

Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie

Digitalisierung und Automatisierung – Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau?

Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weihenstephan

Walter Dirksmeyer, Klaus Menrad (eds.)

Thünen Report 89

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Dirksmeyer W, Menrad K (eds.) (2021) Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie : Digitalisierung und Automatisierung - Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau? Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weißenstephan. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 190 p, Thünen Rep 89, DOI:10.3220/REP1634803385000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



THÜNEN

Thünen Report 89

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-234-4
DOI:10.3220/REP1634803385000
urn:nbn:de:gbv:253-202110-dn064048-4

Substitution von Torf in Kultursubstraten im Gartenbau: Konzept für die betriebswirtschaftliche Folgenabschätzung

ANJA KRETZSCHMANN¹ UND WALTER DIRKSMEYER¹

Zusammenfassung

Der Abbau von Torf und die Nutzung von Torf in gartenbaulichen Produktionssystemen führen zu CO₂-Emissionen. Aus diesem Grund sehen die Klimaschutzziele der Bundesregierung eine Reduktion der Nutzung von Torf vor. In diesem politischen Kontext wurde das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit der Erstellung einer Torfminderungsstrategie beauftragt und zur wissenschaftlichen Begleitforschung das Verbundprojekt „MITODE“ initiiert. Als Teil dieses Verbundprojekts ist das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft damit beauftragt, die ökonomischen Effekte einer Torfreduktion im Produktionsgartenbau auf einzelbetrieblicher Ebene zu analysieren und zu bewerten. Risiko wird dabei berücksichtigt. Hier wird das Forschungskonzept für die ökonomischen Analysen vorgestellt.

Zur Analyse und Bewertung der ökonomischen Effekte einer Reduktion des Torfeinsatzes in einzelnen gartenbaulichen Produktionssystemen werden zunächst die aktuell typischen Produktionssysteme ausgewählter Beispielkulturen (Status quo) modelliert. Im Anschluss werden mit Hilfe von Versuchsergebnissen und Expertenwissen typische torfreduzierte Produktionssysteme modelliert und diese mit den typischen Produktionssystemen Status quo auf Grundlage von Rentabilitäts- und Risikoanalysen verglichen. Die Ergebnisse geben Aufschluss über die betriebswirtschaftlichen Effekte der Verringerung des Torfeinsatzes in Gartenbaubetrieben. Auf Grundlage der Ergebnisse sollen sinnvolle politische Begleitmaßnahmen für die BMEL-Torf-minderungsstrategie abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Torf, Kultursubstrat, Gartenbau, typische Produktionssysteme, Rentabilität, Risiko

JEL-Codes: Q12, Q16, Q32, Q56

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig.
E-Mail: anja.kretzschmann@thuenen.de, walter.dirksmeyer@thuenen.de.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Torf hat sich seit vielen Jahrzehnten als der Hauptbestandteil in Kultursubstraten für die gartenbauliche Produktion bewährt (Rivière und Caron, 2001; Pozzi et al., 2003; Bohne, 2004; Ceglie et al., 2015; Huntenburg und Reil, 2019). In Deutschland werden jährlich etwa 4,2 Mio. m³ Torf für die Produktion von Substraten für den deutschen Markt verwendet (IVG, 2020b). Laut dem Industrieverband Garten e. V. wurden 2018 für die deutsche Substratproduktion 3,8 Mio. m³ Torf aus deutschen Lagerstätten abgebaut (IVG, 2020a). Der Abbau und die Nutzung von Torf als Pflanzensubstrat verursachen durch die Zersetzung des Torfs Treibhausgasemissionen. Gemäß den Daten der Klimaberichterstattung entstanden 2018 dadurch in Deutschland klimaschädliche Emissionen in Höhe von mehr als 2,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (UNFCCC, 2020).

Die im Jahr 2021 beschlossenen Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung sehen eine vollständige Reduktion der jährlichen Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2045 vor. Als Zwischenschritte sind eine Verringerung um 65 % bis zum Jahr 2030 und um 88 % bis 2040 im Vergleich zu 1990 vorgegeben (BMU, 2016). Die Nutzung von Torf im Gartenbau wird im Klimaschutzplan der Bundesregierung für das Jahr 2050 explizit als Verursacher von Treibhausgasemissionen genannt. Darin heißt es, dass der Einsatz von Torf als Kultursubstrat deutlich reduziert werden soll (BMU, 2020). Im Koalitionsvertrag zwischen CDU/CSU und SPD (2018) wurde festgelegt, dass die Nutzung von Torf in Deutschland vermindert werden soll (Koalitionsvertrag, 2018). Auf der Grundlage dieser politischen Entwicklung wurde im Oktober 2019 ein detaillierter Arbeitsplan für das Klimaschutzprogramm 2030 verabschiedet (BMU, 2019; BMWi, 2021). In diesem Zusammenhang wurde das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit der Erstellung einer Torfminderungsstrategie beauftragt. Das Ziel der Torfminderungsstrategie ist es, die Torfnutzung im Gartenbau zu reduzieren, ohne dass dies zur wirtschaftlichen Belastung für Erdenherstellende und gartenbauliche Unternehmen wird.

Zur wissenschaftlichen Begleitforschung der BMEL-Torfminierungsstrategie wurde das Thünen-JKI-Verbundprojekt MITODE (Minderung des Torfeinsatzes in Deutschland) initiiert. Innerhalb des Verbundprojekts ist das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft damit beauftragt, die ökonomischen Effekte einer Torfreduktion im Produktionsgartenbau auf einzelbetrieblicher Ebene zu analysieren und zu bewerten.

Zusätzlich gibt es in Deutschland zahlreiche weitere Projekte, die sich mit dem Thema der Reduktion des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau beschäftigen. Zunächst haben einige Bundesländer, insbesondere Niedersachsen, Forschungsprojekte finanziert. Ein Beispiel dafür ist das Verbundprojekt „Torfersatzstoffe im Gartenbau“ (TeiGa), das vom März 2016 bis zum Februar 2019 durchgeführt wurde. Neuere Projekte werden vom BMEL über den Projektträger der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (ptble) gefördert, wie z. B. das Modell- und

Demonstrationsvorhaben „Einsatz torfreduzierter Substrate im Zierpflanzenbau“ (TerZ, Januar 2019 bis Dezember 2023).

In den nachfolgenden Unterkapiteln dieser Einleitung wird zunächst beleuchtet, welche Mengen an Torf überhaupt in Deutschland verwendet werden. Ferner werden die Bedeutung des deutschen Produktionsgartenbaus und die Relevanz der Torfreduktion für den Klimaschutz erörtert. Außerdem werden die Klimawirkung alternativer Substratausgangsstoffe und die Möglichkeiten der Substitution von Torf in der gartenbaulichen Produktion anhand von Versuchsergebnissen dargestellt. Abschließend werden die Forschungslücken und der damit verbundene Forschungsbedarf erläutert, um darauf aufbauend das Ziel der Untersuchung abzuleiten. In Kapitel 2 werden Methodik und Vorgehensweise beschrieben, während im dritten Kapitel die erwarteten Ergebnisse der Untersuchung skizziert werden.

1.2 Einsatzmengen von Torf im deutschen Produktionsgartenbau

Torfsubstrate wurden in verschiedenen europäischen Ländern in den sechziger Jahren populär. Dieses lag an den Standardsubstraten, die zuvor entwickelt wurden. In Deutschland wurde in diesem Zuge im Jahr 1950 die sogenannte „Einheitserde“ von Fruhstorfer entwickelt (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004). Diese Einheitserde bestand zu 60 bis 70 % aus Weißtorf und zu 30 bis 40 % aus Ton. Standardsubstrate wurden und werden industriell in Erdenwerken hergestellt, wodurch erstmalig eine gleichbleibende Substratqualität und dadurch eine große Sicherheit in der Kulturführung gewährleistet werden konnte (Schmilewski, 2018).

Torfbasierte Kultursubstrate sind ein wichtiger Inputfaktor für die gartenbauliche Produktion. Dies gilt insbesondere in den Bereichen (1) Baumschulen, (2) Beerenobstanbau, (3) Erzeugung von Gemüsejungpflanzen, (4) Topfkräuterproduktion und (5) Zierpflanzenbau (inkl. Stauden).

Aktuell werden in Deutschland jährlich 5,8 Mio. m³ Kultursubstrat für den deutschen Markt hergestellt (IVG, 2020b). Diese Menge gibt jedoch noch keine direkte Auskunft über die Mengen an Substrat, die in Deutschland verwendet werden, da sie die Substratimporte nicht umfasst, sodass von einer höheren in Deutschland eingesetzten Menge auszugehen ist. Allerdings gibt es keine Angaben zur Höhe der Substratimporte für die inländische Verwendung.² Für die Substratmenge, die in Deutschland für den deutschen Markt produziert wird, wird eine Torfmenge von jährlich etwa 4,2 Mio. m³ benötigt (IVG, 2020b). Ungefähr 1,8 Mio. m³ der in Deutschland hergestellten Substrate werden im Produktionsgartenbau als Kultursubstrat und zur Bodenverbesserung eingesetzt. Der Rest findet im Freizeitgartenbau Verwendung (IVG, 2013, 2016).

² In der Außenhandelsstatistik wird unter „2703 Torf, auch agglomeriert“ nicht zwischen Torf als Rohstoff und Substraten mit einem Torfgehalt von mehr als 75 % Torf differenziert. Zudem gibt es keine Angaben zur Importmenge von Substraten mit einem geringeren Torfanteil, sodass die Aussagekraft der verfügbaren Statistiken für die Menge an Substratimporten zur Verwendung in Deutschland sehr gering ist Destatis (2021).

Laut Schmilewski (Schmilewski, 2017) haben Kultursubstrate in Deutschland einen mittleren Torfanteil von 89 % und Blumenerde einen von 73 % (Stand 2013). Der Grund für den hohen Torfanteil im Substrat sind die hervorragenden chemischen und physikalischen Eigenschaften von Torf für die gartenbauliche Produktion. So hat Torf eine ideale Porenstruktur, die zum einen für eine gute Wasserhaltekapazität sorgt und gleichzeitig eine gute Belüftung des Wurzelraums ermöglicht (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004; Raviv, 2011). Durch die geringe Dichte von Torf sind die Transportkosten zudem vergleichsweise gering (Raviv, 2011). Außerdem ist Torf frei von Pathogenen und Urkrautsamen, was die Kultivierung erleichtert (Bohlin und Holmberg, 2004).

Da es keine Officialstatistik zum Torfabbau und zur Torfverwendung in Deutschland gibt, beruht die Literatur zu den verwendeten Torfmengen im Gartenbau ausschließlich auf den wenigen öffentlich zugänglichen Zahlen des Industrieverbandes Garten e. V. (IVG). Bei den Zahlen des IVG handelt es sich um Verbandsdaten, sodass nicht alle Torf- und Erdenwerke erfasst werden. Zudem gibt es keine Daten zu den Substratimporten nach Deutschland, sodass die Gesamtmenge an Substrat und Torf, die im deutschen Gartenbau verwendet wird, unklar bleibt. Allgemein kann jedoch festgehalten werden, dass zum jetzigen Zeitpunkt große Mengen an Torf im deutschen Produktionsgartenbau Verwendung finden.

1.3 Ökonomische Bedeutung des deutschen Produktionsgartenbaus

Der Produktionswert der in Deutschland hergestellten torfhaltigen Kultursubstrate für das Jahr 2018 betrug 127 Mio. Euro (Destatis, 2019). Für den Produktionsgartenbau (inklusive Obstbau) wurde für das Jahr 2019 ein Produktionswert in Höhe von insgesamt 7,11 Mrd. Euro geschätzt. Der Gemüsebau (inklusive der Gemüsejungpflanzen- und der Topfkräuterproduktion) erwirtschaftete mit 3,82 Mrd. Euro den größten Anteil (54 %), gefolgt von der Blumen- und Zierpflanzenproduktion, die mit einem geschätzten Produktionswert von 1,39 Mrd. Euro ca. 20 % des Gesamtwertes ausmachten. Baumschulerzeugnisse und der Obstanbau erwirtschafteten mit 0,94 Mrd. Euro und 0,84 Mrd. Euro jeweils einen Anteil von etwas mehr als 10 % des Produktionswerts des deutschen Gartenbaus (BMEL, 2019, 2020).

Eine Studie des Thünen-Instituts zur wirtschaftlichen Bedeutung des Gartenbaus hat zudem die gesamte Bruttowertschöpfung des Gartenbausektors ermittelt. Die Einbeziehung der dem Produktionsgartenbau vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweige ist wichtig, um die wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors umfassend quantifizieren zu können. Mit vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweigen hatte der gesamte Gartenbau im Jahr 2008 eine Bruttowertschöpfung von knapp 20 Mio. Euro. Das entsprach etwas weniger als 1 % der Bruttowertschöpfung Deutschlands (Dirksmeyer und Fluck, 2013). Folglich stellt der deutsche Produktionsgartenbau einen relevanten Wirtschaftsbereich in Deutschland dar, sodass eine Torfreduktion unter der Prämisse der Erhaltung der Wirtschaftlichkeit dieses Bereichs erreicht werden sollte.

1.4 Klimawirkungen des Torfeinsatzes im Gartenbau

Moorböden sind die kohlenstoffreichsten Böden der Erde. Über Tausende von Jahren wurde durch die unvollständige Zersetzung von Pflanzenresten Kohlenstoff in Form von Torf gespeichert. Moorböden enthalten bis zu zehnmal mehr Kohlenstoff pro Hektar als andere Ökosysteme (Batjes, 1996).

CO₂ wird beim Wachstum von Pflanzen aufgenommen und nach ihrem Absterben im Torf festgelegt. Intakte Moore fungieren daher als wichtige Kohlenstoffspeicher. Sie entziehen der Atmosphäre weltweit jedes Jahr 150 bis 250 Mio. Tonnen CO₂. So wurden im Laufe vieler Jahrzehnte gigantische Mengen an CO₂ in Mooren gespeichert. Obwohl sie nur 3 % der terrestrischen Erdoberfläche bedecken, binden sie in ihren Torfschichten ein Drittel des terrestrischen CO₂, was etwa doppelt so viel ist, wie in der Biomasse aller Wälder weltweit (Parish et al., 2008). Der Schutz von Moorböden vor dem Abbau oder vor einer Bewirtschaftung ist eine der effektivsten Klimaschutzmaßnahmen (SRU, 2012).

Torf kann nicht als nachwachsender Rohstoff bezeichnet werden (Meerow, 1997). Gerade einmal 1 mm Torf kann pro Jahr unter günstigen anaeroben Bedingungen neu gebildet werden (Immirzi und Maltby, 1992). Wird unterstellt, dass zur Torfgewinnung an Abbaustellen jährlich etwa 10 cm Torf abgebaut wird, wird deutlich, dass mindestens 100 Jahre Moorbildung erforderlich sind, um ein Jahr Torfgewinnung zu betreiben. Alan W. Meerow schrieb bereits 1997 *“As a product of wetland ecosystems, both sphagnum and sedge peat can't really be considered renewable resources at the level at which they are harvested from bogs and swamps to satisfy horticultural demand...”* (Meerow, 1997).

Die Gesamtfläche an Moorböden in Deutschland beträgt circa 1,4 Mio. Hektar, was etwa 4 % der Landfläche Deutschlands entspricht (Roeder und Osterburg, 2012; Gaudig und Krebs, 2016). 95 bis 99 % dieser Fläche sind heute durch Entwässerung und landwirtschaftliche Nutzung als Acker- oder Grünland degradiert (Cowerberg und Joosten, 2001; Berghöfer et al., 2015). Jährlich werden in Deutschland circa 5 bis 6 Mio. m³ Torf auf 269 km² Moorboden für die Nutzung in Erdenwerken oder den Export industriell abgebaut. Nach dem Ende des Abbaus werden die Flächen häufig renaturiert. Allerdings ist dies eine Maßnahme, die über sehr lange Zeiträume ein Management bzw. eine Begleitung erfordert, da Torf nur sehr langsam wächst (SRU, 2012). Deutschland befindet sich im Hinblick auf die Größe der Moorfläche in der EU-25 an siebter Stelle. Allerdings steht Deutschland an zweiter Stelle bei den Emissionen klimarelevanter Gase aus Mooren (Drösler et al., 2013).

Seit Ende der 1980er-Jahre wird Torfabbau in Deutschland nur noch auf landwirtschaftlich vorge nutzten Flächen genehmigt. Diese Flächen wurden vor vielen Jahrzehnten entwässert und in Grünland oder heute vermehrt in Ackerflächen umgewandelt (IVG, undatiert) und emittieren dadurch CO₂. Dennoch führt der Torfabbau zu aeroben Metabolisierungsprozessen im abgebauten Torf sowie im zurückbleibenden abgetorften Boden. Diese führen zu einer schnellen Freisetzung der ursprünglich enormen Mengen an gebundenem CO₂. Laut der Treibhausgasberichterstattung

wurden 2017 durch den Torfabbau für gartenbauliche Nutzungen 2,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt (UBA, 2019). Diese Emissionen setzen sich zusammen aus den Emissionen aus den entwässerten Abbauf Flächen sowie aus der Mineralisierung des entnommenen Torfs. Vereinfachend wird dabei kalkuliert, dass die Menge an Kohlenstoff im entnommenen Torf im Jahr des Abbaus emittiert wird. Die Emissionen werden nach dem Territorialprinzip im Land angerechnet, in dem der Abbau stattfindet (UNFCCC, 2020).

In Deutschland werden die Vorräte an inländischem abbauwürdigen Torf ohne Neuausweisung von Vorratsflächen und ohne Erteilung neuer Genehmigungen zum Torfabbau voraussichtlich im Jahr 2040 nahezu erschöpft sein (Schmatzler, 2012; Schmatzler und IVG, undatiert). Innerhalb der Europäischen Union gibt es allerdings große Torfvorräte, vor allem im Baltikum (Altmann, 2008), die die deutschen Lieferungen ersetzen können (BMU, 2019). Sollte die Torfgewinnung in Deutschland aufgrund geänderter rechtlicher Rahmenbedingungen eingeschränkt werden oder in Zukunft auslaufen, könnten deutsche Abbaumengen leicht durch Importe substituiert werden. Eine solche Verlagerung der Abbaumengen führt gemäß des Territorialprinzips lediglich zu einer Verlagerung der CO₂-Emissionen in andere Länder und sogar zu steigenden Emissionen durch zusätzlich erforderliche Transportwege. Es kann also festgehalten werden, dass die Torfverwendung im Gartenbau in Deutschland aus Klimagesichtspunkten reduziert werden muss, um die bis 2045 angestrebte Klimaneutralität wirtschaftlicher Aktivitäten (BMW i, 2021) erreichen zu können.³

1.5 Alternative Substratausgangsstoffe und deren Eigenschaften

Seit mehr als dreißig Jahren werden Substrate getestet, die einen erheblich geringeren Torfanteil haben als Standardsubstrate (Pryce, 1991). In den letzten Jahren, ausgelöst durch Klima- und Nachhaltigkeitsdebatten, hat sich der Trend zur Torfreduktion in Kultursubstraten verstärkt. Nicht nur Umweltschutzgruppen, sondern auch große Handelsketten, wie etwa REWE, fordern verstärkt torf-reduzierte Substrate (Ceglie et al., 2015; Großmann et al., 2015).

Es gibt viele denkbare Möglichkeiten für alternative Substratkomponenten. Die meisten in Deutschland verwendeten Torfersatzstoffe werden aus Biomassereststoffen hergestellt und sind Komposte aus Rinde oder Grünschnitt, Holzfasern aus Sägeresten von unbehandelten Fichten- oder Kiefernholzern oder bestehen aus Kokosmaterialien (Allaire et al., 2004; Bohne, 2004; Warren et al., 2009; Russo et al., 2011).

Eine Ökobilanzstudie der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in der Schweiz testete im Jahr 2015 zehn Substratkomponenten und sieben Substratmischungen auf ihr Potenzial, Torf in Kultursubstraten zu ersetzen und dabei eine Reduktion der Umweltbelastung zu erreichen. Von den untersuchten Substratkomponenten zeichnen sich insbesondere Landerde,

³ Alternativ können CO₂-Emissionen auch durch CO₂-Senken an anderer Stelle ausgeglichen werden, was zu einer Verteuerung von Produktionsprozessen führt.

Rindenkompost, TEFA-Maisfasern, Holzfasern und Holzhäcksel sowohl durch geringe Umweltauswirkungen als auch durch eine positive Beurteilung der sozialen Aspekte und der zukünftigen Rohstoffverfügbarkeit aus. Von diesen Substratkomponenten haben aufgearbeitete Holzfasern, TEFA und unter bestimmten Voraussetzungen auch Rindenkompost das Potenzial, Torf direkt zu substituieren. Landerde und Holzhäcksel können als Zusatzstoffe in torffreien Substratmischungen eingesetzt werden. Alle getesteten Torfersatzstoffe hatten einen deutlich geringeren CO₂-Fußabdruck als Torf (Eymann et al., 2015).

In einer Folgestudie wurden 2019 neun weitere Substratkomponenten getestet (Stucki et al., 2019). Auch hier zeigte das Ergebnis, dass alle Substratkomponenten klimafreundlicher sind als Torf. Allerdings waren einige der getesteten Stoffe in der Schweiz nur begrenzt verfügbar.

1.6 Vorläufige Einschätzung der Möglichkeiten zur Verringerung des Torfeinsatzes

Verschiedene Versuche zur gartenbaulichen Produktion in gänzlich torffreiem Substrat zeigten bereits, dass unter bestimmten Bedingungen gute Kulturergebnisse erzielt werden können. Andere Ergebnisse weisen jedoch auch auf pflanzenbauliche Probleme bei einer hohen Torfsubstitution hin. Wichtige Ergebnisse von Versuchen mit teilweiser oder vollständiger Substitution von Torf in Kultursubstraten werden im Folgenden diskutiert.

Die Ergebnisse des TeiGa-Projekts der LVG (Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau) Ahlem zeigten für den Zierpflanzenbau, dass sich die untersuchten torffreien Substrate verschiedener Hersteller sogar ohne eine Anpassung der Nährstoffgehalte oder pH-Werte bei der Kultivierung von Alpenveilchen gut eignen und keine Unterschiede in der Qualität der verkaufsfertigen Ware sichtbar waren. Die Bewässerung wurde allerdings auf die Eigenschaften der jeweiligen Substrate angepasst (Ahrens et al., 2019a).

In einem Versuch der LVG Heidelberg mit der Kultur von Elatior-Begonien in torffreiem und torfhaltigem Substrat wurden hingegen bei gleicher Behandlung aller Versuchsglieder, insbesondere bei Bewässerung und Düngung, qualitativ schlechtere Ergebnisse im torffreien Substrat erzielt (Degen und Koch, 2015).

Andere Versuche im Zierpflanzenbau mit Usambaraveilchen als empfindlicher Pflanzenart zeigten, dass bei einer Anpassung der Produktionssysteme an die Anforderungen von Kultur und Substrat gute Ergebnisse im torffreien Substrat mit Kokosmark und Sphagnum⁴ erzielt werden konnten. Bei allen getesteten Substraten wurde im Vorhinein eine einheitliche Einstellung des pH- und Stickstoff-Niveaus vorgenommen und die Bewässerung angepasst. Der Kontrollaufwand auf Nährstoff-

⁴ Sphagnum ist der wissenschaftliche Name für die Gattung der Torfmoose.

und Wasserbedarf steigt im torffreien Substrat allerdings deutlich. Zudem wurde auf die momentane Problematik bezüglich der Verfügbarkeit von Sphagnum hingewiesen, wodurch Sphagnum derzeit nur begrenzt als Torfersatzstoff dienen kann (Ahrens et al., 2019c, 2019b).

In einem neueren Versuch der LVG Heidelberg mit Poinsettien in torf reduziertem und torffreiem Substrat konnten in beiden Varianten gute Pflanzenqualitäten erzeugt werden. Dazu wurden die Bewässerung und die Düngung an die Anforderungen der Kultur in den verschiedenen Substraten mithilfe kulturbegleitender Substratanalysen zu Nährstoffgehalten und pH-Werten angepasst (Degen und Koch, 2020).

In einem Versuch mit starkwüchsigen Topfsonnenblumen mit hohem Wasserbedarf (*Helianthus annuus*) an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) Veitshöchheim wurde die geringere Wasserhaltekapazität der torffreien Substrate im Vergleich zu torfhaltigem Substrat deutlich. Die Kulturen im torffreien Substrat mussten im Vergleich zu Pflanzen in torf reduzierten Substraten durchschnittlich doppelt so oft bewässert werden. Allerdings gab es zwischen den torffreien Substraten trotz ähnlicher Substratausgangsstoffe deutliche Unterschiede in der Wasserhaltekapazität, sodass keine pauschale Bewässerungsempfehlung abgeleitet werden konnte (Trost et al., 2019).

In einem früheren Versuch an der LWG Veitshöchheim wurde die Kultivierung des kompletten Beet- und Balkonpflanzensortiments im torffreien und im torfhaltigen Substrat verglichen. Die Pflanzen im torffreien Substrat wiesen im Durchschnitt eine geringere Pflanzenhöhe und einen geringeren Pflanzendurchmesser auf. Die Verkaufsqualität wurde als etwas schwächer bewertet. Auch hier gab es allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Pflanzengattungen und -arten und auch zwischen den Sorten (Geiger, 2016).

Ein Versuch mit kalk- und nährstoffempfindlichen Gaultherien der Sorte Red Baron zeigte, dass die Kultur in einigen der untersuchten torffreien Substrate im Vergleich zur Kultur im Weißtorfsubstrat sogar zu besseren Pflanzen bezüglich Wachstum, Durchwurzelung, Frischmasse und Qualität führte (Ueber, 2015). Allerdings kam es bei anderen torffreien Substraten zu Wachstumsunterschieden, für die keine Ursache ermittelt werden konnte, sodass keine pauschalen Aussagen zur Eignung torf reduzierter oder torffreier Substrate für die Kultur von kalk- und nährstoffempfindlichen Kulturen wie Gaultherien möglich waren (Ueber, 2015).

Gute Ergebnisse bei der Kultur im torffreien Substrat konnten laut einer Studie der LVG Bad Zwischenahn zur Eignung verschiedener torf reduzierter und torffreier Substrate bei der Produktion von kalkempfindlichen Gehölzen erzielt werden. Allerdings wurde ein deutlicher Anstieg der Schwankungen der Produktqualitäten zwischen den Produkten aus torffreiem Substrat im Vergleich zum torfbasierten Standardsubstrat ermittelt (Beltz, 2016).

Es wird deutlich, dass eine Umstellung des Kultursubstrates häufig zu Anpassungsbedarf in der Kulturführung führt. Die Versuchsergebnisse deuten allerdings auch darauf hin, dass bei

entsprechender Anpassung der Produktionssysteme, insbesondere durch erhöhte Kontrollen und ein angepasstes Wasser- und Düngemanagement, die Produktion vieler gartenbaulicher Kulturen in torf reduzierten Substraten möglich ist (Großmann et al., 2015; Drake et al., 2016).

Bisher haben diese torf reduzierten bzw. torffreien Substrate bei der Produktion gartenbaulicher Erzeugnisse wenig Verwendung gefunden. Dafür gibt es viele Gründe, wie z. B. Lern- und Anpassungskosten aufgrund der erforderlichen Umstellung der Produktionssysteme, höhere Kosten für die Überwachung der Düngung und der Bewässerung sowie die zunehmende Unsicherheit bei der Kulturführung mit Blick auf die Qualität und Quantität der Erzeugnisse (Großmann et al., 2015; Drake et al., 2016; Trost et al., 2019).

1.7 Forschungsbedarf und Zielsetzung

Torf gilt seit Jahrzehnten als idealer Substratausgangsstoff und ist daher seit vielen Jahrzehnten Hauptbestandteil in Kultursubstraten für die gartenbauliche Produktion. Der Abbau und die Nutzung von Torf führen allerdings zur Emission klimaschädlicher Gase, weswegen es das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, die Verwendung von Torf zu reduzieren. Andere bereits genutzte oder potenzielle Substratausgangsstoffe sind deutlich klimafreundlicher als Torf (Eymann et al., 2015; Stucki et al., 2019). Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass eine Pflanzenproduktion mit alternativen Substraten möglich ist (z. B. (Drake et al., 2016)). Die Umstellung auf alternative Substrate erfordert jedoch meistens eine Anpassung des gesamten Produktionssystems, insbesondere mit Blick auf Düngung und Bewässerung, teils auch im Pflanzenschutz.

Die pflanzenbaulich gebotene Anpassung der Produktionssysteme kann jedoch Effekte auf die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung einer Kultur und somit, in der Summe der Kulturen, auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Produktionsgartenbaus haben. Bis jetzt gibt es keine Untersuchungen der betriebswirtschaftlichen Effekte, die sich aus einer aus Klimaschutzgründen erfolgten Reduktion der Torfnutzung auf die gartenbaulichen Produktionssysteme ergeben. Diese Forschungslücke soll mit dem hier vorgestellten Forschungskonzept geschlossen werden.

Vor dem geschilderten Hintergrund ist es das übergeordnete Ziel der Untersuchung, die Effekte einer teilweisen oder vollständigen Substitution von Torf in Kultursubstraten gartenbaulicher Produktionssysteme ökonomisch zu analysieren und zu bewerten.

Dafür werden folgende Teilziele adressiert:

- Zunächst sollen die Rentabilität der Produktion in torf reduzierten Substraten im Vergleich zur Rentabilität der Erzeugung gärtnerischer Produkte in den aktuellen torfbasierten Produktionssystemen auf Ebene gartenbaulicher Produktionsbetriebe ermittelt werden.
- Da verschiedene Untersuchungen und Expert*innen wiederholt darauf hinwiesen, dass eine Verringerung des Torfanteils in Kultursubstraten zu einer Erhöhung des Produktionsrisikos

führt, sollen aus der Substitution resultierende Risikoänderungen in der Analyse berücksichtigt werden.

2 Methodik und Vorgehensweise

2.1 Auswahl von Beispielkulturen

Um die ökonomischen Effekte der Reduktion von Torf auf den Produktionsgartenbau zu analysieren, werden Vorher-Nachher-Vergleiche von Produktionssystemen durchgeführt. Dabei werden Status quo und torf reduzierte Produktionssysteme miteinander verglichen.

Zunächst müssen für die Fragestellung relevante Kulturen ermittelt werden. Aufgrund der großen Vielfalt an unterschiedlichen Kulturen und Kulturansprüchen und der daraus resultierenden zum Teil erheblichen Unterschiede zwischen den Produktionssystemen ist es praktisch nicht möglich, jedes Produktionssystem jeder Kultur zu analysieren, die potenziell von einer Verringerung des Torfeinsatzes betroffen sein kann. Daher werden Beispielkulturen ausgewählt, von denen aus Kapazitätsgründen nur die wichtigsten Produktionssysteme analysiert werden können. Anhand dieser Beispielkulturen wird es möglich sein, generelle Rückschlüsse zu den wirtschaftlichen Auswirkungen einer Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau zu ziehen.

Die Gartenbausparten, in denen Substrat und somit auch Torf als Ausgangsstoff von Relevanz ist, sind (1) Baumschulen, (2) Obstbau (Beerenobst), (3) Gemüsebau (Gemüsejungpflanzen und Topfkrauter) und (4) Zierpflanzenbau (inkl. Stauden). In jeder der genannten Gartenbausparten sollen die Effekte einer Verringerung des Torfeinsatzes für mindestens zwei Beispielkulturen aus ökonomischer Perspektive untersucht werden.

Die Auswahl dieser Beispielkulturen erfolgt auf Basis verschiedener Kriterien. Um für den Gartenbausektor relevante Untersuchungen durchzuführen und generelle Aussagen aus den Ergebnissen ableiten zu können, werden wirtschaftlich bedeutende Kulturen gewählt. Dies geschieht anhand von Produktions- und Anbaustatistiken und mit Hilfe von Expertenwissen. Um sicherzustellen, dass Erkenntnisse zu den Effekten einer Torfreduktion verfügbar sind, sollten die Beispielkulturen bestenfalls in den vom BMEL geförderten Modell- und Demonstrationsvorhaben zur Torfreduktion eingesetzt werden. Auf dieser Grundlage zeigt Tabelle 1 die ausgewählten Beispielkulturen differenziert nach Gartenbausparten.

Tabelle 1: Geplante Beispielkulturen für die Analyse der wirtschaftlichen Effekte einer Verringerung des Torfeinsatzes in gartenbaulichen Produktionssystemen nach Anbausparten

Gartenbausparten	Beispielkultur 1	Beispielkultur 2
Baumschulen	Johannisstrauch (<i>Hypericum cv.</i>)	Scheinzypresse (<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>)
Beerenobstbau	Erdbeeren (<i>Fragaria x ananassa</i>)	Heidelbeeren (<i>Vaccinium corymbosum</i>)
Gemüsebau	Salat (<i>Lactuca sp.</i>)	Kohlarten (<i>Brassica oleracea var.</i>)
Topfkräuter	Basilikum (<i>Ocimum basilicum</i>)	Noch nicht definiert
Zierpflanzenbau	Alpenveilchen (<i>Cyclamen persicum</i>)	Petunie (<i>Petunia x hybrida</i>)

Quelle: Eigene Übersicht.

Aus Vergleichbarkeitsgründen wird in diesem Projekt versucht, dieselben Kulturen zu betrachten, die auch in Projekten zur Verringerung des Torfeinsatzes mit pflanzenbaulichem Fokus analysiert werden. Ein Beispiel für solche Projekte ist das geplante Verbundprojekt Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau (ToPGa), welches sich mit den Möglichkeiten und Effekten einer Torfreduktion im gesamten Gartenbau beschäftigt. Ein weiteres Beispiel ist das Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) TerZ, welches sich unter anderem mit den in Tabelle 1 genannten Beispielkulturen des Zierpflanzenbaus für dieses Projekt beschäftigt.

2.2 Einzelbetriebliche Analyse einer Verringerung des Torfeinsatzes im deutschen Produktionsgartenbau

Für den Vorher-Nachher-Vergleich werden die typischen Produktionssysteme jeder Beispielkultur sowohl für den Status quo, als auch für die torfreduzierte Produktion modelliert. Dafür müssen zunächst agronomische und ökonomische Parameter, also die wahrscheinlichsten Werte für Preise, Inputmengen und Erträge dieser Produktionssysteme erfasst werden. Dies erfolgt in einem iterativen Prozess aus Expertenbefragungen und Betriebsbefragungen.

Zur Vorbereitung der Betriebsbefragungen werden zunächst anhand von Anbaustatistiken und mit Hilfe von Befragungen von Fachleuten typische Produktionsregionen und die mengenmäßig und ökonomisch wichtigsten Produktionssysteme der Beispielkulturen identifiziert. Darauf aufbauend

werden in Absprache mit Expertinnen und Experten und unter Zuhilfenahme von Sekundärliteratur Fragebögen für Betriebsbefragungen entwickelt.

Im Anschluss werden dem Fallstudienansatz folgend etwa fünf Betriebsbefragungen pro Produktionssystem durchgeführt, um Daten aus der betrieblichen Gartenbaupraxis zu erfassen. Die genaue Anzahl an Betriebsbefragungen pro Produktionssystem wird in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Ressourcen und der Homogenität der Ausgestaltung der Produktionssysteme in den befragten Betrieben festgelegt. Diese Betriebe produzieren mindestens eine der Beispielskulturen und werden in Absprache mit den Fachleuten als charakteristisch für die Produktion einer Beispielskultur in einer für sie wichtigen Anbauregion ausgewählt. Die erhobenen Daten geben Aufschluss über den wahrscheinlichsten Wert aller relevanten Einflussgrößen auf die Rentabilität sowie erste Einblicke über mögliche Schwankungen dieser Werte.

Auf Basis der Ergebnisse der Betriebsbefragungen werden Entwürfe für Modelle aktuell typischer Produktionssysteme für jede Beispielskultur (im nachfolgenden bezeichnet als typische Produktionssysteme Status quo) abgeleitet. Jeder dieser Entwürfe für typische Produktionssysteme Status quo wird im Anschluss in Fokusgruppen mit Expert*innen, z. B. Beratende oder Betriebsleiter*innen, diskutiert, gegebenenfalls angepasst, dadurch validiert und **als typisches Produktionssystem Status quo** für die Beispielskulturen definiert.

Typische Betriebe sind hypothetische Betriebsmodelle, die einen typischen Betrieb in einer spezifischen Anbauregion abbilden (Dirksmeyer et al., 2014). Für die Erhebung von typischen Betrieben wurde von *agri benchmark* eine Standardvorgehensweise entwickelt (Zimmer und Deblitz, 2005). Nach diesem Verfahren werden zunächst die wichtigsten Anbauggebiete identifiziert. Danach wird das vorherrschende Produktionssystem bzw. werden die vorherrschenden Produktionssysteme für jede Produktionsregion ermittelt. Im letzten Schritt wird die Größe für jeden typischen Betrieb definiert, wobei sichergestellt wird, dass sie das typische Managementniveau in der Region widerspiegelt. Normalerweise wird jeweils ein mittelgroßer und ein großer typischer Betrieb modelliert, um den Hauptanteil der Produktion widerzuspiegeln (Zimmer und Deblitz, 2005). Bestandteil eines typischen Betriebes sind ein oder mehrere typische Produktionssysteme.

Bei der Modellierung typischer Produktionssysteme steht das Anbauverfahren des ausgewählten Produktes im Fokus (Dirksmeyer, 2006). Folglich wird auf die Abbildung eines kompletten Betriebes mit seinen Betriebszweigen verzichtet. Für die Technikfolgenabschätzung auf Ebene gartenbaulicher Erzeugnisse ist dies ein adäquater Ansatz (Dirksmeyer, 2007). Dabei wird nicht nur das vorherrschende Produktionssystem betrachtet, sondern alle für die zu untersuchende Fragestellung relevanten Produktionssysteme modelliert. Typische Produktionssysteme orientieren sich folglich an real existierenden Produktionssystemen und bilden die üblichen Produktionsbedingungen bei der Produktion einer bestimmten Kultur in einer üblichen Anbauregion ab (Balman et al., 1998). Es handelt sich dabei nicht um ein Produktionssystem eines bestimmten, real existierenden Betriebes, sondern mehr um ein virtuell konstruiertes Verfahren (Krug, 2013). Typische Produktionssysteme werden detailliert mit dem kompletten Preis-Mengen-Gerüst für eine Kultur modelliert,

wobei Zusammenhänge zwischen dem Faktoreinsatz und dem Ertrag berücksichtigt werden (Zimmer und Deblitz, 2005). Die Modellierung dieser Produktionssysteme erfordert Informationen über die übliche Größe der Produktionsfläche und die normalerweise verwendete Art und Menge an Inputfaktoren. Für die Analyse der Rentabilitätseffekte einer Substitution von Torf in gartenbaulichen Produktionssystemen sind dies beispielsweise Mengen und Preise von Kultursubstrat, Wasser, Dünger, Arbeitskraft, Diesel, Strom sowie Informationen über die eingesetzte Technologie. Ferner werden Daten zu der aus diesen Produktionssystemen üblicherweise resultierenden Produktionsmenge und Produktqualität benötigt. Diese Daten können anhand empirischer Daten oder mit Hilfe von Expertenwissen in einem iterativen Prozess mit Fokusgruppendifkussionen erhoben werden.

Auf Grundlage der typischen Produktionssysteme können verschiedene Zielgrößen berechnet werden, beispielsweise Erlöse, Kosten oder Deckungsbeiträge (Hemme, 2000; Zimmer und Deblitz, 2005; Strohm et al., 2014). Der Ansatz der typischen Betriebe bzw. typischen Produktionssysteme liefert zwar keine statistisch repräsentative Stichprobe, allerdings hat er den Vorteil, dass die Kosten der Datenerhebung für die Fokusgruppendifkussionen deutlich geringer sind als für statistisch repräsentative Befragungen auf einzelbetrieblicher Ebene (Dirksmeyer et al., 2014). Außerdem bilden typische Produktionssysteme funktionierende Kulturverfahren mit einem kompletten Preis-Mengen-Gerüst ab, was es erlaubt, verschiedenste ökonomische Zielgrößen zu berechnen (Zimmer und Deblitz, 2005; Dirksmeyer, 2006). Hier wird der Effekt einer Torfreduktion auf die Rentabilität der Produktionssysteme mit Hilfe von Vorher-Nachher-Vergleichen auf Basis der typischen Produktionssysteme analysiert.

Die Methode der typischen Produktionssysteme sieht eine Befragung auf Betriebsebene nicht explizit vor, schließt sie jedoch auch nicht aus (Hemme et al., 1999; Hemme, 2000; Zimmer und Deblitz, 2005; Strohm et al., 2014). Frühere Untersuchungen zeigten, dass es für die Untersuchung spezifischer Fragestellungen zu Produktionssystemen hilfreich ist, zumindest einige Betriebe zu besuchen, um dort die realen Produktionssysteme detailliert zu erfassen. Als besonders hilfreich für die Datenanalyse hat sich gezeigt, dass während der Befragung ein visueller Eindruck von den Produktionssystemen gewonnen werden kann, was das Verständnis der Zusammenhänge im Produktionssystem sehr erleichtert (Dirksmeyer, 2006; Lindemann und Dirksmeyer, 2015). Hierfür kann der ressourceneffiziente Fallstudien-Ansatz verwendet werden (Schmidt et al., 2019).

Der **Fallstudien-Ansatz** ist ein flexibler methodischer Ansatz, der keine standardisierte Vorgehensweise vorschreibt (Bitsch, 2000). Fallstudien sind dazu geeignet, erste Aussagen zur Funktionsweise von Produktionssystemen zu liefern (Garming, 2016). Wenn sie den Kriterien der Glaubwürdigkeit, Übertragbarkeit, Verlässlichkeit und Nachvollziehbarkeit gerecht werden, sind Fallstudien eine wertvolle Ergänzung statistischer und ökonomischer Ansätze für die wirklichkeitsnahe Forschung (Bitsch, 2000). Diese Methode der quantitativen Forschung ermöglicht es, im Rahmen einer geringen Fallzahl von 4 bis 10 Fällen einen relevanten Überblick zu erlangen. Mit zunehmender Fallzahl sind schrittweise zunehmend geringere zusätzliche Erkenntnisgewinne verbunden (Göthlich, 2003; Kromrey und Strübing, 2009). Vor diesem Hintergrund ermöglicht dieser Ansatz für die

zu untersuchende Fragestellung ein forschungsökonomisch effizientes Vorgehen verbunden mit dem Vorteil, Zusammenhänge in Produktionssystemen besonders gut erfassen zu können.

Im nächsten Schritt müssen die ökonomischen Parameter von ausgewählten **Produktionssystemen**, in denen die ausgewählten Kulturen **mit einem reduziertem Torfanteil** im Kultursubstrat produziert werden, erfasst werden. Der Ausgangspunkt dafür sind die typischen Produktionssysteme Status quo. Diese werden abgewandelt, um die aufgrund der Reduzierung des Torfeinsatzes erforderlichen Anpassungen der Produktionssysteme widerzuspiegeln. Die Informationsgrundlage für diese Anpassungen wird aus Literaturdaten, Versuchsdaten und -berichten (insbesondere von den kooperierenden MuDs) sowie Expert*innengesprächen abgeleitet. Im Rahmen einer Fokusgruppe mit Fachleuten werden diese Annahmen diskutiert, bei Bedarf angepasst und abschließend validiert, wodurch die typischen torf reduzierten Produktionssysteme analog zu den typischen Produktionssystemen Status quo definiert sind.

Für den Vorher-Nachher-Vergleich der typischen Produktionssysteme Status quo mit den typischen torf reduzierten Produktionssystemen wird eine **Rentabilitätsanalyse** durchgeführt. Da eine Veränderung des Kultursubstrates Effekte sowohl auf die variablen Kosten, als auch auf die Erträge der einzelnen Produktionssysteme haben kann, wird die Rentabilitätsanalyse der typischen Produktionssysteme anhand des Deckungsbeitrags durchgeführt. Eine alleinige Kostenrechnung würde keine hinreichenden Ergebnisse liefern, da die Ertragsveränderungen unberücksichtigt blieben. Da die Veränderung des Kultursubstrates nach derzeitigem Erkenntnisstand keinen Einfluss auf die Auswahl von Maschinen, die Menge fester Arbeitskräfte oder anderer Fixkosten hat, wird als Zielgröße der Analyse der Deckungsbeitrag I verwendet (z. B. Brandes und Odening, 1992).

2.3 Analyse der Veränderungen von Produktionsrisiken

Zahlreiche Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass eine Reduktion des Torfanteils im Kultursubstrat zu einer höheren Variabilität bei Menge und Qualität der verkaufsfertigen Ware führt (Drake et al., 2016; Beltz, 2016; Trost et al., 2019). Diese Schwankungen haben Effekte auf die Erfolgsgröße, den Deckungsbeitrag I. Aus diesem Grund kann es bei einer rein komparativ-statischen Analyse der Veränderung der Produktionssysteme, bei der die Berechnung auf Basis der Modalwerte der ökonomischen Parameter durchgeführt wird und folglich die Variabilität der Parameterausprägungen der Inputgrößen in der Analyse nicht berücksichtigt wird, zu Fehlinterpretationen kommen (Hirschauer et al., 2012).

Beispielsweise kann bei einem der Produktionssysteme, das auf Basis der komparativ-statischen Analyse anhand des Deckungsbeitrags I als rentabel identifiziert wurde, zugleich die Variabilität dieser Erfolgsgröße deutlich ausgeprägter sein, als bei einem inferioren Produktionssystem, mit dem es in der komparativ-statischen Analyse verglichen wurde. Deshalb ist die Durchführung einer Risikoanalyse zur Untersuchung der Streuung der Erfolgsgröße wichtig, um möglichen Fehlinterpretationen, die sich aus der komparativ-statischen Analyse ergeben können, vorzubeugen.

Sensitivitätsanalyse

Bei pragmatischen Ansätzen zur Bewertung des Risikos, wie beispielsweise der Sensitivitätsanalyse, handelt es sich um in der Praxis häufig genutzte Variantenrechnungen, die zusätzlich zu der deterministischen Planungsrechnung durchgeführt werden. Diese Ansätze ermöglichen es mit einfachen Mitteln einen ersten Einblick vom Risiko einer Entscheidung zu gewinnen (Mußhoff und Hirschauer, 2016). Pragmatische Ansätze haben den Vorteil, dass sie relativ leicht umsetzbar sind, da sie methodisch gesehen wiederholt einwertige Planungsrechnungen darstellen (Hirschauer et al., 2012). Durch Variantenrechnungen werden unterschiedliche Umweltzustände betrachtet, allerdings ohne dabei deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen. Folglich wird die Höhe des Risikos, das mit verschiedenen Handlungsalternativen verbunden ist, nicht vollständig erfasst.

Bei der Sensitivitätsanalyse wird ausgehend vom deterministischen Planungsmodell die Höhe einer einzelnen unsicheren Einflussgröße variiert. Anschließend werden die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Zielgröße analysiert. Einflussgrößen auf der Kostenseite sind alle variablen Preise und Mengen, beispielsweise für Wasser, Dünger (insbesondere Stickstoff), Pflanzenschutz, Arbeit oder Kulturdauer. Auf der Ertragsseite werden insbesondere die Erntemenge und der Produktpreis betrachtet. Die Ausprägungen der Einflussgrößen und deren mögliche Schwankungen werden für den Status quo der Produktionssysteme, den Betriebsbefragungen und den Experteneinschätzungen, die in den Fokusgruppen, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, erhoben wurden, entnommen. Für die torf reduzierten Produktionssysteme werden die Schwankungen anhand von Versuchsergebnissen und mit Hilfe von Einschätzungen der Fachleute in den Fokusgruppen geschätzt. Für jede dieser Einflussgrößen wird der kritische Wert berechnet, bei dem der Deckungsbeitrag I des typischen torf reduzierten Produktionssystems das gleiche Niveau wie der Deckungsbeitrag I des typischen Produktionssystems Status quo erreicht. Es wird also der Wert berechnet, in dem die Rentabilitätsschwelle unter- oder überschritten wird. In diesem Fall wird von Break-Even-Analyse gesprochen (Hardaker et al., 2015; Mußhoff und Hirschauer, 2016). Dadurch können die Einflussgrößen identifiziert werden, die einen besonders großen Einfluss auf den Deckungsbeitrag I und folglich auf Rentabilitätsänderungen durch eine Umstellung eines Produktionssystems hin zur torf reduzierten Produktion haben. Die Wahrscheinlichkeit mit der ein bestimmtes Niveau einer Einflussgröße erreicht wird, wird bei der Break-Even-Analyse allerdings nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe dieser Break-Even-Analyse oder auch Kritische-Wert-Analyse wird der kritische Wert einer unsicheren Einflussgröße bestimmt, der unter sonst gleichen Bedingungen denjenigen Zustand der betrachteten Variablen angibt, bei dem der Entscheider indifferent zwischen den Handlungsalternativen ist (Mußhoff und Hirschauer, 2016).

Stochastische Risikoanalyse

Ein weit verbreiteter Ansatz zur Risikoanalyse stellt die stochastische Monte-Carlo-Simulation dar, mit der eine repräsentative Anzahl zukünftiger risikobedingter Szenarien berechnet und analysiert werden kann (Ryll und Wagner, 2019). Dafür müssen Verteilungen relevanter Inputgrößen definiert werden, die, wie im Fall der Sensitivitätsanalyse, aus den oben beschriebenen Quellen Literatur, Betriebsbefragung und Fokusgruppen mit Fachleuten abgeleitet werden. Die Szenarien

werden ermittelt, indem aus den Verteilungen der Inputgrößen für die Analyse pro Szenario jeweils eine Parameterausprägung stochastisch bestimmt wird. Auf Grundlage dieser Parameterausprägungen wird die Zielgröße berechnet. Eine vielfache Wiederholung dieser Prozedur liefert die Verteilung der Zielgröße, auf dessen Grundlage das Risiko für den Untersuchungsgegenstand, hier die verschiedenen Produktionssysteme, ermittelt werden kann (Hardaker et al., 2015). Dieser Ansatz wurde bereits erfolgreich für die Analyse gartenbaulicher Produktionssysteme eingesetzt (z. B. (Wesseler, 1997; Dirksmeyer, 2006).

3 Erwartete Ergebnisse

Mit Hilfe der Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitäts- und den Risikoanalysen werden die betriebswirtschaftlichen Effekte der Verringerung des Torfeinsatzes in Gartenbaubetrieben identifiziert. Auf Basis der Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse können zunächst die Unterschiede in der Rentabilität der zu vergleichenden Produktionssysteme einer Beispielkultur in Vorher-Nachher Analysen gezeigt werden. Unterschiede in der Rentabilität der typischen torf reduzierten Produktionssysteme unterschiedlicher Beispielkulturen geben Hinweise darauf, bei welchen Kulturen die Torfreduktion relativ kostengünstig realisiert werden kann.

Die Sensitivitätsanalyse gibt auf einfache Weise Hinweise darauf, wie stabil die Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse sind. Die Berechnung von kritischen Werten zeigt auf, wie stark Einflussgrößen sich verändern können bzw. verändert werden müssen, um die relative Vorzüglichkeit von Produktionssystemen zueinander zu ändern. Des Weiteren werden durch die Sensitivitätsanalyse die wichtigsten Einflussgrößen auf die Rentabilität der Produktionssysteme herausgearbeitet, indem die Variablen identifiziert werden, die bei vergleichsweise geringen Änderungen die Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse kippen. Beides gibt Hinweise auf mögliche Ansatzpunkte für politische Maßnahmen, z. B. die Besteuerung des Torfeinsatzes oder die Subventionierung des Einsatzes alternativer Substratausgangsstoffe, die nötig wären, damit typische torf reduzierte Produktionssysteme dem Status quo vorgezogen werden. So können mögliche ökonomische Effekte ausgewählter politischer Maßnahmen auf die typischen Produktionssysteme ermittelt und erste Empfehlungen für Ansatzpunkte sinnvoller politischer Maßnahmen in den relevanten Gartenbausparten identifiziert werden.

Die Ergebnisse der stochastischen Risikoanalyse geben Aufschluss darüber, in wie weit das Risiko bei einem Wechsel zu torf reduzierten Produktionssystemen steigt. Außerdem zeigt die Analyse, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Zielgröße unter ausgewählte kritische Werte fällt (z. B. negativer Deckungsbeitrag I). Darauf aufbauend können wiederum Empfehlungen für die Politik abgeleitet werden. So kann z. B. durch die gezielte Einführung von Kompensationszahlungen das Risiko, dass die Zielgröße eines torf reduzierten Produktionssystems unter einem kritischen Wert landet, reduziert und somit die Bereitschaft zur Umstellung auf die torf reduzierte Produktion gesteigert werden.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die ökonomischen Untersuchungen zur Begleitung der BMEL-Torfminderungsstrategie wertvolle Erkenntnisse darüber liefern werden, ob und in welchem Ausmaß eine Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau zu erhöhten Produktionskosten führen wird. Das Ertragsniveau und die Qualität werden ebenfalls betrachtet, so dass Rentabilitätsveränderungen durch den Systemwechsel aufgezeigt werden. Ferner werden die Effekte auf das Produktionsrisiko quantifiziert. Es ist zu erwarten, dass auf dieser Grundlage sinnvolle politische Maßnahmen abgeleitet werden können, um die Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau politisch zu begleiten und zu stimulieren.

Literaturverzeichnis

- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019a) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Cyclamen in torffreien Substraten für den Erwerbsgartenbau
- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019b) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Gefärbtes Perlit in torffreien Substraten für Usambaraveilchen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=79118>> [zitiert am 23.9.2020]
- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019c) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Kultur von Usambaraveilchen in torffreien Substraten, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=79117>> [zitiert am 23.9.2020]
- Allaire S, Caron J, Ménard C, Dorais M (2004) Growing Media Varying in Particle Size and Shape for Greenhouse Tomato
- Altmann M (2008) Socio-Economic Impact of the Peat and Growing Media Industry on Horticulture in the EU., zu finden in <https://coconcept.lu/fileadmin/Downloads/Socio_Economic_Study1.pdf>
- Balmann A, Lotze H, Noleppa S (1998) Agrarsektormodellierung auf der Basis "typischer Betriebe". Agrarwirtschaft 47(5)
- Batjes NH (1996) Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur J Soil Science 47(2):151-163. doi: 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x, zu finden in <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>>
- Beltz H (2016) Torffreie/torfreduzierte Substrate für kalkempfindlich Gehölze, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=71286>> [zitiert am 30.9.2020]
- Berghöfer A, Couwenberg J, Drösler M, Jensen R, Kantelhardt J, Luthardt V, Permien T, Röder N, Schaller L, Schweppe-Kreft B, Tanneberger F, Trepel M, Wichmann S (eds) (2015) Naturkapital und Klimapolitik : Synergien und Konflikte [Langfassung]: 5. KLIMASCHUTZ DURCH WIEDERVERNÄSUNG VON KOHLENSTOFFREICHEN BÖDEN. Naturkapital Deutschland TEEB DE, 28 p
- Bitsch V (2000) Die Fallstudie als Forschungsansatz: Konjunktur für eine vernachlässigte Strategie der Erkenntnisgewinnung. Gartenbauwissenschaft(65):229-236, zu finden in <https://www.pubhort.org/ejhs/2000/file_3665.pdf> [zitiert am 19.10.2020]
- BMEL (2019) Der Gartenbau in Deutschland: Daten und Fakten, zu finden in <<https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/GBB-0000100-2012.pdf>> [zitiert am 30.3.2021]
- BMEL (2020) Ertragslage Garten und Weinbau 2020: Daten-Analyse(723), zu finden in <www.bmel-statistik.de> [zitiert am 30.3.2021]
- BMU (2016) Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, zu finden in <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf> [zitiert am 30.3.2021]
- BMU (2019) Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, zu finden in <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>> [zitiert am 4.9.2020]
- BMWi (2021) Deutsche Klimaschutzpolitik, zu finden in <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-deutsche-klimaschutzpolitik.html>> [zitiert am 4.10.2021]
- Bohlin C, Holmberg P (2004) Peat – Dominating Growing Medium in Swedish Horticulture. Acta Horticulturae:177-181

- Bohne H (2004) Growth of Nursery Crops in Peat-Reduced and in Peat-Free Substrates. *Acta Horticulturae*(644):103-106
- Brandes W, Odening M (1992) Investition, Finanzierung und Wachstum in der Landwirtschaft: 31 Tabellen. Stuttgart: Ulmer, 303 p
- Ceglie FG, Bustamante MA, Ben Amara M, Tittarelli F (2015) The Challenge of Peat Substitution in Organic Seedling Production: Optimization of Growing Media Formulation through Mixture Design and Response Surface Analysis. *PLoS ONE* 10(6):e0128600. doi: 10.1371/journal.pone.0128600
- Cowerberg J, Joosten H (2001) Ur anthropogenen Veränderung der Moore: Bilanzen zum Moorverlust, das Beispiel Deutschland. *Landschaftsökologische Moorkunde*.(2. Aufl.)
- Degen B, Koch R (2015) Versuche im deutschen Gartenbau 2015: Begonien im torffreien Substrat blieben deutlich kleiner
- Degen B, Koch R (2020) Versuche im deutschen Gartenbau 2020 Zierpflanzen Gute Poinsettien-Qualitäten in torf reduzierten und torffreien Substraten, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=83377>> [zitiert am 23.9.2020]
- Destatis SB (2019) Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Fachserie 4 Reihe 3.1 - 2018, zu finden in <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/Publikationen/Downloads-Konjunktur/produktion-jahr-2040310187004.pdf?__blob=publicationFile> [zitiert am 28.9.2020]
- Destatis SB (2021) 51000-0009: Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Land, Warenverzeichnis (4-/6-Steller): Verfügbarer Zeitraum: 2008 - 2020, zu finden in <<https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=51000-0009&bypass=true&levelindex=0&levelid=1622098350156#abreadcrumb>> [zitiert am 27.5.2021]
- Dirksmeyer W (2006) Economics of Pesticide Reduction and Biological Control in Open Field Vegetables – A Cross Country Comparison. In: Weingarten P (ed) *Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik* 21
- Dirksmeyer W (2007) Ist eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Freilandgemüsebau möglich: Paper prepared for presentation at the 47th annual conference of the GEWISOLA
- Dirksmeyer W, Fluck K (2013) Wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors in Deutschland, 2., überarb. Aufl. Braunschweig: Johann-Heinrich-von-Thünen-Inst, 140 p. Thünen-Report 2, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn052164.pdf> [zitiert am 2.9.2020]
- Dirksmeyer W, Garming H, Strohm K (2014) Horticulture Report understanding agriculture worldwide: Global Supporting Partner, zu finden in <http://www.agribenchmark.org/fileadmin/Dateiablage/B-Horticulture/Misc/F_Horticulture_Report_2014_Druck.pdf>
- Drake T, Keating M, Summers R, Yochikawa A, Pitman T, Dodd AN (2016) The Cultivation of Arabidopsis for Experimental Research Using Commercially Available Peat-Based and Peat-Free Growing Media. *PLoS ONE* 11(4):e0153625. doi: 10.1371/journal.pone.0153625, zu finden in <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153625>> [zitiert am 5.10.2020]
- Drösler M, Adelman W, Augustin J, Bergmann L, Beyer C, Chojnicki, Bogdan, Förster, Christoph, Freibauer A, Giebels M, Görlitz S, Höper H, Kantelhardt J, Liebersbach H, Hahn-Schöfl M, Minke M, Petschow P, Pfadenhauer J, Schaller L, Schäger P, Sommer M, Thuille A, Wehrhan M (2013) Klimaschutz durch Moorschutz: Schlussbericht des Vorhabens „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010

- Eymann L, Mathis A, Stucki M, Amrein S (2015) Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen
- Garming H (2016) Auswirkungen des Mindestlohns in Landwirtschaft und Gartenbau: Erfahrungen aus dem ersten Jahr und Ausblick. ThuenenWorkingPaper(53), zu finden in <https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_53.pdf> [zitiert am 9.9.2020]
- Gaudig G, Krebs M (2016) Torfmooskulturen als Ersatzlebensraum. *Biologie in unserer Zeit* 46(4):251-257. doi: 10.1002/biuz.201610600
- Geiger E-V (2016) Beet- und Balkonpflanzen: Vergleich der Kultur eines breiten Sortimentes in einem torffreien Substrat und einem torfhaltigen Substrat Versuche im deutschen Gartenbau 2016. Versuche im deutschen Gartenbau 2016 Zierpflanzen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=71318>> [zitiert am 6.10.2020]
- Göthlich SE (2003) Fallstudien als Forschungsmethode: Plädoyer für einen Methodenpluralismus in der deutschen betriebswirtschaftlichen Forschung, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel 578, zu finden in <<https://ideas.repec.org/p/zbw/cauman/578.html>> [zitiert am 10.9.2020]
- Großmann M, Neumaier D, Schmitt B, Wartenberg S, Wrede A (2015) Torfreduktion und Vollversorgung mit Vorratsdüngern bei Stauden. *Gärtnerbörse*(10):56-61
- Hardaker JB, Lien G, Anderson JR, Huirne RBM (2015) *Coping with risk in agriculture: Applied decision analysis*, 3. ed. Wallingford: CABI, 276 p
- Hemme T (2000) Ein Konzept zur international vergleichenden Analyse von Politik- und Technikfolgen in der Landwirtschaft. Braunschweig: FAL, 284 p. *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft* 215
- Hemme T, Deblitz C, Goertz D, Isermeyer F, Knutson R, Anderson D (1999) Politik- und Technikfolgenanalysen für typische Betriebe im Rahmen des „International Farm Comparison Network“ (IFCN)
- Hirschauer N, Mußhoff O, Bavorová M (2012) *Risikomanagement in der Landwirtschaft*. Bergen/Dumme: Agrimedia, 216 p. Themenbibliothek Ökonomie
- Huntenburg K, Reil M (2019) Forschungsverbundprojekt auf dem Gebiet der Torfersatzstoffe im Gartenbau - Projekt TeiGa
- Immirzi CP, Maltby E (1992) *The global status of peatlands and their role in carbon cycling: A report for Friends of the Earth*, June 1992. London, 145 p
- IVG (undatiert) 10 Fragen zum Thema Torf: Beiträge zur aktuellen politischen Diskussion, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/download/10-fragen-zumthema-torf.>> [zitiert am 6.10.2021]
- IVG (2013) Einsatz von Torf im Erwerbsgartenbau, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/torf-gartenbau/gartenbau-torfeinsatz>> [zitiert am 3.10.2020]
- IVG (2016) Torfgewinnung: Aktuelle Situation: Torfgewinnung und Import, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/torfgewinnung-in-deutschland/torfgewinnung-aktuelle-situation>> [zitiert am 3.10.2020]
- IVG (2020a) 2020 an FNR, Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe.
- IVG (2020b) Erhebung der Produktion und Torfverwendung der deutschen Substratindustrie, zu finden in <https://www.ivg.org/fileadmin/downloads/Flyer/Faktenblatt_Erden_final.pdf> [zitiert am 13.11.2020]

- Koalitionsvertrag (2018) Ein neuer Aufbruch für Europa Eine neue Dynamik für Deutschland Ein neuer Zusammenhalt für unser Land: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode. Zeile 4070, zu finden in <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/656734/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf>> [zitiert am 30.3.2021]
- Kromrey H, Strübing J (2009) Empirische Sozialforschung: Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung, 12., überarb. und erg. Aufl. Stuttgart: Lucius & Lucius, 552 p. UTB 1040, zu finden in <<http://www.utb-studi-e-book.de/9783838510408>>
- Krug J (2013) Perspektiven ackerbaulicher Grenzstandorte in Nordostdeutschland: Übertragbarkeit extensiver Produktionssysteme überseeischer Trockenstandorte. Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2013. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 57 p. Thünen Report 6, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn052166.pdf> [zitiert am 30.12.2020]
- Lindemann T, Dirksmeyer W (2015) Typical cauliflower production systems in Germany. *Acta Hort.*(1103):197-202. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1103.29
- Meerow AW (1997) Coir Dust, A Viable Alternative to Peat Moss. *HortScience*:1, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/239530350_Coir_Dust_A_Viable_Alternative_to_Peat_Moss> [zitiert am 25.9.2020]
- Mußhoff O, Hirschauer N (2016) Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, 610 p
- Parish F, Sirin A, Charman D, Joosten H, Minayeva T, Silvius M, Stringer L (2008) Assessment on peatlands, biodiversity, and climate change. Kuala Lumpur: Global Environment Centre & Wetlands International, Wageningen, 2 volumes, zu finden in <http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf> [zitiert am 7.9.2020]
- Pozzi A, Frangi P, Castelnovo M, Pardossi A (2003) GROWTH AND FLOWERING OF GERANIUM AND NEW GUINEA IMPATIENS IN PEAT-REDUCED AND IN PEAT-FREE SUBSTRATES WATERED WITH DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS. *Acta Hort.*(614):291-295. doi: 10.17660/ActaHortic.2003.614.43
- Pryce S (1991) Alternatives to peat on JSTOR: Professional Horticulture. Chartered Institute of Horticulture, No. 3, zu finden in <<https://www.jstor.org/stable/45121205>> [zitiert am 23.9.2020]
- Raviv M (2011) The Future of Composts as Ingredients of Growing Media. *Acta Horticulturae*(891):19-32
- Rivière L-M, Caron J (2001) RESEARCH ON SUBSTRATES: STATE OF THE ART AND NEED FOR THE COMING 10 YEARS. *Acta Horticulturae*:29-42
- Roeder N, Osterburg B (2012) The impact of map and data resolution on the determination of the agricultural utilisation of organic soils in Germany. *Environmental management* 49(6):1150-1162. doi: 10.1007/s00267-012-9849-y, zu finden in <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22525988/>>
- Russo G, Lucia B de, Vecchiotti L, Rea E, Leone A (2011) Environmental and Agronomical Analysis of Different Compost-Based Peat-Free Substrates in Potted Rosemary. *Acta Horticulturae*(891):265-272
- Ryll J, Wagner P (2019) Ökonomische Bewertung von Low-Input-Genotypen unter der Berücksichtigung von Kosteneinsparungseffekten für Fungizide. In: Henning CHCA (ed) Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020: 58. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. vom 12. bis 14. September 2018, 1. Auflage 2019. Münster: Landwirtschaftsverlag: pp 31-42
- Schmatzler E (2012) Die Torfindustrie in Niedersachsen – Ergebnisse einer Umfrage zur Zukunft der Torfgewinnung in Niedersachsen. *TELMA*(Band 42):27-42. doi: 10.23689/FIDGEO-2959

- Schmatzler E, IVG (undatiert) Die Zukunft der Torfgewinnung in Niedersachsen: Untersuchung und Umfrage im Auftrag der Bundesvereinigung Torf- und Humuswirtschaft in der Fachabteilung Substrate, Erden, Ausgangsstoffe im Industrieverband Garten e.V., 6 p
- Schmidt T, Baumgardt B, Blumenthal A, Burdick B, Claupein E, Dirksmeyer W, Hafner G, Klockgether K, Koch F, Leverenz D, Lörchner M, Ludwig-Ohm S, Niepagenkemper L, Owusu-Sekyere K, Waskow F (2019) Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (RE-FOWAS) : Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen, Volume 1: Volume 1. Thünen Report(73), zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061368.pdf> [zitiert am 10.9.2020]
- Schmilewski G (2017) Growing media constituents used in the EU in 2013. *Acta Hort.*(1168):85-92. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1168.12
- Schmilewski G (2018) Kultursubstrate und Blumenerden – Eigenschaften, Ausgangsstoffe, Verwendung. Herausgegeben vom Industrieverband Garten e.V., 254 p
- SRU SfU (2012) Umweltgutachten 2012- Verantwortung in einer begrenzten Welt, zu finden in <https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2012_2016/2012_06_04_Umweltgutachten_HD.pdf?__blob=publicationFile> [zitiert am 7.9.2020]
- Strohm K, Dirksmeyer W, Garming H (2014) International Analysis of the Profitability of Wine Grape Production. Hochschule Geisenheim, 12 p. 8th International Conference, zu finden in <http://academyofwinebusiness.com/wp-content/uploads/2014/07/BM04_Dirksmeyer_Walter.pdf> [zitiert am 10.9.2020]
- Stucki M, Wettstein S, Mathis A, Amrein S (2019) Erweiterung der Studie «Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich»: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
- Trost V, Geiger E-V, Schneider T (2019) Topfkultur von *Helianthus annuus*: Einfluss von torffreien und torf-reduzierten Substraten auf das Bewässerungsmanagement. Versuche im deutschen Gartenbau 2019 ZIERPFLANZEN, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=82318>> [zitiert am 23.9.2020]
- UBA U (2019) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-28_cc_23-2019_nir-2019_0.pdf> [zitiert am 18.12.2020]
- Ueber E (2015) Eignung torf-reduzierter und torffreier Substrate für die Kultur von *Gaultheria procumbens*. Versuche im deutschen Gartenbau 2015 Zierpflanzen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=66663>> [zitiert am 3.10.2020]
- UNFCCC UNCC (2020) Greenhouse Gas Inventory Data - Flexible Queries Annex I Parties, zu finden in <https://di.unfccc.int/flex_annex1> [zitiert am 3.9.2020]
- Warren SL, Bilderback TE, Owen J (2009) Growing Media for the Nursery Industry: Use of Amendments in Traditional Bark-Based Media. *Acta Horticulturae*(819):143-156
- Wesseler J (1997) Die Ökonomie der Einführung von Obstkulturen in der Cordillera Central von Nordluzon, Philippinen. *Forschungsberichte zur Ökonomie im Gartenbau*:273
- Zimmer Y, Deblitz C (2005) agri benchmark Cash Crop: A standard operating procedure to define typical farms. FAL, Braunschweig, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk038513.pdf> [zitiert am 4.9.2020]