

Zur Ökophysiologie des Auftretens von *Cirsium arvense*

*Ecophysiological aspects of *Cirsium arvense**

Hartmut Heilmann

Gesellschaft für Boden, Technik, Qualität (BTQ), 74592 Kirchberg, Birkenstr. 10
hartmut.heilmann@t-online.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.026

Zusammenfassung

Das Anbausystem mit dem Stoppelhobel vermag geringen landtechnischen Aufwand mit angemessenem Ertrag und geringem Begleitpflanzendruck zu verbinden, ohne dass eigene Maßnahmen der Distelregulation nötig wären. Trotzdem bleiben pedogene Aspekte des Auftauchens von *Cirsium arvense* (L.) SCOP. offen. Unterschiede in Bodenstruktur und pH-Wert bei Distelaufreten hängen nicht so sehr von Bodenbedingungen, sondern auch von Einflüssen durch *C. arvense* selber ab. Eine Untersuchung mit der Universität Hohenheim ergab große Unterschiede zwischen Bodenproben mit bzw. ohne Disteln. Dies muss als Hinweis auf saprophytische Beiträge zur Ernährung der Distel gewertet werden, welche es der Distel als mixotrophe Pflanze erlauben, organische Kohlenstoffverbindungen im Boden zu nutzen.

Stichwörter: Mixotrophie, Rhizomdormanz, Saprophytie, Stoppelhobel, subterrane Embryogenie, Trophietypen

Abstract

Even if an existing agricultural holistic production system works without specific measures of control of *Cirsium arvense* (L.) SCOP. scientific questions of pedogene probiotic aspects are left to be answered. Changes in soil structure and pH-Value are not as much due to the conditions of soil but depend on the influences of the Creeping thistle. Investigations of soils with/without thistles at the University of Hohenheim show high differences which hint at saprotroph contributions to nutrition. Thistle growth, rhizome dormancy and subterranean embryogeny are discussed as a nutrition model of thistles as mixotroph plants which can take advantage of organic substances in the soil.

Keywords: Mixotrophy, rhizome dormancy, saprophytic nutrition, Stoppelhobel, subterranean embryogeny, types of different nutrition

Einleitung

Für das Auftreten und Ausbleiben ganzer Nester der Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense* (L.) SCOP.) gibt es bisher kein plausibles wissenschaftliches Modell. Die allgemein angenommene Sichtweise, Pflanzen in Agrarsystemen wären allgemein eher autotroph (DAU *et al.*, 2004), gilt offensichtlich für die Distel nicht. Seltsamerweise scheint es nicht so sehr ihr Auftreten, sondern der mit ihr einhergehende Bodenzustand zu sein, welcher den Kulturpflanzenertrag mindert. Der Arbeitskreis Standortphysiologie der BTQ erforscht seit langem die Standortphysiologie landwirtschaftlicher Konkurrenzpflanzen. Dabei fand das Anbausystem mit dem Stoppelhobel der Firma Zobel (Rot am See) besonderes Interesse, weil es erlaubt, allein durch Methoden der Gareförderung auf Regulierungsmaßnahmen gegen *C. arvense* zu verzichten (HEILMANN, 2007). Dieses hauptsächlich auf Betrieben des ökologischen Landbaus mit bindigen bis schweren Böden verbreitete Anbausystem beruht auf der Förderung der bodeneigenen Lebendigkeit (Gare) und wird durch Schärlarbeiten mit gezieltem Einsatz der Egge verfolgt. In der getreidereichen Fruchtfolge kann der Klee grasanteil gering gehalten werden, weil er kaum zur Begleitpflanzenregulierung nötig ist. Er dient in erster Linie dem Futterbau. Jegliche Regulierungsmaßnahmen hinsichtlich der Distel erübrigen sich. Der Boden wird zwischen den Kulturen nur zwei bis drei Mal geschält, ohne die ggf. vorhandenen, meist zwischen 12 und 20 cm tief waagrecht streichenden Verbreitungsorgane der Disteln zu stören und ist krümelig und strukturstabil. Die besondere Wirkung des Stoppelhobels beruht auf mehreren Aspekten, von denen wohl am wichtigsten ist, dass keine frische organische Substanz unter die in Mitteleuropa bei 10 bis 15 cm Tiefe anzusetzende Garegrenze (HEILMANN, 1999) eingearbeitet wird, die Bearbeitungsgrenze immer

offenporig bleibt und der flach bearbeitete Boden immer ausweichen kann, so dass er bei der Bearbeitung keine Strukturschäden erleidet. Dabei kommen Distel und Ampfer durchaus vor. Jedoch bleiben sie meist klein. Weder sie noch die mit ihnen normalerweise einhergehende Gareschwäche mindern den Ertrag. Der Kleeertrag mit seinem Erfolg in der Distelregulierung (WEHSARG, 1954) erweist sich bei genauer Beobachtung eher als indirekt gegen die Distel wirksam, eben über die Bodengare mit ihren probiotischen Weichenstellungen, unter deren Einfluss Disteln nicht mehr ernährt werden und die Dormanz eintritt. Mit der Fruchtfolge und der Bodenbearbeitung lässt über die Jahre dann der Ertrag nach, die Böden werden schwerzügiger und die Begleitflora wird wüchsiger; die Dormanz von Distelsamen und -rhizomen hört auf. So beruht die Wirkung des Stoppelhobels in erster Linie auf der Förderung einer stabilen Gare.

Auf einem Stoppelhobelbetrieb gelang am 12.08.2005 mittlerweile der zweite Nachweis der Rhizomdormanz der Ackerkratzdistel. Nach der Stoppelbearbeitung waren einige Rosetten aufgetaucht, wo drei Jahre (Klee, Weizen, Roggen) lang keine Disteln gewachsen waren. Unter der Bearbeitungsgrenze zogen sich großflächig Rhizome durch den Acker, welche auch im Anbaujahr des Roggens bis zum Einsatz des Stoppelhobels keine Triebe gebildet hatten (HEILMANN, 2011). Das Dokumentationsfoto (Abb. 1) zeigt, dass der sonst krümelnde Boden um das Rhizom schmiert und in schlechter Struktur ist. Diesen pedologischen Feldbefund kann man als Verschleimung bezeichnen. (In der Diskussion kommen wir darauf zurück.) ZWÖLFER (1999) weiß von einem Dr. Fryer aus den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts, der in Oxford von einer mehrjährigen „Diapause“ von Wurzelorganen der Distel berichtete.



Abb. 1 Disteltrieb aufgrund sommerlicher flacher Bodenbearbeitung nach 3 Jahren Rhizomdormanz.

Fig. 1 Sprout of *Cirsium a.* because of shallow tillage after three years of rhizome dormancy.

Wer im ökologischen Landbau Stoppelbearbeitung in hinreichendem Flächenumfang selber durchgeführt hat, kennt aus eigener Erfahrung den höheren Bearbeitungswiderstand in Zonen von Distelbewuchs (MARKL *et al.*, 1996). Der Schlepper hat schwerer zu arbeiten, so dass man manchmal sogar herunterschalten muss. Diese in der landwirtschaftlichen Praxis bekannten und auch in Spatendiagnosen seit Jahrzehnten dokumentierten Verdichtungen (HEYL-WEILBURG, 1937; WEHSARG, 1954; MARKL *et al.*, 1996; HEILMANN, 2011) korrelieren aber nicht oder höchst selten mit Bodenbelastungen, welche durch Bearbeitungsgeräte o.ä. bewirkt hätten sein können. Andererseits kennt Praxiserfahrung, dass jede Bodenverdichtung – durch landtechnische

Maßnahmen etwa – sie auch in ihrem Auftreten fördert. ZWERGER prüfte die Hypothese, Disteln würden durch Bodenverdichtungen gefördert, indem er sie in Fässern mit unterschiedlich verdichtetem Substrat wachsen ließ; sie waren alle gleich wüchsig (ZWERGER, 2001).

Es kann zum Spontanaufreten kommen, wie es das Elfte Kirchberger Distel-Orchideen-Seminar am 29. Mai 2010 dokumentierte (HEILMANN, 2011). Dieses Phänomen gibt es auch bei Orchideen. So durchläuft der Violette Dingel (*Limodorum abortivum* (L.)) eine im Boden stattfindende Embryogenese, indem er eine um sieben Jahre währende Entwicklung in der Erde braucht, bis er hervor treibt (PRESSER, 2000). Das Bleiche Knabenkraut (*Orchis pallens* L.) durchläuft in seinen rund neun Jahren bis zur Blüte eine heterotrophe Phase von drei Jahren ohne grüne Blätter (LAUX, 1984). Orchideen haben zwar meist autotrophe Phasen; obligate Wurzelpilze spenden ihnen zusätzlich Assimilate und erlauben mixotrophe bis vollkommen heterotrophe Ernährungsmuster (PRESSER, 2000). Da die Mykorrhizen dabei oft keine erkennbaren Vorteile genießen, handelt es sich um Übergänge von Symbiosen („Lebensgemeinschaften zu gegenseitigem Vorteil“) zu Probiosen. Bei *C. arvensis* scheidet wegen nachgewiesener morphologischer und trophischer Unterschiede ein identisches, rein mykotrophes Ernährungsmodell wie bei einigen Orchideen aus. Andererseits sind Disteln mit großer Regelmäßigkeit mit der Breitblättrigen Ständelwurz (*Epipactis hellborine*) vergesellschaftet, so dass eine standortphysiologische Vergleichbarkeit nahe liegt. Diese Erscheinung findet sich in Hausgärten oder Parkanlagen, wo sich unter Bodendeckern Rohhumus ansammelt, dessen langsamer Abbau in Parallelität mit geringer Durchwurzelung zu einem Überangebot organischer Substanz führt.

Sofern sich eine Minderung des Ertrags bei Kulturpflanzen finden lässt, gibt es im Frühjahr auch „Bodenverdichtungen“ und pH-Wert-Änderungen. Es gibt zwei Formen systematischen Auftretens, die wir als diskret bezeichnen. Es handelt sich um Distelnester und Distelringe, welche bei den Disteln im Frühjahr pH-Wert-Erniedrigungen und Bodenverdichtungen sowie eine ausgesprochene Kulturpflanzenkonkurrenz zeigen; die anderen Flächen der gleichen Äcker sind distelfrei (HEILMANN, 2011). Eine weitere Verbreitungsform zeigt ein irreguläres Muster, indem ganze Äcker unterschiedlich triebige Distelsprosse tragen; keine Fläche ist distelfrei. Dieses Muster tritt häufig am Ende von Fruchtfolgen auf ökologischen Betrieben, nämlich vor dem Kleeergrasbau, auf. Der ganze Acker weist dann meist einen relativ niedrigen pH-Wert und schlechte, ungleichmäßige Bodenstruktur auf.

Da es der Nahrungsspielraum ist, welcher weitestgehend die Verbreitung eines Organismus bestimmt (FRANCÉ, 1921), schien es angezeigt, eine Modellprüfung der Heterotrophithese durchzuführen.

Material und Methoden

Es wurde die Hypothese aufgestellt: „Bei der Distel gibt es keine saprophytischen Ernährungsbeiträge aus dem Boden“. Dazu wurden im August nach der Getreideernte von Äckern ökologisch wirtschaftender Betriebe, von denen keiner mit dem Stoppelhobel arbeitet, 7 Paarungen von Bodenproben mit den Varianten „ohne Disteln“ und „mit Disteln“ gezogen. Es wurden von zwei Äckern Beispiele irregulären Auftretens (I1 und I2), sowie entsprechende Herkünfte diskreten Auftretens gewählt, wozu zwei Distelnester (D1 und D2) sowie ein Ring in einem Maisfeld (mit drei Wiederholungen) herangezogen wurden. Distelringe ähneln in ihrem Auftreten Hexenringen auf Wiesen und treten wie diese in Jahren mit stärkeren Niederschlagsperioden weniger auf. Die Proben wurden aus einer Tiefe von 0 bis 12 cm gezogen. Bei den Varianten mit Disteln D1 und D2 sowie R1 – R3 traten Bodenverdichtungen auf; da dies eine wiederholt beschriebene Begleiterscheinung darstellt (HEYL-WEILBURG, 1937; WEHSARG, 1954; MARKL *et al.*, 1996; HEILMANN, 2011) interessierte die standortphysiologische Charakteristik und systemwissenschaftliche Plausibilität mehr als die schon bekannte Faktizität.

Im Labor des Fachgebietes Bodenbiologie (Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim) wurde der extrahierbare Anteil an Kohlenstoff und Stickstoff bestimmt.

Die Extraktion der organischen C- und N-Verbindungen erfolgte mit 0,5 M Kaliumsulfatlösung. Anschließend wurde der organische Kohlenstoff (TOC = total organic carbon) und der organische Stickstoff (TON = total organic nitrogen) am TOC-Analysator (Analytik Jena Multi N/C 2100S) bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit dem T-Test auf Signifikanz geprüft.

Ergebnisse

Der Unterschied in den Analysewerten des extrahierbaren organischen Kohlenstoffs (Tab. 1) bei den Bodenproben „ohne Disteln“ zu „mit Disteln“ ist nach T-Test signifikant gesichert (Irrtumswahrscheinlichkeit: 2,95 %). Seine Aussage bezieht sich darauf, dass in den Bodenarealen „ohne Disteln“ in jeder der sieben Proben – im Durchschnitt 37 % - mehr an extrahierbaren organischen Substanzen (im Maß des daran beteiligten Kohlenstoffs) verfügbar war. Die Disteln haben also bei jedem untersuchten Variantenpaar den Anteil extrahierbarer organischer Substanz vermindert.

Tab. 1 Extrahierbare organische Substanz ($\mu\text{g EOC g}^{-1}$ soil dw).

Tab. 1 Extractable organic Matter ($\mu\text{g EOC g}^{-1}$ soil dw).

Variante	I1	I2	D1	D2	Ring a	Ring b	Ring c	Durchschnitt
ohne Disteln	38,1	29,4	31,3	75,4	73,1	49,5	74,6	53,1
mit Disteln	33,3	23,4	26,3	55,4	34,0	46,1	52,7	38,8
Differenz	4,8	6,0	4,9	20,0	39,1	3,5	21,9	14,3

Die Nitratwerte (Tab. 2) kennzeichnen die Konkurrenzproblematik zwischen Disteln und Kulturpflanze deutlich: die Areale „ohne Disteln“ weisen 65 % höhere Werte auf. In fünf der sieben Varianten haben die Disteln den Nitratgehalt vermindert. Dieser Unterschied muss vom Durchschnitt her als sehr groß angesehen werden, wenn er auch wegen der unterschiedlichen Standorte als statistisch nicht signifikant angesehen werden muss.

Tab. 2 Nitrat (NO_3 mg/l).

Tab. 2 Nitrate (NO_3 mg/l).

Variante	I1	I2	D1	D2	Ring a	Ring b	Ring c	Durchschnitt
ohne Disteln	2,3	2,6	1,3	17,3	3,0	2,6	3,5	4,7
mit Disteln	2,5	2,3	1,6	6,8	2,7	2,2	1,7	2,8
Differenz	-0,1	0,2	-0,3	10,5	0,3	0,4	1,8	1,8

Auch die Analysewerte des extrahierbaren Stickstoffes (Tab. 3) reflektieren drastische Unterschiede; in den Arealen „ohne Disteln“ sind die Extraktwerte 94 % höher. Wegen der standort- und kulturabhängigen Unterschiede ist der große Unterschied statistisch zwar nicht signifikant gesichert. Wie in den gleichen fünf der sieben Varianten des vorherigen Parameters haben die Disteln den Gehalt extrahierbaren Stickstoffs aber so vermindert, dass dort nur rund 50 % des Nitratstickstoffs zu finden war.

Tab. 3 Extrahierbarer Stickstoff ($\mu\text{g EN g}^{-1}$ soil dw).

Tab. 3 Extractable Nitrogen ($\mu\text{g EN g}^{-1}$ soil dw).

Variante	I1	I2	D1	D2	Ring a	Ring b	Ring c	Durchschnitt
ohne Disteln	7,9	10,7	2,2	82,7	14,3	9,9	14,2	20,3
mit Disteln	8,5	7,6	4,1	29,0	9,7	7,7	6,8	10,5
Differenz	-0,6	3,1	-1,9	53,7	4,6	2,2	7,4	9,8

Diskussion

Diese Untersuchung zeigt bei drei Bodenparametern, dass im Wurzelbereich von Disteln und Kulturpflanzen weniger extrahierbare organische Substanzen allgemein, weniger Nitrat und weniger extrahierbarer Stickstoff vorhanden sind als im Wurzelbereich der Oberkrume (0 – 12 cm) allein der Kulturpflanzen. Dabei ist der durchschnittliche Unterschied beträchtlich. Von besonderer Bedeutung ist, dass sich alle drei Ausbreitungsmuster der Distel gleich verhalten. Folgeuntersuchungen sollten auf diese unterschiedlichen Ausbreitungsmuster und den Jahresgang der Bodenparameter eingehen. Der statistisch signifikante Unterschied in der Untersuchung auf extrahierbare organische Substanzen erlaubt die Aussage: „Disteln nutzen kohlenstoffhaltige Verbindungen zu ihrem stofflichen und/oder energetischen Metabolismus“. Da Disteln wie die meisten höheren Pflanzen aufgenommene organische Substanzen energetisch nutzen können, kann dies als Kennzeichnung saprophytischer Ernährung angesehen werden. Zusammenfassend ist also die Hypothese „Bei der Distel gibt es keine saprophytischen Ernährungsbeiträge aus dem Boden“ zurückzuweisen. Die Ergebnisse geben hinreichend Anhaltspunkte für saprophytische Beiträge aus dem Boden, welche das Wachstum der Distel fördern.

In Jahrzehnten eigener Spatendiagnosen in allen Monaten des Jahres konnte beobachtet werden, dass die typischen Distelstandorte durch Verschleimung geprägt sind. Diese Verschleimung entwickelt sich in der zweiten Frühjahrshälfte beobachtbar zu den das Distelaufreten mit Regelmäßigkeit begleitenden „Verdichtungen“, deren Muster nicht durch landtechnische Bodenbelastungen hervorgerufen sein kann. Die botanisch orientierte Zeigerpflanzen-systematik misst Disteln keinen Zeigerwert bei und bezeichnet sie als Ubiquist „verschiedenartiger, meist nährstoffreicher Standorte“ (BOAS, 1958), während WEHSARG (1954) sie aufgrund landwirtschaftlicher Erfahrung als Lehmzeiger ansieht. Lehme kennzeichnen sich durch langsame bis träge Umsetzung organischer Substanz. In der Bodenbearbeitung weisen diese Standorte geringe Belastbarkeit hinsichtlich Druck und Schlupf auf. Sie sind besonders auf Anbausysteme angewiesen, welche die Gare des Bodens als Hauptziel verfolgen. Da von uns Gareschäden und Garezusammenbruch regelmäßig als Grundlage stärkerer Verunkrautung angetroffen werden, sei auf das Stichwort „Gare“ kurz näher eingegangen. Ein Handbuch für den praktischen Landwirt widmet dem ein eigenes Kapitel und führt u.a. aus (DIECKMANN, 1943): „Wie gares Brot und ungarer Teig sich unterscheiden, so ist gares Land von totem, unfruchtbarem Boden verschieden... Oft ist der frische „Erdgeruch“ wahrnehmbar. Eine Roggenstoppel ist häufig hart und nicht gar, eine Raps- oder Wickenstoppel aber ist meist gar. Der Schwerpunkt der ganzen Feldbestellung liegt in dieser Gare und der Landwirt, der das nicht begriffen hat und nicht für die Gare sorgt, soll einen anderen Beruf ergreifen.“

Das System mit dem Stoppelhobel erlaubt ein gareförderndes Bearbeitungssystem durch seine flache Arbeitsweise, bei welcher der bearbeitete Boden immer ausweichen kann, also geringem Druck ausgesetzt ist. Die stets offenporige Bearbeitungsgrenze und die geringe Einarbeitungstiefe organischer Substanz fördern die ununterbrochene Atmungsfähigkeit der beteiligten Bodenzonen. Insofern kann die Kombination von Leguminosenbau und gezielter Schälarbeit als Basis ökologischen Landbaus angesehen werden (KAHNT, 2008).

Das Neuartige des hier vorgeschlagenen Verständnisansatzes besteht darin: mixotrophe Pflanzen sind in ihrer Verbreitung in der Landschaft an ihre heterotrophe Nahrungsquelle gebunden. Das ist normalerweise als Mutualismus vom Typ eines Parasitismus, einer Symbiose oder Probirose ausgeprägt, kann aber auch saprophytische Elemente aufweisen. Wenn im Boden also Gareformen dominieren, welche mikrobiologische Aspekte (Keimung, Brechung der Dormanz!) mit hohen Werten extrahierbarer organischer Substanz miteinander verbinden, entwickeln solche Äcker für Disteln probiotische Eigenschaften. Im Zuge des Umbaus organischer Substanz im Boden – so unsere Interpretation – erfolgt immer auch eine Freisetzung niedermolekularer Verbindungen, welche von den Kulturpflanzenwurzeln oder der Gare aufgenommen werden. Gare bedeutet unserer Erfahrung nach nicht allgemein Freisetzung von Mineralstoffen und

niedermolekularen organischen Verbindungen, sondern kann auch Immobilisierung von Mineralstoffen und Einbau organischer Verbindungen bedeuten. Ist die Aufnahme geringer als die Freisetzung, wenn etwa bei pflanzenbaulichen Fehlern Kulturpflanzen sie nicht quantitativ aufnehmen, können sie sich als Schleim sammeln, welcher Disteln, Quecke und Ampfer als Nahrungsgrundlage dient. Ist die Freisetzung höher als die Aufnahme – etwa bei organischer Überdüngung, werden zusätzlich zum Kulturpflanzenertrag noch Disteln aus dem Boden getrieben. Auch wenn ein Boden nach Fäulnis oder Muffigkeit riecht, scheint die Freisetzung höher zu sein als die Aufnahme. Bei Distelringen könnte die ringförmige Ausbreitung eines Pilzes Disteln eine Ernährungsgrundlage bieten, weil mehr niedermolekulare Verbindungen freigesetzt werden als die Kulturpflanzen aufnehmen können. Die erfolgreiche Regulierungswirkung auf *C. arvense* durch Klee gras ist nach allen Erfahrungen einerseits unumstritten (HÄUBLER *et al.*, 2004); andererseits muss ihre Grundlage diskutiert und ggf. näher geklärt werden. Es ist offensichtlich nicht der Klee grasbau selber, welcher in seiner Nutzung oder seinen Mulchmaßnahmen wirkt, sondern seine intensive Durchwurzelung mit dem ausgeprägten Aneignungsvermögen von Futterleguminosen; jeder noch so kleine Mäuseschaden, jede Fehlstelle entbehrt nämlich dieser Durchwurzelung, verfällt in der Gare und trägt weiter Distel und Ampfer. Es scheint also möglich, die Regulierung von *C. arvense* durch Minderung ihrer heterotrophen Nahrungsgrundlagen im Boden zu verfolgen.

Insofern besteht die landeskulturelle Aufgabe des Landwirts offensichtlich also in erster Linie darin, Gareformen zu fördern, welche hinsichtlich der Distel zu „non-feeding“-Eigenschaften des Bodens führen. Die Aspekte Rhizomdormanz, Brechung der Dormanz, Keim- und Sprossneigung, pH-Wert und Bodenstruktur im Wurzelbereich usw. werden weiter untersucht werden müssen. Der chemisch-pedologische Charakter der beobachteten herbstlich-winterlichen Schleime, die sich im Frühjahr zu „Verdichtungen“ entwickeln, soll als nächstes geklärt werden.

Danksagung

Den Mitgliedern der BTQ, besonders dem Arbeitskreis Standortphysiologie, sei für die praktische Kooperation und – zusammen mit der DAMUS-Stiftung - für die finanzielle Unterstützung sowie der Abteilung für Bodenbiologie des Instituts für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim für die analytische und interpretatorische Zusammenarbeit ganz herzlich gedankt.

Literatur

- BOAS, F., 1958: Zeigerpflanzen. Hannover, Verlagsgesellschaft für Ackerbau, 432 S.
- DAU, A., B. WASSMUTH, H.-H. STEINMANN und B. GEROWITT, 2004: Keimung und Entwicklung von *Cirsium arvense* unter Lichtkonkurrenz - ein Modellversuch. In: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft **XIX**, 169-176.
- DIECKMANN, K., 1943: Schilfs praktisches Handbuch der Landwirtschaft. Berlin, Verlag von Paul Parey, 498 S.
- FRANCÉ, R.H., 1921: Das Leben der Pflanze Band II. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 536 S.
- HÄUBLER, A., A. VERSCHWELE und P. ZWINGER, 2004: Bedeutung von Stoppelbearbeitung und Fruchtfolge für die Regulierung der Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) im ökologischen Landbau. In: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **XIX**, 563-572.
- HEILMANN, H., 1999: Vom Umgang mit organischen Prozessen im Boden. In: Ökologie und Landbau **110**, 27. Jahrgang 2/1999. Bad Dürkheim, Verlag Stiftung Ökologie und Landbau, 10 –15.
- HEILMANN, H., 2005: Bodenbearbeitung und Betriebsgleichgewicht. Lebendige Erde **5** / 2005. Darmstadt, Verlag Lebendige Erde, 18 – 21.
- HEILMANN, H., 2007: <http://btq-bundesverband.de/downloads/kurzanweisung-stoppehobel.pdf>.
- HEILMANN, H., 2011: Probiotische Aspekte des Auftretens der Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense* (L.) Scop) im Lichte eines ganzheitlichen Forschungsansatzes. Leithold, G.; K. Becker, C. Brock, S. Fischinger, A.-K. Spiegel, K. Spory, K.-P. Wilbois und U. Williges (Hrsg.): Band 1 des Tagungsbandes der 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. BERLIN, VERLAG DR. KÖSTER, 244 – 247.
- HEYL-WEILBURG, 1937: Die Pflanzen. Landwirtschaftliche Lehrbuchreihe. 2. Teil. Berlin, Reichsnährstandsverlagsgesellschaft, 226 S.
- KAHNT, G., 2008: Leguminosen. Frankfurt, DLG-Verlag, 151 S.
- LAUX, H.E. und R. KELLER, 1984: Unsere Orchideen. Biberach an der Riss, Thomae, 108 S.
- MARKL, J. und U. HAMPL, 1996: Bodenfruchtbarkeit selbst erkennen. Holm, Deukalion Verlag, 80 S.
- PRESSER, H., 2000: Die Orchideen Mitteleuropas und der Alpen. Landsberg/Lech, ecomed-verlagsgesellschaft, 375 S.

26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014 in Braunschweig

WEHSARG, O., 1954: Ackerunkräuter. Berlin, Akademie – Verlag, 293 S.

ZWERGER, P., 2001: Persönliche Mitteilung im Institut für Unkrautforschung der BBA Braunschweig 23.07.2001.

ZWÖLFER, H., 1999: Persönliche Mitteilung.