

# Unkrautbekämpfung beim Buchweizen: Vergleich von fünf ausgewählten Herbiziden

Hansueli Zellweger<sup>1</sup>, Georg Feichtinger<sup>2</sup>, Eduardo Pérez<sup>1</sup>, Achim Walter<sup>1</sup> und Andreas Hund<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ETH Zürich, Umweltsystemwissenschaften, 8046 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup>Strickhof, Fachstelle Pflanzenschutz, 8315 Lindau, Schweiz

Auskünfte: Hansueli Zellweger, E-Mail: hansueli.zellweger@usys.ethz.ch



**Abb. 1** | A) Extrembeispiel für Buchweizen ohne Herbizid, B) Versuchsfeld 2015 mit unbehandelten Pufferstreifen und behandelten Parzellen, C) Buchweizen in der Blüte mit Herbizidbehandlung.

## Einleitung

Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) aus der Familie der Knöterichgewächse ist ein Pseudogetreide. Sein glutenfreies Mehl macht Buchweizen vor allem für Menschen, die unter Glutenunverträglichkeit oder Glutensensitivität leiden, zu einem interessanten Nahrungsmittel. Weltweit wird Buchweizen auf zwei Millionen Hektaren (FAOSTAT, 2017) angebaut. Die grossen Anbauländer sind Russland (712047 ha), China (708000 ha) und die Ukraine mit (136700 ha). In Europa werden insgesamt 143887 ha Buchweizen angebaut, vor allem in Polen (62710 ha), Frankreich (30100 ha) und Litauen (37400 ha). In der Schweiz hat Buchweizen eine gewisse Bedeutung als Zwischenfrucht zur Bodenbedeckung. Im Bündnerland

findet Buchweizen in der traditionellen Küche für Piz-zoccheri (Buchweizennudeln) Verwendung, ein Gericht, das von der modernen Gastronomie wiederentdeckt wird. Stamp *et al.* (2012) empfehlen Buchweizen (zur Kornproduktion) für kühltemperierte Breiten als attraktive Zwischenfrucht nach Gerste, beziehungsweise sogar als Hauptkultur. Die Autoren mahnten vor der noch nie dagewesenen genetischen Erosion in der Landwirtschaft, wo inzwischen wenige Hauptkulturarten dominieren. Um diesem Trend entgegenzuwirken, forderten Stamp *et al.* (2012) eine Intensivierung der staatlichen Finanzierung für die Züchtung von Nischenarten. Allein mit der reinen Züchtung ist es nicht getan. Wie sich im Fall

Buchweizen zeigte, fehlte es nicht nur an agronomisch angepassten Sorten, sondern auch an geeigneten Herbiziden, die in bestehende Fruchtfolgen integriert werden könnten. Hier setzt diese Studie an mit dem Ziel, sowohl eine produktive Landwirtschaft als auch die Agrobiodiversität zu fördern.

In der Kulturführung stellt der Buchweizen keine hohen Anforderungen. Einzig der Unkrautdruck kann im Feld verheerende Folgen haben (Abb. 1, A). In einem trockenen Jahr kann das Unkraut den Buchweizen durch Wasser- sowie Lichtentzug überwuchern und unterdrücken, was Ertragsausfälle zur Folge hat. Ferner wird der Direktdrusch bei einem hohen Unkrautdruck durch einen erhöhten Anteil grüner Pflanzenteile erschwert oder gar verunmöglicht. Deshalb setzen biologische Verfahren mehrheitlich auf Schwadddrusch, wobei der Buchweizen vorgängig zum liegend trocknen gemäht und später mittels Drescher geerntet wird. Der Unkrautanteil erhöht zudem den Reinigungsaufwand und die Trocknungskosten des Erntegutes. Schliesslich nimmt der Unkrautdruck durch die natürliche Vermehrung auf der Parzelle in der Folge-Kultur zu. Eine angepasste Herbizidbehandlung dürfte den Direktdrusch durch weniger Unkrautbesatz vereinfachen; auf das Schwadmähen sowie Jäten könnte verzichtet werden. Durch die Verfügbarkeit geeigneter Herbizide würde es für die Landwirte arbeitstechnisch interessanter werden, Buchweizen anzubauen. Der Buchweizen könnte sich möglicherweise in der Schweiz als glutenfreies Nahrungsmittel aus heimischer Produktion besser etablieren.

Seit 2012 führte die ETH Zürich auf der Forschungsstation für Pflanzenwissenschaften Lindau-Eschikon Sortenversuche durch, um neue Buchweizensorten zu finden. Für die Integration der Kultur in die Fruchtfolge der Feld-Phänotypisierungsanlage (Kirchgessner *et al.* 2016) fehlte allerdings ein geeignetes, zugelassenes Herbizid (<http://www.psm.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de>). Aus diesem Anlass testete die Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften der ETH Zürich Herbizide in einem dreijährigen Feldversuch. Die Information zu geeigneten Herbiziden im Buchweizen ist beschränkt. Einzig Versuche in Slowenien (Bohanec *et al.* 1986; Knězević *et al.* 1989) und Polen (Podolska 2013) konnten Informationen zu geeigneten Wirkstoffen liefern; diese stellten aufgrund des unterschiedlichen Klimas und Bodens sowie der verschiedenen Herbizidformulierungen und Sortenwahl jedoch nur Anhaltspunkte dar. Ziel der dreijährigen Anbauversuche war es, Herbizide mit möglichst geringer Phytotoxizität für Buchweizen und maximaler Wirkung gegen die am Standort Eschikon vorherrschenden Kräuter und Gräser zu identifizieren. Ausserdem sollte erfasst werden, ob sich damit eine Ertragssteigerung erzielen liess.

## Zusammenfassung

Buchweizen ist in der Schweiz eine Nischenkultur. Aufgrund der Glutenfreiheit des Buchweizenmehls und der hohen biologischen Wertigkeit des Proteins findet diese Nischenkultur zunehmend Beachtung. Um die Rahmenbedingungen für einen konventionellen Anbau zu schaffen, wurden zwei Vorauf- und drei Nachaufherbizide auf ihre Eignung zur Unkrautkontrolle im Buchweizen untersucht. Die beiden Voraufherbizide Dual Gold und Nimbus CS zeigten generell eine sehr gute Kontrolle der Kräuter und Gräser bis zur Reife. Sie hatten auch negative Effekte auf die Bestandesdichte des Buchweizens, welche sich allerdings im Vergleich zur Kontrolle nicht negativ auf den Ertrag auswirkten. Betasana und Betam Combi RAL mit dem gemeinsamen Wirkstoff Ethofumesate reduzierten deutlich den Ertrag. Dieser Effekt war auf ihre phytotoxische sowie blüh- und wachstumsverzögernde Wirkung zurückzuführen. Das Nachaufherbizid Beetup bewirkte bei nur moderater Unkrautkontrolle als einziges Verfahren eine konsistente Ertragsteigerung von 2,8 dt/ha im Mittel der Jahre. Mit den zwei Voraufherbiziden Dual Gold und Nimbus CS wurden zwei Produkte identifiziert, welche in der Schweiz für ein mögliches Zulassungsverfahren interessant sein könnten. Bei einer Zulassung würde die Ernte mittels Direktdrusch einfacher werden.

## Material und Methoden

Die Forschungsstation der ETH in 8315 Lindau-Eschikon liegt auf 550 m ü. M. Der Boden hatte 3,5 % Humus, 26 % Ton, 41 % Schluff und einen pH Wert von 6,2–7,0. Gedüngt wurde mit 150 kg Ammonsalpeter zur Aussaat, was einer Stickstoffgabe von 41,25 kg N/ha entspricht. Zudem wurde eine jährliche Erhaltungsgabe 200 kg/ha Superphosphat und 200 kg/ha Foskal gedüngt.

Die Jahre 2013 und 2015 waren vom Charakter her ähnlich. Beide Jahre hatten einen heissen (30–35 °C), trockenen Sommer, wobei im Juli 2013 kaum Regen fiel. Der Juli ist für die Ertragsbildung des Buchweizens ein entscheidender Monat, da er sich dann im Längenwachstum und in der Vollblüte befindet. Das Jahr 2014 war hingegen eher etwas kühler (mehrheitlich <30 °C) mit regelmässigen Niederschlägen.

Symbol	Verfahren	Behandlung
○	Kontrolle	Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)
+	Dual Gold	Vorauflauf: 2 l/ha Dual Gold (Syngenta Agro AG, S-Metolachlor, bodenwirksam), Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)
▽	Nimbus CS	Vorauflauf: 3 l/ha Nimbus CS (BASF Schweiz AG, Metazachlor, Clomazone, bodenwirksam), Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)
□	Beetup	Nachauflauf: Bei 4–6 Blattstadium: 1,5 l/ha Beetup (Stähler Suisse SA, Phenmedipham, blattwirksam), Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)
◇	Betasana	Nachauflauf: Bei 4–6 Blattstadium: 0,5 l/ha Betasana (Omya Schweiz AG, Ethofumesate, boden-/blattwirksam), Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)
●	Betam Combi RAL	Nachauflauf: Bei 4–6 Blattstadium: 2 l/ha Betam Combi RAL (Leu + Gyax AG, Ethofumesate + Phenmedipham, boden-/blattwirksam), Mitte Juni: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, Fluazifop-P-butyl, blattwirksam)

Abb. 2 | Verfahrensbeschreibung mit zugeordneten Symbolen und Behandlungsinformationen.

Die zu testenden Verfahren (Abb. 1 und 2) wurden in einer randomisierten vollständigen Blockanlage getestet. Im Jahr 2013 wurden drei Herbizidvarianten mit drei Wiederholungen bestimmt, die aufgrund ihrer Wirkungsweise für die Unkrautbekämpfung im Buchweizen geeignet schienen. Der in Dual Gold enthaltene Wirkstoff S-Metolachlor wurde von Bohanec *et al.* (1986) als geeignet identifiziert. Das Herbizid Beetup mit dem Wirkstoff Phenmedipham hatte sich ebenfalls teilweise für Buchweizen bewährt (Bohanec *et al.* 1986). Betasana mit dem Wirkstoff Ethofumesate, wird wie Beetup als Herbizid bei Zuckerrüben eingesetzt. Zuckerrüben und Buchweizen gehören zur gleichen Ordnung der Nelkenartigen, so dass ähnliche Empfindlichkeiten gegenüber Herbiziden angenommen werden können. In den zwei Folgejahren wurde der Versuch mit vier Wiederholungen und den zusätzlichen Verfahren Nimbus CS und Betam Combi RAL erweitert. Nimbus CS wurde aufgrund der Eignung der Wirkstoffe Metazachlor und Clomazone ausgewählt (Podolska *et al.* 2013). Durch das Herbizid Betam Combi RAL wurden die Wirkstoffe von Betasana und Beetup in einem zusätzlichen Verfahren kombiniert.

Zwischen den Verfahren wurde eine Parzellenbreite nicht behandelt, damit eine eventuelle Abdrift die Nachbarparzelle nicht beeinflussen konnte. Aufgrund des hohen Hirsenaufkommens wurde jeweils der ganze Versuch inklusive Kontrolle Mitte Juni mit dem Gräserherbizid Fusilade Max behandelt.

### Bestandesführung

In allen drei Jahren wurde die Buchweizensorte Lileja nach der Vorkultur Körnermais angebaut. Die Maisstopeln wurden im Winter 20 cm tief gepflügt. Im März und im April wurde zwecks Unkrautkur mit der Kreiselegge

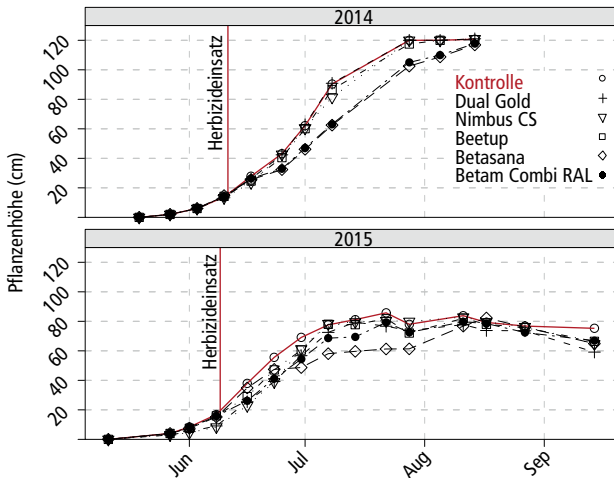
ein flacher Durchgang geeggt. Ab dem frostsicheren Termin, dem 10. Mai, wurde für die Saat per Kreiselegge geeggt und die Sorte Lileja mit 180 Körnern pro m<sup>2</sup> mittels Drillsaat mit 17,5 cm Schlepsscharabstand gesät und gewalzt. Eine Parzelle war 6 m lang und 1,5 m breit. Die Verfahren wurden mit einer 1,5 m Parzellenspritze (Agartest, Agrartest GmbH, Bad Säckingen, Deutschland), 400 l/ha Brühe, der Düse ISO-025 und 4,1 bar Spritzdruck bei 3,5 km/h appliziert. Die Vorauflaufbehandlungen erfolgten am Aussaattag und die Nachauflaufbehandlungen wurden im 4–6 Blattstadium verabreicht.

### Bonituren

Messungen und Bonituren wurden jeweils in zwei Messbereichen am Anfang und Ende der Parzelle (ab 50 cm vom Parzellenrand entfernt) durchgeführt. Die durchschnittliche Höhe des Buchweizens wurde durch je eine Messung im Messbereich erfasst. An zwei Terminen (Ende Juni, Mitte August) wurde der Buchweizen auf Symptome von Phytotoxizität bonitiert. Dazu wurde eine Werteskala von 1 (kein Unterschied) bis 5 (Pflanze komplett abgestorben) angewendet (Abb. 4). Der Anteil Buchweizen, Kräuter und Gräser wurde in den Messbereichen zeitgleich zur Phytotoxizitätsbonitur mittels eines Zählrahmens (0,5 m × 0,5 m) erfasst.

Im September, als die Blätter grösstenteils abgestorben und die Samen erntereif waren, wurde der Buchweizen mit einem Versuchsparzellenmähdrescher im Direktdruschverfahren (Nurserymaster Elite, Wintersteiger AG, Ried im Innkreis, Österreich) geerntet. Die geernteten Säcke wurden mit einem Getreidetrocknungsgerät (Minisec 800, Wirtech AG, Uetendorf, Schweiz) bei 35° C auf ca. 14 % Feuchtigkeit getrocknet und anschliessend gereinigt (Reinigungsmaschine, Pelz, Bonn, Deutschland).





**Abb. 3 |** Verlauf der Buchweizenhöhe in 2014 und 2015. Jedes Symbol entspricht dem Mittelwert aus vier Wiederholungen.

Die Feuchtigkeit wurde mittels Feuchtigkeitsmessgerät (Wile 55; Agroelec AG, Embrach, Schweiz) ermittelt. Der Nettoertrag wurde für 14 % Feuchtigkeit angegeben.

**Statistische Analyse**

Die Varianzanalyse wurde mit Hilfe des R-Pakets lme4 (Bates et al. 2015) durchgeführt, wobei zunächst die Faktoren «Herbizidverfahren», «Jahr» und deren Interaktion berücksichtigt wurden. Da es bei den meisten Merkmalen eine signifikante Interaktion zwischen Verfahren und Jahr gab, wurden die Ergebnisse aller Jahre separat dargestellt. Die Wiederholungen innerhalb der einzelnen Jahre dienten im Modell als zufälliger Faktor.

Im Anschluss an die Varianzanalyse wurden multiple Vergleiche zur Kontrollvariante im R-Paket lsmeans durchgeführt (Lenth 2016).

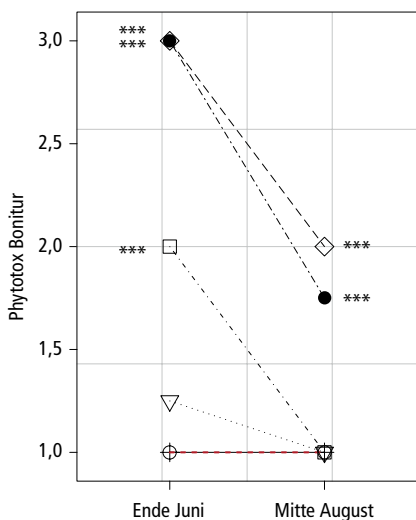
**Resultate**

**Bestandesentwicklung**

Um den Einfluss der Herbizide auf die Bestandesentwicklung zu erfassen, wurde in regelmässigen Abständen die Buchweizenhöhe gemessen (Abb. 3). Die Voraufbauherbizide Nimbus CS und Dual Gold bewirkten eine anfängliche Reduktion des Höhenwachstums in 2015 um etwa die Hälfte der Kontrolle. Gegen Ende Juni war dieser Effekt weitgehend aufgehoben. Die Nachaufbauverfahren Betasana und teilweise Betam Combi RAL veranlassten zum Beginn und während der Blüte eine starke Reduktion der Höhenentwicklung. Dies war vor allem im Monat Juli zu beobachten. Keines der Verfahren hatte eine negative Auswirkung auf die Endhöhe.

**Phytotoxizität**

Bei den Verfahren Betasana und Betam Combi RAL wurde eine leichte bis mittlere Phytotoxizität festgestellt. Dies äusserte sich mit braunen Blatträndern und einer Blühverzögerung. Diese Beeinträchtigung der Pflanzen hielt bis zur Ernte an. Bei Beetup war bei der frühen Bonitur im Juni eine leichte Phytotoxizität beobachtbar, welche sich bis Ende der Kulturzeit ausgewachsen hatte. Bei Nimbus CS wurden anfangs aufgehellte Keimblätter beobachtet (Abb. 4, erstes Bild von links). Bei Dual Gold und Nimbus CS blieb der Buchweizen praktisch unversehrt.



**Wert 1–2**

Keine bis leichte Phytotox (kein Unterschied, gelbe Keimblätter)



**Wert 2–3**

Leichte bis mittlere Phytotox (braune Blattränder, Blühverzögerung)



**Wert 3–4**

Mittlere bis starke Phytotox (Blühverzögerung, Pflanze teilweise abgestorben)



**Wert 4–5**

Starke bis sehr starke Phytotox (Pflanze teilweise, komplett abgestorben)



**Abb. 4 |** Mittelwerte der Phytotoxizitätsbonituren der Jahre 2014 und 2015. Verfahren, die mit \*\*\* gekennzeichnet sind, unterscheiden sich von der Kontrolle (rote, durchgezogene Linie) auf einem Signifikanzniveau von 0,1%. Symbole der Verfahren wie in Abb. 2 bzw. 4.

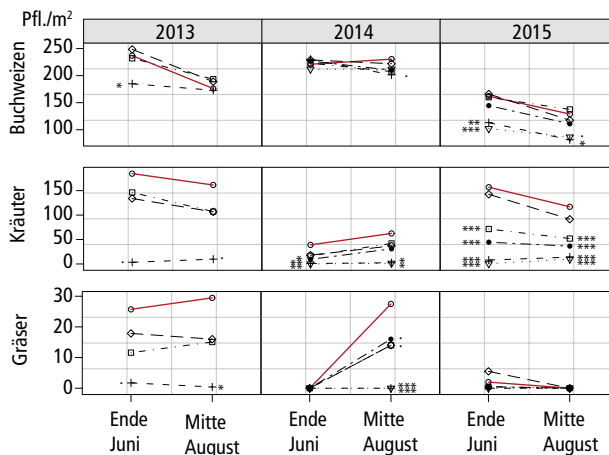
### Buchweizen, Gräser- und Kräuteranteil

Am Standort Eschikon dominierten als Ungräser verschiedene Hirsearten und die Quecke. Bei den Unkräutern waren es der Pfirsichblättrige Knöterich und das Franzosenkraut.

Der Buchweizenpflanzenbestand zwischen der Juni- und Augustbonitur nahm tendenziell über alle drei Jahre und Verfahren hinweg gesehen etwas ab. Gemessen an der Kontrolle liefen 2014 weniger Kräuter auf als in den anderen Jahren. Durch das feuchtwarme Klima im Juli konnte der Buchweizen vermutlich die Kräuter zu grossen Teilen unterdrücken. Die beiden Voraufherbizide zeigten eine nachhaltige unterdrückende Wirkung auf den Bestand von Kräutern und Gräsern bis zur Ernte (Abb. 5–6). Allerdings hatten beide Herbizide auch negative Effekte auf die Bestandesdichte des Buchweizens, insbesondere im Jahr 2015. Dieses Jahr zeichnete sich durch eine generell tiefere Bestandesdichte von 108 Pflanzen pro m<sup>2</sup> Ende Juni aus, die durch Nimbus CS und Dual Gold noch einmal auf 85 Pflanzen pro m<sup>2</sup> reduziert wurde. Beetup und Betam Combi RAL zeigten zwar nur eine moderate Kontrolle der Kräuter, hatten aber dafür keine bzw. nur geringe Effekte auf die Bestandesdichte des Buchweizens. Für Betasana konnten generell keine signifikanten Effekte auf jegliche Anzahl Pflanzen nachgewiesen werden.

### Ertrag des Buchweizens

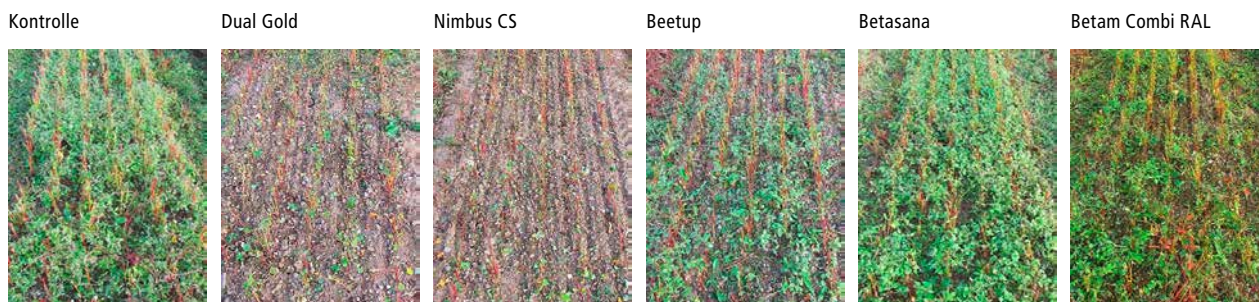
Der Mittelwert des Ertrages der Kontrolle lag in 2013 bei 4,7 dt/ha während er in den Jahren 2014 und 2015 bei 24,4 dt/ha und 20,7 dt/ha lag. Der Grund für die tieferen Erträge in 2013 war vermutlich die geringe Niederschlagsmenge, so dass der Buchweizen im Juli teilweise notreif wurde. Im Jahr 2013 wurden die proportional grössten Ertragszuwächse durch Anwendung von Herbiziden verzeichnet: Dem Ertrag der Kontrolle von 4.7 dt/ha standen hier Erträge von teilweise über 10 dt/ha in den Herbizidverfahren entgegen. Für die in allen drei Jahren



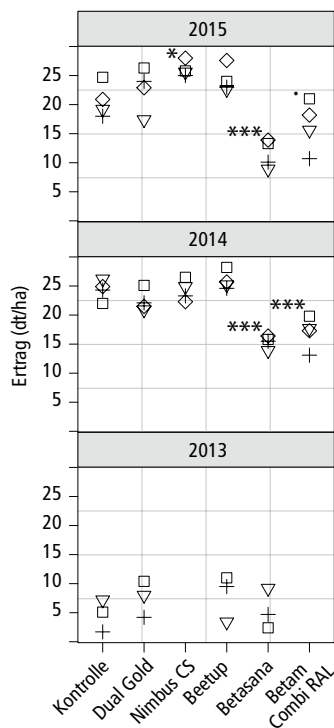
**Abb. 5 |** Anzahl Pflanzen für Buchweizen, Kräuter und Gräser, ausgezählt auf einer Fläche von 0,25 m<sup>2</sup>. Danach wurde die Anzahl auf 1 m<sup>2</sup> hochgerechnet. Die mit \*, \*\*, \*\*\* gekennzeichneten Verfahren unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von > 10, 10–5, 5–0,1 und < 0,1%. Symbole der Verfahren wie in Abbildung 2.

getesteten Verfahren gab es eine signifikante Interaktion zwischen den Verfahrenseffekten und den Jahr Effekten (Daten nicht gezeigt). Diese Interaktion ist vor allem auf den tiefen Ertrag in 2013 zurückzuführen. In den gewöhnlichen Jahren 2014 und 2015 war der Ertrag nach der Behandlung mit Betasana um 9 dt/ha und mit Betam Combi RAL um 4 bis 6 dt/ha reduziert. Beetup zeigte im Vergleich zur Kontrolle als einziges Herbizid in allen drei Jahren einen konsistenten Mehrertrag von durchschnittlich 2,8 dt/ha (p=0,035).

Die Verfahren Dual Gold und Nimbus CS konnten das Ertragsniveau im Vergleich zur Kontrolle jeweils halten. Eine signifikante Ertragssteigerung konnte nur für Nimbus CS, um 5,4 dt/ha in 2015 beobachtet werden. Dass dies trotz der signifikant reduzierten Bestandesdichte der Fall war, deutet auf ein starkes Kompensationswachstumsvermögen von Buchweizen hin.



**Abb. 6 |** Verschiedene Verfahren, aufgenommen direkt nach dem Dreschen im Jahr 2015. Die Parzellen der Voraufherbizide Dual Gold und Nimbus CS waren immer noch praktisch unkrautfrei, während die anderen Verfahren einen beachtlichen Unkrautanteil aufwiesen.



**Abb. 7** | Links Buchweizenertrag aller drei Versuchsjahre. Die mit ; , \* , \*\* , und \*\*\* gekennzeichneten Verfahren unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von > 10, 10–5, 5–0,1 und < 0,1%. Die Symbole gruppieren die Wiederholungen. Rechts Versuchspartizellenmähdrescher im Direkttruschverfahren.

## Diskussion

### Vergleich der Verfahren mit dem In- und Ausland

Es gibt wenige Studien zur Eignung von Herbiziden zur Unkrautkontrolle in der Nischenkultur Buchweizen. Im Folgenden vergleichen wir die Wirkung der getesteten Wirkstoffe auf Kräuter. Da in allen Verfahren das Gräserherbizid Fusilade Max eingesetzt wurde, erübrigt sich ein Vergleich für Gräser. Dual Gold zeigte in der vorliegenden Studie durchwegs eine sehr gute Kontrolle von Gräsern (–100%) und Kräutern (–95%). Allerdings wirkte sich der Wirkstoff auch negativ auf die Bestandesdichte des Buchweizens aus (–17,5% im Mittel der Jahre). In zwei vergleichbaren Studien aus Slowenien wurde der Einfluss des in Dual Gold enthaltenen Wirkstoffs «S-Metolachlor» auf die Buchweizensorte Siva untersucht (Bohanec *et al.* 1986; Kněević *et al.* 1989). Im Vergleich zur Kontrolle wurde der Anteil der Kräuter um 26% auf 52 Kräuter/m<sup>2</sup> (Bohanec *et al.* 1986) bzw. um 56% auf 17,1 Kräuter/m<sup>2</sup> (Kněević *et al.* 1989) reduziert. Die stärkere Reduktion der Kräuter im Vergleich zu den genannten Studien erklärt sich neben den Klima- und Standorteinflüssen sehr wahrscheinlich auch mit der 15% höher dosierten Wirkstoffmenge in der Schweiz. Im Gegensatz zu unse-

rer Studie wurde von Kněević *et al.* (1989) jedoch eine Steigerung der Bestandesdichte um 20% und des Ertrags um 31% gezeigt.

Beetup war das einzige Herbizid, mit dem der Ertrag im Vergleich zur Kontrolle gesteigert werden konnte. Allerdings konnte mit Beetup der Unkrautanteil nur um etwa 41% (34%, 33%, 56% in den verschiedenen Jahren) reduziert werden. Nach unserer Kenntnis gibt es bisher keine publizierten Studien zur Eignung von Beetup beziehungsweise des Wirkstoffs Phenmedipham zur Unkrautkontrolle im Buchweizen.

Bei den Verfahren Betasana und Betam Combi RAL hatte der Wirkstoff Ethofumesate eine deutlich phytotoxische Wirkung auf Buchweizen und verursachte eine Blühverzögerung. Aufgrund der eindeutigen Ertragsverlusten sind diese beiden Verfahren für Buchweizen nicht zu empfehlen.

### Weitere potentielle Herbizide, die hier nicht berücksichtigt wurden

Aus Kněević *et al.* (1992) könnten weitere Versuche mit dem Herbizid Banvel M hergeleitet werden, welche möglicherweise in Kombination mit Dual Gold eine vielversprechende Wirkung zeigen würden.



Von Wall *et al.* (1999) wurde eine Studie mit Herbiziden durchgeführt, welche grösstenteils in der Schweiz nicht oder nur in Mischungen erhältlich sind. Hier würde sich der vielversprechendste Wirkstoff Desmedipham, welcher hierzulande in kombinierten Zuckerrübenherbiziden eingesetzt wird, zur Weiterverfolgung anbieten.

Bei den Wuchsstoffen 2,4-D und MCPA liegt laut Wall *et al.* (2000) die Herausforderung in der Wahl der richtigen Aufwandmenge und dem Einsatzzeitpunkt. Der Ertrag konnte nicht durchwegs gehalten werden, wobei die Phytotox immer ein beachtliches Thema darstellte. Aus diesen Gründen wurden diese Herbizide am Standort Eschikon bis anhin nicht getestet. Aufgrund der günstigen Behandlungskosten, könnten diese Präparate jedoch trotzdem interessant sein.

### Erkenntnisse

Beim Einsatz von Dual Gold und Nimbus CS würde sich eine zusätzliche Gräserherbizidbehandlung wahrscheinlich erübrigen, da zum Zeitpunkt dieser Behandlung kaum Gräser auf den Parzellen aufgelaufen waren (Daten nicht gezeigt). Zukünftige Versuche sollten daher auch ein Regime ohne Fusilade-Max-Behandlung umfassen. Weiter könnte getestet werden, ob eine Ertragssteigerung bei diesen zwei Voraufverfahren mit einer Aufwandmengenreduktion, wie bei den Studien vom Ausland (Knězević *et al.* 1989; Podolska *et al.* 2013), erzielt werden könnte. Hier gilt herauszufinden, auf welchem Bodentyp welche Dosierung den Buchweizen minimal hemmt und gleichzeitig maximal Unkraut eliminiert. Die Jahre 2013 und 2015 haben gezeigt, dass starke Niederschläge gleich nach der Voraufbehandlung das Herbizid bis zum Buchweizenkeimling einschwemmen können und dadurch eine anfängliche Hemmung des Buchweizenwachstums hervorrufen, welche sich später durch Kompensationswachstum ausgleicht.

Fällt der Juli trocken aus, kann das Unkraut in unbehandelten Parzellen Überhand nehmen und dem Buchweizen die Wasserreserven entziehen, wobei der Buchweizen, wie das Jahr 2013 zeigte, notreif wird. Das Jahr 2014 mit dem wüchsigen Klima (moderate kontinuierliche Niederschläge, warm) hingegen war ein optimales Buchweizenjahr. In einem solchen Jahr deckt der Buchweizen den Boden schnell, wobei er das Unkraut durch Lichtentzug schon selbst stark unterdrückt.

Insgesamt lassen die Ergebnisse erhoffen, dass durch eine Herbizidbehandlung die Ertragsicherheit gesteigert werden kann (massiv gestiegene Erträge v.a. im ungünstigsten Jahr 2013).

## Schlussfolgerungen

Diese Studie hat gezeigt, dass es möglich ist, im Buchweizenanbau mit Herbiziden das Unkraut wesentlich zu reduzieren und dabei den Ertrag zumindest zu halten. Die beiden Voraufverfahren Dual Gold und Nimbus CS haben sich hierbei als insgesamt günstigste Varianten dargestellt. Für diese Verfahren ist eine Zulassung anzustreben, um Buchweizen als Kultur in konventionelle Fruchtfolgen integrieren zu können. Dazu müsste nicht das ganze Bewilligungsverfahren durchlaufen werden, da die Mittel schon in anderen Kulturen offiziell zugelassen sind (Dual Gold: bei Mais, Sonnenblumen, Sojabohnen Zuckerrüben, etc. / Nimbus CS: bei Raps). Es würde deshalb eine Lückenindikation für die Zulassung genügen.

Damit wäre ein Grundstein für den Buchweizenanbau mit Produktionsrichtung ÖLN in der Schweiz gelegt. Der Direktmäh würde in der Arbeitskette fest eingebaut werden und das aufwändige Jäten und Schwadmähen könnte entfallen. Es würden weniger Reinigungs- und Trocknungskosten entstehen; die Folgekulturen könnten vom Unkrautdruck entlastet werden.

Weitere Massnahmen werden im Rahmen einer Kooperation mit Agroscope, HAFL und ETH für eine Etablierung von Buchweizen getroffen. Diese reichen von Sortimentests über die Suche nach einer geeigneten Schälmaschine bis hin zu Züchtungsanstrengungen. All diese Bemühungen können dazu führen, dass der Buchweizenanbau für die Nahrungsmittelproduktion in der Schweizer Landwirtschaft wieder attraktiver wird. ■

### Dank

Simon van der Veer (Inforama Rütli, Zollikofen) und Hans Ramseier (HAFL, Zollikofen) sei Dank für die Beratung. Teile der Studie wurden im Rahmen des Projekts « Impro-buck » mit Hilfe der Finanzierung durch das Coop-Forschungsprogramm des World Food System Centers der ETH Zürich realisiert.

**Riassunto**

**Erbicidi nelle colture di grano saraceno: cinque prodotti a confronto**

In Svizzera, il grano saraceno è una coltura di nicchia che sta destando un interesse crescente per la sua farina priva di glutine e il suo elevato valore proteico. Allo scopo di stabilire le condizioni quadro della coltura tradizionale del grano saraceno è stata esaminata l'idoneità al controllo delle malerbe di due erbicidi di pre-emergenza e di tre erbicidi di post-emergenza. Entrambi gli erbicidi di pre-emergenza Dual Gold e Nimbus CS hanno dato risultati generalmente molto buoni nel controllo delle erbe infestanti fino alla maturazione. Sebbene abbiano influenzato negativamente la densità del grano saraceno, rispetto alle colture di controllo non hanno pregiudicato il rendimento. Betasana e Betam Combi RAL, contenenti il principio attivo ethofumesate, hanno ridotto notevolmente il rendimento. Questo effetto è dovuto all'azione fito-tossica e ritardante che questi due prodotti esercitano sulla fioritura e la crescita. L'erbicida di post-emergenza Beetup, se applicato in modo da controllare solo moderatamente le malerbe, è il solo ad avere suscitato un aumento consistente del rendimento: 2,8 dt/ha sulla media annuale. I due erbicidi di pre-emergenza Dual Gold e Nimbus CS si sono rivelati due prodotti potenzialmente interessanti per una procedura di autorizzazione in Svizzera. Se venissero autorizzati, il raccolto mediante trebbatura diretta sarebbe semplificato.

#### Literatur

- Bates D., Mächler M., Bolker B. & Walker S., 2014. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* **67** (1), 1–48.
- Bohanec B. & Retelj H., 1986. Chemical weed control in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fagopyrum* **6**, 17–20.
- FAOSTAT *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2017. Zugang: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [16.1.2017].
- Kirchgessner N., Liebisch F., Kang Y., Pfeifer J., Friedli M., Hund A. & Walter A., 2016. The ETH field phenotyping platform FIP: a cable-suspended multi-sensor system. *Functional Plant Biology* **44** (1), 154–168.
- Kněčević M. & Baketa E., 1989. Weed control in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in the region of Slavonia. *Fagopyrum* **9**, 49–52.
- Kněčević M. & Baketa E., 1992. Efficacy of some herbicides in agrophytocenosis of buckwheat in the Slavonia region. *Fagopyrum* **12**, 43–47.

**Summary**

**Weed control in buckwheat: comparison of five selected herbicides**

Buckwheat is an orphan crop in Switzerland which has lately been gaining attention due to its gluten-free flour and the high biological value of its protein. In order to establish the conditions for conventional production of buckwheat, two pre-emergence and three post-emergence herbicides were tested as to their suitability for controlling weeds in this crop. The two pre-emergence herbicides, Dual Gold and Nimbus CS, generally exhibited very good control of dicots and grasses up to maturity. They also exerted a negative impact on the density of buckwheat, which did not, however, affect yield negatively. Betasana and Betam Combi RAL, both of which contained the active component ethofumesate, brought about a marked reduction in yield. This effect was a result of their phytotoxicity, as well as their delaying effect on growth and flowering time. The post-emergence herbicide Beetup, which was only moderately successful in controlling weeds, was nonetheless the only treatment bringing about a consistent yield increase of 2,8 dt/ha on average. The two herbicides Dual Gold and Nimbus CS were identified as being potentially promising for registration in Switzerland. In case of a registration of these herbicides harvesting could be made easier by means of direct threshing.

**Key words:** buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, weed control, herbicide.

- Lenth R., 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Z. Journal of Statistical Software* **69** (1), 1–33.
- Podolska G., 2013. Effizienz of chemical protection of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Vortrag anlässlich des 12. Internationalen Buchweizensymposiums. Laško, Slowenien.
- Stamp P., Messmer R. & Walter A., 2012. Competitive underutilized crops will depend on the state funding of breeding programmes: An opinion on the example of Europe. *Plant Breeding* **131** (4), 461–464.
- Wall D. A. & Smith M. A. H., 1999. Weed management in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Canadian Journal of Plant Science* **79** (3), 455–461.
- Wall D. A. & Smith M. A. H., 2000. Tolerance of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) to low rates of 2,4-D and MCPA. *Canadian Journal of Plant Science* **80** (2), 407–410.