



ISOE-Materialien Soziale Ökologie **37**

Engelbert Schramm, Karoline Kickler

Potenziale und Restriktionen des Gewächshausanbaus in Vorderasien

**Potenzialanalyse und Wirkungsfolgenabschätzung einer
forcierten Implementierung des Gewächshausanbaus
in ariden Gebieten**



ISSN 1614-8193

Die Reihe „ISOE-Materialien Soziale Ökologie“ setzt die Reihe „Materialien Soziale Ökologie (MSÖ)“ (ISSN: 1617-3120) fort.

Engelbert Schramm, Karoline Kickler

Potenziale und Restriktionen des Gewächshausanbaus in Vorderasien

Potenzialanalyse und Wirkungsfolgenabschätzung einer forcierten Implementierung des Gewächshausanbaus in ariden Gebieten

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WM1178 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Titelbild: © Pixinoo – Fotolia.com

Herausgeber:
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2014

Zu diesem Text

Für eine Wirkungsabschätzung der forcierten Einführung von Gewächshäusern wurde eine Potenzial- und Restriktionsanalyse aufbauend auf einer Literaturrecherche durchgeführt. Grundsätzlich gestattet der Gewächshausanbau unter den in Vorderasien häufigen ariden und semi-ariden Situationen trotz erheblicher Intensitätssteigerung eine deutliche Verringerung des Wassereinsatzes.

Es sind Lösungsansätze vorhanden, die dazu beitragen können, dort positive Entwicklungspotenziale zu entfalten und die negativen Entwicklungen zu verhindern. Dennoch ist das Gewächshaus kein Allheilmittel. Insbesondere die Vermittlung bzw. regionale Anpassung von Wissen (auch zum Pflanzenschutz), der Erhalt geeigneter Sorten und der Zugang der Landwirte zu diesen sind starke Hemmnisse. Flankierende staatliche und private Fördermaßnahmen sowie neue institutionelle Arrangements bzw. Governancestrukturen erlauben, nachteilige Entwicklungen zu vermeiden und den Erhalt von Ökosystemleistungen zu fördern.

About this text

In order to obtain an impact assessment of the introduction of greenhouse production and its sustainability in the Middle East an analysis for potentials and restrictions was done based on literature search. This innovation generally allows for an improved income generation and a commercialization and orientation towards export in agriculture. Furthermore, the utilization of unproductive locations becomes possible while potentially raising the resource productivity at the same time. Greenhouse production means a significant reduction of water use in agriculture within the frequently found arid and semi-arid situations in the Middle East even though enabling a serious efficiency improvement. Never the less it is not a universal remedy. Restrictions to be considered are the necessity of knowledge transfer respectively the adaption of knowledge (also with respect to plant protection), the preservation of suitable varieties and the access for farmers to this agrobiodiversity.

Never the less there are tentative solutions that are assessed to be highly beneficial for sustainable cultivation and that can contribute to unfold positive development potentials and avoid negative developments. This has to be accompanied by government incentives and private subsidies as well as institutional arrangements respectively governance structures in order to avoid the disadvantages of greenhouse production and to secure existing eco system services.

Inhalt

Einleitung	5
1 Anpassung an extreme Umweltbedingungen und Erschließung unproduktiver Standorte durch alternative Anbausysteme	7
2 Potenzielle Erhöhung der Ressourcenproduktivität	17
3 Umweltauswirkungen von Plastikgewächshäusern im Vergleich zum Freilandanbau und mögliche externe Effekte	22
4 Einkommensgenerierung und Lebensmittelsicherheit.....	29
5 Kommerzialisierung der Landwirtschaft und Exportorientierung	33
6 Möglichkeiten der Entstehung neuer Industriezweige	37
7 Schaffung potenzieller Arbeitsplätze.....	40
8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	43
9 Literatur	45

Einleitung

Wie weite Teile der Erde sieht sich auch Vorderasien spätestens seit des starken Bevölkerungszuwachses, der steigenden Wirtschaftsaktivitäten und der sich im Zuge des Klimawandels häufenden Extremwetterereignisse zunehmend mit ernststen Umweltproblemen wie Dürre- und Trockenperioden konfrontiert. Vorderasien umfasst Staaten wie die Türkei, Armenien, Aserbaidschan, Bahrein, Jemen, Georgien, Oman, Israel, Iran, Irak, Jordanien, Saudi-Arabien, Katar, Kuwait, Syrien, Libanon, die Vereinigten Arabischen Emirate, aber auch die Halbinsel Sinai und liegt in jenem subtropischen Klimagürtel der Erde, der überwiegend durch ein arides Klima geprägt ist.

Hervorgerufen durch Aridität bestehen die Problemfelder in Vorderasien besonders in den Bereichen der Verknappung und Versalzung von Wasserressourcen und der Bodendegradation durch Versalzung, Desertifikation und Erosion. Umweltverschmutzungen durch unrechtmäßige Abfallentsorgung, wie sie mit unkontrollierter Urbanisierung einhergehen können, verschärfen die genannten Defizite zusätzlich. Ob die Globalisierung mit der Ausweitung des Handels und des Tourismus eher ein Risiko oder eine Chance für eine nachhaltige Entwicklung darstellt, bleibt umstritten. Dass aber der weltweit expandierende Gewächshausanbau, sei es nun für binnen- oder außenwirtschaftliche Zwecke, ein großes Potenzial für die Steigerung der Ressourceneffizienz und damit auch für die Nachhaltigkeit des Landwirtschaftssektors aufweist, verdeutlicht die Analyse, die im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „Integriertes Wasserressourcenmanagement in Isfahan: Zayandeh Rud Einzugsgebiet“ durchgeführt wurde und deren Ergebnisse wir hier vorlegen.

Um eine erste Wirkungsfolgenabschätzung eines forcierten Gewächshausanbaus in Vorderasien bezüglich Nachhaltigkeit treffen zu können, wurde eine Potenzial- und Hemmnisanalyse, aufbauend auf Informationen aus der Literaturrecherche durchgeführt. Diese Analyse auf sieben verschiedenen Wirkungsebenen beabsichtigt, einen vorläufigen Überblick über die Vor- und Nachteile des Gewächshausanbaus zu geben, sowie die Abschätzung ausschlaggebender Wirkungsfolgen zu ermöglichen. Für die Potenzial- und Restriktionsabschätzung wurden diese Wirkungsebenen des Gewächshausanbaus entweder dem umwelt- und ressourcenbezogenen oder dem soziökonomischen Wirkungsbereich zugeordnet:

- „umwelt- und ressourcenbezogener Wirkungsbereich“
 - Anpassung an extreme Umweltbedingungen und Erschließung unproduktiver Standorte durch alternative Anbausysteme
 - potenzielle Erhöhung der Ressourcenproduktivität
 - Umweltauswirkungen von Plastikgewächshäusern (im Vergleich zum Freilandanbau)
- „sozio-ökonomischer Wirkungsbereich“
 - Einkommensgenerierung und Lebensmittelsicherheit
 - Kommerzialisierung der Landwirtschaft und Exportorientierung

- Möglichkeiten der Entstehung neuer Industriezweige
- Schaffung potenzieller Arbeitsplätze

Die hier erfolgte Untersuchung deckt aus pragmatischen Gründen nicht alle Themengebiete umfassend in ihren Vor- und Nachteilen ab, weshalb für die Abschätzung kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht.

Das Vorgehen bei der Potenzial- und Restriktionsanalyse jeder einzelnen Wirkungsebene richtet sich nach dem Aufbau der Wirkungsfolgenabschätzung, wie sie Bergmann, Schramm und Wehling dargestellt haben (Bergmann et al. 1999). Demnach verfolgt eine kritische Technologie-Folgenabschätzung zur Analyse von Einzelinstrumenten die Beschreibung ihrer Potenziale, Restriktionen, nötigen Rahmenbedingungen sowie ihrer intendierten und nicht-intendierten Folgen. Anstelle der Instrumente oder Maßnahmen treten hier allerdings die Wirkungsebenen der Maßnahme „Gewächshausanbau“, deren jeweilige Wirkungspotenziale, Restriktionen und unbeabsichtigten Folgen näher beschrieben werden sollen.

Aufbauend auf einer Literaturrecherche wird dementsprechend untersucht, welchen positiven Beitrag der Gewächshausanbau in ariden Regionen bei der nachhaltigen Ressourcennutzung und auf anderen sozio-ökonomischen Wirkebenen liefern könnte und welche Chancen, Risiken und unbeabsichtigten Folgen die Entfaltung des Potenzials tatsächlich beeinflussen könnten. Dabei stehen die Steigerung der Input-Produktivität und die daraus resultierenden möglichen Einsparungen und Gewinne sowie sich entfaltende sozio-ökonomische Vorteile im Mittelpunkt der Abschätzung. Umso wichtiger ist die Betrachtung der möglichen Restriktionen einer forcierten Gewächshaus-Implementierung, wozu Handlungshemmnisse der Zielgruppen als auch systemische Hemmnisse durch gegebene Rahmenbedingungen zählen. Eine Auflistung potenzieller Lösungsansätze zur Überwindung dieser Restriktionen wird dem gegenübergestellt. Nicht außer Acht gelassen werden auch die nicht-beabsichtigten Folgen eines intensivierten Gewächshausanbaus, soweit dieser nicht im Sinne größtmöglicher Nachhaltigkeit betrieben wird und daher verstärkt negative externe Effekte hervorrufen kann.

Am Ende dieser Analyse von Potenzialen und Hemmnisse erfolgt eine Zusammenfassung und Bewertung der wichtigsten Entwicklungspotenziale und unerwünschten Folgen eines forcierten Gewächshausanbaus. Außerdem werden diejenigen Lösungsansätze hervorgehoben, die für einen nachhaltigen Anbau als am zuträglichsten eingeschätzt werden und dazu beitragen können, positive Entwicklungen anzustoßen und unerwünschte, nicht-nachhaltige bzw. negative Auswirkungen zu verhindern.

1 Anpassung an extreme Umweltbedingungen und Erschließung unproduktiver Standorte durch alternative Anbausysteme

Wie bereits erwähnt, liegt Vorderasien im subtropischen Klimagürtel der Erde und ist überwiegend durch ein arides Klima geprägt. Jede Klimazone umfasst aufgrund von geographischen und topographischen Unterschieden allerdings ein vielfältiges Klimakonsortium, weshalb auch in Vorderasien heterogene Klimabedingungen zu beobachten sind: So befinden sich im Westen in Mittelmeernähe bis zum Persischen Golf Gebiete mit milderem Winterregen-Klima und ariden Sommern, in Gebirgsregionen typischerweise eher feuchtere Gebiete und in weiten Teilen des Südosten wiederum herrschen kontinental geprägte Trockengebiete aus Steppen und Wüsten vor, die sich aufgrund des Passatklimas durch sehr geringe, auf den Winter beschränkte Niederschläge und ein ganzjährig arides Klima auszeichnen.¹

Diese klimatischen Unterschiede bedeuten für den Gewächshausanbau, dass Anbau-techniken- und -strategien sich nicht beliebig von einer Region auf andere Regionen Vorderasiens übertragen lassen, sondern dass regionale Anpassungsstrategien an klimatische Gegebenheiten unumgänglich sind für eine Optimierung des Anbaus. Nur wenn den Extremwetterbedingungen auf eine intelligente Weise entgegengewirkt wird, kann neben dem Anspruch auf Nachhaltigkeit auch dem Anspruch der Wirtschaftlichkeit Rechnung getragen werden.

Seit Ende des zwanzigsten Jahrhunderts haben sich besonders gemäßigte Mittelmeer-Klimate als vergleichsweise vorteilhaft für den Gewächshausanbau erwiesen und diese Länder haben starke Expansionsentwicklungen durchlaufen, da sie von den sehr milden Wintern und Niederschlägen profitieren konnten (vgl. Almeria in: Sánchez-Picón 2011 oder Israel in: Israel's Agriculture 2003). Die viel extremeren Klimabedingungen der arideren Gebiete führen zu verschärften Herausforderungen bei der Klimaregulierung von Gewächshäusern und deren Wasserversorgung. Ob die Anbaubedingungen in einer Region vorteilhaft sind, hängt letztendlich von der Ausprägung der limitierenden Faktoren, wie z.B. von der Verfügbarkeit sauberen Wassers in ausreichender Menge, der pflanzenverträglichen Umgebungstemperatur sowie der Sonneneinstrahlung und Sonnenscheindauer ab. Auch die Verfügbarkeit hitze-, trocken- oder salztoleranter Anbausorten könnte als primärer Limitierungsfaktor angesehen werden.² Bei naturgegebener oder menschengemachter Beschränkung einer dieser primären Limitierungsfaktoren führen auch erhebliche Anstrengungen bei der Opti-

¹ Klima-der-Erde.de (o.J.): <http://www.m-forkel.de/klima/mittelmeer.html> (12.12.2013)

² Die Verbesserung der Sortenrobustheit und deren Ressourcennutzungseffizienz stellt eine Anpassung an unproduktive Standorte, wie in Kapitel 1.2 beschrieben, dar. Folglich können die neuen Sorten die natürlichen Ressourcen bei gegebenen Umweltbedingungen optimaler nutzen als unangepasste Sorten, bei denen ein zusätzlicher Aufwand von Dünger und anderen Faktoren niemals zum gleichen Erfolgsniveau führen würde. Die Anbausorte wird somit zum limitierenden Produktionsfaktor.

mierung der übrigen Faktoren (Dünger, Temperatur, Pestizide) zu keiner maßgeblichen Steigerung der Anbau-Effizienz und -erträge (Leonardi/De Pascale 2010). Deshalb sollte bei möglichen Anpassungsstrategien und Ameliorationsmaßnahmen gegen Extremumweltbedingungen zu allererst der Umgang mit veränderlichen, limitierenden Faktoren, wie der Wasserverfügbarkeit, optimiert und erst im zweiten Schritt Maßnahmen wie Bodenverbesserungen, CO₂-Dünung etc. berücksichtigt werden.

1.1 Anpassung an Temperaturdifferenzen

Grundlegend gilt der Gewächshausanbau als Anpassungsstrategie an niedrige Temperaturen in den kalten (Winter-)Monaten, in denen das Pflanzenwachstum andernfalls verlangsamt oder gar unterbrochen wäre. Des Weiteren kann mit dieser Anbaumethode versucht werden, Temperaturschwankungen aufgrund des Tag-Nacht-Rhythmus so weit wie möglich abzupuffern. Ziel des Heizens ist also die Verlängerung der Vegetationsdauer und die Optimierung der Wachstumsbedingungen der angebauten Pflanzen, um höhere Erträge und längere Ernteperioden zu erzeugen.

Entsprechend der mittleren Monatstemperaturen werden bestimmte empfohlene Maßnahmen zur Temperaturregulierung zugeordnet: bei 0–12°C aktives Heizen, bei 12–22°C keine aktive Klimaregulierung und höchstens passive Belüftung, bei 16–22°C Kultivierung im Freilandanbau im Inland, bei 16–27°C Kultivierung im Freilandanbau an der Küste, bei 22–27°C aktives Kühlen; bei mehr als 27°C stellt sich die Frage, ob der Kühlaufwand gerechtfertigt ist. Dabei wurde beispielhaft Gela in Sizilien (37°N) von 12°C–26°C eingestuft und das niederländische De Bilt (52°N) mit 3°C–16°C, also mit 10°C Unterschied (Leonardi/De Pascale 2010). Folglich liegen die Länder Vorderasiens mit ihren sehr heißen Sommertagestemperaturen im extremen oberen Bereich, in dem aktives Kühlen oder sogar eine saisonale Nutzungsaufgabe während des Sommers empfohlen wird, da das Pflanzenwachstum andernfalls stark eingeschränkt ist. Auf der anderen Seite sind bei kontinental geprägten Lagen und Höhenlagen im Winter auch Fröste möglich. Die Vernachlässigung des Heizens bei Winterfrösten und die damit verbundenen Temperaturtagesschwankungen führen laut Hanafi und Papisolomontos (1999) zur Reduzierung der ausgebildeten Fruchtansätze. Aus diesem Grund appliziert man in Ländern wie Marokko, Syrien, Libanon, Ägypten, Jordanien, Tunesien, Zypern und der Türkei Hormone zur Ausbildung der Fruchtansätze (z.B. bei Tomaten, Paprika und Auberginen). Auch die Vibrationsmethode wurde verwendet (Hanafi/Papisolomontos 1999). Vermutlich kann durch die künstliche Induktion und höhere Bestäubungsrate der negative Effekt der Erntereduktion durch unterlassenes Heizen kompensiert werden.

Trotz der möglichen Winterfröste in Vorderasien werden weitläufig noch keine Beheizungsanlagen verwendet, so dass bei länger anhaltenden Frostperioden starke Schäden und hohe Verluste auftreten. Mildere Fröste können sich bereits negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken, zu reduzierten Fruchtansätzen und schlechter Produktqualität führen. Dies spräche dafür, schon leichte Fröste möglichst zu vermeiden,

um die Verluste durch im Vorfeld getätigte Ressourceneinsätze gering zu halten und das Ausbleiben von Ernteerträgen zu vermeiden. Neben gebräuchlichen fossilen Heizmitteln wie Kerosin (Leichtöle), Erdgas, Holz oder elektrischem Strom wurde in Syrien, der Türkei, Tunesien und Marokko auch in geringem Umfang biothermische Energie³ genutzt (Hanafi/Papasolomontos 1999). Die Biothermie bedarf laut Hanafi und Papasolomonto (1999) jedoch noch der Weiterentwicklung und Nutzungsausweitung. Werden Pflanzenrohstoffe genutzt, besteht jedoch immer die Gefahr, dass Ressourcen, die eventuell auch zur Ernährungssicherheit der Bevölkerung beitragen könnten, stattdessen für den inländischen Energiesektor oder den Export eingesetzt werden („Teller-Tank-Diskussion“/„Cash Crop versus Food Crop“). Im Fall, dass der Ernährungszustand der Bevölkerung gefährdet wird, ist zum Einsatz von Geothermie, Photovoltaikanlagen und Abwärmerückgewinnung von Gebäuden und anderen Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) zu raten, da die Energie so auf direktem Weg, ohne den Umweg über Bioenergieträger gewonnen werden kann. Die Wahl des Brennstoffs wird jedoch hauptsächlich von technischen und finanziellen Aspekten bestimmt und hängt somit vom Heizungstyp und den Brennstoffpreisen in den Ländern ab (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J.⁴). Da die breite Ölförderung in Vorderasien bekannterweise zu niedrigen Ölpreisen führt, wird die Nutzung fossiler Brennstoffe weiterhin die gebräuchlichere Alternative gegenüber Biokraftstoffen darstellen. Es gibt jedoch Tendenzen, dass einige Länder bevorzugt auf erneuerbare Energien zurückgreifen, um sich die Ölreserven für den lukrativen Export vorzubehalten.

Im Gartenbau kommen zur Beheizung, deutschen Erfahrungen zufolge, überwiegend die Rohrheizung, der Luftherhitzer und die Vegetationsheizung zur Anwendung (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J.). Die Rohrheizung ist weitverbreitet und ähnelt im Prinzip einem normalen Innenraum-Heizkörper. Sie besteht aus zehn Zentimeter breiten Stahlrohren, die durch das Gewächshaus verlegt werden und durch die etwa 60°C heißes Wasser gepumpt wird, um die Luft zu erwärmen. Unterschieden wird zwischen Oberrohrheizung und Untertischheizung, welche den Raum über den Pflanzen oder in der Nähe der Wurzeln erwärmen. Oberrohrheizungen verlaufen über Kopfhöhe und werden in Warmhäusern oft als Zusatz angebracht.

Der Luftherhitzer funktioniert mittels Ventilator, welcher kalte Luft ansaugt, die durch einen Konvektor (Metall-Lamellen mit heißem Wasser gefüllt) oder eine Heizspirale erwärmt wird und anschließend über einen perforierten Folienschlauch im Gewächshaus verströmt. Er verläuft in Längsrichtung in zwei Meter Höhe über den Pflanzen und sorgt für eine gleichmäßige und zielgerichtete Erwärmung, wodurch weniger Energie benötigt wird. Neben den aufgehängten Luftherhitzern gibt es auch auf dem Boden stehende Varianten – alle sind üblicherweise am Rahmengerüst montiert. Mo-

³ Mit Biothermie könnte Ali (2008) Wärmeenergie meinen, die über biologisches Material generiert wird; so z.B. bei der Verbrennung von Biokraftstoffen wie Biomethan, Bioethanol, Biodiesel, Pflanzenöl oder Biomass to Liquid-Kraftstoffen.

⁴ Gärtnerische Grundkenntnisse (o.J.): <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/kategor/s103.htm> (13.11.2013)

bile Modelle ohne Folienschlauch können für Übergangszeiten beliebig aufgestellt werden.

Im Gegensatz dazu wird die Vegetationsheizung fest installiert, denn dabei verlaufen dünne Plastikrohre entweder direkt durch den Pflanzenbestand oder auf Tischen zwischen den Kulturgefäßen und werden mit warmem Wasser durchströmt. Die Rohre dürfen höchstens 40°C heiß werden, um keine Verbrennungen zu verursachen. Die Rohrhöhe wird dem Bedarf entsprechend angepasst. Neben der Erzeugung einer guten Durchlüftung und einer guten Abtrocknung des Pflanzenbestandes, stellt diese Heiztechnik eine ausgesprochen energiesparende Alternative dar (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J.).

In Tunesien ist ein zweiter interner Polyethylenfilm üblich, der bei der Erzeugung höherer Nachttemperaturen behilflich ist (Hanafi/Papasolomontos 1999). Somit kann eine Weiterentwicklung der Isoliermaterialien helfen, den Heizbedarf zu senken und somit Energie einzusparen.

Wie bereits erwähnt, treten in Vorderasien als Pendant zur winterlichen und nächtlichen Unterkühlung im Sommer zwischen Juni und August und zur Mittagszeit Überhitzungsphasen auf, denen wiederum mit Kühltechnologien oder mit simplen Handlungsstrategien wie der zeitweisen Nutzungsaufgabe begegnet werden muss. In China werden die Folien im Hochsommer entfernt, so dass die Hitze den Boden sterilisiert, was das Auftreten von Krankheiten vermindert (Chang et al. 2011). In mediterranen Ländern kommt es bei hohen Temperaturen und fehlender Bodendesinfektion, nicht praktiziertem Fruchtwechsel oder ohne Bracheperiode zu problematischen Bodenkrankheiten, wie Nematoden und Wurzelpilzen (Hanafi/Papasolomontos 1999). Das bedeutet, dass der vornehmliche Anbau von Gewächshaus-Monokulturen in warmen bis heißen Regionen auch das Problem des Krankheitsdrucks verschlimmert, weshalb Kühltechniken durchaus neben dem Fruchtwechsel als vorteilhafte Anbautechnik herausstechen. Anhand dieser Maßnahmen könnten krankheitsbedingte und hitzebedingte Ernteverluste reduziert werden.

In Fällen, in denen kein geschlossener Kühlkreislauf eingehalten werden muss, kann auf einfache Belüftungsmaßnahmen zurückgegriffen werden. Generell ist eine Kombination von First- (Dach) und Stehwandlüftung (Seiten) optimal. Die Firstlüftung führt die Wärme am schnellsten ab und die Stehwandlüftung lässt kühle Luft in das Gewächshaus strömen. Ventilatoren stellen eine zusätzliche, aktive (Zwangs-)Belüftung dar. Die Belüftung ist insbesondere für eine gute Kohlenstoffdioxidversorgung unerlässlich (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J.).

Nach Hanafi und Papasolomontos (1999) stellen schlechte Belüftungsrichtungen das schwächste Glied der Produktionskette in mediterranen Gebieten dar, besonders bei den flachen, einfach-bespannten Gewächshäusern (single-span), die nur einen kleinen Luftraum aufweisen. Dort bedient man sich der Seitenauslässe (side vents), Seitenöffnungen oder Öffnungen am Ende der Konstruktion. Diese Maßnahmen ge-

nügen aber nicht, um das Auftreten und die Verbreitung von pathogenen Pilzen und Bakterien zu verhindern.

Neuere Gewächshaustypen, wie die mehrfach-bespannten Konstrukte (multi-span), weisen durch Seiten- und Dachöffnungen und zusätzliche Ventilatoren eine verbesserte Temperatur- und Feuchtigkeitsregulierung auf. Um die Verringerung der Luftfeuchte zu beschleunigen, wurden in Ländern wie Tunesien und Zypern schon kleinskalige Projekte von Kombinationen aus Luftventilatoren mit Warmhausheizungen ausgetestet. Die Belüftung kann einerseits die Keimung von Pilzerregern verhindern und trägt andererseits aber auch zu deren Verteilung bei. Es ist noch nicht geklärt, welcher Effekt überwiegt (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J.). Eine andere angewandte Methode stellt ein zweiter interner Polyethylenfilm dar, der in Tunesien üblich ist, um eine geringere Luftfeuchtigkeit zu unterstützen (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Durch Schattenschirme, Schattiergewebe, Hitzeschirme, das Weißen von Oberflächen mit Kreide und hitzeundurchlässige Folien lässt sich das Eindringen der Wärmestrahlung als ursprüngliche Ursache der Überhitzung verhindern. Diese Herangehensweise scheint zunächst am nachhaltigsten und energiesparsamsten, aber verursacht auch Probleme durch die verringerte Durchlässigkeit für photosynthese-relevante Lichtspektren (Schattenwurfproblematik). Man versucht, dem entgegenzuwirken, indem bspw. IR⁵-undurchlässige Materialien eingesetzt werden, da insbesondere IR-Strahlung zur Erhitzung der Innenluft beiträgt und die Transpiration der Pflanzen erhöht (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J., Grundwissen Gewächshaus). Stanghellini (2011) weist aber auch darauf hin, dass von dieser Technik keine Wunder zu erwarten sind, da das Material die IR-Strahlung oftmals direkt aufnimmt und folglich die Abgabe langwelliger Strahlung zur Erwärmung führen kann. Außerdem könne auch eine mehrfache Reflektion im Inneren des Gewächshauses resultieren, so dass sich Absorption der Außenstrahlung und die partielle Reflektion im Innern aufheben. Nicht zuletzt möchte man die IR-Strahlung in der kälteren Jahreszeit nutzen, statt sie abzuschirmen, weshalb eine feste Installation dieser IR-Folien unpraktisch erscheint (Stanghellini 2011).

Generell verbessern mehrlagige Polyethylenschichten durch Isolation die Gleichmäßigkeit der Temperaturbedingungen im Gewächshaus. Rohmaterialien für Folien sind hauptsächlich das *low-density*-Polyethylen (LDPE), das Ethylen-Venyl Acetat (EVA) und das Ethylen-Butyl Acrylat (EBA). Das *linear low-density*-Polyethylen (LLDPE) dient hingegen zum Mulchen. In China explodierte der Markt für innovative Folien bereits. Sie besitzen vielseitige Funktionen, darunter Widerstandskraft, Anti-Fog-, Anti-Haft- und Anti-Schmutzeigenschaften und optische Eigenschaften zur Durchlässigkeit von ultraviolettem, sichtbarem, nahen Infrarot- und mittleren Infrarot-Licht. Dabei stehen UV- und NIR-abweisende, fluoreszierende und ultrathermische Folien im Mittelpunkt (Espí et al. 2006). Auch können lichtstreuende Materialien zur Erhöhung der Lichtintensität im Innern des Gewächshauses beitragen (Stanghellini 2011). Die

⁵ IR = Infrarot – NIR = Nah-Infrarot

Entwicklungen in China zeigen, dass spezifische Folien zu großen Vorteilen beim Anbau führen könnten, wenn die selektiven Eigenschaften saisonal regulierbar würden.

Gewächshäuser der neueren Generation sind darüber hinaus häufig mindestens fünf Meter hoch, um eine gute Belüftung und die Installation von Netzen und Schirmen zu erlauben (Israel's Agriculture 2003). Schattiervorrichtungen sind oft bewegliche große Gewebekonstruktionen und nach Bedarf auszurichten. In hochtechnisierten Kulturen geschieht die Kontrolle computergesteuert. Das Material besteht aus Kunststoff und Aluminiumfäden. Innenschattierungen werden im professionellen Anbau wegen der geringeren Verwitterungsanfälligkeit der Außenmontur vorgezogen und sind oft kombinierte Energie- und Schattenschirme. Ein Energieschirm (auch thermischer Schirm) kann tagsüber die Sonneneinstrahlung oder nachts den Hitzeverlust an die Umwelt verringern. Somit eignet er sich besonders für aride Gebiete mit großen Tagestemperaturdifferenzen und spart auch Kosten, die das exzessive Heizen und Kühlen verursachen können. Bei guten isolierenden Materialien kann bis zu 50% des Energieaufwands eingespart werden, was im Niveau einer deutlich teureren Doppelverglasung entspricht. Zweilagige Schirmsysteme erlauben Schattierung und Luftdurchlässigkeit; das entstehende Luftpolster isoliert gleichzeitig gut gegen kühle Luft im Giebelbereich. Neben synthetischen Materialien sind pflanzliche Stoffe verfügbar. Aluminium verbessert auch hier die Eigenschaften. Darüber hinaus spielen schwerentflammbare Kunststoffe eine zunehmend wichtige Rolle bei der Brandsicherheit. Bei der Dauererschattung wird zu Beginn des Sommers eine spezielle Farbe, oft Schlammkreide, auf die Gewächshausaußenflächen aufgetragen, welche im Herbst wieder entfernt wird (Gärtnerische Grundkenntnisse o.J., Grundwissen Gewächshaus). Diese Praxis würde aber Dachflächen aus Materialien wie Glas oder Polyacryl verlangen und ist bei den kostengünstigeren Foliengewächshäusern unbrauchbar.

Energiesparende Kühlung kann auch durch ein Dusch-System umgesetzt werden, das kleine Tröpfchen versprüht, welche tags für eine Abkühlung und nachts für eine Wärmeabgabe sorgen. Diese Innovation wird vor allem bei Blumen mit einem hohen Bedarf an Luftfeuchte angewendet (Israel's Agriculture 2003). Bei anderen Anbausorten könnte die hohe Luftfeuchte wiederum den Krankheitsdruck durch Pilzerkrankungen erhöhen. Die Technik verlangt jedoch den Einsatz höherer Mengen an Wasser. Wenn es sich um ein geschlossenes System handelt, ist der zusätzliche Wasserverbrauch durch die praktizierte Rückgewinnung allerdings unproblematisch.

Eine teure und aufwendige Evaporations-Kühltechnik wird in neuartigen *fan-and-pan*-Gewächshäusern angewendet. Hier wird ein Luftstrom über einen wasserdurchströmten, porösen Block geleitet, der die vorbeiziehende Luft kühlt. Diese Kühltechnik sowie der hohe Bewässerungsbedarf lassen solche Gewächshäuser allerdings schlecht bei der Wassernutzungseffizienz abschneiden (Ertrag-Output/Wasser-Input). Man versucht, den Wasserbedarf aber durch Kondensationsplatten zu verringern, die die Wiedergewinnung des evapotranspirierten Wassers steigern sollen (Lovichit et al. 2008). Eine ökonomische Analyse von Hydrokultur in geschlossenen *fan-and-pan*-Gewächs-

häusern ergab des Weiteren eine höhere Profitabilität gegenüber dem Anbau in Erde (Campen 2012).

1.2 Anpassung an unproduktive Standorte

Neben der Klimaregulierung ist auch das Pflanzsubstrat für das Pflanzenwachstum von entscheidender Bedeutung. Ein gewichtiges Problem in Vorderasien ist die Versalzung der Böden und des Bewässerungswassers durch schlechte unangepasste Landwirtschaftspraktiken, die zur Degradation von Standorten beitragen. Solche unproduktiven Standorte sind aber durch innovative Anbautechniken mit künstlichen Substraten oder besonders salz-toleranten Anbausorten möglicherweise wieder wirtschaftlich erschließbar. Die verschiedenen Chancen solcher alternativer Anbausysteme werden im Folgenden erläutert.

Hydrokulturen stellen innovative Anbausysteme dar, die höchst produktiv und sparsam in Bezug auf Land und Wasser sind und zudem die Umwelt schonen. Derzeit expandieren in Vorderasien Hydrokulturen z.B. stark in Israel. Allerdings ist diese Technologie auch äußerst kapitalintensiv durch die hohe Automatisierung. Für blattartige Gemüse und Gewürze wird *deep-flow*-Hydrokultur verwendet. Als Substrat für Gemüse wie Tomaten, Gurken und Paprika eignen sich Steinwolle und Perlit. *Deep-flow*-Hydrokultur besteht aus einem horizontalen, rechteckigen Tank, der mit Plastik gefüttert und mit Nährstofflösung gefüllt ist (4m x 70m, 30cm tief). Besonders in Japan, Kanada und den USA wird die Technologie verwendet, vor allem weil man die Wurzeltemperatur gut durch Heizen oder Kühlen der Nährstofflösung regulieren kann, was in tropischen und wüstenartigen Regionen nützlich sein kann. Experimente zur Lagerung der Ernte ergaben eine bis zu drei Wochen längere Lagerfähigkeit im Falle des luftdichten Abpackens in Plastikbeutel. Durch die Entwicklung neuer blattartiger Gemüse (bspw. zarte Blattsalate) konnte ein erneutes, aufflammendes Interesse für *deep-flow*-Hydrokulturen beobachtet werden, da sie sich für deren Anbau gut eignet (Jensen 1999). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Entwicklung von Pflanzensorten parallel zur Entwicklung von Anbaumethoden zu innovativen neuen Anbausystemen führen kann und bei der Züchtung ein besonderes Augenmerk auf diesen Zusammenhang gelegt werden sollte.

Eine ökonomische Analyse von Hydrokultur in geschlossenen *fan-and-pan*-Gewächshäusern in Saudi-Arabien ergab des Weiteren eine höhere Profitabilität gegenüber dem Anbau in Erde. Wie in Kapitel 1.1 beschrieben, ist jedoch bei diesem neuen System die Wassernutzungseffizienz relativ schlecht. Die Investitionskosten bei Hydrokultur seien aber verhältnismäßig niedrig und die Ertragssteigerung erheblich. Daraus wird ersichtlich, dass die Hydrokultur als geschlossene, auf den Pflanzenbedarf optimierbare Anbaumethode beachtliches Potenzial zur Ertragssteigerung aufweist, jedoch bei der Wahl der Temperaturregulierungsmaßnahme auch Wasserverfügbarkeit und Energiekosten miteinbezogen werden müssen. Das geschlossene Gewächshaus wird

darüber hinaus am wirtschaftlichsten, wenn etwa bei Tomaten der Erzeuger-Preis 0,75 Euro/kg übersteigt (Campen 2012).

Als Beispiel außerhalb Vorderasiens ist die „enerado-Technik“ zur Herstellung *artifizieller Böden aus Sand* anzuführen, die sich in Spaniens Almeria für Standorte mit versalztem Wasser von geringer Qualität eignet und sogar die Reife beschleunigt (Ferraro-García 2000, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Die dafür nötigen Sande wurden im Süden entnommen, wo allerdings eine zunehmende Konkurrenz zur touristischen Nutzung entstand, so dass schließlich die Entnahme von Sanden reglementiert und Überwachungs- sowie Bestrafungssysteme eingeführt wurden. So konnte weiterer unrechtmäßiger Bodenabtrag gestoppt werden und ein kontrollierter Abbau in eigens dafür vorgesehenen Gruben befördert werden. Auch die schrittweise Einführung der Hydrokultur schwächte den Konflikt ab (Gómez-Orea 2003, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011).

Die *Geschlossenheit* von Anbausystemen stellt eine erweiterte Anpassungsstrategie dar. In Israel stiegen in den Jahren vor 2003 z.B. 25% der mit Hydrokultur wirtschaftenden Bauern von offenen zu geschlossenen Bewässerungssystemen um. Besonders in der Rosenproduktion praktizieren dies 50% der Betriebe; ermöglicht wird so das Recyceln des Drainagewassers. Generell erscheint das Wiederverwenden des Drainagewassers als sinnvolle Lösung des Versalzungsproblems, da das Versickern des Bewässerungswassers und das aktive Ausspülen der Salze andernfalls zur Kontamination von Grundwasserleitern führt. In Israel werden 30–50% des Bewässerungswassers für das Entsalzen verwendet. Die ausgespülte Fraktion enthält 130 mg/L Stickstoff, 20 mg/L Phosphor und 140 mg/L Kalium, sowie weitere (natürliche) Salze. Aus einem Hektar werden dort jährlich durchschnittlich etwa 1000 kg Stickstoff, 1600 kg Chlorid und 800 kg Natrium herausgespült, die über 100 Mio m³ Grundwasser verunreinigen könnten. Mindestens genauso bedeutsam ist, dass durch die Wiedergewinnung bis zu 50% der Inputs an Wasser und Dünger eingespart werden können (Israel's Agriculture 2003). Die Einsparungen basieren auf der Addition der Faktoren, wie der reduzierten Frischwasserentnahme aus der Leitung, dem Wegfallen des „Salz-Ausspülens“ aus dem Boden und der besseren Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe sowie auf der Wiedergewinnung der Überschüsse.

Das *Auffangen von Regenwasser* von den Dächern der Gewächshäuser könnte eine neue Methode zur Wasserbereitstellung sein (Zhang 2008, zitiert in Chang et al. 2013; Gómez-Orea 2003). Außerdem können Kosten gespart werden, die andernfalls für die Entnahme (das Hochpumpen) von Grundwasser anfallen würden. In Zypern und Jordanien wird die Regenwassergewinnung über Dächer und die Lagerung in Reservoirs für die Bewässerung bereits durchgeführt (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Bei Tröpfchenbewässerung wurde gegenüber dem Stauverfahren im Gewächshaus im chinesischen Gebiet „Shouguang Country“ 40% Wasser eingespart. Es könne bei Tröpfchenbewässerung bis zu 60% Wasser eingespart werden (Bu 2006, zitiert in Chang et al. 2013).

Seit den 1950er Jahren wurde von Israel viel in die Erforschung innovativer Bewässerungstechnologien investiert; dabei wurde erkannt, dass Oberflächenbewässerung zu ineffizient ist und durch die Druckwasserbewässerung zu ersetzen ist (75% der bewässerten Gebiete werden durch *micro irrigation* bewässert). Durch die gesamte Modernisierung der Bewässerungstechnologien konnte der jährliche Wasserverbrauch innerhalb der letzten 50 Jahre pro Hektar von 8000m³ auf 5000m³ gesenkt werden, obwohl sich die Agrarfläche weiter in die ariden Gebiete ausgebreitet hat (Israel's Agriculture 2003).

Eine weitere Methode, Wasser sparsamer und effizienter zu nutzen, ist die Defizitbewässerungsmethode, bei der während bestimmter Wachstumsphasen ein gewisser Trockenstress tolerierbar ist, da er letztlich nicht (oder nicht wesentlich) zu Ernteeinbußen führt. Für den iranischen Gewächshausanbau von Safran unter Defizit-Bewässerung wurde eine optimale Salzkonzentration für Bewässerungswasser von 50 mmol festgestellt (Drouiche et al. 2011). Die Defizit-Bewässerung (mit salzhaltigem Wasser) bedarf also einer genauen Regulation, um Wasser einzusparen, ohne dass Ernteeinbußen einhergehen.

In Tunesien haben Feldstudien zu Entsalzungsgewächshäusern – angetrieben durch dachständige Solaranlagen – ergeben, dass weniger extreme Bedingungen in dem neuartigen Gewächshaus auftraten als im konventionellen einfachverglasten Gewächshaus, denn die Mittagstemperaturen waren weniger schwankend. An sonnigen Tagen konnte die Temperatur statt der Überhitzung auf 35°C auf unter 28°C gehalten werden. Es ist jedoch unklar, ob man sich dabei auf das Frühjahr oder den Sommer bezieht. Abkühlung erfolgt dadurch, dass ein durch die Sonne erhitzter Absorber die Wärme aufnimmt und die Energie an den Wasserdampf abgibt. Auch kam es zu einem geringeren Wasserbedarf als im konventionellen Gewächshaus, und ein geringerer Ventilationsaufwand konnte die Feuchte aufrechterhalten (Chaibi 2003). Problematisch könnte der hohe Investitionsgrad für die Nutzung dieser Spezialmodelle sein. In abgelegenen Gebieten, ohne Anbindung an Wasser- und Energieinfrastrukturen, kann das Entsalzungsgewächshaus jedoch eine dezentrale Versorgungsalternative darstellen.

Es kann resümiert werden, dass regionale und saisonale Anpassungsstrategien an Extremwetterbedingungen gebraucht werden. In Form von innovativen Anbausystemen und -strategien können Probleme beim außersaisonalen Anbau überwunden werden. Auf Belüftung und Kühlung sollte laut der Recherchen besonders viel Wert gelegt werden, da beim Anbau die größten Verluste durch Krankheitsbefall entstehen. So erweisen sich mehrlagige, gut isolierte Foliengewächshäuser, mit genug Raum für die Installation von Schattier- und Energiegeweben und Durchlüftungs- und Temperaturregulierungsanlagen, als besonders geeignet. Fruchtwechsel werden als Anbaustrategie hervorgehoben. Darüber hinaus kann die Ausstattung mit besonderen high-tec-Folien und sparsamer Bewässerungstechnik wie Tröpfchenbewässerung, Defizit-Bewässerung und geschlossenen Hydrokultursystemen den Aufwand an Wasser, aber auch an Energie zur Temperaturregulierung maßgeblich senken und dabei den Ernte-

ertrag sowie die Qualität erhöhen, während laufende Kosten reduziert werden. Der Einsatz von erneuerbaren Energien (ausschließlich der Biokraftstoffe) ist angesichts des Klimawandels, der Endlichkeit und langfristigen Verteuerung der fossilen Energieträger vorzuziehen. Bei den Anpassungsmaßnahmen sollte außerdem auf saisonale Regulierbarkeit geachtet werden, um in der Anwendung möglichst praktikabel zu bleiben. Auch kann die parallele Entwicklung von Sorten und Anbausystemen zu neuen Effizienzgewinnen durch optimale Anpassung führen. Der Einsatz von pflanzenspezifischen Hormonen und Vibration zur Verbesserung der winterlichen Bestäubung kann als Strategie bei leichten Frösten dem Heizen vorgezogen werden, wenn der Energieaufwand des Heizens sehr hoch ist. Besonders der Einsatz innovativer Handlungsstrategien (Bewässerungszyklus, Pflanzenpflege) könnte auf technischer Ebene weitere Energie- und Wassereinsparungen ermöglichen. Auch die Forschung zu neuen Anbausystemen wie dem Biolandbau könnte zu weiteren anbaustrategischen Verbesserungen führen.

1.3 Restriktionen und Lösungsansätze

Bezogen auf die Hemmnisse hinsichtlich einer Forcierung des Gewächshausanbaus wurden spezifische Lösungsansätze entwickelt, die vermutlich auch in Vorderasien anwendbar sind (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Restriktionen und Lösungsansätze (eigene Zusammenstellung)

Restriktionen	Lösungsansätze
Eine ausreichende Bereitstellung und Beschaffung der neuartigen Ressourcen für den Anbau, wie Substrate und Nährlösungen, ist nötig.	→ Die Anreize für inländische Input-Märkte müssen geschaffen oder Infrastrukturen zu bestehenden Input-Märkten verbessert werden
Es werden komplexe Produktionssysteme gebraucht, die ein hohes Maß an Professionalität verlangen.	→ Ein Angebot umfangreicher Trainingskurse für die neuen Anbaumethoden muss bereitgestellt und Informationen zur Verfügung gestellt werden (Capacity Building-Ansatz).
Die Skepsis der Bauern über das Verhältnis von Investitionsaufwand zu wirtschaftlichem Ertrag der neuen Anbausysteme, sowie die einhergehende Investitionsscheu muss überwunden werden.	→ Die Adaption neuer Anbaumethoden sollte finanziell gefördert werden. Das Anbieten einer Absicherung, dass im Falle des Scheiterns ab einer bestimmten Summe die Kosten staatlich getilgt werden, kann das Risiko der Umstellung verringern und den Umstieg fördern.

1.4 Nicht-intendierte Folgen

Verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen der forcierten Gewächshauseinführung werden in der Literatur identifiziert:

- Die Steppen- und Wüstenregionen könnten sich teilweise zu einer Gemüseregion, wenn auch unter Plastik oder Glas, verwandeln zur sog. *desert agriculture* wie in Israel. Dort werden z.B. 40% der Gewächshaus- und Freilandgemüse sowie der Feldfrüchte in den Wüsten Arava und Negev angebaut. 90% der Melonen stammen ebenfalls von dort. Früchte bedeckten 2001 12600 Hektar (ha) des ariden Sü-

dens, darunter vor allem Datteln und Zitrusfrüchte. Es ergaben sich sogar Fortschritte bei der Produktion von Weintrauben, Oliven, Mastrinder, Sträußen und Aquakulturen im Freiland und Gewächshaus (Israel's Agriculture 2003). Bei der Betrachtung Plastikwüste „versus“ Sandwüste wird deutlich: Eine Plastikwüste birgt anders als eine Sandwüste immerhin weniger Angriffsfläche für Winderosion und ermöglicht landwirtschaftliche Wertschöpfung in einer sonst eher lebensfeindlichen Umgebung (vgl. auch Ökosystemleistungen).

- Die geringe Fruchtbarkeit und Produktivität von Böden in degradierten, verlassenen Gebieten führte in Almeria zu niedrigen Landpreisen. Somit konnten Bauern es sich leisten, ihr eigenes Land zu kaufen und eine Wüstenregion verwandelte sich (Fernández-Lavandera/Pizarro-Checa 1981, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011) in einen „Gemüsekorb“ für Europa (Camacho-Ferre 2002, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Das Erlangen von Verfügungsrechten förderte somit die Investitionsbereitschaft der Bauern. Heute herrschen in dem Gebiet trotz der positiven Entwicklungen beim Landbau schlechte Umweltbedingungen durch Übernutzung und Verschmutzung der natürlichen Wasserressourcen vor. Die Bestimmung von Verfügungsrechten und ein gesetzlicher Rahmen zum verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen sind somit Vorkehrungen, die getroffen werden sollten, bevor der Gewächshausanbau in einer Region gefördert wird.
- Die Ausdehnung der Gewächshausfläche muss, insbesondere dort, wo die Nutzung der Wasserressourcen nicht durch den Staat verteilt wird, staatlich kontrolliert werden, sonst resultiert aus der steigenden Anzahl an Wassernutzern möglicherweise ein höherer Druck auf die Wasserressourcen als vor der Einführung neuer Anbaumethoden (Bsp. Almeria: Sánchez-Picón et al. 2011). Auch in Regionen, wo die Zuteilung des Wassers im Grundsatz staatlich kontrolliert wird, ist es sinnvoll, wenn die Wasser-, Landwirtschafts- und Umweltbehörden gemeinsam eine Verantwortung für die Ausdehnung der Gewächshausfläche haben und dies nicht dem freien Spiel der Kräfte überlassen bleibt.

2 Potenzielle Erhöhung der Ressourcenproduktivität

Mit den Anbaumethoden des Gewächshausanbaus gehen eine Reihe von Verbesserungen bei der Ressourcenproduktivität einher. Als Beispiel führt Stanghellini (2011) an, dass die Flächenproduktivität [kg/m²] bei Tomaten in der Reihenfolge Freiland (5 kg), unbeheiztes Plastikgewächshaus (20 kg), beheiztes Plastikgewächshaus (30 kg), beheiztes Glasgewächshaus mit CO₂-Düngung (55 kg), beheiztes Glasgewächshaus mit CO₂-Düngung und artifiziellm Licht (75 kg) stetig zunimmt. Dies gilt auch für den Kostenaufwand durch zusätzliche Technik und Inputs. Neben der Ressourcenproduktivität wird also die Kosteneffizienz immer ein mitbestimmender Faktor für die Implementierung dieser neuen Anbautechniken sein.

2.1 Potenzieller Effekt der Anbausorten auf die Ressourcennutzungseffizienz

Generell erhöht sich die Ressourcennutzungseffizienz des Gemüseanbaus im Vergleich zum Reisanbau bei den Inputs Wasser, Boden und Arbeit: Wasser wird meist kosteneffizienter genutzt und Böden sowie Arbeit werden immer bei höheren Gewinnen eingesetzt. Dies zeigte die Einzelbetrachtung der Ressourcennutzungseffizienz der Einzel-Inputs sowie die gesamtheitliche Nutzen-Kosten-Betrachtung von vier südostasiatischen Ländern. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis des Gemüseanbaus überstieg das des Reisanbaus um das etwa Zwei- bis Dreifache und im Falle von Bangladesh sogar um das Sechsfache (Abi/Abedullha 2002, zitiert in Ali 2008).

Mit dem Gemüseanbau geht auch ein verbessertes Anbaumanagementwissen der Bauern einher, was durch deren 20% höhere Effizienz beim Reisanbau im Vergleich zu reinen Reisbauern deutlich wird (Ali/Abedullha 2002, zitiert in Ali 2008).

2.2 Landnutzungseffizienz

Der Gewächshausanbau ermöglicht durch seine höhere Produktivität für gleichbleibende Produktionsmengen weniger Land zu verbrauchen. So könnte es durch den Gemüseanbau in Gewächshäusern durchaus zum Ausgleich des Flächenwegfalls durch Degradation, Versiegelung, Getreideanbau oder Nutzungsaufgabe kommen.

In den Niederlanden belegen Gewächshäuser lediglich 1% der Landflächen, produzieren aber etwa 40% des landwirtschaftlichen Einkommens (Dutch Central Statistical Office 2008, zitiert in Stanghellini 2011). Dieses Verhältnis verdeutlicht die hohe Landnutzungseffizienz von Gewächshäusern in den Niederlanden.

2.3 Wassernutzungseffizienz

Wassereinsparungen können dazu führen, dass Wasserressourcen für andere wichtige Zwecke eingesetzt werden können, so z.B. in verschiedenen Industriezweigen oder für den Erhalt von Ökosystemen; sie bringen somit einen erhöhten gesellschaftlichen Nutzen mit sich.

Insgesamt können Wassereinsparungen und Neugewinnungen realisiert werden durch innovative Bewässerungstechniken (z.B. Tröpfchen-, Oberflur- und Unterflurbewässerung, Defizitbewässerung, Ventilkontrolltechniken, etc.), geschlossene recyclingfähige Anbausysteme, Abwasserreinigung und Aufbereitung aus urbanen Gebieten, Wasserentsalzungsanlagen und durch intelligente Praktiken wie das Mischen von versalztem mit qualitativ höherwertigem Wasser (Israel's Agriculture 2003). Gewächshäuser zählen zu den semi-geschlossenen und geschlossenen Anbausystemen und bieten die Möglichkeit, den Verlust von Evapotranspirationswasser maßgeblich zu verringern.

Alle diese modernen Anbautechnologien und -strategien resultieren in einer höheren Wassernutzungseffizienz – Output pro Wassereinheit –, wodurch sie sich bei steigenden Wasserkosten somit als profitabler erweisen können. Der Gewächshausanbau stellt also eine Maßnahme innerhalb dieses Kataloges an möglichen Wassereffizienz-Maßnahmen dar, bietet aber wie in den anderen Kapiteln ersichtlich noch weitere Vorteile über die Wassernutzungseffizienz hinaus.

Als Beispiel für die Erhöhung der Wasserproduktivität und der damit verbundenen größeren Wertschöpfung in der Bewässerungslandwirtschaft kann die hocheffiziente Tröpfchenbewässerung in Jordanien herangezogen werden: auf über 50% der Flächen hat dies dazu geführt, dass die Wertschöpfung der jordanischen Landwirtschaft mit 30 Cent pro Kubikmeter Wasser die Wertschöpfung der Industrie mit 15 Cent pro Kubikmeter um die Hälfte übertrifft. In Marocco blieb diese Entwicklung aus und die Landwirtschaft schneidet mit 15 Cent im Vergleich zur Industrie mit 25 Cent fast gegenteilig ab. Der ökonomischen Theorie zufolge kommt es bei limitierter Wasserverfügbarkeit laut Kemp (1996) zu einer Allokation des Landeswassers zu jenem Sektor, der eine hohe, wenn nicht sogar die höchste Wertschöpfung aufweist, damit dem Grundsatz der Verteilungseffizienz Rechenschaft getragen ist. Das bedeutet für den Erhalt eines bestimmten Niveaus an regionalen landwirtschaftlichen Output, dass Maßnahmen ergriffen werden sollten, die den Gemüse- oder auch Getreideanbau wirtschaftlich attraktiv gegenüber industriellen Unternehmungen halten (FAO 2002). Genau dies wurde im Fall von Jordanien durch die Tröpfchenbewässerung bewerkstelligt. Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourcennutzungseffizienz in der Landwirtschaft sparen demnach also nicht nur Wasser, sondern stärken auch den Erhalt einer regionalen Lebensmittelproduktion in ariden Gebieten.

Eine Abbildung von Van Kooten, Heuvelink und Stanghellini von 2008 (Stanghellini 2011) zeigt, wie durch die Weiterentwicklung der Gewächshaustechnik immer mehr Wasser beim Tomatenanbau gespart und die Wasserproduktivität erhöht werden konnte: Der Freilandanbau unter Tröpfchenbewässerung führte in Israel und Spanien etwa zu einem Verbrauch von 60 L pro kg Tomaten, unbeheizte Plastikgewächshäuser in Spanien benötigten rund 40 L*kg⁻¹ (eine zusätzliche Ventilation führte zu weiteren Einsparungen von etwa 12 L*kg⁻¹), ein unbeheiztes Glashaus in Israel etwa 30 L*kg⁻¹, ein niederländisches Glashaus mit Klima- und CO₂-Regulation verbrauchte etwa 23 L*kg⁻¹ und bei einer Wiederverwendung der Drainagewassers nur noch 15 L*kg⁻¹. Das niederländische geschlossene Gewächshaus mit Kühlung verbrauchte dann in etwa nur noch ultimative 4 L*kg⁻¹.

2.4 Arbeitnutzungseffizienz

Im Gemüseanbau werden laut Ali (2008) im Schnitt 2,5 mal so viele Arbeitstage wie im Getreideanbau benötigt; die genauen Relationen richten sich nach den Anbausorten. Für den vorderasiatischen Raum entsteht etwa ein zusätzlicher ganzjähriger Job, wenn ein Hektar Getreide zu einem Hektar Gemüseanbau konvertiert wird (Ali 2008).

Wie schon zuvor erwähnt, wird der Input Arbeit im Gemüseanbau bei vier südostasiatischen Ländern bei höherem erwirtschafteten Profit als beim Reisanbau eingesetzt, d.h. die Arbeitsproduktivität (Profit pro Arbeitsstunde) steigt (Abi/Abedullha 2002, zitiert in Ali 2008).

Folglich würde also beim Wechsel zu mehr Gemüseanbau beim Input Arbeit die Produktivität steigen ohne einen Abbau von Arbeitsplätzen zu verursachen; im Gegenteil: bei ausbleibender Automatisierung würde es auch einen neuen Bedarf an Arbeitsplätzen geben.

2.5 Restriktionen und Lösungsansätze

Zur Überwindung der Restriktionen, die eine Forcierung des Gewächshausanbaus hemmen können, wurden spezifische Lösungsansätze identifiziert, die sich auch in Vorderasien anwenden lassen (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Restriktionen und Lösungsansätze (eigene Zusammenstellung)

Restriktionen	Lösungsansätze
Das Problem der Kapitalbereitstellung und des Technologie-Transfers muss überwunden werden, damit innovative Gewächshaus-Anbausysteme und Techniken eingeführt werden, trotz des Hemmnisses der hohen Investitionskosten und -risiken für die Bauern. Eventuell muss auch eine hydrologische Infrastruktur gegeben sein, damit einige Technologien überhaupt funktionieren können.	<p>→ Der Staat könnte zur Förderung eventuell technische Beratungsstellen einführen, Anschubfinanzierungen anbieten, Pachtflächen mit Wasseranschluss bereitstellen oder bewerben und Kredite vergeben.</p> <p>→ Dies bedeutet alles administrativer und finanzieller Aufwand (Anträge, Kontrollen etc.).</p> <p>→ Kooperationen, wie der Technologie- und Management-Transfer mit der UN und dem BMBF müssen gefestigt und ausgeweitet werden.</p> <p>→ Alternativ kann durch Bildungsmaßnahmen auch eine Erhöhung des inländischen Innovationspotenzials gefördert werden um unabhängiger vom Ausland zu werden. Dies beansprucht jedoch in erheblichem Maße Zeit.</p>
Ob der Wasserverbrauch tatsächlich sinkt, hängt davon ab, ob die technischen Wassereinsparungen den Mehrverbrauch durch längere Kultivierungsperioden, die durch das Kühlen und Heizen geschaffen werden, überwiegen.	<p>→ Es muss die Einführung innovativer Bewässerungstechnologien (drip irrigation etc.) gefördert werden, wie es bspw. in Israel erfolgt ist.</p> <p>→ In Israel zwingt die Preispolitik und die generelle Wasserknappheit die Menschen auch marginales Wasser, wie brackisches oder wiedergewonnenes Wasser zu nutzen. Das brackische Wasser nutzt man zur Bewässerung salztoleranter Anbausorten wie Baumwolle. Bei vielen Sorten wie Tomaten und Melonen verbessert brackisches Wasser die Produktqualität, allerdings werden geringere Ernten erlangt (Israel's Agriculture 2003).</p>
Das Wasser muss auch eine gewisse Mindestqualität (Salzgehalt) aufweisen um ein bestimmtes Gemüse-Sortenspektrum mit hoher Produktivität zu bedienen.	<p>→ Es wird nötig sein, die Installation von Leitungen, Entsalzungs- und Kläranlagen zu veranlassen, um eine genügende Wasserqualität für die Landwirtschaft zu gewährleisten.</p> <p>→ Versalzungsfördernde Landwirtschaftspraktiken müssen darüber hinaus durch Bildungsprogramme eingedämmt werden.</p>
Die Arbeit im Gewächshaus kann mitunter	→ Die Arbeitsbedingungen in der Gewächshäusern und die

<p>schwierig sein, wenn hohe Temperaturen und Luftfeuchtigkeit herrschen, so dass die Arbeit für viele eventuell unattraktiv erscheint und Arbeitskräfte fernbleiben.</p>	<p><i>Entlohnung muss den Arbeitern entgegenkommen, damit die Farmjobs auch als attraktiv genug gegenüber der Immigration in die Städte erscheinen. Anders gäbe es eine Unterversorgung des Faktors „Arbeit“.</i></p>
---	---

2.6 Nicht-intendierte Folgen

In der einschlägigen Literatur werden verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen der forcierten Gewächshauseinführung benannt:

- Vorteilhafte Nebeneffekte des Wandels zu geschlossenen Bewässerungssystemen waren in Israel die erhöhten Erträge und verbesserte Produktqualität von Früchten und Blumen, was auf die Kontrolle der Fertigation (auf 80% der bewässerten Flächen) und das Monitoring zurückzuführen war. Die Fertigation ermöglicht präzises, effizientes Düngen, je nach Wachstumsstadium und Nährstoffbedarf. Die Düngemittelhersteller haben sich angepasst und hochlösliche Dünger entwickelt (Israel's Agriculture o.J.⁶).
- Es etablierte sich in Israel auch eine Bewässerungsequipment-Industrie, hauptsächlich in Kibbutzim, die innovative Technologien wie automatische Ventile, Controller, Media und automatische Filtrierung, geringe Mengen freisetzende Sprayer, Mini-Sprinkler und Tröpfchenbewässerung entwickelte, darunter Oberflächen- und Unterflurbewässerung. Die meiste Bewässerung wird von automatischen Ventilen und PC-gesteuerten Controllern durchgeführt. Allerdings kann aufgrund der Vereinzelung von Feldern und den harschen topographischen Bedingungen nur ein kleiner Teil über mechanische Systeme wie Kreisbewässerung bewässert werden. Über agro-metereologische Stationen sammelt das Land Wetterdaten und kann den Landwirten wertvolle Parameter und Voraussagen liefern, die eine Anpassung der Bewässerungsstrategie an die Wetterlage ermöglichen. Vor Ort wird noch zusätzlich über Messungen mit Tensiometern, Druckkammersystemen, Blattwasserpotenzial, Fruchtwachstumsrate und über den elektrischen Widerstand adjustiert (Israel's Agriculture 2003). Die Investitionen des Staates in die Bewässerungsindustrie hatte also vielfältige Spezialisierungen in der Dienstleistungs- und Industriebranche zur Folge, was zur Bildung neuer Wertschöpfungsketten führte.

⁶ Israel's Agriculture: http://www.moag.gov.il/agri/files/Israel%27s_Agriculture_Booklet.pdf (13.11.2013)

3 Umweltauswirkungen von Plastikgewächshäusern im Vergleich zum Freilandanbau und mögliche externe Effekte

Ökosystemdienstleistungen gehören zum Naturkapital und sind (stoffliche und funktionelle) Nutzen, die die Menschen aus Ökosystemen ziehen können. Im Konzept der Ökosystemdienstleistungen wird die Natur als kostenloser Dienstleister innerhalb des Marktsystems betrachtet, für dessen „Service“ durchaus Preise bezahlt werden könnten (UNEP 2003). Die Einnahmen könnten dann z.B. in den Erhalt von Schutzgebieten zurückfließen. Ein Problem ist, dass die Ströme der Nutzen schwierig zu quantifizieren sind, da sie in vielen Fällen kaum messbar sind: Aufnahmekapazität der Atmosphäre für Treibhausgase, Wasser-Filtrationsleistung durch Ufer und Sümpfe, Biodiversität als Einflussfaktor auf die landwirtschaftliche Ertragshöhe (bspw. Bestäubung durch Insekten), Vegetation zur Minderung von Erosion (UNEP 2003).

3.1 Positive Umweltauswirkungen

Die halbgeschlossenen Gewächshäuser können im Vergleich zum konventionellen Freilandanbau durch die Reduktion der Evapotranspiration zu Wassereinsparungen von bis zu 50% führen (Fernández et al., 2007 zitiert in Chang et al. 2013). Weitere Bewässerungstechnologien führen zu zusätzlichen Einsparungen, die es ermöglichen, das gesparte Wasser für andere Sektoren oder für den Erhalt der Gewässer-Ökosysteme nutzbar zu machen. Im letzteren Falle könnte Naturkapital in Form von Ökosystemen bewahrt werden und würde nützliche „ökosystemare Dienstleistungen“ wie Biodiversität oder Schutz vor Wüstenbildung bieten. Hieraus könnten Potenziale im Bereich Ökotourismus oder sogar Gewächshaustourismus entstehen, bei denen Stadtbewohner oder Touristen sich Salzseen und andere Fluss-Ökosysteme mit ihren Tierarten anschauen könnten oder zum „Selbsternten“ und Bestaunen der exotischen Pflanzensorten in die Gewächshäuser kämen (Chang et al. 2013).

Gewächshäuser ermöglichen auch das Auffangen von Regenwasser von den Dächern und könnten eine ergänzende Methode der Wasserbereitstellung darstellen (Zhang 2008, zitiert in Chang et al. 2013; Gómez-Orea 2003).

In Zypern und Jordanien wird eine Regenwassergewinnung über Gewächshausdächer praktiziert. Dort ermutigt man zur Sammlung und Lagerung des Niederschlagswassers in speziell konstruierten, abgedichteten Reservoirs und zum direkten Einsatz für die Bewässerung. So kann eine gute Wasserqualität zu geringen Preisen bewerkstelligt werden (Hanafi/Papasolomontos 1999). Dies könnte zur allgemeinen Schonung der Grundwasserreserven beitragen, die z.B. im Iran rund 74% des Wasserverbrauchs der Landwirtschaft abdecken (Schätzung auf Grundlage der Angaben von Khoshakhlagh 2007). Als Voraussetzung hierfür müssen allerdings die Regenfälle (saisonal) in ge-

nügender Höhe auftreten. Ein Schwellenwert, ab welcher Menge das Auffangen ökonomisch sinnvoll ist, muss gefunden werden.

Möglicherweise könnte in Vorderasien ähnlich wie für temperierte und subtropische Zonen Chinas im Vergleich zum Freilandanbau eine erhöhte CO₂-Sequestration in den Böden der Gewächshäuser erreicht werden. Somit wird mehr des Treibhausgases CO₂ gebunden und der Gehalt an organischer Substanz erhöht. Dies wird vor allem durch den höheren Aufwand an organischen Düngern (Mischung aus Tierdung und Pflanzenresten) bewirkt. Dieser humusreiche Boden fördert das Wurzelwachstum, welches mit den hohen Gemüseerträgen der Plastikgewächshäuser in Verbindung gebracht wird (Qiu et al. 2010, zitiert in Chang et al. 2008). Die Bauern geben im Gewächshausanbau mehr organische Dünger auf ihre Böden mit dem Bewusstsein, dass sie so höhere Profite erwirtschaften können (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013). Auch empfohlene Praktiken, wie Mulchen und konservierende Bodenbearbeitung, tragen zur erhöhten organischen Bodensubstanz bei (Lal 2004, zitiert in Chang et al. 2013).

Somit könnten organische Anbaupraktiken relativ unkompliziert zur Verbesserung der Bodenqualität beitragen. Aber auch Einschränkungen sind denkbar, z.B. wenn Boden und Bewässerungswasser so stark versalzt sind oder der Wassermangel so extrem ist, dass allein die Hydrokultur als „künstliche Kultivierungsform“ eine Alternative darstellt. Beide Techniken tragen zur Nährstoffnutzungs- und Wassernutzungseffizienz bei – welche Anbautechnik jedoch vorzuziehen ist, richtet sich wie angedeutet also nach weiteren Faktoren und Umweltbedingungen.

Interessanterweise steigert die reflektierende Oberfläche von Gewächshäusern die Oberflächenalbedo im Vergleich zur natürlichen Bodenbedeckung, weshalb eine Art *cooling effect* gegensätzlich zur Klimaerwärmung beobachtet werden kann. Wie stark sich der Effekt regional und auf den Klimawandel auswirkt, wird noch untersucht (Campra et al. 2008, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011).

Der Gewächshausanbau bietet auch Schutz vor Winderosion und Stäuben. So kann in Nordchina während des trockenen, stürmischen Frühjahrs der Effekt von Staubstürmen gemindert werden, was den städtischen Gebieten, wie Beijing, aber auch ländlichen Regionen im Süden zugutekommt. Entsprechende Umweltmaßnahmen sind notwendig; derzeit werden z.B. Stäube und Verunreinigungen aus China bis zur koreanischen Halbinsel, Japan und sogar bis nach Nordamerika getragen (Liu/Diamond 2005, zitiert in Chang et al. 2013).

Von außen entsteht zwar aus einer Sandwüste eine unästhetische Plastikwüste, jedoch ist dem entgegenzusetzen, dass in den Gewächshäusern regelrecht Ökosysteme aufblühen und es zur Verbesserung der Bodeneigenschaften kommen kann (Chang et al. 2013). Außerdem werden in China im Sommer oft die Planen zur Hitzesterilisation entfernt, wenn der Gemüseanbau pausiert (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013). In südlichen Regionen werden die Plastikfolien sogar lediglich im Winter und im Frühjahr benutzt von Dezember bis Mai (Shi et al. 2009, zitiert in Chang et al.

2013). Dies bietet Zeitspannen ohne den Anblick der „Plastikwüsten“. Dann jedoch müssen Evapotranspirationsverluste in Kauf genommen werden.

In Nicht-Wüstengebieten könnten allerdings Funktionen der traditionell bewirtschafteten und bewässerten Felder wie Biodiversität und Landschaftsvielfalt verloren gehen (Sánchez-Picón et al. 2011). Es ist also nötig, dass einerseits erforscht wird, wo der Gewächshausanbau am sinnvollsten wäre und dass andererseits eine Planungsinstanz die Lokalisierung neuer Gewächshäuser koordiniert und reglementiert, um Externalitäten möglichst niedrig zu halten. Womöglich könnte speziell der Wüstenanbau als Strategie zur optimierten Flächennutzung infrage kommen.

Plastikrecycling: Das Plastik, welches im Gewächshausanbau zur Abdeckung verwendet wird (0,1–0,25 mm Dicke) ist z.B. in China zu 70% zu recyceln und kann zu anderen Verwendungen weiterverarbeitet werden (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013), was bei den viel dünneren „Mulch-Planen“ des Freilandanbaus (0,02–0,06 mm) nicht der Fall ist (Sun et al. 2007, zitiert in Chang et al. 2013). Das Plastik der Gewächshäuser wird in China etwa alle drei Jahre ersetzt (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013).

Kontaminationen von Gemüseprodukten durch Partikel in der Luft können durch das geschützte Kultivieren verringert werden und erhöhen somit die Produktsicherheit, was auch in Hinsicht auf den Export sicherer Produkte von Vorteil sein kann. Zu den Depositionen zählen z.B. saure Aerosole, welche auch potenzielle Gesundheitsrisiken darstellen können (Guerra et al. 2012, zitiert in Chang et al. 2013).

Trotz der Transportemissionen könnte die CO₂-Bilanz des Gemüseanbaus in Vorderasien geringer als die Nordeuropas sein, wo in den kalten Monaten erhebliche Beheizungskosten anfallen. Der Effekt auf die Umwelt muss durch CO₂- und Ökobilanzen aber noch näher untersucht werden.

3.2 Negative Umweltauswirkungen

Freisetzung von Klimagasen: Es kommt in China im Vergleich zum Freilandanbau mit Mulchfilmen zu erhöhten CO₂-Emissionen wegen der Produktion der Baustoffe und Inputs (Stahl, Holz etc.) und des Transports (Wang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013) und zu höheren N₂O-Emissionen aufgrund der organischen Masse im Boden und der erhöhten Mineralisationsrate durch höhere Temperaturen (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013). Methan wurde aus der Betrachtung von Chang und Kollegen herausgelassen, da beide Böden aerob sind und Methan in Mengen aufnehmen oder abgeben, die zwei Größenordnungen geringer sind als die anderer wichtiger Treibhausgase.

Laut Angaben von Stanghellini (2011) beträgt das Treibhauspotenzial von unbeheizten Gewächshäusern allein schon 220g CO₂ pro kg produzierter Tomaten: was bedeutet, je mehr geheizt wird, desto mehr CO₂ wird freigesetzt. Das aus den Kühlungs-

und Heizprozessen emittierte Kohlenstoffdioxid stammt besonders in Vorderasien nur in geringem Umfang aus erneuerbaren Energien, weshalb im Bereich des Treibhauspotenzials mit einer negativen Bilanz zu rechnen ist (vgl. Kapitel 1.1).

Es fällt viel Plastikmüll an, wenn die Folien etwa alle drei Jahre erneuert werden müssen und kein oder nur ein unvollkommenes Recycling möglich ist (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013). Im spanischen Almeria kam es durch ungenügende Aufsicht zum unreguliertem Abladen von Müll (organische und Plastik-Rückstände) und der Verschmutzung der Umwelt. Als Antwort wurden dort Hygienepläne für die Sammlung und das Entsorgen der Abfälle implementiert (Escobar-Lara 1998, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Auch die Einführung von biologischen Kontrolltechniken wurde gefördert, so dass die Bauern ein zunehmendes Verständnis für eine gesunde, saubere Umwelt entwickeln. Zugleich haben dort die Behörden ihr Bewusstsein für und ihre Tätigkeit rund um Umweltthemen gesteigert (Fundación Cajamar 2009, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Dort konnte bisher eine schrittweise Internalisierung der Umweltkosten erfolgen (Galdeano-Gómez et al. 2008, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Durch eine aufmerksame Umweltpolitik sollte also auch das Entstehen von Recycling-Betrieben begünstigt werden. Dies zählt zugleich zu den potenziellen neuen Gewerben, die im Zuge der Implementation von Gewächshausanbau entstehen können.

Angeblich haben Plastikrückstände von etwa 1,3% nach der Erneuerung der Plastikbedeckung bei chinesischem Gewächshausanbau die Bodeneigenschaften negativ beeinflusst und zu einer Erntereduktion um etwa 10% geführt (Dai 2003, zitiert in Chang et al. 2013).

Dem entgegengesetzt finden sich in der Literatur auch Angaben, wonach das Zusetzen von Styropor und Plastik in organischen Hydrokultur-Substraten zu einer besseren Belüftung führt und man dabei keine schlechten Einflüsse auf die Erträge zu beobachten scheint – erwähnt wird diesbezüglich zumindest nichts (Israel's Agriculture 2003). Außerdem wird in fast allen mediterranen Ländern schwarzes Plastik als Mulchmaterial in Gewächshäusern angewendet (Hanafi/Papasolomontos 1999). Es bleibt also fraglich, welcher Effekt wirklich von Plastikrückständen ausgeht bzw. ob in China evtl. die Folienreste mit höheren Verunreinigungen kontaminiert sind – entweder bedingt durch ihre Herstellung oder durch Verunreinigungen durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung. Erst getrennte Entsorgungssysteme für Plastik und Pflanzenreste erlauben es, die Pflanzenreste so zu kompostieren, dass der Kompost vermarktet werden kann (vgl. Galera et al. 2012).

Bodenversalzung: Generell werden im Gewächshausanbau höhere Düngergaben als im Freilandanbau aufgewendet, vermutlich durch die verlängerte Wachstumsperiode und die gesteigerten Erträge aufgrund der besseren Wachstumsbedingungen (Chang et al. 2011, zitiert in Chang et al. 2013). Eine zu hohe Nitrat-Düngung in Relation zum Pflanzenbedarf führte beim Gewächshausanbau in China zur Akkumulation von Nitrat- und anderen wasserlöslichen Ionen. Man glaubt, dass hauptsächlich die Nitrat-Ionen für die Versalzung der Böden verantwortlich sind und diese von den Som-

merregenfällen oder der Überflutungsbewässerung in das Grundwasser verlagert werden. So kommt es zum Verlust an Nitrat und der Kontamination des Grundwassers. Daher müssten zwei gleichsam unerwünschte Effekte gegeneinander abgewogen werden: die Bodenversalzung oder der Nitratverlust mit einhergehender Grundwasserkontamination (Ju et al. 2007, zitiert in Chang et al. 2013). Zusätzlich können schlechte Bewässerungspraktiken bei hohen Verdunstungsraten, wie sie in ariden Regionen vorzufinden sind, einen kapillaren Aufstieg von löslichen Ionen in den Oberboden verursachen. Auch eine schonende Tröpfchenbewässerung kann bei wenig salzhaltigem Bewässerungswasser eine Bodenversalzung hervorrufen.⁷ Laut Chang und Kollegen (2013) bieten sich drei Lösungsansätze an, die die Versalzungstendenz reduzieren können: 1) orts- und pflanzen-angepasstes Nitrat-Düngen ohne Ernteeinbußen (He et al. 2007), 2) Sorten mit schneller Nährstoffaufnahme während der Sommermonate kultivieren, um den Nitrat-Überschuss und das *leaching* zu reduzieren (Zhou et al. 2010) und 3) angepasste Bewässerungsmethoden einführen (Tan/Kang 2009).

Bodenversauerung: Erhöhte Düngergaben sind zumindest in China der Hauptgrund für Bodenversauerung. Stickstoffdüngergaben bei Plastikgewächshäusern von mehr als 4mg pro Hektar und Jahr produzieren rund 230 Kilomol Protonen pro Hektar und Jahr (Guo et al. 2010, zitiert in Chang et al. 2013). Eine Optimierung der Düngergaben würde, wie auch bei der Bodenversalzung, dem Problem entgegenwirken.

Illegale Bodenentnahmen für künstliche „enerado“-Substrate führten in Spanien zum unregulierten Substratabbau in inoffiziellen Sandgruben und der Verschandelung der Umwelt, so dass eine Konkurrenz zur Tourismusbranche entstand. Der intensive Gewächshausanbau sowie der Tourismus, die sich beide in El Ejido, Roquetas de Mar und Aguilas konzentrierten, wurden zunehmend mit der Nutzungskonkurrenz um Wasser, Territorien und sogar Sand konfrontiert (Ferraro-García 2000, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Der Sand-Abbau wurde daraufhin staatlich reguliert (s. Kap. 1.2).

Der Übernutzung und Kontamination von Grundwasserleitern und anderen Ressourcen der öffentlichen Wasserversorgung mit Pestiziden und Düngemitteln stellt ein weitverbreitetes Problem dar; so wurde dies auch im spanischen Almeria beobachtet. (Escobar-Lara 1998, Gómez-Orea 2003; Mota et al. 1996, zitiert in Sánchez-Picón et al. 2011). Staatliche Interventionen konnten den Schaden und seine weitere Ausbreitung abmildern (Sánchez-Picón et al. 2011).

Pestizideinsatz: Im Gewächshausanbau können hohe Temperaturen, hohe relative Luftfeuchten, niedrige Tunnel und eine geringe Anbauhygiene das Auftreten von pflanzlichen Krankheitserregern wie Pilzen, Bakterien, Viren und teilweise auch von Insekten und Nematoden steigern. Zusätzlich bleiben die im Freilandanbau herrschenden befallseindämmenden Effekte von Temperaturdifferenzen, natürlichen Feinden, Niederschlag und Wind im Gewächshausanbau aus. Brache, Fruchtwechsel,

⁷ Wissen.de (o.J.): <http://www.wissen.de/thema/bodenversalzung?chunk=sch%C3%A4den-durch-k%C3%Bcnstliche-bew%C3%A4sserung> (15.11.2013)

Mischanbau, Zwischenfruchtanbau oder *trap cropping* werden wenig praktiziert, vor allem da sie höhere Kosten verursachen, die Gewächshäuser immobil sind bzw. die Methoden nicht angepasst sind. Teilweise fehlen genügend geeignete Sorten für den außer-saisonalen Anbau. Zudem ist die Bodendesinfektion durch Solarisation meist nicht ausreichend, um Wurzel-Nematoden und -Pilze zu bekämpfen; daher kommt es zur Anwendung von Halogen-Kohlenwasserstoffen wie Methylbromid, das wiederum zum Abbau der Ozonschicht beiträgt (Garibaldi/Gullino 2000, zitiert in Hanafi/Papasolomontos 1999) und deshalb sehr begrenzt eingesetzt werden sollte. Nur in den westlichen Ländern bestehen allerdings strenge Gesetze zum Einsatz dieser chemischen Bodendesinfektionsmittel. Anders als in der Europäischen Union wurden für Anbaugelände in Vorderasien teilweise noch keine Substitute für Methylbromid gefunden (Hanafi/Papasolomontos 1999). Andere Boden-Begasungsmittel sind das *Metham-sodium* (Natrium N-Methylcarbomodithioate) und Dazomet (3,5-Dimethylperhydro-1,3,5-thiadiazin-2-thion). Durch den unkomplizierten Einsatz von Fungiziden und Pestiziden wurden traditionelle anbaustrategische Kontrollmechanismen verdrängt und die Aquifere werden zunehmend kontaminiert. Bauern verwenden chemische Pestizide häufig auf Basis von Spritz-Kalendern, z.B. einmal wöchentlich als vorbeugende Maßnahme. Zu hohe Anwendungen der Pestizide führten bei manchen Insekten und Pilzerregern, wie *Botrytis tabaci* und *Botrytis* spp. zur Bildung von Resistenzen (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Zum Schutz der Trinkwasservorräte und angesichts sich häufender Resistenzen fördern einige Länder wie die Türkei die Einführung von biologischen Kontrollmechanismen und die Abstimmung der Pestizidanwendung auf das Überleben der Nutztierpopulationen (Tuzel et al. 2004). So schränkt z.B. die Nutzung von Bienen zur Bestäubung von Gewächshausanbaufrüchten auf großen Anbauflächen (Marokko, Türkei, Tunesien) den Einsatz von Insektennetzen und bienenschädlichen Pestiziden stark ein und lässt den Bedarf nach biologischen Schädlingsbekämpfungsmitteln deutlich erkennen (Hanafi 1996). Da die Bestäubung von Hand viel kostspieliger wäre, sind die Bauern bereit, für Bienen als biologisches Kontrollinstrument zu zahlen. Hier sollte jedoch statt auf Import auf eine lokale Züchtung ausgewichen werden, um Kosten zu sparen und eine bessere Anpassung zu erlangen (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Um den Bodenpathogenen entgegenzuwirken, wird alternativ auch Hydrokultur auf innerer Steinwolle praktiziert (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Solange Pestizide allerdings kostengünstig bleiben, werden sie von den Bauern angewandt: Beim Anbau von Tomaten machen deren Kosten nur 2% der Gesamtproduktionskosten aus (Oskam et al. 2002, zitiert in Hanafi/Papasolomontos 1999). Chemischer Pflanzenschutz ist einfach und günstig – trotzdem lassen schnelle Weiterentwicklungen auf dem Gebiet des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) ein großes Potenzial des nicht-chemischen Pflanzenschutzes vermuten. Auch wenn biologische Agenten vom technischen und ökonomischen Blickwinkel aus sehr kompetitiv sind, ist ihre Zahl zur Zeit noch zu gering und sie sind auf zu wenige Krankheitserreger anwendbar (Gullino 1992, zitiert in Hanafi/Papasolomontos 1999). In Jordanien

konnten bereits in einigen Gewächshäusern durch IPS 60% der Pestizide eingespart werden – die Ernteerträge blieben gleich (Hasse 1996, zitiert in Hanafi/Papasolomonto 1999).

Die Adaption des integrierten Pflanzenschutzes ist durch den schwierigen Technologie-Transfer verlangsamt (Wearing 1988, zitiert in Hanafi/Papasolomontos 1999); heute fördern deshalb viele Regierungen, darunter Europa, Asien und Nordafrika, den IPS-Ansatz. Konsumenten fordern eine Reduktion des Pestizideinsatzes. Mediterrane Regionen sind durch viele kleine Farmen mit schwachen Management und unqualifizierten Arbeitern gekennzeichnet. Integrierter Pflanzenschutz erfordert aber eine gute Ausbildung und strategisches Denken der Landwirte. Die FAO hat begonnen, IPS-Praktiken zu bewerben und für mehr Akzeptanz zu sorgen. Das Training muss soziostrukturelle Besonderheiten berücksichtigen: In Jordanien und Zypern bspw. gibt es eine hohe Anzahl von Leiharbeitern und mobilen Arbeitskräften, während im Libanon ein großer Teil der Bauern *share cropper* sind; andernorts gibt es wiederum viele Nebenerwerbsbauern. Zu Beginn könnte es nützlich sein, sich auf kleine Betriebe zu konzentrieren, in denen die Besitzer auch gleichzeitig die Hauptarbeitskräfte sind und von dort aus die Expansion voranzutreiben (Hanafi/Papasolomontos 1999).

Die Tabelle 3 fasst die bereits genannten positiven ökosystemaren Dienstleistungen und negativen Umweltauswirkungen des Gewächshausanbaus beispielhaft anhand Chinas temperierterer und subtropischer Gebiete zusammen. Dabei wurden absolute Werte von Chang et al. (2013) eigens auf den Freilandanbau normiert und für nicht-messbare Größen die Tendenzen übernommen.

Tabelle 3: Übersicht zu den Ökosystemdienstleistungen und Umweltauswirkungen des Gewächshausanbaus in chinesischen temperierten und subtropischen Gebieten im Vergleich zum Freilandanbau

(+) = anwesend, (-) = abwesend, modifiziert nach Chang et al. 2013 durch Normierung auf Freilandanbau (Primärquellen: Liu et al., 2010, Chang et al., 2011, Wang et al. 2011)

Ökosystemare Dienstleistungen	Temperierte Gebiete Nordchina		Subtropische Gebiete Südchina	
	Plastikgewächshausanbau	Freilandanbau	Plastikgewächshausanbau	Freilandanbau
Kohlenstoff-Sequestrierung	Bindung von 2,5 Mg CO ₂ /ha*Jahr	Freisetzung von 3,6 Mg CO ₂ /ha*Jahr	Bindung von 1,4 Mg CO ₂ /ha*Jahr	0
Lebensmittelproduktion	167%	= 100%	124%	= 100%
Bewässerungsaufwand	54%	= 100%	54%	= 100%
Erhalt der Bodensubstanz	129%	= 100%	125%	= 100%
Erhalt Bodenfruchtbarkeit	159%	= 100%	108%	= 100%
Reduktion der Sandstürme	+	-	+	-
Schutz vor Depositionen	+	-	+	-
Ästhetischer Wert	-	+	-	-

negative Umweltauswirkungen				
CO ₂ Emissionen	700%	= 100%	266%	= 100%
NO ₂ Emissionen	146%	= 100%	139%	= 100%
Bodenversalzung	567%	= 100%	230%	= 100%
Bodenversauerung	++	+	++	+
Plastikabfall	++	+	++	+
Pflanzenkrankheitsrisiko	++	+	++	+

4 Einkommensgenerierung und Lebensmittelsicherheit

Die Expansion des Gewächshausanbaus, die seit der 1990er Jahre zu beobachten ist, betitelt M. Ali (2008) als Pendant zur Grünen Revolution der 1960er Jahre mit „The Horticulture Revolution“, welche seinen Einschätzungen nach ähnlich wie die Grüne Revolution besonders den Ärmsten zu mehr Wohlstand und Lebensmittelsicherheit verhelfen könnte, wenn genügend Fördermaßnahmen getroffen werden. Vor allem Entwicklungsländer und Schwellenländer wie China konnten bereits stark von der Revolution des Gemüseanbaus profitieren. Erfolge des geschützten Gemüseanbaus konnten anhand von wachsenden Anbauflächen und Handelsmengen, einer erhöhten Verfügbarkeit pro Kopf und anhand der Adaption von Anbausystemen verzeichnet werden (Ali 2008). 2010 nutzten etwa 89 Länder den Gewächshausanbau kommerziell (Hickman 2010, zitiert in Chang et al. 2013).

Bei den semi-ariden und ariden Anbaugeländern war die Türkei 2010 mit 33.596 ha Anbaufläche stärkster Vertreter, gefolgt von Marokko mit 16.500 ha Anbaufläche. Algerien und Griechenland verzeichneten je 5.000 ha, Israel und der Iran 4.000 ha, Syrien 3.100 ha, Jordanien 2.000 ha und Tunesien 1.300 ha. Lediglich in Saudi-Arabien ging die Fläche zwischen 1990 und 2010 von 400 ha auf 60 ha zurück (Enoch/Enoch 1999, Hickman 2010, zitiert in Chang et al. 2013).

Tuzel und Leonardi (2009) machen allerdings genauere und möglicherweise aktuellere Angaben zu den Gesamtflächen verschiedener Gewächshausstypen, was auch die Transformationsgeschwindigkeit von Israel und Ägypten hervorhebt.

Tabelle 4: Gewächshausanbau in mediterranen Ländern in Hektar (verändert nach Tuzel/Leonardi 2009)

	Glashaus	Plastikgewächshäuser und PE-Tunnel	Niedrige Tunnel	Gesamtfläche [ha]
Türkei	6840	28051	17055	49746
Ägypten		6800	25000	31800
Israel		11000	15000	26000
Marokko		20000	3770	23770
Tunesien		1579	7316	8895
Algerien		6000	200	6200
Libyen		2500	2500	5000
Syrien		4372	50	4422
Libanon		4000	0	4000
Jordanien		2272	1467	3739
Zypern		283	450	733

Auffällig ist, dass Länder wie Ägypten, Israel, Tunesien und Zypern einen größeren Anteil der Fläche mit niedrigen Tunneln bewirtschaften als mit Plastikgewächshäusern. Länder wie die Türkei, Marokko, Algerien, Syrien, Libanon und Jordanien weisen jedoch viel höhere Anteile der Plastikgewächshäuser und hohen PE-Tunnel auf. Die Türkei hat als einziges Land auch eine signifikante Fläche an Glashausanbau.

2010 haben die fünf Länder China, Spanien, Südkorea, Japan und die Türkei 96% der weltweiten Fläche am Gewächshausanbau eingenommen (China allein 90%), wobei 95% der Bestände aus Plastik und nur 5% aus Glas waren. Daraus wird deutlich, dass der Plastikgewächshausanbau die Transformation vom Freilandanbau zum geschützten Kultivieren begünstigt hat (Enoch/Enoch 1999, zitiert in Chang et al. 2013).

4.1 Gewächshausanbau und Lebensmittelsicherheit

Als großer Vorteil des Plastikgewächshausanbaus gegenüber dem konventionellen Freilandanbau erwies sich die gesteigerte Produktqualität und Produktivität, vor allem beim außersaisonalen Anbau. Hinzu kommt, dass die Technologie leicht und bei relativ geringen Investitionskosten einführbar ist (Costa/Heuvelink 2004, Ali 2008, zitiert in Chang et al. 2013).

Durch die Milderung der Schwankungen in Temperatur, Niederschlag und Wasserknappheit können die Erträge im Gewächshausanbau stabilisiert werden und als Folge ergibt sich eine Verbesserung der Bereitstellung frischen Gemüses (Ali 2008).

In Saudi-Arabien werden bspw. 30% des Gemüses im Gewächshaus produziert, wobei der Rest der Anbaufläche den Fluktuationen in Temperatur, Niederschlag und Bewässerung bzw. Wassermangel vollständig ausgesetzt bleibt. Daraus resultiert ein hohes

Verlustrisiko für die Ernte und wegen der un stetigen Wachstumsbedingungen kommt es zeitweise zu Lieferengpässen (Alkolibi 2002).

4.2 Folgen des Gewächshausanbaus für die Einkommensgenerierung

Die guten Ernteerträge, auch außerhalb der normalen Saison, und der hohe Wertschöpfungsgrad von Gemüse waren ein Hauptgrund dafür, dass die Gewächshaus-technik in vielen Ländern zu schnellen Gewinnrückflüssen und damit zur Kommerzialisierung des Gemüseanbaus führen konnte. Die erzeugten Einkommenssteigerungen und zusätzlichen Arbeitsplätze konnten den Lebensstandard vieler Menschen verbessern (Ali 2008).

Exemplarisch soll hier einmal die Entwicklung in China betrachtet werden. Dort wurden 90% des Gewächshausanbaus von Kleinbauern und geringverdienenden Familien in Betriebsgrößen von 0,1–0,2 ha betrieben (Costa et al. 2003, zitiert in Chang et al. 2013). Die Einkommen erhöhten sich durch Einführung des Gewächshausanbaus maßgeblich gegenüber dem konventionellen Anbau: 2005 bezogen die Bauern in der Anbauregion Shouguang County ihr Einkommen zu 70% aus den Plastikgewächshäusern (Nie 2006, zitiert in Chang et al. 2013) und durchschnittliche jährliche Einkommen lagen mit 670 US-Dollar (Tang 2006, zitiert in Chang et al. 2013) um mehr als ein Drittel über dem durchschnittlichen Einkommen chinesischer Bauern von 400 US-Dollar (Jin/Chen 2007, zitiert in Chang et al. 2013).

Im Iran sind Betriebsgrößen von 0,3 ha üblich (SCI 2005/2006, zitiert in Karamidehkordim 2010). Im hochtechnisierten Israel liegen durchschnittliche Farmgrößen hingegen bei einem Vielfachen mit 4 ha bei Gemüseanbau (400t Tomaten/ha, das sind vier mal so viel wie auf offenem Feld) und mit 1,2 ha bei Schnittblumenkultivierung (3,5–4,5 Mio Rosen/ha) (Israel's Agriculture o.J.). Auch in mediterranen Ländern sind immer noch kleine Farmgrößen, geringe Technisierungsraten, einfache Anbautechniken, schlechte Marktorganisation (saisonale Produktionspeaks etc.), schlechte Wasserqualitäten und schlechte Wassernutzungseffizienzen weitläufig verbreitete Probleme (Leonardi/De Pascale 2010).

4.3 Restriktionen und Lösungsansätze

Bezogen auf die Hemmnisse hinsichtlich einer Forcierung des Gewächshausanbaus wurden spezifische Lösungsansätze entwickelt, die vermutlich auch in Vorderasien anwendbar sind (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5: Restriktionen und Lösungsansätze (eigene Zusammenstellung)

Restriktionen	Lösungsansätze
<p>Management-Intensität eines erfolgreichen Gewächshausgemüseanbaus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umstellung auf neue Produktionssysteme erfordert Know-how zu Düngung, Temperaturregulierung, Sortenwahl, Bewässerungstechnik, finanziellem Management, Vertrieb etc. • zeitlich intelligente Entscheidungen bzgl. Einkauf, Verkauf, Ernte, Anstellung saisonaler Helfer nötig • Input- und Output-Märkte und Finanzmanagement muss verstanden werden (Ali 2008) 	<p>→ <i>Umfassendes Capacity Development für Bauern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Weiterbildungsangebote</i> – <i>Trainingskurse</i> – <i>Aufbauprogramme</i> <p>→ <i>Effizienz des Betriebs der Anbausysteme gesichert</i></p>
<p>Mangel an Kapitalbereitstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kleinbauern können keine Kredite nehmen, da sie nicht über genügend Rücklagen verfügen (Ali 2008) • Iranische Delegation berichtete, die Kredite der Banken seien bereits 7% günstiger geworden, aber dass sich die Landwirte dies immer noch nicht leisten könnten 	<p>→ <i>Verbesserung des Kreditzugangs für Kleinbauern durch angepasste, speziell designte Finanzierungsmechanismen</i></p> <p>→ <i>Frage nach der Aufteilung zwischen staatlicher, privater und kooperativer Finanzierung und möglichen Mischformen, bspw. public-private partnerships</i></p>
<p>Höhe der Produktionskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • starkes Hemmnis, da Getreideanbau derzeit noch einen Kostenvorteil bietet • Gemüseanbau ist Input-intensiv: Arbeitskosten machen 40–60% der Kosten aus und steigen in allen Ländern, ob reich oder arm, d.h. auch aride Länder haben mit diesem Trend zu rechnen • betriebliche Kosten sind 2–5-fach höher als beim Getreideanbau; sie steigen mit steigendem Ölpreis (Transportkosten etc.) und mit zunehmender Entfernung von Städten und bei zunehmendem Anbau in fragilen, unfruchtbaren Gegenden (Ali 2008) 	<p>→ <i>Forschungsförderung: Produktionskosten durch Innovationen reduzieren</i></p> <p>→ <i>Wasserpreis erheben, so dass der wasserineffizientere Getreideanbau unattraktiver wird</i></p> <p>→ <i>Abbau von Subventionen für den Getreideabbau, Förderung von Gewächshaus-Neuanschaffungen</i></p> <p>→ <i>Gewächshäuser in der Nähe der Stadt (sogar auf Dächern) oder der Infrastruktur bauen, um Transportwege zu minimieren</i></p> <p>→ <i>Anbau in unfruchtbaren Gegenden mit herkömmlichen Methoden ausschließen, nur angepasste Anbausysteme mit hoher Produktivität zulassen (Ali 2008)</i></p> <p>→ <i>neue photo-insensitive Sorten züchten (d.h. dass zu ganz verschiedenen Zeiten möglichst durchgehend geerntet werden kann) statt Sorten zu züchten, die sich für den uniformen mechanisierten Ernteprozess eignen (Ali 2008)</i></p> <p>→ <i>Auch die Reife- und Anbauzeit könnte durch Züchtung verkürzt werden, was einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Getreidearten bedeuten könnte; z.B. haben Reis und Mais lange Vegetationszeiten (Ali 2008)</i></p> <p>→ <i>Auch Dürre- und Trockentoleranz sowie Robustheit gegenüber Krankheiten sind von Bedeutung, um die Produktivität zu steigern und somit die Kosten zu senken (Ali 2008)</i></p>

4.4 Nicht-intendierte Folgen

In der Literatur lassen sich verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen einer forcierten Gewächshauseinführung auffinden:

- Durch die höhere Verfügbarkeit hochwertiger, außersaisonaler und kostengünstiger Gemüseprodukte kann besonders in trockenen Regionen indirekt eine Senkung der Mangelernährung durch eine verbesserte Nahrungsmittel- und Nährstoffversorgung bewirkt werden (Ali 2008).
- Aufgrund der verringerten Kontamination durch Luftdepositionen (z.B. saure Aerosole, Stäube mit Schwermetallen) ergibt sich für die Bevölkerung eine höhere Nahrungsmittelsicherheit bezüglich Versorgung und Qualität (Guerra et al. 2012, zitiert in Chang et al. 2013).
- Es entstehen weniger volkswirtschaftliche Kosten durch eine verringerte Anzahl von Krankheitsfällen und die Steigerung der Arbeitsproduktivität (Ali 2008).
- Touristen und Stadtbewohner können die Gewächshäuser besuchen, da dort viele, u.a. exotische Sorten kultiviert werden (Chang et al. 2013). Die Gewächshäuser bieten Chang und Kollegen (2013) zufolge die Möglichkeit zum Selbsternten, zur Erholung und Abwechslung und stellen somit ein Potenzial für den Ökotourismus dar. In Sanyuanzhu Village, Shouguang (China), hat der Tourismus bereits zusätzliches Einkommen für die Bauern generiert (Chang et al. 2013).

5 Kommerzialisierung der Landwirtschaft und Exportorientierung

Die zuvor erwähnten Potenziale machen deutlich, dass eine Einkommensgenerierung beim Gewächshausanbau darauf basiert, dass Effizienzsteigerungen es ermöglichen, die Produktivität über den Grad der Subsistenz hinaus zu steigern. Überschüssige Produkte können dann als Waren auf dem Markt gehandelt werden und zu einer verbesserten Einkommensgenerierung führen. Dieser Schritt in der Entwicklung der Landwirtschaft wird als Kommerzialisierung bezeichnet; er kann sich ebenso bei rein binnenmarktlicher Orientierung wie bei Öffnung für den Weltmarkt vollziehen. Der Gewächshausanbau ermöglichte so in den verschiedensten semi-ariden und ariden Ländern Wohlfahrtszuwächse.

Die mediterranen Anbauländer und Länder Vorderasien profitieren allesamt von ihren komparativen Anbauvorteilen beim Gewächshausanbau gegenüber nördlicheren Ländern, wo Beheizungskosten während der kalten Monate und geringe Sonnenscheindichten die potenziellen Erträge bzw. Gewinne schmälern. Zu den Absatzländern zählen seit den 90er-Jahren vor allem nordwestliche Regionen der Welt, darunter Nordeuropa, Nordamerika und Kanada. In diesen Ländern werden passende Anbauflächen rar und der Konsumtrend hin zu gesunden Lebensmitteln steigt (Hanafi/Papasolomontos 1999). In den mediterranen Gebieten und Vorderasien sind die Ernten

zum einen nahezu ganzjährig möglich und zum anderen doppelt bis vielfach so hoch wie in den Absatzländern. Deshalb können die verschiedenen Gemüse und Früchte prinzipiell kostengünstiger und über eine breitere Periode hinweg produziert werden und bieten den Produzenten ein hohes Exportpotenzial.

Vorteile der südlichen Länder erwachsen vor allem aus den relativ geringen Investitionskosten für Plastikgewächshäuser, den geringen Energie- und Betriebskosten, dem niedrigeren Energiebedarf, den wenigen Umwelthemnissen, der hohen Verfügbarkeit an (Hand-)Arbeitskräften, den geringen Lohnkosten und den damit allgemein niedrigeren Kosten pro Produktionseinheit. Nordeuropäische Länder hingegen kämpfen mit teureren Anbautechnologien, kostenintensiven und schlecht verfügbaren Arbeitskräften, hohen Energie- und Betriebskosten und somit mit generell höheren Produktionskosten (Hortimed Consortium, zitiert in Leonardi/De Pascale 2010).

Dennoch bestehen auch zwischen den Anbaugebieten Südeuropa und Vorderasien Unterschiede in den Umweltbedingungen, aus welchen verschiedene Vor- und Nachteile resultieren. In Vorderasien bieten sich durch eine relativ höhere Sonnenscheindauer und Sonneneinstrahlung potenzielle Vorteile bei der Gewächshausproduktion im Vergleich zu den europäischen mediterranen Anbaugebieten. Allerdings profitieren europäische Anbaugebiete entlang der Küsten, wie z.B. das spanische Almeria, stark von den äußerst milden Wintern und der geringen Jahrestemperaturamplitude (Sánchez-Picón 2011). In Vorderasien hingegen sind durch das kontinentalere Klima Fröste und Schnee im Winter und pflanzenschädliche 40°C im Sommer (im Freiland) möglich. Für den Gewächshausbau in Vorderasien bedeutet dies einen erhöhten Aufwand bei der Anpassung an Temperaturmaxima und -minima anhand von aufwendiger Anbautechnologien und alternativer Strategien (Ali 2008). Auch ist die Situation der Wasserknappheit und der Wasser- und Bodenversalzung in Vorderasien verschärft gegenüber der europäischen Konkurrenz, so dass zunehmend innovative Lösungen wie geschlossene Kreisläufe, Hydrokulturen, Defizitbewässerung, Regenwassersammlung sowie die Abwasser- und Brackwasseraufbereitung in Betracht gezogen werden müssen (Israel's Agriculture o.J.). Als letzter entscheidender Konkurrenzfaktor sind neben der Ressourcenausstattung, den ressourcensparsamen Anbaumethoden noch die verschiedenen Transportentfernungen zu den Absatzmärkten und die damit verbundenen Transportkosten zu nennen.

Als Beispiel für den wirtschaftlichen Aufschwung, den die Kommerzialisierung und Exportorientierung des Gewächshausanbaus in Entwicklungsländern auslösen kann, soll kurz das Phänomen Almeria erwähnt sein. Dort konnte der kommerzialisierte Gewächshausanbau substantiell zur Erhöhung des Bruttoinlandsproduktes Südspaniens beitragen, das bis dahin als unterentwickelt oder rückständig galt. Durch den Gewächshausanbau traten ein schneller ökonomischer Aufschwung sowie ein starkes Bevölkerungswachstum ein – beides konnte in dieser Weise kein zweites Mal in Spanien wiederbeobachtet werden, so dass man den sozio-ökonomischen Wandel, der durch diesen Stimulus ausgelöst wurde, als geradezu „wunderhaft“ bezeichnet (Downward/Taylor 2007, González-Olivares/González-Rodríguez 1983, Mota et al. 1996;

Tout 1990, zitiert in Sánchez-Picón 2011). Das Bruttoinlandsprodukt in Süds Spanien stieg infolge der Entwicklungen auf ein mittleres Niveau an (Aznar-Sánchez et al. 2009, zitiert in Sánchez-Picón 2011).

5.1 Restriktionen und Lösungsansätze

Bezogen auf die Restriktionen, die einer Forcierung des Gewächshausanbaus hemmend gegenüberstehen, wurden spezifische Lösungsansätze identifiziert, die vermutlich auch in Vorderasien anwendbar sind (vgl. Tab. 6).

Tabelle 6: Restriktionen und Lösungsansätze (eigene Zusammenstellung)

Restriktionen	Lösungsansätze
Restriktionen, die bereits unter Punkt 4.3 für die Einkommensgenerierung genannt wurden	<i>Unter 4.3. genannte Ansätze</i>
Ein wettbewerbsfähiger Anbau setzt das Einführen oder Vorhandensein von optimierten Anbautechnologien mit geringen Produktionskosten und Marketingwissen voraus. Beachtet werden muss die kurze Haltbarkeit von Gartenbauprodukten, Infrastrukturen, Lagerstätten etc, und die Ausbildung entsprechenden Fachpersonals.	<i>Innovationen und Anpassungen müssen gefördert werden, so z.B.: Adäquate Bewässerungssysteme, robuste Sorten, smarter integrierter Pflanzenschutz, gute Erntepraktiken, Klassifizierung, Umgang, Prozessierung, Lagerung und Konservierung der Ernte. Zusätzlich müssen Kühlketten (für die Haltbarkeit und Qualität), ein kostengünstiger Transport (Verschiffung), und ein sehr gutes Marketing mit Logistikabteilung eine termingerechte Distribution der Produkte ermöglichen. → Sind die Infrastrukturen einmal eingeführt und entsprechendes Fachpersonal ausgebildet, verbessert sich die Effizienz der Märkte.</i>
Während der 70er Jahre waren 65 Produkte in den Supermärkten vertreten, während in den 90ern schon 250 Produkte vorzufinden waren. Das bedeutet, dass die Produktvielfalt steigt und der Wettbewerb zwischen den Produkten zunimmt. Außerdem verändern sich die Konsumentenpräferenzen ständig, je nach kulturellen Trends und persönlichen Vorlieben (Hanafi/Papasolomontos 1999).	<i>Die Marktforschung muss die Trends in den Konsumentenpräferenzen in den Absatzländern und somit die Nischenmärkte identifizieren können. Das Marketing muss die Ware gegenüber möglichen Substitutionswaren positiv hervorheben und am Markt durchsetzen. → Etablierung bzw. Ausbildung von Marketingexperten</i>
Im Gemüseanbau bestehen Risiken, die es nur Großbetrieben oder wohlhabenderen Bauern ermöglichen, zu optimieren und zu kommerzialisieren: (Produktionsrisiko ist außerhalb der Saison am höchsten und das Marktrisiko während der Spitzensaison). <ul style="list-style-type: none"> • Der geringe Produktionsmaßstab einzelner Gewächshäuser und das resultierende Problem der Erntebündelung bei weit voneinander entfernt liegenden Flächen erschwert eine effiziente Verarbeitung und den Handel. • Fehlende staatliche Unterstützung bei der Preisweitergabe (Erzeugerpreise bis Einzelhandelspreise) und der Koordination der Bauern, • schlechtes Management der Nachernte-Verluste: viele <i>post-harvest</i>-Technologien sind zu teuer, an Infrastrukturen gebunden oder für Großbetriebe ausgelegt, die on- 	<i>→ Risikoprämie für Kleinbauern, die außerhalb der Saison zu ungünstigen Umweltbedingungen produzieren → Forschungs- und Planungsinstanz, die eine umweltfreundliche und strategische Flächenaufteilung findet und Aktionspläne erstellt → Institutionelle Arrangements fördern: – Vertragsanbau mit Supermärkten & Händlern – Kooperativen für Produktion, Prozessierung – Vermarktung – Aufwand an Transaktionskosten könnte von Vertragspartnern/Kooperativen mitgetragen werden → Fördermaßnahmen- oder Programme für die Erforschung kostgünstiger Nachernte-Technologien und für den Transfer von Innovationen zu den Kleinbauern</i>

<p>site verarbeiten (UC Davis 2006, FFTC 2006, Wash. State Univ. 2006, zitiert in Ali 2008). Die Forschungsinvestition konzentriert sich derzeit mit nur 5% zu wenig auf die Verringerung von Nachernteverlusten und die Entwicklung günstiger Technologien oder Praktiken; der Privatsektor forscht auch nur an Technologien für den eignen Großmaßstab (Ali 2008).</p>	
<p>Es bestehen auch eine Reihe von Risikofaktoren dafür, dass bestehende Wettbewerbsvorteile eventuell „verpuffen“:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Immer mehr konkurrierende Produzenten mit ganz unterschiedlichen Standortvorteilen „betreten“ den Weltmarkt und nutzen zunehmend konzentrierte Lieferwege (Pérez-Mesa 2007, zitiert in Sánchez-Picón 2011). Andererseits wird der Weltmarkt immer globalisierter und es bieten sich auch neue Absatzländer an (Aznar-Sánchez 2006, zitiert in Sánchez-Picón 2011). Bei steigenden Einkommen und Trend zur Urbanisierung wird der Bedarf an Gemüse auf dem Binnen- und Weltmarkt weiter steigen (Hanafi/Papasolomontos 1999). • Hinzu kommt aber, dass steigende Ölpreise, sprich erhöhte Transportkosten, dazu führen könnten, dass der Export zunehmend unrentabler wird. • Auch spielen Importquoten und Protektionismus der Absatzländer eine Rolle; so limitieren z.B. europäische Importquoten den Marktzugang und zusätzlich subventioniert Europa seine Bauern als Ausgleich für die Strukturreformen auf dem Gebiet der Zertifizierung und Rückverfolgbarkeit (Galdeano-Gómez et al. 2011, zitiert in Sánchez-Picón 2011). 	<p>– <i>Der Gewächshausanbau von Hauptexportgemüse muss durch lokal optimierte Anbautechnologien mit geringen Produktionskosten wirtschaftlich gehalten werden</i></p> <p>→ <i>Förderung von Innovationen, um wettbewerbfähig zu bleiben</i></p> <p>– <i>Mittelfristig erscheint der Export als Kommerzialisierungsstrategie hilfreich, um Kapital zu generieren und technischen Fortschritt zu ermöglichen</i></p> <p>– <i>Zusätzlich sollten Möglichkeiten der regionalen Vermarktung von z.B. „Premium-Produkten“ in Erwägung gezogen werden. Es könnten auch Bioprodukte produziert werden, um weitere Nischenmärkte im Inland und Ausland zu bedienen</i></p> <p><i>Fazit:</i></p> <p>→ <i>Innovationen durch Forschung fördern, um Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten</i></p> <p>→ <i>Nischenmärkte über Marktforschung identifizieren und Zugang ermöglichen</i></p> <p>→ <i>Capacity Development beim landwirtschaftlichen Anbau, der Weiterverarbeitung und Logistik/Verwaltung (Ali 2008, Hanafi)</i></p>
<p>Hygienevorschriften und Rückverfolgbarkeit der Importländer verursachen Kosten für die Exportländer durch anfallende Laboruntersuchungen und administrativen Aufwand. Diese Dienstleistungsstrukturen sind zum Teil noch nicht ausgereift vorhanden.</p>	<p>→ <i>Die Qualitätssicherung der Ware ermöglicht auch den Zugang zu wertvollen Absatzmärkten, die eine hohes Exportpotenzial beherbergen und der Kostenaufwand erscheint somit als rentabel</i></p> <p>→ <i>Einrichten von Dienstleistungsstrukturen wie Untersuchungslaboren und Koordinationsstellen, die das Tracking der Produkte verwalten</i></p> <p>→ <i>Bspw. sollte auch das Bewässerungswasser nicht durch städtische Abwässer oder Fäkalien aus der Landwirtschaft mit Erregern kontaminiert sein und Kläranlagen werden deshalb erforderlich und müssen errichtet werden</i></p> <p>→ <i>Pestizidrückstände müssen gering gehalten werden durch eine gute fachliche Praxis oder die Verwendung biologischer Kontrolltechniken</i></p> <p>→ <i>Capacity Development auf den Gebieten der Pestizid-anwendung, Laborpraktiken, Abwasserklärung und Verwaltung werden nötig, um die Qualitäts- und Sicherheitsstandards einhalten zu können (Ali 2008)</i></p>

5.2 Nicht-intendierte Folgen

Verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen der forcierten Gewächshauseinführung wurden in der Literatur identifiziert:

- Ob die Produkte einer Qualitätskontrolle unterzogen wurden, hing bei den mediterranen Anbaugebieten davon ab, ob sie auf dem Binnenmarkt oder dem Exportmarkt vertrieben wurden (Hanafi/Papasolomontos 1999). Durch gesetzliche Exportstandards kommt es „gezwungener Maßen“ zur Verbesserung der Nahrungsmittelqualität und -sicherheit der Produkte für den Export durch geringere Kontamination (Pestizide, Depositionen), bessere Konservierung und bessere Transportbedingungen. Es ist möglich, dass entsprechende Normen dann auch auf die Produkte, die für den Binnenmarkt bestimmt sind, angewendet und übertragen werden, sobald die Techniken ein erstes Mal kostengünstig für den Export eingesetzt wurden.
- Beim Binnenmarkt wurden die Erntezeitpunkte stark von den lokalen Marktpreisen abhängig gemacht, so dass die Produkte durchaus auch unreif zur Ernte kamen (Hanafi/Papasolomontos 1999). Dies könnte den Nährwert der Produkte negativ beeinflussen.
- Exporteinnahmen ermöglichen den Entwicklungsländern, neue Technologien und Materialien zu importieren und schaffen neue Arbeitsplätze durch Investitionen in neue Gewächshäuser und in ergänzende Gewerbe.
- Der *multiplier employment impact* steigt beim kommerziellen Gemüseanbau im Vergleich zum kommerziellen Getreideanbau: Er äußert sich bei einem gleichen ursprünglichen Produktionsanstieg im kommerziellen Gemüseanbau in einer Größenordnung von 3, wohingegen der Getreideanbau nur 2 Skalenpunkte erreicht. Dieser Unterschied ergibt sich aus dem beim Gemüseanbau höheren Handel von Inputs und Outputs mit anderen Sektoren, weshalb das Einkommen anderer Sektoren stärker steigt – die Berechnung basiert auf der Annahme, dass 90% der Gemüse- und 30% der Getreide-Outputs verkauft und dass 40% der Inputs beim Gemüse- und 50% der Inputs beim Getreideanbau zugekauft werden (Ali 2008).
- Die Kommerzialisierung und Globalisierung des Gemüsehandels setzt Anreize zum Wirtschaftswachstum, erhöht den Wohlstand und steigert somit womöglich die Nachfrage nach Luxusprodukten. In Spanien bspw. nahm das Risiko für ökologische, ökonomische und soziale Verwundbarkeit infolge des Aufschwungs zu (Sánchez-Picón 2011). Der Druck auf die natürlichen Ressourcen könnte sich also trotz der beim Gewächshausanbau ursprünglich angestrebten Einsparmaßnahmen durch eine Art *rebound*-Effekt letztlich erhöhen.

6 Möglichkeiten der Entstehung neuer Industriezweige

Der Gemüseanbau in Gewächshäusern erfordert einen höheren Einsatz von industriellen Inputs als der Getreideanbau, so z.B. mehr Baumaterialien, Leitungen, Dünger,

Pestizide, Verpackungen und Bewässerungstechnologien (Ali/Abedullah 2002, zitiert in Ali 2008). Dieser Input-Bedarf birgt das Potenzial, dass es innerhalb eines Transformationslandes zum Entstehen neuer Industriezweige kommt.

Am Beispiel Israels lässt sich eine solche Entwicklung anhand der äußerst einflussreichen, inländischen Industrie für Bewässerungstechnik nachvollziehen. Seit den 1950er-Jahren hat der israelische Staat intensiv in die Erforschung innovativer Bewässerungstechnologien investiert, weil erkannt wurde, dass Oberflächenbewässerung schlicht zu ineffizient für ein Gebiet mit kontinuierlichem Wassermangel ist. Die Bewässerungsindustrie Israels ist inzwischen weltberühmt und hochangesehen, 80% ihrer Produktion gehen in den Export. Auch israelische Landwirte anerkennen den hohen Wert des Wassers und nutzen die Ressource mit Sorgfalt (Israel's Agriculture 2003).

Vor 40 Jahren noch wurde mit Ochsen gepflügt, doch der Wandel zur Input-intensiven *high-tech*-Agrarwirtschaft erfolgte binnen kurzer Zeit (Israel's Agriculture 2003). Die Erfolgsgeschichte Israels kann anderen Ländern Vorderasiens als Inspiration und Anstoß für mehr staatliche Förderungszahlungen in inländische Input-Industrien dienen. Die „Gewächshausrevolution“ bringt also die Chance mit sich, Entwicklungspotenziale in weiteren Sektoren zu eröffnen.

Bereiche, in denen sich vermehrte wirtschaftliche Aktivität ergeben könnte sind Verarbeitung, Marketing, Beratung, Forschung, Logistik, Wasseraufbereitung, Bauunternehmen, Fertigmateriellieferanten, Rohstofflieferanten.

6.1 Restriktionen und Lösungsansätze

Bezogen auf die Hemmnisse hinsichtlich einer Forcierung des Gewächshausanbaus wurden spezifische Lösungsansätze entwickelt, die vermutlich auch in Vorderasien anwendbar sind (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Restriktionen und Lösungsansätze (Zusammenstellung nach Ali 2008)

Restriktionen	Lösungsansätze
<p>Es findet ein Import von Inputs statt, wenn keine inländischen Input-Märkte entstehen; infolgedessen sinkt das Bruttoinlandsprodukt.</p> <p>Beispiel Almeria: Südspanien wies durch die Expansion des Gewächshausanbaus ein mittleres Bruttoinlandsprodukt auf. Es besteht im Bereich der High-Tech-Inputs, Saatgut und Nährlösungen, eine Import-Abhängigkeit von den Niederlanden. Die Produktion ins eigene Land zu verlegen würde z.B. dem BIP möglicherweise zu mehr Anstieg verhelfen.</p>	<p>→ <i>Importvorschriften und -quoten anpassen</i></p> <p>→ <i>Wissensgrundlagen schaffen: Förderung von Forschungsprojekten zu optimalen Anbaubedingungen und nötigem Equipment, um den Bedarf an neuen Unternehmen bzw. Industriezweigen aufzuzeigen und zu deren Neugründung anzuregen</i></p> <p>→ <i>Schaffung von Fördermaßnahmen für das innovative Unternehmertum/Kapitalzugang für Markt-Pioniere ermöglichen – Schaffung von speziellen Infrastrukturen: Kommunikations- und Informationsplattformen, Netzwerke</i></p> <p>→ <i>Möglichem Mangel an Fachkräften entgegenwirken, Technik-Transfer erleichtern, staatliche Vorschriften und Rahmenbedingungen zur Saatgutregistrierung, Zertifizierung und Biosicherheit optimieren (Ali 2008)</i></p> <p>→ <i>Hier das Beispiel der Saatgutindustrie, denn gute Hybridsorten gelten auch in der Gewächshausrevolution als Schlüsselfaktor für eine hohe Ressourcenproduktivität: Für die Stärkung der Saatgutindustrie sind privat-öffentliche Institutionenkooperationen hilfreich, da die Forschungs- und Entwicklungsarbeit von beiden Seiten getragen wird und sich bessere Ergebnisse durch eine Zusammenarbeit erzielen lassen (Synergien und Arbeitsteilung). Z.B. wurde in der Grünen Revolution die Bereitstellung ertragsreicher, regional angepasster Hybridarten oft durch den privaten Sektor gewährleistet (Ali 2008). Die kostenlose Bereitstellung von Keimplasmen aus Saatbanken (Samen bei Pflanzen und Stecklinge bei Bäumen), wie durch das non-profit Forschungszentrum „The World Vegetable Center“ (AVRDC), konnte den Privatsektor dabei wiederum ergänzend unterstützen (Ali 2008)</i></p> <p>→ <i>Die öffentlichen Institute haben auch eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von Informationsmaterialien für Bauern über Saatgüter und den richtigen Umgang: Established community seedling centers sollten als Streuungspunkte für Produktionstechnologien fungieren, da sie die besten Saatgüter und Aufzuchtmethoden benutzen und Bauern effizient ausbilden können (Ali 2008)</i></p>

6.2 Nicht-intendierte Folgen

Verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen der forcierten Gewächshauseinführung werden sichtbar:

- Wie unter Punkt 5.2. beschrieben, erhöhen wirtschaftliche Aktivitäten im Bereich der Inputs vermutlich ebenso den Druck auf die natürlichen Ressourcen wie der eigentliche Gewächshausanbau es direkt schon tut.

Beispiele sind der anfallende Plastikabfall, die einhergehenden Belastungen aus der Pestizid- und Düngerherstellung wie Produktionsemissionen, übermäßiger Wasserverbrauch und zunehmende Wasserverknappung und -verschmutzung, Transportemissionen der Input-Bereitstellung und andere externe Effekte.

Folgende Lösungsansätze zur graduellen Internalisierung der Kosten von negativen Externalitäten sind denkbar:

- Einführung einer staatlichen Kontrolle der Abwasser- und Abfallentsorgung sowie von
 - Sammlungsstellen oder Abholdiensten, Recycling- und Kläranlagen
 - Finanzierung möglicherweise durch kostendeckende Wasserpreise bzw.
 - Steuern auf Inputs oder andere Steuerinstrumente
- Die Wasserpreisstaffelung Israels setzt bspw. Anreize zum Wassersparen:
 - Stadtbewohner zahlen viel mehr als die Landwirte, einschließlich einer Abwassergebühr;
 - Landwirte zahlen schrittweise mehr; für die Wasserallokation bis 60% 20ct/m³, für 60–80% 25ct/m³ und für 80–100% 30ct/m³ (Israel's Agriculture 2003)⁸.
- Einführung von Pfandsystemen für einige Inputs, z.B. für Plastikplanen, um zu vermeiden, dass sie illegal in der Umwelt entsorgt werden.
- Programme zum verbesserten Umweltbewusstsein: Bspw. führten ländliche Hygiene-Programme in Almeria dazu, dass sich Bauern mehr um die „Umwelthygiene“ kümmerten (Escobar-Lara 1998, zitiert in Sánchez-Picón 2011).

7 Schaffung potenzieller Arbeitsplätze

Aus den letzten drei Kapiteln wird deutlich, dass mit der Expansion des Gewächshausanbaus auch eine große Anzahl neuer Arbeitsplätze entstehen kann – sei es direkt im Anbau oder indirekt in den Zulieferer- und Absatzunternehmen: Entlang der gesamten Wertschöpfungskette, ausgehend von den vielfältigen Inputs über die Verarbeitung, Produktion, das Marketing, den Vertrieb, die Logistik, den Zwischenhandel, den Einzelhandel bis hin zu Forschung, Administration, Koordination, Beratung und Qualitätssicherung, ergeben sich neue Potenziale auf dem Arbeitsmarkt.

Im Durchschnitt erfordert der Gemüseanbau etwa zweieinhalb Mal so viele Arbeitstage wie der Getreideanbau, was aber je nach Anbausorte variieren kann. Umgerechnet bedeutet das für die Konvertierung von einem Hektar Getreideanbau zu einem Hektar Gemüseanbau die Schaffung einer zusätzlichen ganzjährigen Arbeitsstelle (Ali 2008).

⁸ Die Preiselastizität der Wassernachfrage (die sich aus dem Verhältnis der nachgefragten Menge zur Veränderung des Preises ergibt) hängt von der jeweiligen Wasserproduktivität ab. Da der Gewächshausanbau Wasser sehr produktiv nutzt, ist hier die Preiselastizität recht gering. Folglich wird auch bei erhöhten Wasserpreisen die nachgefragte Wassermenge (fast) gleich bleiben. Im Gegensatz dazu werden wenig produktive Bauern mit einem extensiven Anbau nach der ökonomischen Theorie weniger Wasser aufwenden, sobald die Preise steigen. Im Endeffekt wirken Wasserpreiserhöhungen also am stärksten auf Nachfrager mit hoher Preiselastizität, bei denen sie als Anstoß für Effizienzsteigerungen fungieren können (Water Civilizations International Centre 2010).

Zur Veranschaulichung legt Ali (2008) dar, dass zu jener Zeit 53 Mio Hektar weltweit mit Gemüse bewirtschaftet wurden, was auf einer Summe von 80 Mio arbeitenden Menschen basierte. Würde man die genannte Fläche durch Reisanbau ersetzen, hätten 53 Mio weniger Menschen eine Arbeit. Ferner schätzt man eine ähnliche Anzahl an Arbeitskräften in den sich anschließenden Branchen wie dem Transportwesen, der Weiterverarbeitung und im Groß- und Einzelhandel.

Ein weiteres Zahlenbeispiel ist, dass in Mexiko 20% der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte im Gemüseanbau beschäftigt sind, obwohl nur 6,7% der Ackerflächen mit Früchten und Gemüse bewirtschaftet wird (Barron/Rello 2000).

7.1 Restriktionen und Lösungsansätze

Bezogen auf die Hemmnisse hinsichtlich einer Forcierung des Gewächshausanbaus wurden spezifische Lösungsansätze entwickelt, die vermutlich auch in Vorderasien anwendbar sind (vgl. Tab. 8).

Tabelle 8: Restriktionen und Lösungsansätze (eigene Zusammenstellung)

Restriktionen	Lösungsansätze
Risikofreudige oder zumindest risikoneutrale Arbeiter und Bauern, die zu Investoren werden und in neue Gewächshäuser investieren wollen, sind in hoher Anzahl erforderlich	<p>→ <i>Vermarktungs- und Produktionsrisiken verringern: Inländische Innovationsrate erhöhen, um Lösungen zur Risikoverminderung zu finden: Forschung und Entwicklung</i></p> <p>→ <i>Zahlung eines Sicherheitsäquivalents für bestimmte Produktionssysteme an risikoaverse Bauern</i></p> <p>→ <i>Kreditzugang mit niedrigen Zinsen ermöglichen, um das Risiko zu verkleinern: verschiedene kooperative Formen des Sparens, Privatinvestoren, staatliche Subventionen</i></p>

7.2 Nicht-intendierte Folgen

In der Literatur werden verschiedene unbeabsichtigte Folgen und Nebenwirkungen der forcierten Gewächshauseinführung angeführt:

- Die Expansion von Gewächshäusern kann im besten Falle den Ärmsten zu Gute kommen, da durch Produktion, Verarbeitung und Handel neue Einkommensmöglichkeiten geschaffen werden. Dies ermöglicht ein breiteres und gerechteres Wachstum und trägt zur Armutsbekämpfung in den Ländern bei (Ali 2008). Oft wird zusätzlich benötigte Arbeitskraft über Leiharbeit (hired labour) abgedeckt, so dass auch verarmte Landbewohner ohne eigenen Grundbesitz von der Transformation profitieren würden (Ali/Abedullah 2002, McCulloch/Ota 2002, Weinberger/Genova 2005).
- Besonders Frauen mit wenigen alternativen Einkommensmöglichkeiten und ohne eigenes Land (McCulloch/Ota 2002) profitieren von den neuen Jobs. Bei der Produktion für den Export übernehmen Frauen oft das Waschen, Schneiden, Etikettieren und Bar-Coding, welches alles arbeitsintensive Schritte darstellen (Dolan et

al. 1999). So sind bspw. im Gemüseanbau mehr Frauen angestellt als im Reisanbau (Braun et al. 1989, Ali/Abedullah 2002).

- Unter der Annahme steigender Einkommen führt der Gewächshausanbau vermutlich auch zum vermehrten Verzehr von Gemüse. Die höhere inländische Nachfrage nach Gemüse wiederum lässt die Preise steigen und der Gemüseanbau selbst würde wieder ausgedehnt werden. Somit würden wieder mehr Arbeitskräfte gebraucht und der Kreislauf könnte sich solange wiederholen, bis der Binnenmarkt schließlich gesättigt ist. Welches Ausmaß die Nachfragepotenziale auf den einzelnen Binnenmärkten sowie dem Weltmarkt annehmen, bleibt hier offen.
- Bei exzessivem Gewächshausanbau mit auf engem Raum konzentrierten Anbauflächen drohen in den betreffenden Gebieten erhebliche soziale und ökologische Missstände.

So traten in Almeria, der größten zusammenhängenden Anbaufläche Europas, Ausschreitungen bis hin zum Pogrom auf. Der Konflikt bestand zwischen den wohlhabenderen spanischen Arbeitgebern und der hohen Zahl nordafrikanischer Gastarbeiter und Immigranten. Diese wurden/werden unter Niedrigentlohnung, unter harten Arbeitsbedingungen (vgl. Callejón-Ferre 2009, Montoya-Garcia et al. 2013) mit Stundenentlohnung und pestizid-verseuchten Anlagen bei unmenschlichen Behausungsbedingungen und zu etwa 50% ohne Aufenthaltsgenehmigung auf den Kulturflächen beschäftigt. Auf den Mord dreier spanischer Bürger durch zwei Marokkaner folgte ein Pogrom auf die Hütten und Geschäfte der Marokkaner. Die Behörden griffen verspätet ein und es kam zur Schaffung eines Gesetzes, das zwar die Bewilligung neuer Gewächshäuser regeln sollte, aber dennoch wurden viele neue Anlagen ohne gesetzliche Zustimmung errichtet. Auch erfolgte Tarifverhandlungen der Wanderarbeiter mit den Arbeitgebern wurden letztlich nicht umgesetzt (Freitag.de 2004). Ähnliche Konflikte traten mehrfach auf (Wolosin 2008).

Neben der Immigration aus umliegenden Ländern könnte auch eine Umsiedlung innerhalb eines Landes ausgelöst werden, wenn die Gewächshäuser in einer bestimmten, privilegierten Region errichtet würden.

Die armen Dorfbewohner und Gastarbeiter würden möglicherweise in die expandierenden Regionen zuwandern und als Folge könnte es zur Ausbildung chaotischer Urbanisierungszustände kommen, die die zuvor genannten sozialen Probleme, aber auch ökologisch Mehrbelastungen mit sich brächten, wenn nicht von vornherein auf die Förderung eines integrierten Pflanzenschutzes und erträglicher Arbeitsplätze in den Gewächshäusern geachtet wird. Es besteht also ein sozio-ökologisches Risiko, das aber durch eine intelligente, staatliche Regulation mit funktionierender Exekutive verringert werden kann. Die Einführung einer Raumplanungsinstitution, einer Bewilligungspflicht und entsprechende Sanktionsmechanismen sowie das Festlegen von Mindestlöhnen und Arbeitsqualitätsstandards könnten mögliche Schritte zur Prävention solcher ungewollten Negativentwicklungen sein.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Am Ende dieser Analyse von Potenzialen und Hemmnissen erfolgt eine Zusammenfassung und Bewertung der wichtigsten (positiven und negativen) Entwicklungspotenziale und unerwünschten Folgen eines forcierten Gewächshausanbaus. Außerdem werden diejenigen Lösungsansätze hervorgehoben, die für einen nachhaltigen Anbau als am zuträglichsten eingeschätzt werden und dazu beitragen können, positive Entwicklungspotenziale zu entfalten und negative zu verhindern.

Der Gewächshausanbau erlaubt auch unter den in Vorderasien häufigen ariden und semi-ariden Situationen trotz erheblicher Intensitätssteigerung eine deutliche Verringerung des Wassereinsatzes in der Landwirtschaft. Insofern ist eine Konzentration auf den Gewächshausanbau zunächst einmal sehr interessant, auch wenn sie sich in erster Linie auf Sonderkulturen (Obst und Gemüse sowie evtl. Blumenanbau) richtet. Die Sonderkulturen haben zumeist ein im Vergleich mit der Acker- bzw. Feldwirtschaft hohes Wertschöpfungsniveau, das es auch zumeist erlaubt, dass die Landwirte selbst das für die Investitionen erforderliche Kapital aufbringen bzw. innerhalb weniger Jahre erwirtschaften können. Der Anbau der Sonderkulturen im Gewächshaus erfordert zusätzlich auch ein hohes landwirtschaftliches Systemwissen (z.B. um besonders geeignete Sorten zu wählen und chemischen Pflanzenschutz aufzuwenden zu können). Hier ist häufig zugleich der Schritt zu Formen des integrierten oder sogar des organischen Anbaus mit einer Permakultur möglich.

Low-Tech-Gewächshäuser haben die wirtschaftliche Entwicklung mehrerer marginaler Regionen Europas geprägt. Vergleichbare Entwicklungspfade lassen sich auch in Vorderasien beschreiten; auch dort werden die entsprechenden Vorteile einer solchen Modernisierungsstrategie gesehen (vgl. Mamampoush 2012). Mittlerweile sind die europäischen Erfahrungen ausgewertet und setzen einen Rahmen für weitere Verbesserungen. Die Transformation von traditionellen Gewächshäusern über halboffene, mediterrane Gewächshäuser könnte sich bis hin zu geschlossenen Systemen vollziehen. Möglichkeiten für Innovationen bieten eine höhere Technisierung, die eine Anpassung der optimalen Wachstumsbedingungen erlaubt, aber auch das breite Wissen in Bezug auf Agrobiodiversität, das bei einer Systematisierung und einer optimalen Vermehrung und Verteilung von Saatgut eine Sortenoptimierung erlaubt.

Die Praktiken zur Verbesserung der agronomischen Nachhaltigkeit im Gewächshausanbau müssen auch immer hinsichtlich der ökonomischen Nachhaltigkeit bewertet werden. Restriktionen sind Klimabedingungen, Ressourcenknappheit und die lokalen Ökosystemleistungen; zudem sind die sozio-ökonomischen Kontexte der Landwirtschaft (sowohl hinsichtlich der Vermarktung als auch der Weitergabe von Produzentenwissen, der Saatgutbereitstellung und der angepassten Pflanzenschutzalternativen) nicht immer passend. Folglich müssen die Gewächshaussysteme regional angepasst werden in Bezug auf Anbau, Management, Technologien und die jeweiligen Vermarktungsbedingungen (Leonardi/De Pascale 2010).

Die Globalisierung, Änderungen in den Konsumentenpräferenzen und die zunehmende Beachtung von Umweltauswirkungen stellen Bedingungen und Ziele, die es für Produktinnovationen, Produktkostenreduktion, Ertragssteigerungen, Produktqualifizierung und Minimierung der Umweltauswirkungen zu erreichen gilt.

Aufgrund des sparsamen Wasserverbrauchs und der reduzierten Evapotranspirationsraten, so argumentiert Alkolibi (2002), sollte der Expansion der Gewächshausflächen in einem ariden Land wie Saudi-Arabien ein hoher Stellenwert bei der landwirtschaftlichen Subventionierung beigemessen werden. Ali (2008) betont hingegen, dass auf jeden Fall die Forschung die Nischenmärkte für Gemüse identifizieren muss, entsprechende technische Lösungen entwickelt werden müssen und Neuerungen der Marktstrukturen durchgeführt werden sollten, um funktionierende Input-/Output-Märkte zu schaffen, die den Kleinbauern den Marktzugang ermöglichen. Andernfalls könne man die Gewächshausexpansion nicht den benachteiligten Bevölkerungsschichten zugute kommen lassen.

Der Gewächshausanbau ist jedoch kein Allheilmittel, insbesondere nicht in den (semi-)ariden Gebieten Vorderasiens. Keineswegs kann es darum gehen, neue Standorte landwirtschaftlicher Produktivität in Wüsten zu schaffen, in denen bisher kaum Landwirtschaft betrieben wurde. Grundsätzlich ist es unsinnig, angepasste und kleinteilige Formen der Wüstenlandwirtschaft aufzugeben, um an ihrer Stelle zu einer intensivierten Agrarproduktion zu kommen. Dies mag in wenigen Regionen ausnahmsweise anders sein, wo sich wie im zentraliranischen Einzugsgebiet des Zayandeh Rud Krisen um die Landwirtschaft zuspitzen und nicht mehr anders aufgefangen werden können (Überbilanzierung der Wasserhaushaltes, absehbare Arbeitslosigkeit von großen Teilen der Wüstenlandwirte).

Restriktionen, die dem Gewächshausanbau entgegenstehen, liegen nicht nur im Kapitalzugang und in der Vermittlung bzw. regionalen Anpassung von Wissen, geeigneten Sorten und ggfs. auch Technologien, sondern auch in den staatlichen und privaten Fördermaßnahmen von Investitionen in neue Technologien bzw. den Technologietransfer einschließlich Capacity Development. Teilweise müssen auch institutionelle Arrangements bzw. Governancestrukturen geschaffen werden, um die Nachteile von Gewächshausregionen zu vermeiden, wie sie etwa aus der spanischen Almería bekannt sind. Hier geht es auch um die Erhaltung ökologischer Funktionen für die Landwirtschaft (Grundwasserqualität und -quantität, Verhinderung der Versalzung von Böden und Umweltverschmutzung durch Abfälle, Bienenbestäubung und andere Ökosystemleistungen) und die Förderung von regional angepassten Technologien des integrierten und insbesondere des biologischen Pflanzenschutzes (dies erfordert zunächst den Aufbau von ausreichenden und auch transdisziplinär ausgerichteten Forschungskapazitäten). Auch ist darauf zu achten, dass – etwa mit Maßnahmen einer integrierten und an den endogenen regionalen Potenzialen ausgerichteten Raumordnung – die erforderlichen Infrastrukturen (Straßen, korrespondierende Verpackungs- und Veredelungsindustrien, semi- und dezentrale Wasserzweischenspeicher und Verteilungsstrukturen) geschaffen werden und mit dem inländischen bzw. internationa-

len Nachfragepotenzial abgeglichen werden. Auch sind jeweils die Emissionsbilanz für Klimagase und die „Wasserrucksäcke“ der dort erzeugten landwirtschaftlichen Produkte zu ermitteln.

Im Sinne der Nachhaltigkeitsidee sollte der Fokus des Gewächshausanbaus auf der langfristigen Reduktion der Nutzung wertvoller Ressourcen auf ein essentielles Niveau liegen bei geringstmöglichen negativen Umweltauswirkungen und optimalen sozio-ökonomischen Nutzen. Dazu gehört auch die Rückkehr zu einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung.

9 Literatur

- Ali, M. (2008): Horticulture Revolution for the Poor: Nature, Challenges and Opportunities. Background Paper. In: World Development Report 2008: http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1191427986785/Ali_Horticulture_for_the_Poor.pdf (13.11.2013)
- Ali, M./K.B. Abedullah (2002): Nutritional and economic benefits of enhanced vegetable production and consumption. *Journal of Crop Production*, Nr. 6 (1/2), 145–176
- Alkolibi, F.M. (2002): Possible Effects of Global Warming on Agriculture and Water Resources in Saudi Arabia: Impacts and Responses, *Climatic Change*, Nr. 54, 225–245
- Aznar-Sánchez, J.Á./C. Thomson-Civitas (Hg.) (2006): La competencia entre la horticultura intensiva de Marruecosy España. Navarra
- Aznar-Sánchez, J.Á./L.J. Belmonte Ureña/D. Bonillo Muñoz/A. Molina Morales/H.A. Saquilán/Dirección General de Coordinación de Políticas Migratorias (Hg.) (2009): Análisis de la inmigración en la provincia de Almería. Sevilla
- Barron, M.A./F. Rello (2000): The impact of the tomato agroindustry on the rural poor in Mexico. *Agricultural Economics*, Nr. 23 (3), 289–297
- Bergmann, M./E. Schramm/P. Wehling (1999): Technologiefolgenabschätzung und Handlungsfolgenabschätzung – TA-orientierte Bewertungsverfahren zwischen stadtökologischer Forschung und kommunaler Praxis, In: J. Friedrichs/K. Hollaender (Hg.) (1999): *Stadtökologische Forschung – Theorie und Anwendungen*. *Stadtökologie*, Nr. 6, 443–463
- Braun, J. von/D. Hotchkiss/M. Immink (1989): Nontraditional export crops in Guatemala: effects on production, income, and nutrition. Research Report 73. International Food Policy Research Institute. Washington DC
- Bu, F.K. (2006): Developing efficient drip irrigation technology in Shouguang. www.chinawater.com.cn/ztgz/xwzt/2006hbsjx/1/t20060804_185787.htm (30.06.2010)
- Callejón-Ferre, A.J./J. Pérez-Alonso/J. Sánchez-Hermosilla/A. Carreño-Ortega (2009): Ergonomics and psycho-sociological quality indeces in greenhouses. Almería. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 50–58

- Camacho-Ferre, F./Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Hg.) (2002): España, huerta de Europa. Madrid
- Campen, J. (2012): Is a sustainable protected horticulture in arid regions economically feasible? *ISHS Acta Horticulturae*, Nr. 952: International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011, 93–96
- Campra, P./M. Garcia/Y. Canton/A. Palacios-Orueta (2008): Surface temperature cooling trends and negative radiative forcing due to land use change toward greenhouse farming in southeastern Spain. *Journal of Geophysical Research. Atmospheres*, 113, D18109. doi:10.1029/2008JD009912
- Chaibi, M.T. (2003): Greenhouse Systems with Integrated Water Desalination for Arid Areas Based on solar Energy. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp
- Chang J./X. Wu/A. Liu/Y. Wang/B. Xu/W. Yang/L.A. Meyerson/B. Gu/C. Peng/Y. Ge (2011): Assessment of net ecosystem services of plastic greenhouse vegetable cultivation in China. *Ecological Economics*, Nr. 70, 740–748
- Chang, J./X. Wu/Y. Wang/L.A. Meyerson/B. Gu/Y. Min/H. Xue/C. Peng/Y. Ge (2013): Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply? *Frontiers in Ecology and the Environment*, Nr. 11 (1), 43–49
- Costa, J.M./E. Heuvelink (2004): Protected cultivation rising in China. *Fruit and Vegetation Technology*, 4: 8–11. Cornell University
- Dolan, C./J. Humphrey/C. Harris-Pascal (1999): Horticulture commodity chains: the impact of the UK market on the African fresh vegetable industry. IDS Working Paper 96, Brighton, Sussex
- Downward, S.R./R. Taylor (2007): An assessment of Spain's programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería, southeast Spain. *Journal of Environmental Management*, Nr. 82 (2), 277–289
- Drouiche, N./N. Ghaffour/M.W. Naceur/H. Mahmoudi/T. Ouslimane (2011): The effect of salt stress on flower yield and growth parameters of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse condition. *Water Resource Management*, Nr. 25, 2743–2754
- Enoch, H.Z./Y. Enoch (1999): The history and geography of the greenhouse. In: G. Stanhill/H.Z. Enoch (Hg.): *Ecosystems of the world 20: Greenhouse Ecosystems*. Amsterdam
- Escobar-Lara, A. (1998): Aspectos medioambientales de la agricultura en invernaderos. In: *Curso Superior de Especialización sobre tecnología de invernaderos*, Almería. Consejería de Agricultura y Pesca, FIAPA, Caja Rural de Almería, 71–93
- Espí, E./A. Salmerrón/A. Fontecha/Y. García/A.I. Real (2006): Plastic Films for Agricultural Applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, Nr. 22, 85–102
- FAO (2002): Deficit irrigation practices, Water Reports 22. In: P. Moutonnet: *Yield response factors of field crops to deficit irrigation*. Rome
- Fernández, M.D./A.M. González/J. Carreño/C. Pérez/S. Bonachela (2007): Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. *Agricultural Water Management*, Nr. 89, 251–260

- Fernández-Lavandera, O./A. Pizarro-Checa (1981): Almería: la técnica del enarenado transforma un desierto. *Revista de Estudios Agrosociales*, Nr. 115, 31–70
- Freitag.de (2004): <http://www.freitag.de/autoren/der-freitag/el-dorado-unter-plastik> (15.11.2013)
- Galdeano-Gómez, E./J. Céspedes-Lorente/J. Martínez-del-Río (2008): Environmental performance and spillover effects on productivity: evidence from horticultural firms. *Journal of Environmental Management*, Nr. 88, 1552–1561
- Galdeano-Gómez, E./J.Á. Aznar-Sánchez/J.C. Pérez-Mesa (2011): The complexity of theories on rural development in Europe: an analysis of the paradigmatic case of Almería (South-east Spain). *Sociologia Ruralis*, Nr. 51 (1), 54–78
- Galera, M.C./I. Navarro/G. López/F. Nieto (2012): Crop residues: Separation of biomass and plastics. *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012*, Valencia, July 8–12, 2012
http://www.cirg.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C1680.pdf (11.12.2013)
- Garibaldi, A./M.L. Gullino (1995): Focus on critical issues in soil and substrate disinfection towards the year 2000. *Acta Horticulturae*, Nr. 382, 21–36
- Gómez-Orea, D. (2003): *La horticultura en Almería. Bases para un Plan de Ordenación Territorial y Gestión Medioambiental*. Cajamar, Almería
- González-Olivares, F./J.J. González-Rodríguez (1983): Almería: el milagro de una agricultura intensiva. *Papeles de Economía Española*, Nr. 16, 152–168
- Guerra, F./A.R. Trevizam/T. Muraoka/N.C. Marcante/S.G. Canniatti-Brazaca (2012): Heavy metals in vegetables and potential risk for human health. *Scientia Agricola*, Nr. 69, 54–60
- Guillino, M.L. (1992): Integrated control of diseases in closed systems in the Subtropics. *Pesticide Science*, Nr. 36, 335–340
- Gullino, M.L./L.A.M. Kuijpers (1994): Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. *Annual Review of Phytopathology*, Nr. 32, 559–579
- Hanafi A.B. (1996): pollinisation naturelle de la tomate au Maroc. *Agrovet Magazine*, Nr. 12, 11
- Hanafi, A./A. Papasolomontos (1999): Integrated production and protection under protected cultivation in the Mediterranean region. *Biotechnology Advances*, Nr. 17, 183–203
- Hasse, V. (1996): Environmental impact on integrated pest management. Promotion of sustainable plant protection systems. *Jordanian German Technical Co-operation Program in Agriculture*
- He, F./Q. Chen/R. Jiang/X. Chen/F. Zhang (2007): Yield and nitrogen balance of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with conventional and site-specific nitrogen management in Northern China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Nr. 77, 1–84
- Hickman, G.W. (2010.): *Greenhouse vegetable production statistics*. Cuesta Roble. Greenhouse Consultants. Mariposa, CA, USA, 73

- Israel's Agriculture – Ministry of Agriculture and Rural Development/The Israel Export and International Cooperation Institute (2003): Israel's Agriculture: Innovations Make the Land Bloom, Part 1
- Jensen, M.H. (1999): Hydroponics worldwide. International Symposium on Growing Media and Hydroponics. ISHS Acta Horticulturae, Nr. 481, 719–730
- Ju, X.T./C L. Kou/P. Christie/Z.X. Dou/F.S. Zhang (2007): Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution, Nr. 145, 497–506
- Kang, S./W. Shi/J. Zhang (2000): An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crops Research, Nr. 67, 207–214
- Karamidehkordim, E. (2010): A Country Report: Challenges Facing Iranian Agriculture and Natural Resource Management in the Twenty-First Century. Human Ecology, Nr. 38, 295–303
- Kemp, P. (1996): New war of words over scarce water. Middle East Economic Digest, Nr. 49, 2–7
- Khoshakhlagh, R. (2007): Economic Impact Assessment of Water in the Zayandeh Rud Basin. Iran, CA Working Paper
- Lal R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, Nr. 304, 1623–1627
- Leonardi, C./S. De Pascale (2010): Powerpoint Presentation „Greenhouse production systems in Mediterranean area“. 4th International Workshop Agrospace Conference, Sperlonga, May 2010
http://www.agrospaceconference.com/sperlonga2010/4_Leonardi_DePascale.pdf
 (13.11.2013)
- Liu, J./J. Diamond (2005): China's environment in a globalizing world. Nature, Nr. 435, 1179–1186
- Lovichit, W./C. Kubota/C.Y. Choi/J. Schoonderbeek (2008): Feasibility study for water recovery system for pad-and-fan cooled greenhouse in semiarid climate. ISHS Acta Horticulturae, Nr. 797, 315–320
- McCulloch, N./M. Ota (2002): Export horticulture and poverty in Kenya. IDS Working Paper 174. Brighton, Sussex: Institute of Development Studies
- Montoya-García, M.E./A.J. Callejón-Ferre/J. Pérez-Alonso/J. Sánchez-Hermosilla (2013): Assessment of psychosocial risks faced by workers in Almería-type greenhouses, using the Mini Psychosocial Factor method. Applied Ergonomics 44: 303–311
- Mota, J.F./J. Peñas/H. Castro/J. Cabello (1996): Agricultural development vs. Biodiversity conservation: the Mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, southeastern Spain). Biodiversity and Conservation, Nr. 5 (12), 1597–1617
- Nie, G.H. (2006): International vegetable fair: the cradle for modern farmers. Agricultural Knowledge, Nr. 8, 38 (in Chinese)
- Oskam, A.J./H. van Zeijts/G.J. Thijessen/G.A.A. Wossink/R. Vijftigschild (1992): Pesticide use and pesticide policy in the Netherlands. Wageningen, Pudoc

- Qiu, S.J./X.T. Ju/J. Ingwersen/Z.C. Qin L.Li/T. Streck/P. Christie/F.S. Zhang (2010): Changes in soil carbon and nitrogen pools after shifting from conventional cereal to greenhouse vegetable production. *Soil and Tillage Research*, Nr. 107, 80–87
- Reardon, T./C.P. Timmer (2007): Chapter 55: Transformation of Markets for Agricultural Output in Developing Countries Since 1950: How Has Thinking Changed? In: R. Evenson/P. Pingali (Hg.): *Handbook of Agricultural Economics*. Elsevier, Bd. 3, 2807–2855
- Sánchez-Picón, A./J.Á. Aznar-Sánchez/J. García-Latorre (2011): Economic cycles and environmental crisis in arid southeastern Spain. A historical perspective. *Journal of Arid Environments*, Nr. 75 (12), 1360–1367
- SCI (2005): *Agricultural Census, 1382 (2003)*: Statistical Center of Iran. Tehran
- SCI (2006a): *Iran Statistical Yearbook, 1384 (March 2005–March 2006)*. Statistical Center of Iran, Tehran
- SCI (2006b): *Population and Labour Force in 1385 (2006)*: Statistical Center of Iran, Tehran
- Shi, W.M./J. Yao/F. Yan (2009): Vegetable cultivation under greenhouse conditions leads to rapid accumulation of nutrients, acidification and salinity of soils and groundwater contamination in south-eastern China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Nr. 83, 73–84
- Stanghellini, C. (2011): *Invernaderos y producción: eficiencia de uso de los recursos*, Presentation from the Conference in Almería at 8. April 2011, Euphoros Project, Wageningen University. <http://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343037373731> (11.12.2013)
- Sun, C./J. Li/Y. Gao (2007): Development and application of greenhouse covering materials in China. *Journal of Changjiang Vegetables*, Nr. 4, 32–36
- Tan, J./Y. Kang (2009): Changes in soil properties under the influences of cropping and drip irrigation during the reclamation of severe salt-affected soils. *Agricultural Sciences in China*, Nr. 8, 1228–1237
- Tang, Z.J. (2006): Who was moved by Leyi Wang? *Merchants Weekly*, Nr. 7, 20
- Tout, D. (1990): The horticultura industry of Almería province, Spain. *The Geographical Journal*, Nr. 156 (3), 304–312
- Tuzel, Y./A. Gul/O. Tuncay/D. Anac/N. Madanlar/Z. Yoldas/M. Gumus/I.H. Tuzel/S. Engindeniz (2004): Organic cucumber production in the greenhouse: A case study from Turkey. *Renewable Agriculture and Food Systems*, Nr. 20 (4), 206–213
- Tuzel, Y./C. Leonardi (2009): Protected Cultivation in Mediterranean Region: Trends and Needs. *Journal of Ege University, Faculty of Agriculture*, Nr 46, 215–223
- UNEP (2003): *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Chapter 1: MA Conceptual Framework*. Island Press, 1–25
- Wang, Y./H. Xu/X. Wu/Y. Zhu/B. Gu/X. Niu/A. Liu/C. Peng/Y. Ge/J. Chang (2011): Quantification of net carbon flux from plastic greenhouse vegetable cultivation: a full carbon cycle analysis. *Environmental Pollution*, Nr. 159, 1427–1434

- Water Civilizations International Centre (2010): Sustainable Use of Water in Agriculture Indicators and Trends for Water Resources Conservation. Proceedings of the 3rd training course "European Sustainable Water Goals", 05–09.10.2009, Venice
- Wearing, C.H. (1988): Evaluating the IPM implementation process. Annual Review of Entomology, Nr. 33, 17–38
- Weinberger, K./C.A. Genova (2005): Vegetable production in Bangladesh: commercialization and rural livelihoods. Technical Bulletin, Nr. 33
- Wolosin, R.T. (2008): El Milagro de Almería, España: A Political Ecology of Landscape Change and Greenhouse Agriculture. Master Thesis. University of Montana http://etd.lib.umt.edu/theses/available/etd-05202008-114939/unrestricted/Wolosin_Robert_Thesis.pdf (11.12.2013)
- Zhou, J.B./Z.J. Chen/X.J. Liu/B.-N. Zhai/D.S. Powlson (2010): Nitrate accumulation in soil profiles under seasonally open "sunlight greenhouses" in northwest China and potential for leaching loss during summer fallow. Soil Use and Management, Nr. 26, 332–339

Internetquellen:

- Gärtnerische Grundkenntnisse (o.J.): <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/kategor/s103.htm> (13.11.2013)
- Klima-der-Erde.de (o.J.): <http://www.m-forkel.de/klima/mittelmeer.html> (12.12.2013)
- Israel's Agriculture (o.J.): http://www.moag.gov.il/agri/files/Israel%27s_Agriculture_Booklet.pdf (13.11.2013)
- Wissen.de (o.J.): <http://www.wissen.de/thema/bodenversalzung?chunk=sch%C3%A4den-durch-k%C3%BCnstliche-bew%C3%A4sserung> (15.11.2013)