte kostspieliges Saatgut eingespart werden (SOUCEK und PIPPIG 1990, RADEMACHER und HEIER 1999). Schon im 19. Jahrhundert wurden unterschiedliche Einzelkornsämaschinen entwickelt, auch wenn sie erst in den 1960er Jahren als Gleichstandsägeräte allmählich ihren Weg in die praktische Anwendung fanden (DENCKER 1961, LÜDECKE 1953). Dies lag nicht nur an den komplizierten und aufwendigen Mechaniken, sondern auch an manchen mechanischen Unzulänglichkeiten und einer mangelnden Präzision der Korneinzelung (HEGE und HUPFAUER 1969, BENNINGER 2013).

Bereits kurz vor der Wende zum 20. Jahrhundert wurde vorgeschlagen, einzelne Samenkörner in definierten Abständen auf bandartigen Trägern aus Stoff oder Papier zu fixieren und durch Abrollen der auf Trommeln aufgewickelten Bänder mitsamt dem Trägerband in den Boden zu bringen (EVANS 1895, BENNINGER 2013). Diese Bandsaat hatte das Potenzial, weitgehend alle damals herrschenden Probleme der Korneinzelung zu lösen und eine annähernd perfekte Einzelkornsaat zu ermöglichen, ohne Fehlstellen, ohne Doppelbelegungen und ohne die unvermeidlichen Blockaden in den rotierenden oder oszillierenden Einzelungsaggregaten. Innerhalb weniger Jahre folgten weitere Entwicklungen (Abbildung 1), sodass diese Innovation bereits kurz nach der Jahrhundertwende als ausgereift erscheinen konnte (ISRAEL 1900, FICKELSCHER 1907, HEGE und HUPFAUER 1969, BENNINGER 2013). Die Maschinenteknik zum Auslegen der präparierten Saatbänder stand um die Jahrhundertwende zur Verfügung, ging es doch im Wesentlichen darum, große Trommeln mit dem darauf aufgewickelten Trägerband handhabbar zu machen und in geraden Linien auf dem vorbereiteten Acker abzuwickeln (ISRAEL 1902, DEMING 1908, RASMUSSEN 1909, GRAY 1914a, GRAY 1914b, AMERICAN SEEDTAPE 1918, SANFORD 1919, BENNINGER 2013). Es wurde auch daran gedacht, das Band in ausreichender Tiefe abzulegen und die vorbereiteten Furchen über dem ausgelegten Saatband zu schließen (ISRAEL 1902, DEMING 1908).

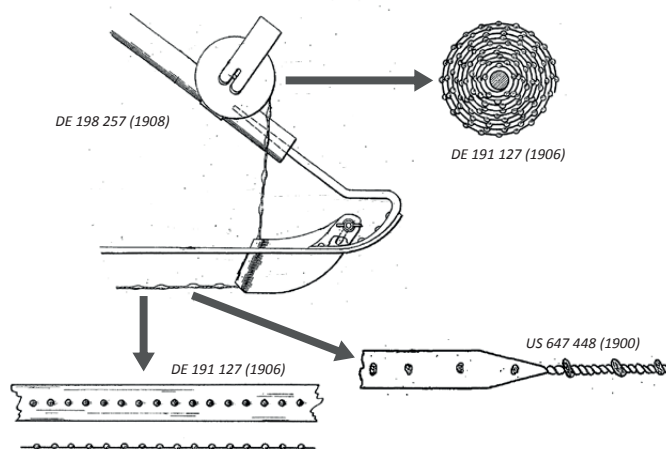


Abbildung 1: Die Technik der Bandsaat, beschrieben in der Patentliteratur um 1900

Somit erfüllte die Bandsaat vor mehr als 100 Jahren bereits die noch heute geltenden technischen Anforderungen an die Einzelkornsaat (RADEMACHER und HEIER 1999). Die zentrale Voraussetzung für einen ausreichenden Standraum der Pflanzen und für optimale Wachstumsbedingungen ist die zielgenaue Ablage einzelner Samenkörner an einem vorgesehenen Ort in definierter Ablagetiefe, möglichst ohne Fehlstellen und Doppelbelegungen. Außerdem sollten eine schnelle Arbeitserledigung und überschaubare Systemkosten erzielt werden (SOUCEK und PIPPIG 1990). Die Gegenüberstellung der Prozessphasen der Saatguteinzelung und der Saatguteinbettung in Abbildung 2 verdeutlicht, dass die Korneinzelung und äquidistante Kornablage im Boden durch die präzise Herstellung, den Transport und das exakte Abrollen der auf Trommeln aufgewickelten Saatbänder realisiert werden konnte (EIKEL 1991, RADEMACHER und HEIER 1999, BENNINGER 2013).

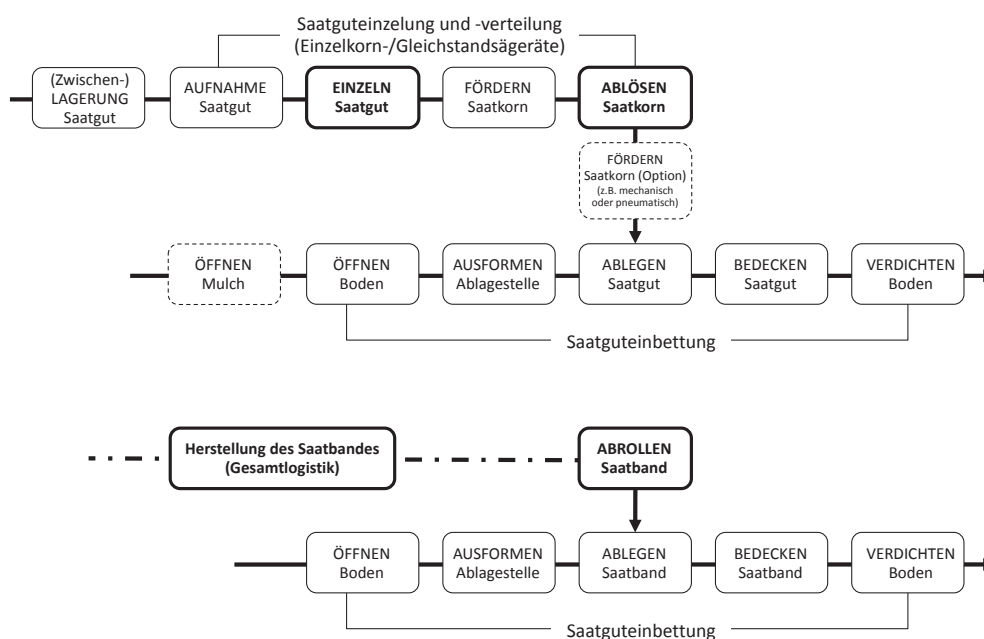


Abbildung 2: Prozessphasen der Einzelkornsaat und der Bandsaat

Ein wichtiger Grund dafür, dass sich die Bandsaat trotz ihrer scheinbaren Vorteile zu keinem Zeitpunkt in der Praxis durchsetzen konnte, liegt in erster Linie darin, dass gegen ein zentrales der von BAUER (2006) herausgearbeiteten Kriterien bei der erfolgreichen Einführung von Innovationen verstoßen wurde. Die Bandsaat verlangte an mehreren Stellen neue technische Infrastrukturen, und zwar zur Herstellung der Samenbänder, für deren Verteilungslogistik und für die Ausbringtechnik, d. h. beim Abrollen der Bänder auf dem Feld bei der Aussaat. Und schließlich brachten die ausge-rollten Trägerbänder das grundsätzlich nicht zu beseitigende Risiko mit sich, nicht in gewünschter Geschwindigkeit zu verrotten oder sich aufzulösen, sodass sie die Samenkeimung und das Wachstum der Pflanzen behindern (SOUCEK und PIPPIG 1990). Dennoch behielt die Bandsaat stellenweise ihre Berechtigung und wird vereinzelt bis in die heutige Zeit für Versuchskulturen eingesetzt (SOUCEK und PIPPIG 1990, WINTERSTEIGER 2008).

### Die pneumatische Korneinzelung – eine gescheiterte Innovation?

Ebenfalls kurz vor der Jahrhundertwende und damit nahezu zeitgleich mit der Entwicklung der Einzelkornsaatvariante durch Abrollen und Auslegen von Saatbändern als Hilfsträger entstand die Idee, pneumatischen Unterdruck zur Korneinzelung durch Ansaugen an eine Trommel und Überdruck zur zeit- und lagegenauen Abgabe der Körner in eine Saatleitung zu nutzen (MATHIAS 1897, HEGE und HUPFAUER 1969, BENNINGER 2013). Um 1920 entstand eine weitere Basiserfindung zur pneumatischen Korneinzelung (Abbildung 3), bei der vorgeschlagen wurde, die Saatkörner mit einer unterdruckbeaufschlagten rotierenden Lochscheibe aus einem Vorrat anzusaugen, um sie an einem vorgesehenen Abgabeort mittels Luftdruckstoß in das Saatrohr abzugeben (BRISTOW 1920, BENNINGER 2013).

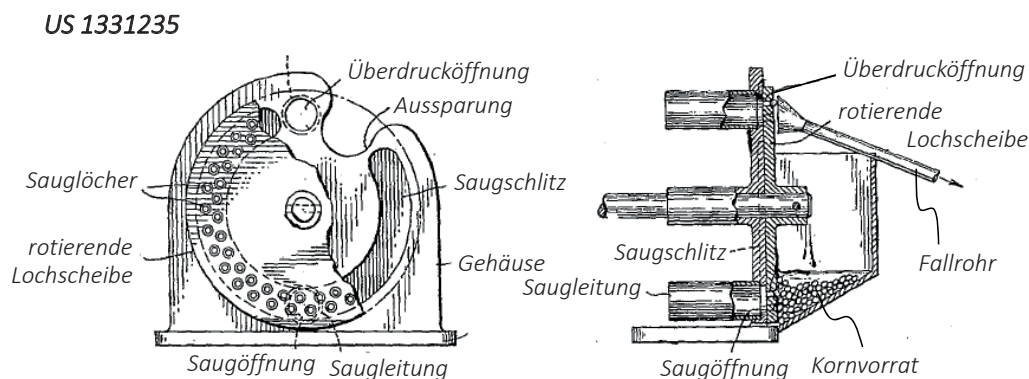


Abbildung 3: Bristow beschrieb 1920 erstmals die Korneinzelung mittels rotierender unterdruckbeaufschlagter Lochscheibe

Auch wenn die pneumatische Korneinzelung einer prototypischen Prozessfolge (THALMANN und JAKOB 1987, EIKEL 1991, RADEMACHER und HEIER 1999) deutlich näher zu sein schien als die Korneinzelung mittels abzuwickelnden Saatbandes, hatte sie dennoch in der Praxis über viele Jahrzehnte keine Chance, über das Konzeptstadium hinauszukommen. Ungeachtet der ab den 1950er Jahren zunehmenden Variantenvielfalt pneumatischer Systeme waren diese von praktischen Anwendungen bis auf Ausnahmen zunächst noch entfernt (HEGE 1995, BENNINGER 2013). Es war schließlich nicht die pneumatische Korneinzelung selbst – die Aufnahme der Körner aus einem ungeordneten Vorrat

mittels unterdruckbeaufschlagter Scheibe oder Trommel mit exakt lokalisierten Aufnahmestellen –, die bei den Lochscheibensystemen zur Praxistauglichkeit führte, sondern das zunächst unbedeutend erscheinende Detail des mechanischen Abstreifers zur Sicherung und Perfektionierung der Korn-einzelung. Abbildung 4 zeigt die typischen Prozessphasen bei pneumatischen Einzelkornsägeräten am Beispiel einer unterdruckbeaufschlagten Lochscheibe als Transport- und Einzelungselement für die Saatkörner (BENNINGER 2013) und die erst 1971 zufriedenstellende Kontur eines Abstreifers (NO-DET-GOUGIS et al. 1971).

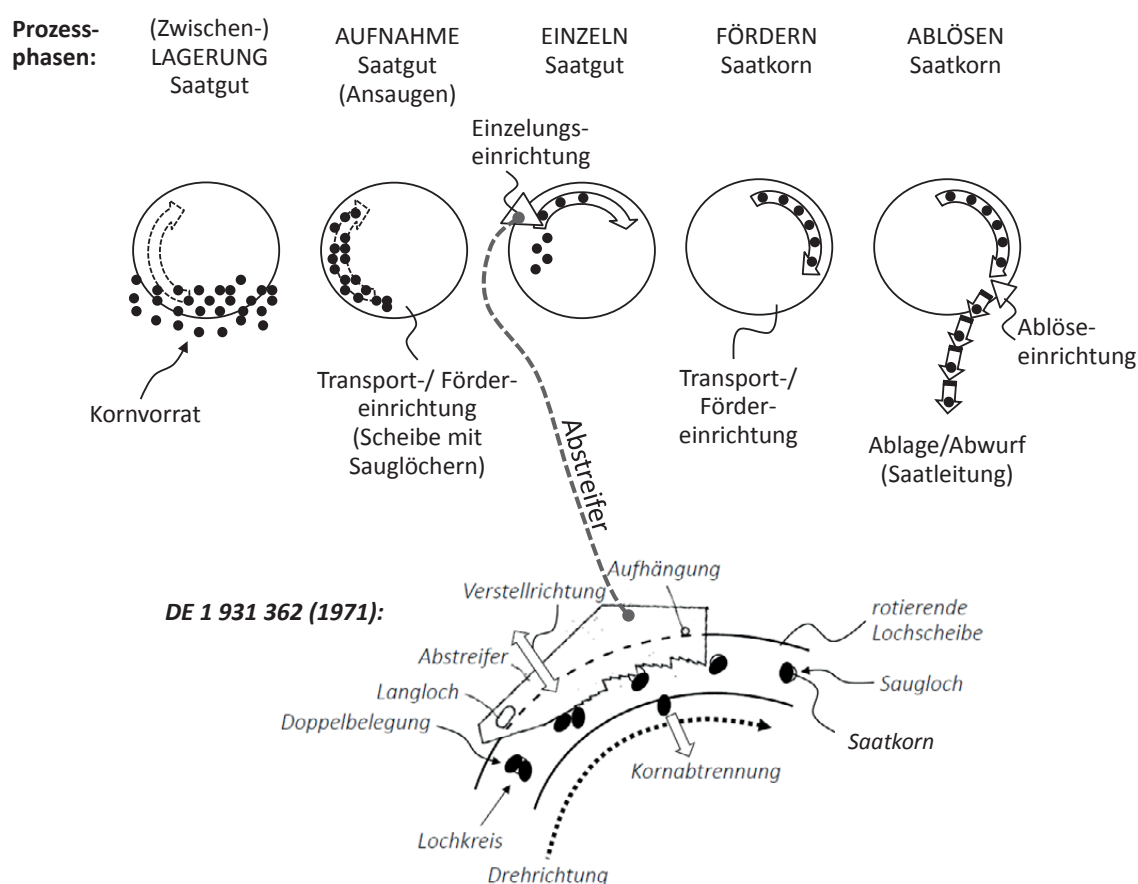


Abbildung 4: Prozessphasen der pneumatischen Einzelkornsäat und sägezahnförmiger Abstreifer

Die Gestaltung des ursprünglich in Frankreich entwickelten und in zahlreichen Varianten verbesserten Abstreifers als Einzelungselement (LAMAZOU und LAMAZOU 1965) lieferte eine für die praktische Anwendung universelle Einsetzbarkeit der damit ausgestatteten pneumatischen Systeme für unpil-lierte und weniger genau kalibrierte Saatgüter. Dadurch konnten sich die bis heute in großer Zahl ein-gesetzten pneumatischen Lochscheibensysteme am Markt etablieren und gegenüber mechanischen Systemen sowie auch gegenüber konkurrierenden pneumatischen Systemvarianten als gleichrangi-ges Konzept behaupten (SOUCEK und PIPPIG 1990, RADEMACHER und HEIER 1999, BENNINGER 2013).

## Die Korngestaltung als Beispiel für äußere Einflüsse auf die Entwicklung von Innovationen

Der Vergleich der Korneinzelungstechniken mittels Saatbändern und mit unterdruckbeaufschlagten rotierenden Lochscheiben zeigt anschaulich, dass eine lange Entwicklungszeit keine ausreichenden Anhaltspunkte für eine gelingende Innovation liefert. Zum Zeitfaktor können weitere Umstände hinzutreten, die als überlagernde Effekte die Erfolgsaussichten von technischen Neuerungen beeinflussen und darüber mitentscheiden können, ob daraus Innovationen entstehen. Solche überlagernden Effekte zeigten sich etwa bei der Kalibrierung der Korngrößen (DENCKER 1961, WENNER und BOXBERGER 1973) und insbesondere bei der zwar schon seit den 1920er Jahren bekannten Umhüllung der Saatkörner (Pillierung) (HEGE und HUPFAUER 1969, BENNINGER 2013), die sich jedoch erst viel später durchsetzte. Dies gilt insbesondere für Zuckerrübensaatgut, weniger für die Maissaat. Während bei den Saatbändern die angestrebte Präzision ohne jede Kornbehandlung erzielt werden konnte, war dies sowohl bei mechanisch arbeitenden (SOCIÉTÉ CIVILE D'ÉTUDES 1952) als auch bei den pneumatisch arbeitenden Systemen anders. So lieferte die Pillierung von problematischen Samenarten wie Rübensaatgut nicht nur die Versorgung mit Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln, sondern sorgte im Wesentlichen für die notwendige Formgebung, um pneumatische Systeme präzise und störungsfrei arbeiten zu lassen (HEMPSCHE 1975). Als besonders wichtig hat sich die Pillierung jedoch auch für mechanisch einzelnde Systeme erwiesen, um bei der Aussaat von Zuckerrüben-, Raps- oder Chicoréesaatgut exakt reproduzierbare Bedingungen für die präzise Einzelungsarbeit zu schaffen.

## Aktuelle Entwicklungen auf Grundlage bereits bekannter Mechanismen

Die pneumatisch arbeitenden Systeme haben sich zwischenzeitlich durchgesetzt; die Korneinzelung selbst hat einen sehr hohen Grad an Präzision erreicht, doch lassen sich die erzielten Kornabstände oftmals nicht bis zum Ablageort im Boden aufrechterhalten, was besonders mit Kollisions- und Abpralleffekten in den Saatileitungen zusammenhängt (BENNINGER 2013). Um die negativen Auswirkungen dieser Effekte bei der Kornförderung nach der Saatkornablösung zu reduzieren, wurde schon vor einigen Jahrzehnten eine druckluftunterstützte Kornförderung entwickelt (WENNER und BOXBERGER 1973, KARL BECKER GMBH 1981, MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG 1986, PAUL 1988, BENNINGER 2013). Doch hat die pneumatische Förderung nach der Saatkornablösung erst in jüngster Zeit in die Praxis gefunden (AMAZONEN-WERKE 2006, AMAZONEN-WERKE 2011, EIKEL 2007, EIKEL 2011), nachdem die Präzision bei der Einzelung zwar weitgehend optimiert worden war, jedoch teilweise durch bauartbedingte Zunahmen der Förderwege zwischen den Säherzen und den Ablagestellen im Boden wieder eingebüßt wurde. Diese längeren Förderwege hingen besonders mit der zunehmenden Verbreitung von mulchsaattauglichen Einzelkornsägeräten zusammen, deren Schneidscheibendurchmesser es notwendig machte, die Säherzen höher anzuordnen. Daraus resultieren Fallhöhen von teilweise mehr als 30 cm, verbunden mit den erwähnten Abpralleffekten und den Genauigkeitsverlusten bei den Kornabständen im Boden. Es ist damit deutlich erkennbar, dass die in Abbildung 2 als Option angedeutete luftdruckunterstützte Kornförderung zwischen der Ablösung der Saatkörner und dem Ablegen des Saatguts im Boden oder auch andere Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Einzelungspräzision sinnvoll sind, soll das Korn auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten exakt an der gewünschten Stelle in den Boden gelangen (EIKEL 2007, EIKEL 2011). Dass aber in der pneumatischen Kornförderung nicht die einzige Option liegt, beweist ein aktuelles System, bei dem zwischen der Ablösung der Saatkörner im Säherz und der Ablage im Boden auf eine mechanische Kornförderung

zurückgegriffen wird, die an ältere Riemensysteme erinnert (GEORGIA TECH 1954, BAINER et al. 1955, PRECISION PLANTING 2004). Allerdings werden die Körner bei dem neuesten System auf präzise Weise mit einem als „brush belt“ bezeichneten, bürstenbesetzten Riemensystem vom Säherz unmittelbar zum tiefer liegenden Ablageort befördert (DEERE 2013, DEERE 2014a, DEERE 2014b).

## Schlussfolgerungen

Ob sich eine neue Technologie, selbst wenn sie als praxistauglich erscheint und Eingang in den Markt findet, tatsächlich als gelungene oder als eine gescheiterte Innovation darstellt, lässt sich im Einzelfall in verschiedenen zeitlichen Abständen jeweils unterschiedlich beantworten. Die pneumatischen Korneinzelungsvarianten mussten zweifellos noch bis in die 1950er und 1960er Jahre als Entwicklungen mit ungewissen Zukunftsaussichten, wenn nicht gar als gescheiterte Innovationen ohne Chancen auf eine breite Marktrealisierung angesehen werden. Die Technik der Korneinzelung mittels Saatbändern konnte dagegen schon um die Jahrhundertwende und auch noch in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts als eine sinnvolle Entwicklung mit Markt- und Wachstumspotenzial angesehen werden. Über einen längeren Zeitraum war diese Einschätzung gründlich zu revidieren. Die Saatbandvariante konnte sich nicht durchsetzen, während die pneumatische Korneinzelungstechnik eine überaus erfolgreiche Technikvariante und damit insgesamt erfolgreiche technische Innovation auf dem Gebiet der Getreidesaat und Einzelkornsaat darstellt.

Ähnliche Mechanismen können bei der pneumatischen Kornförderung nach der Einzelung bis zur Bodenablage identifiziert werden. Während diese Option in den 1970er Jahren noch kaum praxisrelevant war, stellt sie seit wenigen Jahren eine sinnvolle Ergänzung zur präzisen Korneinzelung dar, damit konstante Kornabstände auch bei größeren Abständen vom Säherz zur Säschar erreicht werden.

## Literatur

- Abel, W. (1966): Agrarkrisen und Agrarkonjunktur. Eine Geschichte der Land- und Ernährungswirtschaft Mitteleuropas seit dem hohen Mittelalter. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey
- Achilles, Walter (1993): Deutsche Agrargeschichte im Zeitalter der Reformen und der Industrialisierung. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG (2006): DE 10200404265 1, M. Pobriefke
- Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG (2011): DE 102010015913, J. Dreyer
- American Seedtape Comp. Inc. (1918): DE 306663
- Bainer, R.; Kepner, R. A.; Barger, E. L. (1955): Principles of Farm Machinery. New York und London, John Wiley & Sons
- Bauer, R. (2006): Gescheiterte Innovationen. Fehlschläge und technologischer Wandel. Frankfurt/Main, New York, Campus Verlag
- Baumol, W. J. (2002): The Free-Market Innovation Machine. Analyzing the Growth Miracle of Capitalism. Princeton, New Jersey, Princeton University Press
- Benninger, J. (2013): Die Entwicklung der Einzelungstechnik bei Einzelkornsäegeräten für Zuckerrüben auf der Grundlage der Patentliteratur seit 1840. Dissertation, Universität Bonn
- Bristow, C. (1920): US 1331235
- Deere & Company (2013): US 8468960, E. Garner et al.
- Deere & Company (2014a): US 8789482, E. Garner et al.
- Deere & Company (2014b): US 8850995, E. Garner et al.
- Deming, R. O. (1908): DE 198257

- Dencker, C.-H. (1961): Verfahren und technische Hilfsmittel für den Rübenbau. In: Handbuch der Landtechnik, Hg. Dencker, C.-H., Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey, S. 849–942
- Dowling, M.; Hüsig, S. (2007): Technologische Innovation als Wettbewerbsfaktor: Von Schumpeters „Schöpferischer Zerstörung“ bis zur „Disruptive Technology“ von Christensen. In: Innovationsgeschichte. Erträge der 21. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 30. März bis 2. April 2005 in Regensburg, Hg. Walter, R., Stuttgart, Franz Steiner Verlag, S. 25–33
- Eikel, G. (1991): Bodenschonung und pflanzenbauliche Eignung des Bonner Spaten-Einzelkornsägerätes am Beispiel des Maisanbaus. Dissertation, Universität Bonn
- Eikel, G. (2007): Vor einer Revolution. Exklusiver Fahrbericht Amazone-Maissägerät EDX 9000-T. profi 9, S. 24–27
- Eikel, G. (2011): Tempo mit Generator und Druckluft. Exklusiver Fahrbericht Väderstad-Einzelkornsägerät Tempo TPF 6. profi 10, S. 47–49
- Evans, E. (1895): DE 79129
- Fickelscheer, C. (1907): DE 191127
- Fischer, G. (1910): Geräte für Saat und Pflege. In: Die Entwicklung des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Deutschland. Festschrift zum 25jährigen Bestehen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Hg. Fischer, G. et al., Berlin, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, S. 71–131
- Georgia Tech Research Institute (1954): US 2684781, R. L. Allen, J. G. Futral
- Gray, E. E. (1914a): DE 279327
- Gray, E. E. (1914b): DE 279745
- Hege, H.; Hupfauer, M. (1969): Einzelkornsämaschinen. In: Die Geschichte der Landtechnik im 20. Jahrhundert, Hg. Franz, G., Frankfurt/Main, DLG-Verlags-GmbH, S. 187–195
- Hege, H. (1995): Zur Entwicklung der Einzelkorn-Sämaschinen. „Der Goldene Pflug“, Agrarhistorische Zeitschrift für Freunde und Förderer des Deutschen Landwirtschaftsmuseums, Hg. Universität Hohenheim, Ausgabe 5, S. 4–7
- Hempsh, K. (1975): Eignung pneumatischer Mais-Einzelkornsägeräte für die Zuckerrübenaussaat. Dissertation, Universität Bonn
- Hupfauer, M. (1969): Sämaschinen. In: Die Geschichte der Landtechnik im 20. Jahrhundert, Hg. Franz, G., Frankfurt/Main, DLG-Verlags-GmbH, S. 178–186
- Israel, E. F. (1900): US 647448
- Israel, E. F. (1902): US 701569
- Karl Becker GmbH & Co KG Maschinenfabrik (1981): DE 2934121, R. Becker
- Kilchenmann, C. (2011): Patentschutz und Innovation. Eine ökonomische Analyse aus globaler und nationaler Sicht. Bern, Berlin u. a., Peter Lang
- Kriedte, P. (1980): Spätfeudalismus und Handelskapital. Grundlagen der europäischen Wirtschaftsgeschichte vom 16. bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht
- Krzymowski, R. (1951): Geschichte der deutschen Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der technischen Entwicklung der Landwirtschaft. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Lamazou, J.; Lamazou, P. (1965): FR 1410390
- Lüdecke, H. (1953): Zuckerrübenbau. Ein Leitfaden für die Praxis. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (1986): DD 234328, J. Paul, K. Hänsch et al.
- Mathias, J. F. (1897): DE 94927
- Nodet-Gougis S. A.; Lamazou, P.; Lamazou, J. (1971): DE 1931362
- Paul, K.-H. (1988): DE 3637530
- Precision Planting Inc. (2004): US 6681706, G. A. Sauder, K. R. Dill, D. L. Dunlap



- Rademacher, T.; Heier, L. (1999): Geräte und Verfahren für die Produktion von Rüben und für die Bestellung von Mais. In: Landtechnik, Hg. Eichhorn, H., Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, S. 287–357
- Rasmussen, H. P. (1909): DE 213654
- Sanford, P. T. (1919): US 1292082
- Schumpeter, J. A. (1939): Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. New York, McGraw-Hill
- Société Civile d'Études et de Recherches Techniques (1952): DE 838082, J.-P. Payet, J. Baratte
- Soucek, R.; Pippig, G. (1990): Maschinen und Geräte für Bodenbearbeitung, Düngung und Aussaat. Berlin, Verlag Technik
- Spoerer, M.; Baten, J.; Streb, J. (2007): Wissenschaftlicher Standort, Quellen und Potentiale der Innovationsgeschichte. In: Innovationsgeschichte. Erträge der 21. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 30. März bis 2. April 2005 in Regensburg, Hg. Walter, R., Stuttgart, Franz Steiner Verlag, S. 39–59
- Thalmann, G.; Jakob, P. (1987): Analyse der Arbeitsphasen im Sämechanismus von Einzelkornsämaschinen im Hinblick auf die konzeptionelle Gestaltung einer Maschine zur Mehrfachnutzung. agrartechnik 37(5), S. 228–231
- Troitzsch, U. (1997): Technischer Wandel in Staat und Gesellschaft zwischen 1600 und 1750. In: Propyläen Technikgeschichte, Dritter Band: Mechanisierung und Maschinisierung 1600–1840, Hg. König, W., Berlin, Ullstein Buchverlage, S. 9–267
- Wenner, H.-L.; Boxberger, J. et al. (1973): Die Landwirtschaft. Band 3: Landtechnik – Bauwesen. München, BLV Verlagsgesellschaft
- Wintersteiger AG (2008): AT 505144

## Autor

**Dipl.-Ing. Dr. agr. Johannes Benninger, M. A.**, wurde an der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn bei Prof. Dr.-Ing. Schulze Lammers mit einer Untersuchung zur historischen Entwicklung der Einzelkornsätechnik promoviert; er ist freiberuflich als Patentanwalt in Regensburg tätig. Patentanwaltskanzlei Benninger, Dr.-Leo-Ritter-Str. 5, 93049 Regensburg, E-Mail: info@pathelp.de