

Sind Kulturschutznetze im Einsatz gegen Möhrenfliegen wirtschaftlich?

Are crop protection nets in use against carrot flies profitable?

Dunja Dux und Katja Heitkämper*

Forschungsbereich Nachhaltigkeitsbewertung und Agrarmanagement, Agroscope Tänikon, CH

*Correspondence to: katja.heitkaemper@agroscope.admin.ch

Received: 28 Oktober 2021 – Revised: 15 Juni 2022 – Accepted: 15 Juni 2022 – Published: 3 Oktober 2022

Zusammenfassung

Der Anbau von Lagerkarotten in der Schweiz ist bezüglich der Möglichkeiten zur Bekämpfung der Möhrenfliege aufgrund des Verbots einiger Pflanzenschutzmittelgruppen und der Ausdehnung der Anbaufläche herausfordernder geworden. Um den Insektizideinsatz zu reduzieren, könnten Kulturschutznetze verwendet werden. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse soll als Entscheidungshilfe bei der Auswahl geeigneter Pflanzenschutzstrategien dienen. Der präventive Einsatz von Netzen verursacht eine deutlich geringere Arbeitsverwertung als der Einsatz von Insektiziden. Nur bei einem Möhrenfliegenbefall ohne Schutzmassnahme fällt die Arbeitsverwertung noch geringer aus. Bei einem Lagerkarottenpreis, der CHF 0,08 je kg (16%) über dem aktuell realistischen Erlös liegt, erreicht das Szenario mit Netzen dieselbe Arbeitsverwertung wie mit Insektiziden und könnte somit ökonomisch interessant werden, wenn ein insektizid-freier Anbau von den Konsumenten gewünscht wird. Weitere Änderungen der Produktionsbedingungen wie Einschränkungen beim Pflanzenschutzmitteleinsatz oder Resistenzbildungen, höherer Schädlingsdruck oder Optimierungen in der Handhabung des Netzes könnten zu einer besseren Rentabilität des Verfahrens mit Kulturschutznetz führen.

Schlagerworte: Wirtschaftlichkeitsanalyse, Arbeitszeitbedarf, Arbeitsverwertung, Pflanzenschutzmittelreduktion, Lagerkarotten

Summary

The cultivation of wash carrots in Switzerland has become more challenging in terms of possibilities to control carrot fly due to the ban of some groups of plant protection products and the expansion of the cultivated area. Crop protection nets shall help to reduce insecticide use. A profitability analysis can serve as a decision-making aid in the selection of suitable crop protection strategies. The preventive use of nets causes a significantly lower remuneration per labour unit than the use of insecticides. Only in the case of carrot fly infestation without protective measures is the remuneration per labour unit even lower. At a wash carrot price of CHF 0,08 per kg (16%) above the current realistic price, the scenario with nets achieves the same remuneration per labour unit as with insecticides and could thus become economically interesting, if insecticide-free cultivation is desired by consumers. Further changes in production conditions such as restrictions in the use of plant protection products or the development of resistance, higher pest pressure or optimisations in the handling of the net could lead to a better profitability of the procedure with crop protection net.

Keywords: Profitability analysis, working time requirement, labor utilization, pesticide reduction, wash carrot

1 Einleitung

Karotten sind in der Schweiz das meistangebaute Gemüse und aufgrund ihrer vielfältigen Verarbeitungsmöglichkeiten (frisch, als Saft, gekocht, konserviert) sowie ihrer ernährungsphysiologischen Bedeutung (Carotinoide, Ballaststoffe, Polyphenole) äusserst beliebt bei den Konsumenten (Höhn et al., 2003). Die Anbaufläche von Lagerkarotten hat in der Schweiz in den letzten 15 Jahren um 50% zugenommen (SZG, 2021), da der Handel zunehmend eine ganzjährige Versorgung mit Schweizer Lagergemüse wünscht (Nuic, 2018). Gleichzeitig ist der Preisdruck auf die Produzenten insbesondere in Jahren mit guten Erträgen gestiegen. Mehrere Faktoren haben die Probleme mit Krankheiten und Schädlingen im Gemüsebau verstärkt: (i) die Zunahme der Anbaufläche führt gemäss Auskunft der Gemüsebauberatung in wichtigen Gemüsebauregionen der Schweiz zu einer dichten Anordnung von Karottenparzellen und dadurch zu erhöhtem Möhrenfliegenvorkommen und (ii) der Wegfall von wirksamen Insektiziden durch das Verbot von Pflanzenschutzmittelgruppen mit larvizider Wirkung (Sauer et al., 2012).

Die Möhrenfliege (*Psila rosae*) ist einer der häufigsten Schaderreger im Karottenanbau (Kling, 2016). Die Larven verursachen grosse Schäden an den Karotten. Sie führen zu Ertragsausfällen und vermindern die Lagerfähigkeit. Neben vorbeugenden Massnahmen wie dem Einhalten von Fruchtfolgen und einer geeigneten Standortwahl, können Pflanzenschutzmittel gegen die adulte Fliege eingesetzt werden, wenn diese auf Fliegenfallen nachgewiesen wird (Sauer et al., 2012; Scheidiger, 2015).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln kann unerwünschte Auswirkungen auf Mensch und Nichtzielorganismen ausüben, welche es zu begrenzen gilt. Eine mögliche Option ist der Einsatz von Kulturschutznetzen. Neben der Verhinderung des Zuflugs von Schädlingen schützt das Kulturschutznetz vor extremen Witterungsereignissen wie Schlagregen und Hagel und führt durch Änderungen des Mikroklimas zu Ernteverfrüherung, höheren Erträgen und besserer Qualität. Nachteilig wirken sich die hohen Anschaffungskosten und der hohe Arbeitsaufwand bei weiteren Pflegemassnahmen aus, sowie eine mögliche Mikroklimaänderung, die vermehrte Pilzkrankheiten hervorrufen kann (Hommes, 1993; Herms et al., 2017).

Das Anbringen dieser Netze als Ersatz von Insektiziden ist ein handarbeitsintensives Verfahren, insbesondere bei Kulturen, welche weitere Pflege- und Pflanzenschutzmassnahmen verlangen. In einer Untersuchung zur Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse hat Schultz (2010) für das Öffnen eines Kulturschutznetzes 20 AKh/ha angegeben. Im erwerbsmässigen Anbau von Kohlgemüse fällt die Beurteilung des Netzeinsatzes aus wirtschaftlicher Sicht positiv aus (Schultz et al., 2010) und wird bei hohem Schädlingsdruck im Biolandbau bei Broccoli und Blumenkohl praktiziert (Koller und Lichterhahn, 2010). Bei Karotten eignet sich das Kulturschutznetz gemäss Lichterhahn (1998) nur für kleine Flächen, weil es sich um eine kostspielige Methode handelt. Eine Befragung von Produzenten und Beratern (Brand,

2019; Schnieper, 2018; Steimen, 2018) hat ergeben, dass das Netz bei Karotten auf Schweizer Gemüsebaubetrieben auch heute nicht grossflächig zum Einsatz kommt.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Arbeitsabläufe beim Einsatz von Kulturschutznetzen analysiert. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse auf der Basis einer Vollkostenrechnung soll eine Entscheidungshilfe für die Beurteilung dieser Pflanzenschutzstrategie bieten.

2 Material und Methoden

2.1 Verfahrenstechnik Kulturschutznetz

Für die modellbasierte arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von Kulturschutznetzen gegen die Möhrenfliege wurden zunächst die Arbeitsabläufe auf Arbeitselementstufe definiert (siehe Kapitel 2.2) und verschiedene Annahmen getroffen (siehe Anhang A1 und A2). Das handelsübliche Netz hat die Abmessung 10,3 x 100 m, ist auf Rollen gewickelt und wiegt 35 g/m². Es schont die empfindlichen Blätter der Karotte besser als ein schweres Netz. Unter Berücksichtigung einer sechsjährigen Abschreibungsdauer, Zinsen und Lagerkosten belaufen sich die jährlichen Kosten auf Schweizer Franken (CHF)¹ 0,20 pro m² (siehe Anhang A2).

Das Auslegen der Netze auf die Kultur erfolgt unter der Annahme günstiger Witterungsbedingungen, vor allem kein starker Wind, kein Regen. Die Netzrollen werden mittels Führungsstange von zwei Arbeitskräften (AK) manuell in die Wickelvorrichtung am Traktor eingehängt und während der Feldüberfahrt in der Mitte der Beete abgerollt. Zwei AK breiten das Netz über die Kultur aus und befestigen die Netzeränder, indem eine AK das Netz positioniert und die andere AK die Ränder in Abständen von 0,5 bis 1,5 m mit Erde befestigt. Für die Modellkalkulation wird von einer hinsichtlich der Abmessungen optimierten Parzelle von 1 ha resp. 100 x 100 m ausgegangen. Die beiden AK legen beim Anbringen von Kulturschutznetzen auf dieser 1 ha grossen Parzelle eine Strecke von 1800 m zurück, der Traktor eine Strecke von 900 m. Im Modell wird von normalen, für den Karottenanbau geeigneten Bodenverhältnissen ohne Bodenverdichtungen ausgegangen. Die Netze werden für Behandlungen während der Kulturführung geöffnet und wieder geschlossen. Zwei AK decken jeweils das Netz ab und legen es entlang einer Seite des Beetes zusammen. Zum Abräumen der Kulturschutznetze drei bis vier Wochen vor der Ernte wird zuerst die Randbefestigung gelöst und das Netz auf einer Seite des Beetes zusammengelegt. Anschliessend wird das Netz von zwei AK mit Hilfe der Wickelvorrichtung am Traktor maschinell abgerollt und mit Pressengarn befestigt.

2.2 Arbeitszeitbedarf

Für die Modellierung des Arbeitszeitbedarfs mit dem Excelbasierten Modellkalkulationssystem «Proof» (Schick, 2005)

¹ 1 Schweizer Franken (CHF) = 0.93259 Euro (€), Stand 08.10.2021

wird ein Arbeitsablaufmodell für das Ausbreiten und Einholen der Netze sowie für das Öffnen und Schliessen über der Kultur aus den dabei vorkommenden Arbeitselementen erstellt. Die Arbeitselemente mit den dazugehörigen Planzeiten in Centiminuten [cmin] bilden die Arbeitsablaufabschnitte in dem jeweiligen Arbeitsablaufmodell und werden mit den entsprechenden Einflussgrössen multipliziert. Die Planzeiten der Arbeitselemente zum Einsatz von Kulturschutznetzen basieren auf Erhebungen zum Einsatz von Folien, Vliesen und Kulturschutznetzen (Riegel und Schick, 2006). Der Zeitbedarf für die Arbeitsablaufabschnitte wird summiert und ergibt den Arbeitszeitbedarf für das Arbeitsverfahren. Das System beginnt und endet am Feldrand. Wegstrecken zum Betrieb resp. zum Lager sind hier nicht berücksichtigt, da Wegzeiten und Restarbeitszeiten in der Vollkostenrechnung (siehe Kapitel 2.3) bereits prozentual zu den Arbeits- und Maschinenkosten berücksichtigt sind (SZG, 2018).

2.3 Produktionsverfahren Lagerkarotten

Die Basis für die betriebswirtschaftlichen Berechnungen in dieser Studie bilden (i) die Standardarbeitsschritte der Lagerkarottenproduktion «Suisse Garantie (SGA)» aus der Vollkosten-Kalkulationssoftware ProfiCost Gemüse (SZG, 2018) und (ii) die in Zusammenarbeit mit Beratern und Gemüseproduzenten neu zusammengestellten spezifischen Definitionen, welche sich aus dem Einsatz des Kulturschutznetzes ergeben. Hierzu zählen u.a. Kosten für Betriebsmittel, Gebinde, die Anzahl der Durchgänge bei Pflanzenschutz und -pflege sowie zu erwartende Naturalerträge und Produzentenpreise. Die Produktionsverfahren beinhalten alle Arbeitsschritte von der Bodenbearbeitung bis zur Anlieferung beim Erstabnehmer (Lagerbetrieb). Bei der Festlegung der Pflanzenschutzstrategie wurde davon ausgegangen, dass das Netz während der Kulturdauer von 23 Wochen fünf Mal für eine Behandlung mit Fungiziden, zum Teil kombiniert mit Molluskizid oder Hacken, geöffnet und geschlossen werden muss. Zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit des präventiven Einsatzes von Kulturschutznetzen werden vier verschiedene Szenarien untersucht (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Lagerkarotten SGA, verschiedene Befallsszenarien mit Möhrenfliege

Szenario	Schädlingsdruck	Befall	Massnahme
Befall 0%, ohne Massnahme	unter Schadschwelle	0%	-
Befall 0%, Kulturschutznetz	präventiv	0%	Kulturschutznetz
Befall 0%, Insektizid	über Schadschwelle	0%	4x Insektizid
Befall 30%, ohne Massnahme	über Schadschwelle	30%	-

Kommen auf den gelben Möhrenfliegenfallen keine adulten Tiere vor, ist bei Lagerkarotten in der Regel kein Insektizideinsatz nötig (Szenario: «Befall 0%, ohne Massnahme»).

Gemäss den Empfehlungen von Agroscope (Sauer et al., 2012) werden Insektizide spezifisch ausgebracht, wenn die Schadschwelle von einer Möhrenfliege auf den Fallen überschritten ist (Szenario «Befall 0%, Insektizid»). Bei Möhrenfliegenaufkommen ohne Behandlung oder Netzabdeckung muss mindestens von einer Ertragseinbusse und Qualitätsabzügen ausgegangen werden (Szenario «Befall 30%, ohne Massnahme»). Bei einem Befall von 30% sind die meisten Lagerbetriebe noch bereit die befallenen Karotten auszusortieren. Bei höherem Befall wird je nach Lagerhalter und Marktlage die ganze Charge entsorgt. Entscheidet sich der Gemüsebauer für den Einsatz eines Kulturschutznetzes (Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz»), muss der Schutz präventiv im Stadium von bleistiftgedicken Karotten angebracht werden, bevor adulte Möhrenfliegen auf den Fallen beobachtet werden, um die Eiablage der Möhrenfliege von Beginn an zu verhindern. Das Netz kann drei bis vier Wochen vor der Ernte entfernt werden, da in dieser kurzen Zeit bis zur Ernte die jungen Larvenstadien nicht bis zur Hauptwurzel (Karotte) vordringen.

2.4 Arbeitsverwertung

Die vollständige Betrachtung aller Leistungen und Kosten mittels der sogenannten Vollkostenrechnung oder KostenLeistungsrechnung bietet die Möglichkeit zu beurteilen, wie rentabel ein Betriebszweig ist (Schmidt, 2017). Dabei werden die Leistungen aus dem Verkauf und den Direktzahlungen den Produktionskosten gegenübergestellt. Die Produktionskosten setzen sich zusammen aus den Direktkosten (z.B. Produktionsmittel) und den Strukturkosten, welche Maschinen, Arbeit, Gebäude und sonstige Strukturkosten (Pachtzinsen, Restarbeiten, etc.) beinhalten. Da für die Schweizer Landwirtschaft die Entschädigung der Arbeitskräfte sehr bedeutend ist (Lips et al., 2018), bietet sich die Arbeitsverwertung als Schlüsselkennzahl für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit an. Die Arbeitsverwertung berechnet sich als Differenz der Leistungen und der Produktionskosten in CHF je Hektare (ha) ohne dabei die Arbeitskosten zu bewerten [1]. Der Differenzbetrag steht dem Betrieb für die Entschädigung der Arbeit zur Verfügung, da der Zinsanspruch für das Eigenkapital bereits in den Produktionskosten unter «weitere Strukturkosten» einberechnet ist. Dividiert durch die eingesetzte Arbeitszeit in Arbeitskraftstunden (AKh) je ha ergibt sich die Arbeitsverwertung in in CHF pro AKh.

$$\text{Arbeitsverwertung} \left[\frac{\text{CHF}}{\text{AKh}} \right] = \frac{(\text{Leistungen} - \text{Produktionskosten ohne Arbeitskosten}) \left[\frac{\text{CHF}}{\text{ha}} \right]}{\text{eingesetzte Arbeitszeit} \left[\frac{\text{AKh}}{\text{ha}} \right]} \quad [1]$$

Um aufzuzeigen, wie sich die Bandbreite der Arbeitsverwertung innerhalb von minimalen und maximalen Naturalertrags-Preis-Kombinationen darstellt, wurden Annahmen für den jeweiligen Naturalertrag und den Preis getroffen. Eine Expertengruppe der Schweizerischen Zentralstelle für Gemüse (SZG) hat die Werte, die diesen Szenarien zugrunde gelegt wurden, plausibilisiert.

3 Ergebnisse

3.1 Arbeitszeitbedarf

Die Modellierung weist für das Szenario «Befall 0%, ohne Massnahme» einen Arbeitszeitbedarf von 121 AKh/ha für das gesamte Produktionsverfahren mit 1 ha Lagerkarotten aus. Bei diesem Szenario macht die Ernte mit 49,3 % den Hauptanteil des Arbeitszeitbedarfs aus. Durch den zusätzlichen arbeitsintensiven Einsatz eines Kulturschutznetzes steigt der Arbeitszeitbedarf für das gesamte Produktionsverfahren von 121 auf 194 AKh/ha. Im Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz» nimmt die Handhabung des Netzes mit 37,5 % sogar einen höheren Anteil am gesamten Arbeitszeitbedarf ein als die Ernte mit 30,7 %. Der Arbeitszeitbedarf für das Einrichten und jener für das Abräumen der Netze unterscheiden sich kaum voneinander (siehe Tabelle 2). Im Detail betrachtet weist der Arbeitszeitbedarf für die einzelnen Arbeitsschritte dennoch Unterschiede auf. Einerseits braucht das Lösen der Randbefestigung mehr Zeit als das Anbringen, weil die Erde im Laufe der Zeit hart geworden ist. Um das Netz nicht zu beschädigen, muss sie vorsichtig gelöst werden. Andererseits ist das Ausbreiten der Netze über der Kultur zeitaufwändiger als das Zusammennehmen, weil bei ersterem sorgfältig darauf geachtet werden muss, dass die Kultur bedeckt und das Netz gut fixiert ist.

3.2 Produktionskosten

Der modellierte Arbeitszeitbedarf fliesst unmittelbar in die Vollkostenkalkulation ein. Die Produktionskosten setzen

Tabelle 2: Arbeitszeitbedarf für die Arbeiten mit dem Kulturschutznetz: Einrichten, 5x Öffnen/Schliessen, Abräumen

Szenario	Arbeitszeitbedarf [AKh]	Maschinenstunden [Mh]
Netz einrichten	8,6	3,5
Netz öffnen 5x (1x)	25,0 (5)	0
Netz schliessen 5x (1x)	30,5 (6,1)	0
Netz abräumen	8,7	3,1
Total Arbeiten mit Netz	72,8	6,6

sich zusammen aus Direktkosten, bei denen im Lagerkarottenanbau Gebinde, Saatgut und Hagelversicherung einen beachtlichen Teil ausmachen, sowie den Strukturkosten (Maschinen, Arbeit, Ökonomiegebäude, Pachtzinsen). Bei der Berechnung der Produktionskosten ist die Arbeit mit einem durchschnittlichen Stundenansatz von CHF 27,10 bewertet (gemäss SZG 2018). In Abbildung 1 stehen die Produktionskosten der Szenarien «Befall 0%, ohne Massnahme» und «Befall 0%, Kulturschutznetz» einander gegenüber. Der Einsatz eines Kulturschutznetzes weist im Vergleich zum Verfahren ohne Massnahmen gegen Möhrenfliegen CHF 5.000 höhere Produktionskosten pro Hektare aus. Sie stammen aus dem höheren Arbeitszeitbedarf von Mensch und Maschineneinsatz. Zusätzlich erhöht das Netzmaterial die Direktkosten.

Abbildung 1: Produktionskosten für den Anbau von Lagerkarotten (SGA) aufgeteilt nach Direktkosten und Strukturkosten für die Szenarien «Befall 0%, ohne Massnahme» und «Befall 0%, Kulturschutznetz».

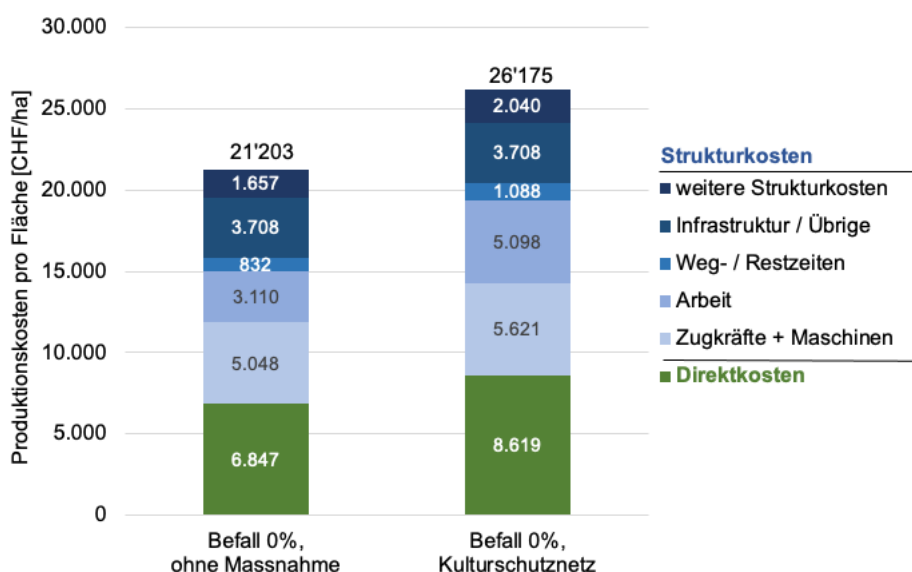


Abbildung 2: Arbeitsverwertung [CHF/AKh] bei Produzentenpreisvariation [CHF/kg]: Unterscheidung von Möhrenfliegenbefall und Schutzmassnahmen mit vier Szenarien, Bruttoertrag Grösse I+II 700 kg/Are.

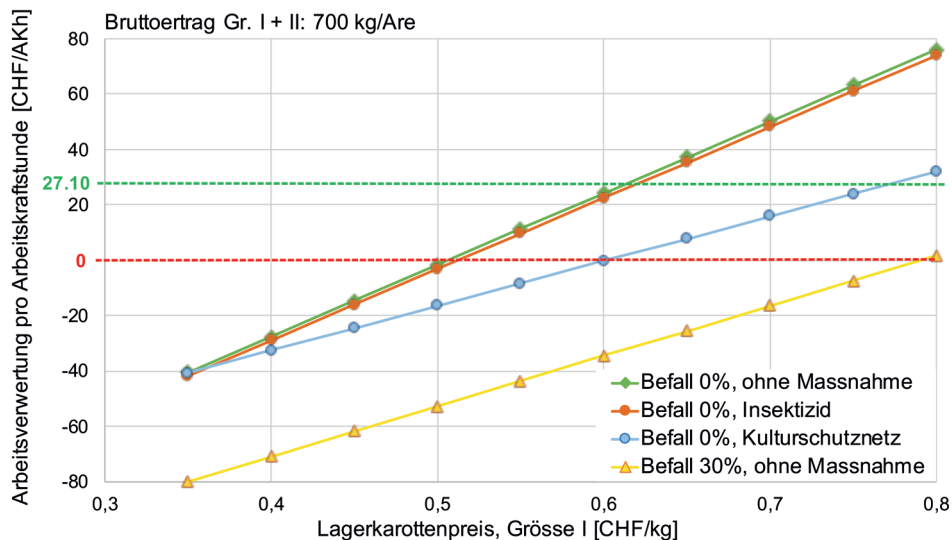
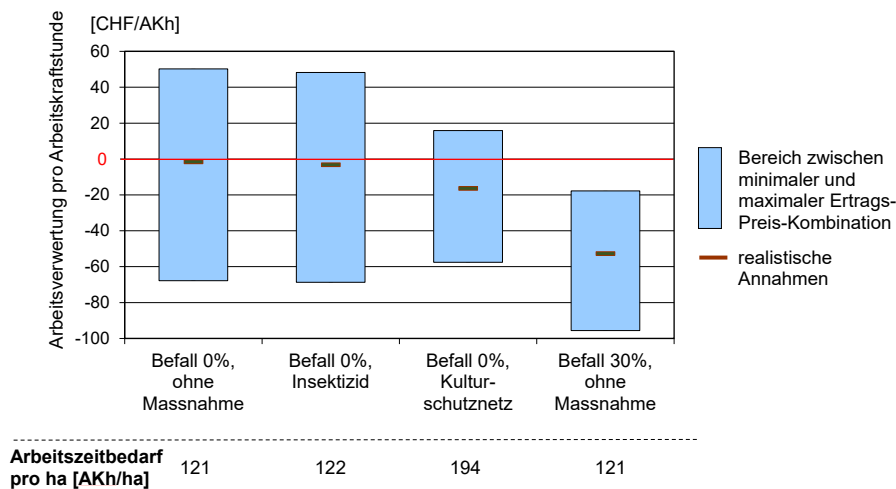


Abbildung 3: Bandbreite der Arbeitsverwertung [CHF/AKh] bei einer kombinierten Variation von Brutto-Naturalertrag und Produzentenpreis: Unterscheidung von Möhrenfliegenbefall und Schutzmassnahmen mit vier Szenarien.



3.3 Arbeitsverwertung

Die Arbeitsverwertung in Schweizer Franken je Arbeitskraftstunde (CHF/AKh) zeigt die Entschädigung der Arbeitskraft bei einem durchschnittlichen Bruttoertrag Grösse I und II von 700 Kilo pro Are bzw. Dezitonnen pro Hektare (siehe Abbildung 2 und Anhang A3). Der Anbau von Lagerkarotten bei durchschnittlichem Naturalertrags- und Preisniveau von CHF 0,50 pro Kilo weist schon im Szenario «Befall 0%, ohne Massnahme» einen Verlust bei der Vollkostenrechnung aus. In Abbildung 2 wird ebenfalls sichtbar, dass ein Insektizideinsatz wenig Einfluss auf die gesamten Produktionskosten hat. Hingegen weist die Anwendung von Kulturschutznetzen eine deutlich tiefere Arbeitsverwertung

auf. Dies liegt an höheren Direktkosten für das Netzmaterial sowie leicht höheren Strukturkosten für den Maschineneinsatz. Dazu kommt ein knapp 40% höherer Arbeitszeitbedarf als beim Insektizideinsatz, was sich in einer flacher ansteigenden Arbeitsverwertungskurve bei zunehmendem Karottenpreis zeigt. Bei einem Produzentenpreis von CHF 0,50 pro Kilo können im Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz» die Direktkosten und 70% der Strukturkosten ohne Berücksichtigung der Arbeit gedeckt werden. Bei einem Möhrenfliegenbefall schlagen tiefere Erträge sowie zusätzliche Qualitätsabzüge zu Buche und führen zu einer noch geringeren Arbeitsverwertung als beim präventiven Netzeinsatz. Die Arbeitsverwertung liegt bei CHF -53 pro AKh.

Für das Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz» weist die Arbeitsverwertung ab einem Karottenpreis von CHF 0,60/kg einen positiven Wert aus. Abbildung 3 stellt die Bandbreite der Arbeitsverwertung innerhalb einer minimalen und maximalen Naturalertrags-Preis-Kombination dar. Die Bandbreite der Arbeitsverwertung ist beim Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz» schmaler, weil der Arbeitsaufwand viel höher ist als bei den anderen Szenarien (siehe auch Anhang A4). Es wird deutlich, dass mit einem Kulturschutznetz unter den aktuellen Bedingungen der in ProfiCost definierte durchschnittliche Stundenansatz von CHF 27,10 je AKh auch im maximalen Bereich nicht erreicht werden kann. Um diesen Stundenansatz zu erreichen, wäre bei 700 kg Naturalertrag pro Are ein Karottenpreis von CHF 0,77 nötig oder bei 800 kg pro Are ein Preis von CHF 0,66.

4 Diskussion

Die Resultate zeigen, dass der Karottenanbau schon unter den aktuellen Bedingungen ohne Möhrenfliegenvorkommen einem starken Preisdruck unterliegt, wenn für die Kalkulation die vollständigen Leistungen und Kosten des Betriebszweigs berücksichtigt werden. Der Anbau von Lagerkarotten ist für den Produzenten nur dann ökonomisch interessant, wenn mit tieferen Maschinenkosten und/oder Arbeitskosten produziert, oder ein überdurchschnittlicher Ertrag beziehungsweise Preis erzielt werden kann.

Im Freilandgemüsebau werden grosse Mengen chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Dies führt zu Belastungen der menschlichen Gesundheit, der Umwelt und der Gewässer (z.B. Tamm et al., 2018). Obwohl für viele Situationen alternative Verfahren verfügbar sind, die es erlauben würden Pflanzenschutzmittel zu reduzieren oder zu ersetzen, ist zu beobachten, dass solche Verfahren nur von wenigen Gemüsebaubetrieben eingesetzt werden (Dirksmeyer, 2007). Diese Beobachtung gilt auch für den Kulturschutznetzeinsatz gegen Schadinsekten bei Lagerkarotten in der Schweiz (Brand, 2019; Schnieper, 2018; Steimen, 2018). Die vorliegenden Berechnungen zeigen, dass die Arbeitsverwertung durch den Einsatz von Insektizid gegen Möhrenfliegen nur wenig gemindert wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kosten für die Insektizidanwendung nur rund 1% der gesamten Produktionskosten betragen, und bestätigt, dass unter den aktuellen Rahmenbedingungen der in Bezug auf Arbeit und Material aufwändige Schutz mit einem Netz nicht mit dem Szenario Insektizid konkurrieren kann. Eine Änderung in der Anbaupraxis von Lagerkarotten ist nicht zu erwarten, solange sich an den Rahmenbedingungen nichts ändert. Bilden sich in Zukunft Resistenzen gegen die bestehenden, noch zulässigen Insektizide, oder werden gar weitere Insektizide ohne geeigneten Ersatz verboten, muss der Produzent mit Ertragsausfällen aufgrund von Möhrenfliegenbefall rechnen. Das Szenario mit einem Befall von 30 % zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit des Karottenanbaus in diesem Fall stark zurückgehen würde und keine positive Arbeitsverwertung mehr erreicht werden

könnte. Um die negative Arbeitsverwertung auszugleichen, müsste in den beiden darauffolgenden Jahren ein Möhrenfliegenbefall ganz ausbleiben und ein Preis von mindestens CHF 0,60 pro Kilo erzielt werden. Geht der Ertrag aufgrund von Möhrenfliegenbefall zurück, ist davon auszugehen, dass die Produzentenpreise steigen. Dadurch würden die teureren Schutzmassnahmen konkurrenzfähiger, vorausgesetzt der Konsument fragt weiterhin Schweizer Karotten nach. Um mit Kulturschutznetzen anstelle von Insektiziden die gleiche Arbeitsverwertung zu erreichen, müsste der Karottenpreis CHF 0,08 über dem aktuell realistischen Karottenpreis von CHF 0,50 / kg liegen. Hieraus kann die Höhe eines möglichen Preiszuschlags für insektizidfreie Produktion abgeleitet werden.

Eine andere Richtungsänderung der Rahmenbedingungen könnte zum einen durch eine stärker sensibilisierte Konsumentengruppe initiiert werden, die bereit wäre, einen höheren Preis für insektizidfreie Karotten zu bezahlen. Auch die Einführung einer Abgabe auf Insektizide könnte die Pflanzenschutzstrategie beeinflussen. Da im kalkulierten Beispiel die Direktkosten des Insektizids ungefähr CHF 30 pro Hektare, die zusätzlichen Arbeiten mit dem Kulturschutznetz aber knapp 73 AKh pro Hektare betragen, müsste eine Abgabe auf Insektizide ein Vielfaches der effektiven Kosten betragen, auch wenn die Arbeitsverwertung deutlich unter dem veranschlagten Stundensatz in der Schweizer Gemüsebranche liegt. Konkret müsste das Insektizid bei einem Karottenpreis von CHF 0,50 fünfzigmal teurer sein als der aktuelle Preis. Diese Steuerungsmassnahme wird darum in der Praxis schwierig umsetzbar sein.

Das Möhrenfliegenvorkommen ist in der Schweiz regional sehr unterschiedlich und unterliegt jährlichen Schwankungen. Ausserdem können sowohl die Witterung als auch die lokale Geländeform und die umgebende Pflanzung das Vorkommen beeinflussen (Sauer 2012). Der präventive Einsatz eines Kulturschutznetzes kann insbesondere in Regionen mit hohem Befallsdruck interessant sein, um keine hohen Abzüge bezüglich Qualität hinnehmen zu müssen. Frühere Kostenrechnungen (Dux-Bruggmann, 2019) haben gezeigt, dass ein starker Befall von Möhrenfliegen, bei dem die gesamte Ernte entsorgt werden muss, mit einer Arbeitsverwertung von CHF -185 pro AKh deutlich tiefer liegt, als der Wert, der im Szenario «Befall 0%, Kulturschutznetz» bei minimaler Ertrags-Preis-Kombination erreicht wird (CHF -58 pro AKh). Nimmt der Schädlingsdruck in der Schweiz in Zukunft zu, beziehungsweise breitet sich das Möhrenfliegenvorkommen über das gesamte Schweizer Mittelland aus, könnte aufwändigeren, aber dafür umweltverträglicheren Pflanzenschutzmassnahmen eine stärkere Bedeutung zukommen.

Die Arbeit als wichtiger Produktionsfaktor wurde in der vorliegenden Studie detailliert betrachtet. In der Schweiz erhält die Arbeit im Vergleich zu den Nachbarländern durch die höheren Lohnkosten eine noch wichtigere Bedeutung. Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Karottenproduktion finden sich in Nachschlagewerken wie beispielsweise beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirt-

schaft e.V. (KTBL) (35 AKh/ha, 2022), bei der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (64 AKh/ha, 2005) und für die Schweiz bei Scheidiger (250 AKh/ha, 2015). Diese Kennzahlen werden von der Verwendung der Karotten, der Systemgrenzen und der eingesetzten Mechanisierung beeinflusst und weichen erheblich voneinander ab, deshalb haben wir eigene Berechnungen mit den ausgewiesenen Parametern durchgeführt. Das Anbringen der Netze sowie das Öffnen und Schliessen für Behandlungen während der Kulturphase erfordert über ein Drittel des gesamten Arbeitszeitbedarfs für den Lagerkarottenanbau. Für diese Arbeit müssen beim Einrichten mindestens drei, für jedes Öffnen und Schliessen mindestens zwei Arbeitspersonen verfügbar sein. Witterungseinflüsse wie Regen oder Wind können die Arbeit erheblich verlangsamen und darüber hinaus nur bedingt bei der Arbeitsplanung berücksichtigt werden, denn das jeweilige optimale Zeitfenster für das Eindecken und das Öffnen und Schliessen für Pflanzenschutzmassnahmen ist in der Regel kurz. Durch den häufigeren Einsatz einer Massnahme in der Praxis kann davon ausgegangen werden, dass Optimierungen im Verfahren und bei der Mechanisierung ebenfalls zu Kosteneinsparungen und somit zu einer ökonomisch interessanteren Arbeitsverwertung führen. Viel Spielraum für eine Reduzierung des Zeitbedarfs ist nicht gegeben. Einige Betriebe verwenden Erd- oder Sand-gefüllte Säcke zum Befestigen der Netze an den Rändern der Beete. Ob dadurch die Gesamtkosten gesenkt werden könnten, müsste in einer weiteren Analyse dieses Verfahrens untersucht werden.

Hinsichtlich der eingesetzten Methode der Verfahrensrechnung mit Szenarien und Bandbreiten für Preis und Naturalertrag sind folgende Limitierungen zu erwähnen. Die Mechanisierung, Grösse und Auslastung der eingesetzten Maschinen in den einzelnen Arbeitsverfahren der Karottenproduktion basieren auf in der Schweiz üblichen Verfahren, die in Kennzahlentabellen und Vollkostentools, wie beispielsweise der Software ProfiCost (SZG, 2018), publiziert sind. Die Resultate sind damit nicht vergleichbar mit Verfahrensrechnungen, die auf abweichenden Annahmen beruhen. Dies gilt auch für die Betriebsmittel wie z.B. das Kulturschutznetz, das Saatgut und die Gebinde. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass Parameter mit grossem Einfluss auf das Resultat, wie der Naturalertrag und der Erlös für die Karotten im Kalkulationsmodell für jedes Szenario individuell variiert oder als Bandbreite dargestellt werden konnten, bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen. Durch die Wahl der Arbeitsverwertung als zentrales Resultat der Studie wird der Bedeutung des Arbeitseinsatzes in der Schweizer Landwirtschaft Rechnung getragen (Lips et al. 2018) und erlaubt einen praxisbezogenen, relativen Vergleich aller Szenarien. Potenzielle Einflüsse des Kulturschutznetzes, beispielsweise eine höhere Qualität der Karotten oder aber ein Pilzbefall konnten in der vorliegenden Untersuchung somit indirekt durch die Darstellung der Bandbreite des Naturalertrages und des Preisniveaus berücksichtigt werden.

5 Schlussfolgerungen

Für die Gegenüberstellung unterschiedlicher Ansätze in der Bekämpfung der Möhrenfliege im Lagerkarottenanbau wurden auf der Basis einer Vollkostenrechnung vier Szenarien bezüglich ihrer Arbeitsverwertung kalkuliert. Unter den aktuell in der Schweiz herrschenden Rahmenbedingungen bei Lagerkarotten bezüglich Produzentenpreis und Naturalertrag ist der Anbau dort ökonomisch interessant, wo mit tieferen Produktionskosten angebaut werden kann, sei es durch die eingesetzten Maschinen (ältere, bereits abgeschriebene Geräte) oder günstigere Arbeitskräfte. Eine höhere Bereitschaft der Konsumentinnen und Konsumenten für eine weniger umweltbelastende Produktion einen höheren Preis zu bezahlen, oder ändernde Rahmenbedingungen, die auf einen eingeschränkten Insektizideinsatz zielen, könnten Alternativen zu Pflanzenschutzmitteln Aufschwung verleihen. Die vorliegenden Daten und Berechnungen können dabei als Hilfsmittel für die Festlegung von Preiszuschlägen für eine insektizidfreie Produktion verwendet werden. Die in diesem Artikel beschriebenen Arbeiten liefern darüber hinaus mit präzisen Kennzahlen zum Arbeitszeitbedarf und zu den Vollkosten wertvolle Entscheidungsgrundlagen für die landwirtschaftliche Beratung und Praxis. Dank der hohen Detaillierung der Kennzahlen steht das Arbeitsverfahren «Kulturschutznetz» außerdem kulturunabhängig für die Anwendung in Tools zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs und zur Vollkostenkalkulation zur Verfügung.

Literatur

- Brand, A. (2019) Angabe zum Einsatz von Kulturschutznetzen im Bio-Karottenanbau in der Schweiz. Rathgeb BioLog AG, Rohräcker, Unterstammheim. Mündliche Auskunft 26.2.2019
- Dirksmeyer, W. (2007) Ist eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Freilandgemüsebau möglich? Ergebnisse eines bioökonomischen Simulationsmodells. GEWISOLA & ÖGA Tagungsband, Freising/Weihenstephan.
- Dux-Bruggmann, D. (2019) Wieviel kostet ein Möhrenfliegenbefall? Der Gemüsebau/Le Maraîcher, 2019, 4, 36-37.
- Herms, P., Lehneis, T., Reetz, J., Altmann, A., Luedtke, H., Kost, W., Schwetje-Elsemann, A., Sorg, G., Zimmermann, M., Korting, F. und Kreiselmaier, J. (2017) Integrierter Pflanzenschutz 2017 - Erwerbsgemüsebau. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe.
- Höhn, E., Schärer, H. und Künsch, U. (2003) Karottengeschmack - Beliebtheit, Süssigkeit und Bitterkeit. Agrarforschung Schweiz 2003, 10(4), 144-149.
- Hommes, M. (1993) Einsatz von Kulturschutznetzen im Gartenbau. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 1993, 289, 104-110.

- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (2022) KTBL Feldarbeitsrechner, Darmstadt, <https://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html#0>, Zugriff am 28.04.2022
- Koller, M. und Lichterhahn, M. (2010) Pflanzenschutzempfehlungen für den Biogemüsebau. Merkblatt FiBL, Ausgabe Schweiz, Frick, 2010, 1284, 15-17 und 52.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2005) Feldgemüseanbau in Bayern – Ökonomik wichtiger Kulturen. Freising/Weißenstephan.
- Lips, M., Hoop, D., Zorn, A. und Gazzarin, C. (2018) Methodische Grundlagen der Kosten-/ Leistungsrechnung auf der Betriebszweig-Ebene. *Agroscope Science* 2018, 69.
- REFA (Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.) (1978) Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 2 Datenermittlung. München: Carl Hanser Verlag.
- Riegel, M. und Schick, M. (2006) Verfahrenstechnik, Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf bei Anwendung von Folien, Vliesen und Kulturschutznetzen im Freilandgartenbau, KTBL-Arbeitsprogramm, Kalkulationsunterlagen 2006, Kennziffer 6b 06, Interner Abschlussbericht.
- Riegel, M. und Schick, M. (2008) Arbeitszeitbedarf bei der Anwendung von Kulturschutznetzen, *Der Gemüsebau* 2008, 3, 12-13.
- Sauer, C., Degen, T., Krauss, J., und Vogler, U. (2012) Grundlagen für die Bekämpfung der Möhrenfliege. *Agroscope Merkblatt* (2012).
- Scheidiger, M. (2015) Kulturblatt Karotten. BBZ Arenenberg, Salenstein.
- Schick, M. (2005) The Work Budget as an Aid to Work Organisation and Time Planning. In: Krause, M. (Hrsg.) *Increasing Work Efficiency in Agriculture, Horticulture and Forestry, XXXI CIOSTA-CIGR V Congress Proceedings*, Hohenheim, 52-57.
- Schmidt, A. (2017) Kostenrechnung. Grundlagen der Vollkosten-, Deckungsbeitrags- und Plankostenrechnung sowie Kostenmanagements. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Schnieper, S. (2018) Angabe zur Anbaufläche und zum Einsatz von Kulturschutznetzen im Karottenanbau in der Schweiz. Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, Gränichen. Mündliche Auskunft 24.5.2018
- Steimen, R. (2018) Angabe zum Einsatz von Kulturschutznetzen im Karottenanbau in der Schweiz. Gemüsekulturen, Waltenschwil. Mündliche Auskunft 24.5.2018
- Schultz, B., Wedemeyer, R., Saucke, H., Zimmermann, O., Leopold, J., Liebig, N., Rau, F., Katz, P. und Rademacher, J. (2010) Anwendung natürlich vorkommender Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse im kombinierten Einsatz mit Kulturschutznetzen. Bundesprogramm Ökologischer Landbau. BÖL-Bericht 2010, 18149, 66 ff.
- SZG (Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen) (2021) Statistischer Jahresbericht Gemüse 2020, Koppigen.

- SZG (Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen) (2018) Kalkulationsgrundlagen ProfiCost Gemüse, Koppigen. URL: <http://proficost.ch/>
- Tamm, L., Speiser, B. und Niggli, U. (2018) Reduktion von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz: Beitrag des Biolandbaus. *Agrarforschung Schweiz* 2018, 9(2), 52-59.

Anhang

Tabelle A1: Modellannahmen für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs

Parzellengröße	1 ha
Anz. Beete pro Parzelle	8 Stk.
Breite Netz	10 m
Länge Netz	100 m
Anz. benötigte Netze	8 Rollen
Systemgrenze	Feldrand

Tabelle A2: Berechnung der Direktkosten für das Kulturschutznetz

	1 Rolle
Investitionen [CHF]	1097,00
jährliche Abschreibung [%]	16,7%
Abschreibung [CHF]	182,83
Reparatur [CHF]	0
Verzinsung [% d. Invest.]	1,5%
Verzinsung [CHF]	16,46
Gebäudebedarf [m ³]	1
Lagerkosten [CHF/m ³]	9
Lagerkosten [CHF]	9
Total Jahreskosten [CHF]	208,30
Annahmen:	
Netztyp	Filbio PP
Größe der Rolle	10.3 x 100 m
	1030 m ²
Lebensdauer	6 Jahre

Tabelle A3: Arbeitsverwertung [CHF/AKh] bei Produzentenpreisvariation [CHF/kg]: Unterscheidung von Möhrenfliegenbefall und Schutzmassnahmen. Grundlage Bruttoertrag Grösse I+II 700 kg/Are. Werte zu Abbildung 2

Preis Grösse I (CHF/kg)	Arbeitsverwertung [CHF/AKh]			
	Befall 0%, ohne Massnahme	Befall 0%, Kultur- schutznetz	Befall 0%, Insektizid	Befall 30%, ohne Massnahme
0,35	-40,56	-41,75	-40,61	-79,95
0,40	-27,59	-28,90	-32,54	-70,87
0,45	-14,62	-16,05	-24,46	-61,79
0,50	-1,66	-3,20	-16,39	-52,71
0,55	11,31	9,65	-8,32	-43,63
0,60	24,28	22,50	-0,25	-34,56
0,65	37,25	35,35	7,82	-25,48
0,70	50,22	48,20	15,89	-16,40
0,75	63,19	61,05	23,96	-7,32
0,80	76,16	73,90	32,03	1,76

Tabelle A4: Arbeitsverwertung [CHF/AKh] bei einer kombinierten Variation von Brutto-Naturalertrag und Produzentenpreis: Unterscheidung von Möhrenfliegenbefall und Schutzmassnahmen mit vier Szenarien. Werte zu Abbildung 3

Range	Arbeitsverwertung [CHF/AKh]		
	maximal	realistisch	minimal
Befall 0%, ohne Massnahme	50,22	-1,66	-67,80
Befall 0%, Kulturschutznetz	48,20	-3,20	-68,73
Befall 0%, Insektizid	15,89	-16,39	-57,55
Befall 30%, ohne Massnahme	-17,76	-52,71	-95,60

Annahmen Ertrags- und Preisrange:		minimal	realistisch	maximal
Brutto-Naturalertrag Gr. I+II	[kg/Are]	450	700	800
Ausbeute	[%]	55	55	55
Preis Lagerkarotten	[CHF/kg]	0,40	0,50	0,60

