

Peter Niemann, Peter Zwerger

## Langfristige Dynamik der Verunkrautung mit *Veronica hederifolia* nach einem kurzfristigen Sameneintrag

Long-term dynamics of weed infestation with *Veronica hederifolia* after a short-term seed input

255

### Zusammenfassung

Auf Basis eines über 21 Jahre (1988 bis 2008) laufenden Modellversuchs im Freiland wurden die Nachwirkungen einer zweimalig tolerierten Restverunkrautung von *Veronica hederifolia* quantifiziert. Bei vollständiger Ausschaltung eines erneuten Sameneintrags nahm der Unkrautbesatz über den Beobachtungszeitraum von 1993 bis 2008 im Mittel um jährlich ca. 1/3 ab, ohne dass es zu einer vollständigen Erschöpfung des Samenvorrats kam. Die Befallskurve näherte sich der Nulllinie, erreichte diese jedoch nur bei der Variante mit der geringsten Anfangsverunkrautung. Die Ursachen des Samenverlusts im Boden konnten hier im Einzelnen nicht ermittelt werden. Eine artspezifische Verlustursache dürfte aber das Auftreten von nicht mehr keimfähigen „schwarzen Samen“ sein. In der Gesamtbewertung stellt sich *Veronica hederifolia* als eine konkurrenzschwache Unkrautart mit einer ausgeprägten Samenpersistenz im Boden dar. Deshalb kann es aus populationsdynamischer Sicht angezeigt sein, in einseitigen Wintergetreidefruchtfolgen eine gezielte Unkrautbekämpfung bereits vor dem Erreichen der Ertragsschadensschwelle vorzunehmen.

**Stichwörter:** Populationsdynamik, Samenpersistenz, Schadensschwelle, *Veronica hederifolia*

### Abstract

The consequences of tolerating a residual weed infestation with *Veronica hederifolia* for 2 years were quantified in an outdoor plot experiment from 1988 till 2008 (21

years). Weed infestation declined by approx 1/3 per year from 1993 till 2008 if further seed input was completely prevented. With exception of the treatment with the lowest weed infestation the soil-seed-bank was not exhausted within 21 years. It was not possible to analyse all reasons for seed decline in detail. Only the phenomenon of "black seeds" was reflected in this paper. Over all, *Veronica hederifolia* is a low competitive weed with a pronounced seed persistence in the soil. This means from a practical point of view that in crop rotations dominated by winter cereals aspects of population-dynamics could be more important in making control decisions than only yield based thresholds.

**Key words:** Population dynamics, seed persistence, threshold, *Veronica hederifolia*

### Einleitung

Der Efeu-Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*) ist eine in Zentral-Europa auf Grund der gegebenen Boden- und Klimaverhältnisse weit verbreitete einjährige Unkrautart. Sie wird zudem durch einen einseitigen Wintergetreideanbau regional nachhaltig gefördert. Dies resultiert aus dem charakteristischen Keimverhalten: Sobald die Temperaturen im Herbst beständig unter 10°C abgefallen sind, setzt schlagartig die Keimung ein. Bis zum Eintritt der Winterruhe haben sich dann kräftige Pflanzen entwickelt, die im Frühjahr zeitig blühen und bereits Ende April fruchten. Allerdings erreichen die Pflanzen nur eine geringe Wuchshöhe. Demzufolge fällt die Konkurrenzwirkung gering aus und die Schadensschwelle ist ver-

### Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

### Kontaktanschrift

Prof. Dr. Peter Zwerger, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: peter.zwerger@jki.bund.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

9. März 2011

gleichsweise hoch anzusetzen (GEROWITT, 1993; NIEMANN, 1988). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach den populationsdynamischen Folgen einer tolerierten hohen Restverunkrautung. Es war das Ziel dieser Arbeit, die langfristige Dynamik der Folgeverunkrautung mit *Veronica hederifolia* bei unterschiedlichen Besatzdichten zu quantifizieren.

### Material und Methode

Der Versuch wurde in dauerhaften Kleinparzellen mit einer Fläche von 2 m<sup>2</sup>, die von einem Betonrahmen umschlossen waren, durchgeführt. Die Versuchsanlage befindet sich auf dem Institutsgelände und hat sich bei wechselnden Fragestellungen bewährt (u.a. NIEMANN, 2000; dort auch nähere methodische Angaben). Sämtliche Arbeiten wurden von Hand ausgeführt. Zu Beginn dieser Versuchsreihe wurde im Herbst 1985 eine regionale Feldherkunft von *Veronica hederifolia* ausgesät. Die unterschiedlichen Saatstärken hatten zum Ziel, Bestandesdichten von 50, 100, 200 und 400 Pflanzen/m<sup>2</sup> zu etablieren. Zur Präzisierung war nach dem Auflaufen eine Vereinzelnung erforderlich. Die genannten Dichten waren in vierfacher Wiederholung randomisiert angeordnet. In den Jahren 1986 und 1987 diente die Versuchsanlage zunächst der Ermittlung der Konkurrenzwirkung von *Veronica hederifolia* in Winterweizen (NIEMANN, 1988). In diesen beiden Jahren kamen die *Veronica-hederifolia*-Pflanzen auch zur Reife, und die Samen verblieben auf den jeweiligen Kleinparzellen. Danach (ab 1988) wurde jeglicher Sameneintrag von *Veronica hederifolia*, aber auch aller anderen Arten, durch mechanische und gegebenenfalls chemische Maßnahmen unterbunden. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen konnte eine systematische Erfassung des jährlichen Unkrautauflaufs jedoch erst ab dem Jahr 1993 erfolgen. In den ersten 5 Versuchsjahren (1988 bis 1992) geschah diese Dokumentation nicht, wohl aber die vollständige Entfernung jeglichen Unkrautauflaufs. Die Dichtermittlung

gen und die nachfolgenden Bekämpfungsmaßnahmen wurden regelmäßig nach wendender Grundbodenbearbeitung im Spätherbst, ergänzt durch Nachkontrollen im zeitigen Frühjahr, durchgeführt. Als Kulturpflanzen wurden Blatt- und Halmfrüchte im systematischen Wechsel angebaut (Winterraps, Kartoffeln, Lupinen, Buchweizen vs. Winter- bzw. Sommergetreide). Die Anbauintensität hinsichtlich Düngung und Pflanzenschutz war mittel bis hoch mit einem entsprechenden Ertragsniveau. Sortenwahl und Saattermine entsprachen der regionalen Praxis.

Um festzustellen, ob die Ausgangsbesatzdichten über die Jahre hinweg zu unterschiedlichen Auflaufdichten führen, wurde die Anzahl der aufgelaufenen *Veronica-hederifolia*-Pflanzen mittels Varianzanalyse und anschließendem Tukey-Test ( $\alpha = 0,05$ ) jahresweise verrechnet (proc GLM, SAS 9.2). Zur Kalkulation einer durchschnittlichen Verlustrate wurden zunächst die aufgelaufenen Pflanzen variantenweise aufsummiert und dieser Summenwert als Ausgangsbesatzdichte für eine anschließende Regressionsrechnung verwendet, wobei eine Exponentialfunktion angepasst wurde (Excel).

### Ergebnisse

Der Unkrautbesatz nahm über den Betrachtungszeitraum von 1993 bis 2008 kontinuierlich ab (Abb. 1), wobei die Anfangsjahre von 1988 bis 1992 aus den oben genannten Gründen hier nicht einfließen konnten. Auffallende Jahreseffekte waren nur 1995 und deutlich abgeschwächt 2001 zu verzeichnen. Bemerkenswert ist, dass sich die Dichteunterschiede in der Ausgangsverunkrautung (50, 100, 200, 400 Pflanzen/m<sup>2</sup>) über den gesamten Betrachtungszeitraum in der Folgeverunkrautung spiegeln. Dabei bilden die 50er- und 100er-Variante sowie die 200er- und 400er-Variante jeweils eine Kohorte. Die grafische Darstellung des Verlaufs fällt dabei wesentlich deutlicher aus als die Tabelle mit den signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten (Tab. 1). Ab dem Jahr 2005 nähern sich die Auflaufkurven dann stark aneinander an, wobei selbst 2007 und 2008 bis auf die Variante mit der geringsten Ausgangsdichte noch Pflanzen auf liefen, immerhin in Größen von 1, 16 und 21 Pflanzen/m<sup>2</sup>.

Da während der gesamten Untersuchungsphase das Samenpotential der Kleinparzellen nicht durch einen Samenneueintrag ergänzt wurde, können die aufgelaufenen *Veronica-hederifolia*-Pflanzen nur aus den Samen stammen, die durch die zweimalige Aussamung in den Jahren 1986 und 1987 das Ausgangssamenpotential gebildet haben. Die Summierung der aufgelaufenen Pflanzen ergibt für die vier Varianten Werte von 743, 1575, 7894 und 9840 Pflanzen/m<sup>2</sup>, die in dem Beobachtungszeitraum von 1993 bis 2008 erfasst wurden. Werden diese Summenwerte als Ausgangsbesatzdichten für eine anschließende Regressionsrechnung verwendet, ergeben sich die in der Abb. 2 und Tab. 2 dargestellten Verläufe und Funktionsgleichungen. Unabhängig von den jähr-

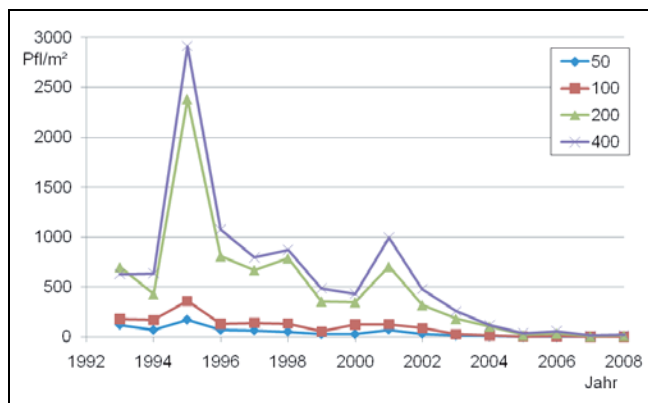


Abb. 1. Auflaufdichte (Pflanzen/m<sup>2</sup>) von *Veronica hederifolia* nach einem zweimaligen Sameneintrag (1986/87) bei unterschiedlichem Ausgangsbesatz (in den Jahren 1988 bis 1992 erfolgte keine Besatzermittlung).

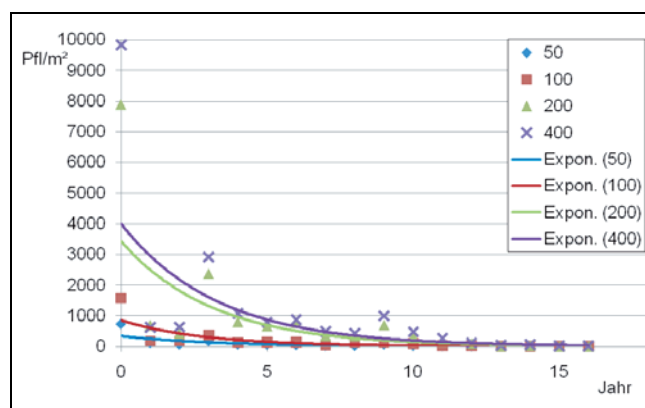
**Tab. 1. Ergebnis des Tukey-Tests: Ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Ausgangsbesatzdichten ( $\alpha = 0,05$ ) (vgl. Abb. 1)**

Jahr	Ausgangsbesatzdichte (Pflanzen/m <sup>2</sup> )			
	50	100	200	400
1993	a	a	b	b
1994	a	ab	bc	c
1995	a	a	b	b
1996	a	a	b	b
1997	a	a	b	b
1998	a	a	b	b
1999	a	a	b	b
2000	a	ab	bc	c
2001	a	a	b	b
2002	a	a	b	c
2003	a	a	ab	b
2004	a	a	b	b
2005	a	a	ab	b
2006	a	a	ab	b
2007	a	ab	ab	b
2008	a	a	a	a

lichen Schwankungen im Auflauf konnten bei allen vier Varianten annähernd gleich hohe durchschnittliche jährliche Verlustraten von 0,30 bis 0,35 ermittelt werden.

## Diskussion

Die hier dargestellten Ergebnisse entstammen einer Langzeitstudie von 21 Jahren. Damit sind sie in hohem Maße belastbar. Als ein weiteres Charakteristikum ist anzusehen, dass die Samenbank dieses Versuchs nur zwei Generationen entsprang. In der Praxis hingegen wird die Samenbank in jedem Jahr durch unvollständige Bekämpfungsergebnisse oder unterlassene Bekämpfungsmaßnahmen in unkontrollierbarer Weise mit weiteren Samengenerationen aufgefüllt, so dass exakte Aussagen zur Persistenz einzelner Samen nicht möglich sind. Gleichwohl stimmt die hier gefundene exponentielle Abnahme der Verunkrautung über die Jahre prinzipiell überein mit den Versuchen über die Abnahme von Unkrautsamen im Boden unter praxisnäheren Bedingungen (u.a. ROBERTS und NEILSON, 1981). Auch gilt, dass bei einer mittleren jährlichen Abnahmerate der Samen von etwa 30% (s.a. LUTMAN et al., 2002) eine „Ausrottung“ von Unkräutern in überschaubaren Zeiträumen theoretisch nicht zu erreichen sein wird. Die von MENNAN und ZANDSTRA (2006) ermittelte hohe Verlustrate von bis zu 90% in 2 Jahren für *Veronica hederifolia* bezieht sich lediglich auf die Anfangsjahre unmittelbar nach Versuchsbeginn und lässt somit keine Langfristprognose zu.


**Abb. 2. Theoretischer Verlauf der Auflaufdichte (Pflanzen/m<sup>2</sup>) von *Veronica hederifolia* in Abhängigkeit unterschiedlicher Ausgangsbesatzdichten. Auflaufdichte im Jahr 0 extrapoliert.**
**Tab. 2. Kurvenanpassung zur Ableitung einer durchschnittlichen Pflanzen-Verlustrate (vgl. Abb. 2)**

Ausgangsdichte (Pflanzen/m <sup>2</sup> )	Exponentialfunktion	Bestimmtheitsmaß R <sup>2</sup>
50*	$f(x) = 340,27 e^{-0,321x}$	0,801
100	$f(x) = 857,06 e^{-0,352x}$	0,836
200	$f(x) = 3.435,90 e^{-0,319x}$	0,810
400	$f(x) = 4.006,70 e^{-0,304x}$	0,790

\* bei der Kurvenanpassung wurden die 0-Werte der letzten beiden Jahre nicht berücksichtigt

Der hier gewählte Versuchsansatz mit unterschiedlichen Ausgangsdichten, die sich auch noch nach zwei Jahrzehnten in der Folgeverunkrautung wiederfinden, belegt deutlich, dass das Risiko einer Folgeverunkrautung von der tolerierten Restverunkrautung bestimmt wird. Konkret bedeutet dies, dass die Folgeverunkrautung umso andauernder ist, je höher die Restverunkrautung ist. Dabei werden im Falle von *Veronica hederifolia* die sprichwörtlichen sieben Jahre (“One year’s seeding makes seven years weeding”) noch bei weitem übertroffen. Diese Aussage kann auch mit Freilandbeobachtungen untermauert werden: In langjährigen Monitorings nach Anwendung von Schadensschwellen (NIEMANN, 1981) trat eine Folgeverunkrautung mit *Veronica hederifolia* deutlicher hervor, als mit *Alopecurus myosuroides*.

Die vielfältigen Ursachen für den Verlust von Unkrautsamen im Boden konnten hier nicht analysiert werden. Unser Interesse richtete sich allein auf das Phänomen der „schwarzen Samen“, das bei *Veronica hederifolia* schon früh und wiederholt beschrieben worden ist (u.a. SWEDAN, 1970). Nach einer relativ kurzen Bodenpassage verfärbt sich ein Teil der Samen braun und wird schließlich schwarz und weich. Sie keimen nicht mehr. AHLICH

(1992) konnte im Labor zeigen, dass es sich hier um einen mikrobiellen Abbauprozess handelt an dem diverse Pilzgattungen beteiligt sind. Der Prozess benötigt nur wenige Wochen, erfasst aber nicht die gesamte in den Boden eingebrachte Samenmenge. Daraus lässt sich in Verbindung mit unseren Beobachtungen ableiten, dass trotz dieses Abbauprozesses noch genügend lebensfähige Samen im Boden verbleiben, die eine nachhaltige Persistenz gewährleisten. Ob sich diese persistente Samenfraktion durch Förderung bestimmter Mikroorganismen weiter dezimieren lässt, erscheint nach den Erfahrungen von EINHORN (2008) ungewiss.

Für die Praxis ist aus den Ergebnissen zu folgern, dass bei *Veronica hederifolia* die Tolerierung einer am Ertrag orientierten Schadensschwelle von > 100 Pflanzen/m<sup>2</sup> kritisch zu sehen ist, weil sich daraus bei der üblichen Bekämpfungsstrategie mit nicht vorrangig auf diese Unkrautart abgestellten Herbizideinsätzen in wenigen Jahren ein dauerhaft bekämpfungswürdiges Dichtenniveau entwickeln kann. Vielmehr sollte sich die Dichteregulierung bei dieser konkurrenzschwachen Art im Sinne von MUNIER et al. (2002) auch an populationsdynamischen Kriterien orientieren. Konkret heißt dies, in Wintergetreide dominierten Fruchtfolgen ist die chemische Bekämpfung bereits vor Erreichen der Ertragschadensschwelle einzuleiten. In Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil an Sommerungen verhindert hingegen die indirekte Bekämpfung einen nachhaltigen Anstieg der Populationsdichte und eine gelegentliche Tolerierung in Winterungen ist risikoärmer. Damit unterscheidet sich das Unkrautmanagement von *Veronica hederifolia* grundsätzlich zu dem von z.B. *Apera spica-venti*, einer konkurrenzstarken Art mit sehr geringer Samenpersistenz im Boden.

## Dank

Ohne das unermüdliche Engagement unseres bewährten Mitarbeiters Herrn Werner LÖHR wäre diese Arbeit nicht entstanden.

## Literatur

- AHLICH, K., 1992: Untersuchungen eines pilzbedingten Abbaus der Samen von *Veronica hederifolia* in Böden. Diplomarbeit Technische Universität Braunschweig.
- EINHORN, G., 2008: Versuche zur Beschleunigung des mikrobiellen Abbaus von Unkrautsamen unter Freilandbedingungen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XXI, 53-40.
- GEROWITT, B., 1993: Describing weed competition in cereals based on density or relative cover – an example for *Veronica hederifolia*. Proc. 8th EWRS Symp. 17-24.
- LUTMAN, P.J.W., G.W. CUSSANS, K.J. WRIGHT, B.J. WILSON, G. McN. WRIGHT, H.M. LAWSON, 2002: The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. Weed Reserach **42**, 231-241.
- MENNAN, H., B.H. ZANDSTRA, 2006: The effects of depth and duration of seed burial on viability, dormancy, germination, and emergence of Ivyleaf Speedwell (*Veronica hederifolia*). Weed Technology **20**, 438-444.
- MUNIER, N.M., B. CHAUVEL, J. GASQUEZ, 2002: Long-term modelling of weed control strategies: analysis of threshold-based options for weed species with contrasted competitive abilities. Weed Research **42**, 107-122.
- NIEMANN, P., 1981: Schadenswellen bei der Unkrautbekämpfung. Schriftenr. Bundemin. Ernähr. Landw. Forsten R. A.: Angew. Wiss., Heft **257**, 1-116.
- NIEMANN, P., 1988: Konkurrenzwirkung von Efeu-Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*) auf Weizen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, Heft **245**, 196.
- NIEMANN, P., 2000: Unkrautunterdrückung durch Lupinenarten. Gesunde Pflanzen **52**, 183-187.
- ROBERTS, H.A., J.E. NEILSON, 1981: Changes in the soil seed bank of four long-term crop/herbicide experiments. Journal of Applied Ecology **18**, 661-668.
- SWEDAN, A.H., 1970: Keimversuche mit Samen verschiedener Unkrautarten unter Laborbedingungen. Dissertation Universität Hohenheim.