
Nachhaltige Innovationen in der Landwirtschaft: Komplexe Herausforderungen im Innovationssystem

**BETTINA KÖNIG, ANETT KUNTOSCH, WOLFGANG BOKELMANN, ALEXANDRA DOERNBERG, WIM SCHWERDTNER,
MARIA BUSSE, ROSEMARIE SIEBERT, KNUT KOSCHATZKY UND THOMAS STAHLCKER**

Bettina König, Humboldt-Universität zu Berlin, E-Mail: bettina.koenig@agrار.hu-berlin.de
Anett Kuntosch, Humboldt-Universität zu Berlin, E-Mail: anett.kuntosch@agrار.hu-berlin.de
Wolfgang Bokelmann, Humboldt-Universität zu Berlin, E-Mail: w.bokelmann@agrار.hu-berlin.de
Alexandra Doernberg, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., E-Mail: doernberg@zalf.de
Wim Schwerdtner, Aurelius Forschung & Beratung, E-Mail: schwerdtner@aurelius-forschung.de
Maria Busse, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., E-Mail: maria.busse@zalf.de
Rosemarie Siebert, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., E-Mail: rsiebert@zalf.de
Knut Koschatzky, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, E-Mail: Knut.Koschatzky@isi.fraunhofer.de
Thomas Stahlecker, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, E-Mail: Thomas.Stahlecker@isi.fraunhofer.de

Zusammenfassung: Innovationen in der Landwirtschaft sollen dazu beitragen, künftige Herausforderungen wie den Klimawandel oder Ressourcenknappheit zu bewältigen. Zudem stehen sie im Zentrum gesellschaftlicher Debatten, wie etwa aktuell über die Gentechnik oder über bestimmte Tierhaltungsformen. Der Beitrag liefert unter anderem Hinweise, inwieweit Ursachen für diese Konflikte in den Rahmenbedingungen und im Ablauf von Innovationsprozessen in der Landwirtschaft begründet sind. Dazu wird das Innovationssystem der deutschen Landwirtschaft aus einer innovationssystemtheoretischen Perspektive heraus beleuchtet und mit empirischen Befunden zu Innovationshemmnissen belegt. Die in drei Fallstudien untersuchten Innovationen sollen jeweils einen Beitrag zur Bewältigung aktueller Herausforderungen leisten und sind in ihrem Entstehungsprozess durch mehrere Faktoren beeinflusst: verschiedene Technologien, vielfältige Akteure, Verbindungen in andere Branchen, sich überschneidende Rahmenbedingungen und aktuelle Herausforderungen sowie gesellschaftliche Diskurse. Dabei ermöglichen der verwendete Innovationssystemansatz und die empirische Untersuchung auf mehreren Ebenen, Einsicht in die Wechselwirkungen zu erlangen und somit Ansatzpunkte für Veränderungen zu erkennen. Die hohen Anforderungen an Innovationen in der Landwirtschaft und die gesellschaftlichen Akzeptanzdebatten lassen sich aus Sicht der Autoren anhand folgender Aspekte erklären und lösen: (1) Voraussetzung für Innovation ist das Vorhandensein einer Vertrauensbasis. Diese entsteht in der Landwirtschaft – und nicht nur dort – vorrangig in kleineren, längerfristigen Netzwerken. (2) Der Erfolg von Innovationen hängt stark davon ab, dass gesellschaftliche Anforderungen in die Innovationsprozesse inte-

→ JEL Classification: P48, Q16

→ Keywords: Agricultural innovation policy, innovation mechanism, precision farming, animal monitoring, energy in horticulture

griert werden, zum Beispiel durch die frühzeitige Einbeziehung von Handel und Verbrauchern. Die Ergebnisse werfen über diese Balance von Kontinuität und Offenheit von landwirtschaftlichen Innovationsnetzwerken hinaus Fragen nach dem (Selbst-)Verständnis und der Gestaltung des Innovationssystems, der Anreize und Gestaltung interdisziplinärer Zusammenarbeit sowie dem Rollenverständnis der Akteure auf.

Summary: Agricultural innovations are meant to master global challenges such as climate change. However, they are often subject to highly controversial societal debates, such as in the case of genetic engineering or certain forms of animal production. This paper provides insight in the extent to which these conflicts are rooted in the conditions and processes of agricultural innovation. We analyze the German agricultural innovation system from an adapted systems perspective and present three case studies. These case studies potentially contribute to solving current challenges and are influenced in their development process by different factors: different technologies, actors, links to other branches, overlapping frame conditions and current challenges as well as societal debates. The innovation system concept applied to different system levels provides insight into interrelationships and hence allows us to identify starting points for improvement. The explanation and potential solution in mastering the high expectations on agricultural innovation and societal debates the authors point to two aspects: 1) As it is in many other areas trust is an important basis for innovative collaboration in small networks. (2) At the same time innovation success depends on the incorporation of societal trends in innovation processes, e.g. via a greater involvement of consumers and retailers at an early stage. Overall, besides the balancing of continuity and openness of agricultural innovation networks, our results raise questions for the (self-)concept and design of the agricultural innovation system, for incentives and shaping of interdisciplinary collaboration as well as for the (self-)role model of the involved actors.

I Einleitung

In den vergangenen Jahren waren Innovationen in der Landwirtschaft von großem gesellschaftlichen Interesse, wie zum Beispiel die Gentechnikdebatte, die Debatte um Tierhaltungsformen, die Nutzung von Bioenergie oder Diskussionen um „minderwertige“ Nahrungsmittelqualität durch „industrielle“ Produktions- und Herstellungsverfahren in Land- und Ernährungswirtschaft zeigen (Vanloqueren und Baret 2009, EGE 2009). Neben solchen technologiebezogenen ethischen Debatten gewinnt die Fähigkeit aller Akteure der Agrar- und Ernährungsbranche, sich den globalen Herausforderungen wie Ressourcenverknappung, Klimawandel, demografischer Wandel, Biodiversitätsverlust und anderen anpassen zu können, eine immer größere Bedeutung und Dringlichkeit. Ein möglicher Ansatz zur Bewältigung dieser globalen Herausforderungen wird in der wissensbasierten Bio-Ökonomie, die eine Schlüsselstellung in der nationalen und europäischen Forschungsförderung einnimmt, gesehen (Bioökonomierat 2009, BMBF 2010). Damit einhergehend richtet sich der Blick von Forschung und Politik weltweit wieder verstärkt auf die Innovationsfähigkeit von Landwirtschaftssystemen (siehe Millenium Ecosystem Assessment 2005, IAASTD report McIntyre et al. 2009, World Bank 2006, Dockés et al. 2011).

Während über die wirtschaftlichen Strukturmerkmale des deutschen Agrarsektors eine Vielzahl statistischer Informationen vorliegt, wird das Innovationsgeschehen nur unzureichend statistisch abgebildet. Das Mannheimer Innovationspanel, das die zentrale deutsche Innovationserhebung und zugleich auch der deutsche Beitrag zum European Innovation Survey ist, enthält keine Aussagen zur Landwirtschaft. Demgegenüber weist die Statistik der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) und des FuE-Personals der deutschen Wirtschaft, die von der Wissenschaftsstatistik GmbH im Stifterverband für die deutsche Wissenschaft erstellt wird, den

Wirtschaftszweig „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ aus. Jedoch nur, wenn verschiedene Leistungsindikatoren über einen längeren Zeitraum ausgewertet werden können, kann retrospektiv beschrieben werden, wie das Innovationssystem zu ökonomischem Erfolg beiträgt (Carlsson et al. 2002). Jedoch stellen Hall et al. (2003) für landwirtschaftliche Innovationen fest, dass eine Bewertung allein mit ökonomischen Indikatoren nicht zielführend ist, da Entscheidungsträger daraus keine Schlussfolgerungen für die institutionelle Ausgestaltung der Innovationsbedingungen und Innovationsprozesse ziehen können. Vor dem Hintergrund der schwierigen Datenlage und der aktuellen Notwendigkeit, Innovationsbedingungen und -prozesse in der Landwirtschaft auf die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen auszurichten, sollen in dem vorliegenden Beitrag das Innovationsgeschehen in der deutschen Landwirtschaft beschrieben sowie Mechanismen und Einflussfaktoren bei Innovationsprozessen analysiert werden.

Der Ansatz sektoraler Innovationssysteme von Malerba stellt die theoretische und methodische Grundlage für die Analyse dar (Malerba 2002 und 2004). Er bietet eine umfassende und systemische Betrachtung der Akteure, ihrer Beziehungen untereinander und der Rahmenbedingungen, innerhalb derer sie in Innovationsprozesse eingebunden sind und erlaubt auch Analysen qualitativer Art, wenn entsprechende quantitative (statistische) Indikatoren fehlen. Die Ergebnisse einer Innovationssystemanalyse können so Hinweise auf die gegenwärtige Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit des Sektors und für die Ausgestaltung von Innovationsbedingungen und -prozessen geben.

Gleichzeitig erlaubt diese umfassende und kontextspezifische Perspektive auf das Innovationsgeschehen auch eine auf den Untersuchungsgegenstand angepasste territoriale und sektorale Betrachtung auf verschiedenen Ebenen (national, regional) (Koschatzky 2009).

Eine Besonderheit von Agrar-Innovationssystemen ist, dass sie zeitlich im Zusammenhang mit den jeweiligen Paradigmen der Landwirtschaftspolitik zu sehen sind. Ein Beispiel hierfür ist die Etablierung des öffentlich finanzierten Beratungs- und Versuchswesens in den 60er Jahren oder die gemeinsame Agrarpolitik (GAP). Daraus ist auch zu erklären, dass der öffentlich finanzierte Teil des Sektors manchmal als allein relevantes „System“ betrachtet wird (zum Beispiel Hoffmann et al. 2011) und bisher hauptsächlich für diesen Interventionsmaßnahmen abgeleitet wurden (World Bank 2006). Diese spezifischen Innovationsbedingungen in der Landwirtschaft berücksichtigt Malerbas Innovationssystemansatz nicht, insbesondere die Besonderheiten des öffentlich finanzierten Teils mit Officialberatung und Versuchswesen als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis. Auch werden mit diesem Ansatz noch keine Aussagen darüber geliefert, wie Innovationssysteme langfristig so gestaltet werden können, dass neben wirtschaftlichen auch ökologische und soziale Ziele berücksichtigt werden (Weber und Rohrer 2012, Latesteijn und Andeweg 2011). Gleichwohl wird in der internationalen Literatur ein Mehrwert des Innovationssystemansatzes für die Diskussion der zukünftigen Gestaltung des landwirtschaftlichen Wissens- und Innovationssystems erkannt (siehe Hall et al. 2003) und weiterführend diskutiert (Geels 2003, World Bank 2006, Alston et al. 2010, Lundvall 2009, Dockès et al. 2011, Latesteijn und Andeweg 2011).

Von Menrad (2004) wurden Ansätze zur Erforschung des Innovationssystems der deutschen Nahrungsmittelindustrie entwickelt und 2010 von Eisner und Daniel für die Ernährungswirtschaft, einschließlich mit Blick auf die Verbraucher, erweitert. Der gesamte deutsche Agrarsektor einschließlich des vorgelagerten Bereiches bildet jedoch in der jüngeren Innovationsforschung eine „terra incognita“. Ziel des Artikels ist es daher, das Innovationssystem der deutschen Land-

wirtschaft zu analysieren und das Entstehen von Innovationen in der Landwirtschaft zu erklären. Die hier dargestellten Ergebnisse sind Teil einer Sektorstudie zur Untersuchung des Innovationssystems der deutschen Landwirtschaft, die von Oktober 2010 bis Dezember 2011 im Rahmen des Innovationsprogramms des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) durchgeführt wurde (Bokelmann et al. 2012). Es werden die Ergebnisse einer Literatur- und Datenanalyse, eines Expertenworkshops und von drei Fallstudien dargestellt.

Der Beitrag beginnt mit einem theoretischen Teil, in dem zunächst die Lücke zwischen Innovationsforschung in der Landwirtschaft und anderen Branchen (World Bank 2006) durch einen angepassten konzeptionellen Rahmen mit vier Systemebenen geschlossen wird (Abschnitt 2). Im dritten Abschnitt wird die methodische Konzeption von drei Fallstudien – Precision Farming, Tiermonitoring und Energie im Gartenbau – beschrieben. Im vierten Abschnitt werden die empirischen Befunde dargestellt. Im fünften Kapitel werden die Ergebnisse im Kontext der Innovationssystemforschung allgemein diskutiert. Durch die Kenntnis der Strukturen und Funktionsweisen, die Innovation konstituieren, können im sechsten Abschnitt Hinweise für eine Anpassung des landwirtschaftlichen Innovationssystems auf die zukünftigen Herausforderungen für eine nachhaltige Nahrungsmittelversorgung gegeben werden.

2 Theoretischer Hintergrund zur Untersuchung landwirtschaftlicher Innovationssysteme

Mit dem Innovationssystemansatz können Unterschiede in der Innovationstätigkeit mittels eines einheitlichen Analyserasters der Rahmenbedingungen herausgearbeitet werden. Der sektorale Innovationssystemansatz von Malerba (2002 und 2004) fasst wissenschaftliche Erkenntnisse der Innovationsforschung zu einer (normativen) Hypothese zusammen, wie Innovationssysteme im Idealfall ausgestaltet sein können. Gleichzeitig ist er ein theoretisch-empirisch begründeter heuristischer Analyserahmen, jedoch keine in sich geschlossene Theorie und liefert zudem keine konkreten methodischen Vorgaben für die Analyse. Deshalb müssen zunächst die Systemgrenzen und die Ebene, auf der Innovationsprozesse stattfinden, definiert werden (Malerba 2002, Koschatzky et al. 2009).

Zunächst kann nicht davon ausgegangen werden, dass es sich bei der Landwirtschaft um ein kohärentes, geschlossenes Innovationssystem handelt. Im Ergebnis von Spezialisierung und Arbeitsteilung bestehen unterschiedliche Wirtschaftsbereiche (u.a. Pflanzen- u. Tierproduktion, Gartenbau, Weinbau) und Technologieansätze (wie zum Beispiel Landtechnik, Züchtung, Tierhaltungssysteme). Diese bilden jeweils homogene Teilsysteme, die wiederum jeweils eng miteinander vernetzt sind. Nicht allein die einzelbetriebliche Perspektive, sondern das Verständnis des Sektors als komplexes System verschiedener Wertschöpfungsketten ist also hilfreich für die Erklärung von Entwicklungen (Bokelmann 2009). Zentrale Annahme ist daher, dass erst die Perspektive auf die Wertschöpfungsketten es erlaubt, Innovationsprozesse adäquat zu untersuchen und Schlussfolgerungen darüber zu ziehen, wie Innovationsprozesse im Sinne der nachhaltigen Bewältigung der zukünftigen globalen Herausforderungen verbessert und durch geeignete Förderinstrumente unterstützt werden können. Die Studie konzipiert folglich Wertschöpfungsketten oder -netzwerke als Arena und relevante Systemebene, auf der die Innovationsprozesse stattfinden, die zur Untersuchung der Innovationsmechanismen herangezogen werden.

Der Innovationssystemansatz stellt für die Analyse die sechs nachfolgend beschriebenen Elemente bereit, die in Innovationssystemen untersucht werden müssen, um Aussagen über seine Strukturen und Interaktionsbeziehungen treffen zu können.

1. Agenten/Akteure und Organisationen

Hier werden existierende Organisationsformen einschließlich ihrer Charakteristika und zentralen Akteure analysiert und ihre Merkmale beschrieben. Als Akteure werden Individuen, Gruppen und Organisationen auf jeweils unterschiedlichem Aggregationsniveau verstanden.

2. Interaktionen und Intermediäre

Der Fokus dieses Teilbereiches liegt auf den marktlichen und nichtmarktlichen Beziehungen und der Kommunikation der Akteure sowie ihrer Interaktion innerhalb des Sektors und sektorübergreifend. Dazu zählen Austauschprozesse, Wettbewerb, aber auch implizit oder explizit geheime Absprachen, hybride Formen der Governance oder formale Forschungs- und Entwicklungskooperationen. Innovationsintermediäre sind Organisationen oder Gruppen innerhalb von Organisationen, die mit dem Ziel arbeiten, Innovationen zu ermöglichen.

3. Wissensbasis und Humankapital

Das Element enthält Aussagen über sektorspezifisches und -übergreifendes Wissen. Hier kommen unter anderem Faktoren wie die Mobilität von Arbeitskräften oder die Verbreitung von Wissen zum Tragen.

4. Technologien und Nachfrage

Die Analyse der bestehenden technologischen Trends (Produkte, Dienstleistungen) und der Nachfrage kann Aufschluss darüber geben, welche zentralen Entwicklungs- und Zukunftspotentiale für den Sektor erwartet werden können und für welche Problemstellungen innovative Lösungen erforderlich werden.

5. Institutionen und Politik

Dieses Systemelement beschreibt die impliziten und expliziten Regeln für die Interaktionen von Akteuren und Organisationen. Dazu zählen beispielsweise Gesetze, Normen, aber auch Verhaltensweisen oder Routinen. Die Akteure des Innovationssystems Landwirtschaft werden unter anderem maßgeblich durch die für sie geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen, zum Beispiel die sektorspezifische Ressortpolitik beeinflusst.

6. Wettbewerb

Die Wettbewerbssituation im Innovationsfeld und die Positionierung Deutschlands im internationalen Vergleich werden umrissen. Hierbei kann im Allgemeinen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wertschöpfungsketten eingegangen werden.

7. Innovationsprozesse

Dieser Punkt wird bei Malerba nicht aufgeführt. Ausgehend von der Frage, *wie* Innovationen in der Landwirtschaft entstehen, wurde dieses Element von den Autoren zum Bezugsrahmen hinzugefügt. Es erlaubt eine Einsicht in Innovationsmechanismen, die Einflussmöglichkeiten besser erkennen lässt.

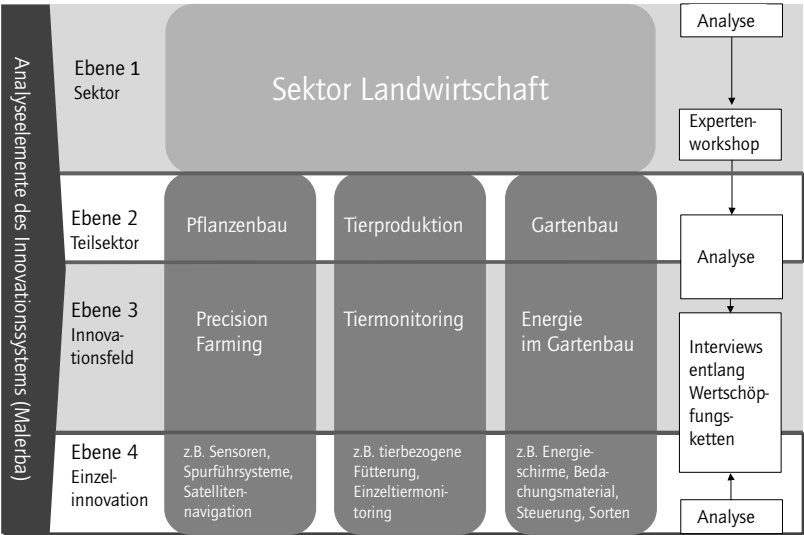
Die meisten internationalen Studien zu landwirtschaftlichen Innovationssystemen beziehen sich nicht auf den Innovationssystemansatz. Die Literatur weist eine Vielzahl an Fallstudien auf, durch deren Vergleich übergreifende Schlussfolgerungen und Gestaltungsaussagen gezogen werden (zum Beispiel World Bank 2006).

Es bleibt festzustellen, dass (1) keine universelle Methode zur Analyse von Innovationssystemen zur Verfügung steht und (2) eine auf die Spezifika des Sektors Landwirtschaft abgestimmte Methodik entwickelt werden muss.

Deshalb fassen die Autoren den Sektor Landwirtschaft als eine durch Subsysteme gegliederte Branche auf. Die Subsysteme unterscheiden sich jeweils durch Spezialisierung voneinander und in ihnen finden Innovationsprozesse in spezialisierten Netzwerken/Subsektoren oder Innovationsfeldern statt. Dabei gliedert sich der Gesamtsektor (Ebene 1, Gesamtsektor Landwirtschaft) in die Subsektoren Pflanzenbau, Tierproduktion, Gartenbau (Ebene 2). Innerhalb dieser finden konkrete Innovationsprozesse in sozio-technologischen Subsystemen, Wertschöpfungsnetzwerken oder Innovationsfeldern auf Ebene 3 statt, wobei auf Einzelinnovationen (Ebene 4) zurückgegriffen wird. Mit diesem Mehrebenen-Ansatz wird die Anschlussfähigkeit an die aktuelle Innovationsforschung gesichert, die von sozio-technischen Nischen und Regimes als Orte der Entstehung von Innovationen als Unterebenen sektoraler Innovationssysteme ausgeht (Geels 2004, Dockès et al. 2011). Abbildung 1 illustriert den hier vorgestellten Mehrebenen-Untersuchungsansatz als Teil der Sektorstudie zur Untersuchung des Innovationssystems der deutschen Landwirtschaft (Bokelmann et al. 2012).

Abbildung 1

Der Mehrebenen-Untersuchungsansatz mit den drei untersuchten Fallstudien



Quellen: Bokelmann et al. 2012, eigene Darstellung.

3 Methodik

Bei der Bildung quantitativer Indikatoren für die Beschreibung von Innovationssystemen und die Evaluation von Innovationspolitiken sind Datenverfügbarkeit, Verlust von Aussagekraft durch Aggregation und Skaleneffekte problematisch. Deshalb gewinnen qualitative Indikatoren zunehmend an Bedeutung (SÖSTRA 2008). Rogers (2003: 102 ff.) stellt darüber hinaus fest, dass sich die Innovationsforschung durch die Beschränkung auf Indikatoren in ihrer eigenen Aussagefähigkeit begrenzt und wichtige Aspekte unberücksichtigt lässt. Insbesondere der Prozesscharakter von Individualentscheidungen und die Ausbreitung im System kommen in der Diffusions- und Adoptionsforschung bisher oftmals zu kurz. Für den Sektor Landwirtschaft ist zudem problematisch, dass einzelne Bereiche der Wertschöpfungsketten anderen Branchen zugeordnet werden (zum Beispiel Chemie, Bau, Handel, Dienstleistungen) und in diesen Branchenstatistiken die landwirtschaftsrelevanten Innovationskennzahlen nicht explizit ausgewiesen sind. Um Erkenntnisse zum Entstehungsprozess landwirtschaftlicher Innovationen zu generieren, ist daher neben der Analyse sekundärstatistischer Indikatoren ein exploratives und prozessorientiertes Vorgehen notwendig (Miebach 2009).

Als erster empirischer Schritt zur Untersuchung des landwirtschaftlichen Innovationssystems wurde zunächst ein Expertenworkshop mit 16 in verschiedenen Innovationsprozessen involvierten Experten aus Politik, Verbände, Wissenschaft und vorgelagerten Bereichen wie Banken und Beratung durchgeführt. Im Workshop wurden folgende Diskussionspunkte erörtert: (a) Wie entstehen Innovationen in der Landwirtschaft, (b) was sind fördernde und hemmende Faktoren im Innovationsprozess sowie (c) welche Innovationsfelder eignen sich für die weitere Untersuchung auf Ebene 3. Die zu untersuchenden Fallstudien sollten möglichst folgende Kriterien erfüllen:

- Vorbildfunktion in Bezug auf die Bewältigung aktueller Herausforderungen, wie Umwelt und Ressourcen, Entwicklung von Märkten, soziale Trends und Ethik, Ernährungssicherung,
- Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit, beispielsweise durch Effizienzsteigerung, Kostenersparnis, neue Märkte oder Nischen,
- Relevanz für den Arbeitsmarkt und die Wertschöpfung, wie beispielsweise in Bezug auf Arbeitsbedingungen, Arbeitsplätze in der Landwirtschaft und Zulieferindustrie,
- die Fallstudien sollten vor allem von Akteuren aus Deutschland vorangebracht worden sein/werden, um den Bezug zum Innovationssystem der deutschen Landwirtschaft herzustellen,
- relevante Bedeutung für das Innovationssystem der deutschen Landwirtschaft, wie insbesondere in Bezug auf ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeitsdimensionen.

Anhand der präsentierten Kriterien, von denen möglichst viele erfüllt sein sollten, wurden den Autoren von den Experten folgende Fallstudien zur Untersuchung empfohlen: Precision Farming, Tiermonitoring und Energie im Gartenbau. Die Begründung der Experten dafür war, dass sich in diesen Innovationsfeldern wichtige Aspekte landwirtschaftlicher Innovationsprozesse in Deutschland verfolgen lassen und dass sie einen Vorbildcharakter für den Sektor haben. Zur

Bearbeitung der gewählten Fallstudien (Yin 2003) wurden je 15 Experteninterviews entlang der Wertschöpfungsketten durchgeführt. Die Experten wurden entsprechend ihrer Beteiligung an Innovationsprozessen in den gewählten Innovationsfeldern auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette identifiziert.

4 Ergebnisse

4.1 Sekundäranalyse des Gesamtsektors

Die Ergebnisse der Analyse verschiedener innovationsbezogener Kennzahlen auf Ebene des Gesamtsektors weisen auf eine zunehmende Bedeutung von Forschung und Entwicklung im deutschen Agrarsektor hin, wenn auch auf vergleichsweise noch geringem Niveau. Beispielsweise sind die Aufwendungen der Landwirtschaft in den letzten Jahren leicht angestiegen. 2007 waren dies 136 Millionen Euro und 187 Millionen Euro im Jahr 2010. Auch der Anteil der internen FuE-Aufwendungen in der Landwirtschaft an der Wirtschaft insgesamt ist von 0,25 Prozent im Jahr 2007 auf 0,28 Prozent im Jahr 2010 im Gegensatz zu insgesamt rückläufigen FuE-Aufwendungen gestiegen (Stifterverband 2011: 2). Im Vergleich zur Gesamtwirtschaft werden in der Landwirtschaft mehr FuE-Aufträge an andere Unternehmen oder Forschungseinrichtungen vergeben. Dies deutet auf die Fähigkeit der Akteure, in Netzwerken zusammenzuarbeiten, hin (Stifterverband 2011, Bokelmann et al. 2012). Der Fokus der FuE-Aufwendungen und der Umsatzanteil mit neuen Produkten war in den letzten fünf Jahren höher als in allen anderen Wirtschaftszweigen, was auf eine gestiegene Innovationsdynamik, zumindest in den auswertbaren Patentklassen hinweist (Stifterverband 2011, Bokelmann et al. 2012). Trotz des leichten Anstiegs wird jedoch auch deutlich, dass die mit Indikatoren abzubildenden Inputgrößen für landwirtschaftliche Innovationsaktivitäten innerhalb der deutschen Wirtschaft eine vergleichsweise geringe Bedeutung haben.

4.2 Expertenworkshop

Die wesentlichen Ergebnisse des Expertenworkshops über die Entstehung sowie fördernden und hemmenden Faktoren von Innovationen in der Landwirtschaft mit 16 Experten aus verschiedenen Bereichen des landwirtschaftlichen Innovationssystems sind wie folgt zusammenzufassen:

- Innovationen in der Landwirtschaft sind von Einzelakteuren schwer umzusetzen.
- Dialogbereitschaft, interdisziplinäre Netzwerke und Innovationspartnerschaften entlang der Wertschöpfungskette befördern Innovationen.
- Die Innovationsförderung ist teilweise nicht transparent genug, an zu viele Bedingungen gekoppelt, schränkt die unternehmerische Freiheit ein und wird als unzureichend mit anderen Politikinstrumenten abgestimmt wahrgenommen.
- Eine verlässliche Förderstruktur und Gesetze, insbesondere in den frühen Phasen

durch Pilot- und Demonstrationsprojekte, sowie die Verfügbarkeit von Risikokapital sind erforderlich.

- Föderalistische Strukturen in der landwirtschaftlichen Beratung, Forschung und Ausbildung erschweren die Entstehung und die Ausbreitung von Innovationen.
- Die Anreize für innovatorisches und an Marktentwicklungen zeitlich angepasstes Denken in der Wissenschaft fehlen und behindern dadurch Innovationen.
- Eine fehlende gesellschaftliche Akzeptanz hemmt Innovationen teilweise.
- Unternehmertum, eine solide Ausbildung, Wettbewerb, knappe Ressourcen sowie unternehmerische Entscheidungsfreiheit befördern landwirtschaftliche Innovationen.

Die politischen Rahmenbedingungen müssten nach Aussagen der Experten zunehmend mit anderen, den Innovationsbereich betreffenden Gesetzen abgestimmt werden, um dem systemischen Charakter von Innovationen in der Landwirtschaft Rechnung zu tragen und falsche Anreizsetzungen zu vermeiden (beispielsweise im Innovationsfeld Bioenergie mit der energiepolitischen Gesetzgebung wie dem EEG). Eine weitere Einschätzung der Experten war, dass Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz landwirtschaftlicher Innovationen eines sachlichen gesellschaftlichen Diskurses bedürfen. Auch wurden Ausbildung sowie die Zersplitterung der Agrarforschung als bestimmende Innovationsbedingungen in Deutschland benannt.

4.3 Fallstudie Precision Farming (Subsektor Pflanzenbau)

Precision Farming (PF) kann als ein informationsgeleitetes Managementkonzept, das mittels verschiedener Technologien und Anwendungen eine standortangepasste und teilflächenspezifische Bewirtschaftung im Pflanzenbau erlaubt, definiert werden (Rösch et al. 2007). Dabei kommen sowohl völlig neue Lösungen zur Anwendung als auch Technologien, die teilweise aus anderen Bereichen stammen und für die Nutzung in der Landwirtschaft neu kombiniert und weiterentwickelt wurden, zum Beispiel Global Positioning System (GPS), also ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung und Zeitmessung oder landwirtschaftsspezifische Handy-Anwendungen. Den interviewten Experten zufolge ist Precision Farming derzeit „nach wie vor im Stadium einer sehr guten Idee“ (interviewter Experte 2011), die in Form vieler Einzelinnovationen, jedoch noch nicht als komplettes System existiert. Die Marktdurchdringung der verschiedenen PF-Technologien wird von einigen interviewten Experten und in der Literatur mit einer allgemeinen Anwenderquote von sieben bis zehn Prozent in Deutschland eingeschätzt (Reichardt et al. 2009, Kuttner 2011). Dabei stehen vor allem Techniken zur Stickstoffdüngung oder zum Pflanzenschutz im Mittelpunkt der Nachfrage, wobei die bisher am meisten genutzten Anwendungen Flächenvermessung, Bodenbeprobung, Ertragskartierung und Spurführungssysteme sind (Rösch et al. 2007). Als Hauptakteure bei Innovationen in diesem Innovationsfeld konnten die Zulieferindustrie (vor allem als Anbieter angewandter Forschung und Entwicklung), die Wissenschaft (langfristige, grundlagenorientierte Forschung) sowie die Landwirtschaftsbetriebe (Anwender und Nachfrager von Innovationen, Tester von Prototypen, Feldversuche) identifiziert werden.

Die Arena, innerhalb derer Precision Farming entwickelt wird, besteht aus einer überschaubaren Anzahl von Akteuren, zwischen denen bereits zahlreiche Kontakte und Netzwerkstrukturen bestehen. Die Experten betonen die häufig durch gemeinsame Projekte oder langfristige (persönliche) Kundenbeziehungen entstandene Vertrauensbasis. Im untersuchten Innovationsprozess hatten Handel und Verbraucher keinen direkten Einfluss auf die Entwicklungen. Gleichwohl zählen allgemeine Forderungen von Verbrauchern und Handel nach Transparenz, Rückverfolgbarkeit und Nachhaltigkeit zu Trends, die zu einer stärkeren Anwendung von Precision Farming führen können. Von der Invention bis zur Markteinführung dauerte es bei einigen untersuchten Einzelinnovationen bis zu zehn Jahre.

Im Bereich Wissensbasis und Humankapital wurde festgestellt, dass es bei Precision Farming derzeit noch an Spezialberatern fehlt. Auch wurde eingeschätzt, dass es künftig ebenso wie im Gesamtsektor einen Fachkräftemangel geben wird. Aufgrund des Einsatzes moderner Landtechnik sowie von Informations- und Kommunikationstechnologie würden die Arbeitsplätze in der Landwirtschaft immer anspruchsvoller. Allgemeine Rahmenbedingungen wie Dokumentationspflichten oder Rückverfolgbarkeit begünstigen die Nutzung bestimmter innovativer Technologien, wie beispielsweise Navigationssatellitensysteme (GPS) und Geoinformationssysteme (GIS). Standards und Normen sind jedoch auch in der Lage, Innovationen zu hemmen, wenn die Hersteller sich nicht auf gemeinsame Standards einigen können. Weiterhin bestehen beim Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen aus der Wissenschaft in die landwirtschaftliche Praxis noch Defizite. Das Innovationsbeispiel illustriert ein Spezifikum des Sektors: Sehr häufig sind hier Branchen außerhalb der Agrarwirtschaft beteiligt (beispielsweise Sensorik, Maschinenbau). Ein starker internationaler Wettbewerb sowohl bei den Landmaschinenherstellern als auch in der Landwirtschaft sorgt für eine hohe Innovationsfähigkeit bei den Vorleistern und die stärkere Übernahme von Precision-Farming-Technologien bei landwirtschaftlichen Maschinendienstleistern in Verbindung mit neuen Dienstleistungsangeboten für Landwirte. Viele kleine und mittelständische Landmaschinen-Unternehmen in diesem Bereich agieren auch gleichzeitig global.

Besonders hemmend wirken sich derzeit noch eine geringe Kompatibilität einzelner Technikkomponenten und Datenformate aus. Trotz gesicherter Erkenntnisse des ökonomischen und ökologischen Nutzens sind die Effekte auf den Einzelbetrieb oft schwer abschätzbar. Der betriebliche Übernahmeprozess ist folglich aufgrund eines Schulungs- und Fortbildungsbedarfs im Agrarhandel und Vertrieb und wegen des Mangels an Spezialberatung oft sehr langwierig. Zudem ist die Ausbreitung von Precision Farming durch vielfältige (sektorübergreifende) Feedbackschleifen gekennzeichnet. Beispiele dafür sind die von Landwirten in den USA entwickelten seriellen Schnittstellen zur Maschinensteuerung aus der Kraftfahrzeugtechnik (Zaske 2003), die vom US-Militär seit den 90er Jahren für zivile Nutzungen zugänglich gemachten GPS-Systeme (Rösch et al. 2003) und die von den Experten berichtete fördernde Innovationswirkung des (kostenfreien) Zugangs zu Satellitendaten, Luftbildern und digitalen Bodenschätzkarten.

4.4 Fallstudie Tiermonitoring (Subsektor Tierproduktion)

Das Innovationsfeld Tiermonitoring bezeichnet die kontinuierliche elektronische Aufzeichnung, Sammlung und Auswertung von Tierdaten, die zur Beurteilung von Verhalten, Gesundheitszustand, Nutzleistung und Wachstum dienen. Grundlage dieses Systems bildet die elektronische Einzeltiererkennung. Das Tiermonitoring soll entscheidend dazu beitragen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Tierhaltung in Deutschland zu sichern und auszubauen. Tiermoni-

toring soll darüber hinaus eine technologische Antwort auf aktuelle gesellschaftliche Diskurse sowie gesetzliche Bestimmungen zum Tier- und Verbraucherschutz darstellen, da sich Tierwohl und Produkteigenschaften im Produktionsprozess überwachen und einzeltierbezogen beeinflussen lassen (Emmert 2002, Unshelm 2002).

In den Interviews wurde deutlich, dass auch im Tiermonitoring die Hauptakteure im Innovationsprozess Wissenschaft, Vorleister und landwirtschaftliche Betriebe sind. Die landwirtschaftlichen Betriebe werden von den Experten als weniger innovativ wahrgenommen und sind nur äußerst selten direkt an der Entwicklung von Innovationen beteiligt, sie übernehmen eher die Rolle von Testbetrieben und Feedback-Gebern. Niedrige Gewinnmargen der Erzeuger für Fleisch senken ihre Investitionsbereitschaft. Die Test- und Demonstrationsfunktion übernehmen auch oft die Lehr- und Versuchsgüter der jeweiligen Landesanstalten. Konsumenten, Politik und Verbraucher einerseits sowie Lebensmittelhandel und -industrie andererseits sind mit Forderungen nach Tier- und Verbraucherschutz beziehungsweise Qualitäts- und Rückverfolgbarkeitssystemen aktuelle indirekte Treiber der Entwicklungen. Zudem unterstützt der anhaltende Trend der Automatisierung und Rationalisierung (unter anderem Einsparung von Arbeitskräften) Innovationen in diesem Bereich zusätzlich. Jedoch sind viele technische Systeme untereinander noch nicht kompatibel, was die Marktdurchdringung behindert. Das Innovationsfeld Tiermonitoring ist durch kleine, spezialisierte Akteursnetzwerke gekennzeichnet, ergaben die Sekundäranalyse und die Interviews. Den Interviewten zufolge herrscht ein Mangel an gut ausgebildeten Fachkräften in den Bereichen Beratung, Praxis, Forschung und Vertrieb. Zudem beobachten die Experten einen Abbau von anwendungsorientierten Lehr- und Forschungsressourcen an den Universitäten, gepaart mit einer „planlosen“ Entwicklung der Struktur der Forschungslandschaft. Die Qualität der Zusammenarbeit ist für die Experten entscheidender Erfolgsfaktor in Innovationsvorhaben. Defizite bei der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen und Förderprogramme sind eine geringe Fokussierung auf die Bedarfe von KMU, keine Förderung innovativer Ideen jenseits des Mainstreams, Probleme bei der Langzeitvalidierung, strenge Auflagen für Versuchsanlagen für die Entwicklung und hohe Kosten für die Zulassung neuer Systeme. Beim Tiermonitoring weisen deutsche Wissenschaft und Forschung den interviewten Experten zufolge einen hohen Standard, jedoch auch eine geringe Markt- und Verwertungsorientierung auf. Auch die Vorleister im Bereich Melk- und Fütterungssysteme und Stallausrüstung sind teilweise weltmarktführend und zeichnen sich durch eine hohe Exportorientierung aus. Hier sind aus Sicht der Experten für den Innovationserfolg enge Kooperationen zwischen Forschung und Entwicklung und Praxispartnern erforderlich, da der Innovationsprozess durch eine Vielzahl branchenübergreifender Rückkopplungen, zum Beispiel zur Humanmedizin oder Mobilfunk- und Handytechnologie gekennzeichnet ist.

4.5 Fallstudie Energie im Gartenbau (Subsektor Gartenbau)

Energie stellt neben Arbeitskräften einen der beiden wichtigsten Kostenfaktoren im Gartenbau dar (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2007). Daher sind insbesondere Innovationen zur effizienten Energienutzung im Unterglasanbau wichtig, da deutsche Gartenbauunternehmen im zunehmenden Wettbewerb mit klimatisch begünstigteren Anbauregionen stehen. Auch aus dem gesellschaftlichen Diskurs um Nachhaltigkeits- und Umweltaspekte der Produktion heraus (zu Nachhaltigkeitsaspekten beispielsweise Lickfett und Schneider 2009) gewinnt das Thema Energie im Gartenbau an Bedeutung.

Das Innovationsfeld setzt sich derzeit aus verschiedenen gartenbauspezifischen Einzelinnovationen wie Klimacomputern und Bedachungsmaterialien zusammen und ist noch weiter von einem integrierten technologisch-organisatorischen Paradigma entfernt als das Fallbeispiel Precision Farming.

Ein wesentlicher Akteur im Innovationsprozess ist die Wissenschaft, die einen großen Anteil zur Wissensproduktion in diesem Bereich beiträgt. Dieses Wissen wird nach Aussagen der befragten Experten jedoch oft nicht praxisorientiert erarbeitet und nicht in marktkompatible Produkte umgesetzt. Eine zweite Akteursgruppe sind die marktorientierten Zulieferer, die ihre Produkte für einen sehr kleinen, stark segmentierten Markt konzipieren müssen. Die Produktionsbetriebe werden von den Experten als wenig innovationsfreudig eingeschätzt. Sie nehmen vor allem die Funktion der „Empfänger“ von Innovationen ein, agieren aber nur selten als proaktive Feedbackgeber. Zudem thematisierten viele Experten, dass die zahlreichen Netzwerke in diesem sehr heterogenen Teilsektor teilweise nicht bei allen Akteuren bekannt sind und es an einem Wertschöpfungsketten übergreifenden Schnittstellenmanagement mangelt. Zudem sind auch Verbraucher und Handel nicht in diese Netzwerke eingeschlossen.

Probleme bereiten den Befragten auch die unterschiedlichen Leistungsbewertungen in Wirtschaft und Wissenschaft, die zu selten Anreize für eine engere Zusammenarbeit bieten.

Eine besondere Bedeutung im Innovationsgeschehen kommt den Experten zufolge immer noch der Gartenbauberatung zu, die traditionell gewachsen ist, sich aber in den letzten Jahrzehnten stark verändert hat und heute regional sehr unterschiedliche Strukturen aufweist. Die Gartenbauberatung agiert den Experten zufolge als Mittler zwischen den einzelnen Akteuren und „Sprachen“. Der heterogene Bereich „Energie im Gartenbau“ ist für den einzelnen Berater jedoch nicht voll umfänglich erfassbar. Eine Besonderheit für die Übernahme von Innovationen im Gartenbau ist, dass unternehmensspezifische Lösungen notwendig sind, die eine genaue Analyse der betrieblichen Verhältnisse erfordern würden. Dies findet nach Aussagen der Experten nur selten statt. So fehlt es oftmals an Spezialberatern, die auf dem Markt verfügbare Einzelinnovationen wie Klimacomputer, Bedachungsmaterialien, Energieschirme oder Kombinationslösungen alternativer Brennstoffe mit dem Betriebsleiter zu konsistenten Gesamtkonzepten für den einzelnen Betrieb entwickeln. Hier beobachten die Befragten einen Fachkräftemangel. Obwohl die rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit energetische Verbesserungen in den Unterglasbetrieben durch unterschiedliche Tatbestände (beispielsweise Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)) fördern, wird die Förderung nicht ausreichend in Anspruch genommen. Denn nach Einschätzungen der Befragten sind Förderprogramme oftmals nur für die Wissenschaft relevant, da die Eintrittsbarrieren für die kleinen und mittelständischen Gartenbaubetriebe als sehr hoch beurteilt werden. Zudem wird kritisiert, dass (teil-)sektorspezifische Bedingungen in den Programmen nicht ausreichend berücksichtigt werden (beispielsweise Erntezeiten oder -ausfälle).

Bei diesem Innovationsbeispiel müssen auch soziale und prozessuale Innovationen betrachtet werden (Bokelmann et al. 2012): Dazu gehören unter anderem der ökologische Fußabdruck bei Gartenbauprodukten, Systeme der Rückverfolgung oder neue (Energie-)Kooperationsformen. Neuerungen bei den Prozessen sind unter anderem bei der Logistik denkbar. Diese Aspekte spielten nach Aussagen der Akteure jedoch (noch) keine Rolle im Teilsektor, dies sei beispielsweise in Frankreich oder Großbritannien weiter entwickelt. In Bezug auf technische Innovationen hingegen werden deutsche Unternehmen als führend im internationalen Wettbewerb eingeschätzt, auch begünstigt durch strenge nationale Umweltregelungen und Standards. Bei sozialen

Innovationen (wie Methoden zum ökologischen Fußabdruck) besteht noch Handlungsbedarf im Vergleich zu anderen Ländern, zum Beispiel bei der Schaffung einer einheitlichen Datengrundlage für den ökologischen Fußabdruck. Als innovationshemmend würden in dieser Fallstudie vor allem die Reibungsverluste bei der Kommunikation zwischen einzelnen Akteuren, fehlende Nachfrage durch die Betriebe sowie organisatorische Hemmnisse benannt. Als fördernd wurden räumliche Nähe und Vertrauen genannt.

5 Die Elemente des landwirtschaftlichen Innovationssystems im Vergleich der Fallstudien

5.1 Akteure und Organisationen

Die Ergebnisse der Fallstudien zeigen, dass alle untersuchten Innovationsfelder durch die zentrale Bedeutung der Akteursgruppen Landwirtschaft, Wissenschaft und Vorleister gekennzeichnet sind. Diese nehmen trotz ihrer Spezifika jeweils ähnliche Funktionen wahr. Die Landwirtschaft dient als Impulsgeber im Innovationsprozess und kann Verbesserungen bestehender Systeme induzieren, gilt jedoch nicht als Urheber von Innovationen. Darüber hinaus fungiert sie als Tester im FuE-Prozess und entscheidet letztendlich als Kunde und Anwender mit ihren Investitionsentscheidungen über Markterfolge. Die landwirtschaftlichen Betriebe übernehmen somit oftmals eine zentrale Feedback- und Inputfunktion im Innovationsprozess. Diesen führen sie nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen jedoch nicht selbst durch und koordinieren ihn auch nicht, so dass durch eine stärkere Einbindung landwirtschaftlicher Betriebe in die Innovationsprozesse eine bessere Nutzung des Innovationspotentials erfolgen könnte. Die vorleistende Industrie konzentriert sich aufgrund des ökonomischen Drucks in ihrer Ausrichtung von FuE insbesondere auf die Anwendungsforschung und damit auf Innovationen, die eine schnelle Praxisreife und hohe Rentabilität der Aufwendungen für FuE versprechen. Riskante Investitionen werden eher vermieden. Beim Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Entwicklungen aus der zumeist öffentlich finanzierten Wissenschaft in die Anwendung tritt eine grundsätzliche Schwäche zutage, wobei für Tiermonitoring ein Trend zu mehr Grundlagenforschung und für Energie im Gartenbau wenig praxisorientierte Forschungsfragestellungen als Grund genannt wurden. Damit bestätigen die Ergebnisse aus den Fallstudien, dass die Wissenschaft als Teil des öffentlich finanzierten landwirtschaftlichen Wissenssystems in Deutschland wie auch im internationalen Vergleich landwirtschaftlicher Innovationssysteme nicht immer die zentrale Akteurskomponente bei Innovationen ist (World Bank 2006). Schlussfolgerungen für die künftige Gestaltung landwirtschaftlicher Innovationssysteme müssen daher erstens für mehrere Akteure, also nicht nur für den öffentlich finanzierten Teil, abgeleitet werden. Zweitens ist in diesem Bereich die veränderte Rolle der Wissenschaft im Innovationsprozess zu thematisieren.

5.2 Interaktionen und Intermediäre

Intermediäre bilden Plattformen der Informationsverdichtung und -weitergabe. Wichtige Intermediäre in der Landwirtschaft sind Netzwerke und die Beratung. Die (ökonomische) Unabhängigkeit solcher langfristigen Netzwerke und Plattformen ist für die befragten Akteure von besonderer Relevanz, da sie Vertrauen schafft und Unsicherheit in Bezug auf die Vertrauenswürdigkeit von Informationen und bei der Übernahme von Empfehlungen reduziert. In konkreten, temporären Innovationsvorhaben nehmen in den Fallstudien wissenschaftliche Einrichtungen

(öffentliche und private) und einige der dafür in der Regel zu kleinen mittelständischen vorleistenden Unternehmen eine koordinierende Funktion wahr. Eine besondere Bedeutung spielt dabei die interdisziplinäre Zusammenarbeit der FuE-Treibenden, die oft auf in kleinen Netzwerken entstandenem Vertrauen fußt.

Branchenübergreifende Intermediäre sind vorteilhaft, um das Anwendungspotential von Innovationen aus anderen Branchen für die Landwirtschaft zu erkennen und zu vermitteln, da viele für die Landwirtschaft relevante Innovationen in anderen Branchen ihren Ursprung nehmen. Daneben trägt insbesondere innerhalb der Landwirtschaft die räumliche und fachliche, mitunter auch weltanschauliche Nähe dazu bei, Unsicherheiten zu reduzieren und Vertrauen aufzubauen. Vorteilhaft wirkt sich dabei aus, dass die Interaktion innerhalb relativ überschaubarer Netzwerke stattfindet, die einer persönlichen Kommunikation und Vertrauensbildung Vorschub leistet. Andererseits kann diese Konstellation auch zu einer Abgrenzung gegenüber neuen Ideen, Technologien und Akteuren führen.

Neben einer konstanten Vernetzung für einen kontinuierlichen Informationsfluss geht es in der Interaktion auch um das Management von Innovationsprozessen im engeren Sinne, wobei die Aktivitäten der Akteure zielführend koordiniert und auf die Rahmen- und Förderbedingungen abgestimmt werden müssen. Die Analyse der drei Fallstudien legt den Schluss nahe, dass ein enges interdisziplinäres Zusammenwirken aller Akteursgruppen, beispielsweise in Verbundprojekten, für erfolgreiche Innovationen notwendig ist: die Landwirtschaft als Impulsgeber und qualifizierter Nutzer, die Wissenschaft als Träger von Inventionen und die Vorleister als anwendungsorientierte Umsetzer in marktfähige Produkte. Dieses Kooperationsmuster scheint in den Fallbeispielen überwiegend gut zu funktionieren. Allerdings besteht nach Wahrnehmung der Experten an den deutschen Hochschulen angesichts sinkender anwendungsorientierter Ressourcen und Anreize die Gefahr, den technologischen Anschluss an die vorleistende Industrie zu verlieren und als Kooperationspartner in dem Dreieck Landwirt, Wissenschaftler, Vorleister auszufallen. Diese Befunde bestätigen Ergebnisse in der internationalen Literatur, denen zufolge eine funktionierende Zusammenarbeit in landwirtschaftlichen Innovationssystemen auch die Wettbewerbsfähigkeit fördert (World Bank 2006, siehe auch Analyseelement Institutionen und Politik und Element Wettbewerb).

Die öffentlich finanzierte landwirtschaftliche Beratung wurde von den Experten als Intermediär im Innovationssystem unterschiedlich bewertet. Die Interviewpartner verweisen auf die Schwierigkeit, in verschiedenen Bundesländern spezialisierte Berater zu finden oder länderübergreifend in Anspruch nehmen zu können. Die untersuchten Fallstudien zeigen einen Bedarf an Spezialberatung, die eine betriebspezifische Übernahme der Innovationen unterstützt. Jedoch erweist sich der Mangel an Spezialberatung sowie die grundsätzliche Zersplitterung des Systems aufgrund der föderalen Struktur als Innovationshemmnis. So ist eine Dreiteilung Deutschlands in Officialberatung, Landwirtschaftskammern und private Beratungsunternehmen sichtbar (Dirksmeyer 2009, Boland et al. 2005).

Damit wird die in der Literatur beispielsweise von Malerba (2002 und 2004) angeführte wichtige Funktion von Intermediären (Netzwerken, Verbänden, Tagungen) bestätigt. Als Charakteristika des Analyseelementes Interaktion sehen wir für die Landwirtschaft die Notwendigkeit der Koordination von interdisziplinären Innovationsprozessen, den Bedarf für eine neutrale Informationsbewertung sowie für eine Spezialberatung. Die Rolle der Beratung im Innovationsprozess

sollte im Hinblick auf den in den Interviews geäußerten Bedarf nach einer neutralen „Innovationsberatung“ weiter untersucht werden.

5.3 Wissensbasis und Humankapital

Qualität, Umfang und Ausrichtung der deutschen Forschungslandschaft werden nach den Expertenmeinungen für die untersuchten Innovationsfelder noch als angemessen eingeschätzt. Jedoch deuten die Aussagen der Experten darauf hin, dass der in den vergangenen Jahren vorangetriebene Umbau agrar- und gartenbauwissenschaftlicher Lehr- und Forschungskapazitäten sowie der oftmals damit einhergehende Rückzug auf Grundlagenforschung die Leistungsfähigkeit des gesamten Innovationssystems und die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands schwächen. Dadurch werden beim Wissens- und Technologietransfer von Forschungsergebnissen in die Praxis nach Einschätzung der Experten schon heute Defizite sichtbar.

Patente spielen im Sektor eine eher untergeordnete Rolle. Ein Großteil der Wissenschaftler unter den befragten Experten konnte trotz langjähriger Forschung keine Patente vorweisen. Zwei Hindernisse lassen sich dafür angeben: Zum einen bereitet vielen Wissenschaftlern die Aufbereitung der Forschungsergebnisse im Sinne einer patentrechtlich abgrenzbaren Innovation Schwierigkeiten. Die Literatur erklärt dies damit, dass es sich in der Landwirtschaft – wie zum Beispiel auch in der Forstwirtschaft (Kubezko et al. 2006) – oft um nicht patentierbare Prozessinnovationen oder neue Anwendungsgebiete in anderen Branchen entwickelter Technologien handelt. Zum anderen wurde von den Experten berichtet, dass Patente noch unzureichend im wissenschaftlichen Honorierungssystem verankert sind. Bislang gelten primär wissenschaftliche Publikationen und Drittmiteleinwerbungen als Indikatoren wissenschaftlicher Leistung, die ihrerseits Auswirkungen auf die Basisfinanzierung der Forschungseinrichtungen haben können. Gleichwohl ist die zunehmende Forderung an die Wissenschaft erkennbar, nicht mehr nur für den „wissenschaftlichen Markt“ zu produzieren. Auch die befragten – zumeist kleinen und mittelständischen – Vorleister halten in den spezifischen Innovationsfeldern nur wenige Patente. Sie verweisen auf den hohen – und mitunter unsicheren – Aufwand vor und im Patentierungsverfahren, der technologische Vorsprünge wieder aufbrauchen würde. Stattdessen setzen sie verstärkt auf Gebrauchsmusterschutz, so dass sich aus Patentstatistiken allein nicht auf Innovationsfähigkeit schließen lässt.

Das Humankapital stellt sich für alle Akteursgruppen in den Fallstudien als Problemfeld aktueller und steigender Relevanz dar. So hat beispielsweise die fortschreitende Automatisierung einerseits zu einer Rationalisierung einfacher Tätigkeiten geführt. Im Gegenzug werden jedoch hochqualifizierte Mitarbeiter und Betriebsleiter immer wichtiger, um derart komplexe Systeme noch beherrschen zu können. Der Ausbildung von hochqualifiziertem Personal kommt daher in der Zukunft besondere Bedeutung zu.

5.4 Institutionen und Politik

Den allgemeinen und sektorspezifischen politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen wie Tierschutz oder Verbraucherschutz kommt laut Literatur und befragter Experten eine herausgehobene Rolle im Innovationsgeschehen zu, im Sinne einer Bestätigung gesellschaftlicher Trends. Sie vermindern unternehmerische Unsicherheit bezüglich der Langfristigkeit gesellschaftlicher Erwartungen. Die deutschen gesetzlichen Regelungen werden im internationalen

Vergleich als durchaus streng bezeichnet. Da sie dadurch auch einen Innovationsdruck aufbauen, konstituieren sie auch einen Standortvorteil.

Der öffentliche Diskurs stellt einen weiteren Impulsgeber für Innovationsentwicklungen dar. Doch wird von einigen befragten Experten immer wieder das unrealistische Image der Landwirtschaft in der öffentlichen Wahrnehmung sowie die niedrige gesellschaftliche Akzeptanz der realen Produktionsbedingungen beklagt. Insbesondere die Tierhaltung in Deutschland steht hier vor einem wachsenden Legitimationsproblem.

Die öffentlichen Förderinstrumente werden bislang primär von der Wissenschaft genutzt. Für diese sind die Förderinstrumente ein Ausweg aus der sinkenden Basisfinanzierung ihrer Forschung sowie eine Möglichkeit, Forschungsergebnisse in praxisrelevante Produkte münden zu lassen. Von den Vorleistern werden Innovationsprojekte mitunter jedoch nur sehr zögerlich in Form öffentlich geförderter Vorhaben umgesetzt. Im Bereich Precision Farming findet sich hingegen eine Reihe von Projekten mit Unternehmensbeteiligung. Auch lässt sich die Tendenz der Geldgeber erkennen, die Beteiligung von Unternehmen an FuE-Projekten als Förderbedingung zu formulieren. Jedoch erweisen sich die Förderprogramme laut Interviewaussagen oftmals als zu unflexibel und zeitintensiv, um für Unternehmen unter wirtschaftlichen Bedingungen attraktiv zu sein. Beklagt wird auch die unübersichtliche Struktur der Förderlandschaft in Deutschland mit einer Vielzahl unterschiedlicher Programme im Kompetenzbereich unterschiedlicher Ressorts. Ebenso kritisch wird von den Befragten der bürokratische Aufwand bei Antragstellung und Projektabwicklung gegenüber den Projektträgern bewertet.

In den Innovationsfeldern treffen verschiedene politische Rahmenbedingungen aufeinander, die laut Aussage der Experten oft nicht gut genug aufeinander abgestimmt seien. Eine tiefergehende Analyse der Politikwirkungen im Agrarsektor im Hinblick auf Innovationsprozesse ist mit dem hier gewählten Innovationssystemansatz jedoch nicht leistbar (Koschatzky 2012).

5.5 Technologien und Nachfrage

Die in den untersuchten Innovationsfeldern eingesetzten Technologien sind noch nicht in der Gesamtheit der Betriebe angekommen. In Anlehnung an Rogers (2003) lässt sich feststellen, dass die drei untersuchten Innovationsfelder sich hinsichtlich des aktuellen Stands ihrer Ausbreitung (Diffusion) noch in frühen Phasen bewegen, wobei der Diffusionsgrad verschiedener Technologien im selben Innovationsfeld stark voneinander abweichen kann. Bis in die jüngste Vergangenheit herrschten „Insellösungen“ einzelner Hersteller vor, da sich der Aufbau von Schnittstellen für den Datentransfer über Systemgrenzen verschiedener Komponentenhersteller hinweg als technologisches und organisatorisches Problem erwies. In den letzten Jahren hat sich diese Situation jedoch verbessert. Dieses gilt für Precision Farming und Tiermonitoring, weniger jedoch für Energie im Gartenbau. So ist es im Precision Farming mit dem landwirtschaftlichen Datenbussystem ISOBUS (bestehend aus Hardwarekomponenten und Netzwerkmanagement) möglich, Anbaugeräte verschiedener Art (und auch verschiedener Hersteller) über dasselbe Terminal auf dem PC und Traktor zu steuern. Dort ist noch kein einheitliches technologisches Regime vorhanden, das einen Datentransfer nutzen könnte.

Die untersuchten Technologien sind grundsätzlich auch für Ökobetriebe geeignet, doch weisen diese in den untersuchten Innovationsfeldern derzeit geringere Adoptionsraten als konventionell oder integriert wirtschaftende Betriebe auf, obwohl die Experten die Innovationsnachfrage auch

für Ökobetriebe bestätigten. Allgemeine technologische Trends sind vor allem die Automatisierung, der Datentransfer über Systemgrenzen hinweg, das Aufbrechen von „Insellösungen“ und Systeme zur Rückverfolgbarkeit.

5.6 Wettbewerb

Im internationalen Vergleich werden die deutschen Vorleister in allen drei Fallstudien von den Experten bei technischen Produktneuerungen als sehr innovativ und international wettbewerbsfähig eingeschätzt. FuE und Produktion finden dabei zumeist in Deutschland statt, auch wenn ein Großteil der Güter weltweit exportiert wird. Bei Sozial- und Prozessinnovationen besteht hingegen noch verstärkter Handlungsbedarf, zum Beispiel bei der Integration von Nachhaltigkeitsindikatoren wie dem ökologischen Fußabdruck in Technologie- und Managementkonzepten entlang der Wertschöpfungskette.

5.7 Innovationsprozesse

Die betrachteten Innovationsprozesse verlaufen unter Beteiligung der Wissenschaft komplexer und zeitintensiver als interne gradlinige Entwicklungsstrategien der Vorleister. Die gewählten Fallbeispiele verdeutlichen, dass mehrere Einzelentwicklungen zu einem technologischen praxistauglichen Regime integriert werden müssen, um sich am Markt durchzusetzen. Sowohl bei der Entwicklung von Einzelkomponenten als auch bei der Integration lassen sich vielfältige Feedbackschleifen in andere Branchen oder zwischen verschiedenen Akteuren nachzeichnen. Diese Ergebnisse entsprechen der Theorie der Innovationszyklen mit nichtlinearen Prozessen und mit vielfältigen Feedback-Routinen in allen Phasen der Innovationsentwicklung, die von der Innovationsforschung seit längerem im Unterschied zur vorherigen Annahme gradliniger Innovationspfade von der Invention bis zur Markteinführung vertreten wird (Rogers 2003). Über alle Innovationsfelder hinweg beschreiben die Experten eine unzureichende Umsetzung der Ergebnisse von Forschung und Entwicklung in marktfähige Produkte.

6 Fazit

Die Studie zeigt, dass ein an die verschiedenen Ebenen von Innovationssystemen angepasster Untersuchungsansatz die derzeitigen Rahmenbedingungen für Innovationen in einer Branche mit einer Kombination aus quantitativen und qualitativen Informationen beschreiben kann. Durch das angepasste analytische Konzept des Innovationssystemansatzes werden die Rahmenbedingungen für Innovationen und ihre Wirkungen in der konkreten Arena der jeweiligen Wertschöpfungskette mit einer Prozessperspektive (Analyseelement Innovationsprozesse) verknüpft. Auf diese Weise ist es möglich, das Zusammenspiel von Innovationsbedingungen und Innovationsprozessen zu beschreiben und Innovationserfolg zu erklären. Dadurch werden Ansatzpunkte für Verbesserungen für alle Akteure, der Rahmenbedingungen und der Gestaltung von Innovationsprozessen sichtbar.

Mit dem klassischen Konzept sektoraler Innovationssysteme würden die vielfältigen Verknüpfungen zu anderen Sektoren und Nischen nicht sichtbar werden (Koschatzky 2012). Die untersuchten Fallstudien, die als typisch für Innovationen in der Landwirtschaft gelten, weisen eine technologische Komplexität auf, für deren Koordination in Innovationsprozessen aus Sicht der

Autoren ein gemeinsames System- und Rollenverständnis der Akteure notwendig ist. Erst aus diesem geteilten Systemverständnis, im Sinne eines gemeinsamen mentalen Modells, lassen sich effektive Koordinationsmechanismen ableiten. Dies ist im Zuge regional unterschiedlicher Veränderungen im öffentlich finanzierten Teil des landwirtschaftlichen Systems, Veränderungen der allgemeinen Rahmenbedingungen und gesellschaftlicher Debatten sowie kontrovers diskutierter Anreize für die interdisziplinäre Zusammenarbeit nicht einfach. Zudem sind Handel und Verbraucher nicht in die Innovationsprozesse direkt einbezogen, ihre Erwartungen werden vielmehr in politischen Prozessen oder Handelsanforderungen umgesetzt. Aus dieser Erfahrung heraus ist bei den Akteuren zum Teil eine abwartende Haltung erkennbar, bis gesellschaftliche Trends durch die Anpassung der Rahmen- oder Lieferbedingungen bestätigt sind.

Der scheinbare Widerspruch zwischen den hohen Anforderungen und Erwartungen an Innovationen in der Landwirtschaft einerseits und den gesellschaftlichen Akzeptanzdebatten andererseits lässt sich aus Sicht der Autoren durch zwei aus unseren empirischen Befunden abgeleiteten Erkenntnissen und Schlussfolgerungen lösen: (1) Voraussetzung für Innovationen ist das Vorhandensein einer Vertrauensbasis. Diese entsteht in der Landwirtschaft – und nicht nur dort – vorrangig in eher kleinen längerfristigen Netzwerken. (2) In den in diesen Netzwerken stattfindenden Innovationsprozessen sind frühzeitig gesellschaftliche und landwirtschaftliche Anforderungen zu integrieren, zum Beispiel durch die frühzeitige Einbindung von Handel und Verbrauchern. Damit müssen in landwirtschaftlichen Innovationsprozessen nicht nur komplexe Konstellationen berücksichtigt werden, sondern das Innovationsmanagement steht vor der Herausforderung, eine vertrauensvolle Zusammenarbeit der Beteiligten zu ermöglichen, gleichzeitig jedoch nach außen offen für veränderte Ansprüche oder Entwicklungen zu bleiben, um Akzeptanzdebatten im Diffusionsprozess zu vermeiden (Baitsch und Müller 2001).

Die Autoren sehen weiteren Forschungsbedarf über Möglichkeiten der besseren Nutzung des Innovationspotentials landwirtschaftlicher Betriebe zur Verbesserung von Akzeptanz und Adoption sowie zu Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Einzellösungen hin zu integrierten Innovationsfeldern. Zudem sollte aus Sicht der Autoren untersucht werden, wie den Entscheidungsträgern Informationen zu den Innovationsaktivitäten im Sektor im Sinne eines Monitorings besser zur Verfügung gestellt werden können.

Literaturverzeichnis

- Alston, Julian M., Jason M. Beddow und Philipp G. Pardey (2010): Food Commodity Prices in the Long Run: The Crucial Role of Agricultural Research and Productivity Les prix à long terme des produits alimentaires primaires: le rôle décisif de la recherche et de la productivité agricoles. Langfristige Preisentwicklung von Nahrungsmitteln: Die entscheidende Rolle der Agrarforschung und landwirtschaftlicher Produktivität. *Euro Choices*, 9, 36–42. doi: 10.1111/j.1746-692X.2009.00144.x
- Baitsch, Christof und Bernhard Müller (Hrsg.) (2001): *Moderation in regionalen Netzwerken*. München, Hampp.
- Bioökonomierat (2009): Kompetenzen bündeln, Rahmenbedingungen verbessern, internationale Partnerschaften eingehen – Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland. www.biooekonomierat.de/tl_files/downloads/presse/BOER-Empfehlungen2009_Druckversion.pdf. Stand 30.6.2011.

- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Ideen. Innovation. Wachstum – Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. www.bmbf.de/pub/hts_2020.pdf. Stand 20.06.2011.
- Bokelmann, Wolfgang (2009): Wertschöpfungsketten im Gartenbau. In: Walter Dirksmeyer (Hrsg.): Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus. Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Reserve, Sonderheft 330, 115–129.
- Bokelmann, Wolfgang, Alexandra Doernberg, Wim Schwerdtner, Anett Kuntosch, Maria Busse, Bettina König, Rosemarie Siebert, Knut Koschatzky und Thomas Stahlecker (2012): Sektorstudie zur Untersuchung des Innovationssystems der deutschen Landwirtschaft. <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=39400>
- Boland, Hermann, Angelika Thomas und Knut Ehlers (2005): Expertise zur Beratung landwirtschaftlicher Unternehmen in Deutschland. Eine Analyse unter Berücksichtigung der Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 zu Cross Compliance.
- Carlsson, Bo, Staffan Jacobsson, Magnus Holmén und Annika Rickne (2002): Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233–245.
- Dirksmeyer, Walter (2009): Exkurs: Beratungsstrukturen im Produktionsgartenbau. In: Walter Dirksmeyer (Hrsg.): Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus. Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Reserve, Sonderheft 330, 163–168.
- Dockès, Anne-Charlotte, Talis Tiesenkopfs und Bettina Bock (2011): Reflection paper on AKIS. Collaborative Working Group Agricultural Knowledge and Innovation Systems.
- EGE (2009): Ethics of modern developments in agricultural technologies. European group on ethics in science and new technologies to the european commission, Opinion No. 24, http://ec.europa.eu/bepa/european-group-ethics/docs/publications/opinion24_en.pdf
- Emmert, Dagmar (2002): Entwicklungstendenzen in der Nutztierhaltung. In: Wolfgang Methling und Jürgen Unshelm (Hrsg.): *Umwelt- und tiergerechte Haltung*. Singhofen, Paul Parey, 257–269.
- Geels, Frank W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33, 897–920.
- Hall, Andrew, Rasheed Sulaiman, Norman Clark und B. Yoganand (2003): From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78, 213–241.
- Hoffmann, Volker, Simone Helmle und Vinzenz Bauer (2011): SOLINSA Country Report: Germany. Project internal report (nicht veröffentlicht).
- Koschatzky, Knut (2012): Fraunhofer ISI's systemic research perspective in the context of innovation systems. In: Fraunhofer Insitute for Systems and Innovation Research ISI: Innovation System revisited. Experiences from 40 years of Fraunhofer ISI research, Fraunhofer Verlag.
- Koschatzky, Knut, Elisabeth Baier, Henning Kroll, und Thomas Stahlecker (2009): *The spatial multidimensionality of sectoral innovation. The case of information and communication technologies*. Working Papers Firms and Region. R4. Karlsruhe, Fraunhofer ISI.
- Kubezko, Klaus, Ewald Rametsteiner und Gerhard Weiss (2006): The role of sectoral and regional innovation systems in supporting innovations in forestry. *Forest Policy and Economics*, 8 (7), 704–715.
- Kutter, Thomas, Silja Tiemann, Rosemarie Siebert und Spyros Fountas (2011): The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*, 12, 2–17.

- Latesteijn, Henk C. und Karin van Andeweg (2011): The need for a new agro innovation system. In: H.C. van Latesteijn und K. Andeweg (Hrsg.) (2011): *The TransForum Model: Transforming Agro Innovation Toward Sustainable Development*. Springer, 1–19.
- Lickfett, Jörg und Eva Schneider (2009): Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit. In: Walter Dirksmeyer (Hrsg.): *vTI Landbauforschung. Sonderheft 330*, III–III3.
- Lundvall, Bengt-Åke (Hrsg.) (2009): *Handbook of innovation systems and developing countries. Building domestic capabilities in a global setting*. Cheltenham, Glos, Northampton, MA, Edward Elgar (Elgar original reference).
- Malerba, Franco (2002): Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247–264.
- Malerba, Franco (2004): *Sectoral Systems of Innovation. Concepts, issues and analysis of six major sectors in Europe*. Cambridge, University Press.
- McIntyre, Beverly D., Hans R. Herren, Judi Wakhungu und Robert T. Watson (Hrsg.) (2009): International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD): synthesis report with executive summary: a synthesis of the global and sub-global IAASTD reports.
- Menrad, Klaus (2004): Innovations in the food industry in Germany. *Research Policy*, 33 (6–7), 845–878.
- Miebach, Bernhard (2009): *Prozesstheorie. Analyse, Organisation und System*. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Millenium Ecosystem Assessment – MEA (2003): *Ecosystems and Human Well-being: A framework for assessment*. Washington, D. C., Island Press.
- Reichardt, Maïke, Carsten Jürgens, Ulrike Klöble, Joachim Hüter und Klaus Moser (2009): Dissemination of precision farming in Germany. Acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities. *Precision Agriculture*, 10, 32–35.
- Rogers, Everett M. (2003): *Diffusion of Innovations*. 5. Aufl. New York, Free Press.
- Rösch, Christine, Rolf Meyer und Marc Dusseldorp (2007): *Precision Agriculture. Landwirtschaft mit Satellit und Sensor*. Frankfurt a. M., Deutscher Fachverlag.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2007): *Energiekonzepte für den Gartenbau*. Schriftenreihe der Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 20.
- SÖSTRA – Institut für sozialökonomische Strukturanalysen (2008): *Formative Evaluierung der Innopunkt Kampagne „Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Unternehmen stärken“*. Endbericht. Berlin.
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2011): *Facts. Forschung und Entwicklung*. Essen.
- Unshelm, Jürgen (2002): Akzeptanz der Nutztierhaltung und der Produktbeschaffenheit durch den Verbraucher. In: Wolfgang Methling und Jürgen Unshelm (Hrsg.): *Umwelt- und tiergerechte Haltung*. Singhofen, Paul Parey, 270–273.
- Vanloqueren, Gaetan und Phillipe V. Baret (2009): How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovation. *Research Policy*, 38, 971–983.
- Weber, Matthias K. und Harald Rohrer (2012): Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive “failures” framework. *Research Policy*, 41, 1037–1047.
- World Bank (2006): *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond the Strengthening of Research Systems. Agriculture and rural development*. Washington, D. C.

- Yin, Robert K. (2003): *Case Study Research: Design and Methods*. London, Sage publications.
- Zaske, Jürgen (2003): Begrüßung und Einleitung. ATB (Hrsg.): Hightech-Innovationen für Verfahrensketten in der Agrarproduktion. *Postdamer Agrartechnische Berichte*, 36, 9–10.