

### **3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft**

Die zunehmende Komplexität technischer Neuerungen wie auch die wachsende Geschwindigkeit ihrer Ausbreitung hat zu einem gesteigerten Interesse an den Folgewirkungen einer zunehmenden Technisierung geführt. Die parallel mit der Implementierung neuer technischer Verfahren einhergehenden indirekt hervorgerufenen und induzierten Effekte bewirken Veränderungen der technischen, sozialen, ökonomischen, ökologischen und politischen Wirklichkeit.<sup>475</sup> Die aus dieser Erkenntnis heraus begründeten methodischen Ansätze sollen dazu beitragen, diese Folgen möglichst frühzeitig zu erkennen, zu bewerten und zu steuern. So rückt der vielschichtige Charakter von Innovationen in den Vordergrund der wissenschaftlichen Betrachtung.<sup>476</sup>

Im folgenden Kapitel der Arbeit wird das Konzept der Technikfolgenabschätzung in seinen Grundzügen dargestellt. Nach der Darlegung von Zielen und Methoden sowie der Diskussion verschiedener Modellklassen wird das Konzept einer kritischen Betrachtung unterzogen. Hieran schließen sich Ausführungen zur bisherigen Technikfolgenabschätzung im Bereich der Landwirtschaft an. Das Kapitel findet mit der Entwicklung einer Gesamtkonzeption einer Technikwirkungsanalyse für automatisierte Melkverfahren seinen Abschluss.

#### **3.1 Das Konzept der Technikfolgenabschätzung**

##### **3.1.1 Entstehung und Ziel des Konzepts zur Technikfolgenabschätzung**

Zur Verwendung des Begriffs „Technikfolgenabschätzung“ bzw. „Technology Assessment“ sind in der Literatur eine Vielzahl von Definitionsansätzen gebräuchlich.<sup>477</sup> Auch finden andere Begriffe wie „Technik-Bewertung“, „Technikfolgen-

---

<sup>475</sup> Vgl.: DIERKES, M; HÄHNER, K. [Konzeptentwicklung], S. 1ff.

<sup>476</sup> Vgl.: NEUMANN, B. [Technikchancenabschätzung], S. 30, JISCHA, M. [Technikfolgenabschätzung], S. 165-79, ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 9-15 und KORNWACHS, K. [ethisches Handeln], S. 181-185.

<sup>477</sup> Der aus dem Englischen stammende Begriff „Technology Assessment“ wird oftmals mit „Technikfolgenabschätzung“ übersetzt. Dieser Terminus besitzt jedoch gewisse Ungenauigkeiten. So bedeutet „Assessment“, im Gegensatz zu „Abschätzung“, einen rationalen Bewertungsprozess.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Bewertung“, „Technikfolgen-Analyse“ und „Technikwirkungsanalyse“ Verwendung,<sup>478</sup> welche hier im folgenden synonym Verwendung finden sollen. Das Akronym „TA“ steht hierbei für die vorgenannten Begriffe.

Eine der ersten in der deutschen Literatur verwendeten Definitionen stammt von PASCHEN, GRESSER UND CONRAD. Das Konzept der Technikfolgenabschätzung umfasst demnach Untersuchungen, die darauf ausgerichtet sind, „die Auswirkungen der erstmaligen Anwendung neuer oder in der Entwicklung befindlicher bzw. der verstärkten oder modifizierten Anwendung bekannter Technologien (einschließlich sozialer Technologien) systematisch zu erforschen und zu bewerten, wobei das Schwergewicht auf die unbeabsichtigten, oft mit beträchtlicher Verzögerung eintretenden Sekundär- und Tertiäreffekte gelegt wird. TA-Untersuchungen sollen die Effekte der Technologieanwendung in möglichst allen (betroffenen) Teilbereichen der Gesellschaft und ihrer natürlichen Umwelt antizipieren, darstellen und bewerten“.<sup>479</sup>

Die Entwicklung der Technikfolgenabschätzung stellt sich in der Vergangenheit in drei Etappen - oder auch Generationen - dar, welchen man eine vierte, neue hinzufügen kann.<sup>480</sup> Während die ersten beiden Generationen bis etwa zur Mitte des 20. Jahrhunderts durch eine ingenieurwissenschaftlich geprägte, reaktive Technikregulierung geprägt waren, die sich lediglich im Grad der Institutionalisierung der staatlichen Technikbeobachtung unterschieden, ist für die dritte Generation eine stärkere Dominanz der sozialwissenschaftlichen Technikfolgenforschung zu konstatieren.<sup>481</sup> Die Arbeiten zur Technikfolgenabschätzung in der vierten Generation

---

Vgl.: WEBER, J. U.A. [Technology Assessment], S. 10.

Auf Übersetzungsfehler bzgl. des Begriffs „technology“ weist ROPOHL hin. Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 162f.

Auch umschreibt der Begriff „Technologie“ eine weniger strikte Abgrenzung zu benachbarten Wissenschaftsdisziplinen als dies durch den Begriff „Technik“ zum Ausdruck kommt. So drückt „Technologie“ (gr.: téchne = Technik und logós = Vernunft) im engen Sinne die Wissenschaft von der Technik aus. Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 24 sowie BULLINGER, H.-J. [Technikpotentialabschätzung], S. 105.

Die Bedeutung des Begriffs variiert je nach Verwendungszusammenhang in der Mikroökonomik oder Soziologie. o. V.: [Technologie], S. 3022f.

<sup>478</sup> Vgl.: MORAWITZ, C. [Einsatz von rbST], S. 56.

<sup>479</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment]: S. 19.

<sup>480</sup> Vgl.: DIERKES, M.; HÄHNER, K. [Konzeptentwicklung], S. 104. Eine leicht zugängliche Darstellung zur Entwicklungsgeschichte der Technikbewertung findet sich bei ROPOHL. Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 159-180.

<sup>481</sup> Vgl.: MORAWITZ, C. [Einsatz von rbST], S. 61f

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

zielen darauf ab, auf eine Technik schon während ihrer Entstehung (Technikgenese) steuernd einzuwirken.<sup>482</sup>

Bereits in den 50er Jahren des 20. Jh. wurden vor allem in den USA Studien zum Technological Forecasting durchgeführt. Die Untersuchungen zur Abschätzung der wahrscheinlichen Verfügbarkeit technischer Innovationen waren darauf ausgerichtet, sowohl private Unternehmen als auch staatliche Stellen in Fragen von Forschung und Entwicklung wie auch Investitionen im Allgemeinen zu unterstützen.<sup>483</sup>

Parallel hierzu etablierte sich, vor allem unter dem Eindruck von aufkommenden, potentiell gefährlichen Großtechnologien, das neue Forschungsgebiet des Technology Assessment als eine rein technikinduzierte Betrachtungsweise, um die erwünschten Wirkungen (sog. Primärvorteile) als auch die Neben- und Folgewirkungen einer Technik zu untersuchen. Diese technikreflektierende Betrachtung mündete, basierend auf dem (staatlichen) Vorsorgeprinzip,<sup>484</sup> 1972 in der Gründung des Office of Technology Assessment (OTA) beim Kongress der Vereinigten Staaten (Auflösung 1995).<sup>485</sup> Das Konzept der Technologienabschätzung stellt sich daher in seiner ursprünglichen Konzeption als ein Analysekonzept mit der Absicht der Politikberatung dar.<sup>486</sup> Eine politische Techniksteuerung, die auf die Verantwortung des Staates für den Prozess des technischen Fortschritts abhebt, ist der Gesamtkonzeption von der Technikfolgenabschätzung somit inhärent.

In Europa hat, etwa 15 Jahre nach den USA, die Technikfolgenabschätzung sehr an Raum gewonnen. So haben sich, eingepasst in die jeweiligen politischen Traditionen, Institutionen zur Technikfolgenabschätzung etabliert. Unterschiede bestehen in ihrer jeweiligen Nähe zur Legislative bzw. Exekutive, zur Wissenschaft und

---

<sup>482</sup> Vgl.: DIERKES, M.; HÄHNER, K. [Konzeptentwicklung], S. 105ff.

<sup>483</sup> Vgl.: GRAY, L. [OTA Reports], S. 302ff.

ROPOHL unterscheidet in informelle und formelle Technikbewertung. In der Aufarbeitung der Geschichte der TA datiert er unausgesprochen den Beginn der modernen Technikfolgenabschätzung auf das Erscheinen des Begriffs „*technology assessment*“ im Jahre 1966 in den USA. Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 168.

<sup>484</sup> Vgl.: GLEICH, A. v. [Vorsorgeprinzip], S. 287-293.

<sup>485</sup> Vgl.: GIBBONS, J. [Entwicklungsgeschichte], S. 26f.

Zur Etablierung und Arbeit des OTAs' vgl.: GRAY, L. [OTA Reports], S. 299-319, COATES, J. [Technikfolgenabschätzung in den USA], S. 53-64; WOOD, F. [Congressional Office], S. 211-222 sowie TAB [OTA], S. 24-25.

<sup>486</sup> Vgl.: DIERKES, M.; HÄHNER, K. [Konzeptentwicklung], S. 101.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

zu gesellschaftlich relevanten Gruppen, letztlich zur Öffentlichkeit.<sup>487</sup> Die große Vielfalt von Institutionalisierungsformen liegt darin begründet, dass weder ein eindeutiger politischer Entscheidungszweck noch ein einheitlicher Erstellungs- und Verwendungszusammenhang für TA dominiert. Dabei reicht das Spannungsverhältnis für die Institutionalisierung von TA zwischen Entscheidungsnähe und Öffentlichkeitsnähe.<sup>488</sup> Zur institutionellen Verankerung der Technikfolgenabschätzung in Deutschland wurde 1990 das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) als eine reine parlamentarische TA-Einrichtung gegründet. Diesem ging als zentrale Instanz für TA-Aktivitäten das 1982 geschaffene „Referat für Systemanalyse, Prognose und Technikfolgenabschätzung“ des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMBF) voraus.<sup>489</sup>

#### **3.1.2 Ausgestaltung des Konzepts der Technikfolgenabschätzung**

##### **3.1.2.1 Systematisierung unterschiedlicher Ansätze**

In der Literatur werden zur Systematisierung der unterschiedlichen Ansätze verschiedene Arten der Technikfolgenabschätzung entsprechend ihres jeweiligen Beweggrundes (Anlass) hinsichtlich des Zeitpunktes der Betrachtung in Bezug auf das Anschauungsobjekt wie auch unter dem Blickwinkel der Vollständigkeit der Analyse typisiert. Die Grenzen der definierten Kategorien sind jedoch in der Konsequenz ihrer Anwendung zueinander unscharf.<sup>490</sup> Eine eindeutige Zuordnung der gewählten Vorgehensweise kann somit in aller Regel nicht getroffen werden.

---

<sup>487</sup> Eine Bestandsaufnahme zur supranationalen Technikfolgenabschätzung in Europa gibt WEBER u.A. Vgl.: WEBER, J. u.a.: [Technology Assessment], S. 88-110. Zur parlamentarischen Technikfolgenabschätzung in Europa sei hier sowohl auf VON BERG als auch auf PEISSEL verwiesen. Vgl.: BERG, I. v. [Parlamentarische TA], S. 229-246 sowie PEISSEL, W. [Europa], S. 469-477. Für eine gegenüberstellende Analyse der Technikfolgenabschätzung von Europa, Kanada und Japan vgl.: COATES, V.; FABIAN, T. [Europa and Japan], S. 343-361.

<sup>488</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 26-29.

<sup>489</sup> Ein ausführlicher Überblick über Technikfolgenabschätzung in Deutschland findet sich in WEBER u.A. Vgl.: WEBER, J. u.a. [Technology Assessment], S. 25-86. Vgl. auch PASCHEN, H. [Deutschland], S. 77-93 und KRUPP, H. [Politische Erfolgchancen], S. 61-73, COENEN, R.; FÜRNIß, B.; KUPSCH, C. [Bestandsaufnahme], S. 219-228 sowie STÖTZEL, M.; BARON, W. [BMBF], S. 509-513.

<sup>490</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 9ff.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

#### (a) Einteilung nach dem Anlass der Technikfolgenabschätzung<sup>491</sup>

##### i. Projekt-induzierte Technikfolgenabschätzung<sup>492</sup>

Projekt-induzierte Technikfolgenabschätzungen befassen sich mit der spezifischen Anwendung einer Technologie, sind daher projekt- und somit standortgebunden.

##### ii. Technik-induzierte Technikfolgenabschätzung<sup>493</sup>

Technik-induzierte Technikfolgenabschätzungen haben beabsichtigte und unbeabsichtigte Auswirkungen neuer oder in der Entwicklung befindlicher Technologien zum Gegenstand.

##### iii. Problem-induzierte Technikfolgenabschätzung<sup>494</sup>

Demgegenüber ist die problem-induzierte Technikfolgenabschätzung auf die aktuellen wie die für die Zukunft vorhersehbaren Probleme der Gesellschaft gerichtet. Ausgehend von der definierten Problemlage werden die Lösungsbeiträge einer oder mehrerer Technologien bewertet.

#### (b) Einteilung nach dem Zeitpunkt der Technikfolgenabschätzung<sup>495</sup>

##### i. Projektive Technikfolgenabschätzung

Bei dieser Konzeption findet zeitlich vor der Implementierung einer neuartigen Technologie die Erforschung ihrer wahrscheinlichen Folgewirkungen projektiv statt. Alternative Entwicklungspfade werden im Vergleich zu der betrachteten Technologie dargestellt und bewertet. Diese Vorgehensweise stellt hohe Anforderungen an die Prognosegüte der betrachteten Entwicklungspfade wie auch an die Bewertung der sie beeinflussenden Rahmenbedingungen.

---

<sup>491</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 17.

<sup>492</sup> Projektinduzierte Technikfolgenabschätzungen stellen oftmals eine Kombination technik- und probleminduzierter Vorgehensweisen dar. Vgl. ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 185.

<sup>493</sup> Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 39f.

<sup>494</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 183f sowie SKORUPINSKI, B., OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S.39f.

<sup>495</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 17ff.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

#### ii. Reaktive Technikfolgenabschätzung<sup>496</sup>

Reaktive Analysen haben die Folgewirkungen einer Technologie zum Gegenstand, nachdem diese bereits zur Anwendung gekommen ist.

#### iii. Retrospektive Technikfolgenabschätzung<sup>497</sup>

Die retrospektive Technikfolgenabschätzung stellt eine vergangenheitsbezogene Analysekonzeption dar. Anhand von sogenannten „case histories“ wird hier aufgezeigt, an welchen Entscheidungspunkten eine Beeinflussung der Technologieanwendung die durch sie hervorgerufenen Folgewirkungen in Art und Wirkung verändert hätte.

Unter dem Blickwinkel der Vollständigkeit der Analyse können die Konzepte der Technikfolgenabschätzung in partielle wie umfassende Ansätze gegliedert werden, sodass sich in der Gesamtbetrachtung eine dreidimensionale Struktur zur Beschreibung der einzelnen TA-Konzeptionen ergibt.<sup>498</sup>

Die Diskussion um den konzeptionellen Ansatz bei der Beurteilung einer Technik hat im Zuge eines Paradigmenwechsels zu einer Abkehr von technikinduzierten Vorgehensweisen hin zu probleminduzierten Betrachtungen geführt. Damit wird der Wechsel von einer risikoorientiert-reaktiven hin zu risiko- und potentialorientierten Konzeptionen beschritten.<sup>499</sup> Den Vorteilen technikinduzierten Bewertungen, welche in der Operationalisierbarkeit der Fragestellung sowie in der Überprüfbarkeit der Ergebnisse bestehen, stehen die reaktive sowie die auf Einzeltechniken bzw. -technologien fokussierte Vorgehensweise als Nachteile gegenüber.<sup>500</sup> Probleminduzierte Analysen haben den Vorzug, dass grundlegende gesellschaftliche Bedürfnisse – hier als Problem titulierte – in einem ergebnis- wie auch möglicherweise in einem teilnehmeroffenen Lösungsverfahren behandelt werden.<sup>501</sup> SKORUPINSKI UND OTT betonen die Schwierigkeiten dieses Ansatzes, indem sie darauf hinweisen, dass sich hier bei der Behandlung eines Problems ein weiterer Problemhorizont aufzeigen kann, was eine ständige Anpassung der ursprünglichen Fragestellung

---

<sup>496</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 229-233.

<sup>497</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 18.

<sup>498</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 10.

<sup>499</sup> Vgl.: WEBER, J. U.A. [Technology Assessment], S. 1f.

<sup>500</sup> Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 39f.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

erfordert, wodurch die Anwendung einer seriösen Methode der Technikfolgenforschung nicht mehr möglich sei.<sup>502</sup> Dieser Kritik kann jedoch damit begegnet werden, dass aus pragmatischen Gründen eine kombinierte Vorgehensweise aus technik- und probleminduzierter Vorgehensweise gefunden wird, welche in einem festgefügteten Ablaufschema umgesetzt wird.

Der Paradigmenwechsel in der Technikfolgenabschätzung ist in der Richtlinie VDI-Richtlinie 3780 konkretisiert.<sup>503</sup> Entsprechend der normativen Betrachtung der Technikfolgenabschätzung ist Technikbewertung demnach das „planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand der Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert;
- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt;
- aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert sowie
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,

so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“<sup>504</sup>

Mit dem Paradigmenwechsel geht auch eine Betonung der Steuerungsfunktion in der technikreflektierenden Forschung einher, was in der Etablierung von partizipativen und innovationsorientierten Ansätzen zum Ausdruck kommt. Diese stehen im Gegensatz zu der klassischen, reaktiven, hauptsächlich auf die „Frühwarnfunktion“ beschränkte, politikberatende Technikfolgenanalyse.<sup>505</sup> So können, ausgehend von

---

<sup>501</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 183f.

<sup>502</sup> Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 39f.

<sup>503</sup> Vgl.: HENNING, K. [Technikgestaltung], S. 1f.

<sup>504</sup> Vgl.: VDI [Richtlinie 3780], S. 2. Da in der Neuauflage dieser Richtlinie der Originaltext unverändert blieb, wird aus der Ausgabe von 1991 zitiert.  
VDI-Richtlinien stellen anerkannte Regeln der Technik und Maßstäbe für einwandfreies technisches Verhalten dar. Zu Grundlage, Ziel, Inhalt und Erarbeitung von VDI-Richtlinien vgl.: VDI [Richtlinie 1000]. In der Folge der VDI 3780 ist die Technikbewertung in Deutschland als anerkannte technische Regel anzusehen.

<sup>505</sup> VAN EIJNDHOVEN gibt eine gute Übersicht über den Paradigmenwechsel in der Technikfolgenbewertung. Sie unterscheidet das *classical technology paradigm*, das *OTA paradigm* sowie de-

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

der oben genannten Definition, Konzepte zur Durchführung einer erfolgreichen Technikwirkungsanalyse entwickelt werden.

#### **3.1.2.2 Das Konzept von PASCHEN und PETERMANN**

Ein in der Literatur viel beachtetes Konzept zu einer „idealen“ Technikfolgenabschätzung (sog. „Idealkonzept“) haben PASCHEN UND PETERMANN vorgestellt.<sup>506</sup> Dabei handelt es sich um die Voraussetzungen zur Durchführung einer erfolgreichen Technikfolgenabschätzung. Die im folgenden aufgeführten Postulate umschreiben somit in ihrer Aussage ein „strategisches“ Rahmenkonzept:<sup>507</sup>

- (1) antizipatorische Orientierung („Frühwarnung“),
- (2) umfassend in Identifizierung, Abschätzung und Bewertung von Auswirkungen (Folgen),
- (3) interdisziplinäre, nicht isolierte Betrachtung,
- (4) partizipatorische Orientierung,
- (5) Entscheidungsorientierung und
- (6) Nachvollziehbarkeit.

Die Forderung nach der Frühwarnung (early warning) über mögliche Auswirkungen einer Technikanwendung repräsentiert auch hier den programmatischen Kern des Konzeptes.<sup>508</sup> So sollen Technikwirkungsanalysen - notwendiger Weise in kurzem Zeitraum - die Realisierungsbedingungen von neuen Techniken antizipieren, um die sich aus ihrer Anwendung ergebenden Chancen und Gefahren möglichst frühzeitig zu erkennen.<sup>509</sup> Als ein weiteres zentrales Element ist die im zweiten Postulat geforderte Vollständigkeit in der Betrachtung möglicher Folgen anzusehen.<sup>510</sup> Da-

---

ren europäische Varianten von dem *public und technology assessment*. Vgl.: VAN EIJNDHOVEN, J. [Technology Assessment], S. 275-282.

<sup>506</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; PETERMANN, T. [Technikforschung und Politikberatung], S. 26ff.

<sup>507</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 7f.

Ursprünglich wurden von PASCHEN und PETERMANN fünf Postulate formuliert, welche hier in Anlehnung an SKORUPINSKI und OTT zu sechs erweitert werden. SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 28.

<sup>508</sup> VGL.: CHRISTENSEN, R. [Vorhersagetechnik], S. 94-98.

<sup>509</sup> Vgl.: ZAHN, E.; BRAUN, F. [Techniktrends], S. 10.

<sup>510</sup> Diese Forderung kann jedoch als eine oftmals nicht erfüllbare Idealvorstellung angesehen werden. Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 28f.



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

bei soll der Schwerpunkt auf die nicht unmittelbar erkennbaren Folgen gelegt werden. Dies unterstellt das prospektive Wissen um (zukünftige) Chancen und Risiken einer Technik. Die Bewertung von Spätfolgen eines technologischen Eingriffs schließt die Forderung nach der Anwendung von Methoden ein, welche auch langfristig gesicherte Ergebnisse hervorbringen. Weiterhin bedingt der Anspruch nach der Vollständigkeit der Betrachtung von Folgen technischen Wandels, aufgrund der Komplexität der beeinflussten Systeme, ein koordiniertes, interdisziplinäres Vorgehen.<sup>511</sup> Dieses stellt die Voraussetzung für eine nicht isolierte Betrachtung der Zieltechnologie dar, wodurch alternative Lösungen in die Untersuchung mit einbezogen werden können. So ist es möglich, Handlungsoptionen entscheidungsorientiert zu entwickeln.<sup>512</sup> Hierbei wird jedoch der Übergang von einer technik-induzierten hin zu einer problem-induzierten Analyse vollzogen. Dies bedingt - aufgrund der Fragestellung - die Erstellung von Szenarien. Da diese, deutlich abweichend von der reinen quantitativen Prognostik (z.B. Zeitreihenanalysen),<sup>513</sup> verschiedene mögliche Zustände einer zukünftigen Realität abbilden, ist eine breite Beteiligung betroffener Gruppen notwendig.<sup>514</sup> Diese Partizipation, welche ein charakteristisches Merkmal dieses Ansatzes darstellt, ist jedoch nur für das vorhandene relevante Expertenwissen der Betroffenen zu fordern, um den Analyseprozess tatsächlich entscheidungsorientiert zu gestalten.<sup>515</sup> Das Gebot der Nachvollziehbarkeit von Ergebnissen der Technikfolgenabschätzung ist keine direkte Folge eines breit angelegten Untersuchungsdesigns. Es basiert auf der wissenschaftstheoretischen Notwendigkeit nach Transparenz, also somit auf der Veröffentlichung sowohl der Ergebnisse als auch der Bewertungsmethoden und Verfahren der Analyse.<sup>516</sup>

---

<sup>511</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 181.

<sup>512</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft]: S. 8.

<sup>513</sup> Vgl.: BULLINGER, H.-J. [Technikpotentialabschätzung], S. 108-109.

<sup>514</sup> Ein Charakteristikum von Technikfolgenabschätzungen stellt die Tatsache dar, dass die für eine Analyse notwendigen Informationen dezentral vorliegen und die Kausalzusammenhänge eine hohe Komplexität besitzen. Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft]: S. 8.

<sup>515</sup> Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 32.

<sup>516</sup> Vgl.: Nach ROPOHL ist die Technikbewertung grundsätzlich publizitätsbedürftig, um deskriptive und normative Einseitigkeiten aufzuzeigen bzw. zu verhindern. Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und

#### **3.1.3 Konzeptionelle Integration der Diffusionsforschung in das Konzept einer erweiterten Technikfolgenabschätzung**

Die potentiellen Einsatzgebiete<sup>517</sup>, die daraus resultierenden möglichen Einsatzumfänge sowie die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Technologie haben einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung möglicher Folgen ihrer Anwendung. Ausgehend von der Analyse des Standes von Forschung und Entwicklung ist es daher notwendig, Aussagen zum zeitlichen Verlauf des Innovationsprozesses zu gewinnen, wobei gleichfalls technologische Entwicklungspotentiale aufgezeigt werden können.<sup>518</sup> Das Akzeptanzproblem einer Innovation repräsentiert somit den Kern der Gemeinsamkeiten zwischen Diffusionsforschung und klassischer Technikfolgenabschätzung.

Der zentrale Unterschied zwischen beiden Konzepten manifestiert sich in divergierenden Betrachtungen der Nutzenstiftung einer Technologie. Wo bei einer klassischen Technikfolgenanalyse die – positiven und negativen – Auswirkungen Gegenstand der Bewertung sind, wird die positive Nutzenstiftung einer Technologie für potentielle Anwender bei einer Diffusionsbetrachtung als notwendige Voraussetzung für die Analyse angesehen. Der unterschiedliche Forschungsgegenstand ist auf die verschiedenen Adressaten und der damit jeweilig verfolgten Zielsetzungen beider Analysen zurückzuführen.<sup>519</sup>

- Im Gegensatz zur klassischen politikberatenden Technologiewirkungsanalyse sind die Ergebnisse der Diffusionsforschung an den Technikerzeuger gerichtet;
- Die Diffusionsforschung betrachtet konkrete Innovationen und lässt übergeordnete Fragestellungen nach technologischen Entwicklungslinien und der Früherkennung von Entwicklungstendenzen außer Betracht;
- Die Technikfolgenanalyse ist gemeinwohlorientiert, wo hingegen die Diffusionsforschung mit dem Ziel einer besseren Ausschöpfung von Markt - und

---

Technikbewertung], S.303.

<sup>517</sup> Hierunter sind sowohl generelle Einsatzmöglichkeiten als auch standort-beeinflusste Nutzungspotentiale zu verstehen.

<sup>518</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 16f.

<sup>519</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung und Diffusionsforschung], S. 50f.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Wohlfahrtspotentialen betrieben wird;

- Der Zeithorizont der Analyse ist im Falle der Diffusionsforschung kurz- bis mittelfristig, kann bei Technikfolgen-Abschätzungen hingegen auch langfristig sein.

Eine Synthese von Diffusions- bzw. Innovationsforschung und Technikfolgenabschätzung sowie gleichsam eine Weiterentwicklung im Paradigma der Technikfolgenforschung stellen die Überlegungen von ROPOHL zur „Innovativen Technikbewertung“<sup>520</sup> sowie das aus den Niederlanden stammende Konzept einer „Konstruktiven Technikfolgenabschätzung“ (*engl. Constructive Technology Assessment, CTA*)<sup>521</sup> dar. Der generelle Ausgangspunkt für diese Überlegungen sind die Defizite, mit denen die reaktive Technikfolgenabschätzung behaftet ist.<sup>522</sup>

Unterschiede ergeben sich aus der Zielrichtung der Konzepte. So versucht die CTA, die Produktentwicklung mittels der Beeinflussung der staatlichen Technologiepolitik zu steuern.<sup>523</sup> Hingegen ist es Ziel der innovationsorientierten Technikfolgenabschätzung, sowohl die *innovationsorientierte Technikfolgenabschätzung* als auch die *Technikbewertung und -gestaltung (ITA)* im Planungs- und Entscheidungsprozess von Unternehmen zu etablieren.<sup>524</sup> Liegt der Fokus der innovationsorientierten Technikfolgenabschätzung demnach auf der Technikgeneseforschung, werden im Rahmen der in Deutschland seither kaum beachteten konstruktiven Technikfolgenanalyse Strategien genutzt, um in einem gesellschaftlichen Lernprozess Technik zu gestalten. Hierbei ist vor allem das Konzept des *Strategischen Nischen-Managements (SNM)* von Bedeutung, bei welchem es sich um eine Strategie zur Markteinführung neuer Technologien handelt, wobei der Einführungs- und Verbreitungsprozess sowohl im Sinne technologischer als auch sozioökono-

---

<sup>520</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 259-283.

<sup>521</sup> Vgl.: VAN BOXSEL, J.: [Konstruktive Technikfolgenabschätzung], S. 137-154 sowie SUNDERMANN, K. [Constructive Technology Assessment], S. 119-128.

<sup>522</sup> Zur Diskussion der reaktiven Technikbewertung vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 229-233. ROPOHL führt an anderer Stelle aus, dass die Technikfolgenanalyse deshalb wenig bewirkt habe, da sie reaktiv ist und somit nicht auf die Bedingungen der Technikgenese einwirken kann. Vgl.: ROPOHL, G. [Innovative Technikbewertung], S. 83.

<sup>523</sup> Vgl.: SUNDERMANN, K. [Constructive Technology Assessment], S. 127.

<sup>524</sup> ITA stellt nach STEINMÜLLER, TACKE und TSCHIEDEL ein ausgearbeitetes und in Einzelheiten erprobtes Konzept der Technikfolgenanalyse dar, welches in allen innovationsrelevanten Kontexten zum Einsatz kommen kann. Vgl.: STEINMÜLLER, K.; TACKE, K.; TSCHIEDEL, R. [Technikfolgenabschätzung], S. 143.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

mischer Aspekte betrachtet wird. Dies hat das Ziel, durch eine intensive Auseinandersetzung mit potentiellen Nutzern eine fortwährende Weiterentwicklung der Technik und somit eine Etablierung am Markt zu erreichen.<sup>525</sup>

So wird hier aufbauend auf dem in Kapitel 2 dargestellten klassischen Innovationsmodell generell eine Konzeption der Technikbewertung entwickelt, welche durch die beiden Mechanismen *Technikfolgenanalyse* und *Techniksteuerung* interaktiv in alle Phasen des Innovationsprozesses einwirken kann. Dies hat den Vorteil, dass die Technikfolgenanalyse gestaltend, also mithin innovativ, in die Prozesse der Konstruktion, der Einführung und der Anwendung einer neuen Technik eingebunden ist, womit auch Aspekte der Adoption und Diffusion konzeptionell integriert sind.<sup>526</sup> So lässt sich ein Bewertungskonzept beschreiben, welches in allen Etappen des Lebenszyklusses einer Technologie Anwendung finden kann.<sup>527</sup> Da, wie gezeigt, technologische Entwicklungen – und dies trifft vor allem auf den Innovationsprozess zu – keine geradlinigen Prozesse darstellen, sondern vielmehr von Zufällen und Interaktionen abhängig sind, ist eine prozessuale, begleitende Technikbewertung über einen nicht vorausschaubaren Lebenszyklus einer Technologie anzustreben.

Die Anwendung der Technikfolgenabschätzung auf alle Phasen des Technologielebenszyklusses bietet eine Reihe von Vorteilen:<sup>528</sup>

- Umfassendere Betrachtung von Innovationsprozessen,
- Berücksichtigung von Technikalternativen,
- Steigerung der Wohlfahrt durch eine Beschleunigung des Innovationsprozesses, und somit der Diffusion, von erwünschten Technologien,
- Bessere und frühzeitigere Anpassung von Innovationen an das Verwendungsumfeld.

---

<sup>525</sup> Vgl.: SUNDERMANN, K. [Constructive Technology Assessment], S. 120.

<sup>526</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung und Diffusionsforschung], S. 53.

<sup>527</sup> Vgl.: VAN BOXSEL, J. [Konstruktive Technikfolgenabschätzung], S. 144ff.

Nach ROPOHL ist eine Technikbewertung bereits im Stadium der Kognition möglich, jedoch sollte die Grundlagenforschung aufgrund prognostischer Probleme ausgenommen werden. Vgl.: ROPOHL, G. [Innovative Technikbewertung], S. 85.

<sup>528</sup> Vgl.: BÜLLINGEN, F. [Methodische Ansätze der Innovationsforschung], S. 78ff, zitiert bei PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung und Diffusionsforschung], S. 55.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Dieser rekursive TA-Ansatz, bei welchem eine Einflussnahme (Rückkoppelung) der Technikanwender bzw. -nutzer auf die Technikentwicklung ermöglicht wird, führt zu einem Innovations- und Technologiemanagement.<sup>529</sup> Dazu muss sich die Technikfolgenanalyse verstärkt der Identifikation von Diffusions- und Nutzungshemmnissen hinwenden. Voraussetzung hierfür ist jedoch nach PETERMANN eine verstärkte Berücksichtigung von Detailwissen über die Nutzerbedürfnisse.<sup>530</sup>

Aus der Sicht von Wirtschaftsunternehmen, somit der Technikentwickler bzw. -produzenten, ergeben sich aus einem solchen Vorgehen große Vorteile. Protagonisten einer stark an der Politikberatung orientierten Technikfolgenanalyse kritisieren jedoch, dass die Fokussierung auf technische Lösungsvarianten sowie deren Durchsetzung mit einem Verlust der unabhängigen Bewertung einhergehe, was zu einer Gefährdung der Technikfolgenanalyse als neutrales Politikinformations- und -beratungsinstrument führen würde.<sup>531</sup>

Beide betrachteten TA-Konzepte können, ungeachtet der vorgebrachten Einwände, in der praktischen Anwendung nicht getrennt voneinander umgesetzt werden. Vielmehr ist, wie gezeigt, eine gegenseitige Ergänzung möglich und notwendig.<sup>532</sup> Diesen Gedanken sowie die Heranführung der Technikfolgenabschätzung an den Innovationsprozess setzen BERLOZNIK UND LANGENHOVE in der von ihnen beschriebenen *integrated TA* konsequent um. Dieses Konzept stellt eine Weiterentwicklung aus klassischer *early-warning TA* und der *constructive TA* dar, wobei eine Technikbewertung bereits zu Beginn der Technikentwicklung von den Entwicklern selbst durchgeführt werden soll.<sup>533</sup>

Aufbauend auf den vorgebrachten Überlegungen lässt sich das in Abbildung 13 dargestellte Verfahrensschema zur Technikwirkungsanalyse entwickeln. Dabei stellt sich die Technikwirkungsanalyse als einen Prozess dar, dessen Ergebnisse

---

<sup>529</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 265.

<sup>530</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung und Diffusionsforschung], S. 58.

<sup>531</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 276 sowie PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung und Diffusionsforschung], S. 55.

<sup>532</sup> VAN BOXSEL weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass sich die konstruktive Technikfolgenabschätzung zu einer Ergänzung der klassischen Technikfolgenabschätzung entwickelt, während diese stets unentbehrlich bleiben wird. Vgl.: VAN BOXSEL, J. [Konstruktive Technikfolgenabschätzung], S. 148.

<sup>533</sup> Vgl.: BERLOZNIK, R.; VAN LANGENHOVE, L. [Integration], S. 25.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

idealerweise einer ständigen Prüfung und Fortschreibung bedürfen.<sup>534</sup> Die Vorgehensweise nach den hier zu isolierenden drei Teilprozessen *Auswahl und Abgrenzung*, *Potentialbestimmung* sowie *Abschätzung der Auswirkungen und Folgen* entspricht den in der Literatur dargestellten Phasenmodellen.<sup>535</sup> Sie ist an den Erkenntnissen des Innovations- und Technologiemanagements orientiert<sup>536</sup> und entspricht auch den vom Verein Deutscher Ingenieure formulierten formellen Anforderungen an die Technikbewertung gemäß der VDI Richtlinie 3780.<sup>537</sup>

Aufgrund der in dieser Arbeit betrachteten Fragestellungen stehen Aspekte der Potentialabschätzung, hier vor allem die Diffusion, sowie der Folgenbewertung im Vordergrund des Interesses. Gerade die Einbindung der Diffusion in das in dargestellte Ablaufschema stellt eine Erweiterung und Weiterentwicklung des idealtypischen TA-Konzeptes dar. Ihr wird daher im folgenden stärkere Beachtung geschenkt.

---

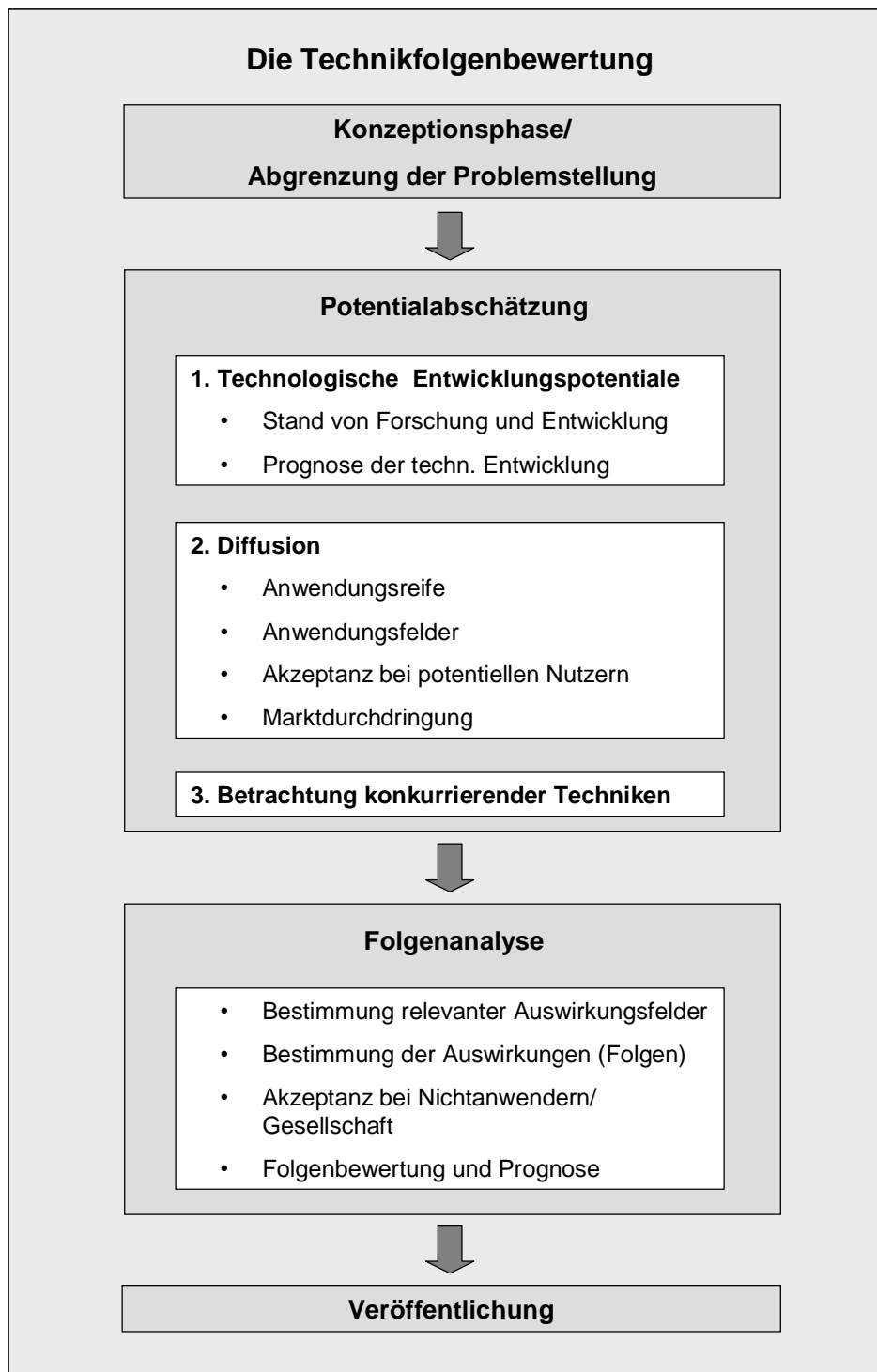
<sup>534</sup> Vgl.: KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 6 sowie VAN EIJDHOVEN, J. [Technology Assessment], S. 269-286.

<sup>535</sup> Vgl.: WEBER, J. u.a. [Technology Assessment], S. 22 sowie PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 55f.  
Ein in der Literatur viel zitiertes Ablaufschema stellt das so genannte MITRE-Schema der MITRE Corporation dar. Eine gute Aufarbeitung findet sich bei PASCHEN, GRESSER und CONRAD sowie in modifizierter Form bei ROPOHL. Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 55f sowie ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 183ff.

<sup>536</sup> Vgl.: HÜBNER, H. [Innovations- und Technologiemanagement], S. 1546-1550.

<sup>537</sup> Vgl.: VDI [Richtlinie 3780], S. 2.

Abbildung 13: Ablaufschema für die Durchführung von Technikfolgebewertungen



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft], S. 12-18, KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 8, PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 55f, WEBER, J. et al. [Technology Assessment], S. 21f sowie ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 183-185.

#### 3.1.4 Einbeziehung angrenzender Prognoseverfahren

Der für die Vergangenheit zu konstatierende, ständig steigende Prognosebedarf und somit das ständig steigende Informationsbedürfnis von Politik und Wirtschaft nach entscheidungsrelevantem Wissen<sup>538</sup> führte zur Entwicklung einer Vielzahl wissenschaftlicher Methoden und Verfahren verschiedener Disziplinen, welche nur schwer voneinander abzugrenzen sind.<sup>539</sup> Der Fokus der hier vorgenommenen Betrachtungen liegt auf der Diskussion des Konzeptes der Technikfolgenabschätzung im Hinblick auf die Prognoseverfahren des *Technological* sowie des *Social Forecasting*.

##### 3.1.4.1 Technological Forecasting

Das Konzept des Technological Forecasting<sup>540</sup> hat zur Aufgabe, den zukünftigen wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu prognostizieren. Mit Hilfe dieses Konzeptes soll die Verfügbarkeit und Verwendung einer Innovation zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft abgebildet werden. Somit lässt sich dieser Begriff zum Science-Technology Forecasting erweitern.<sup>541</sup> Im Zuge der Betrachtung neuer spezifischer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Innovationen, wie auch deren Adoption, Diffusion und Nutzungsmuster geht dem Technological Forecasting somit ein Innovation-Forecasting voraus.<sup>542</sup> Dieses ist jedoch mit dem grundlegenden Prognoseproblem behaftet, dass wissenschaftlich-technische Innovationen oft abseits der betrachteten Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, in dem hier betrachteten Modell also konzeptionslos, entstehen und sich somit einer Vorhersage entziehen.<sup>543</sup> In der Anwendung des Konzeptes des Innovation Forecasting werden Informationen

---

<sup>538</sup> COATES, J. [Boom time], S. 37-40.

<sup>539</sup> VGL.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 21.

<sup>540</sup> Das Konzept des Technological Forecasting stammt aus militärischen Anwendungserfordernissen. In der wissenschaftlichen Beachtung dieses Ansatzes lassen sich Wellenbewegungen sowohl in Bezug auf Veröffentlichungen zu Anwendungsfragen als auch zu methodischen Problemstellungen feststellen. Technological Forecasting wird zurzeit in vielfacher Form betrieben, wobei hier die Beratungspraxis sowie die Marktforschung herauszustellen ist. Vgl.: PORTER, A. [Forecasting], S. 19-28.

<sup>541</sup> Vgl.: RESCHER, N. [Technological Forecasting], S. 102.

<sup>542</sup> Vgl.: WATTS, R.; PORTER, A. [Innovation Forecasting], S. 1.

<sup>543</sup> Bei CHRISTENSEN findet sich eine anschauliche Einführung in die Probleme der Vorhersage. Vgl.: CHRISTENSEN, R. [Vorhersagetechnik], S. 95-98.



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

- zum Stand des technologischen Lebenszyklus,
- zur erwarteten Produktwertschöpfung und zu Marktperspektiven sowie
- zum Umfeld der Innovation

generiert.<sup>544</sup>

Informationen zum Lebenszyklus einer Technologie geben Aufschluss über die Dauer von Forschung und Entwicklung, den Adoptions- und Diffusionsprozess und somit die Wachstumsraten der betrachteten Technologie als auch über die Interdependenzen zu anderen Technologien. Eine Darstellung der anwendbaren Indikatoren des Lebenszyklus einer Technologie zeigt Übersicht 6.

#### Übersicht 6: Indikatoren des Lebenszyklus einer Technologie

Variable	Indikator
Forschung und Entwicklung	
- Grundlagenforschung	Wissenschaftliche Veröffentlichungen
- Angewandte Forschung	Ingenieurwissenschaftliche Veröffentlichungen
- Entwicklung	Patentanmeldung
- Anwendung	Wahrnehmung in Fachmedien
- Gesellschaftliche Wahrnehmung	Allg. Medienwahrnehmung
Wachstumsrate	Trend der wahrgenommenen Veröffentlichungen
Reifen	Entwicklung der relevanten technologiebezogenen Themen
Auslaufen	Wahrnehmung von Ersatz- und Spin-off - Technologien

Quelle: Eigene Darstellung und Ergänzung nach WATTS, R. J.; PORTER, A. L. [Innovation Forecasting], S. 29.

Mit Hilfe der in Übersicht 7 dargestellten Indikatoren zu Produktwertschöpfung und Marktperspektiven kann das Marktpotential einer neuen Technologie evaluiert wer-

<sup>544</sup> Vgl.: RESCHER, N. [Technological Forecasting], S. 101.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

den.<sup>545</sup> Die Unterschiedlichkeit der betrachteten Technologie in wichtigen Parametern zu Alternativtechnologien zeigt deren direkte Anwendungsfolgen auf Verfahrensniveau auf und kann als weiteres Ergebnis mögliche Anwendungsfelder darlegen. Die Wissensverfügbarkeit - sowohl im technologieproduzierenden Unternehmen als bei den potentiellen Anwendern - stellt einen zentralen Aspekt im Prozess der Technologieimplementierung dar. Ohne ein fachspezifisches Wissen können die ökonomischen Vorteile - im Vergleich zu technologischen Alternativen - in der Anwendung letztendlich nicht oder nur unvollständig zum Tragen kommen. Eine erfolgreiche Marktdurchdringung ist somit erschwert.<sup>546</sup>

#### Übersicht 7: Indikatoren zu Produktwertschöpfung und Marktperspektiven

Variable	Indikator
Abstandsanalyse	Unterschiedlichkeit in wichtigen Parametern zu Alternativtechnologien
Anwendung	Identifizierung möglicher Anwendungsgebiete
Wissens-Verfügbarkeit	Identifizierung von Personengruppen in Produktion und Anwendung aufgrund von Fachwissen
Ökonomische Vorteilhaftigkeit	Sektorale Ausbreitung Regionale Ausbreitung

Quelle: Eigene Darstellung und Ergänzung nach WATTS, R.; PORTER, A. [Innovation Forecasting], S. 30.

Innovationen sind in einen technologischen Kontext integriert. So führt die Analyse des Umfelds einer Technologie zur Identifizierung neuer, alternativer Technologien, technischer Komponenten sowie technologischer Komplementärlösungen. Deren breite zukünftige Nutzung wird allerdings durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Ein ausgeprägter Technologieschutz, also die verstärkte Unzugänglichkeit der neuen Technologie, weist auf hohe Forschungs- und Entwicklungskosten und somit auf einen hohen Innovationsgrad hin, kann aber zu einer nutzungsli-

<sup>545</sup> Nach ZWECK ist das frühzeitige Erkennen technischer Innovationen ein zunehmend entscheidendes strategisches Moment im internationalen Wettbewerb. Vgl.: ZWECK, A. [Technologiefrüherkennung], S. 159.

<sup>546</sup> WATTS, R.; PORTER, A. [Innovation Forecasting], S. 32.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

tierenden Wirkung führen. Eine ambivalente Wirkung haben staatliche Eingriffe in das Nutzungsumfeld neuer Technologien. Spezielle Fördermaßnahmen haben eine die Implementierung stimulierende Wirkung. Auch können marktregulierende Eingriffe den Wettbewerb verbessern und somit die Ausbreitung einer Innovation, vorrangig im Falle eines ausgeprägten Technologieschutzes, fördern.<sup>547</sup> Zum anderen kann auf der Basis neu eingeführter, technikbezogener Rechtsnormen eine staatliche Nutzungslimitierung das Technikumfeld - aufgrund einer starken Risikobetonung - negativ beeinflussen.

Die Beziehungen zwischen Technological Forecasting und Technikfolgenabschätzung stellen sich, unter dem Eindruck des gesagten, eng und vielfältig dar und können in den folgenden Punkten zusammengefasst werden.<sup>548</sup>

- Im Falle einer technik-induzierten Technikfolgenanalyse müssen, um eine möglichst umfassende Bewertung vornehmen zu können, mögliche zukünftige Entwicklungen von alternativen Technologien, technischen Komponenten sowie von Komplementärlösungen berücksichtigt werden.
- Mögliche zukünftige Lösungsalternativen zur Bewältigung definierter Probleme im Rahmen von problem-induzierten Studien sind bereits bekannten technischen Lösungen gegenüberzustellen.
- Im Falle projektiver Abschätzungsverfahren ist das Wissen um die möglichen Entwicklungspfade einer betrachteten Technologie notwendiger Bestandteil der Analyse. Gleiches gilt für die in der Frühphase einer Technologieanwendung durchgeführte reaktive Technologiebetrachtung.
- Eine weitere unabdingbare Informationsgrundlage für Technikfolgenabschätzungen stellen Aussagen über Marktpotential und Ausbreitungsgeschwindigkeit einer neuen Technologie dar. Aufgrund des Wissens um die zukünftige Relevanz der betrachteten Technologie können die Ergebnisse der Bewertung eingeordnet und interpretiert werden.

---

<sup>547</sup> Die von Seiten der Nationalökonomie vertretenen Auffassungen zur Technologiepolitik gehen weit auseinander. So wird zum einen eine Förderung von Technologien mit den größten Spillovers gefordert. Zum anderen kann dies aber zu einer Technologiepolitik führen, welche jene Wirtschaftsbereiche mit der höchsten politischen Durchsetzungsfähigkeit fördert. Vgl.: MANKIW, N. G. [Volkswirtschaftslehre], S. 227.

<sup>548</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 21f.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Die vorangestellten Überlegungen zeigen, dass Technologievorhersagen zumindest als Voraussetzung zur Durchführung von Technikfolgenabschätzungen anzusehen sind. Bei der Einbeziehung wahrscheinlicher ökonomischer, politischer und sozialer Auswirkungen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen in das Konzept des Technological Forecasting ergibt sich nach PASCHEN, GRESSER UND CONRAD eine fast vollständige Überdeckung von Technikfolgenabschätzung und Technological Forecasting.<sup>549</sup>

#### **3.1.4.2 Social Forecasting**

Mit Hilfe des Konzeptes des Social Forecasting sollen gesamtgesellschaftliche Entwicklungen, so auch insbesondere der technische Fortschritt, einer Prognose unterzogen werden.<sup>550</sup> Dabei kann im Falle partieller Betrachtungen der Fokus auf gesellschaftliche Teilgruppen, so beispielsweise Landwirte, eingeeengt werden. Grundlage für die Analyse stellen ökonomische, aber auch soziologische, politologische und psychologische Theorien dar.<sup>551</sup>

In der Literatur wird auf einen engen Zusammenhang zwischen der Vorhersage des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und des Social Forecasting hingewiesen.<sup>552</sup> Neue Technologien auf wissenschaftlich-technischem Gebiet bedingen Veränderungen des ökonomischen und damit einhergehend des politischen Umfelds. Sie induzieren als Neben- oder Folgewirkung gesellschaftliche Veränderungen.<sup>553</sup> Für die gesellschaftliche Entwicklung können in Bezug auf den wissenschaftlich-technischen Fortschritt sowohl steuernde als auch induzierende Wirkungen festgestellt werden. Die für das Technological Forecasting nachgewiesene enge Verknüpfung mit der Technikfolgenabschätzung muss auch für das Social Forecasting konstatiert werden. ZWECK begründet dies beispielhaft damit, dass ethische Konsequenzen technischen Handelns oft nicht zeitnah als direkte Folgen sichtbar werden, sondern erst später, jedoch intensiv und nachhaltig auftreten.<sup>554</sup>

---

<sup>549</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 21f.

<sup>550</sup> Auf die soziologischen Aspekte technischen Wandels wird in der Literatur vielfach hingewiesen. Vgl.: JOKISCH, R. [Techniksoziologie], S. VII.

<sup>551</sup> Vgl.: WEINGART, P. [soziologische Analyse], S. 114.

<sup>552</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 22

<sup>553</sup> Vgl.: STEGER, U. [Innovation], S. 34-42.

<sup>554</sup> Vgl.: ZWECK, A. [Vermittlungsinstrument], S. 157f.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Jedoch stellt die Prognose des sozialen Wandels eine, im Vergleich der Vorhersage des wissenschaftlich-technischen Wandels, ungleich schwierigere Aufgabe dar.<sup>555</sup>

Die Bewertung zukünftiger Folgewirkungen von Technologieentscheidungen setzt die Kenntnis um die zukünftige Relevanz von Folgewirkungen von Technologien voraus.<sup>556</sup> Hierzu müssen aber die Wertmaßstäbe zukünftiger Generationen in die Modellbetrachtung mit einfließen. Geschieht dies nicht, werden zukünftige Entwicklungen unter *gegenwärtigen* Wertmaßstäben evaluiert, was möglicherweise zu einer Über- oder Unterbewertung negativer, aber auch positiver Technikfolgen führen kann. In beiden Fällen würden aus Sicht zukünftiger Generationen - bei kürzeren Betrachtungsperioden kann dies auch für zukünftige Anwender bzw. Nichtanwender einer Technik gelten - falsche Technologieentscheidungen getroffen.<sup>557</sup> Somit besteht ein zum Teil nicht unerhebliches Risiko bei der Wahl der für die Zukunft relevanten Technik.<sup>558</sup> Um das Risiko einer technischen oder technologischen Fehlentscheidung zu minimieren, müssen die Beziehungen im komplexen Zielsystem des technischen Handelns präzisiert sein. Die Auswahl (Gewichtung) der Ziele ist auf individuelle bzw. gesellschaftliche Präferenzen zurückzuführen.<sup>559</sup> Ein Präferenzwandel unter den Zielen ruft somit nicht nur gesellschaftliche Unwägbarkeiten hervor, sondern stellt auch ein einzelbetriebliches Investitionsrisiko dar.<sup>560</sup>

Vor allem bei der Bearbeitung umfassender Ansätze projektbezogener Technikfolgenabschätzungen ist das Social Forecasting als Bestandteil der Analyse anzusehen. Voraussetzung, um die gesellschaftlichen Auswirkungen von Technologiean-

---

<sup>555</sup> Zur Zielidentifikation einzelner Akteure vgl.: STEFFEN, G.; BORN, D. [Betriebs- und Unternehmensführung], S. 226.

<sup>556</sup> Ohne die Bewertung sozialer Veränderungen würde sich die Technikfolgenbewertung an der Vielfalt existierender Wertvorstellungen orientieren. Vgl.: ZWECK, A. [Vermittlungsinstrument], S. 166.

<sup>557</sup> Angesichts dieses Problems wurde das Konzept der „Nachhaltigen Entwicklung“ entworfen. Vgl.: The World Commission on Environment and Development [Our common future] sowie HASLINGER, F. [nachhaltige Entwicklung], S. 3-16.

<sup>558</sup> Vgl.: Krücken, G.; Weyer, J. [Risikoforschung], S. 230 sowie NEHNEVAJSA, J.; MENKES, J. [Risk Analysis], S. 245-255.

<sup>559</sup> Vgl.: ROPOHL, G.; LENK, H.; RAPP, F. [Wertgrundlagen], S. 54.

<sup>560</sup> So kann zum Beispiel der Wandel der Präferenz hin zu einer höheren Bewertung von Freizeit während der Abschreibungsperiode für eine nicht arbeitssparende Alternativtechnik zu einer investiven Fehlentscheidung des Landwirts führen.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

wendungen prognostizieren zu können, ist jedoch das Vorhandensein geeigneter Sozialindikatoren.<sup>561</sup>

## **3.2 Methoden der Analyse und Bewertung**

### **3.2.1 Allgemeine Darstellung der Methoden in Technikfolgenabschätzungen**

In den seither, national wie international, durchgeführten TA-Studien finden eine Vielzahl methodischer Ansätze, analytischer Methoden und Bewertungsverfahren Anwendung.<sup>562</sup> Ausgangspunkt für eine Betrachtung der Methodennutzung ist eine Inventarisierung des für Technikfolgenanalysen genutzten Methodenbestandes.<sup>563</sup> Die in oben dargestellten Methoden der Technikfolgenabschätzung stammen aus den Disziplinen der Natur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie den Technik- und Ingenieurwissenschaften. Auch werden Vorgehensweisen und Praktiken von Planungs- und Projektarbeiten in Wirtschaft und Verwaltung zur Bearbeitung der jeweils aufgeworfenen Fragestellungen genutzt.<sup>564</sup>

Ein methodisches Standardinstrumentarium kann für den Bereich der Technikfolgenanalyse somit nicht beschrieben werden.<sup>565</sup> Meist finden Listen mit Beschreibungen und Charakterisierungen Eingang in die einschlägige Literatur.<sup>566</sup> Auch sind einzelne Methoden in alleiniger Anwendung nicht geeignet, den vielfältigen Dimensionen komplexer Technikfolgen und somit dem Problem der Zukunftsprognose Rechnung zu tragen. So kommen, abhängig vom jeweiligen Untersuchungsgegenstand und der beabsichtigten, analytischen Vollständigkeit, Kombinationen von aufeinander abgestimmten methodischen Vorgehensweisen zum Einsatz.<sup>567</sup> Zunehmend finden induktive sowie deduktive Trendanalysen, nicht-lineare und systemanalytische Vorgehensweisen, Verfahren der Wahrscheinlichkeitstheorie

---

<sup>561</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 23.

<sup>562</sup> Dies ist darauf zurückzuführen, dass Technikfolgenbewertungen oftmals komplexe, interdisziplinäre Analysen darstellen. Vgl.: LEE, A.; BEREANO, P. [Methodology], S. 17.

<sup>563</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 190 sowie o.V. [Methode].

<sup>564</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 11.

<sup>565</sup> Für PASCHEN, GRESSER UND CONRAD gilt es als unwahrscheinlich, dass sich methodisches Standardinstrumentarium herausbilden kann. Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S.1978, S. 69. Ein methodologisches Rahmenkonzept hingegen ist für LEE und BEREANO möglich und notwendig. Vgl.: LEE, A.; BEREANO, P. [Methodology], S. 17.

<sup>566</sup> Vgl.: STEINMÜLLER, K. [METHODEN], S. 655.

<sup>567</sup> Dies kommt besonders in den interdisziplinär angelegten TA-Projekten mit einem umfassenden

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

bzw. Risikoforschung sowie spieltheoretische Ansätze Verwendung.<sup>568</sup> Die Vielzahl der in Projekten zur Technikfolgenabschätzung zur Anwendung gelangender Methoden sind vor allem aus den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften für die politische und unternehmerische Planung bekannt und nicht für Fragestellungen der Technikfolgenabschätzung entwickelt worden.<sup>569</sup>

Die Technikfolgenabschätzung ist generell auf methodische Werkzeuge angewiesen, die den Umgang mit unsicherem Wissen (Ungewissheit bzw. Unsicherheit) erleichtern. Dabei sind nach RENN drei methodische Aspekte von Bedeutung:<sup>570</sup>

- Ausdruck von Ungewissheit als Unsicherheit

Die zu Potentialabschätzungen herangezogenen Wahrscheinlichkeiten zukünftiger Entwicklungen können mit Hilfe von statistischen Erwartungswerten oder erfahrungsbedingten Schätzwerten (Bayes Statistik)<sup>571</sup> bestimmt werden.

- Verbindung von deduktiven und induktiven Vorgehensweisen

Vor allem bei der Betrachtung von Diffusionsverläufen ist die parallele Nutzung von deduktiven (top-down-Ansätze) und induktiven (bottom-up-Ansätze) Vorgehensweisen unumgänglich, um Diffusionsraten, die auf hochaggregiertem Betrachtungsniveau klare Regelmäßigkeiten (etwa logistische Funktionsverläufe) aufweisen, auch bei einer Verschiebung des Präferenzverhaltens der Akteure abbilden zu können.

- Systemtheoretische Prognostik

Um die Schwäche von Prognoseverfahren, welche in der Annahme von stationären Gleichgewichtsmodellen besteht, zu beheben, tritt die Beobachtung selbsterklärender Prozesse, die Analyse von dynamischen, interaktiv wirkenden Effekten sowie die Bestimmung und Identifizierung von systemeigenen Kreisläufen und Selbstbestimmungspotentialen in den Vordergrund der

---

Analysecharakter zum Ausdruck.

<sup>568</sup> Vgl.: RENN, O. [Methodische Vorgehensweisen], S. 609.

<sup>569</sup> Vgl.: PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 69.

<sup>570</sup> Vgl.: RENN, O. [Methodische Vorgehensweisen], S. 610-613.

<sup>571</sup> BAYESISCHE Schätzungen stellen auf dem BAYES Theorem begründete, numerische Parameterschätzungen dar. Vgl.: KENNEDY, P. [Econometrics], S. 205-209.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

genutzten Methoden.

#### Übersicht 8: Übersicht über ausgewählte Methoden der Technologiefolgenabschätzung

Subjektive Bewertungsmethoden	Explorative Methoden	Normative Methoden
a) Befragung von Meinungsführern	a) Szenario-Techniken	a) Simulationsmodelle
b) Formalisierte Befragungsdesigns/ Marktforschungsgestützte Bewertungen	b) Delphi-Analysen	b) Netzwerktechnologien
c) Bewertung von Wahrscheinlichkeiten durch Einzelpersonen	c) Cross-Impact Matrizen	c) Relevanzbaum-Verfahren
d) Einstellungstests	d) Kurvenanpassungen	d) Dynamische Systeme
e) Kosten-Nutzen-Analyse	e) Trend basierte Verfahren	e) Phänomenologische Modelle
f) Nutzwertanalyse (Scoring)	f) Analogie basierte Verfahren	f) Programmierungsmodelle
	g) Morphologische Verfahren	
	h) Multivariate Verfahren	
	i) Katastrophentheorie	
	j) Spieltheorie	
	k) Wachstumsmodelle	
	l) Input-Output Modelle	
	m) Substitutionsanalyse	
	n) Monitoring	
	o) Analyse hierarchischer Prozesse	
	p) Brainstorming (Synektik)	
	q) Normal Group Technique	

Quelle: MISHRA, S.; DESHMUKH, S.; VRAT, P. [Technological Forecasting], S. 4 sowie eigene Ergänzungen.

Die hier unter dem Begriff „Methode“ aufgeführten Methoden, Verfahren und Techniken sind diesem Begriff nach deutscher Diktion nicht alle zuzuordnen. Die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auch sind andere Systematisierungen in der Literatur beschrieben. Vgl.: STEINMÜLLER, K. [Methoden], S. 659f.



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Die wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Methoden und Verfahren der Technikfolgenabschätzung lassen sich im Wesentlichen drei verschiedenen Modellklassen zuordnen,<sup>572</sup> wobei eine eindeutige Zuordnung der Methoden nicht immer möglich ist (Übersicht 8).<sup>573</sup> So umfassen die *subjektiven Bewertungsmethoden* u. a. die Befragung von Meinungsführern, formalisierte Befragungsdesigns und marktforschungsgestützte Bewertungen, die Kosten-Nutzen- sowie die Nutzwertanalyse (Scoring). Als Beispiele für *explorative Methoden* sind u. a. Trend und Analogie basierte Verfahren, multivariate Verfahren, Szenario-Techniken, spieltheoretische Modelle und die Input-Output-Analyse zu nennen. Zu den *normativen Methoden* zählen u. a. Simulationsmodelle, dynamische Systeme und Programmierungsmodelle.

Im Hinblick auf die hier vorliegende Fragestellung werden im Weiteren speziell die ökonomisch orientierten Methoden und Modelle der Technikfolgenabschätzung bezüglich ihrer Vor- und Nachteile zur Analyse von Technikwirkungen diskutiert. Dabei ist jedoch, im Vergleich zu den wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Methoden und Verfahren, nach einer anderen Klassifizierung vorzugehen.

#### **3.2.2 Betrachtung ausgewählter ökonomisch orientierter Methoden in Technikfolgenabschätzungen**

##### **3.2.2.1 Ökonometrische Modelle**

Diese Modellklasse umfasst sowohl die mathematische Statistik als auch die empirische Analyse ökonomischer Phänomene. Zur Analyse finden Modelle aus der ökonomischen Theorie, wirtschafts- und sozialstatistische Daten sowie statistische Methoden Verwendung.<sup>574</sup> Den Schwerpunkt bilden hier die empirischen Analysen. Die zur Anwendung gelangenden Modelle<sup>575</sup> werden bei diesen Ansätzen zum ei-

---

<sup>572</sup> Vgl.: MISHRA, S.; DESHMUKH, S.; VRAT, P. [Technological Forecasting], S. 4.

<sup>573</sup> Für STEINMÜLLER „(...) fällt das Fazit der Systematisierungsversuche eher ernüchternd aus“, sodass eine „konsistente Klassifikation noch (...) unbedingt notwendig (...)“ ist. Vgl.: STEINMÜLLER, K. [Methoden], S. 662.

Auch sind andere Einteilungen begründbar. Vgl. exemplarisch: VDI [Richtlinie 3780], HUISINGA, R. [Technikfolge-Bewertung] sowie LUDWIG, B. [Methoden], zitiert bei STEINMÜLLER, K. [Methoden], S. 660.

<sup>574</sup> Vgl.: KENNEDY, P. [Econometrics], S. 1-2.

<sup>575</sup> Zur Übersicht ökonometrischer Prognosemodelle vergleiche: MARKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. [Forecasting].

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

nen zur Überprüfung von Hypothesen der ökonomischen Theorie und zum anderen zur Vorbereitung wirtschafts- und sozialpolitischer Entscheidungen genutzt. Ziel ist es somit, die theoretischen Überlegungen anhand von Beobachtungsdaten empirisch zu überprüfen. Durch die stark angestiegenen Datenverarbeitungskapazitäten ist es in der Anwendung ökonometrischer Modelle nun möglich, eine breite empirische Datenbasis zu nutzen. Aufgrund der angestrebten logischen Analyse der formulierten ökonomischen Hypothesen besitzen ökonometrische Modelle in aller Regel einen deterministischen Charakter und unterstellen daher einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung.<sup>576</sup> Bei der Modellbildung stellen die numerische Benennung der betrachteten Parameter und die Konkretisierung dieser ins Modell aufgenommenen Zufallsvariablen notwendige Voraussetzungen der Modellbildung dar. Dabei wird unterstellt, dass unterschiedliche Strukturen auch unterschiedliche Verteilungen der Modellvariablen implizieren. Gerade hierin liegt das methodische Problem empirischer Vorgehensweisen.<sup>577</sup>

Die Unterschiede in der jeweils verwendeten Datenbasis begründen dabei die Wahl der jeweiligen ökonometrischen Modelle. So können für die Modellvariablen sowohl Zeitreihen- als auch Querschnittsdaten genutzt werden. Charakteristische Unterschiede zwischen den Modellen zeigen sich in der Zahl der verwendeten Gleichungen, in der im Modell unterstellten Linearität der Schätzung sowie in der zeitlichen Dimension - der Dynamisierung im Falle von Zeitreihenanalysen - des Ansatzes. Auch lassen sich Ansätze zur Analyse gesamtwirtschaftlicher Entwicklungen oder von Märkten (Makromodelle) unter der Verwendung von Querschnittsdaten (Mikromodelle) voneinander unterscheiden.<sup>578</sup>

Die Eignung ökonometrischer Modelle zur Bewertung ökonomischer Hypothesen ist nicht unumstritten.<sup>579</sup> Bezüglich der Verwendung ökonometrischer Modelle als Entscheidungsmodelle kann eingewandt werden, dass es nicht möglich ist, die Auswirkungen des Einsatzes wirtschaftspolitischer Instrumentvariablen zu analy-

---

<sup>576</sup> Vgl.: LESERER, M. [Methodik], S. 142.

<sup>577</sup> Als Übersichtswerk zur Ökonometrie vgl.: SCHIPS, B. [Ökonometrie].

<sup>578</sup> Entgegen der klassischen Aufteilung der Wirtschaftstheorie in die Mikro- und Makroökonomik wird in Mikro-Makro-Modellen der Versuch unternommen, die verschiedenen Ebenen in einem Ansatz darzustellen. Vgl. VOßKAMP, R. [Innovationen], S. 211-215.

<sup>579</sup> Zur Frage der Prognoseleistung ökonometrischer Modelle gibt KENNEDY einen guten Überblick. Vgl.: KENNEDY, P. [Econometrics], S. 288-297.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

sieren, wenn die betroffenen Wirtschaftssubjekte nicht die entsprechenden Erfahrungen gemacht haben. Den wirtschaftlichen Akteuren wird ein auf die neue Situation angepasstes Verhalten, somit also Lernfähigkeit, unterstellt.<sup>580</sup> Das aufgrund der Beobachtungsdaten spezifizierte und geschätzte Modell kann damit diese veränderte Konstellation nicht erfassen (Lucas-Kritik).<sup>581</sup> Eine verzerrte Schätzung der Parameter ist so u. a. bei Zeitreihenanalysen zu beobachten, wenn beispielsweise nur Einkommens- und Preiseinflüsse berücksichtigt werden. Diese Kritik trifft aber nur dann zu, wenn die angenommenen Werte für die Instrumentvariablen außerhalb des Wertebereichs der bisherigen Beobachtungen liegen und das Modell nicht ausreichend spezifiziert ist.<sup>582</sup>

Sind die Entscheidungskalküle der Wirtschaftssubjekte ausreichend bestimmt, kann mit ökonometrischen Modellen die zukünftige Struktur der betrachteten Variablen auf der Basis vergangenheitsbezogener Daten ausreichend prognostiziert werden.<sup>583</sup> So gründen Modellansätze, basierend auf Markoffschen Prozessen, auf der Annahme, dass sich die Zustände einer Variablen nicht nach deterministischen Gesetzmäßigkeiten von einer Periode auf die nächste verändern, sondern einer Wahrscheinlichkeitsverteilung unterliegen.<sup>584</sup> Hierbei handelt es sich somit um einen stochastischen Prozess, bei dem die Wahrscheinlichkeit des Übergangs von einem Zeitpunkt  $t$  in den nächstfolgenden Zustand  $t_{+1}$  vom Zustand in  $t_{-1}$  unabhängig ist.<sup>585</sup> Mittels dieses Modellansatzes lässt sich, wie etwa BEUSMANN<sup>586</sup> gezeigt hat, unter der Kenntnis variabler Übergangswahrscheinlichkeiten ein Erklärungsmodell für den landwirtschaftlichen Betriebsgrößenstrukturwandel erstellen. Aufgrund der Kritik, dass mittels des Markoff-Prozesses zukünftige Strukturen nur aus

---

<sup>580</sup> Vgl.: FISCHER, A. J.; ARNOLD, A. J.; GIBBS, M. [Information], S. 1073 und PHILLIPS, C. B.; PLOBERGER, W. [Bayesian Inference], S. 381-411.

<sup>581</sup> Vgl.: KENNEDY, P. [Econometrics], S. 293.

<sup>582</sup> Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 222-223.

<sup>583</sup> Solche determinierten Prozesse erfordern die Analyse komplexer Daten. Vgl.: MÜLLER, G. [Betriebsstruktur], S. 223ff.

<sup>584</sup> Diese Übergangswahrscheinlichkeiten sind bei naturwissenschaftlichen Fragestellungen, hier in erster Linie in der Biologie, bekannt bzw. aus den empirischen Daten direkt ableitbar, was für verschiedene Autoren die Analogiebildung zur Biologie begründete. Hierbei sind auch Lernprozesse, die zu Veränderungen der Übergangswahrscheinlichkeiten führen können, mit zu berücksichtigen.

<sup>585</sup> Dies gilt für Markoff-Ketten 1. Ordnung. Bei Markoff-Ketten höherer Ordnung ( $1 \rightarrow n$ ) ist die Verteilung von  $t_{-1}, \dots, t_n$  abhängig.

<sup>586</sup> Vgl.: BEUSMANN, V. [Betriebsgrößenstrukturwandel].

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

dem gegenwärtigen Status heraus prognostiziert werden können, entwickelte THORBURN eine Übergangs-Matrix zur Prognose der schwedischen Agrarstruktur. Die in diesem Modellansatz getroffenen Annahmen zur zeitlichen Homogenität (Produkt- und Faktorpreisverhältnis), zur Unabhängigkeit sowie zur Klassenaufteilung der Betriebe, dienen der Verbesserung der Prognosegüte für einen Projektionszeitraum von drei Jahren. Für eine Langfristprognose über einen Zeitraum von über zehn Jahren ist auch dieses Modell nach dessen Autor nicht geeignet, da in diesem Fall exogene Variable deutlich dominierend sind.<sup>587</sup> Als weiterer Autor kann ZEPEDA angeführt werden, der den Wandel der Betriebsgrößenstruktur für milchviehhaltende Betriebe in Wisconsin unter dem Einfluss technischen Wandels modellhaft darstellte. Voraussetzung für seine Abschätzung ist es jedoch, dass die Veränderungsdaten aufgrund der Wirkung technischer Fortschritte mit Hilfe historischer Daten geschätzt werden können, somit also bekannt sind.<sup>588</sup> Über die Wirkungsweise zukünftiger technischer Fortschritte, die einen Strukturbruch hervorrufen können, kann auch mit diesem Ansatz keine zuverlässige Schätzung erstellt werden. So wird die Prognose umso unsicherer, je weniger die zu betrachtenden Prozesse mit der Zeit korrelieren.<sup>589</sup> Dies umso mehr, je komplexer das betrachtete System ist und je höher, aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von empirischen Daten, das jeweilige Aggregationsniveau des Modells ist.

Dem Einwand, dass ökonometrische Modelle aufgrund vielfacher Annahmen zu einfach konzipiert sind,<sup>590</sup> kann unter anderem mit dem Hinweis auf Querschnittsanalysen entgegengetreten werden. Im Gegensatz zu Zeitreihendaten weist die Datengrundlage in Querschnittsanalysen eine höhere Variation auf, welche die Berücksichtigung einer Vielzahl von Einflussfaktoren begünstigt. Eine Erhöhung des Signifikanzniveaus des Schätzparameters ist dabei die Folge. Anspruchsvolle Analysen werden mithin in ihrer Durchführung so erst ermöglicht. Diese Modellan-

---

<sup>587</sup> Vgl.: THORBURN, D. [Forecasting], S. 418-428.

GROSSKOPF fordert insbesondere für längerfristige Prognosemodelle die Endogenisierung bisheriger exogener Variablen weist aber auf die Schwierigkeit der Prognose der exogenen Größen hin. Vgl.: GROSSKOPF, W. [Prognose], S. 136f.

<sup>588</sup> Vgl.: ZEPEDA, L. [Technical change], S. 41-60.

<sup>589</sup> Zur Erstellung von Wirkungsanalysen politischer Maßnahmen sind diese Modellanwendungen jedoch nicht geeignet, da mit ihnen keine Strukturbrüche erklärt werden können. Vgl.: BORTZ, J.; DÖRING, N. [Forschungsmethoden], S. 578.

<sup>590</sup> Vgl.: BERGER, T. [Simulationsmodelle], S. 31.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

wendung bietet dann große Vorteile, wenn im Zuge einer umfangreichen Erhebung möglichst viele Einordnungsmerkmale erfasst werden können.<sup>591</sup> Eine Einschränkung in ihrer Aussagefähigkeit erfährt diese Modellklasse darin, dass Verhaltensaussagen nur für die bereits evaluierte Periode getroffen werden können. Für die Prognose des zukünftigen Verhaltens werden die bereits bekannten Verhaltensmuster herangezogen, was im Falle von Strukturbrüchen zu einer Einschränkung der Aussagekraft des Modells führen kann.<sup>592</sup> Nach HENZE liefern repräsentative Querschnitterhebungen, die zudem fortlaufend durchgeführt werden, die wertvollste Datengrundlage. Jedoch ist aufgrund des überaus hohen Erfassungsaufwandes dieser Ansatz in nur sehr wenigen Fällen durchführbar.<sup>593</sup>

Die Kritik, dass sich die Ergebnisse ökonometrischer Modelle, dies trifft sowohl für Zeitreihenanalysen wie auch für Ansätze auf der Basis von Querschnittsdaten zu, nicht auf verschiedene Länder bzw. Regionen beliebig übertragen lassen,<sup>594</sup> ist insoweit nachvollziehbar, da das Verhalten verschiedener sozioökonomischer Gruppen in die Betrachtung einfließt.

#### **3.2.2.2 Optimierungsmodelle**

Als ein weiterer Modellansatz sind die Optimierungsmodelle, die sowohl auf analytischer als auch auf numerischer Grundlagen vorliegen können, anzusprechen.<sup>595</sup> Bei dieser Modellklasse wird versucht, den Entscheidungsprozess der wirtschaftlichen Akteure direkt nachzuvollziehen. Das allgemeine Ziel dieser Suchverfahren ist es, mit Hilfe einer in aller Regel linearen Zielfunktion die Variablen einer Funktion unter der Beachtung von Nebenbedingungen in Form linearer Gleichungen und Ungleichungen so zu wählen, dass der skalare Wert maximiert wird.<sup>596</sup> Vorausset-

---

<sup>591</sup> Im Falle der Erfassung landwirtschaftlicher Betriebe können das der Betriebsstandort, die Rechtsform, die Faktorausstattung und Einkommenszusammensetzung sowie soziodemographische Merkmale der betrieblichen Entscheidungsträger sein.

<sup>592</sup> Vgl.: BRANDES, W. [Schreibtisch-Ökonomie], S. 118-120.

<sup>593</sup> Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 224.

<sup>594</sup> Vgl.: BERGER, T. [Simulationsmodelle], S. 31.

<sup>595</sup> Vgl.: REESE, J.; URBAN, K.-P. [Produktionsplanung], S. 318.

<sup>596</sup> Vgl.: BERG, E.; KUHLMANN, F. [Systemanalyse], S. 281.

Die Zielfunktion drückt den Zusammenhang zwischen Entscheidungsvariablen und Zielkriterien eines Optimierungsproblems aus.  $x_0 = f_0(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , die bei einem Optimierungsproblem jedem Vektor  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  von Zahlen  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , vor allem auch jeder Lösung des betrachteten Restriktionssystems einen Zielwert  $x_0$  zuordnet.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

zung für die Analyse ist es somit, dass zum einen konkrete Normen definiert sind, an denen die Entscheidungsträger – so beispielsweise Unternehmer - ihr Handeln ausrichten.<sup>597</sup> Zum anderen muss hier das Entscheidungsproblem strukturiert sein, was die Vollständigkeit und die exakte Definition der Suchfunktion zur Folge hat.<sup>598</sup> Hierzu finden sowohl einperiodisch-lineare Programmierungen als auch dynamisierte Modellansätze Verwendung. Bei letzteren eignen sich besonders rekursive lineare oder nicht lineare Programmierungen, um Zeitverläufe mit einer guten Prognosegüte realitätsnah darzustellen.<sup>599</sup> Bei dieser Modellkonstruktion wird den Akteuren ein adaptives Verhalten über die betrachtete Zeit, somit Lernfähigkeit, unterstellt.<sup>600</sup>

Die verwendeten Mikrodaten können in unterschiedlicher, teils aggregierter Form vorliegen. Bei der Betrachtung des Verhaltens mehrerer Akteure - hier landwirtschaftliche Unternehmer – kann erst auf einzelbetrieblichem Niveau ein Verhalten simuliert werden, um dann in einem zweiten Schritt die Ergebnisse zu einem Aggregat zusammenzufassen. Dieser Analyseweg ermöglicht es, individuelles, also einzelbetriebliches Verhalten, beispielsweise Innovationsentscheidungen, abzubilden. Ein zweiter Modellansatz nutzt die Daten von bereits zu Aggregaten zusammengefassten einzelbetrieblichen Daten (Gruppenhöfe). Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass Interdependenzen (z.B. Transfer von Zwischenprodukten) unter den Betriebsgruppen Berücksichtigung finden. Als nachteilig erweist sich hier das „nur schwer lösbare Aggregationsproblem“.<sup>601</sup> Diese Modellanwendung birgt generell verschiedene Fehler- und Manipulationsquellen, die zur Kritik an den Optimierungs- bzw. Programmierungsansätzen geführt haben.

- Das *Aggregationsproblem* stellt in der Modellanwendung, wie oben erwähnt, eine nur schwer lösbare Aufgabe dar. Durch eine geeignete Gruppenbildung kann dieser Fehler minimiert werden, ohne ihn aber ganz auflösen zu können.

---

<sup>597</sup> Nach der klassischen Unternehmenstheorie werden alle betrieblichen Aktivitäten zu einem Zweck geleitet: der unbedingten Maximierung des kurzfristigen Gewinns bzw. der Minimierung des kurzfristigen Verlusts, unabhängig von der Marktform und von der Zahl der am Unternehmungsgeschehen beteiligten Personen.

<sup>598</sup> Vgl.: DINKELBACH, W. [Heuristische Verfahren], S. 1778ff.

<sup>599</sup> Vgl.: DE HAEN, H. [Systems models], S. 367-389.

<sup>600</sup> Vgl.: BERGER, T. [Simulationsmodelle], S. 34.

<sup>601</sup> Vgl.: BRANDES, W. [Schreibtisch-Ökonomie], S. 83.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Bei einer weitgehenden Aggregation einer mit steigender Zahl von Unternehmungen wachsenden Inhomogenität der Variablen, bedingt die Modellanwendung einen steigenden Informationsverlust und somit eine größere Realitätsferne.<sup>602</sup>

- Aufgrund der *Erfassungsprobleme* der wirtschaftlichen Realität kann die zu analysierende Wirklichkeit nicht authentisch abgebildet werden. Die modellimmanente Notwendigkeit von Restriktionen führt zur deterministischen Abbildung stochastischer Größen sowie zur Annahme linearer Beziehungen real nichtlinearer Reaktionen. Auch können die eingesetzten Faktorkapazitäten aus Ermangelung empirischer Daten nur geschätzt werden.<sup>603</sup>
- Die falsche Einschätzung der *Zielfunktion* und somit der Entscheidungsfunktion der zu analysierenden Akteure stellt eine weitere Einschränkung in der Prognosegüte dieses Modellansatzes dar. Aufgrund der unvollständigen Informationen muss im Modell die Zielfunktion geschätzt werden. Die Entscheidungslogik ist durch die Axiomatisierung des Systems gekennzeichnet, wobei mathematische und logische Entscheidungskalküle (Rationalverhalten) unterstellt werden.<sup>604</sup> Die Präferenzen der Akteure zu den hier zu differenzierenden Parametern Sicherheit und Risiko sind jedoch nicht bekannt und bedürfen einer Schätzung. Auch wenn die klassische Konzeption des homo oeconomicus hin zu einem beschränkt rationalen Verhalten verlassen wird, müssen Erkenntnisse (Wahrscheinlichkeiten) über die Konsequenzen der Entscheidungen unter Unsicherheit vorliegen.<sup>605</sup> Auch sind die Informationen über die Präferenzstruktur und damit die Nutzenfunktion - in Abhängigkeit der Zeit - der Entscheidungsträger nicht bekannt und müssen im Modell unterstellt werden. In welchem Umfang nutzenmaximierendes und satisfizierendes Verhalten angenommen werden kann, ist nicht bekannt und bedarf ebenfalls der Annahme.

Das modellierte Suchverhalten von Einzelnen oder von Aggregaten birgt somit eine Fülle von Problemen, die eine realitätsgetreue Abbildung erschweren. Eine

---

<sup>602</sup> Vgl.: WEINSCHENCK, G.; HENRICHSMEYER, W. [Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts], S. 201-242.

<sup>603</sup> Vgl.: BRANDES, W. [Schreibtisch-Ökonomie], S. 83-84.

<sup>604</sup> Vgl.: HEINEN, E. [Entscheidungstheorie], S. 1133ff.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

festgestellte Übereinstimmung von Modell und Realität kann auf gegensätzlich wirkende Fehlerquellen zurückzuführen sein.<sup>606</sup> Jedoch stellt die Lösung von Optimierungsfragen gerade auf einzelbetrieblichem Niveau unter der Nutzung ausreichend spezifizierter Daten sicherlich einen adäquaten Modellansatz zur Beurteilung der landwirtschaftlichen Produktionstechnologie sowie betriebsinterner Austauschbeziehungen dar.

#### **3.2.2.3 Evolutorische Modellansätze**

In aktuellen Beiträgen werden zur Abschätzung struktureller Veränderungen, vor allem unter dem Eindruck von Innovationen, häufig Modellansätze der evolutorischen Wirtschaftstheorie gewählt. Wo bei traditionellen Ansätzen, wie in Kapitel 2 dargelegt, der technische Fortschritt als exogene Variable auf das Modell einwirkt, wird er bei den Suchfunktionen evolutorischer Ansätze modellendogen erzeugt. In diesem Modellansatz wird den betrieblichen Entscheidungsträgern daher eine große Selbstständigkeit zugestanden. Der mikrofundierte Modellansatz soll eine konsistente Abbildung der realen Entscheidungssituationen der Akteure erzeugen. Zur Prognose werden jedoch nicht einzelne repräsentative Unternehmen oder Aggregate von Unternehmen betrachtet. Vielmehr wird unter der Anwendung eines Simulationsmodells<sup>607</sup> eine Vielzahl von einzelnen Akteuren – mit zuvor definierten, unterschiedlichen Faktorausstattungen und Zielfunktionen – den sich im Zeitverlauf ändernden Umweltbedingungen ausgesetzt.<sup>608</sup>

Die einzelnen Akteure lassen sich unter der Anwendung von Methoden der künstlichen Intelligenz modellieren und werden als Agenten (Multi-Agentsysteme) oder als sog. zelluläre Automaten dargestellt.<sup>609</sup> Unter einem Agenten ist dabei ein Subsystem (z.B. ein landwirtschaftliches Unternehmen) zu verstehen, das auf Umwelt-

---

<sup>605</sup> Vgl.: MOSCHINI, G.; HENNESSY, D. [Uncertainty], S. 119ff.

<sup>606</sup> Vgl.: BRANDES, W. [Schreibtisch-Ökonomie], S. 88-89.

<sup>607</sup> Nach einem für die Agrarökonomie frühen und grundlegenden Beitrag GROSSKOPFS wird „(...) unter dem Begriff ‚Simulation‘ die Verwendung experimenteller Techniken zur Bestimmung einer Optimallösung des einem mathematischen Modell zugrunde liegenden Problems und die Untersuchung alternativer Konstellationen von Modellparametern in ihrer Auswirkung auf das Modellverhalten zusammengefasst“. GROSSKOPF, W. [„Simulation“], S. 1-7.

<sup>608</sup> Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie], S. 4262-4277.

<sup>609</sup> Im Folgenden wird nur auf agentenbasierte Systeme eingegangen. Die Besonderheiten der Modellierungsmethoden mit zellulären Automaten werden aufgrund der bestehenden Parallelen nicht betrachtet. Vgl.: SCHUSTER, H. [Das digitale Universum].



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

einflüsse autonom reagiert.<sup>610</sup> Eingriffe des Experimentators finden in den Simulationsgängen somit nicht statt. Agentenbasierte Simulationssysteme entsprechen insofern Computerprogrammen mit einer Vielzahl von Subroutinen, den Agenten. Um reale Entscheidungssituationen simulieren zu können, müssen die Agenten mit einer Reihe von Eigenschaften ausgestattet sein, die jenen realer Entscheidungsträger entsprechen. Neben dem Vermögen, auf Umwelteinflüsse autonom und flexibel zu reagieren, verhalten sie sich zielorientiert, wobei Erfahrungen aus früheren Perioden in die Entscheidungsfindung einfließen (Pfadabhängigkeiten).<sup>611</sup> Aufgrund der Kommunikation unter den Agenten können sich Interaktionen und Systemveränderungen ergeben.<sup>612</sup> In der realen Anwendung müssen dabei aber nicht alle Eigenschaften in gleicher Weise erfüllt werden. Durch das Zusammenwirken der einzelnen Agenten ergeben sich Multi-Agent Systeme. Abhängig von der Ausgestaltung der Agenten ergeben sich sowohl regelbasierte als auch normative Systeme oder aber Systeme mit künstlicher Intelligenz. Eine wichtige Eigenschaft agentenbasierter Systeme ist die Modellierung des Gesamtaggregats von unten heraus (bottom-up-Ansatz).

Den Entscheidungsträgern in agentenbasierten Simulationsmodellen wird unvollkommene Information sowie ein nur begrenztes Rationalverhalten unterstellt.<sup>613</sup> Die Zahl der dargestellten Unternehmen kann sich im Zeitverlauf ändern. So können während der Simulation neue Akteure den Markt betreten. Auch ist es möglich, dass Unternehmen ihre Existenz im Betrachtungszeitraum aufgeben, wodurch ein struktureller Anpassungsprozess simuliert werden kann. Diese Entscheidungen basieren auf der Wahrnehmung der Opportunitätskosten der von den Akteuren zur Produktion eingesetzten Faktoren. Eine grundsätzliche Annahme ist, dass das Modell aus mehreren Unternehmen besteht, die dasselbe homogene Gut herstellen. Hierzu wird von ihnen Arbeit und Sachkapital (Ausstattung mit Produktionsfaktoren) aufgewandt. In jeder dargestellten Periode lässt sich ein Unternehmen durch

---

<sup>610</sup> Vgl.: BALMANN, A.; HAPPE, K. [Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse], S. 506.

<sup>611</sup> Zu Pfadabhängigkeiten in der Agrarstrukturentwicklung vgl.: BALMANN, A. [Pfadabhängigkeiten].

<sup>612</sup> Autonome Agenten können in robotic agents, biologische Agenten und rechnerische Agenten systematisiert werden. Die rechnerischen Agenten umfassen wiederum Software-Agenten und Artificial Life Agents. Zu den Eigenschaften von Agenten vgl.: FRANKLIN, S.; GASSER, A. [Agent], S. 21-35 sowie PETRIE, C. J. [Agent-based Engineering], S. 24-29.

<sup>613</sup> Vgl.: BALMANN, A. [Genetische Algorithmen], S. 18.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

die verwendete Produktionstechnik, welche sich wiederum mit Hilfe der beiden Inputkoeffizienten für Arbeit und Sachkapital beschreiben lässt, sowie durch die betriebliche Faktorausstattung charakterisieren. Annahmegemäß produzieren die Unternehmen grundsätzlich mit voll ausgelasteten Kapazitäten. Auf der Basis der Aggregation der entsprechenden Variablen lässt sich für jeden Zeitpunkt der Simulation das jeweilige Periodenergebnis für den In- und Output der Produktion sowie die Struktur der existenten Unternehmen darstellen. Der Lohn wird mit Hilfe einer gegebenen Arbeitsangebotskurve für jede Periode neu berechnet.<sup>614</sup>

Die Suchfunktion beschränkt sich hier auf Produktionsmöglichkeiten, deren Faktorkoeffizienten sich nur sehr wenig voneinander unterscheiden. NELSON und WINTER sprechen in diesem Zusammenhang von local search.<sup>615</sup> Dass nicht alle Akteure im gleichen Maße auf der Suche nach besseren Produktionsmöglichkeiten und somit von Innovationen sind, kann in den Modellanwendungen berücksichtigt werden. NOELL und HANF weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Nutzen und Risiken einer Innovation für den Übernehmer nicht automatisch von vornherein bewertbar sind. Vielmehr kann unterstellt werden, dass sich die individuellen Nutzensvorstellungen erst in einem von Unternehmen zu Unternehmen zeitlich unterschiedlichen Informations-, Lern- und Suchprozess entwickeln und verdichten. Aufgrund der unterstellten Lernfähigkeit der Entscheidungsträger können auch Technologieentscheidungen in späteren Perioden wieder revidiert werden.<sup>616</sup> Zu jedem Zeitpunkt existiert eine Vielfalt an Konstellationen von Inputs und Outputs bei den Unternehmen, so dass die Ergebnisse nicht paretooptimal sein können, da es stets Unternehmen gibt, die noch nicht die besten Produktionstechniken einsetzen. Folglich wird zu keinem Zeitpunkt ein Gleichgewicht im paretianischen Sinne realisiert. Der Analyse wird das Prinzip der Selbstorganisation der wirtschaftlich Handelnden zugrunde gelegt.<sup>617</sup> Wie gezeigt, ergeben sich die jeweiligen Periodenergebnisse aus den zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen exogenen Variablen. Dies bedeutet, dass das Modell die Geschwindigkeit der Veränderungen aus sich heraus determiniert.

---

<sup>614</sup> Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie], S. 4262-4277.

<sup>615</sup> Vgl.: NELSON, R. R.; WINTER, S. [Evolutionary theory], S. 211.

<sup>616</sup> Vgl.: NOELL, C.; HANF, C.-H. [Simulationsmodell], S. 227.

<sup>617</sup> Vgl.: KNOTTENBAUER, K. [Strukturwandel], S. 178.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Die vollständige Dynamisierung dieses analytischen Konzepts stellt somit einen weiteren Unterschied zu bereits diskutierten Prognosemodellen, so etwa Zeitreihenanalysen dar. Als ein wichtiges Element dieses Konzepts ist daher die Lernfähigkeit der Entscheidungsträger im Zeitverlauf anzusehen. Im Simulationslauf bewegen sich aufgrund dieser Annahme die Unternehmen schrittweise an eine für sie befriedigende Lösung heran. Nach BERGER und BRANDES steht eine derartige Verhaltensannahme im Einklang mit den empirisch beobachtbaren Planungs- und Entscheidungsaktivitäten landwirtschaftlicher Unternehmer.<sup>618</sup> Der gegenwärtige Stand der Modelle erlaubt es noch nicht, hohe Ansprüche an die exakte Simulation des realen wirtschaftlichen Verhaltens zu erfüllen.<sup>619</sup> Für den Bereich der Landwirtschaft wurden die Ansätze jedoch in den letzten Jahren beispielsweise von BALMMANN erheblich weiterentwickelt.

Vor allem die Betrachtung des strukturellen Anpassungsprozesses in der Landwirtschaft unter dem Einfluss von technischem Wandel und sich ändernden Umweltbedingungen (Politikänderungen, Marktveränderungen) stellt ein interessantes Anwendungsgebiet für agentenbasierte Modelle dar.<sup>620</sup> Aufgrund der Flexibilität ist es in diesem Modellansatz möglich, die Heterogenität der betrachteten Entscheidungsträger deutlich besser darzustellen als das in bisherigen Optimierungsmodellen möglich ist.

Die Formulierung der Zielfunktion, etwa die Maximierung des Haushaltseinkommens aller betrachteten landwirtschaftlichen Unternehmen, stellt eine qualitative Einschränkung des analytischen Konzeptes dar. Ungeachtet der Modellannahme, dass alle Agenten autonom handeln, wird für alle ein identisches Handlungsmuster unterstellt. So kann es durchaus in Frage gestellt werden, dass alle landwirtschaftlichen Betriebe dem strikten Ziel der Einkommensmaximierung folgen. Hingegen kann vielmehr angenommen werden, dass sich die Unternehmer bei ihrer Investitionsentscheidung nicht von der Gewinnmaximierungsregel leiten lassen, sondern die Realisierung eines zufriedenstellenden Nutzenniveaus anstreben.<sup>621</sup>

---

<sup>618</sup> Vgl.: BERGER, T.; BRANDES, W. [Evolutionäre Ansätze], S. 276.

<sup>619</sup> Vgl. hierzu weiterführend: BERGER, T. [Simulationsmodelle].

<sup>620</sup> Vgl.: BALMANN, A.; HAPPE, K. [Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse], S. 509-510.

<sup>621</sup> Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie].

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Auch unterliegt die Analysequalität von in evolutorischen Modellen zum Teil genutzten linearen Programmierungsmodellen zur Abbildung individueller Entscheidungsprozesse in ihren Ergebnissen gewissen Einschränkungen. In dem von BALMANN und HAPPE vorgestellten Modell verhindert die fehlende direkte Kommunikation der Betriebe untereinander die Nutzung von Kooperationsvorteilen sowie eine strategische Verhaltensweise der Entscheider.<sup>622</sup> Eine Interaktion findet nur über die Faktor- und Produktmärkte statt. Problembehaftet kann auch die Kalibrierung des Modellsystems sein, da zur Simulation lediglich typische Betriebe betrachtet werden. In der praktischen Anwendung muss somit die detaillierte realitätsnahe Abbildung der landwirtschaftlichen Betriebe verbessert werden, was zurzeit noch das größte Problem dieses modelltheoretischen Konzeptes ist. Grundlage hierfür ist die hohe Verfügbarkeit empirischer Daten in hoher Qualität. Standardisierte Daten reichen aufgrund der Heterogenität der Unternehmen nicht aus. BALMANN und HAPPE sehen hier noch einen erheblichen empirischen Analysebedarf.<sup>623</sup> Auch NELSON und WINTER weisen darauf hin, dass die Ergebnisse stochastischer Prozesse nicht zwangsläufig repräsentativ sein müssen, da in diesen Modellen Annahmen über die Verteilung verschiedener Variablen getroffen werden müssen. Diese jedoch müssen mit der Realität nicht zwingend übereinstimmen.<sup>624</sup>

### **3.3 Diskussion des Konzeptes der Technikfolgenabschätzung**

In der Durchführung von Technikfolgenabschätzungen zeigt sich, dass aus methodischen, zeitlichen, personellen und finanziellen Gründen oftmals von der „Ideal-konzeption“ abgewichen werden muss.<sup>625</sup> Auch scheint die Kritik, welche die Technikfolgenabschätzung in ihrer konkreten Ausgestaltung dem Bereich symbolischer Politik zuordnet und ihr theoretische und methodologische Unschärfe unterstellt, nicht gänzlich unbegründet, zumindest jedoch, was die Fragestellung nach Methodik und Vorgehensweise betrifft, diskussionsbedürftig.<sup>626</sup>

Die Technikfolgenabschätzung ist prinzipiell im Spannungsfeld (Dilemma) zwi-

---

<sup>622</sup> Vgl.: BALMANN, A.; HAPPE, K. [Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse], S. 511.

<sup>623</sup> Vgl.: BALMANN, A.; HAPPE, K. [Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse], S. 512.

<sup>624</sup> Vgl.: NELSON, R. R.; WINTER, S. [Evolutionary theory], S. 409-412.

<sup>625</sup> Vgl.: MORAWITZ, C. [Einsatz von rbST], S. 60.

<sup>626</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 210.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

schen den sozialen Gruppen einer Gesellschaft - in der praktischen Ausgestaltung, somit der Politik - und der Wissenschaft angesiedelt, weshalb sich die Politikberatung auf der Basis der Technikfolgenabschätzung als problematisch erwiesen hat.<sup>627</sup> Die Schwierigkeiten sind mit den grundlegenden Problemen der wissenschaftlichen Politikberatung verbunden, sollen aber hier nicht vertiefend dargestellt und erörtert werden.<sup>628</sup> Die Technikfolgenabschätzung sieht sich in ihrer Praxis einer Einschränkung der inhaltlichen Aussagefähigkeit sowie der befristeten Reichweite ihrer Ergebnisse gegenübergestellt, was letzten Endes auf die methodischen Probleme der Prognostik zurückzuführen ist.<sup>629</sup>

Die inhaltliche Aussagefähigkeit der Technikfolgenforschung wird im Wesentlichen durch

1. die bestehenden erheblichen Wissensdefizite auch im Falle monokausaler Wirkungszusammenhänge<sup>630</sup>,
2. die Auswahl der Bewertungskriterien,<sup>631</sup>
3. die praktischen Probleme der Bewertung vor allem im Hinblick auf die Zeit- und Kostenbegrenzung (trade-off zwischen Wettbewerbsvorteilen am Markt sowie einer ausreichend fundierten Technikbewertung),<sup>632</sup>
4. die Selbst-Determination der gefundenen Ergebnisse aufgrund des sozialen Umfeldes (Gesellschaft), in welcher Technikfolgenabschätzung stattfindet,<sup>633</sup> sowie durch
5. die Methodenwahl

bestimmt.

Bezüglich der Methodenwahl ist aufgrund der pragmatischen Vorgehensweisen in

---

<sup>627</sup> Vgl.: VAN EIJNDHOVEN, J. [Technology Assessment], S. 282-283 sowie ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 222.

<sup>628</sup> Vgl. hierzu weiterführend: PETERMANN, T. [Technikfolgenabschätzung als Politikberatung], S. 147-164 sowie MAI, M. [Politik], S. 343-350.

<sup>629</sup> Vgl.: KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 16.

<sup>630</sup> Vgl.: SCHADE, D. [Technikfolgenabschätzung], S. 103.

<sup>631</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 222.

<sup>632</sup> Vgl.: SKORUPINSKI, B.; OTT, K. [Technikfolgenabschätzung und Ethik], S. 33 sowie PASCHEN, H.; GRESSER, K.; CONRAD, F. [Technology Assessment], S. 19.

<sup>633</sup> Vgl.: KOPPEL, B. [Evaluating Assessment], S. 147-152.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

TA-Studien eine Divergenz zwischen praktischer Anwendung und „Methodenlehre“ festzustellen. Kritik, welche der Technikwirkungsanalyse generelle methodische Defizite unterstellt,<sup>634</sup> lässt sich aus dem oben bereits angesprochenen Paradigmenwechsel heraus relativieren. Da bei neueren TA-Studien, so etwa bei innovationsorientierten bzw. konstruktiven Technikfolgenanalysen, eine tendenzielle Abkehr von formalen Verfahren zu beobachten ist, kann eine Beurteilung, welche auf dem wissenschaftlichen Leitbild der Systemanalyse sowie der quantitativen Verfahren basiert, als nicht in allen Punkten problemadäquat angesehen werden. So kann im Falle von quantitativen Modellen die Prognose aufgrund von notwendigen Vereinfachungen im Modell nicht vollständig sein. Qualitative Technikfolgenabschätzungen sind in ihren Aussagen unpräzise, wobei entweder eine Scheinpräzision vermittelt wird oder eine Vielzahl von Interpretationsmöglichkeiten offen gelassen wird.<sup>635</sup> Als methodisches Problem lässt sich zweifelsohne die Forderung nach einer antizipativen Technikbewertung anführen. Hier ist die Nutzung eines relevanten Zeitfensters von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Aussage. Jedoch besteht das Problem, dass, je früher eine Technikwirkungsanalyse in dem Prozess der Technikgenese einsetzt, die gewonnenen Ergebnisse umso unpräziser und diffuser sind.<sup>636</sup>

Die befristete Reichweite von TA-Aussagen ist sowohl im Prognosezeitpunkt als auch in der Tatsache begründet, dass jedes Prognoseverfahren<sup>637</sup> nur für einen bestimmten Zeitraum eine gewisse Wahrscheinlichkeitsaussage erzeugen kann.<sup>638</sup> So gilt für technikinduzierte TA-Ansätze ein Betrachtungszeitraum von 5 bis 15 Jahren, wobei für die Analyse von Einzeltechnologien kürzere Prognosezeiträume anzusetzen sind als für die Untersuchung von technischen Entwicklungslinien.<sup>639</sup> Probleminduzierte Analysen können für einen Betrachtungszeitraum von 10 bis 40

---

<sup>634</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 210.

<sup>635</sup> Vgl.: STEINMÜLLER, K. [Methoden], S. 664f sowie KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 16.

<sup>636</sup> Vgl.: ZWECK, A. [Vermittlungsinstrument], S. 148-149.

<sup>637</sup> Hierunter wird in diesem Zusammenhang auch die Szenario-Technik verstanden.

<sup>638</sup> Vgl.: KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 16.

<sup>639</sup> KORNWACHS schränkt den methodisch abgesicherten Prognosezeitraum von Technikwirkungsanalysen auf einen Zeithorizont von vier bis fünf Jahren ein. Vgl.: KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 17.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Jahren erstellt werden.<sup>640</sup>

Die klare Definition von Werten, nach denen geurteilt werden soll, stellt in der Technikfolgenabschätzung ein nicht unerhebliches Problem dar. So ist es notwendig, ein System der Werte-Relationen zu schaffen, in welchem die Bewertungskriterien formuliert und in ihren Beziehungen definiert werden.<sup>641</sup> In einem so umrissenen mehrdimensionalen Bewertungsproblem können zwischen den einzelnen Werten, in ihrer Erfüllung auch als Ziele definiert, Beziehungen konstatiert werden, die in gegenseitiger Komplementarität, Unabhängigkeit oder Harmonie zum Ausdruck kommen.<sup>642</sup> Die auf der Theorie der Wertsysteme basierende Technikbewertung berücksichtigt, da sie dem Anspruch auf Vollständigkeit genügen muss, alle Werte menschlicher Lebensqualität. Dazu ist es jedoch notwendig, dass die Konkretisierung der Werte konsensuell, also auf partizipativem Wege erfolgen muss, somit also aufgrund einer fundierten Reflexion definiert wird.<sup>643</sup>

Die vorangestellten Anmerkungen führen hin zur kritischen Betrachtung des Ideal-konzeptes von PASCHEN UND PETERMANN. So kann die Erfassung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts nie vollständig und umfassend sein, was zum Teil zu gravierenden Fehlprognosen führen kann.<sup>644</sup> Auch die Überprüfung der Ergebnisse der geforderten Szenarienbewertung ist auf der Grundlage qualitativer Daten in aller Regel nicht möglich.<sup>645</sup> Vor dem Hintergrund des Gesagten und der Betrachtung der praktischen Technikfolgenabschätzung kann somit festgehalten werden, dass es sich hier um postulierte Mindestanforderungen einer idealtypischen Vorgehensweise handelt, welche in der Realität so nicht einzuhalten sind.<sup>646</sup>

Der Umstand, dass Technikfolgenabschätzungen unvollständig, zuweilen auch willkürlich - etwa in der Auswahl der zu betrachtenden Folgenbereiche - sind, stellt nach SCHADE keinen prinzipiellen Mangel dieses Konzeptes dar.<sup>647</sup> So kann die in der Abweichung vom Vollständigkeitsprinzip begründete Betrachtung von Partial-

---

<sup>640</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 20.

<sup>641</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 222f.

<sup>642</sup> Zu Zielbeziehungen vgl.: STREIT, M. [Wirtschaftspolitik], S. 240ff.

<sup>643</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 226.

<sup>644</sup> Vgl.: RESCHER, N. [Technological Forecasting], S. 102.

<sup>645</sup> Vgl.: BULLINGER, H.-J. [Technikpotentialabschätzung], S. 109.

<sup>646</sup> Vgl.: PETERMANN, T. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 10.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

wirklichkeiten neue Einblicke und Lösungen hervorbringen.<sup>648</sup> Schlussendlich bleibt festzuhalten, dass keine Folgenforschung die Zukunft vorhersehen kann, sondern lediglich durch das Aufzeigen von Potentialen die Möglichkeit für eine bewusste Zukunftsgestaltung bereitet.

#### **3.4 Die Technikakzeptanzforschung**

Im Kontext der Technikfolgenabschätzung bestehen sehr unterschiedliche Auffassungen über die Bedeutung des Begriffs der „Akzeptanz“.<sup>649</sup> Offensichtlich scheint die Nähe der Akzeptanz zum Terminus der Einstellung zu sein. Demzufolge kann nach JAUFMANN unter der Technikakzeptanz eine „(...) nicht negativ gerichtete Bereitschaft oder Prädisposition im Hinblick auf das Reagieren und / oder Bewerten eines Objekts oder Technikbereiches (...)“ verstanden werden.<sup>650</sup> Unbestritten ist in der Literatur die Diffusität des Akzeptanzbegriffes, die in der ungenauen Benennung des Objektes, auf das er bezogen sein sollte, zum Ausdruck kommt.<sup>651</sup> Die Existenz einer allgemeingültigen Definition des Phänomens der Technikakzeptanz ist somit sehr unwahrscheinlich.<sup>652</sup> Grundsätzlich kommt in der Frage nach der Akzeptanz einer Technik der oben bereits angesprochene Paradigmenwechsel zum Ausdruck, der zeigt, dass die Ursache der Technikkritik in erster Linie in der Ambivalenz der Technikfolgen und nicht in einer Fehleinstellung der Gesellschaft bzw. der Adressaten der Technik liegt, die lediglich ihr Akzeptanzverhalten korrigieren müssen.<sup>653</sup>

Zur Messung der Technikakzeptanz bieten sich repräsentative Umfragen an, da jeder Anwender bzw. Nichtanwender bezüglich einer Technik individuelle Ambivalenzen bezüglich Ebene, Bereich, Anwendungsfeld und konkretem Technikgegenstand aufweist.<sup>654</sup> Dabei besteht jedoch die Notwendigkeit eines differenzier-ten, nicht verallgemeinernden Forschungsansatzes. So müssen disaggregierte

---

<sup>647</sup> Vgl.: SCHADE, D. [Technikfolgenabschätzung], S. 103.

<sup>648</sup> Vgl.: KORNWACHS, K. [Technikfolgenabschätzung], S. 16.

<sup>649</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. v. [Technikakzeptanz], S. 224.

<sup>650</sup> Vgl.: JAUFMANN, D. [Technikakzeptanzforschung], S. 207f.

<sup>651</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. v. [Technikakzeptanz], S. 215f.

<sup>652</sup> Vgl.: JAUFMANN, D. [Technikakzeptanzforschung], S. 208.

<sup>653</sup> Vgl.: ROPOHL, G. [Ethik und Technikbewertung], S. 29.

<sup>654</sup> Vgl.: JAUFMANN, D. [Technikakzeptanzforschung], S. 208.



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Wirkungsprofile - im Gegensatz zu hochaggregierten Einstellungsmustern (positiv  $\Leftrightarrow$  negativ) - betrachtet werden.<sup>655</sup> Hier besteht jedoch die Schwierigkeit, aussagekräftige Indikatoren zur Messung der Akzeptanz herauszuarbeiten. Auch bei der analytischen Betrachtung der faktischen Risiko- und Nutzenmerkmale sind der empirischen Akzeptanzforschung enge Grenzen gesetzt. Dieser Kritik versucht die Implementierung begleitende Technik-Akzeptanzforschung zu entgehen, da hier die „(...) Akzeptanz als Maß der faktisch erfolgten Durchsetzung und Anwendung einer Technik auf dem Markt bzw. im Nutzungsbereich (...)“ verstanden wird.<sup>656</sup> Ausgehend von der Kauf- und Nutzungsbereitschaft einer Technik durch den Anwender konzentriert sich die Akzeptanzforschung sowohl auf die technischen Akzeptanzbarrieren als auch auf die Motive und Ursachen persönlicher und sozialer Innovationswiderstände. Damit wird die erfolgte Nutzung mit der tatsächlichen Akzeptanz einer Technik gleichgesetzt, wodurch das Akzeptanzproblem auf Nutzenkalküle zurückzuführen ist.<sup>657</sup> Dieser Sichtweise kann jedoch eine fehlende theoretische Fundierung bei der Beschreibung von Technikakzeptanz vorgehalten werden. Protagonisten dieser Kritik versuchen folglich, Akzeptanzgesichtspunkte in einen Zusammenhang mit Erscheinungen des Wertewandels und den allgemeinen Entwicklungslinien des sozialen Wandels zu bringen. Im Gegensatz zu den empirischen Ansätzen steht bei der normativen Akzeptanzforschung die Akzeptanzwürdigkeit (Akzeptabilität oder Zustimmungswürdigkeit) im wissenschaftlichen Fokus.<sup>658</sup> Probleme treten bei dieser Betrachtungsweise dann auf, wenn ein verändertes Akzeptanzverhalten auf nicht-rationale oder irrtümliche Entscheidungsmuster zurückzuführen ist. An offensichtliche Grenzen ihrer Erklärungskraft stoßen normative Ansätze vor allem dann, wenn empirische Prozesse der Informationsgewinnung und -verarbeitung außer Acht gelassen werden.<sup>659</sup>

Entsprechend diesen Erkenntnissen können folglich typische Ausprägungen der Akzeptanzforschung voneinander unterschieden werden:

---

<sup>655</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. V. [Technikakzeptanz], S. 219.

<sup>656</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. V. [Technikakzeptanz], S. 227.

<sup>657</sup> Vgl.: SCHÖNECKER, H. [Bedienungsakzeptanz], S. 82ff, zitiert bei PETERMANN, T.; THIENEN, V. V. [Technikakzeptanz], S. 228.

<sup>658</sup> Vgl.: JAUFMANN, D. [Technikakzeptanzforschung], S. 219 sowie MEYER-ABICH, K. [Akzeptabilität], S. 310.

<sup>659</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. V. [Technikakzeptanz], S. 245.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

- a) einstellungsorientierte Akzeptanzforschung,
- b) begleitende Akzeptanzbetrachtungen in der Markt- und Diffusionsforschung,
- c) theoriegeleitete Akzeptanzforschung und
- d) normative Akzeptanzforschung.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass zur Analyse der Willensbildung und Entscheidungsfindung bezüglich der Akzeptanz neuer Techniken deren „Sozialgestalt“ für die Hypothesenbildung empirisch-analytischer als auch normativer Ansätze der Akzeptanzforschung Berücksichtigung finden muss.<sup>660</sup>

#### **3.5 Technikfolgenabschätzungen in der Landwirtschaft**

Produktionstechniken und Problemfelder aus dem Bereich der Landwirtschaft bildeten in der Vergangenheit einen Schwerpunkt von Technikfolgenabschätzungen.<sup>661</sup> Die durchgeführten Technikfolgenabschätzungen beziehen sich sowohl auf außerlandwirtschaftliche Fragestellungen als auch auf innersektorale Problemkonstellationen.<sup>662</sup> Dabei gibt die breite gesellschaftliche Relevanz von Aspekten der landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf eine nachhaltige Wirtschaftsweise wie auch auf Gesichtspunkte zur Sicherheit und Qualität von Lebensmitteln entscheidende Impulse für die Aktivitäten der Technikbewertung.<sup>663</sup> Von gesellschaftlicher Seite wird somit eine eindeutige Ausrichtung der Technikfolgenabschätzung in der Landwirtschaft hinsichtlich des Bewertungskriteriums „Verbesserung der Lebensqualität“ gefordert. In diesem Zusammenhang sind den Bereichen

- Humanverträglichkeit (Auswirkungen auf Anwender und Nichtanwender einer Technologie bzgl. Gesundheit und Sicherheit),
- Sozialverträglichkeit (Auswirkungen auf das soziale Gefüge, die Wirtschaftsordnung, inter- und intrasektorale Effekte) sowie
- Umweltverträglichkeit (Auswirkungen auf den Umwelt-, Natur und Tier-

---

<sup>660</sup> Vgl.: PETERMANN, T.; THIENEN, V. V. [Technikakzeptanz], S. 247.

<sup>661</sup> Eine Übersicht zu Projekten der Technikfolgenabschätzung gibt MEYER. Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft], S. 489-519.

<sup>662</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 34.

<sup>663</sup> So erfolgt die Technikbeurteilung meist auf der Basis potentieller negativer Auswirkungen einer Technologie. Vgl.: KÄPPELI, O. [Nachhaltige Landwirtschaft], S. 90.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

schutz)

im Rahmen einer Technikbewertung besondere Aufmerksamkeit zu widmen.<sup>664</sup> Weiterhin werden neben der Risikodiskussion auch mögliche ökonomische und agrarstrukturelle Auswirkungen bewertet.<sup>665</sup>

Die Studien zur Technikfolgenabschätzung in der Landwirtschaft umfassen das gesamte Spektrum möglicher TA-Ansätze. Die vorzufindenden Studien können nach MEYER entsprechend dem Schwerpunkt ihrer Fragestellung in Betrachtungen zu landwirtschaftlichen Entwicklungspfaden (Entwicklungsalternativen), zu technischen Entwicklungslinien in der Landwirtschaft und zu Arbeiten, welche landwirtschaftliche Einzeltechnologien betreffen, unterteilt werden.<sup>666</sup>

#### *Landwirtschaftliche Entwicklungspfade (Entwicklungsalternativen)*

Die grundsätzlichen Fragestellungen sind jene nach den unterschiedlichen Systemen der zukünftigen landwirtschaftlichen Produktion sowie die diese beeinflussenden Rahmenbedingungen. Die in jenen Studien erarbeiteten Systemalternativen entsprechen dabei unterschiedlichen gesellschaftlichen Leitbildern und können in sektorübergreifende Entwicklungsstrategien einbezogen oder weiterentwickelt werden.<sup>667</sup> So stellt etwa das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung eine Systemalternative mit sektorübergreifendem und globalem Anspruch dar.<sup>668</sup> Dabei zeigt sich, dass die Entwicklung von Leitbildern zu einer langfristigen Entwicklung höchste Ansprüche an eine umfassende interdisziplinäre wissenschaftliche Analyse stellt.

#### *Technische Entwicklungslinien*

Spezieller in ihrer Fragestellung als die Analyse von Entwicklungsalternativen sind Arbeiten zu technischen Entwicklungslinien in der Landwirtschaft. Hier stehen Technikfelder der landwirtschaftlichen Produktion im Zentrum der Betrachtung. Dabei überwiegt bei den bisherigen Analysen die Zahl der Technikbewertungen im

---

<sup>664</sup> Vgl.: LÜCKEMEYER, M.; PETERS, W. [Bewertung technischer Fortschritte], S. 326.

<sup>665</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung], S. 34.

<sup>666</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft], S. 494.

<sup>667</sup> Vgl.: ENQUETE-KOMMISSION „GESTALTUNG DER TECHNISCHEN ENTWICKLUNG; TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG UND BEWERTUNG“ [Bericht].

<sup>668</sup> Vgl.: THE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT [Our common future].

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Bereich der pflanzlichen gegenüber jenen der tierischen Produktion.<sup>669</sup> Fragen bezüglich des Managements der Betriebe sowie nach der Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte stellen in aller Regel nur Randaspekte der Bewertung dar.<sup>670</sup> Die Betonung auf Technikbewertungen im Bereich der Pflanzenproduktion ist auf die hohe Bedeutung der Landbewirtschaftung bezüglich der zukünftigen Einkommenssicherung der landwirtschaftlichen Betriebe im Nicht-Nahrungsmittel-Sektor, der Umwelteinflüsse der landwirtschaftlichen Produktion sowie auf die verstärkte Wahrnehmung der Bio- und Gentechnologie zurückzuführen. Als Beispiel umfassender Technikbewertungen zur Gen- und Biotechnologie sind hier die Arbeiten von V. SCHELL und MOHR sowie von V. D. DAELE ET. AL. anzuführen.<sup>671</sup> In technikinduzierten Bewertungsansätzen, so in der Arbeit der ENQUETE-KOMMISSION zum Schutz der Erdatmosphäre, überwiegen insgesamt probleminduzierte Vorgehensweisen.<sup>672</sup>

#### *Landwirtschaftliche Einzeltechnologien*

Technikfolgenabschätzungen landwirtschaftlicher Einzeltechnologien sind als typische technikinduzierte Analysen zu charakterisieren. Sie wurden - wenn man das Postulat der Vollständigkeit der Analyse zugrunde legt - seither in nur wenigen Fällen durchgeführt.<sup>673</sup> Als bedeutende, gleichsam frühe Beispiele für die Beurteilung einer Einzeltechnologie lassen sich Untersuchungen zum Einsatz des bovinen Somatotropin (bST) anführen.<sup>674</sup> So wurden Arbeiten von ZEDDIES und DOLUSCHITZ (1988)<sup>675</sup>, der ENQUETE KOMMISSION „Gestaltung der Technischen Entwicklung, Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung“ (1989)<sup>676</sup> sowie von der

---

<sup>669</sup> Vgl. beispielhaft: DOLUSCHITZ, R. [Technischer Wandel] sowie DEUTSCHER BUNDESTAG [Klonen von Tieren].

<sup>670</sup> Vgl.: MEYER, R. [Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft], S. 494.

<sup>671</sup> Vgl.: SCHELL, T. V., MOHR, H. [Biotechnologie - Gentechnik] sowie VAN DEN DAELE, W. U.A. [Grüne Gentechnik].

<sup>672</sup> Vgl.: ENQUETE-KOMMISSION SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE [Klimaschutz].

<sup>673</sup> Vgl.: AKADEMIE FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG [Dokumentation 2000], Einführung.

<sup>674</sup> Neben Arbeiten zu Einsatz und Wirkung von Produktionsfaktoren liegen auch Bewertungen zu Veränderungen auf der Produktseite vor. So analysierten GROSSKOPF U.A. die Stärkeproduktion auf der Basis der Markerbse. Vgl.: FIB [Markerbsestärke].

<sup>675</sup> Vgl.: ZEDDIES, J.; DOLUSCHITZ, R. [Potentielle Auswirkungen von bST].

<sup>676</sup> Vgl.: ENQUETE KOMMISSION „Gestaltung der Technischen Entwicklung, Technikfolgen- Abschätzung und -Bewertung“ [Rinderwachstumshormon].

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (1989)<sup>677</sup> vorgelegt, in denen unterschiedliche Ansprüche an die Vollständigkeit der Analyse gestellt wurden. Im Vergleich zur Studie der ENQUETE KOMMISSION war die Untersuchung der BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT enger gefasst und konnte trotz einer breit angelegten interdisziplinären Konzeption Fragen zu Risiken bei Produktion und Anwendung, der missbräuchlichen Anwendung, zu Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit sowie zur Akzeptanz unter den Nutzern nicht oder nur unzureichend behandeln.<sup>678</sup> Der Ansatz von ZEDDIES und DOLUSCHITZ beschränkt sich auf die Erforschung möglicher Auswirkungen des bST-Einsatzes auf einzelbetrieblicher und sektoraler Ebene. Dieser, in der ersten Betrachtung weite Ansatz wurde in einem monodisziplinären Forschungsgang mit Hilfe der Szenariotechnik und Optimierungsmodellen erstellt und liefert für die eng umschriebene Zielsetzung gute Ergebnisse. Jedoch ist zu beachten, dass die hier vorgefundene partielle Technikbewertung nur unter der strikten Beachtung von zuvor getroffenen Annahmen Aussagen zu einer eng definierten Fragestellung liefern kann.<sup>679</sup> So kann konstatiert werden, dass die Verfolgung einer idealtypischen (vollständigen) Technikwirkungsanalyse aufgrund der Vielzahl der zu untersuchenden Wirkungsdimensionen allenfalls nur in einem breit angelegten Forschungsprojekt möglich ist.

#### **3.6 Technikwirkungsanalyse für automatisierte Melkverfahren**

Die oben getroffenen generellen Aussagen zur idealtypischen Technikwirkungsanalyse sind auch auf die Untersuchung der Technikwirkung von vollautomatisierten Melkverfahren zu übertragen. Da sich die einzelnen Individuen und Unternehmen, aber auch die einzelnen Wirtschaftssektoren untereinander sowie zum gesellschaftlichen Umfeld in einem permanenten Bezugssystem bezüglich AMV befinden, muss sich eine umfassende Technikwirkungsanalyse für AMV grundsätzlich auf alle Wirkungsfelder im Innovationsprozess zu beziehen.

---

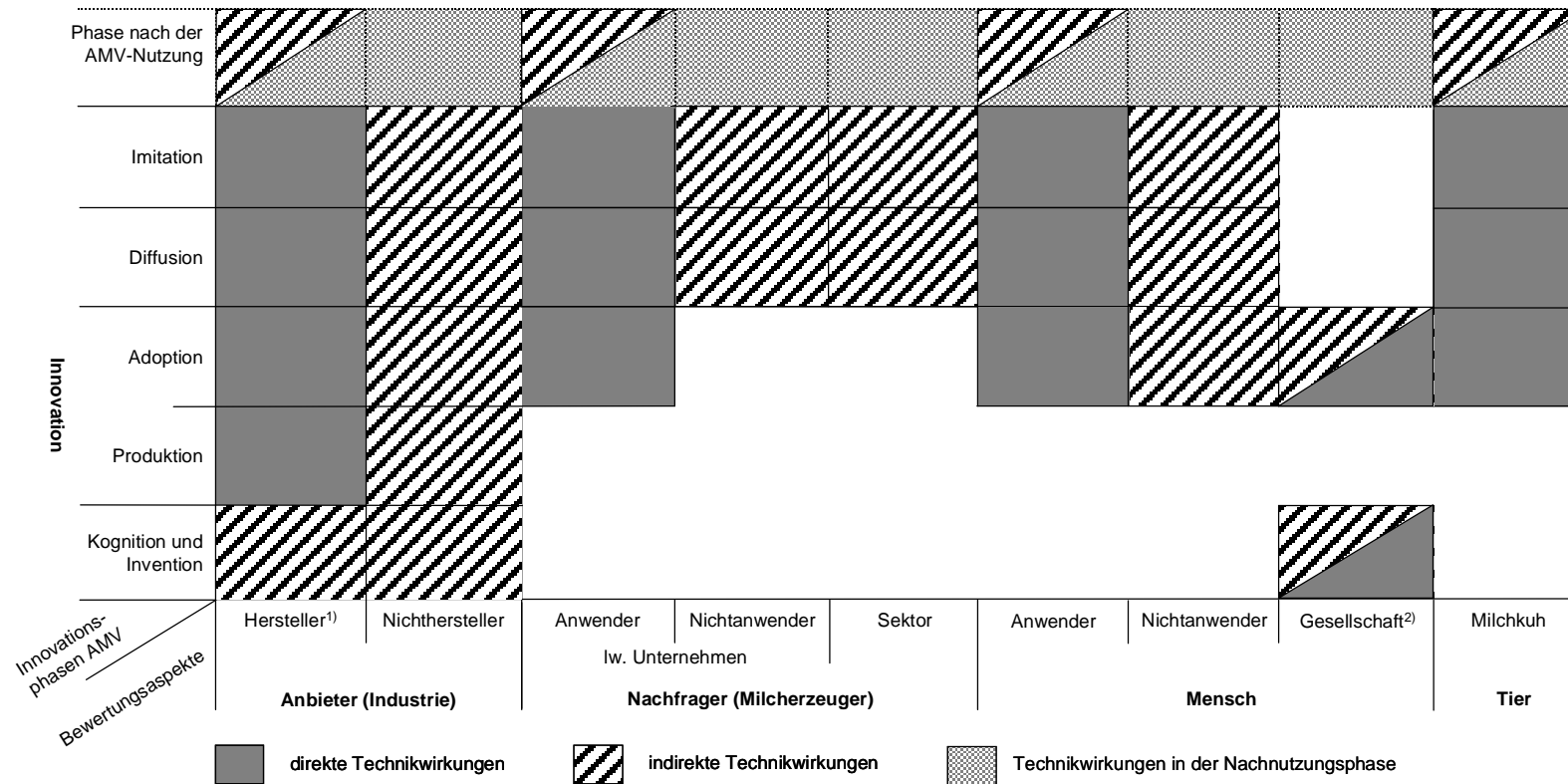
<sup>677</sup> Vgl.: BEUSMANN, V. [Folgen des Einsatzes von bST].

<sup>678</sup> Vgl.: BEUSMANN, V. [Folgen des Einsatzes von bST], S. 14.

<sup>679</sup> Vgl.: ZEDDIES, J.; DOLUSCHITZ, R. [Potentielle Auswirkungen von bST], S. 299-301.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Abbildung 14: Bewertungsmatrix einer Technikwirkungsanalyse für automatisierte Melkverfahren (AMV)



<sup>1)</sup> Innovatoren, Imitatoren sowie Lizenznehmer.

<sup>2)</sup> Der Begriff Gesellschaft umfasst das die Milcherzeuger umgebende mittel- und unmittelbar soziale Gebilde, insbesondere Verbraucher, Politik, Verwaltung und Wissenschaft.

Quelle: Eigene Darstellung und Ergänzung nach HÜBNER, H. [Innovations- und Technologiemanagement], S. 1549.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Eine entsprechende Untersuchung ist dabei unabdingbar auf die Bewertungsfelder Technik-Anbieter, Technik-Nutzer, Mensch und Tiergerechtigkeit auszudehnen. Die in Abbildung 14 dargestellte Spannweite der Bewertungsmatrix geht dabei (jedoch) notwendigerweise mit einer hohen Komplexität des Untersuchungsgegenstandes einher. Diese Komplexitätserhöhung ist insbesondere der vielfältigen Interdependenzen, vor allem in den Systemzusammenhängen Mensch-Tier-Technik-Betrieb, aber auch den Wechselwirkungen zwischen dem industriellen Sektor der Technik-Anbieter und dem der Technik-Nachfrager geschuldet. Eine notwendige Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes kann dabei auf der Grundlage des Umfangs der angenommenen Technikwirkungen in den einzelnen Bewertungsfeldern vorgenommen werden.<sup>680</sup>

Die Konzeption einer umfassenden Technikwirkungsanalyse für AMV basiert auf verschiedenen Überlegungen, von denen die nachfolgenden als von besonderer Bedeutung angesprochen. Dabei ist herauszustellen, dass neben der Bewertung der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen bei einer Einführung von AMV insbesondere die Wissensdefizite bezüglich der ökonomischen Folgen auf betrieblicher und sektoraler Ebene sowohl bei Anbietern als auch Nachfragern der neuen Technik - zu beheben sind:<sup>681</sup>

- In der bisherigen Tradition der Analysen von Diffusionsprozessen wurden den Wettbewerbsbeziehungen zwischen den Anwendern und den Herstellern wie auch den Wettbewerbsbeziehungen der Hersteller von neuen Techniken untereinander deutlich weniger Gewicht beigemessen als den Wettbewerbsbeziehungen der Anwender untereinander.<sup>682</sup> In der Tat greift ein Erklärungsmodell für den Diffusionsprozess von AMV, das sich nur auf den

---

<sup>680</sup> MEYER führt an, dass es sich selbst bei einer gut eingrenzbaeren Einzeltechnologie wie etwa bST um einen komplexen Untersuchungsgegenstand handelt, bei dem nicht alle Zusammenhänge und Wechselwirkungen, aufgrund der Offenheit des Systems, mit in die Untersuchung einbezogen werden können. Vgl.: MEYER, R. (Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Landwirtschaft), S. 495.

<sup>681</sup> Generell erscheinen die Wissensdefizite in den Natur- bzw. Ingenieurwissenschaften größer als die Wissensdefizite bei den ökonomischen und gesellschaftlichen Wirkungen technischer Entwicklungen. Vgl.: BECHMANN, G. [Folgeprobleme der Technikbewertung], S. 198. Diese Aussage kann auch auf die bisherige Entwicklung der Technikwirkungsanalyse von AMV übertragen werden.

<sup>682</sup> In Ermangelung dessen wurden u. a. die Preise alter und neuer Güter als gegeben angenommen.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

Wettbewerb der Landwirte auf den Absatzmärkten beschränkt, deutlich zu kurz. Vielmehr ist ein Analysemodell um die Betrachtung des Wettbewerbs auf die für Innovationen erforderlichen Input-Märkte zu erweitern. Wichtig hierbei ist, dass aufgrund der bestehenden Wettbewerbsbeziehungen die Preise für AMV im Zeitverlauf einer ständigen Veränderung unterliegen mit der Folge einer Varianz der relativen Wettbewerbsfähigkeit von AMV. Da die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit von AMV selbst somit ein Ergebnis des Wettbewerbsprozesses ist, sind die Wechselbeziehungen zwischen Angebot, potentieller Nachfrage, Adoption und Preisbildung auf dem Markt für automatisierte Melkverfahren als grundlegendes Forschungsfeld im Rahmen einer Technikwirkungsanalyse zu betrachten.

- Es ist im Zuge einer Technikwirkungsanalyse daher der Frage nach zu gehen, inwieweit die Diffusion von AMV nicht mehr primär durch deren relative Vorteilhaftigkeit, durch die Erweiterung des technischen Wissens einzelner Unternehmen oder durch die Ausprägung sozio-ökonomischer Merkmale potentieller Adopter geprägt ist, sondern durch den Wettbewerbsprozess auf den Inputmärkten - also auf der Ebene der Herstellerfirmen – bestimmt wird. Die realitätsnahe Bewertung der Technikwirkungen von AMV muss daher den Einfluss der Angebotsstruktur und somit der Angebotsfunktion sowie deren Determinanten auf den Diffusionsverlauf umfassen. Damit ist die Analyse der Technikwirkungen auf die Ebene der Melktechnikindustrie über alle Phasen des Innovationsprozesses auszudehnen.
- Ein weiteres Feld von besonderem Forschungsinteresse stellt die Analyse von Wechselwirkungen bei der Entwicklung und Produktion zwischen konventioneller Melktechnik und vollautomatisierten Melkverfahren dar. So können im Bereich der AMV-Entwicklung und -Produktion Lerneffekte entstehen, die einen relativ stärkeren Einfluss auf die Qualität konventioneller Melkverfahren als auf jene von AMV haben (u. a. Erkenntnisse im Precision Farming und der Automatisierung). Damit könnte c. p. eine relative Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Nichthersteller bzw. der Nichtanwender als indirekte Technikfolge mit der Einführung von AMV einhergehen. Insgesamt sind die möglichen - indirekten - Technikwirkungen auf die Nicht-



### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

hersteller im Rahmen einer Technikwirkungsanalyse sowohl in der Phase der Kognition und Invention als auch in den späteren Phasen des Innovationsprozesses intensiv zu beleuchten. Jenseits der Beeinflussung der Nichthersteller über den Markt für Melktechnik ergeben sich vielschichtige Wechselwirkungen sowohl über die Inputmärkte als auch über die Weiterentwicklung des allgemeinzugänglichen Standes der Technik des Milchentzugs.

- Die Wirkung von AMV als neuem Verfahren des Milchentzugs auf die Milcherzeuger selbst – hier ist sowohl die unternehmensbezogene als auch die individuell-menschliche Betrachtungsweise gleichermaßen evident - stellt neben der Anbieterperspektive den zweiten wesentlichen Gegenstand des Konzepts zur Technikwirkungsanalyse für AMV dar. Dabei würde die Begrenzung der Analyse auf die direkten Technikwirkungen betreffend die AMV-Anwender eindeutig zu kurz greifen. Vielmehr muss sich die Betrachtung auch auf die indirekten Technikwirkungen erstrecken, die bei Nichtanwendern sowie auf sektoraler Ebene, auch unter Berücksichtigung eines time-lags, entstehen können.
- Die Einbeziehung einer zusätzlichen Gesellschafts-Perspektive, die sich sowohl auf alle Phasen des Innovationsprozesses bezieht als auch alle gesellschaftlichen Aspekte umfasst, erscheint aufgrund der zu vermutenden untergeordneten allgemeingesellschaftlichen – auch verbraucherpolitischen - Relevanz eines vermehrten Einsatzes von AMV als insgesamt vernachlässigbar. Dennoch sind drei Einzel-Bewertungsaspekte betreffend das gesellschaftliche Umfeld der Milcherzeugung von entscheidender Relevanz für den Verlauf des Innovationsprozesses von AMV. Zum einen ist dies die Bedeutung der staatlichen Grundlagenforschung, somit der öffentlichen Forschungsförderung zur Weiterentwicklung des technischen Milchentzugs und der damit verbundenen tierhaltungsbedingten Parameter. Zum anderen kann eine erhebliche Abhängigkeit der Adoption und Diffusion von AMV von der staatlichen Normsetzung, somit vom Gesetz- und Verordnungsgeber bestehen. Ein dritter Aspekt besteht im Einfluss der staatlichen Wirtschaftsför-

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

derung auf die Adoption von AMV.<sup>683</sup>

Zudem ist eine partial-gesellschaftliche Relevanz betreffend das direkte Umfeld der Milcherzeuger zu unterstellen, deren Ausprägungen jedoch in der Analyse der Technikwirkungen auf die Nichtanwender ausreichend erfasst werden können. Insgesamt ist die Gesellschaft, als das die Milchwirtschaft umgebene soziale Gebilde, sowohl direkt (Grundlagenforschung und Normsetzung) als auch indirekt (Wirtschaftsförderung) vom Innovationsprozess von AMV betroffen.

Sämtlichen Überlegungen zur Technikfolgenabschätzung muß jedoch grundsätzlich die Bewertung von AMV als Innovation im ökonomischen Sinne vorangestellt werden, da der Umfang der Diffusion und in Folge dessen das Ausmaß der Technikfolgewirkungen hierdurch bedingt sind. Dabei ist insbesondere die oftmals unreflektierte Gleichsetzung von Adoption und wirtschaftlichem Erfolg der übernehmenden Unternehmen in der Beurteilung des Innovationsprozesses von AMV kritisch zu beurteilen. Einzig die technische Überlegenheit von AMV über den bisherigen Kapitalbestand sowie über die konkurrierenden Techniken stellt keine hinlängliche Begründung für die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der neuen Technik dar. Die Adoptionsentscheidung als auch der Diffusionsprozess in Gänze sind in entscheidender Weise von den relativen Preisen alter und neuer, d. h. vollautomatischer Melkverfahren und von den die Preisverhältnisse widerspiegelnden relativen Qualitätsergebnissen abhängig. Andererseits muss die Übernahmeentscheidung bei AMV nicht in jedem Falle in der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit dieses Melk- und Haltungsverfahrens einzelbetrieblich begründet sein. Im Ergebnis ist daher aufgrund der technischen Vorteilhaftigkeit von AMV nicht von vorneherein eine vollständige Verdrängung der konventionellen Melkverfahren zu unterstellen.<sup>684</sup> Vielmehr kann sich die vollzogene Übernahmeentscheidung für AMV ex post, u. a. aufgrund von falsch getroffenen Annahmen als Grundlage der Investitionsentscheidung, sowie aufgrund sich ändernder Parameter einzelbetrieblich sogar als Fehler darstellen. In Reaktion hierauf sind Deinvestitionen von AMV zu-

---

<sup>683</sup> Insbesondere von der staatlichen Förderpolitik kann eine nicht unerhebliche gegenseitige Beeinflussung von neuer Technik und Gesellschaft / Politik ausgehen.

### 3 Untersuchung von Folgen technischen Wandels in der Landwirtschaft

gunsten konventioneller Melkverfahren denkbar, mit indirekten Techniknachfolge-  
wirkungen auf Hersteller und Anwender von AMV sowie auf das eingesetzte Tier-  
kapital. Im Falle einer geringen Übernahmerate im Falle einer abgebrochenen Dif-  
fusion, insbesondere jedoch im Falle einer umfassenden Überadoption, verbunden  
mit einer einzelbetrieblichen Deinvestition von AMV, ist daher die Phase nach der  
AMV-Nutzung mit in die Technikfolgenbewertung zu integrieren. Allgemein sind für  
die Phase nach der AMV-Nutzung Erkenntnisse über den weiteren technischen  
Fortschritt von Interesse. Dieser kann sowohl in der gemeinsamen Weiterentwick-  
lung der AMV und konventioneller Melktechnik liegen, aber auch von gänzlichen  
neuen Verfahren der Milchgewinnung geprägt sein. Dabei sind potentielle Tech-  
nikwirkungen in allen Bewertungsfeldern zu vermuten, zumindest jedoch zu prüfen.  
Grundlage einer umfassenden Technikwirkungsanalyse für vollautomatisierte  
Melkverfahren ist demnach die kritische Auseinandersetzung mit dem Forschungs-  
gegenstand, insbesondere im Hinblick auf die Determinanten des Innovationspro-  
zesses als Ergebnis der Interaktion von Technikanbietern und Nachfragern sowie  
die grundlegende Bewertung von AMV als Innovation.

---

<sup>684</sup> Sei es auf Basis einer totalen oder in Form einer vollständigen intraorganisationellen Diffusion.