

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Einfluss von Substitutionsbeziehungen auf die Diffusion von AMV

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Diffusionsprozesse verschiedener substitutiver Techniken nicht isoliert von einander betrachtet werden können, sondern in der Realität mit einander verbunden sind. Zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung neuer Produkte bzw. Investitionsgüter konkurrieren die Techniken der verschiedenen Jahrgänge („Generationen“) miteinander, wobei zu beobachten ist, dass der Substitutionsprozess in aller Regel nicht zu einer - wie oben idealtypisch dargestellt - vollständigen Verdrängung der alten durch die neue innovative, das heißt überlegene Technik führt.

Eine vollkommene Verdrängung der bisherigen konventionellen Melktechnik durch die neue Technik der automatisierten Melkverfahren - d. h. eine vollständige totale Diffusion - würde daher nur dann stattfinden, wenn die neue Melktechnik allen anderen Melkverfahren im Hinblick auf alle produkt- und prozessspezifischen Merkmale gleichzeitig überlegen wäre. In allen anderen Fällen, und dies kann auch für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand angenommen werden, ist der Substitutionsprozess als Anpassung an ein Gleichgewicht zu verstehen. Dabei bilden sich gleichgewichtige Preis- und Qualitätsrelationen heraus, mit dem Ergebnis, dass bei dem Erreichen eines gleichgewichtigen Zustands keine weitere Substitution vorgenommen wird.

Verfügen alle Milcherzeuger über vollständige Informationen hinsichtlich aller alternativen Melktechnik-Verfahren, so kommen alle Anpassungsprozesse unter der strengen Annahme der Gewinnmaximierungshypothese dann zu einem Ende, wenn der relative Preis des AMV zur konventionellen Melktechnik (p_{AMV}/p_{Konv}) gleich deren relativer Leistungsfähigkeit (L_{AMV}/L_{Konv}) ist. Wird jedoch von dem realitätsnäheren Fall ausgegangen, dass lediglich unvollkommene Information über die Verfahrensalternativen – insbesondere über AMV – besteht, gilt für gewinnmaximierende Landwirte grundsätzlich folgende Entscheidungsregel:

$$(5.1) \quad p_{AMV} / p_{Konv} \leq L_{AMV} / L_{Konv} .$$

Das in Ungleichung (5.1) dargestellte Ungleichgewicht bzgl. des Einsatzes von AMV besteht dabei für den Fall, dass diejenigen Landwirte, die das automatisierte

5 Diskussion der Ergebnisse

Melkverfahren kennen, insgesamt nicht über genügend Kapital (bzw. Nachfragevolumen) verfügen, damit aufgrund der Nachfrage die Preise für AMV (p_{AMV}) steigen und sich somit c. p. ein Gleichgewicht einstellen kann.⁹¹⁶ Unter diesen Bedingungen ermöglicht der Einsatz von AMV Gewinne gegenüber einer alternativen Melktechnik. Anwender von AMV könnten dann in den Folgeperioden durch weitere Investitionstätigkeiten die Nachfrage nach AMV weiter erhöhen mit der Folge, dass andere Landwirte dazu angeregt werden, selbst in die neue Technik zu investieren. Unter sonst gleichen Bedingungen würde dies eine zunehmende Rate der Diffusion von AMV hervorrufen.

Unterstellt man eine weitere Verbreitung des Wissens um die in Ungleichung (5.1) angenommene Vorteilhaftigkeit der Anwendung von AMV würden die Investitionen in die neue Technik zunehmen, wodurch sich die Marktverhältnisse folgendermaßen verändern: Indem ein steigender Anteil der Nachfrage auf AMV entfällt, steigt der Quotient p_{AMV}/p_{Konv} bis zum Gleichgewichtszustand an.⁹¹⁷ Als Effekt eines im Zeitverlauf steigenden relativen Preisverhältnisses würde sich jedoch die Rate der Diffusion von AMV bis zu dem Punkt verringern, an dem keine weitere Substitution zwischen der konventionellen Melktechnik und automatisierten Melkverfahren mehr stattfindet. Dieser Marktverlauf impliziert im Idealfall eine Normalverteilung der Nachfrage über die Zeit, woraus sich ein S-förmiger Diffusionsverlauf ableiten lässt. Dabei kann der konvexe Bereich der Funktion durch die verzögerte Anpassung der Landwirte an die ungleichgewichtigen Preisrelationen, der konkave Abschnitt durch die Anpassung der relativen Preise an die Gleichgewichtsrelationen erklärt werden.

Den Überlegungen zu einem möglichen S-förmigen Funktionsverlauf der Diffusion von AMV steht jedoch die Erkenntnis entgegen, dass – in der weit überwiegenden Mehrzahl der potentiellen Anwendungsgegebenheiten - tatsächlich die relativen Preise der AMV deren relative Leistungsfähigkeit übersteigen:⁹¹⁸

⁹¹⁶ Somit würde zu Beginn der Diffusion von AMV ein Käufermarkt unterstellt werden.

⁹¹⁷ Eine Erhöhung des relativen Preisverhältnisses kann sowohl durch eine Verringerung des Preisniveaus der konventionellen Melktechnik als auch durch einen - aufgrund der erhöhten Nachfrage – gestiegenen Preis für AMV oder aber durch ein gleichzeitiges Wirken beider Effekte bedingt sein. Jedoch ist auch eine gleichgerichtete Preisentwicklung beider Techniken grundsätzlich denkbar.

⁹¹⁸ Der Punkt, an welchem die Gleichgewichtsbeziehung erreicht wird, ist dabei abhängig von der individuell präferierten (substitutiven) konventionellen Melktechnik sowie den individuellen Nutzungskosten für den Faktor Arbeit.

5 Diskussion der Ergebnisse

$$(5.2) \quad p_{AMV} / p_{Konv} \geq L_{AMV} / L_{Konv} \cdot$$

Kann aber unterstellt werden, dass die relative Produktivität der AMV unter den Nutzungsbedingungen der ersten Adopter den relativen Anschaffungspreis übersteigt, ist im Verlauf der Diffusion sowohl c. p. als auch aufgrund der Veränderung der substitutionsbeeinflussenden Parameter, die in Ungleichung (5.2) dargestellte Umkehr der Gleichgewichtsbeziehung anzunehmen (Ungleichung (5.1)). Dennoch ist in der Realität eine Übernahme der innovativen Melktechnik zu beobachten, obwohl aufgrund des individuellen Lohnansatzes bzw. der Auslastungskennziffern die Substitutionsrelation einer Übernahme von AMV entgegensteht. So ist zu folgern, dass die Übernahme eines AMV nur teilweise aufgrund der Produktivitätsbewertung erklärt werden kann. Vielmehr sind bei der Analyse der Diffusion von AMV individuelle Nutzenerwägungen entsprechend der Ungleichung (5.3) in der Modellbildung zu berücksichtigen:

$$(5.3) \quad p_{AMV} / p_{Konv} \leq L_{AMV} / L_{Konv} + U_{AMV} / U_{Konv} \cdot$$

In der dargestellten Funktion umschreibt U_{AMV}/U_{Konv} die individuelle Nutzenrelation beider Melkverfahren. Dabei stellt die jeweilige Nutzenfunktion $U_{i1, \dots, n}$ ein Aggregat aus einer Vielzahl von Ausprägungen verschiedener Einzelnutzen – jenseits der Produktivitäts- und Leistungskennzahlen - dar. Wie aus der nutzen-erweiterten Entscheidungsfunktion hervorgeht, kann die Übernahme eines AMV auch dann gerechtfertigt sein, wenn eine ausschließliche Produktivitätsbetrachtung eine Investitionsentscheidung nicht begründen würde. Übersteigt der relative Preis eines AMV in einer konkreten betrieblichen Anwendungssituation dessen relative Leistungsfähigkeit, kann aufgrund einer hohen erwarteten Nutzenstiftung des vollautomatischen Milchentzugs gegenüber konventionellen Verfahren, eine Übernahme in der Ungleichung (5.3) dennoch nachvollziehbar abgebildet werden: Eine erwartete, relativ geringere Leistungsfähigkeit des AMV wird bei einer Investitionsentscheidung ex ante durch eine hohe Nutzenerwartung gegenüber dem im Vergleich zum konventionellen Substitut relativ hohen Preis überkompensiert, sodass das in Gleichung (5.3) strenge Ungleichheitszeichen gilt. Mit der Einführung der individuellen Nutzenrelation in die Entscheidungsfunktion kompetitiver Diffusionsprozesse ist es möglich, die Diffusion von AMV zu erklären, obwohl unter der Annahme der Gewinnmaximierung eine Übernahme des vollautomatischen Milchentzugs im Einzel-

5 Diskussion der Ergebnisse

fall abgelehnt werden müsste.

Mit der Nutzenrelation wird gegenüber der Leistungsrelation ein relativ unbestimmbarer Faktor in das Entscheidungskalkül zur Übernahme innovativer Investitionsgüter eingeführt. So sind die, vorwiegend die sozialen Aspekte des Milchentzugs beschreibenden Einzelnutzen lediglich qualitativ erfahrbar und entziehen sich einer direkten quantitativen Messung. Leistungsparameter bzw. Gewinnparameter sind hingegen aufgrund vergleichbarer leistungsbedingter Anwendungserfahrungen ex ante besser abzuschätzen als der erwartete, letztlich individuell determinierte Nutzen. Auch sind die die Leistungsfähigkeit eines AMV beschreibenden Anwendungserfahrungen einfacher von einem bisherigen Anwender auf die Einsatzgegebenheiten eines potentiellen Nutzers übertragbar, als dies bei den Aspekten des individuellen Nutzens eines AMV-Einsatzes der Fall ist.

Tritt neben die Leistungs- bzw. die Gewinnerwartung auch die Nutzenerwartung als Entscheidungsdeterminante zeigt sich, dass die jeweilige Gewichtung der beiden Faktoren zum Zeitpunkt der Investition die Investitionsentscheidung richtungsgebend determiniert. Hierdurch ist jedoch eine erhöhte Unsicherheit im Entscheidungsprozess des Landwirts begründet. Neben der Unsicherheit bzgl. des Eintritts der Leistungs- bzw. Gewinnerwartungen besteht zudem eine erhebliche zeitliche Unsicherheit in Bezug auf die Konstanz der Bewertung des relativen Nutzens eines AMV bzw. über die Relation von Leistungs- und Nutzenerwartung über die gesamte Lebensdauer der Investition hinweg. Insbesondere die Höhe einer durch einen AMV-Einsatz möglichen Zeitersparnis in der Milchviehhaltung sowie die erreichbare zeitliche Flexibilisierung der Arbeitsabläufe unterliegen neben einer betriebsindividuellen Ausprägung zudem einer individuellen Bewertung. So besteht im Falle einer Investitionsentscheidung für AMV zum einen die Gefahr, dass sich die im Vorfeld der Investition unterstellten Opportunitätskosten der Arbeitszeit in ihrer Höhe als zu hoch erwiesen haben bzw. die Arbeitszeiterparnis geringer ausfällt als zuvor vermutet. Zum anderen kann sich die Bewertung der individuellen Nutzenstiftung, so vor allem der zeitlichen Flexibilisierung der Arbeitsprozesse, der Arbeitserleichterung aber auch der Arbeitszeiterparnis zu Freizeit Zwecken im Zeitverlauf ändern. Das Risiko einer unternehmerischen Fehlentscheidung ist vor allem in der Unsicherheit begründet, dass im Zeitverlauf der Gewinnbeitrag einer Investition im Zielsystem des Milcherzeugers an relativer Bedeutung gewinnen und als Folge andere

5 Diskussion der Ergebnisse

Investitionsziele in den Hintergrund treten können.⁹¹⁹ Für die monetär nicht zu bewertende, individuelle relative Nutzenstiftung eines AMV gegenüber einer konventionellen Melktechnik bedeutet dies jedoch - insbesondere für den Fall einer nicht vorhandenen Wirtschaftlichkeit eines AMV-Einsatzes zum Investitionszeitpunkt - dass die sozialen Aspekte im Entscheidungskalkül von einem ursprünglichen Hauptziel zu einem Nebenziel zurückfallen können. So ist unstrittig, dass das oberste Ziel unternehmerischen Handelns der Unternehmenserhalt selbst ist - was auch für das Zielsystem eines landwirtschaftlichen Unternehmens unzweifelhaft anzunehmen ist. Im Hinblick auf die langfristige Existenzsicherung eines landwirtschaftlichen Unternehmens sind somit alle Ziele, die keinen Gewinnbeitrag zum Gegenstand haben, langfristig als Nebenziele zu betrachten; diese können langfristig nicht die verhaltensdeterminierende Wirkung wie die Gewinnziele haben. Insbesondere Schlüsselinvestitionen - wie die Entscheidung für ein Melksystem bei milchviehhaltenden Betrieben - können daher nur unter dem vorherrschenden Ziel der Gewinnerreichungsabsicht getätigt werden.

In der realen Entscheidungssituation des Landwirts kann es, über den gesamten Abschreibungszeitraum betrachtet, letztendlich als Ergebnis der nutzen-erweiterten Entscheidungsfunktion zu einer ungerechtfertigten Erhöhung des Übernahme-Arguments und somit zu einer Verfälschung des Funktionsergebnisses kommen. Auch kann eine Fehleinschätzung der erwarteten Nutzenrelation zu Gunsten des vollautomatischen Melkverfahrens, d. h. eine Überschätzung der Gewinnmöglichkeiten, eine fehlerhafte Investitionsentscheidung bedingen. Beide Aspekte führen im Ergebnis, auf die Gesamtzahl der Anwender übertragen, zu einer Über-Adoption von AMV. In der wirtschaftlichen Realität führen solche Entwicklungen im Diffusionsprozess zu Enttäuschungen der adoptierenden Landwirte und können in den Folgeperioden zu rückläufigen Diffusionsraten von AMV führen. Die negative Beeinflussung des Diffusionsprozesses kann bei einer Überadoption zu einem rückläufigen Diffusionsprozess führen, wobei einschränkend anzumerken ist, dass die Revidierung einer realisierten Investitionsentscheidungen zu Gunsten eines AMV mit hohen Deinvestitionskosten verbunden ist, was einer derartigen Entwicklung vermutlich entgegenstehen wird. Dennoch kann aufgrund einer Überadoption langfris-

⁹¹⁹ Insbesondere ist anzunehmen, dass vor dem Hintergrund einer sich verschlechternden Gewinnsituation des landwirtschaftlichen Unternehmens, eine Verschiebung der Gewichtung zu Gunsten der gewinnbeeinflussenden Leistungsmerkmale eines AMV vollzogen wird.

5 Diskussion der Ergebnisse

tig das Erreichen eines gleichgewichtigen Niveaus der Diffusion nicht verhindert werden, wobei ein konsistentes Verhalten der Landwirte vorauszusetzen ist. Der Diffusionsverlauf von AMV kann dabei über einen längeren Zeitraum starken Schwankungen unterworfen sein.

5.2 Integration der Angebotsseite in die Analyse des Diffusionsprozesses von AMV

Die strukturelle Entwicklung der Milchwirtschaft ist zum einen durch die langfristige Anpassung an die leistungsstärkste Technik als Resultat des Selektionsmechanismus und zum anderen durch eine kurzfristige Anpassung an die Angebotsstruktur auf den Faktormärkten gekennzeichnet, die durch den Preismechanismus determiniert wird. Insbesondere für den langfristigen Evolutionsprozess der Milcherzeugung ist der kurzfristige Preismechanismus für Produktionsfaktoren eine entscheidende Bestimmungsgröße, da die Investitions- und damit auch die Innovationsentscheidungen der Milcherzeuger maßgeblich hiervon abhängig sind. Die Preisstellung von AMV selbst ist dabei wesentlich von Annahmen zu Angebot und Nachfrage, also dem über den Markt koordinierten Zusammenspiel von Anbietern und Nachfragern von vollautomatisierten Melkverfahren abhängig. So ist es unter bestimmten Annahmen über die Wirkung des Preismechanismus und die Verhaltensmuster der beteiligten Wirtschaftssubjekte denkbar, dass aufgrund des kurzfristigen Preismechanismus sogar eine Umkehr von technischen Entwicklungstrends hervorgerufen werden kann: Erweist sich durch den Preismechanismus das Innovationsverhalten früher AMV-Übernehmer als falsch und ist die Innovationsentscheidung an kurzfristigen bzw. langfristig falschen Gewinnkriterien ausgerichtet, kann es zu einer Verlangsamung, Verhinderung oder selbst zu einer Rückentwicklung des technischen Wandlungsprozesses kommen.

Wie in der vorliegenden Arbeit ausführlich diskutiert, stellen Innovationsprozesse zu einem wesentlichen Teil Prozesse der industriellen Koordination, somit komplementäres Handeln dar. Dieser Koordinationsprozess ist jedoch oftmals von Asymmetrien geprägt. Die Gründe hierfür liegen in der unterschiedlichen Marktmacht der verschiedenen Industriegruppen sowie in Differenzen bezüglich der Informationskosten und der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Anwendung technischer Fortschritte. Werden diese Erkenntnisse auf den Markt vollautomatischer Melkverfahren

5 Diskussion der Ergebnisse

übertragen, zeigt sich aufgrund der hier herrschenden Asymmetrien zwischen der Gruppe der Hersteller und Anwendern von AMV aber auch zwischen den AMV-Herstellern selbst, dass die am Wandlungsprozess beteiligten wirtschaftlichen Gruppen nicht entsprechend ihres Einsatzes im Innovationsprozess entlohnt werden.⁹²⁰ Insbesondere die - vorübergehende oder dauerhafte - Monopolstellung eines AMV-Herstellers (Lely) ruft eine Verzögerung der Diffusion von AMV hervor, da für eine schnelle Ausbreitung dieser Technik sowohl eine horizontale Markt-Koordination innerhalb der Melktechnik-Branche u. a. mittels Lizenzvereinbarungen als auch eine vertikale Abstimmung mittels des Preismechanismus mit den AMV-Anwendern notwendig ist. Die Abhängigkeit des gesamten Diffusionsverlaufs von der individuellen Preis-Mengen-Strategie des marktbeherrschenden Anbieters Lely konnte oben dargelegt werden.

Im Hinblick auf die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den Akteuren auf der Angebotsseite von AMV kann festgehalten werden, dass rückläufige Diffusionsraten bzw. ein rückläufiger Diffusionsprozess von AMV auch durch Lerneffekte sowohl in der Herstellung der AMV selbst als auch bei der Herstellung von konventioneller Melktechnik hervorgerufen werden können. Treten bei der Herstellung von AMV Lerneffekte auf, könnten diese zu einer Kostensenkung bzw. zu einer Leistungssteigerung der konventionellen Melksysteme führen, wobei der positive Effekt bei diesen Melksystemen sogar höher ausfallen kann als bei den AMV selbst.

Hat sich ein gleichgewichtiges Verhältnis von relativen Preisen zur relativen Leistungsfähigkeit eingestellt, kann es aufgrund von Lerneffekten für die Hersteller von Melktechnik vorteilhafter sein, die Produktion von konventionellen Melksystemen zu Lasten von AMV auszuweiten als umgekehrt zukünftig eine wertmäßige Nachfrageerhöhung nach AMV relativ zu dem Preis für konventionelle Melktechnik zu unterstellen. Als Effekt steigt P_{AMV}/P_{Konv} bis zu dem Punkt, an dem eine weitere Substitution von konventioneller Melktechnik durch AMV für die Landwirte nicht mehr sinnvoll erscheint. Bedingen weitere anhaltende Lerneffekte eine dauerhafte Verringerung des Preises für konventionelle Melktechnik, kann dies langfristig zu einer sinkenden Nutzung von AMV führen.

⁹²⁰ Je nach Ausprägung der Asymmetrien kann der Diffusionsprozess verlangsamt bis verhindert werden.

Der wesentlichste Anstoß für einen reduzierten bzw. rückläufigen Diffusionsprozess von AMV geht jedoch von der anhaltenden Weiterentwicklung der Verfahren zum Milchentzug insgesamt aus. Selbst wenn sich in einer Periode eine Gleichgewichtsbeziehung zwischen den relativen Preisen und der relativen Leistungsfähigkeit von AMV eingestellt hat, kann durch die Einführung eines neuen Verfahrens bzw. durch die entscheidende Weiterentwicklung der konventionellen Melkverfahren – etwa durch die Automatisierung von Rotolaktoren⁹²¹ - die relative Leistungsfähigkeit gegenüber den relativen Preisen von AMV dergestalt sinken, dass die relative bzw. die absolute Nachfrage nach AMV in den Folgeperioden abnimmt.⁹²²

Die Diffusionsforschung hat es bisher aufgrund der einseitigen Betonung der sozio-ökonomischen Merkmale der potentiellen Nachfrager zur Erklärung von Diffusionsverläufen versäumt, auf den Zusammenhang von Angebotsstruktur und Diffusionsverlauf hinzuweisen. So kann sich, bei einer anfangs konkaven und im Zeitverlauf konvexen Angebotsfunktion von AMV selbst dann ein S-förmiger Diffusionsverlauf ergeben, wenn die potentielle Nachfrage mit einer konstanten Rate zunimmt. Dieses Angebotsverhalten liegt für den (beobachteten) Fall vor, wenn sich Melktechnikanbieter nur sehr langsam auf die Produktion von AMV umstellen. Erst bei Erreichen eines bestimmten Preis- bzw. Mengenniveaus reagieren die potentiellen Anbieter stärker auf Preissteigerungen und treten in den AMV-Markt ein. Wird im weiteren Verlauf eine bestimmte Höhe der Produktion erreicht, können wieder abnehmende Skalenerträge einen konvexen Funktionsverlauf hervorrufen. Hier ist der Diffusionsverlauf somit vom Verhalten der potentiellen AMV-Anbieter determiniert.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Art und Geschwindigkeit der Diffusion von AMV im wesentlichen von der Wechselwirkung und der Koordination von Angebot und Nachfrage abhängig sind. In ihrer tatsächlichen Ausgestaltung ist die Diffusion von AMV insbesondere von der Angebotsfunktion der Melktechnikhersteller geprägt.

5.3 Charakterisierung von AMV aus innovationstheoretischer Sicht

Im Hinblick auf die Charakterisierung von AMV aus innovationstheoretischer Sicht ist im ersten Schritt der Fragestellung nach zu gehen, ob mit dem Einsatz von AMV

⁹²¹ Eine mögliche Vollautomatisierung von konventionellen Melksystemen kann auch als ein Lerneffekt aufgrund der Entwicklung von AMV angesehen werden.

⁹²² Insgesamt ist festzuhalten, dass aufgrund des technischen Fortschritts Gleichgewichtszustände grundsätzlich als instabil anzusehen sind.

5 Diskussion der Ergebnisse

in der Milcherzeugung eine Effizienzsteigerung des Produktionsprozesses einhergeht, somit also ein technischer Fortschritt überhaupt vorliegt. Zur Messung des Prozessfortschrittes ist dabei auf die Produktivitätserhöhung einzelner Produktionsfaktoren abzustellen. Im Rahmen des horizontalen Produktivitätsvergleiches zwischen AMV und konventioneller Melktechnik konnte für die Arbeitsproduktivität gezeigt werden, dass die partielle Produktivität des Faktors Arbeit mit der Übernahme von AMV durch den landwirtschaftlichen Betrieb gestiegen ist. Hingegen ist die Effizienz des Kapitaleinsatzes gleichzeitig gesunken.⁹²³ Die Analyse der aufgetretenen Veränderungen zeigt mehrere Erklärungsansätze zur Erhöhung der partiellen Produktivität des Faktors Arbeit auf:

1. Verminderung der Einsatzmenge des Faktors Arbeit;
2. Erhöhung der Einsatzmenge des Faktors Kapital;
3. Effizienzsteigerung des Faktoreinsatzes durch technischen Fortschritt.

Wird für die Produktionsfunktion angenommen, dass sie in den beiden Faktoren Arbeit und Kapital linear-homogen sei, können Skaleneffekte ausgeschlossen werden. Gleichwohl sind die beiden Faktoren gegenseitig substituierbar. In dem hier zugrunde gelegten neoklassischen Modell unterliegt der intensive Einsatz des Faktors Kapital im landwirtschaftlichen Betrieb einem abnehmenden Ertragszuwachs. Der Anstieg der Arbeitsproduktivität und somit die Verschiebung der Produktionsfunktion nach oben, wäre somit hauptsächlich auf den technischen Fortschritt zurückzuführen. Die Wachstumsrate der Totalertragsfunktion setzt sich dabei jedoch sowohl aus einer Erhöhung der Fortschritts- als auch der Kapitalintensivierungsrate zusammen, wodurch beim Übergang zum AMV sowohl eine Verschiebung der Isoquante hin zum Ursprung als auch eine Drehung der Isoquante vorliegt. Diese Entwicklung liegt darin begründet, dass in der Periode vor der Übernahme von AMV die Grenzproduktivität der Arbeit gegenüber der Grenzproduktivität des Kapitals nur unterdurchschnittlich zugenommen hat. Entspricht nun im weiteren Verlauf der Produktionsanpassung aufgrund der Wirkung des technischen Fortschritts in Form von AMV wieder die Grenzrate der technischen Substitution dem Faktorpreisverhältnis,

⁹²³ Dabei ist einschränkend anzumerken, dass die jeweils anderen Faktoren in ihren Aufwandmengen nicht unverändert geblieben sind. In diesem Zusammenhang sei hier auf die in Kapitel 2 geführte Diskussion zur Abgrenzung technischer Fortschritte im Hinblick auf veränderte Faktorproduktivitäten verwiesen.

5 Diskussion der Ergebnisse

wird die Kapitalintensität bei einer konstanten Lohn-Zins-Relation erhöht, was zu einer Verringerung des Einsatzes des Faktors Arbeit im Produktionsprozess führt. Entsprechend ist mit dieser Entwicklung ein Absinken der Lohnquote im Produktionsprozess der Milcherzeugung verbunden. Da der Einsatz von AMV eine nicht-proportionale Erhöhung der Grenzproduktivitäten vorliegt, ist der Neutralitätsdefinition nach HICKS eindeutig widersprochen.

Die Veränderung der Produktionsfunktion aufgrund der Einführung von AMV führt in ihrem Ergebnis zu einer Veränderung der betrieblichen Kostenfunktion. Erfüllen AMV die Anforderungen der Definition des technischen Fortschritts im ökonomischen Sinn, liegt - unter Berücksichtigung der Konstanz der Preise der Produktionsfaktoren und insbesondere eines fixen Produktionsfaktors - eine Verschiebung der Gesamtkostenkurve nach unten vor. Die Konstanzannahme betreffend eines fixen Produktionsfaktors muss dabei jedoch für den Fall von AMV verworfen werden, da mit der Einführung des technischen Fortschritts der technische Anlagenbestand selbstredend verändert wird. Unter der Beachtung der vorgebrachten Kritik an der Klassifikation des technischen Fortschritts nach der Veränderung der Grenzkosten- und Grenzertragsfunktion und somit an der Klassifikation LANGES kann im Falle von AMV vielmehr der Klassifikation von OTT gefolgt werden, wonach die Limitationalität von zwei oder mehreren Produktionsfaktoren anzunehmen ist.

Unter der Annahme, dass in der Periode_{t+1} die ermolzene Milchmenge y unverändert bleibt und der Kapitalkostensatz q als auch der Lohnkostensatz l in der Milcherzeugung konstant ist, ist im Zwei-Faktoren-Modell unter Erfüllung des Minimalkostenprinzips c. p. eine Reduktion der Gesamtkosten in der Milcherzeugung folglich nur durch eine Änderung des mengenmäßigen Einsatzes der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital möglich. Wie dargelegt werden konnte zeigt sich, dass bei technischem Fortschritt - unter der Bedingung einer konstanten Produktionsmenge - das totale Differential der Gesamtkostengleichung dKy negativ sein muss und somit die Gesamtkosten in der Milcherzeugung sinken. Unter dem Eindruck einer steigenden Kapitalintensität und einer positiven Veränderung des Kapital- sowie einer negativen Veränderung des Arbeitskoeffizienten, ist im Ergebnis die Wirkung von AMV bei steigendem Kapitalaufwand arbeitssparend. Wird im Falle von AMV u. a. eine Bewegung auf der Isoquanten unterstellt, resultiert gleichzeitig eine Konstanz der totalen Grenzproduktivität. Hieraus ergibt sich jedoch, dass eine Verringerung

5 Diskussion der Ergebnisse

des Faktors Arbeit notwendigerweise durch einen (relativen) Mehreinsatz des Faktors Kapital ausgeglichen werden muss. Für den Einsatz von AMV bedeutet dies, dass die für das Vorliegen eines technischen Fortschritts notwendige Bedingung der Senkung der Gesamtkosten nur erfüllt werden kann, wenn die Nebenbedingung $dK \cdot q < dA$ erfüllt ist, somit die wegfallenden Kosten größer sind als die neu entstehenden. Diese notwendige Bedingung für die Einordnung von AMV als technischen Fortschritt ist jedoch, entsprechend der betrieblichen Einsatzbedingungen von AMV, nicht in jedem Fall gegeben. Liegt unter realen Einsatzbedingungen tatsächlich eine Senkung der realen Kosten und somit eine Verschiebung der partiellen Grenzproduktivitäten der Faktoren Arbeit und Kapital auf der neuen Isoquante vor, bestätigt sich die Annahme, dass technische Fortschritte, die eine relativ unterschiedliche Veränderung der partiellen Grenzproduktivitäten bewirken, mit einer Faktorsubstitution verbunden sind. Auch unter Beachtung der Kostenfunktion ist zu dem Schluss zu kommen, dass im Falle von AMV sowohl ein Fortschritts- als auch ein Substitutionseffekt vorliegt.

Um Faktoreinsatzbeziehungen mechanisierter landwirtschaftlicher Produktionsverfahren, besonders im Bereich der Tierhaltung, noch realitätsnaher abzubilden, ist in Erweiterung des zuvor besprochenen Modells von OTT eine weitgehende Komplementarität der Faktoren, d. h. eine linear-limitationale Faktoreinsatzbeziehung, die durch das jeweilige technische Verfahren bedingt ist, zu diskutieren. Ausgehend von den Modellüberlegungen SOLOWS zur Zeitabhängigkeit des technischen Fortschritts können Investitionen in der Landwirtschaft unter Berücksichtigung des Kapitalstocks und in Abhängigkeit des Investitionsjahres als Vehikel des technischen Fortschritts angesehen werden. Die Betrachtung der landwirtschaftlichen Praxis zeigt dabei eindeutig, dass der technische Fortschritt nicht in neuen als auch in alten Kapitalausstattungen gleichermaßen zum Tragen kommt, demnach faktorgebunden vorliegt. So erfordert die Einführung eines neuen Produktionsprozesses und damit des technischen Fortschritts i. d. R. Bruttoinvestitionen in Maschinen, Gebäude und Einrichtungen. Das Wirksamwerden von Produktivitätssteigerungen ist dementsprechend an den Einsatz verbesserter Produktionsfaktoren, so von AMV, gebunden. Neben dem Investitionszeitpunkt als Ausdruck der Leistungsfähigkeit des (jeweils) neuartigen Melkverfahrens, besteht zudem eine weitgehend determinierte Verbindung der genutzten Melkverfahren mit dem Einsatz des Input-

5 Diskussion der Ergebnisse

faktors Arbeit. Die Input-Relation der beiden bestimmenden Faktoren Arbeit und Kapital ist somit abhängig vom jeweiligen Investitionszeitpunkt. Da bei Vorliegen einer derart linear-limitationalen Produktionsfunktion nur ein einziges Produktionsverfahren ein – betriebsabhängig - effizientes Erreichen eines Produktionsergebnisses in der Milcherzeugung erlauben kann, tritt daher, soll ein höheres Produktionsniveau erreicht werden, an die Stelle der Faktorsubstitution die Prozesssubstitution. In Bezug auf den Produktionsprozess Milcherzeugung bedeutet dies, dass durch den Faktor, für den das Verhältnis von Inputmenge und Inputkoeffizient minimal ist - i. d. R. ist dies der Engpassfaktor Arbeit-, das Produktionsniveau der Milcherzeugung entsprechend begrenzt wird. Da jedoch die Variation der Faktorrelation im tatsächlichen Investitionsprozess zeitlich nur vor der Einführung des technischen Fortschritts frei gewählt werden kann und nach dem Investitionszeitpunkt ausschließlich eine limitationale Beziehung zwischen den Inputfaktoren besteht, ist sowohl die produktionstheoretische Prämisse einer völligen Substitutionalität (Substitutionselastizität = ∞) als auch die einer völligen Limitationalität im Rahmen der Leontief-Produktionsfunktion (Substitutionselastizität = 0) als unrealistisch anzusehen. Das für die Investition in Melktechnik folglich festzustellende „putty-clay“-Modell SOLOWS einer ex-ante Substitutionalität sowie einer ex-post Limitationalität der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital hat dabei allerdings einen erheblichen Einfluss auf die Entscheidungssituation des landwirtschaftlichen Unternehmers. Aufgrund der langfristigen Determiniertheit der Faktoreinsatzrelation basiert die Investitionsentscheidung nun auf einer für den gesamten Investitionszeitraum erwarteten Faktorpreisrelation, wodurch sich eine bedeutende Unsicherheit für den Milchviehhalter ergibt. Insbesondere die Einschätzung der Preisentwicklung und die Einschätzung der Verfügbarkeit des Faktors Arbeit ist daher im Investitionskalkül bezüglich der Wahl einer Melktechnik von zentraler Bedeutung.

Obwohl der technische Fortschritt im Falle von AMV, wie oben ausgeführt, faktorgebunden auftritt, kann dennoch SOLOWS Embodied-Konzept hier nicht gefolgt werden, wonach der melktechnische Fortschritt unabhängig von ökonomischen Variablen, so etwa dem Faktorpreisverhältnis, autonom auftritt. Zwar wird der melktechnische Fortschritt, wie gezeigt, in der Gestalt neuer Kapitalgüter wirksam, ist jedoch - entgegen der Annahme SOLOWS – dabei u. a. von der Höhe der Kapitalbildung abhängig und damit nicht einzig eine Funktion der Zeit. Auch kann Solows Erklä-

5 Diskussion der Ergebnisse

rungsansatz eines inhomogenen Jahrgangkapitals als Träger des technischen Fortschritts hier nicht gelten, da die am Markt zur Verfügung stehenden melktechnischen Anlagen durch ein weites Spektrum bezüglich des technischen Stands und der jeweiligen Faktorbeanspruchung charakterisiert sind. Zudem ist die technische Entwicklung, was die Einsparung des Faktors Arbeit als den Kern des technischen Fortschritts betrifft, bei AMV und konventionellen Melkverfahren unabhängig von einander verlaufen: Mit der Entwicklung von AMV als einem gänzlich neuen Melk- und Haltungsverfahren wurde der bisherige Trend der fortlaufenden Weiterentwicklung des personengebundenen Melkprozesses verlassen. Die Ansicht, dass der technische Fortschritt als autonome Variable aufzufassen sei, muss somit, zumindest für den hier betrachteten Fall, als empirisch widerlegt angesehen werden.

Vielmehr erscheint die Erklärung von Ursache und Ausrichtung des technischen Fortschritts in der Milcherzeugung als endogene und damit systemabhängige Variable deutlich problemadäquater. Hier stehen, wie oben herausgearbeitet, insbesondere die beiden Modelle der Faktor-Induzierung und der Investitions-Induzierung als Erklärungsmodelle zur Verfügung.

Zum einen ist die auf HICKS zurückgehende Überlegung zu diskutieren, dass die Einführung von AMV in die Landwirtschaft durch eine Änderung der Faktorpreisrelationen verursacht sei. Die Verteuerung des Faktors Arbeit führt entsprechend den Annahmen dieses Modells, unter Zugrundelegung der Gewinnmaximierungshypothese, zur Einführung arbeitsplatzsparender technischer Fortschritte in der Milcherzeugung. Das Modell basiert somit auf der zentralen Annahme der negativen Korrelation zwischen dem Faktorpreis- und dem Einsatzverhältnis der Faktoren Arbeit und Kapital. Zwar wird das Konzept des induzierten technischen Fortschritts, insbesondere der Ansatz von HAYAMI und RUTTAN von HENRICHSMEYER und WITZKE als hilfreich bewertet, um die langfristigen Tendenzen agrarsektoraler Entwicklung erklären zu können;⁹²⁴ dennoch zeigt sich deutlich, dass auf der Grundlage des Konzepts des faktorpreis-induzierten technischen Fortschritts die Diffusion von AMV nicht hinreichend erklärt werden kann. Besonders in der Erklärung des Optimierungsverhaltens von innovierenden Landwirten greift die ausschließliche Betrachtung der Relation von Kapitalentlohnung und Lohnrend deutlich zu kurz. Zum einen kann nicht eine einzelne Faktorpreisrelation isoliert von allen anderen im Produkti-

⁹²⁴ HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 247.

5 Diskussion der Ergebnisse

onsprozess eingesetzten Faktoren als entscheidend für die Übernahme technischer Fortschritte betrachtet werden. Zum anderen sind zur Erklärung des Adoptionsverhaltens in der Landwirtschaft sowohl verhaltensdifferenzierende Merkmale als auch die Eigenschaften des jeweiligen Betriebs sowie des Produktionsprozesses Milchviehhaltung mit zu berücksichtigen. So zeigt die Einführung von AMV deutlich auf, dass die neue Technik zwar zu einer Erhöhung der Kapitalintensität führt, folglich ein arbeitssparender Bias vorliegt, jedoch nicht primär die Einsparung des Faktors Arbeit sondern, je nach betrieblicher Situation, vielmehr dessen stärkere zeitliche Flexibilisierung den entscheidenden Innovationsimpuls auslöst. Auch sind die innovierenden Milchviehhalter bestrebt, nicht nur einen Faktor einzusparen, sondern vielmehr über das gesamte Faktorbündel hinweg die Situation der Minimalkostenkombination zu erreichen. Zudem kommen teilweise in hohem Maße hedonistische Überlegungen im Investitionsprozess zu Gunsten von AMV zum Tragen, sodass die neue Technik – abhängig von der jeweiligen Einsatzsituation - deutliche Eigenschaften eines Konsumguts tragen kann. So konnte gezeigt werden, dass die Investitions-Entscheidung für eine neue Melktechnik nicht primär auf ökonomischen Erwägungen beruht. Vielmehr sind insbesondere soziale und arbeitswirtschaftliche Motivationen im Übernahmeprozess entscheidend. Für den Einsatz von AMV muss daher festgehalten werden, dass eine exogen auftretende Verteuerung des Faktors Arbeit auch in der Milchviehhaltung c. p. zu einer Substitution von Arbeit und Kapital führt. Jedoch gelangt mit der Einführung von AMV nicht generell effektiveres Kapital in den Milcherzeugerbetrieben zum Einsatz.

Auch dem Modell des investitionsinduzierten technischen Fortschritts kann im Falle von AMV nur eingeschränkt gefolgt werden. Zwar wird auch in diesem Modellansatz die Annahme vertreten, dass Neuerungen aufgrund von Bruttoinvestitionen zum Tragen kommen. Ebenso kann der These gefolgt werden, dass aufgrund von speziellen Lerneffekten AMV als neue Produktionsfaktoren produktiver zu handhaben sind als bisherige Melktechniken. Dass darüber hinaus entsprechend KALDORS Überlegungen zur technischen Fortschrittsfunktion jedoch mit der Kapitalintensivierung der Produktion auch neues technisches Wissen produziert und somit weiterer technischer Fortschritt induziert wird, ist für den Einsatz von AMV zurück zu weisen. Da mit Hilfe von AMV ausschließlich Konsumgüter (Lebensmittel) und keine neuen Kapitalgüter hergestellt werden, wird aufgrund der Bruttoinvestition neu entstande-

5 Diskussion der Ergebnisse

nes Wissen nicht unmittelbar in der Produktion neuer und verbesserter Kapitalgüter wirksam.

Dennoch kommt der Frage nach Lerneffekten im Zuge der Nutzung AMV sowohl im Hinblick auf die technische Entwicklung in der Milcherzeugung als auch im Hinblick auf Veränderungen der Qualität des eingesetzten Humankapitals eine nicht zu unterschätzende Relevanz zu. Landwirte erwerben sich im Laufe der Anwendung von AMV Befähigungen – so u. a. im Bereich des Precision Livestock Farming - die sich nachfolgend in Form einer verbesserten Tätigkeits-Ausübung niederschlagen. Diese Erfahrungsakkumulation stellt, im Gegensatz zur zielgerichteten Akkumulation von Wissen bzw. Sachkapital, ein nicht geplantes Neben- bzw. Koppelprodukt der Einführung von AMV dar. Die intertemporal positiv wirkenden Lern- und Erfahrungseffekte beziehen sich zunächst lediglich auf die jeweiligen Tätigkeitsfelder eines Individuums. Wird in einem erweiterten Ansatz ein Humankapital-Aggregat betrachtet, so sind zudem intra- und interbetriebliche Erfahrungs-Spillovers möglich. ARROWS Modell der Lernprozesse, insbesondere jedoch der „Learning-by-using“-Ansatz von ROSENBERG, der sich speziell auf Erfahrungen in der Nutzung von Kapitalgütern bezieht, findet demnach dahingehend Bestätigung, dass sich aufgrund von Bruttoinvestitionen neben der gegenwärtigen Produktionskapazität gleichzeitig auch die zukünftige Produktivität aufgrund neuen technologischen Wissens erhöht. Es ist auch im hier betrachteten Fall zu unterstellen, dass mit steigendem Nutzungsumfang von AMV die Produktivität des Faktors Arbeit zunimmt und folglich die Grenzkosten sinken, wodurch sich steigende dynamische Skalenerträge einstellen können. Aufgrund dieser, als Lerneffekte aufzufassenden, steigenden dynamischen Skaleneffekte sinken die Durchschnittskosten der Produktion in den Folgeperioden. Hier entsteht die Verbindung zum organisatorisch-technischen Fortschritt, da nicht-kapitalgebundene technische Fortschritte erst dann realisiert werden können, wenn die in den Folgeperioden eingesetzten Arbeitskräfte über ein vergleichbar höheres Wissen verfügen, als die Arbeitskräfte in der Periode t . Somit ist gezeigt, dass sich Produktionsprozess und Wissensstand gegenseitig beeinflussen, wodurch die Produktionsfunktion bei einem Einsatz von AMV eine Änderung ihrer selbst generiert.

Die Existenz hoher Lernraten bei der Übernahme von AMV ist zum einen in der hohen Komplexität von AMV als Produktionsprozess begründet. Zum anderen lie-

5 Diskussion der Ergebnisse

gen noch keine Einsatzerfahrungen in der Nutzung dieser Technik vor, sodass die übernehmenden Landwirte in der ersten Nutzungsphase nicht an ihrer langfristigen Effizienzgrenze operieren.⁹²⁵ Um diese Effizienzgrenze zu erreichen, sind kontinuierliche Interaktionen zwischen Herstellern und Anwendern von AMV erforderlich, die im Zuge von Lernprozessen zu Modifikationen der Technik führen. Eine optimale Nutzungs- und Wartungsstrategie ergibt sich somit sukzessive aufgrund der Lernprozesse während der Nutzung von AMV mit dem Ziel, den mit dem Kapitalgut zu erzielenden Nettoertragsstrom zu maximieren.

Obwohl den Modellen ARROWS und ROSENBERGS eine modellexterne Bewertung des technischen Fortschritts zu Grunde liegt, können dennoch hieraus hilfreiche Ansätze für die Bewertung von AMV gewonnen werden. So erscheint die Auftrennung des „composite“-Kapitalstocks und damit die Einführung einer eigenständigen Erfahrungsakkumulation zur Endogenisierung der Variable Wissen, modelltheoretisch nachvollziehbar und sinnvoll.

Vielfach wird in der Innovationsforschung a priori unterstellt, dass die schnelle und vollständige Diffusion einer Innovation ökonomisch wünschenswert sei, sobald die ökonomischen Bedingungen für die Existenz einer Innovation – folglich die Verschiebung der Isoquante hin zum Ursprung – vorliegen. Dennoch kann es betriebsindividuell eine erfolgreichere Strategie darstellen, die Neuerung vorläufig bzw. gänzlich abzulehnen.

Es obliegt der individuellen Bewertung des landwirtschaftlichen Betriebsleiters betreffend seine Einschätzung zu den betrieblichen Einsatzbedingungen und zur zukünftigen Entwicklung am Arbeits- und Milchmarkt, mittels welcher Adoptionsstrategie - frühzeitige, spätere oder keine AMV-Übernahme – der Unternehmenserfolg am nachhaltigsten sichergestellt werden kann. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass ex ante eine generalisierte Aussage über die Wirkung von AMV auf den betrieblichen Erfolg nicht getroffen werden kann. Eine generelle Gleichsetzung von AMV-Übernahme und Betriebserfolg ist jedoch in jedem Falle unzulässig.

⁹²⁵ Eine gleichlautende Feststellung kann auch für die Hersteller und Service-Organisationen getroffen werden.

6 Zusammenfassung

Die Melkarbeit, welche einen hohen Anteil am Gesamtarbeitsbedarf der Milcherzeugung einnimmt, stellt eine für die Arbeitskraft physisch stark belastende Tätigkeit dar. Insbesondere die im Milchentzug begründete, zeitlich unflexible Bindung der eingesetzten Arbeitskräfte, ist kennzeichnend für diesen Betriebszweig. Diesem Umstand entsprechend wurden in den letzten zwei Jahrzehnten verstärkt Anstrengungen unternommen, den Melkvorgang zu automatisieren.

Mit den vollautomatischen Melkverfahren (AMV) steht nun erstmals eine Technik zur Verfügung, mit welcher der Melkvorgang zeitlich weitgehend unabhängig vom Landwirt durchgeführt werden kann. Ausgehend von den Niederlanden, werden seit Mitte der neunziger Jahre die ersten Anlagen auch in deutschen Praxisbetrieben eingesetzt. Die große Bedeutung der Einführung der AMV-Technik als „Schlüsseltechnologie“ für die milcherzeugenden Betriebe ist unbestritten, obwohl die ökonomischen Potentiale und Wirkungen dieser Neuerung bisher nur unzureichend dargestellt worden sind. Die in AMV zum Ausdruck kommende zunehmende Komplexität technischer Neuerungen in der Landwirtschaft sowie die wachsende Geschwindigkeit ihrer Ausbreitungen haben dabei zu einem gesteigerten Interesse an den Folgewirkungen einer zunehmenden Technisierung geführt.

Für die AMV als Einzeltechnologie liegt bisher kein Konzept einer umfassenden Technikwirkungsanalyse vor. Zudem sind AMV seither nicht im Hinblick auf ihre innovationstheoretische Einordnung beschrieben worden. Gleichzeitig werden unter dem Eindruck der bisherigen Adoption von AMV, in dem besonders in der agrarökonomischen Forschungstradition verankerten modelltheoretischen Vorgehen Diffusionsprozesse mittels nachfragebasierten Epidemiemodellen zu erklären, modellbedingte Einschränkungen in der Abbildung der Realität offenkundig.

Ausgehend von diesem Kenntnisstand stellt sich für die agrarökonomische Forschung somit die Aufgabe, die Erklärungsmodelle zu Entstehung, Wirkung und Verbreitung technischer Fortschritte als Grundlage einer Technikwirkungsanalyse für AMV einer umfassenden Bewertung zu unterziehen. Insgesamt sind dabei die Parameter herauszuarbeiten, die den Adoptions- und Diffusionsprozess von AMV determinieren.

6 Zusammenfassung

Ziel der vorgelegten Arbeit ist es, den Diffusionsprozess von Innovationen in der Landwirtschaft am Beispiel der Markteinführung von vollautomatisierten Melksystemen zu untersuchen. Ausgehend von den Überlegungen zur Betrachtung von Innovationsprozessen in verschiedenen wirtschaftstheoretischen Modellen, werden vor dem Hintergrund der Theorien zur Analyse des technischen Fortschritts, ausgewählte Ansätze und Methoden zur Technikfolgenabschätzung in der Landwirtschaft diskutiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in der Entwicklung einer Gesamtkonzeption zur Technikwirkungsanalyse für vollautomatisierte Melkverfahren zusammengeführt.

Als Teil einer Technikwirkungsanalyse für AMV ist die Übernahme-Motivation der neuen Technik durch die potentiellen Nutzer empirisch zu erfassen. Die in der Literatur vorliegenden Erkenntnisse wurden dabei durch eine schriftliche Befragung von 5.210 milcherzeugenden Betrieben mit über 30 Milchkühen in vier deutschen Molkereiegebieten ergänzt.

Die hohen Investitionskosten von AMV stellen zur Zeit das größte Innovationshemmnis dar. Auch die mit der Umstellung der Melktechnik verbundenen Anpassungskosten sowie die Erwartung eines hohen Wartungs- und Reparaturaufwandes werden von den Nichtübernehmern als wichtige Argumente gegen eine Investition in AMV genannt.

Arbeitswirtschaftliche und soziale Argumente stehen dagegen für potenzielle Technikübernehmer im Vordergrund ihrer Entscheidungsfindung. So sind hier gesundheitliche Aspekte sowie eine erwartete hohe zeitliche Flexibilität und Arbeitszeiterparnis zu nennen. Ein weiterer Beweggrund ist im Streben nach einer größeren Unabhängigkeit von Lohnarbeitskräften zu sehen.

Die im Vergleich zu konventionellen Techniken, insbesondere auf Grund hoher Investitionskosten bestehenden Kostennachteile, verbunden mit niedrigen Opportunitätskosten für die in Familienbetrieben durch ein AMV freigesetzte Arbeitszeit, stehen einer Technikübernahme in größerem Umfang zur Zeit entgegen. Zudem werden künftige betriebliche Entwicklungsschritte aufgrund sprunghafter Kostenverläufe zusätzlich erschwert. Die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel werden in Folge des durch staatliche Markteingriffe bedingten Kapitalbedarfs für den Erwerb von Milch-Vermarktungsrechten dabei zusätzlich eingeschränkt.

6 Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass, obwohl der relative Anschaffungspreis von AMV deren relative Produktivität übersteigt – die Substitutionsrelation somit einer Übernahme von AMV entgegensteht – dennoch eine Übernahme der innovativen Melktechnik aufgrund individueller Nutzenerwägungen stattfindet. Mit der dargelegten Einführung der individuellen Nutzenrelation in die Entscheidungsfunktion kompetitiver Diffusionsprozesse ist es nun möglich, die Diffusion von AMV zu erklären, obwohl unter der Annahme der Gewinnmaximierung eine Übernahme des vollautomatischen Milchentzugs im Einzelfall abgelehnt werden müsste. Eine weitere Spezifizierung der nutzen-erweiterten Entscheidungsfunktion könnte maßgeblich zu einer ex ante Schätzung von Diffusionsprozessen in der Landwirtschaft beitragen.

Für die Mehrzahl der potentiellen Nutzer von AMV ist jedoch anzunehmen, dass die Leistungs- und Gewinnerwartungen die vorwiegend sozialen und arbeitswirtschaftlichen Nutzenerwartungen dauerhaft überlagern. Dieses Erkenntnis steht damit der Erwartung einer idealtypischen S-förmigen Verteilungsfunktion der AMV-Übernehmer entgegen. Gegenüber der bisherigen Tradition der nachfrageorientierten Diffusionsforschung konnte hier vielmehr für AMV ein durch die Anbieterseite determinierter Diffusionsprozess nachgewiesen werden. Da sich Diffusionsprozesse aufgrund der zunehmenden Komplexität der Neuerungen auch in der Landwirtschaft verstärkt als Prozesse industrieller Koordination darstellen werden, sollte die bisherige einseitige Betonung der sozioökonomischen Merkmale der potentiellen Übernehmer zugunsten einer verstärkten angebotsorientierten Diffusionsforschung aufgegeben werden. Entsprechend sind auch zukünftige Technikfolgenabschätzungen explizit auf die Hersteller von Neuerungen zu erweitern.

Insgesamt kann mit Hilfe des Konzepts des faktorpreis-induzierten technischen Fortschritts die Diffusion von AMV nicht hinreichend erklärt werden. Dies insbesondere auch deshalb, da mit der Einführung von AMV nicht generell effektiveres Kapital in den Milcherzeugerbetrieben zum Einsatz kommt. Ob AMV als technischer Fortschritt im ökonomischen Sinne zu bewerten sind, ist dabei von den individuellen betrieblichen Einsatzgegebenheiten abhängig.

Im Hinblick auf die zukünftige sektorale Entwicklung der Milcherzeugung kann daher festgestellt werden, dass auf die zu erwartende Marktdiffusion vollautomatisierter Melkverfahren mittelfristig keine die Struktur der milcherzeugenden Betriebe beeinflussenden Effekte zurückzuführen sind.

Summary

The process of milking, which takes up a high amount overall of the total workload of dairy production, represents a highly demanding physical activity for the farmer. Particularly the temporally commitment of the assigned staff that is with the milking process is typical for dairy farming. Accordingly, we have seen increased efforts within the last two decades to further the automation of the milking process.

With the fully automated milking systems (AMS), we have a technique available to perform the milking process largely independent from the dairy farmer for the first time. Based on results in the Netherlands, we observe first utilization of this innovation on German farms since the mid-nineties as well. The high significance of the introduction of AMS as a “key technology” for dairy farms is indisputable, although the analysis of the economic potential and value of this new technology has been insufficient so far. The complexity of technical innovations in farming that is shown in the AMS, as well as the growing speed of their expansion have led to a higher interest in the subsequent effects of increased mechanization.

A concept of a comprehensive analysis of the technological impact for AMS doesn't exist so far. Further, AMS have not been described in terms of their classification within innovation-theory yet. At the same time, we get the impression that with the adoption process of the AMS technology, limitations of the model-based theory become obvious in reality. Particularly in the field of agricultural economics research we traditionally find the model-based approach, where diffusion processes are explained by epidemic models based on demand.

Based on this knowledge, we have to confront the agricultural economic research with the task to carefully investigate the explanatory-models for the development, impact and expansion of technical advancement as a basis of a technological assessment for AMS. Overall, the parameters that determine the adoption and diffusion process have to be pointed out.

The objective of this thesis is to investigate the diffusion process of innovations in farming following the example of introducing fully automated milking systems on the market.

Coming from observations of innovation processes in the context of various models based on economic theory, certain approaches and methods for the technological assessment in farming will be discussed against the background of theories to analyse technical advancement. The gained insights will be combined in the development of an overall concept for the

analysis of the technical impact for fully automated milking systems.

Part of the analysis of technical impact for AMS is to capture the motivation of potential users to adopt this new technology in an empirical study. The available results from literature were supplemented by a written survey of 5.210 dairy farms with more than 30 dairy cows in four German dairy farming areas.

The high investment costs of AMS are the main obstacle for this innovation at the moment. Also the associated costs for adaptation of the milking technique as well as the expectation of a high maintenance effort are important arguments from non-adopters against an investment in AMS.

Social arguments are on the other hand the main factors for potential adopters in their decision making process. Possible examples are health aspects or the expected flexibility and time saving. Another reason can be found in the pursuit for greater independence from contract workforce.

Compared to conventional techniques, the disadvantages of high investment costs as well as the low opportunity cost in the case of family farms through the time saving aspect of AMS prevent a more extensive adoption of this new technology at the moment. Additionally, future economical development will be hindered by the specific structure fixed costs of AMS. The financial funds of farms will be further limited through governmental market interventions in order to acquire additional milk quotas.

Therefore it can be shown, that even if the relative cost of purchasing AMS is higher than its relative productivity, we still see adoption of the innovative milking technique based on individual benefits. With the presented introduction of the individual benefit theory that plays a role in decision-making process of competitive techniques, it is now possible to explain the diffusion of AMS, even though the adoption of AMS in terms of maximizing profit would have to be rejected in single cases. A further specification of the decision-making factors with regards to personal benefits could be very helpful for ex ante estimations of diffusion processes in farming.

For the majority of potential users of AMS we can assume that expectations of performance and profit will outweigh the mostly social and economical benefits expected in the long term. This insight is opposed to the expected S-shaped distribution of AMS adopters. Contrary to the present tradition of demand-based diffusion research, for AMS we were able to

prove a diffusion process that is determined more by supply-side. Due to the fact of increased complexity of innovations in the diffusion processes, also in the agricultural sector, where processes are more and more described in terms of industrial coordination, one should give up the one-sided emphasis of socio-economical characteristics of potential adopters in favour of a growing supply-oriented diffusion research. Accordingly, we also have to expand future technological assessments specifically on manufacturers of these innovations.

All in all, we are not able to explain the diffusion of AMS sufficiently with the concept of factor-price-induced technical change. This is also shown in the fact that in spite of the introduction of AMS, we don't necessarily use more effective capital in dairy farms. The question, if we can see AMS as a technical advancement from an economical point of view, is therefore dependent on the individual circumstances for their use on dairy farms.

In view of the future development in this sector of dairy production we can therefore realize, that in terms of the expected market diffusion of automated milking systems in the foreseeable future, we won't see big changes in the structure of the dairy farms that can be traced back to the introduction of AMS.