

Sabine Gruber, Elli Wahl, Sabine Zikeli, Wilhelm Claupein

Perspektiven und Grenzen der Unkrautregulierung bei Linsen (*Lens culinaris*) im Ökologischen Landbau

Perspectives and limitations of weed control in organic lentils (*Lens culinaris*)

365

Zusammenfassung

Der Anbau von Linsen (*Lens culinaris*) stellt in Deutschland derzeit noch eine Nische dar; dieses ist auch darauf zurückzuführen, dass der wissenschaftlich-technische Fortschritt im Bereich der Unkrautregulierung unter ökologischen Bedingungen durch die lange Anbaupause von ca. 50 Jahren hierzulande nicht stattfand. Eine Zusammenstellung von Verfahren zur Unkrautregulierung in Linsen aus 1. der Historie des Linsenbaus in Mitteleuropa sowie 2. aus aktuellen Studien internationaler Arbeitsgruppen soll in einer Literaturübersicht Möglichkeiten aufzeigen, Konzepte für die Unkrautregulierung unter mitteleuropäischen Bedingungen im Ökologischen Landbau zu entwickeln, um den Linsenanbau auszuweiten.

Als indirekte Verfahren der Unkrautregulierung in Linsen werden Saatgutreinheit, Fruchtfolge, Sortenwahl, Grundbodenbearbeitung, Saattermin, Bestandesdichte sowie Wahl der Stützfrucht für den Mischbau diskutiert. Umsetzbar erscheint nach den dazu zusammengestellten Ergebnissen eine Anpassung der Fruchtfolge mit einem Ausbau der Stellung von Linsen nach Hackfrüchten. Die überkommene Vorstellung, erfolgreicher Linsenbau gelänge nur auf marginalen Standorten, muss hierbei kritisch hinterfragt werden. Die Erhöhung der Saatstärke bzw. der Bestandesdichte ist eine aussichtsreiche und einfach zu realisierende Maßnahme, um die Konkurrenzfähigkeit des Linsenbestandes bzw. -gemenges durch hohe Biomasseproduktion und hohen Deckungsgrad der Kulturpflanzen zu verbessern.

Speziell im Mischbau ließe sich der Anteil einer in der Regel konkurrenzstärkeren Stützfrucht (meistens Getreide) erhöhen, um eine Unkrautunterdrückung ohne gravierende

Ertragseinbußen bei den Linsen zu erzielen. Eine frühe Aussaat im Frühjahr kann durch den sich dann stark entwickelten Kulturpflanzenbestand unkrautunterdrückend sein. Da die Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau überwiegend mit dem Pflug erfolgt, ist aus dieser Sicht eine hinlängliche Unkrautregulierung bereits gegeben.

Als direkte Verfahren werden mechanische und thermische Verfahren diskutiert. Abflammen oder Solarisation erscheinen für Deutschland auf Grund der Kosten bzw. des Klimas nicht realistisch. Ähnlich unrealistisch sind in industrialisierten Ländern aus Kostengründen Unkrautjäten und Handhacke, obwohl diese Verfahren effektiv sind. Drei realistische Strategien wurden für die mechanische Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau herausgearbeitet: 1. vergleichsweise späte Aussaat und mehrfaches Abschleppen der Fläche vor der Saat zur Stimulierung der Keimung von keimbereiten Samen („Falsches Saatbett“); 2. tiefe Saatgutablage und Blindstriegeln; 3. Hacken (bei weitem Reihenabstand) oder Striegeln. Bei der mechanischen Bearbeitung im Bestand ist zu prüfen, ob bei steinigem Böden später Ernteprobleme durch Steine auf der Bodenoberfläche auftreten.

Die Vielzahl der vorgestellten Verfahren zur nicht-chemischen Unkrautregulierung im Linsenbau erlaubt den Anbauern, individuelle Strategien zu entwickeln, die an die jeweiligen lokalen betrieblichen Bedingungen angepasst sind. Die meisten dieser Strategien lassen sich dann auch in anderen Kulturen im Ökologischen Landbau einsetzen.

Stichwörter: Mischbau, Konkurrenz, Blindstriegeln, Falsches Saatbett, Hacken, Striegeln, Saatstärke, Saatzeitpunkt

Institut

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Stuttgart

Kontaktanschrift

PD Dr. Sabine Gruber, Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340a), Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, E-Mail: Sabine.Gruber@uni-hohenheim.de

Zur Veröffentlichung angenommen

14. März 2012

Abstract

The cultivation of lentils (*Lens culinaris*) is currently a niche production in Germany, because agronomic knowledge about weed control has been lost during the last decades, and because the traditional knowledge was not adapted to modern cropping conditions.

A compilation of strategies for weed control from Central European history and from studies of other countries with modern lentil cropping systems should reveal options to develop concepts for weed control in Central European organic farming. Indirect strategies for weed control are discussed in the current paper, namely crop rotation, clean seed, varieties, primary tillage, sowing date, crop density and companion crops for lentils grown in mixed cropping systems. Considering the crop rotation, root and tuber crops such as potatoes or beet roots seem suitable as preceding crops because they provide comparatively weed free fields for following lentils. The adoption of this crop sequence needs to revise traditional thinking, in particular the assumption that lentils grow best only on marginal lands. The increase of crop densities seems useful to improve the competition ability with weeds by high biomass production and land cover. In mixed cropping systems, an increased share of companion crops (usually cereals) can suppress weeds without relevant decrease in lentil yield. Direct measures discussed in the paper are mechanical and thermal measures. Flame weeding and solarisation do not seem useful for Central Europe because of high costs and an unsuitable climate. Hand-weeding or hand-hoeing are not realistic in industrialized countries with high labor costs, though these measures turned out to be quite effective in field trials. Three promising strategies were revealed in the study for direct mechanical weed control: 1. sowing in late spring, with preceding false seedbed techniques to stimulate weed emergence; 2. deep sowing of lentils to delay emergence, and "blind" harrowing before the seeds have emerged to destroy weeds; 3. increased row spacing, and hoeing or harrowing (curry combing). In case hoes or harrows are used, possible harvesting problems have to be considered resulting from stones at the soil surface. Plenty of options were shown to control weeds in lentils effectively without the use of herbicides. From this set of management strategies, growers can easily select suitable methods according to their specific farm conditions. The strategies can also be used for other crops in organic farming.

Key words: Mixed cropping, competition, false seedbed techniques, sowing depth, hoe, harrow, crop density, sowing time

1 Einleitung

Die Linse (*Lens culinaris* Medik.) ist eine der ältesten Kulturpflanzen in Mitteleuropa (FRUWIRTH, 1898; ALI et al., 2009) und wurde bereits mit den ersten Ackerbauern eingeführt. Obwohl Linsen traditionell als Nahrungs-

mittel sehr geschätzt sind, nimmt der Anbau in Europa und insbesondere in Deutschland eine untergeordnete Rolle ein. Vor allem marginale Gebiete, z.B. die Schwäbische Alb oder Regionen Hessens und Thüringens waren klassische Linsenstandorte, bis der Anbau in Deutschland Mitte des 20. Jahrhunderts nahezu erlosch (HORNEBURG, 2003). Folgende Gründen führten Mitte des letzten Jahrhunderts zur Aufgabe des Linsenanbaus: 1.) durch den Einsatz von Mineraldünger wurde auch auf ärmeren Standorten der Getreideanbau rentabel; 2.) der hohe Arbeitsaufwand und die damit verbundenen Kosten machten den Linsenanbau zunehmend unattraktiv; 3.) das Ertragsniveau der Linsen war im Vergleich zu anderen Feldfrüchten sehr niedrig.

Derzeit sind weltweit die Länder Indien (1 380 000 ha), Kanada (960 000 ha) und die Türkei (210 000 ha) die flächenmäßig größten Linsenproduzenten (FAOSTAT, 2009). Australien, Syrien, Äthiopien, Iran und Nepal bauen jeweils rund 100 000 bis 200 000 ha Linsen an. In der Europäischen Union betreiben vor allem Spanien (23 000 ha), Frankreich (9000 ha), Griechenland, Bulgarien und Italien (jeweils rund 2000 ha) nennenswerten Anbau.

Trotz allem blieb die Linse bis heute eine typische Zutat für viele Gerichte der regionalen und traditionellen Küche in Europa. In den letzten Jahren ist eine Renaissance des Linsenanbaus in Deutschland und auch in Nachbarländern, z.B. in der Schweiz, zu beobachten, vor allem im Ökologischen Landbau. Hier findet sie als Stickstofffixierer, regionales Nischenprodukt mit hoher Wertschöpfung und als Alternative in der Fruchtfolge ihren Platz.

Mit dem Linsenanbau ist auch ein Großteil des überlieferten Wissens um ihre Kultivierung verloren gegangen; zudem ist bei der derzeitigen Wiedereinführung ein Zeitraum von mehr als 50 Jahren pflanzenbaulicher Entwicklung zu überbrücken, in der weder züchterische noch produktionstechnische Fortschritte unter mitteleuropäischen Bedingungen erfolgten. Hierzu gehören auch Verfahren der Unkrautkontrolle, speziell die nicht-chemischen Verfahren im Ökologischen Landbau.

Weltweit und von je her ist Unkraut ein ertragsmindernder Faktor für Linsen, vor allem aufgrund ihrer schwachen Konkurrenzkraft: „Der Typus ist jenem der Erbse ähnlich, aber das ganze System ist wesentlich zarter als bei dieser“ (FRUWIRTH, 1898). Bereits im 19. Jahrhundert wurde die Bedeutung der Unkrautregulierung bei der Linsenproduktion hervorgehoben: „Auch zur Gewinnung von Grünfutter hat man die Linse herangezogen [...]. Am ehesten ist eine solche Verwendung dann am Platze, wenn in Linsen, die zur Samennutzung gebaut wurden, das Unkraut überhand genommen hat“; „Bekämpfung des Unkrauts gibt bei der Linse den Bodenbearbeitungsmaßregeln das Gepräge“; „Der spätere Anbau [...] den Vorteil, daß man auch im Frühjahr noch eine Bekämpfung des Unkrautes vornehmen kann“ (FRUWIRTH, 1898). Auch indirekte Verfahren wie die Fruchtfolgegestaltung wurden zur Unkrautkontrolle bei Linsen herangezogen: „Nach Getreide wie auch nach Futterpflanzen findet die Linse eine gute Stellung, eine weit bessere nach

Hackfrüchten. Nach diesen ist die Gefahr der Verunkrautung, mit welcher man bei der Linsen immer rechnen muß, eine geringere, so daß die Folge: Kartoffel, Linse, eine geschätzte ist“ (FRUWIRTH, 1898). Weiterhin kamen direkte Verfahren wie das Hacken zum Einsatz: „Eine Hacke, die auch mit einer schwachen Häufelung verbunden sein kann, wird nur dann unterlassen werden können, wenn der Boden ganz rein von Unkraut ist“ (FRUWIRTH, 1898).

Unkraut im Linsenanbau schien und scheint immer noch Schwierigkeiten zu bereiten. Aktuelle Studien und Erfahrungen aus der Praxis in Deutschland zeigen, dass der Grad der Verunkrautung hoch ist, und dass das geringe Ertragsniveau in der Praxis von 0,5 bis in seltenen Fällen maximal 1,0 t ha⁻¹ (MAMMEL, pers. Mitteilung 2011) auch auf den hohen Unkrautdruck zurückzuführen ist. Mechanische Unkrautkontrolle im Bestand wird oft mit der Begründung unterlassen, die Pflanzen könnten geschädigt werden, oder aber es könnten Steine an die Bodenoberfläche hochgearbeitet werden, die später zu Ernteproblemen bei lagernden Linsen führten. Die kritische Periode für die Unkrautregulierung bei Linsen schwankt je nach Region im Zeitraum zwischen der 2. und 4. Woche nach der Saat (Sudan, MOHAMMED et al., 1997), bzw. ein Unkrautauflaufen bis rund vier bis sechs Wochen nach dem Auflaufen kann mit Ertragsverlusten von unter 10% toleriert werden (Jordanien, SINGH et al., 1996).

Um der Verunkrautung und dem damit verbundenen Minderertrag bei Linsen in Mitteleuropa entgegenzuwirken, ist es erforderlich, verschiedene Verfahren der Unkrautkontrolle bei Linsen zu entwickeln und deren Vor- und Nachteile gegenüberzustellen. Gängige Verfahren, wie sie derzeit in anderen Ländern eingesetzt werden, könnten Lösungsansätze bieten, wie Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau in Mitteleuropa praktikabel wäre.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, eine Literaturübersicht über verschiedene Verfahren der Unkrautkontrolle bei Linsen aus verschiedenen Anbaugebieten und aus historischen Quellen zusammenzustellen und daraus Ansätze abzuleiten, das Unkrautmanagement bei Linsen im Ökologischen Landbau unter den Bedingungen des mitteleuropäischen Raums zu verbessern.

2 Indirekte Verfahren

2.1 Saatgutreinheit

Unkrautsamen können grundsätzlich über Saatgut, Dünger, technische Gerätschaften und über Bewässerung in den Linsenbestand bzw. ins Feld eingetragen werden. Daher ist eine erste, vorbeugende Maßnahme, den Eintrag von Unkrautsamen zu vermeiden. Unkrautfreies Saatgut hat Auswirkungen auf die Produktion von unkrautfreiem Qualitätssaatgut und auch auf den Eintrag von Unkräutern auf die Fläche (BISHAWZ et al., 2007). Gewöhnlich ist die Reinigung des Saatguts von Unkrautsamen nicht schwierig (YENISH et al., 2009), außer bei Unkräutern mit ähnlicher Samenform und -größe wie Linsen, wie beispielsweise Saatwicke (*Vicia sativa*) oder

Saat- Platterbse (*Lathyrus sativus*) (ERSKINE et al., 1994). Eine übliche Strategie ist, Flächen mit solchen Unkräutern für den Anbau von Saatgut zu meiden (YENISH et al., 2009), bzw. generell unkrautarme Standorte zu wählen (MAMMEL, pers. Mitteilung 2011). Beim Linsenanbau, speziell im Nahen und Mittleren Osten, können parasitäre Unkräuter wie Kleeseide (*Cuscuta* ssp.) oder *Orobanche*-Arten über das Saatgut verbreitet werden (YENISH et al., 2009). Hier sind Flächen zu wählen, die nicht parasitär befallen sind. In Mitteleuropa stellen parasitäre Unkräuter beim Linsenanbau derzeit kein Problem dar.

Ein Sameneintrag über Wirtschaftsdünger kann durch eine Kompostierung z.B. des Stallmistes erreicht werden (YENISH et al., 2009). Maschinen und Geräte sollten frei von Unkräutern, Samen und anderen Pflanzenteilen sein, bevor mit der Ausrüstung auf ein anderes Feld gewechselt wird, um eine Verschleppung zu vermeiden. Auch mit Bewässerungswasser können Unkrautsamen eingeschleppt werden (YENISH et al., 2009), so dass in ariden Gebieten das Filtern des Beregnungswassers den Sameneintrag verringern kann.

2.2 Fruchtfolge

Ein klassisches Verfahren zur indirekten Reduktion des Unkrautbesatzes ist die Gestaltung der Fruchtfolge (LAMPKIN, 2002; MENALLED, 2009). In Versuchen in Alberta/Kanada war die Unkrautdichte in einer Rotation ohne Linsen (Winterweizen – Brache) geringer und das Artenspektrum kleiner als in der Rotation Winterweizen – Linsen (BLACKSHAW et al., 1994). Beim Vergleich von Fruchtfolgen in verschiedenen Klimazonen wird deutlich, dass Linsen überwiegend nach Getreide angebaut werden, da hier in der Regel eine effektive Unkrautkontrolle erfolgt, die der Nachfrucht zugutekommt (Tab. 1). Kartoffeln und Erdnüsse, beides Kulturen mit Bodenbewegung und damit Unkrautreduzierung bei der Ernte, sind weitere, verbreitete Vorfrüchte. Traditionell wurde auch in Deutschland der Anbau von Linsen nach einer Hackfrucht (vor allem Kartoffeln) empfohlen, um Unkraut zu kontrollieren (FRUWIRTH, 1898, 1936). Generell sind Linsen eher in vielgestaltige Fruchtfolgen eingebunden. Auch das ist ein Indiz dafür, dass ein verstärktes Auftreten bestimmter Unkrautspezies vermieden werden soll.

2.3 Sortenwahl

In australischen Feldversuchen wurden keine signifikanten Unterschiede in der Unkrautunterdrückung bzw. der Konkurrenzkraft zwischen vier bzw. fünf Linsensorten festgestellt (MCDONALD und McMURRAY, 2003; MCDONALD et al., 2007). Beim Vergleich sechs regionaler Linsensorten (vier halb-aufrechte und zwei aufrechte Typen) in der Türkei konnte in zwei Versuchsjahren ebenfalls kein Effekt der Sorte auf die Unkrautdichte und den Ertrag festgestellt werden (TEPE et al., 2005). In ähnlicher Weise unterschied sich in Versuchen in Deutschland die Unkrautbiomasse in vier geprüften Genotypen nicht signifikant voneinander (WANG et al., 2011). In Italien erwiesen sich in Feldstudien sieben von zehn Linsengenotypen als konkurrenzschwach, drei als konkurrenzstark. Hier schien

Tab. 1. Fruchtfolgen mit Linsen in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau)
Crop rotations with lentil in different countries, in conventional and organic farming

Land	Fruchtfolge	Quelle
Subtropisch		
Bangladesch	Nassreis (Jute)/Brache/Linsen	ALI et al., 2009
Indien, Nepal, Pakistan, Bangladesch	Ein-/Zweikultursystem: Mais (Sorghum, Jute, Reis, Erdnuss, Perlhirse)/Linsen Bei trockenem Monsun: Brache/Linsen Dreikultursystem: Jute/Reis/Linsen Relay intercropping: Nassreis/Linsen	NLEYA et al., 2004 SEKHON et al., 2007 ALI et al., 2009
Mittelmeerklima/Naher Osten		
Italien	Kartoffeln/Linsen/...	PAOLINI et al., 2003
Australien	Luzerne (Raps, Kichererbsen)/Weizen/Linsen	McDONALD et al., 2007
Türkei	Weizen/Linsen	KAYAN und ADAK, 2006
Syrien	Weizen/Linsen	ZHANG et al., 2000
Naher Osten, Nordafrika,	Gerste/Linsen, Durumweizen/Linsen	ALI et al., 2009
Kontinental		
Kanada	Sommerweizen/Raps (Sonnenblumen, Senf)/(Sommer)Weizen/Linsen	MATUS et al., 1997; NLEYA et al., 2004
USA	Winterweizen/Linsen	BLACKSHAW et al., 1994
Gemäßigt		
Schweiz	Winterweizen (Mais)/Linsen/Getreide (Zuckerrüben)	AEBI, 2011
Deutschland	Linsen/Weizen/Hafer/Dinkel	KAYSER, 2011
“	2mal Klee gras/Weizen/Hafer/Linsen/Emmer/ Ackerbohnen/Emmer (Hafer)	FUHR, 2011
“	Winter-(So-)getreide/Linsen/Wintergetreide; Kartoffeln/Linsen/Wintergetreide	Eigene Erhebungen bei der Öko-EZG „Alb-Leisa“
“	Triticale + Wintererbsen/Sommerweizen/Dinkel/Linsen	LÄNGE, 2011

die Konkurrenzfähigkeit vor allem mit einer frühen Blüte und einem aufrechten Wuchstyp verbunden zu sein (FAUSTINI et al., 2004). Insgesamt scheint somit im anbau-relevanten Sortenspektrum kein grundsätzlich konkurrenzstarker Linsentyp vorzuliegen.

2.4 Grundbodenbearbeitung

Traditionell erfolgte in Mitteleuropa nur eine „Ackerung“ (eine Pflugfurche), wenn Linsen nach einer Hackfrucht angebaut wurden; nach Getreide wurden Stoppelbearbeitung und zwei Pflugfurchen empfohlen, um dem stärkeren Unkrautdruck zu begegnen (FRUWIRTH, 1898). Die Grundbodenbearbeitung wurde auf den typischen, trockenen Linsenstandorten vor allem im Herbst durchgeführt, um gegenüber einer Frühjahrsfurche Wasser zu sparen. Im aktuellen Linsenanbau ist die Grundbodenbearbeitung je nach Bodenart, Anbausystem und Region variabel. Generell können Linsen insbesondere unter dem Einsatz von Herbiziden im konventionellen Landbau grundsätzlich mit konventioneller (wendender) oder minimaler (konservierender bzw. nicht-wendender) Bodenbearbeitung und in Direktsaat angebaut werden (Tab. 2). Auf dem indischen Subkontinent sowie in mediterran und in kontinental geprägten Klimazonen findet gewöhn-

lich reduzierte Bodenbearbeitung statt, um die Bodenfeuchte zu erhalten (NLEYA et al., 2004). In Teilen Afrikas wird der Boden tief gepflügt und danach mit einer Scheibenegge bearbeitet. Auch in den Anbaugebieten der USA wird die Grundbodenbearbeitung im Herbst und oft nicht-wendend durchgeführt, um die Infiltration des Wassers zu erhöhen und Erosion zu verringern. Eine Minimalbodenbearbeitung bzw. Direktsaat kann sich so im Vergleich zur konventionellen Bearbeitung fördernd auf die Linsenerträge auswirken (Westkanada, NLEYA et al., 2004). Bei diesem System dient eine lange Stoppel der Vorfrucht gleichzeitig als Stütze für die Linsen und erleichtert die Ernte. Vorteile reduzierter Bodenbearbeitung gegenüber konventioneller, wendender Bearbeitung zeigten sich im höheren und schnelleren Feldaufgang von Linsen auf Grund günstigerer Wasserversorgung auf einem trockenen Standort (rund 400 mm Niederschlag) im Osten der Türkei (ALTİKAT und CELİK, 2011). Im Ökologischen Landbau in Mitteleuropa haben sich Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung auf Grund des gesteigerten Unkrautauflommens (GRUBER und CLAUPEIN, 2009; GRUBER et al., 2010; PEIGNÉ et al., 2007) nicht durchgesetzt, so dass wendende Bodenbearbeitung mit dem Streichblechpflug derzeit überwiegt.

Tab. 2. Grundbodenbearbeitung zu Linsen in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau)
Primary tillage for lentils in different countries, in conventional and organic farming

Land	Grundbodenbearbeitung	Quelle
Subtropisch		
Indien	Minimalbodenbearbeitung	NLEYA et al., 2004
Afrika	Konventionelle Bodenbearbeitung (Pflug, tief)	NLEYA et al., 2004
Nordsudan	Konventionelle Bodenbearbeitung (Scheibenpflug)	MOHAMMED et al., 1997
Mittelmeerklima/Naher Osten		
Mittelmeerraum	Minimalbodenbearbeitung	NLEYA et al., 2004
Kontinental		
Kanada	Direktsaat, Minimalbodenbearbeitung	NLEYA et al., 2004
USA	Minimalbodenbearbeitung (Grubber)	BALL et al., 1997; NLEYA et al., 2004
Gemäßigt		
Schweiz	Konventionelle Bodenbearbeitung (Streichblechpflug im Herbst)	AEBI, 2011
Deutschland	Konventionelle Bodenbearbeitung incl. Eggen im Spätherbst Minimalbodenbearbeitung (Grubber)	KAYSER, 2011; FUHR, 2011; LÄNGE, 2011

2.5 Saatzeit

In Mitteleuropa wurde früher eine späte Aussaat der Linsen (April, Mai) vorgenommen, um Zeit für eine Unkrautkontrolle vor der Saat durch mehrfaches Abeggen (Abschleppen, „Falsches Saatbett“) zu gewinnen (FRUWIRTH, 1898, 1936). Hierdurch verkürzt sich jedoch die Anbauzeit und verlagert sich deutlich in den Langtag, so dass die tendenziell langtagsensitive Linse (SUMMERFIELD et al., 1985) mit schnellerer Entwicklung und verringertem Ertrag reagieren kann. Dies zeigte sich in Versuchen von WANG et al. (2011) in Deutschland, bei denen eine frühe Aussaat (7. April) gegenüber einer späten Aussaat (4. Mai) den Kornertrag von maximal rund 3 t ha⁻¹ auf 2 t ha⁻¹ senkte. Gleichzeitig war die Unkrautbiomasse am frühen Saattermin signifikant geringer als beim späten Termin. Die günstigeren Wachstums- und Entwicklungsbedingungen der Linse (sowie der Stützfrucht Gerste) am frühen Saattermin führten offenbar zu einem konkurrenzstarken Bestand. Die Saatzeiten für Linsen weltweit variieren naturgemäß auf Grund der unterschiedlichen klimatischen Gegebenheiten (Tab. 3). Es zeigt sich durchgehend für Mitteleuropa, dass die Bedeutung einer möglichst frühen Saat (Italien: Januar, Februar; Deutschland: März/früher April) bereits erkannt wurde, wenn auch noch immer eine späte Saat (Mai) besonders in Höhenlagen diskutiert wird (MAMMEL, pers. Mitteilung 2011). Auf Grund der relativen Frosttoleranz von Linsen (FRUWIRTH, 1936; HAMDİ et al., 1996; eigene Erfahrungen) könnte in Deutschland sogar ein noch früherer Saattermin als Mitte März gewählt werden, sofern die Bodenbedingungen dies ermöglichen. Frühestmögliche Saattermine werden auch in den Anbaugebieten der USA und Kanadas angestrebt, auch, um Ertragsvorteile zu nutzen (ALI-KHAN und KIEHN,

1989; NLEYA et al., 2004). In den Anbaugebieten Indiens erfolgt der Linsenanbau als sogenannte „Rabi Crop“ (über Winter in der Trockenzeit, Ernte im Frühjahr, SUMMERFIELD et al., 1985; YADAV et al., 2007). Frühe Saaten nach Ende der Regenzeit brachten höhere Erträge als spätere Saattermine (ALI et al., 2009), wohl durch die längere Vegetationszeit. Bei späteren Saaten konnte eine höhere Bestandesdichte die Ertragsdepression ansatzweise kompensieren (ALI et al., 2009).

2.6 Saatstärke und Bestandesdichte

Die Saatstärken für Linsen in Reinsaat liegen zwischen 15 kg ha⁻¹ in Nordindien und 115 kg ha⁻¹ in Ägypten (Tab. 4), und im Mischanbau bei 50–120 kg ha⁻¹ bzw. 210–240 Samen m⁻² (Tab. 5). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um unterschiedliche Sorten mit unterschiedlicher Samenmasse handelt; ein direkter Vergleich wird dadurch erschwert. In Washington/USA ließ sich die Unkrautbiomasse in Linsen ohne chemische Unkrautkontrolle um 70% (und mit dem Einsatz von Metribuzin um 98%) verringern, wenn die Saatstärke auf 150% erhöht wurde (in Reinsaat, von 67 kg auf 100 kg ha⁻¹, BOERBOOM und YOUNG, 1995). Einen ähnlichen Effekt erzielte eine kontinuierliche Steigerung der Saatstärke von 15 auf 375 Körner m⁻² in Saskatoon/Kanada auf ökologisch bewirtschafteten Flächen, die mit einer um 59% reduzierten Unkrautbiomasse bei der stärksten Bestandesdichte gegenüber der geringsten einher ging (Abb. 1, BAIRD et al., 2009). Der Kornertrag stieg und korrelierte signifikant mit der Saatstärke, die Unkrautbiomasse nahm dabei mit der Saatstärke ab. Eine Erhöhung der Saatstärke (Sorte Crimson) von 22 über 44 auf 66 kg ha⁻¹ reduzierte die Unkrautdichte sowie die Unkrautbiomasse

Tab. 3. Saatzeit für Linsen in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau)
Sowing time of lentils in different countries, in conventional and organic farming

Land	Saatzeit	Quelle
Subtropen		
Nordsudan	Anfang November	MOHAMMED et al., 1997
Indien	Nach dem Monsun	YADAV et al., 2007
Mittelmeerklima/Naher Osten		
Italien	Januar, Februar	PAOLINI et al., 2003; FAUSTINI et al., 2004
Jordanien	Anfang Dezember	GHOSHEH und EL-SHATNAWI, 2003
Nordsyrien	Anfang November	LINKE, 1994
Nordsyrien	Oktober–Januar	ZHANG et al., 2000
Türkei	Oktober/April	ÇİFTÇİ und ÜLKER, 2005; TEPE et al., 2005; KAYAN und ADAK, 2006; ERMAN et al., 2004/TEPE et al., 2004; ELKOCA et al., 2005
Australien	Juni	MCDONALD und McMURRAY, 2003;
Australien (SA, VI)	Mitte/Ende Juni	MCDONALD et al., 2007
Australien (WA)	April–Juli	SIDDIQUE et al., 1998
Kontinental		
USA	März, April, Mai	BOERBOOM und YOUNG, 1995; BALL et al., 1997;
Washington USA	Mitte April	NLEYA et al., 2004
Wisconsin, USA	Ende April, Anfang Mai	OPLINGER et al., 2011
Manitoba, Kanada	Mitte Mai–Mitte Juni	ALI-KHAN und KIEHN, 1989
Manitoba, Kanada	Mitte Mai	WALL, 1994
Gemäßigt		
Österreich	Anfang April	GOLLNER et al., 2010
Schweiz	Ende März–Mitte April	AEBI, 2011
Deutschland	März–Anfang Mai	KAYSER, 2011; FUHR, 2011; LÄNGE, 2011; MAMMEL, pers. Mitteilung

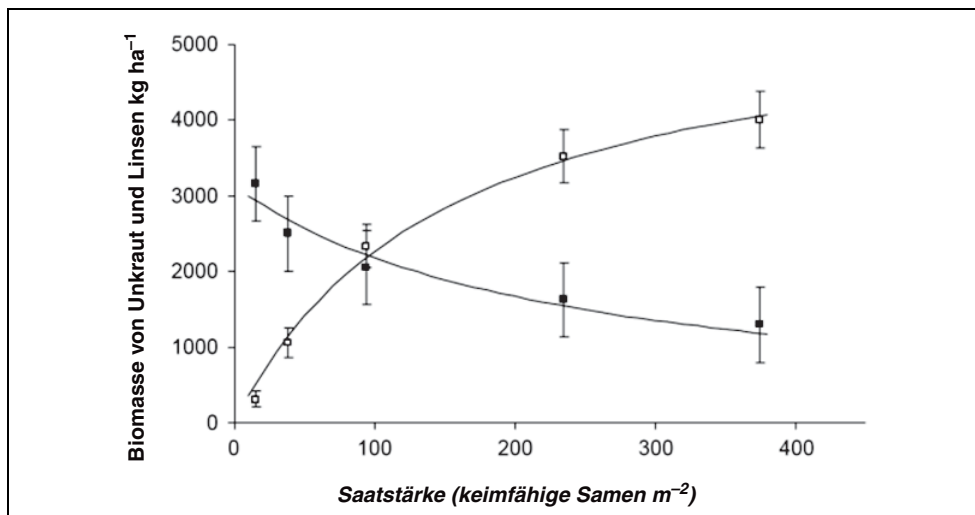


Abb. 1. Effekt der Saatstärke auf die Gesamtbiomasse (□) von großen grünen Linsen (CDC Sovereign) und Unkrautbiomasse (■) bei physiologischer Reife auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben bei Saskatoon, Saskatchewan, Kanada (BAIRD et al., 2009; mit Genehmigung des Autors)
Effect of seeding rate on crop biomass (□) of large green lentils (CDC Sovereign) and weed biomass (■) at physiological maturity on organic farms near Saskatoon, Saskatchewan, Canada (BAIRD et al., 2009; with permission of the author)

auch in Versuchen in Oregon und Washington (USA, BALL et al., 1997), jedoch ohne durchgehende Ertragsvorteile. Dieser Effekt wurde besonders ohne Herbizideinsatz deutlich. Ähnlich wie bei der Saatstärke reagierten Linsen auf steigende Bestandesdichte mit erhöhter Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkraut. Die höheren Bestandesdichten konnten bei einer Steigerungsreihe von 120, 170,

250 und 350 Pflanzen m⁻² in Versuchen in Italien die Konkurrenzfähigkeit der Linse steigern (PAOLINI et al., 2003). Die Dichte der etablierten Reinbestände zeigt generell eine Spannbreite von 90 Pflanzen m⁻² (USA) bis 230 Pflanzen m⁻² im Ökologischen Landbau in Kanada (Tab. 6). Obwohl die angestrebte Bestandesdichte von klimatischen Verhältnissen, Bodenverhältnissen oder der Art

Tab. 4. Saatstärke von Linsen (verschiedene Sorten) in Reinsaat in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau). n.a.: nicht angegeben

Seeding rates in lentil (various varieties) in different countries grown in pure stands, in conventional and organic farming. n.a.: not determined

Land	Sorte	Saatstärke	Quelle
Subtropen			
Indien	Kleine rote Linse	40 kg ha ⁻¹	NLEYA et al., 2004
Nordindien	n.a.	15 kg ha ⁻¹	MUEHLBAUER et al., 2002
Südasien	n.a.	30–40 kg ha ⁻¹	ALI et al., 2009
Mittelmeerklima/Naher Osten			
Mittelmeerraum, Naher Osten	großsamig	120–160 kg ha ⁻¹ 100–120 kg ha ⁻¹	NLEYA et al., 2004, ALI et al., 2009
Jordanien	Jordan 1	100 kg ha ⁻¹	GHOSHEH und EL-SHATNAWI, 2003
Naher Osten	kleinsamig	60–80 kg ha ⁻¹	NLEYA et al., 2004
Ägypten	n.a.	115 kg ha ⁻¹	MUEHLBAUER et al., 2002
Nordsudan	n.a.	100 kg ha ⁻¹	MOHAMMED et al., 1997
Australien	Northfield, Nugget, CIPAL, Digger	90–110 kg ha ⁻¹	NLEYA et al., 2004
Türkei	Sazak-91	120 kg ha ⁻¹	ÇİFTÇİ und ÜLKER, 2005
Türkei	groß-/kleinsamig	80/140 kg ha ⁻¹	ERMAN et al., 2004; TEPE et al., 2005
Türkei	n.a.	350 Samen m ⁻²	ELKOCA et al., 2005
Kontinental			
Kanada	n.a.	75 kg ha ⁻¹	BLACKSHAW et al., 1994
USA	n.a.	70 kg ha ⁻¹	BOERBOOM und YOUNG, 1995
USA	n.a.	ca. 70–80 kg ha ⁻¹	NLEYA et al., 2004
Gemäßigt			
Schweiz	Anicia	100–120 kg ha ⁻¹	AEBI, 2011

Tab. 5. Saatstärke von Linsen im Mischbau in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau). n.a.: nicht angegeben

Seeding rates in lentil in different countries and for different varieties grown in mixture, in conventional and organic farming. n.a.: not determined

Land	Gemenge	Saatstärke (Linsen + Stützfrucht)	Quelle
Subtropen			
Südasien	Linsen + Senf (Weizen, Gerste, Lein)	n.a.	ALI et al., 2009
Mittelmeerklima/Naher Osten			
Türkei	Linsen + Weizen	84–108 + 17–51 kg ha ⁻¹	ÇİFTÇİ und ÜLKER, 2005
Kontinental			
USA	Linsen + Weizen	240 + 170 Samen m ⁻² 210 + 220 Samen m ⁻²	CARP et al., 1995
Gemäßigt			
Österreich	Linsen + Leindotter	60 kg ha ⁻¹ + 1,5 kg ha ⁻¹	GOLLNER et al., 2010
Schweiz	Linsen + Leindotter	120 kg ha ⁻¹ + 17 kg ha ⁻¹	AEBI, 2011
Deutschland	Linsen + Leindotter	54 kg ha ⁻¹ + 2 kg ha ⁻¹	KAYSER, 2011
Deutschland	Linsen + Gerste	60 kg ha ⁻¹ + 20 kg ha ⁻¹	FUHR, 2011
Deutschland	Linsen + Nacktgerste	50 kg ha ⁻¹ + 50 kg ha ⁻¹	LÄNGE, 2011

der mechanischen Unkrautkontrolle im Bestand abhängt, wird doch der mögliche Spielraum deutlich, der sich bei der Suche nach neuen Anbauverfahren ausschöpfen lässt.

2.7 Saattiefe

Die Saattiefe für Linsen schwankt auf Grund unterschiedlicher Samenmasse und Wasserverhältnisse der Standorte zwischen zwei und sieben cm (Tab. 7). Um im Frühjahr Blindstriegeln zur Unkrautkontrolle durchzuführen, ist eine tiefe Ablage des Saatguts erforderlich, die jedoch die Bestandesetablierung erschweren kann. Eine Saattiefe von sechs cm hatte ohne Blindstriegeln keinen messbaren Einfluss auf die spätere Bestandesdichte gegenüber einer Ablagetiefe von drei cm (Manitoba/Kanada, WALL, 1994). Eine noch tiefere Ablage (8–10 cm) kann den Feldauf-

gang mindern (BRAND et al., 2007), aber im konventionellen Landbau die Keimlinge vor Schädigungen durch Vorsaats- oder Voraufbauherbizide schützen. Die derzeit in der Praxis in Mitteleuropa gängigen Saattiefen zeigen, dass hier von der Strategie tiefer zu säen nicht Gebrauch gemacht wird (Tab. 7). Da in eigenen Versuchen im Gefäßversuch die Auflafrate von Linsen bis zu einer Ablagetiefe von 8–10 cm nicht veränderte, sich jedoch um drei bis vier Tage gegenüber der Ablage auf einen cm Tiefe verzögerte, bliebe durchaus Zeit für eine flache Bodenbearbeitung.

2.8 Reihenweite

Nach FRUWIRTH (1898) sollte die Reihenweite bei großkörnigen Sorten 18–25 cm, und bei kleinkörnigen Sorten

Tab. 6. Bestandesdichte von Linsen in Reinsaat in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau)

Crop density in lentil in different countries and with different varieties in pure stands, in conventional and organic farming

Land	Bestandesdichte	Quelle
Mittelmeerklima, Naher Osten		
Italien	200 Pflanzen m ⁻²	FAUSTINI et al., 2004
Türkei	248 Pflanzen m ⁻²	ÇİFTÇİ und ÜLKER, 2005
Naher Osten	275–300 Pfl. m ⁻²	ALI et al., 2009
Australien	120 Pflanzen m ⁻²	McDONALD et al., 2007; SIDDIQUE et al., 1998
Australien	150 Pflanzen m ⁻²	NLEYA et al., 2004
Kontinental		
Kanada	130 Pflanzen m ⁻²	NLEYA et al., 2004
Kanada (ökologisch)	230 Pflanzen m ⁻²	BAIRD et al., 2009
Kanada, USA	100–220 Pfl. m ⁻²	ALI et al., 2009
USA	90 Pflanzen m ⁻²	BOERBOOM und YOUNG, 1995; NLEYA et al., 2004

Tab. 7. Saattiefe von Linsen (verschieden Sorten) in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau). n.a.: nicht angegeben

Sowing depth in lentil (various varieties) in different countries, in conventional and organic farming

Land	Sorte	Saattiefe	Quelle
Mittelmeerklima, Naher Osten			
Jordanien	Jordan 1	4 cm	GHOSHEH und EL-SHATNAWI, 2003
Türkei	Çiftçi	5 cm	KAYAN und ADAK, 2006
Australien	CIPAL, Nugget, Digger	5–6 cm	McDONALD et al., 2007
Kontinental			
Kanada	CDC Sovereign	2,5 cm	BAIRD et al., 2009
USA (Washington)	n.a.	5–7 cm	BOERBOOM und YOUNG, 1995
USA	Crimson	2–5 cm	BALL et al., 1997
Gemäßigt			
Mitteleuropa	kleinsamig, großsamig	3–4 cm, 3–5 cm	FRUWIRTH, 1898
Schweiz	Anicia	2,5–5 cm	AEBI, 2011
Deutschland	Anicia	2–3 cm	FUHR, 2011; KAYSER, 2011; LÄNGE, 2011

15–20 cm betragen, sofern nicht gehackt werden soll; wird die Hacke eingesetzt, werden generell 30–40 cm Reihenweite empfohlen. Die Reihenweite variiert derzeit je nach Anbauregion (Tab. 8) und ist in gemäßigten Breiten nur ca. halb so groß wie in den kontinentalen oder mediterranen Gebieten. Gründe für den weiteren Reihenabstand in trockeneren Gebieten liegen primär in der Einsparung von Wasser. In feuchten Jahren kann eine engere Reihenweite, verbunden mit höheren Bestandesdichten Ertragsvorteile bringen (Syrien, NLEYA et al., 2004).

2.9 Mischanbau

Der Mischungspartner zur Linse dient als Stützfrucht und soll das Lagern verringern; daneben wurde auch eine Reduktion der Verunkrautung beobachtet, wie es für andere Gemenge, z.B. Erbsen mit Leindotter (ACKERMANN und SAUCKE, 2005) bekannt ist. Mischungspartner in subtropischen Ländern sind häufig Brauner Senf (*Brassica juncea*), Gerste oder Kichererbsen (ALI et al., 2009, Tab. 5). Ein Gemenge von Linsen und Weizen (Hard Red Spring Wheat) unterdrückte im Feldversuch das Unkrautwachstum stärker als eine Linsenreinsaat (North Dakota/USA, CARP et al., 1995). In Deutschland wird derzeit häufig Sommergerste (Braugerste und Nacktgerste) als Stützfrucht genutzt, doch kommen auch andere Kulturen wie Hafer oder Leindotter zum Einsatz (eigene Erhebungen, SW-Deutschland). Noch liegen kaum Untersuchungen zur Eignung verschiedener Stützfrüchte zur Unkrautkontrolle vor. In ersten Ansätzen zeigte sich, dass ein Linsengemenge gegenüber der Rein-

saat grundsätzlich Unkraut reduziert (SW-Deutschland; eigene Erfahrungen). Gemenge von Linsen mit Hafer oder Weizen erwiesen sich dabei als relativ konkurrenzstark gegenüber Linsen mit Buchweizen oder Lein, besonders bei hohem Stützfruchtanteil des Gemenges.

3 Direkte Verfahren

3.1 Hacken

Die mechanische Unkrautregulierung im Bestand ist im Ökologischen Landbau ein wichtiges Instrument zur Unkrautregulierung. Das Jäten von Hand (zwei Durchgänge) wurde in Mitteleuropa (FRUWIRTH, 1898) und wird noch in verschiedenen Ländern wie Indien oder Nordafrika im kleinbäuerlichen Bereich durchgeführt (BASLER, 1981; YENISH et al., 2009; NLEYA et al., 2004); es ist für den ökologischen, großflächigen Anbau in industrialisierten Ländern aber kaum praktikabel. Dabei sind Jäten und Handhacke auch im Vergleich zu einer Herbizidanwendung sehr effektiv (ERMAN et al., 2004; TEPE et al., 2004; ELKOCA et al., 2004) und durch die potenzielle Selektivität ökologisch vorteilhaft. Obwohl maschinelles Hacken im Ökologischen Landbau ein sehr gängiges Verfahren in verschiedensten Kulturen darstellt, wenden es die Linsenanbauer in Deutschland kaum an, da ein Heraufarbeiten von Steinen vor allem auf traditionellen, steinigen Standorten vermieden werden soll, um bei der Ernte mit dem Schneidwerk tief ansetzen und lagernde Linsen ernten zu können.

Tab. 8. Reihenweite von Linsen (verschieden Sorten) in unterschiedlichen Regionen weltweit (konventioneller und Ökologischer Landbau). n.a.: nicht angegeben

Row spacing in different lentil varieties in different countries, in conventional and organic farming. n.a.: not determined

Land	Sorte	Reihenweite	Quelle
Mittelmeerklima, Naher Osten			
Italien	Eston	30 cm	PAOLINI et al., 2003
Jordanien	Jordan 1	35 cm	GHOSHEH und EL-SHATNAWI, 2003
Nordsyrien	n.a.	30 cm	LINKE, 1994
Nordsudan	n.a.	30 cm	MOHAMMED et al., 1997
Türkei	ILL 4400, Sazak 91, Kaya 91, Pul 11, Yesil 21, Yerli, Kirmizi, Çiftçi	20–30 cm	TEPE et al., 2005; KAYAN und ADAK, 2006
Australien	CIPAL, Northfield, Nugget, Digger	18 cm; 25 cm	MCDONALD et al., 2007
Kontinental			
Kanada	CDC Sovereign	23 cm	BAIRD et al., 2009
USA	Crimson	18 cm	BALL et al., 1997
USA	n.a.	18 cm	BOERBOOM und YOUNG, 1995
Gemäßigt			
Schweiz	Anicia	18 cm	AEBI, 2011
Deutschland	Anicia	11–17 cm	KAYSER, 2011
		17 cm	FUHR, 2011
		13,5 cm, 15 cm	LÄNGE, 2011

Ein früher und ein später Einsatz einer Hackfräse senkte im Feldversuch weder die Unkrautdichte noch die Unkrautbiomasse, doch zeigten sich auch keine Nachteile für die Linse, z.B. durch Verletzungen (Washington/USA; BOERBOOM und YOUNG, 1995). Die frühe Bearbeitung erfolgte hierbei 12 bzw. 16 Tage nach Aussaat (50% der Linsen aufgelaufen), die späte Bearbeitung 24 bzw. 27 Tage nach dem Auflaufen (Linsen drei bis vier Blätter, Unkräuter im Zweiblattstadium). In einem ähnlichen Versuchsansatz (Hackfräse am 5. Tag nach Auflaufen und am 5. plus 25. Tag (2- bis 4-Blattstadium) in North Dakota/USA ließen sich zwar Unkräuter reduzieren, nicht aber Ungräser. Der Einsatz von Herbiziden gegen Unkräuter und Ungräser war insgesamt effektiver als die mechanischen Verfahren (CARR et al., 1997). Der für das Hacken erforderliche, weite Reihenabstand könnte das Lagern der Linsen begünstigen und die Ernte erschweren; hierzu liegen noch keine gesicherten Ergebnisse vor.

3.2 Striegeln

Zahlreiche Geräte wie Egge, Striegel, Federzinkenstriegel oder Hackstriegel (PALLUTT, 2002) sind geeignet, Unkräuter zu verschütten und könnten auch bei Linsen eingesetzt werden; diese Verfahren sind aber derzeit in Mitteleuropa kaum gängige Praxis, da Beschädigungen der Pflanzen befürchtet werden. Auf Grund des feingliedrigen Wuchses, der mangelnden Bestockungsneigung und der Tendenz zum Lagern könnten Linsenpflanzen durch das Striegeln relativ leicht mechanisch beschädigt oder herausgerissen werden. Auch international wird dieses Verfahren kritisch diskutiert (NLEYA et al., 2004), zumal durch die mechanischen Verletzungen auch Krankheiten auftreten können. Daher wurde früher in Mitteleuropa statt einer Nachauflaufbearbeitung die späte Aussaat mit vorherigem mehrfachen Eggenstrich empfohlen, um Unkrautsamen zum Auflaufen anzuregen, und diese dann in einem weiteren Bearbeitungsgang zu verschütten (FRUWIRTH, 1936). Dieses Verfahren wird derzeit in SW-Deutschland angewendet. Ein Federzinkenegge wird zur Vorsaat eingesetzt, auf die beim zweiten Durchgang wiederum ein Eggenstrich mit der Federzinkenegge oder der Kreiselegge folgt (LÄNGE, 2011).

Zum Blindstriegeln, d.h. einer flachen Bearbeitung vor dem Auflaufen der Kultur, liegen zu Linsen kaum aktuelle Ergebnisse vor, doch zeigen sich Ansätze in der Praxis in SW-Deutschland erfolgversprechend (FUHR, 2011; LÄNGE, 2011). Bei flach und tief gesäten Erbsen erwies sich dieses Verfahren gleichermaßen praktikabel (JOHNSON und HOLM, 2010), beeinträchtigte die Bestandesdichte der Kultur nicht, und reduzierte beim optimalen Bearbeitungszeitpunkt die Unkrautbiomasse. Bei Linsen wurden durch unterschiedliche Geräte und Saattiefen Effekte in der Unkrautregulierung erzielt; dabei zeigte der Einsatz eines Hackstriegels mit tiefer Ablage der Linsen eine stärkere Unkrautreduzierung als Eggen bei flacher Ablagetiefe (USA, BOERBOOM und YOUNG, 1995). Mechanische Bodenbearbeitung im Bestand kann selektiv wirken und vor allem dikotyle Unkräuter schädigen, nicht jedoch monokotyle (North Dakota/USA; CARR et al., 1997). Die

Anwendung von Herbiziden war in diesem Versuchsansatz effektiver als die mechanischer Verfahren zur Unkrautregulierung. Jäten, Herbizideinsatz und maschinelle Unkrautregulierung (Federzinkenstriegel vier Wochen nach Auflaufen der Linse) konnten aber auch ähnlich effektiv den Minderertrag von Linsen reduzieren (Italien, PAOLINI et al., 2003).

3.3 Thermische Verfahren

Beim Abflammen werden Unkräuter durch Verbrennen bzw. starke Hitze vorwiegend im Voraufbau der Kultur abgetötet. Für Linsen ist dieses Verfahren bisher nicht üblich. Solarisation kann zur Unkrautkontrolle eingesetzt werden; dabei wird der Boden durch mehrwöchige Abdeckung mit Folie bei hoher Sonneneinstrahlung erhitzt, so dass Unkrautsamen abgetötet werden können (VERSCHWELE und ZWARGER, 2002). Ein Feldversuch in Nordsyrien, bei dem der Boden vor der Linsenaussaat bis zu 50 Tage abgedeckt wurde (mit Temperaturen von bis zu 57°C in fünf cm Tiefe), ergab bei 20-tägiger Solarisationsdauer eine Reduktion des Unkrautbesatz um rund 50 Prozent (LINKE, 1994).

4 Diskussion

Welche Verfahren aus der Anbauhistorie oder aus der internationalen Praxis können auf die derzeitige Situation in Ökologischen Landbau in Mitteleuropa übertragen werden, um die Unkrautregulierung effizienter zu gestalten? Zahlreiche Probleme des Linsenanbaus sind den vorherrschenden Witterungsbedingungen in Mitteleuropa zuzuschreiben. Das Auflaufen von Unkraut kann witterungsbedingt während der gesamten Vegetationszeit erfolgen, und ist nicht durch Trockenheit eingeschränkt. Vergleichsweise hohe Niederschläge während der gesamten Vegetationsperiode ermöglichen ein Massen- und Längenwachstum der nicht terminierten Linsenpflanzen mit starker Tendenz zum Lagern, so dass eine mechanische Unkrautregulierung im Bestand erschwert wird. Den indirekten Verfahren kommt daher speziell im Ökologischen Landbau eine tragende Rolle zu.

Saatgut als Quelle von Unkraut dürfte durch die Saatgutreinigung der als hochwertig vermarkteten Linsen in Mitteleuropa vernachlässigbar sein; derzeit werden in Deutschland keine Unterschiede zwischen Konsumware und Saatgut gemacht, und somit ist das Saatgut überwiegend frei von Besatz mit Unkrautsamen.

Fruchtfolgen im Ökologischen Landbau sind in Mitteleuropa in der Regel lang und vielfältig. Wenn sich auch vergleichsweise konkurrenzstarkes Getreide als Vorfrucht zu Linsen bewährt zu haben scheint (eigene Erhebungen), könnten der vorhandenen Literatur zu Folge auf steinarmen Böden mehr als bisher Hackfrüchte, speziell Kartoffeln, als Vorfrucht zu Linsen stehen. Durch die intensive Bodenbewegung bei der Ernte und durch die Bestandespflege, z.B. Hacken und Häufeln bei Kartoffeln, ist eine Schädigung auch perennierender Unkräuter zu erwarten. Typische, flachgründige und steinreiche Böden

einiger traditioneller Linsenstandorte fallen dabei jedoch aus. Auf steinarmen Böden mit guter Wasserführung, durchaus auch besseren Standorten z.B. Löss oder Kalksand, könnten Hackfrüchte als Vorfrucht gewählt werden. Im Gegensatz zu der traditionellen Ansicht, dass Linsen nur auf ärmeren Standorten ein hohes Ertragsniveau erreichen, zeigten Studien auf solchen mittleren bis besseren Standorten Linsenerträge von bis zu 3 t ha^{-1} (WANG et al., 2011), die die Erträge auf traditionellen Standorten in der Praxis ($< 1 \text{ t ha}^{-1}$) deutlich überschreiten.

Sortenabhängige Unterschiede bei Linsen in der Konkurrenzkraft wurden in der vorliegenden Studie nicht sichtbar; es bleibt darüber hinaus fraglich, ob sich ein solcher Effekt überhaupt durchgängig in der Praxis umsetzen ließe, da die Verbraucherpräferenz in der Regel stark sortentypabhängig ist (Farbe, Form, Kochverhalten, Geschmack, Gewohnheit).

Im Ökologischen Landbau wird die Grundbodenbearbeitung in Mitteleuropa vorwiegend mit dem Streichblechpflug betrieben. Dieses Verfahren hat sich zur Regulierung von Unkräutern, speziell von perennierenden Arten wie der Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) als vorzüglich gegenüber nicht-wendenden Verfahren erwiesen (GRUBER und CLAUPEIN, 2009). Daher scheint die Grundbodenbearbeitung derzeit keine Größe zu sein, die einer grundsätzlichen Veränderung zur besseren Unkrautregulierung bedarf. Zeitpunkt und Häufigkeit der Grundbodenbearbeitung behalten dabei einen standortabhängigen Spielraum.

Als Winterform hat sich die Linse in Mitteleuropa nicht durchgesetzt, obwohl die Pflanzen zu einem gewissen Grad frosttolerant sind, und Winterformen früher existierten (FRUWIRTH, 1936; HAMDY et al., 1996). Erste Ansätze zum Anbau von Linsenwinterungen im Jahr 2010/2011 (Genotypen: Anicia, Kleine und Große Späth'sche Alblinse, Champagnerlinse im Gemisch mit Roggen) sind durchaus vielversprechend; sogar den sehr strengen Winter 2011/2012 mit Kahlfrösten überlebten einige Pflanzen eines Genotyps (eigene Untersuchungen). Die Frage der direkten oder indirekten Unkrautregulierung und deren Zeitpunkt würde sich bei dieser Anbauweise neu stellen. Erste Ergebnisse zeigten, dass der Unkrautdruck in Linsenwinterungen gegenüber Sommerungen zwar erhöht war, dass aber dennoch ein höherer Ertrag erzielt wurde. Bei Sommerungen scheint unter Einbeziehung internationaler Studien ein früher Saatzeitpunkt bei Linse und Stützfrucht die Konkurrenzkraft zu erhöhen, vermutlich da die Kultur durch die längere Vegetationszeit und durch Wachstum außerhalb des Langtags mehr Biomasse produziert, die Unkraut effektiv unterdrückt.

Eine erfolgversprechende und einfach umsetzbare Strategie ist eine Erhöhung der Saatstärke bzw. der Bestandesdichte, ähnlich wie im Ökologischen Landbau in Kanada gezeigt wurde (BAIRD et al., 2009). Hier ist auch zu prüfen, welche Mischungsverhältnisse von Linse und Stützfrucht gewählt werden sollen. Ein höherer Stützfruchtanteil, insbesondere bei Getreide, könnte die Unkrautunterdrückung des gesamten Gemenges unterstüt-

zen. Möglicherweise könnten allelopathische Wirkungen genutzt werden, wenn Linsen z.B. im Gemenge mit Hafer angebaut werden, oder eine Applikation von organischem Mulch (z.B. Gehölzhäcksel) zur Unkrautregulierung erfolgt (GRUBER et al., 2008).

Die geringeren Reihenweiten speziell in Mitteleuropa im Vergleich zu Ländern mit mehr Handarbeit (Tab. 8), wie zum Beispiel Nordsudan (MOHAMMED et al., 1997), Jordanien (GHOSHEH und EL-SHATNAWI, 2003) oder Nord-syrien (TEPE et al., 2005) sind möglicherweise eine Vereinfachung und Anlehnung an den Reihenabstand im Getreide auf Grund der geringen Anbaubedeutung. Weiterhin erfordert die üblicherweise hohe Niederschlagsmenge und gleichmäßige Verteilung während der Vegetationsperiode auf Standorten in Mitteleuropa keine verringerte Bestandesdichte zur Wassereinsparung. Für den Einsatz direkter mechanischer Verfahren zur Unkrautkontrolle im Linsenbestand müssten größere Reihenweiten gewählt werden, um eine Bearbeitung zwischen den Reihen zuzulassen (BRAND et al., 2007; DIEKMANN und AL-SALEH, 2009; YADAV et al., 2007; YENISH et al., 2009). Hacken und Striegeln könnten auch für Mitteleuropa Verfahren sein, die bisher noch nicht systematisch untersucht wurden. Hier ist kritisch zu hinterfragen und zu prüfen, ob es zu relevanten Verletzungen, zum Verschütten oder Herausreißen der Linsenpflanzen kommt. Weiterhin offen bleibt, in welchem Maß tatsächlich Steine durch die Bearbeitung an die Bodenoberfläche gebracht werden, so dass sie später die Ernte behindern würden. Der Zeitraum von ca. vier Monaten zwischen Aussaat und Ernte lässt vermuten, dass Steine durch bodendynamische Prozesse des Quellens und Schrumpfens während der Vegetationsperiode auch ohne Bodenbearbeitung auf die Bodenoberfläche gelangen. Ähnlich ist zu prüfen, ob der durch das Hacken entstehende Häufel-effekt und die unebene Bodenoberfläche bis zur Ernte bestehen bleiben und dann zu Ernteproblemen speziell bei lagernden Beständen führen. Auf erosionsgefährdeten, z.B. hängigen Flächen könnte ein weiter Reihenabstand, wie er für das Hacken erforderlich ist, nachteilig sein (DIEKMANN und AL-SALEH, 2009; MENALLED, 2009; LÄNGE, 2011).

„Falsche Saatbettbereitung“, wie derzeit praktiziert, kann zur Unkrautkontrolle bei Linsen beitragen, ohne diese zu schädigen. Allerdings muss hier auf die Vorteile einer frühen Aussaat verzichtet und geringere Erträge in Kauf genommen werden. Erfolgversprechend scheint eine vergleichsweise tiefe Saat verbunden mit Blindstriegeln, da Linsen sich tolerant gegenüber der Tiefenablage zeigten. Hier sind noch Handlungsoptionen für die Landwirtschaft offen, da die in Mitteleuropa praktizierte Saattiefe im internationalen Vergleich sehr gering ist. Allerdings sind die Ansprüche der Stützfrucht an die Ablagetiefe mit zu berücksichtigen. Eine frühe Aussaat mit pflanzenbaulichen Vorteilen (längere Vegetationszeit, stärkere Pflanzen und dadurch stärkere Konkurrenzkraft, auch der Stützfrucht) ist bei diesem Verfahren möglich.

Thermische Verfahren wie das Abflammen, erscheinen zu energieaufwändig und teuer, auch wenn für Linsen derzeit vergleichsweise hohe Preise erzielt werden kön-

Tab. 9. Vergleich und Bewertung von Verfahren zur Unkrautregulierung von Linsen im Ökologischen Landbau in Mitteleuropa, eigene Zusammenstellung*Comparison and assessment of strategies for weed control in lentils in organic farming in Central Europe*

Strategie	Saat	Effekt	Risiko	Vorteil
1. Abschleppen; „Falsches Saatbett“	Spät	Keimung von Unkrautsamen stimulieren	Geringes Ertragspotenzial, späte Ernte	Erprobtes Verfahren
2. Blindstriegeln	Früh-mittel	Aus flacher Tiefe keimendes Unkraut schädigen, bevor die Kulturpflanze aufläuft	Langsame Keimung, schwache Jungpflanzen; Richtiges „Timing“	Relativ frei im Saattermin
3. Bodenbearbeitung im Bestand	Früh-spät	Weiter Reihenabstand, direkte Schädigung des Unkrauts	Wenig erprobt, Verletzungen, unebener Boden, Lagerneigung	Einfache Durchführung, effektiv
4. Frühe Aussaat	Sehr früh	Lange Vegetationszeit, Konkurrenzstarker Pflanzenbestand	Ungünstige Bedingungen für Saatbettbereitung	Hohes Ertragspotenzial
5. Hohe Bestandesdichte	Früh-spät	Höhere Konkurrenzkraft des Bestandes	Intraspezifische Konkurrenz	Einfache Durchführung

nen (Marktpreis bis zu 4,80 €/500 g im Einzelhandel; eigene Erhebungen 2011). Solarisation ist in Deutschland kein aussichtsreiches Verfahren der Unkrautkontrolle, da ausreichende Temperatur und Einstrahlung in Mitteleuropa, zumal vor der Aussaat im Frühjahr, nicht durchgängig erwartet werden können. Folgende zentrale Strategien lassen sich insgesamt aus dem Literaturvergleich ableiten (Tab. 9).

5 Schlussfolgerung

Von den weltweit geprüften oder bereits praktizierten Verfahren zur Unkrautregulierung in Linsen ohne Herbizideinsatz sind mehrere Strategien auch für mitteleuropäische Bedingungen geeignet und leicht durchführbar. Der wieder aufgenommene Linsenanbau – vor allem in Deutschland – kann von den hier vorgestellten Strategien profitieren und das derzeit auch im weltweiten Vergleich niedrige Ertragsniveau anheben. Somit ist der Einstieg in den Linsenanbau für weitere Anbauer erleichtert, und bereits praktizierenden Landwirten sowie der privaten Beratung oder Officialberatung sind Instrumente in die Hand gegeben, den Anbau weiter zu optimieren.

Literatur

ACKERMANN, K., H. SAUCKE, 2005: Einfluss des Gemengepartners Leindotter (*Camelina sativa* L.) auf Beikrautbesatz, Schädlingsbefall und Ertrag in Körnererbsen. Available: [http://orgprints.org/3788/\(02.06.2011\)](http://orgprints.org/3788/(02.06.2011)).

AEBI, R., 2011: Persönliche Befragung über Unkrautkontrolle bei Linsen. Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD. Forschungsanstalt Agroscope, Reckenholz-Tänikon ART, Sorten und Saatgut.

ALI, M., K.K. SINGH, S.C. PRAMANIK, M.O. ALI, 2009: Cropping systems and production agronomy. In: ERSKINE, W., F.J. MUEHLBAUER, A. SARKER, B. SHARMA (Hrsg.), *The lentil: botany, production and uses*. Wallingford, UK, CABI Publishing, 213-228.

ALI-KHAN, S.T., F.A. KIEHN, 1989: Effect of date and rate of seeding, row spacing and fertilization on lentil. *Canadian Journal of Plant Science* **69**, 377-381.

ALTİKAT, S., A. CELİK, 2011: The effects of tillage and intra-row compaction on seeded properties and red lentil emergence under dry land conditions. *Soil and Tillage Research* **114** (1), 1-8.

BALL, D.A., A.G. OGG JR., P.M. CHEVALIER, 1997: The influence of seeding rate on weed control in small-red lentil (*Lens culinaris*). *Weed Science* **45** (2), 296-300.

BAIRD, J.M., S.J. SHIRTLIFFE, F.L. WALLEY, 2009: Optimal seeding rate for organic production of lentil in the northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science* **89** (6), 1089-1097.

BASLER, F., 1981: Weeds and their control. In: WEBB, C., G. HAWTIN (Hrsg.), *Lentils*. Norwich, UK, Page Bros Ltd, 143-154.

BISHAWZ, Z., A.A. NIANE, Y. GAN, 2007: Quality seed production. In: YADAV, S.S., D.L. MCNEIL, P.C. STEVENSON, (Eds.), *Lentil: An ancient crop for modern times*, 349-384. Dordrecht, NL, Springer Verlag.

BLACKSHAW, R.E., F.O. LARNEY, C.W. LINDWALL, G.C. KOZUB, 1994: Crop rotation and tillage effects on weed populations on the semi-arid Canadian Prairies. *Weed Technology* **8** (2), 231-237.

BOERBOOM, C.M., F.L. YOUNG, 1995: Effect of postplant tillage and crop density on broadleaf weed control in dry pea (*Pisum sativum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Weed Technology* **9** (1), 99-106.

BRAND, J., N.T. YADUJAU, B.G. SHIVAKUMAR, L. MCMURRAY, 2007: Weed Management. In: YADAV, S.S., D.L. MCNEIL, P.C. STEVENSON (Hrsg.), *Lentil: An ancient crop for modern times*, 159-172. Dordrecht, NL, Springer Verlag.

CARP, P.M., J.C. GARDNER, B.G. SCHATZ, S.W. ZWINGER, S.J. GULDAN, 1995: Grain yield and weed biomass of a wheat – lentil intercrop. *Agronomy Journal* **87** (3), 574-579.

CARR, P.M., G.B. MARTIN, J.D. HARRIS, 1997: Postplant tillage provides limited weed control in flax, lentil and spring wheat. Available: <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/ndagres/fall97/ar11197a.htm> (07.10.2011).

ÇİFTÇİ, V., M. ÜLKER, 2005: Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. *Journal of Agronomy* **4** (1), 1-4.

DIEKMANN, J., Y. AL-SALEH, 2009: Mechanization. In: ERSKINE, W., F.J. MUEHLBAUER, A. SARKER, B. SHARMA (Hrsg.), *The lentil: botany, production and uses*. Wallingford, CABI Publishing, 248-261.

ELKOCA, E., F. KANTAR, H. ZENGİN, 2004: Effects of chemical and agronomical weed control treatments on weed density, yield and yield parameters of lentil (*Lens culinaris* L. cv. Erzurum-89). *Asian Journal of Plant Science* **3** (2), 187-192.

- ELKOCA, E., F. KANTAR, H. ZENGİN, 2005: Weed control in lentil (*Lens culinaris*) in eastern Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **33** (3), 223-231.
- ERMAN, M., I. TEPE, A. YAZLIK, R. LEVENT, K. IPEK, 2004: Effect of weed control treatments on weeds, seed yield, yield components and nodulation in winter lentil. *Weed Research* **44** (4), 305-312.
- ERSKINE, W., J. SMARTT, F.J. MUEHLBAUER, 1994: Mimicry of lentil and the domestication of common vetch and grass pea. *Economic Botany* **48**, 326-332.
- FAOSTAT, 2009: United Nations Food and Agriculture Organisation. Statistische Erhebungen 2009. Available: <http://faostat.fao.org/> (10.10.2011).
- FAUSTINI, F., R. PAOLINI, F. SACCARDO, P. CRINÒ, C. MIRABELLI, 2004: First results on the competitive ability of lentil (*Lens culinaris*) genotypes. In: ASCARD, J., D.C. CLOUTIER (Hrsg.), Proceedings of the 6th Workshop of the EWRS Working Group: Physical and Cultural Weed Control, Lillehammer, Norwegen, 41-42. Available: [http://orgprints.org/2615/\(31.05.2011\)](http://orgprints.org/2615/(31.05.2011)).
- FUHR, T., 2011: Persönliche Befragung über Unkrautkontrolle bei Linsen. Landwirt in Degerschlacht bei Reutlingen.
- FRUWIRTH, C., 1898: Anbau der Hülsenfrüchte. Berlin, Verlagsbuchhandlung Paul Parey für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen, 183-191.
- FRUWIRTH, C., 1936: Landwirtschaftlich wichtige Hülsenfrüchter. Berlin, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, 56 S.
- GOLLNER, G., C. GABLER, S. GRAUSGRUBER-GRÖGER, J.K. FRIEDEL, H. GRAUSGRUBER, B. FREYER, 2010: Körnerleguminosen in Mischkulturen mit Leindotter (*Camelina sativa*) im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen. *Journal für Kulturpflanzen* **62** (11), 402-408.
- GHOSHEH, H.Z., M.K. EL-SHATNAWI, 2003: Broadleaf weed control in chickpeas (*Cicer arietinum*), faba beans (*Vicia faba*) and lentils (*Lens culinaris*). *Acta Agronomica Hungarica* **51** (4), 437-444.
- GRUBER, S., W. CLAUPEIN, 2009: Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil and Tillage Research* **105**, 101-111.
- GRUBER, S., D. ACHARYA, W. CLAUPEIN, 2008: Wood chips used for weed control in Organic Farming. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI*, 395-400.
- GRUBER, S., C. PEKRUN, W. CLAUPEIN, 2010: 10 Jahre Feldversuche zu Unkrautauftreten bei reduzierter Stoppel- und Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen – Praxisbeispiele und Forschungsergebnisse. Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL). Berlin, Verlag Dr. Köster, 267-271.
- HAMDI, H., I. KÜSMENOĞLU, W. ERSKINE, 1996: Sources of winter hardiness in wild lentil. *Genetic Resources and Crop Evolution* **43**, 63-67.
- HORNEBURG, B., 2003: Frischer Wind für eine alte Kulturpflanze! Linsen im ökologischen Anbau, ihre Geschichte und Verwendung. Dreschflegel e.V., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen (Hrsg.), Selbstverlag, 51 S.
- JOHNSON, E.N., F.A. HOLM, 2010: Pre-emergence mechanical weed control in field pea (*Pisum sativum* L.). *Canadian Journal of Plant Science* **90** (1), 133-138.
- KAYAN, N., M.S. ADAK, 2006: Effect of soil tillage and weed control methods on weed biomass and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Archives of Agronomy and Soil Science* **52** (6), 697-704.
- KAYSER, H., 2011: Persönliche Befragung über Unkrautkontrolle bei Linsen. Nebenerwerbslandwirt und Pflanzenschutzberater Landwirtschaftsamt Böblingen.
- LÄNGE, H., 2011: Persönliche Befragung über Unkrautkontrolle bei Linsen. Nebenerwerbslandwirt und Pflanzenschutzberater Landwirtschaftsamt Münsingen.
- LAMPKIN, N., 2002: Organic Farming. Großbritannien, Old Pond Publishing, 747 S.
- LINKE, K.-H., 1994: Effects of soil solarization on arable weeds under Mediterranean conditions: control, lack of response or stimulation. *Crop Protection* **13** (2), 115-120.
- MAMMEL, W., pers. Mitteilung, 2011: Woldemar Mammel, Öko-EZG "Alb-Leisa", Lauterach.
- MATERNE, M.K., H.M. SIDDIQUE, 2009: Agroecology and crop adaptation. In: ERSKINE, W., F.J. MUEHLBAUER, A. SARKER, B. SHARMA (Hrsg.), The lentil: botany, production and uses. Wallingford, CABI Publishing, 47-63 S.
- MATUS, A., D.A. DERKSEN, F.L. WALLEY, H.A. LOEPKY, C. VAN KESSE, 1997: The influence of tillage and crop rotation on nitrogen fixation in lentil and pea. *Canadian Journal of Plant Science* **77** (2), 197-200.
- MCDONALD, G., L. McMURRAY, 2003: Lentil varietal variation to weed competitiveness. Does it exist? 2002/2003. South Australian Research and Development Institute, Available: http://www.sardi.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/45978/lentil_weed_comp_2002.pdf (07.10.2011).
- MCDONALD, G.K., K.L. HOLLAWAY, L. McMURRAY, 2007: Increasing plant density improves weed competition in lentil (*Lens culinaris*). *Australian Journal of Experimental Agriculture* **47** (1), 48-56.
- MENALLED, F., 2009: Integrated Weed Management in Lentils. Available: <http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT201009AG.pdf> (30.05.2011).
- MOHAMMED, E.S., A.H. NOURAI, G.E. MOHAMED, M.I. MOHAMED, M.C. SAXENA, 1997: Weeds and weed management in irrigated lentil in northern Sudan. *Weed Research* **37** (4), 211-218.
- MUEHLBAUER, F.J., R.J. SUMMERFIELD, W.J. KAISER, S.L. CLEMENT, C.M. SHORT, R.W. SHORT, 2002: Principles and practice of lentil production. USDA, Agricultural Research Center, Available: <http://www.ars.usda.gov/ls/np/lentils/lentils.htm> (07.10.2011).
- NLEYA, T., A. VANDENBERG, F.L. WALLEY, 2004: Lentil/Agronomy. In: WRIGHLEY, C.W. (Autor), H. CORKE, C. WALKER (Hrsg.), Encyclopedia of Grain Science. Wisconsin, USA, Academic, 150-157.
- OPLINGER, E.S., L.L. HARDMANN, A.R. KAMINSKI, K.A. KELLING, J.D. DOLL, 2011: Field crops manual: Lentil. Available: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/lentil.html> (25.05.2011).
- PALLUTT, B., 2002: Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung: Mechanische Verfahren. In: ZWERGER, P., H.U. AMMON (Hrsg.), Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 105-237.
- PAOLINI, R., G. COLLA, F. SACCARDO, E. CAMIGLIA, 2003: The influence of crop plant density on the efficacy of mechanical and reduced-rate chemical weed control in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Italian Journal of Agronomy* **7** (2), 85-94.
- PEIGNÉ, J., B.C. BALL, J. ROGER-ESTRADE, C. DAVID, 2007: Is conservation tillage suitable for organic farming? *Soil Use Management* **23**, 129-144.
- RUBIALES, D., M. FERNÁNDEZ-APARICIO, A. HADDAD, 2009: Parasitic weeds. In: ERSKINE, W., F.J. MUEHLBAUER, B. SHARMA, (Hrsg.), The lentil. Botany, production and uses, Wallingford, CABI Publishing, 343-349.
- SEKHON, H.S., G. SINGH, H. RAM, 2007: Lentil-based cropping systems. In: YADAV, S.S., D. McNEIL, P.C. STEPHENSON (Hrsg.), Lentil – an ancient crop for modern times. Dordrecht, NL, Springer Verlag, 107-126.
- SIDDIQUE, K.H.M., S.P. LOSS, D.L. PRITCHARD, K.L. REGAN, D. TENNANT, R.L. JETTNER, D. WILKINSON, 1998: Adaptation of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to Mediterranean-type environments: effect of time of sowing on growth, yield and water use. *Australian Journal of Agricultural Research* **49**, 613-626.
- SINGH, M., M.C. SAXENA, B.E. ABU-IRMAILEH, S.A. AL-THAHABI, N.I. HADDAD, 1996: Estimation of critical period of weed control. *Weed Science* **44**, 273-283.
- SUMMERFIELD, R.J., E.H. ROBERTS, W. ERSKINE, R.H. ELLIS, 1985: Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris* Medik.) *Annals of Botany* **56**, 659-671.
- TEPE, I., M. ERMAN, A. YAZLIK, R. LEVENT, K. IPEK, 2004: Effect of different control methods on weeds, yield components and nodulation in spring lentil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **28** (1), 49-56.
- TEPE, I., M. ERMAN, A. YAZLIK, R. LEVENT, K. IPEK, 2005: Comparison of some winter lentil cultivars in weed-crop competition. *Crop Protection* **24** (6), 585-589.
- WALL, D.A., 1994: Response of flax and lentil to seeding rates, depths and spring application of dinitroaniline herbicides. *Canadian Journal of Plant Science* **74** (4), 875-882.
- WANG, L., S. GRUBER, W. CLAUPEIN, 2011: Lentil-barley mixed cropping with different lentil varieties and sowing dates. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 290-293.
- YADAV, S.S., A.H. RIZVI, M. MANOHAR, A.K. VERMA, R. SHRESTHA, C. CHEN, G. BEJGA, W. CHEN, M. YADAV, P.N. BAHL, 2007: Lentil growers and production systems around the world. In: YADAV, S.S., D. McNEIL, P.C. STEPHENSON (Hrsg.), Lentil – an ancient crop in modern times. Dordrecht, NL, Springer Verlag, 415-442.
- YENISH, J.P., J. BRAND, M. PALA, A. HADDAD, 2009: Weed Management. In: ERSKINE, W., F.J. MUEHLBAUER, A. SARKER, B. SHARMA (Hrsg.), The lentil: botany, production and uses. Wallingford, CABI Publishing, 326-342.
- ZHANG, H., M. PALA, T. OWEIS, H. HARRIS, 2000: Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research* **51**, 295-304.
- VERSCHWELE, A., P. ZWERGER, 2002: Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung: Thermische Verfahren. In: ZWERGER, P., H.U. AMMON (Hrsg.), Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 135-140.