

4 Adoption und Diffusion von AMV

4.1 Entwicklung und Ausbreitung technischer Fortschritte im Milchentzug

4.1.1 Zurückliegende technische Entwicklungen

Die Produktivitätssteigerung aufgrund der Übernahme technischer Fortschritte ist für die Tierhaltung im Vergleich zum Ackerbau erst deutlich später festzustellen. Hierbei ist insbesondere der Bereich des mechanisch-technischen Fortschritts hervorzuheben, der in der Bodenbewirtschaftung schon früh in der Substitution von Arbeit durch Kapital zum Ausdruck kam.⁶⁸⁵

Obwohl die Haltung von Rindern ab dem Jahre 6.000 v. Chr. nachgewiesen ist⁶⁸⁶, fand die Entwicklung des Rindes zum Haustier im achten bis zehnten Jahrhundert v. Chr. statt. Die Milchleistung des Rindes stand aber erst mit dem Beginn der Neuzeit im Vordergrund der Haltung und drängte fortan andere Nutzungsziele – je nach Rasse – stark in den Hintergrund. Die Anfänge der modernen planmäßigen Rinderzucht sind erst für das Ende des 18. Jahrhunderts dokumentiert.⁶⁸⁷

⁶⁸⁵ Vgl.: DOLUSCHITZ, R. [Technischer Wandel], S. 10.

⁶⁸⁶ Die ältesten Zeugnisse der Verwendung des Rindes als Milchtier gehen auf die Sumerer zurück. Vgl.: PARAU, D. [Milchentzug], S. 16 und NEUHAUS, U. [Weisse Quellen], S. 74-77.

⁶⁸⁷ Die Rinderhaltung wurde zuvor vorwiegend zur Versorgung mit Fleisch und Fellen betrieben. In einem weiteren Entwicklungsschritt erlangte die Arbeitsleistung des Rindes zunehmend an Bedeutung. Noch bis zum Mittelalter war die Ziege ein hauptsächlichlicher Milchlieferant. Vgl.: GOTTSCHALK, A. u.a. [Rinderzucht], S. 11.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Tabelle 1: Zeittafel bedeutender technischer Entwicklungen in der Milchviehhaltung

| Zeitpunkt | Entwicklung |
|------------------|---|
| um 1817 | Erste Versuche mit Melkröhrchen |
| 1836 | BLURTON-Patent zum Einsatz von Melkröhrchen |
| 1860 | Vakuum-Handmelkmaschine von COLVIN |
| 1879 | BALDWIN - Patent für eine Saug-Melkmaschine |
| 1892 | Patent von SOUTHERS und WEIR zur Zweitakt-Pulsation |
| 1895 | Einführung des sog. „Unterbrechers“ (Pulsator) von SHIELDS in der „Thistel-Melkmaschine“ (THISTEL) |
| 1897 | LAWRENCE-KENNEDY-Melkmaschine (Weiterentwicklung der Thistel-Melkmaschine) |
| 1903 | Zweiraum-Melkbecher aus Metall (GILLIES) in der „LAWRENCE-KENNEDY-GILLIES-Melkmaschine“ (LAWRENCE, KENNEDY, GILLIES) |
| 1910 | Erster „Echelon“-Stall von BOYCE (Vorgänger des Fischgräten-Melkstandes, Australien) |
| 1925 | Entwicklung einer Milchsleuse (sog. „Releaser“) im Rohrsystem von Melkanlagen („Releaser“-Rohrmelkanlagen, DE LAVAL) |
| 1926 | Tandemaufstallung und Nutzung eines speziellen Arbeitsganges zum Milchentzug (Vorgänger des Tandem-Melkstandes, AB SEPARATOR, Schweden) |
| 1930 | Weltweit erster Rotolaktor (New Jersey, USA; Hersteller: DE LAVAL) |
| 1952 | Erster moderner Fischgrätenmelkstand von SHARP (Neuseeland) |
| Ab 1970 | Stärkere Verbreitung von Melkständen, Prozesssteuerung, Teilautomatisierung und EDV-gestütztes Herdenmanagement sowie Wissenschaftlich-technische Bemühungen um vollautomatisches Melken |

Quelle: ALFA LAVAL AGRI [Melkfibel], S. 3-11; DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 1-34; HERRMANN, K. [Vom Röhrchen zum Roboter], S. 75-88; PARAU, D. [Milchentzug], S. 47-84; RABOLD, K. [Milchgewinnung], S. 36-39; BISCHOFF, T. [Produktionstechnik], S. 74-83; FLEISCHMANN, W. [Milchwirtschaft], S. 122-123.

4 Adoption und Diffusion von AMV

In etwa zeitgleich mit der beginnenden Selektion der Rinderbestände nach definierten Zuchtzielen wurden erste Versuche zur Erleichterung der Melkarbeit unternommen. Den Beginn einer Reihe von technischen Entwicklungen stellt das Patent von BLURTON (1836) dar, welcher sog. „Melkröhrchen“ als Katheder zur Drainierung des Euters einsetzte.⁶⁸⁸ In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, über die Nachahmung des Handmelkens bzw. des Saugens des Kalbes das Melken zu mechanisieren, wobei sich vakuum-basierte Verfahren durchsetzen konnten. Diese wurden maßgeblich über die Nutzung von Vakuumschwankungen in Metallmelkbechern mit Gummieinsatz (STRUTHERS und WEIR, 1892 und HARTNETT 1893), die Einführung des „pulsierenden Vakuums“ (Unterbrechers) als Vorläufer des Pulsators (SHIELDS, 1895) sowie die Entwicklung des Zweiraummelkbeckers (HULBERT und PARK, 1902 sowie GILLIES, 1903)⁶⁸⁹ zur heutigen Zweitakt-Melkmaschine⁶⁹⁰ weiterentwickelt. Bereits 1903 konnte von GILLIES in den USA eine Melkmaschine vorgestellt werden, welche im Prinzip alle noch heute verwendeten Bauteile umfasste.⁶⁹¹

Ohne kommerziellen Erfolg blieben letztlich vakuumbasierte Verfahren, welche ausschließlich auf dem Saugprinzip beruhen.⁶⁹² Diese mit einem Einraummelkbecher ausgestatteten Geräte sind in der Regel durch beträchtliche Nachteile bezüglich der Eutergesundheit, der Milchleistung der Tiere sowie der Melkleistung gekennzeichnet.⁶⁹³ Weitere vom dominierenden Grundprinzip der zeitlich gesteuerten Pulsation im Zweiraummelkbecher abweichende Verfahren stellen die Systeme des „kontinuierlichen Milchentzuges“⁶⁹⁴ sowie das Verfahren des „Schwingungs-

⁶⁸⁸ Vom ersten Versuch, das Handmelken durch mechanisch wirkende Vorrichtungen zu ersetzen, wird für das Jahr 1817 berichtet. Vgl.: PARAU, D. [Milchentzug], S. 48.

⁶⁸⁹ Es ist nicht bekannt, ob der von HULBERT und PARK entwickelte Mehrraum-Melkbecher über das Stadium der Entwicklung hinaus gelangte. Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 12.

⁶⁹⁰ Ebenso wurden Dreitakt-Melkmaschinen entwickelt. So kamen in der Sowjetunion Maschinen zum Einsatz, bei denen zwischen Saug- und Entlastungstakt ein Ruhetakt eingefügt wurde. Vgl.: SCHLEITZER, G. [Melkroboter], S. 58. HAPPEL entwickelte 1963 ein Verfahren, bei welchem die Zitze eine völlige Entlastung vom Vakuum im dritten Takt erfuhr. Vgl.: RABOLD, K. [Milchgewinnung], S. 36.

⁶⁹¹ Vgl.: GOTTSCHALK, A. u.a. [Melken], S. 37.

⁶⁹² Jedoch waren Maschinen, basierend auf diesem Prinzip, noch bis in die fünfziger Jahre am Markt erhältlich. Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 19.

⁶⁹³ Vgl.: PARAU, D. [Milchentzug], S. 53.

Jedoch wurde auch dieses Funktionsprinzip weiterentwickelt. Vgl.: TOLLE, A.; HAMANN, J. [PME-System], S. 72-92. Weiterführend siehe hierzu: BMELF [Fortschritte in der Milchproduktion].

⁶⁹⁴ Vgl.: TOLLE, A.; HEESCHEN, W. [Dauerkatheter], S. 60-72.

melkens“ dar, deren wirtschaftliche Bedeutung jedoch gering geblieben ist.⁶⁹⁵

4.1.2 Ausbreitung technischer Fortschritte im Milchentzug

Ökonomische Notwendigkeiten sowie die Möglichkeit der breiten Anwendung des technischen Fortschritts stellen die grundlegenden Faktoren der schnellen Ausbreitung von Anlagen zum maschinellen Milchentzug dar. Der Innovationsprozess von Melkmaschinen lässt sich zeitlich in drei Phasen einteilen:

Phase I: Entwicklungsphase (bis 1920)

Antrieb zum Einsatz von Melkanlagen war in der ersten Phase neben Aspekten der Arbeitserleichterung vor allem das Bestreben, Arbeitskräfte durch den Einsatz von technischen Anlagen mittels Kapital zu substituieren.⁶⁹⁶ Da in den stark wachsenden Volkswirtschaften das Wertgrenzprodukt des Arbeitseinsatzes in den außerlandwirtschaftlichen Sektoren (sekundärer und tertiärer Sektor)⁶⁹⁷ deutlich schneller steigt als in der Landwirtschaft selbst, traten hier vor allem Betriebe mit Lohnarbeitsverfassung in einen sich intensivierenden Wettbewerb um Arbeitskräfte ein.⁶⁹⁸

Die aufgrund einer geringeren Produktivität des Faktors Arbeit im Vergleich zur übrigen Wirtschaft geringere Grenzentlohnung der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte ließ die Opportunitätskosten der in der Landwirtschaft tätigen Personen in dieser Phase stark ansteigen.⁶⁹⁹ Somit lässt sich erklären, dass es vor allem größere milchviehhaltende Betriebe mit Lohnarbeitsverfassung waren, welche als Pioniere des Melkmaschineneinsatzes auftraten. Auch die vorzufindende regionale Verteilung des frühen Einsatzes von Anlagen des technischen Milchentzuges (hier in ers-

⁶⁹⁵ Vgl.: BISCHOFF, T. [Produktionstechnik], S. 80.

⁶⁹⁶ Vgl.: FLEISCHMANN, W. [Milchwirtschaft], S. 122.

⁶⁹⁷ Zur Sektorenabgrenzung nach FISHER, FOURASTIÉ, CLARK und WOLFE in der Drei-Sektoren-Hypothese vgl.: KNOTTENBAUER, K. [Strukturwandel], S. 64-114.

⁶⁹⁸ Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 1.

⁶⁹⁹ Unter der Annahme, dass sich der Arbeitnehmerhaushalt auf dem Arbeitsmarkt als Mengenanpasser verhält und somit die Entlohnung l ($l_{landw.}$, $l_{gew.}$) nicht beeinflussen kann, wird hier ein Angebotsverhalten der Arbeitsleistung unterstellt, was unter Berücksichtigung verschiedener Mobilitätshemmender Einflussgrößen ein Maximum an Einkommen ermöglicht. Bei der Betrachtung der Arbeitsnachfrage wird angenommen, dass die Grenzkosten, bezogen auf die Arbeitseinsatzmenge, dem Lohnsatz gleichzusetzen sind ($l = \frac{\Delta A}{\Delta A} \times l$, bei $\Delta K = \Delta A \times l$). Als Entscheidungsregel lässt sich somit für den Unternehmer der Lohnsatz dem Wertgrenzprodukt der Arbeit gleichsetzen: $l = \frac{\Delta x}{\Delta A} \times p$.

Vgl.: HENRICHSMEYER, W. u.a. [Volkswirtschaftslehre], S. 101-103; SEEL, B. [Ökonomik], S. 196-

4 Adoption und Diffusion von AMV

ter Linie Neuseeland, Australien, Großbritannien und die USA) ist auf die beschriebene Wettbewerbssituation um Arbeitskräfte zurückzuführen.⁷⁰⁰

Phase II: Konsolidierungs- und Reifungsphase (1920 bis 1940)

Die zweite Phase der Ausbreitung von Melkmaschinen ist durch eine Konsolidierung im Markt gekennzeichnet. So erfuhren die in der ersten Phase gefundenen Grundprinzipien der Technik keine einschneidende Weiterentwicklung.⁷⁰¹ Hingegen wurden Verbesserungen bei der Verwendung der eingesetzten Materialien erreicht. Die dennoch festzustellenden Fortschritte in der Anwendung der Technik sind in dieser Zeitspanne in erster Linie auf Erfahrung aus der praktischen Anwendung in landwirtschaftlichen Betrieben und nicht auf eine allgemeine, objektivierende Forschungstätigkeit zurückzuführen.⁷⁰² Der verstärkte Fokus auf anwendungsbedingte Probleme führte jedoch vor allem gegen Ende dieser Phase zu einer intensiveren Beachtung der bovinen Mastitis.⁷⁰³ Vor dem Hintergrund der konjunkturell bedingten Unterbeschäftigung während der Weltwirtschaftskrise der 1930er Jahre können jedoch allgemein relativ geringe ökonomischen Anreize festgestellt werden, arbeitssparende technische Fortschritte zu entwickeln und folglich in ihrer Anwendung im landwirtschaftlichen Betrieb weiter Arbeit durch Kapital zu substituieren. Die in dieser Phase aufgrund der hohen Verfügbarkeit von Arbeitskräften geringe Faktorentlohnung sowie niedrige Produktpreise für die erzeugte Rohmilch waren Gründe für eine verhaltene Marktentwicklung. Landwirte, die dennoch einen Vorteil in der Nutzung des technischen Fortschritts sahen, übernahmen überwiegend solche technische Lösungen, die es erlaubten, mit geringem Kapitalkaufwand bestehende Gebäude ohne bauliche Veränderungen zu nutzen. Die weite Verbreitung von Eimermelkanlagen, zu welchen auch die Hängeeimer-Melkmaschinen zählen, ist hierauf zurückzuführen.⁷⁰⁴ Der Markt für Melkmaschinen war insgesamt von Ge-

234; MANKIW, N. G. [Volkswirtschaftslehre], S. 416-426.

⁷⁰⁰ So wurden bereits 1906 in Australien ca. 20.000 Kühe mit der LAWRENCE-KENNEDY-GILLIES-Melkmaschine gemolken. Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 14.

⁷⁰¹ Jedoch ist hier auch auf interessante Einzelentwicklungen, wie beispielsweise auf Melkstandanlagen hinzuweisen, die erst später eine verbreitete Anwendung erfuhren.

⁷⁰² Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 22.

⁷⁰³ Vgl.: MUNCH-PETERSEN, E. [Bovine Mastitis] sowie LITTLE, R. B. [Bovine mastitis].

Zum Zusammenhang des Maschinenmelkens mit dem Auftreten der bovinen Mastitis sei hier exemplarisch auf A. J. BRAMLEY und A. TOLLE u.a. verwiesen. Vgl.: BRAMLEY, A. J. [Mastitis], S. 343-372; TOLLE, A. [Infektionsrisiko der bovinen Milchdrüse], S. 15-50.

⁷⁰⁴ Auch fällt die erste Marktdiffusion von einfachen Weidemelkanlagen (HOSIER-Melkanlagen) in Neuseeland in diese Periode. Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 24-26.

4 Adoption und Diffusion von AMV

räten für den vorwiegenden Einsatz in Familienbetrieben geprägt. Hier stand nicht in erster Linie die Reduzierung der aufzuwendenden Entlohnung für eingesetzte Arbeitskräfte als Investitionsanreiz im Vordergrund, sondern die Entlastung der Familienarbeitskräfte während der Melkarbeit bei wachsenden Betriebs- und Herdengrößen.

Phase III: Ausbreitungsphase (ab 1940)

Wie aus den oben getroffenen Ausführungen sowie aus den Anwenderzahlen in Übersicht 9 hervorgeht, stellen Australien und Neuseeland frühe Zentren sowohl in der Entwicklung und Produktion von Melkmaschinen als auch in der Anwendung dieser Geräte dar (Pioniermärkte). Der Unterschied im Umfang der Nutzung von Melkanlagen zu Beginn der vierziger Jahre zwischen Ozeanien und den anderen dargestellten Ländern ist augenfällig. So wurde in Ozeanien zu dieser Zeit bereits in über 50% der Betriebe eine Melkanlage eingesetzt, wohingegen in Mitteleuropa noch unter 5% der Milcherzeuger eine Melkanlage zum Einsatz brachten.

Übersicht 9: Einsatz von Melkmaschinen in ausgewählten Ländern Anfang der 1940er Jahre¹

| Land | Anteil der Betriebe mit Melkmaschine (%) | Land | Anteil der Betriebe mit Melkmaschine (%) |
|------------------------|--|-------------|--|
| Neuseeland | 55 | Niederlande | 3 |
| Australien | 55 | Belgien | 2 |
| Schweden | 35 | Deutschland | 0,2 |
| Vereinigtes Königreich | 30 | Frankreich | 0,2 |
| USA | 10 | | |

¹Zu diesem frühen Stadium des Einsatzes von Melkmaschinen lassen sich noch keine exakten Zahlen für deren Einsatzumfang weltweit ermitteln, weshalb die hier aufgeführten Zahlen lediglich eine Schätzung für die aufgeführten Länder darstellen.

Quelle: BRAMLEY, A. J.; DODD, F.; MEIN, G.; BRAMLEY, J. A. [Machine milking and lactation] S. 27.

Die speziellen Gegebenheiten der Milchproduktion in Australien und Neuseeland waren die Grundlage für die, im Vergleich zu anderen Regionen, schnelle Adoption

4 Adoption und Diffusion von AMV

von Melkmaschinen. Diese sind:⁷⁰⁵

- Die sich schon früh abzeichnende geringe Verfügbarkeit von Arbeitskräften in der Milchviehhaltung;
- Die im Vergleich zu anderen Produktionsregionen im Durchschnitt größeren Betriebe,
- Die geringen Gebäudeinvestitionen;
- Die geringeren Verkaufserlöse pro kg Milch.

Aufgrund der kriegsbedingten Verknappung und der sich anschließend abzeichnenden geringen Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Arbeitskräften im Zuge eines einsetzenden starken wirtschaftlichen Wachstums gewann der Melkmaschineneinsatz weltweit zunehmend an Bedeutung. In den USA und Großbritannien, wo die durchschnittliche Herdengröße am schnellsten wuchs, wurde 1970 in nahezu allen Betrieben eine Melkanlage genutzt. In Mitteleuropa war, aufgrund der langsameren Herdenentwicklung, dieser Status erst 1980 erreicht.⁷⁰⁶ Die schnelle Ausbreitung der Melktechnik in dieser Phase ist zum einen auf die technischen Innovationen zurückzuführen, mit denen es möglich war, Arbeitskräfte einzusparen und gleichzeitig die Qualität der Arbeitserledigung zu verbessern. Zum anderen förderten die veränderten wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen – verstärktes Betriebsgrößenwachstum bei steigenden Opportunitätskosten sowie Wunsch nach Arbeitserleichterung – die Diffusion der Technik.

In Deutschland wurde 1896 die erste Melkmaschine eingesetzt, wobei es sich hier um eine Anlage vom Typ THISTLE handelte.⁷⁰⁷ Nachdem in den Folgejahren die Möglichkeit des maschinellen Milchentzuges auf ein „beachtliches Interesse“ gestoßen war,⁷⁰⁸ ging der Umfang von eingesetzten Melkmaschinen jedoch im Zeitraum zwischen 1914 und 1920 wieder zurück. So waren 1924 im Deutschen Reich

⁷⁰⁵ Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 21f.

⁷⁰⁶ Vgl.: DODD und HALL betonen vor allem die Bedeutung der unabhängigen Forschung zur Generierung von Innovationen in der Melktechnikentwicklung und damit zur Diffusion ab 1950. Vgl.: DODD, F.; HALL, H. [History and Development], S. 28.

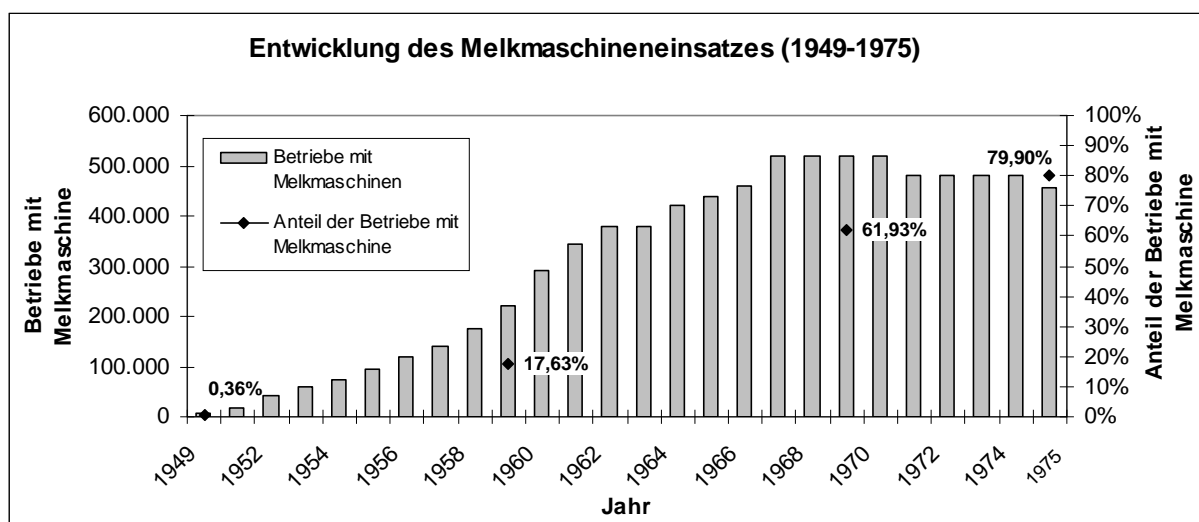
⁷⁰⁷ Der Ersteinsatz einer Melkmaschine fand auf dem Gut Fritzow bei Kolberg (Pommern) statt. Vgl.: FLEISCHMANN, W. [Milchwirtschaft], S. 122.

⁷⁰⁸ Dies spiegelt sich in der Vielzahl von Entwicklungen in diesem Zeitraum wider. So wurden in der Zeit von 1908 und 1914 mehr als 20 Melkmaschinentypen bekannt. Vgl.: PARAU, D. [Milchentzug], S. 58.

4 Adoption und Diffusion von AMV

nur etwa 50 Melkanlagen verschiedenen Typs im Einsatz.⁷⁰⁹ Erst ab Mitte der Zwanziger Jahre zeigte sich eine stark wachsende Nachfrage nach Melkmaschinen. So kamen in den Jahren 1925 bis 1930 etwa 12.000 Maschinen zum Ersteinatz. Eine deutlichere Marktentwicklung setzte in Deutschland ab 1950 ein. 1949 setzten erst 0,36% aller westdeutschen Betriebe eine Melkanlage ein, 1959 waren es bereits 17,63%. Nach einer weiteren dynamischen Marktentwicklung stagnierte die Zahl der eingesetzten Maschinen ab 1967 (vgl. Abbildung 15). Dennoch stieg der Anteil der Betriebe mit Melkmaschine aufgrund des anhaltenden strukturellen Anpassungsprozesses der milcherzeugenden Betriebe weiter an und erreichte 1975 einen Wert von ca. 80%.

Abbildung 15: Entwicklung (Diffusion) des Melkmaschineneinsatzes in der Bundesrepublik Deutschland von 1949-1975¹



¹Bis einschl. 1963 ohne Berlin (West); der Wert für das Jahr 1953 ist aus dem Wert des Vor- und Folgejahres gemittelt.

Quelle: BMELF/BMVEL (Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, versch. Jahrgänge). Eigene Berechnung und Darstellung.

⁷⁰⁹ Vgl.: HERRMANN, K. [Vom Röhrchen zum Roboter], S. 81.

4.2 Automatische Melkverfahren im Kontext des Precision Livestock Farming

4.2.1 Die integrierte rechnergestützte Landwirtschaft (Precision farming)

Die Entwicklung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft wird nach SCHÖN im Wesentlichen von den verschiedenen landwirtschaftlichen Entwicklungstendenzen bestimmt. Aus diesen lassen sich Anforderungen für den weiteren technischen Fortschritt sowie die technischen Entwicklungslinien ableiten, wodurch neue Möglichkeiten für Innovationen in der Landwirtschaft eröffnet werden.⁷¹⁰ Als wesentliche Entwicklungstendenzen können hier die Steigerung der Flächen-, Arbeits- und Kapitalproduktivität isoliert werden.⁷¹¹

Die landwirtschaftliche Produktion unterliegt somit einer permanenten Veränderung ihres technischen und wirtschaftlichen Umfelds, welche

- in einer zunehmenden Verflechtung zwischen landwirtschaftlichen Unternehmen und ihren Geschäftspartnern,⁷¹²
- in der fortlaufenden Umgestaltung der unternehmensinternen Organisations- und Entscheidungsstrukturen sowie
- in der Wirkung technischer Fortschritte, in naher Zukunft vor allem der Informations- und Kommunikationstechnik,

zum Ausdruck kommt. Diese Entwicklungen bedingen in Verbindung mit der Notwendigkeit einer wettbewerbsfähigen, faktoreffizienten Produktionsgestaltung eine zunehmende Bedeutung des Faktors Information für landwirtschaftliche Unternehmen.⁷¹³

Im Produktionsprozess fungiert demzufolge Information als Produktionsfaktor, da erst durch dessen Einsatz die verschiedenen Be- und Verarbeitungsaufgaben im Produktionsprozess initiiert und gelenkt werden können.⁷¹⁴ Somit wird die Generie-

⁷¹⁰ Vgl.: SCHÖN, H. [Rechnergestützte Produktion], S. 13.

⁷¹¹ Vgl.: STEINHAUSER, H.; LANGBEHN, C.; PETERS, U. [Landwirtschaftliche Betriebslehre], S. 180ff sowie SCHÖN, H. [Rechnergestützte Produktion], S. 13ff.

⁷¹² Zur Informations-Beziehung zwischen Landwirten und Geschäftspartnern vgl.: CASADY, W. W.; PFOST, D. L. [Farmer-Dealer Relationships]: S. 975–982.

⁷¹³ Als Übersichtswerk zu Stand und Einsatz der Agrarinformatik vgl.: DOLUSCHITZ, R.; SPILKE, J. [Agrarinformatik].

⁷¹⁴ Der effiziente Einsatz des Faktors Information hat somit einen entscheidenden Einfluss auf die

4 Adoption und Diffusion von AMV

rung und Weitergabe (Kommunikation) von nützlichen Informationen zu einem kritischen Faktor für den Unternehmenserfolg.⁷¹⁵ Kommunikationspartner sind dabei alle am Führungs- und Entscheidungsprozess beteiligten Produktionsfaktoren, woraus sich Kommunikationsbeziehungen zwischen Arbeitskräften und technischen Anlagen mit- als auch untereinander ergeben. Auf der Grundlage dieser Kommunikationsprozesse werden Informationen für Entscheidungsmodelle bereitgestellt, die, etwa auf der Basis eines Vergleichs von SOLL⁷¹⁶- und IST-Werten, in ihren Ergebnissen zu einer optimalen Faktoreinsatzkombination, also zu einer höchstmöglichen Effizienz des Faktoreinsatzes führen sollen. Der Nutzen eines solchen Vorgehens im Entscheidungsprozess hängt jedoch für KUHLMANN zum einen von der Definition zulässiger Handlungsalternativen und damit von der aufwendigen Gewinnung von operationalen SOLL-Werten ab. Zum anderen ist für diesen Autor die Qualität der Bestimmung der auf einen Produktionsprozess einwirkenden Input-Variablen von entscheidender Bedeutung für den Nutzen von Entscheidungs-Unterstützungs-Systemen.⁷¹⁷ Vor allem die biotisch determinierten, landwirtschaftlichen Produktionsprozesse sind von raum- und zeitvarianten Input-Variablen stark beeinflusst. Die tiefe Kenntnis aller die Produktionsfunktion bestimmenden Gesetzmäßigkeiten und Einflussvariablen stellt somit die Grundlage der Entscheidungsfindung dar. Die Feststellung und Zuordnung der Werte, welche diese Variablen einnehmen können, ist somit Voraussetzung für eine optimale Produktionsgestaltung.⁷¹⁸ Dabei muss die Möglichkeit der zeitnahen Beeinflussung der Inputvariablen im Produktionsprozess gegeben sein.

SCHÖN erkennt jedoch, dass gerade in der landwirtschaftlichen Produktion der Informationsgewinnung und -verarbeitung enge Grenzen gesetzt sind, was im Hinblick auf eine wettbewerbsfähige Produktion eine Verbesserung des Informationsmanagements unabdingbar macht. Um das Informationsmanagement landwirtschaftlicher Unternehmen zu verbessern, zeichnen sich vor allem zwei Ansatz-

Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens. Eine Analyse der Eigenschaften des Produktionsfaktors „Information“ gibt BODE, J. [Produktion von Information], S. 77–96.

⁷¹⁵ Vgl.: AUERNHAMMER, H. [IT in der Landwirtschaft], S. 10–14.

⁷¹⁶ SOLL-Werte liegen hier in der Form von sach-, zeit- und raumbezogenen Werten vor. Vgl.: KUHLMANN, F. [Informationstechnologie], S. 9.

⁷¹⁷ Vgl.: KUHLMANN, F. [Informationstechnologie], S. 9ff.

⁷¹⁸ Vgl.: KUHLMANN, F. [Informationstechnologie], S. 11ff.

4 Adoption und Diffusion von AMV

punkte für technischen Fortschritt ab:⁷¹⁹

- die selbsttätige Führung technischer Teilvorgänge sowie
- die Unterstützung von Führungs- und Entscheidungsprozessen.

Technische Fortschritte, welche sich in einer Leistungssteigerung der Informations- und Kommunikationstechnik ausdrücken, führten in der Vergangenheit zu Kostenreduzierungen bei der automatisierten Prozessdatenerfassung sowie der Prozesssteuerung. Die bisherige Entwicklung zeigt, dass Grenzkosten der Informationsgewinnung zunehmend von dem zu erwartenden Grenznutzen der Information überstiegen werden.⁷²⁰ Die automatisierte Datenerfassung bildet dabei den Ausgangspunkt der integrierten rechnergestützten Landwirtschaft, welche die rechnergestützte Prozessführung und die rechnergestützte Entscheidungsfindung miteinander vereint.⁷²¹ Diese, auch als Precision Agriculture bezeichnete Produktionsweise, zeichnet sich durch die Nutzung einer möglichst umfassenden Information aller für eine Prozesssteuerung relevanter, produktionsbeeinflussender Variablen aus. Dabei erlaubt eine Vernetzung von Sensorik, Steuerungs- und Regelungselektronik die Realisierung von Automatisierungsvorgängen.⁷²² Die präzise und differenzierte Erfassung von Umwelt- und Produktionsdaten sowie der auf dieser Basis gesteuerten Produktionsprozesse führen, wie in Abbildung 16 dargestellt, im Bereich der Landbewirtschaftung (Precision Forestry, Precision Farming) zu einer flächenspezifischen Bewirtschaftung⁷²³ und im Falle der Tierhaltung (Precision Livestock Farming) zu einer Einzeltierbetrachtung.⁷²⁴

⁷¹⁹ Vgl.: SCHÖN, H. [Rechnergestützte Produktion], S. 19.

⁷²⁰ Vgl.: SCHÖN, H.; AUERNHAMMER, H. [Prozesssteuerung und Automatisierung], S. 130–140.

⁷²¹ Vgl.: SCHÖN, H. [Rechnergestützte Produktion], S. 20.

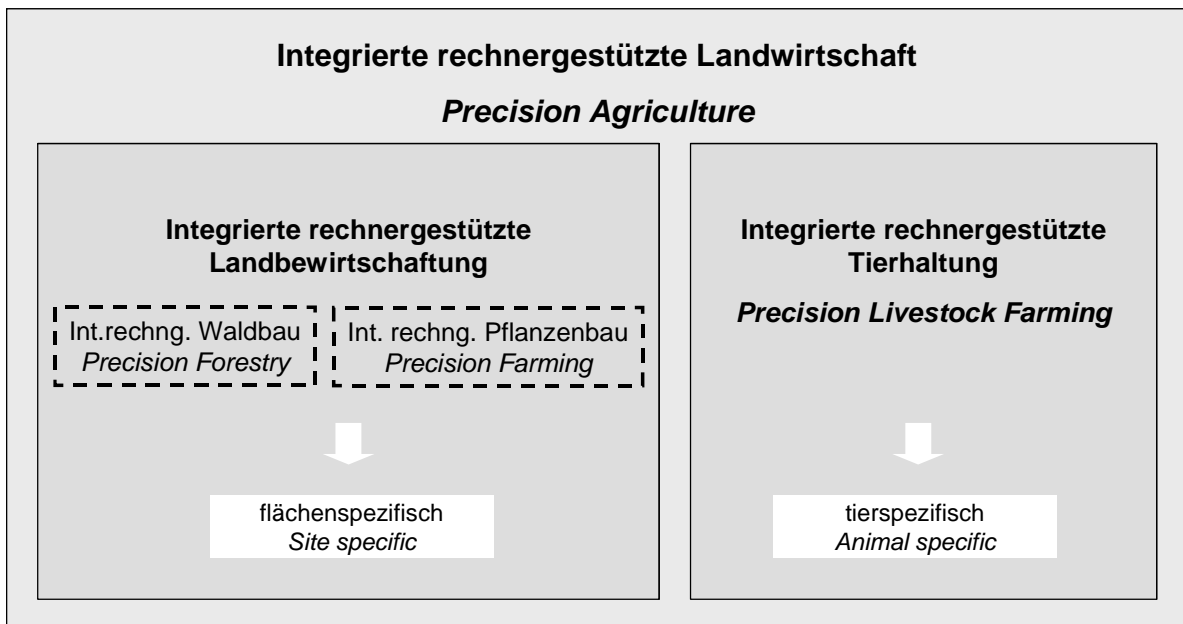
Zu grundsätzlichen Erwägungen bzgl. der im Precision Farming eingesetzten Technik vgl.: SCHUELLER, J. K. [Technology], S. 33–44.

⁷²² Vgl.: SCHÖN, H. [Entwicklungstendenzen], S. 34–37 sowie DOLUSCHITZ, R.; JUNGBLUTH, T. [Precision Agriculture], S. 166–170.

⁷²³ Die Literatur zum Precision farming ist, vor allem was die flächenspezifische Bewirtschaftung betrifft, vielfältig. Vgl. exemplarisch: BELL T. [GPS], S. 53–66, LECHNER, W.; BAUMANN, S. [Global navigation satellite systems], S. 67–85 sowie EARL, R.; THOMAS, G.; BLACKMORE, G. S. [The potential role of GIS], S. 107–120.

⁷²⁴ Als Anwendungsebenen sind sowohl die Betrachtungen der Prozesse auf der Ebene des Einzeltiers, der Tiergruppe als auch des Tierbestandes (Abteil, Stall) möglich. Vgl.: BÜSCHER, W. [Prozesssteuerung/ -automatisierung], S. 245.

Abbildung 16: Rechnergestützte Verfahren in der Landwirtschaft



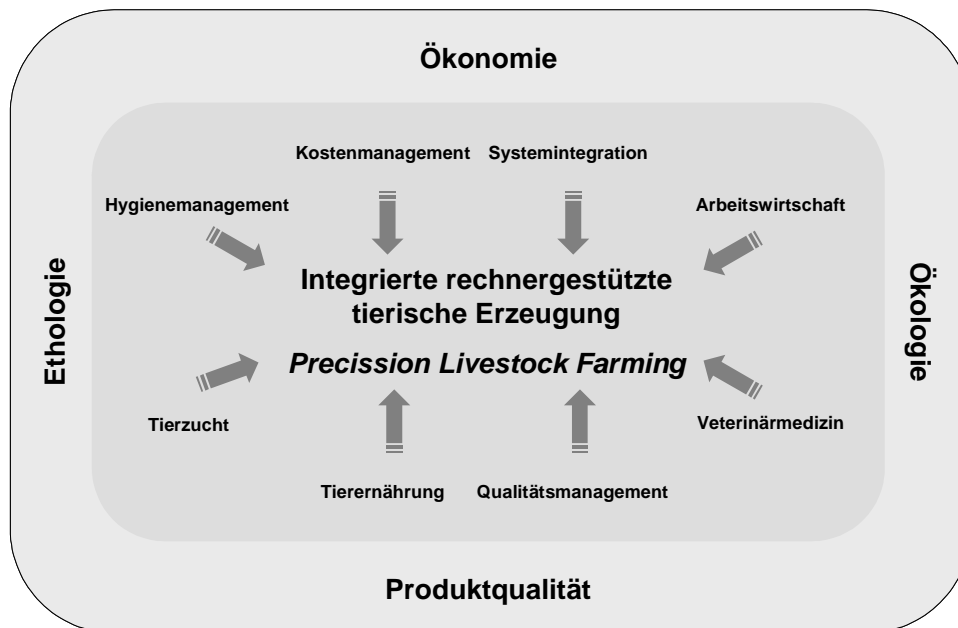
Quelle: Eigene Darstellung nach AUERNHAMMER, H. [Elektronikeinsatz], S. 51 sowie SCHÖN U.A. [Precision Livestock farming], S. 1.

4.2.2 Precision Livestock farming

Die Notwendigkeit, Umwelt- und Produktionsinformationen exakt und differenziert zu erfassen und diese in integrierten rechnergestützten Produktionsverfahren zur Steuerung von Prozessen heranzuziehen, gilt, wie in Kapitel o. a., nicht nur für den Pflanzenbau, sondern auch für die Tierhaltung. Die Verfahren der Tierproduktion sind grundsätzlich, wie in Abbildung 17 beschrieben, in ihrer Ausgestaltung durch Ökonomie, Ökologie, Ethologie und Produktqualität determiniert.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 17: Einfluss- und Bestimmungsfaktoren des Precision Livestock Farming



Quelle: Eigene Darstellung und Ergänzung nach RATSCHOW, J.-P., [Auswirkungen], S. 6.

In den Verfahren des Precision Livestock Farmings werden diese Einflussfaktoren mit Maßnahmen des Produktionsprozesses in die Prozess- und Unternehmenssteuerung integriert. Als Ziele der integrierten rechnergestützten Verfahren der Tierhaltung können folgende Punkte festgehalten werden:⁷²⁵

- Physische und psychische Entlastung des eingesetzten Personals;
- Allgemeine Verbesserung der Arbeitsergebnisse;
- Verbesserung der Produktqualität;
- Verminderung verschiedener mit der Produktion verbundener Risiken;
- Verbesserung der Haltungsbedingungen des Tieres (artgerechte Tierhaltung);
- Anpassung der Input-Faktoren an den Bedarf des Tieres;
- Reduzierung des Umweltverbrauchs;
- Unterstützung des Personals bei Managementaufgaben;
- Verminderung der Präsenznotwendigkeit des Personals.

⁷²⁵ Vgl.: BÜSCHER, W. [Prozesssteuerung/ -automatisierung], S. 241 (Aufzählung ergänzt).

4 Adoption und Diffusion von AMV

In ihrer Summe führen diese Ziele hin zu einer Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz⁷²⁶ der Produkte und Produktionsverfahren sowie, durch eine Senkung der Produktionskosten, zu einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion.⁷²⁷ Für die Erreichung der oben formulierten Ziele ergeben sich für die rechnergestützte Produktionssteuerung in der Milchviehhaltung (Precision Dairy Farming) nach SCHÖN, ARTMANN und SCHLÜNSEN

- die Herdenführung,
- die Fütterung,
- die Tierüberwachung sowie
- automatische Melk- und Haltungssysteme

als Einsatzbereiche für rechnergestützte Systeme.⁷²⁸ Diese Anwendungen bedürfen als Voraussetzung der Tieridentifizierung,⁷²⁹ der individuellen Erfassung von Milchleistung und -qualität sowie der individuellen Futterzuteilung.⁷³⁰ Die einzelnen Funktionsbereiche Füttern, Liegen und Melken können so optimal gestaltet werden. Der zentrale Funktionsbereich „Melken“ erlaubt bereits in Melkständen moderner Bauart die tierindividuelle Zuordnung von Milchfluss und Milchmenge, sowie der elektrischen Leitfähigkeit und der Milchtemperatur.⁷³¹ Die noch bestehenden Defizite in der Datengewinnung und Prozesssteuerung im Precision Dairy Farming können letztlich nur durch eine Vollautomatisierung des Melkvorganges erreicht werden.⁷³² Der Einsatz zahlreicher Sensoren in vollautomatisierten Melkverfahren gibt

⁷²⁶ Die zukünftigen gesellschaftlichen Anforderungen an die landwirtschaftliche Nutztierhaltung werden bei KETELLAR-DE LAUWERE, C. U.A. diskutiert. Vgl.: KETELLAR-DE LAUWERE, C. U.A. [livestock farming systems], S. 26–31.

⁷²⁷ JUNGBLUTH führt aus, dass die Milchviehhaltung, wie andere Betriebszweige auch, zukünftig zu einer verstärkten Kontrolle der Input-Output-Relationen gezwungen ist. Vgl.: JUNGBLUTH, T. [Prozesssteuerung], S. 76.

⁷²⁸ Vgl.: SCHÖN, H.; ARTMANN, R.; SCHLÜNSEN, D. [Produktionssteuerung in der Milchviehhaltung], S. 165. Zum Überblick über die Prozesssteuerung in der Milchviehhaltung vgl.: KLINDWORTH, M. [Prozesssteuerung].

⁷²⁹ Zu aktuellen Möglichkeiten elektronischer Tieridentifizierung vgl. weiterführend: WENDL G.; KLINDWORTH, M.; KLINDWORTH, K. [Elektronische Kennzeichnungssysteme], S. 45, KLINDWORTH, M. u.a. [Transponder], S. 32–37 sowie PIRKELMANN, H. u.a. [elektronische Tierkennzeichnung], S. 34–40.

⁷³⁰ Vgl.: BRUNSCH, R. [Precision Farming], S. 74–78 sowie DOLUSCHITZ, R. [Precision Dairy Farming], S. 19-25.

⁷³¹ Dies ermöglicht das tierindividuelle Melken in Abhängigkeit der Milchflusskurve. Vgl.: JUNGBLUTH, T. [Prozesssteuerung], S. 77.

⁷³² Vgl.: SCHÖN, H.; ARTMANN, R.; SCHLÜNSEN, D. [Produktionssteuerung in der Milchviehhaltung],

4 Adoption und Diffusion von AMV

Aufschluss über Melkfrequenz und Milchleistung, über Milchqualität und Eutergesundheit sowie über die Eigenschaften der Viertelgemelke. Durch die Kombination der Messdaten verschiedener Funktionsbereiche sowie durch den Einsatz weiterer Sensoren ist die Erstellung eines detaillierten Bildes des physiologischen Status des Tieres und dessen Raum-Zeitverhaltens möglich.⁷³³ Durch die umfassende Tierüberwachung ergeben sich vielfältige Steuerungsmöglichkeiten des Produktionsprozesses. Die entstehende Datenmenge sowie die Komplexität der zur Verfügung stehenden Informationen kann jedoch bei ungenügendem Datenmanagement⁷³⁴ sowie bei einer unzureichenden fachlichen Qualifikation des Personals zu dessen Überforderung führen, was zur Gefahr von Fehlern⁷³⁵ im Entscheidungsprozess führen kann.⁷³⁶ Die bisher langsame Diffusion von Managementpraktiken auf der Basis des Precision Agriculture kann hiermit begründet werden.⁷³⁷ Als weiteres Adoptionshemmnis können die hohen anfallenden Investitionskosten genannt werden.⁷³⁸ Eine weitere Gefahr des Precision farming wird in der sektoralen Wirkung dieser Technik gesehen. So betonen WOLF und BUTTEL, dass es sich im Falle des Precision Farming nicht nur um einen technischen Fortschritt, sondern um ein neuartiges Managementsystem handelt. In seiner konsequenten Anwendung würde dieser nicht nur zu einer kostengünstigeren Produktion und besseren Managemententscheidungen, sondern aus Sicht der Autoren auch zu einem verstärkten Strukturwandel sowie zu neuen Produktionsformen („Industrialisierung“ der landwirtschaftlichen Produktion) führen.⁷³⁹

Im Zusammenhang mit dem Precision Dairy Farming sprechen SCHÖN u.A. insgesamt von einem grundlegend neuen Ansatz für die Milchviehhaltung. Da für die Automatisierung als letzter Stufe der rechnergestützten Produktion der Einsatz von

S. 166.

⁷³³ Vgl.: SCHÖN, H. U.A. [Precision Livestock farming], S. 4f.

⁷³⁴ Vgl.: LOWENBERG-DEBOER, J. [New Information Technology], S. 1283.

⁷³⁵ HARRIS benennt Risikofaktoren, welche die Input-Variablen der Produktion, das Personal sowie die eingesetzte Technik betreffen. Vgl.: HARRIS, D. [Risk Management], S. 949–955. Zum Datenmanagement in modernen Milchviehbetrieben vgl.: HARMS, J. [Datenmanagement], S. 56–59.

⁷³⁶ DAWSON spricht im Zusammenhang mit Precision Farming von einer Managementphilosophie. Vgl.: DAWSON, C. J. [Management], S. 45.

⁷³⁷ Hier kann auf die von DABERKOW vorgelegte Untersuchung der Adoption des Precision Farming unter US-amerikanischen Getreideanbauern verwiesen werden. Vgl.: DABERKOW, S. G. [Adoption rates], S. 941.

⁷³⁸ Vgl.: WEISS, M. D. [Precision Farming], S. 1278.

⁷³⁹ Vgl.: WOLF, S. A.; BUTTEL, F. H. [Political Economy], S. 1269 – 1274.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Roboter-Systemen erforderlich wird, kommt dem Einsatz vollautomatisierter Melkverfahren in der zukünftigen Gestaltung der Milchproduktion eine „Schlüsselrolle“ zu.⁷⁴⁰

4.3 Kennzeichen automatisierter Melkverfahren

4.3.1 Entwicklung von automatisierten Melkverfahren

Im Gegensatz zur rechnergestützten Tierhaltung, für welche schon länger praxisreife Systeme zur Tiererkennung und Fütterung zur Verfügung stehen, fehlten seither, wie oben diskutiert, in der Praxis nutzbare Systeme zum vollautomatischen Milchentzug. So sind vor allem aus Europa erste Ansätze bekannt, den Milchentzug zu automatisieren. In der Literatur sind eine Vielzahl von Möglichkeiten zum vollautomatischen Milchentzug beschrieben, welche in ihrer Entwicklung zum Teil bis Anfang der siebziger Jahre zurückreichen.⁷⁴¹ So beschreibt GABLER eine Vorrichtung zum automatischen Melken (1971)⁷⁴² sowie hierauf aufbauend GABLER, BÖHNISCH, HEMPEL und SEIBT ein automatisches Stallhaltungssystem für große Milchviehbestände (1973)⁷⁴³ mit dem Ziel der Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung der DDR. Die Melkeinheit bestand hier nicht aus vier Melkbechern, sondern aus einem Gummisack, welcher das gesamte Euter umfasst. Dieser war mit Vertiefungen zur Aufnahme der Zitzen ausgestattet. Eine weitere technische Entwicklung wurde in Japan von NOTSUKI und UENO vorgestellt. Bei diesem - nie im praktischen Einsatz getesteten Gerät - wird das Tier mit Luftkissen fixiert. Die Zitzenbecher werden hier ohne Sensorsteuerung mittels zuvor gespeicherter Positionsangaben an das Tier herangeführt.⁷⁴⁴ Frühe Überlegungen zu automatisierten Systemen in der Milchviehhaltung sind auch aus der UdSSR (1980) bekannt.⁷⁴⁵ In Westdeutschland entwickelten JACOBSON und RABOLD ein vollständiges automati-

⁷⁴⁰ Vgl.: SCHÖN, H. U.A. [Precision Livestock farming], S. 4.

⁷⁴¹ Zur Entwicklung von automatisierten Melkverfahren vgl.: ORDOLFF, D [Grundlagen].

⁷⁴² Patent DD 82 592 (Veröffentlichung: 12. Juni 1971; Anmelder: EBERHARD GABLER). Der Patentanspruch umfasst eine „Melkeinrichtung, vorzugsweise für große Milchviehbestände“. GABLER, E. [Melkeinrichtung].

⁷⁴³ Patent DE 2 142 541 (Veröffentlichung: 01. März 1973; Anmelder: VEB KOMBINAT IMPULSA). GABLER, E.; BÖHNISCH, J.; HEMPEL, G.; SEIBT, G. [Stallanlage].

⁷⁴⁴ Veröffentlichung inter alia als US - Patent 4 010 714 (Veröffentlichung: 08. März 1977, Anmelder: National Institute of Animal Industry, Japan). NOTSUKI, I.; UENO, K.: [System].

⁷⁴⁵ Patent SU 9 350 21 (Veröffentlichung: 03. Juni 1982, Anmelder: GOL SPKB KOMPLEKSU MASHIN). Die Erfindung beschreibt ein „Apparatus for putting on milking sleeves“. KOSA, J.; BETIN, S. [Apparatus].

4 Adoption und Diffusion von AMV

sches Haltungsverfahren für Milchvieh.⁷⁴⁶ Die Milchkühe sollten nach Vorstellung der Autoren bei diesem Verfahren an computergesteuerten Krafffutterstationen mittels automatisch agierender Vorrichtungen gemolken werden. Bei einem weiteren in Frankreich vom Centre National du Machinisme Agricole , du Genie Rural, des Eux et du Forêts (CEMAGREF) entwickelten AMV ist jedem Zitzenbecher jeweils ein Roboterarm zugeordnet.⁷⁴⁷ Dieses System wurde nach ersten Erprobungen⁷⁴⁸ nicht zu Praxisreife weitergeführt. Des Weiteren wurden, als Grundlage der Entwicklung des vollautomatischen Milchentzuges, verschiedene Arbeiten u. a. zur Anatomie der Euterregion, zur Stimulierung der Milchdrüse, zur Euterentleerung, zur Melkfrequenz, zur Handhabungs- und Sensortechnik sowie zur Herdenüberwachung vorgelegt.

Aufbauend auf den grundlegenden Erkenntnissen zum automatischen Ansetzen von Melkzeugen⁷⁴⁹ sowie den ersten Ergebnissen zur rechnergestützten Futtervorlage,⁷⁵⁰ arbeiteten verschiedene Forschergruppen auf der Basis unterschiedlicher Sensor- und Steuerungssysteme an der Konzeption von Funktionsmodellen zum vollautomatischen Melken.⁷⁵¹ Die in der Praxis eingeführten Systeme gründen dabei zum einen auf den oben angeführten frühen Entwicklungen. Andererseits wurden neue konzeptionelle Lösungsvorschläge entworfen. Die grundsätzlichen Eigenschaften von Technik und Funktion automatisierter Melkverfahren gelten dabei ab Ende der achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts als bekannt.⁷⁵²

⁷⁴⁶ Patent EP 0 091 892 (Veröffentlichung 02. November 1988, Anmelder ALFA-LAVAL AB). JAKOBSON, S.; RABOLD, K. [Milking method], Sp. 9, Ziff. 1.

⁷⁴⁷ Patentanmeldung FR 2 595 197 (Veröffentlichung: 11. September 1987; Anmelder: CEMAGREF). MONTALESCOT, J.-B.; CAMUS, G.; LUCAS, J. [traite automatique].

⁷⁴⁸ Vgl.: ROSSING, W. u.a. [Robot milking], S. 94.

⁷⁴⁹ Vgl.: ORDOLFF, D. [Melkzeuge], S.: 222–224.

⁷⁵⁰ Vgl.: ARTMANN, R. U.A. [Technische Einrichtungen], S. 261–284.

⁷⁵¹ Vgl. hierzu beispielhaft: ORDOLFF, D. [Grundlagen], NUBER, B. [Simulationsstudien] sowie KREMER, J. H. [Milchentzug].

⁷⁵² ROSSING und IPEMA (1988) gingen in ihrer Darstellung des Stands der Technik von der zu optimistischen Annahme aus, dass nach der Behebung letzter technischer Probleme ab 1990 die Serienfertigung von automatisierten Melkverfahren in den Niederlanden aufgenommen werden würde. Vgl.: ROSSING, W.; IPEMA, A. H. [Melkroboter], S. R8-R11.

Hingegen betonte ECKL (1988) die noch ungelösten technischen Probleme automatischer Melkverfahren und sah eine Praxisreife erst deutlich nach 1992. Auch betonte ECKL für die Bundesrepublik Deutschland, dass der „ (...) Melkroboter überhaupt nur für einen sehr begrenzten Anwenderkreis in Frage kommen wird“. Vgl.: ECKL, J. [Roboterarm], S. 1326ff.

4.3.2 Merkmale automatisierter Melkverfahren

4.3.2.1 TECHNIK UND FUNKTION AUTOMATISierter MELKVERFAHREN

Bei der Darstellung von Technik und Funktion vollautomatisierter Melkverfahren ist zum einen auf die verschiedenen Prozessschritte bei der Durchführung des Melkvorganges sowie auf die notwendigen Systemkomponenten, welche die Grundfunktion des AMV darstellen, einzugehen. Zum anderen ist die eingesetzte Technik in ihren Eigenschaften zu erläutern.

Grundfunktionen von AMV

Um eine vollständige Automatisierung des Melkvorganges zu erreichen, ist es notwendig, die seither vom Melkpersonal durchgeführten Prozesse bedienungsfrei und funktionssicher mittels technischer Einrichtungen darzustellen. So muss die fehlerfreie Durchführung folgender Prozessschritte durch ein AMV gewährleistet sein:

- (1) Tieridentifikation,
- (2) Identifikation des Gesundheitsstatus des Tieres,
- (3) Euterreinigung und -kontrolle,
- (4) Anrüsten des Tieres,
- (5) Absondern der ersten Milchstrahlen,
- (6) Qualitätsprüfung der Milch,
- (7) Ansetzen des Melkzeugs,
- (8) Durchführen des Melkvorganges (Gewinnung Hauptmelk),
- (9) Nachmelken und Kontrolle der Euterentleerung,
- (10) Abnahme des Melkzeugs.

Die Kontrolle der Funktionssicherheit der Anlage ist durch das AMV selbst zu gewährleisten. Dabei ist eine hohe Betriebs- und Funktionssicherheit, welche die Sicherung der Milchqualität (die Erkennung abnormer Milch) und der Tiergesundheit sowie ein sicheres automatisches Ansetzen der Melkbecher umfasst, für den Betrieb eines AMV unabdingbare Voraussetzung.

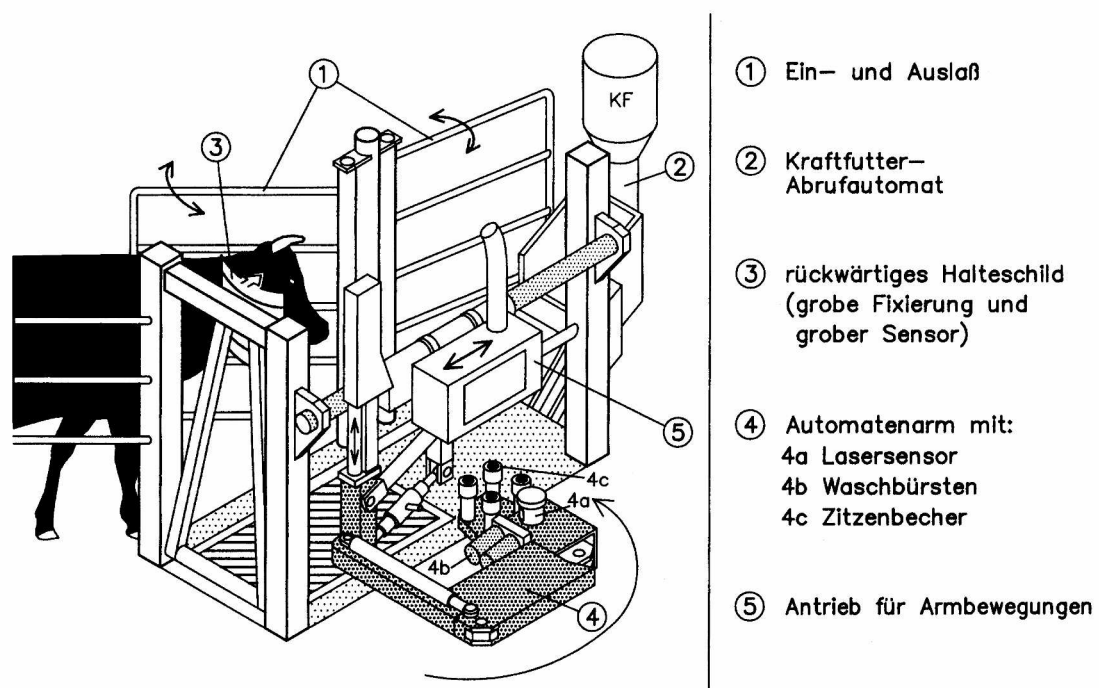
4 Adoption und Diffusion von AMV

Dementsprechend setzen sich vollautomatisierte Melkverfahren prinzipiell aus sechs Komponenten zusammen:

- Melkbucht (Box) mit Fixier- und Fütterungstechnik,
- Handhabungssystem (Automatenarm) und Sensortechnik,
- System zur Zitzenreinigung,
- Melktechnik mit Systemen zur Milchleistungs- und -qualitätsbestimmung sowie Reinigung und Desinfektion,
- Steuerungs- und Managementsysteme sowie
- Ver- und Entsorgungstechnik und Reinigungsanlage.

In Abbildung 18 sind die verschiedenen Baugruppen vollautomatischer Melkverfahren am Beispiel des Lely „Astronaut“ aufgezeigt.⁷⁵³

Abbildung 18: Grundfunktionen eines AMV (System Lely „Astronaut 1“)



Quelle: SCHÖN, H.; WENDEL, G.; PIRKELMANN, H. [Technik], S. 11.

⁷⁵³ Eigenschaften von Funktion und Technik, welche die Adoption von vollautomatischen Melkverfahren beeinflussen, werden im Kapitel 4.4 vertiefend dargestellt und diskutiert.

Technik und Funktion wichtiger Baugruppen

Bei der Darstellung der Baugruppen wird hier der Fokus auf die vier nachfolgend aufgeführten Funktionsbereiche gelegt. Die verschiedenen Bauformen, welche sich aus dem Aufbau der Melkbuchten und der jeweiligen Zuordnung von Melktechnik und Handhabungssystem ergeben, werden weiter unten besprochen. Auf eine Darlegung der Steuerungs- und Managementsysteme wird hier ebenso verzichtet wie auf die Beschreibung der Ver- und Entsorgungseinrichtungen. Diese dienen lediglich der Unterstützung des Betriebes eines AMV, stellen aber keine das System charakterisierenden Baugruppen dar.⁷⁵⁴

Technik des Handhabungssystems und Verfahren der Zitzenfindung

In vollautomatischen Melksystemen gelangen verschiedene Handhabungssysteme zum Einsatz.⁷⁵⁵ Sie ermöglichen das Aufnehmen des Melkbeckers bzw. des Melkmodules, das Verbringen in den Arbeitsbereich, die Positionierung der Zitzenbecher sowie deren Ansetzen. Hierbei ist das schnelle Erreichen der Sollposition erforderlich, da sich die Raumkoordinaten der Zitze aufgrund der Bewegung des Tieres rasch ändern können. Zum Teil imitieren die Handhabungssysteme mittels des Aufbaues, bestehend aus Arm und Greifwerkzeug, das konventionelle Melken. Das Handhabungssystem kann entweder an der Melkbox fixiert (sowohl seitlich als auch im hinteren Teil der Melkbox angebrachte Systeme sind bekannt) oder neben der Melkbox platziert sein. Bei einer Platzierung neben der Melkbox ist ein Verfahren des Roboters auf Schienen neben der Melkbox zum Einsatz bei mehreren Melkeinheiten grundsätzlich möglich.⁷⁵⁶ Die Raumkoordinaten der Zitze werden von Sensorsystemen erfasst. Prozessrechner ermitteln aus den Koordinaten Sollgrößen für die Bewegung des Handhabungssystems. ARTMANN beschreibt die zum Einsatz gebrachten Verfahren zur Zitzenfindung als zweistufiges Messsystem.⁷⁵⁷ Im ersten Schritt erfolgt die Erfassung des Tieres in der Melkbox bzw. die Lage des Euters. Im zweiten Schritt erfolgt die genaue Bestimmung der Zitzenposition. Die

⁷⁵⁴ Steuerungs- und Managementsysteme bilden hier in soweit eine Ausnahme, dass sie für die Anwendung im vollautomatischen Milchentzug entwickelt bzw. weiterentwickelt wurden, und durch die Aufbereitung der anfallenden Daten Ablauf und Kontrolle des Gesamtsystems erst ermöglichen.

⁷⁵⁵ Vgl.: KONING, K. DE U.A. [automatic milking], S. I-1 – I-11

⁷⁵⁶ Vgl.: ROSSING, W.; HOGWERF, P. H. [automatic milking systems], S. 3–6.

⁷⁵⁷ ARTMANN gibt einen ausführlichen Überblick über die Sensorsysteme zur Zitzenfindung bei voll-

4 Adoption und Diffusion von AMV

Grobpositionierung erfolgt je nach System mittels Tastsensor, Laser, Kamera oder Ultraschall. Die Zitzenfeindung kann sowohl ohne Sensor (große Melkbecher), mit Sensoren im Zitzenbecher als auch mit Sensoren, welche in der Euterregion installiert sind, durchgeführt werden. Hier finden Ultraschall- und Lasersensoren sowie Lichtgitter Verwendung.

Verfahren zur Zitzen- und Euterreinigung

Unabdingbare Voraussetzung einer lebensmittel-hygienerechtlich einwandfreien Milchgewinnung ist, dass „(...) das Euter von Tieren, von denen Milch als Lebensmittel gewonnen wird, (..) zu Beginn des Melkens sauber (..)“ ist.⁷⁵⁸ Da jedoch zur Zeit keine Sensorsysteme zur Erfassung des äußerlichen Zustandes des Euters und der Euterregion des Tieres am Markt verfügbar sind,⁷⁵⁹ muss, um den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen, vor jedem Melkvorgang eine Reinigung von Euter und Zitze durchgeführt werden.⁷⁶⁰ Die dabei eingesetzten Systeme können in Verfahren zur Zitzenreinigung und Verfahren zur Euterreinigung unterteilt werden, wobei auch technische Lösungen, die beide Vorgänge in einem Arbeitsschritt durchführen, am Markt verfügbar sind.⁷⁶¹ Bei den kombinierten Euterreinigungsverfahren ist zum einen ein System mit zwei rotierenden kurzen Bürsten am Markt erhältlich, welche die Zitze umschließen. Die Reinigungsbürsten sind, aufgrund der notwendigen Positionsbestimmung der Zitzen, am Handhabungssystem befestigt. Bei einem zweiten System wird eine große Reinigungsbürste eingesetzt, welche auch weitere Teile des Euters erfasst. Diese kann, aufgrund der großflächigeren Reinigungswirkung, ohne das Handhabungssystem mittels einer groben Positionierung am Euter platziert werden. So ist die Euter- und Zitzenreinigung, unabhängig vom Handhabungssystem und des verbundenen Sensorsystems, für die exakte Positionsbestimmung der Zitzen auch in einer separaten Reinigungseinheit möglich. Reine Zitzenreinigungsverfahren werden prinzipiell vom Handhabungssystem an der Zitze positioniert. Bei den bekannten Verfahren wird die Reinigungswirkung durch den Einsatz von Druckluft und Wasser im Melkbecher bzw. einem separaten

automatischen Melkverfahren. Vgl.: ARTMANN, R. [Sensor systems], S. 26–38.

⁷⁵⁸ Vgl.: Anlage 3, Ziffer 2, Milchverordnung.

⁷⁵⁹ Dies betrifft sowohl die Feststellung des Hygienestatus des Tieres als auch die Unversehrtheit des Euters. So dürfen die Tiere „keine Wunden am Euter aufweisen, die die Milch verunreinigen könnten“. Vgl.: Anlage 1, Ziffer 1.4, MilchVO.

⁷⁶⁰ Vgl.: ARTMANN, R. [Sensor systems], S. 36.

⁷⁶¹ Vgl.: ARTMANN, R. [Technik], S. 22.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Reinigungsbecher erzielt.⁷⁶²

Merkmale der Melk- und Reinigungstechnik

Der Aufbau der beim vollautomatischen Milchentzug eingesetzten Melktechnik entspricht in den einzelnen Komponenten prinzipiell derjenigen konventioneller Melkanlagen.⁷⁶³ Jedoch erfordern vollautomatische Melkverfahren aufgrund des kontinuierlichen und mechanischen Prozesses der Milchgewinnung eine spezielle Ausprägung der Melkzeuge, der Milchführung sowie der Reinigung und Desinfektion der Anlage.⁷⁶⁴ Die speziellen Anforderungen an die Melktechnik ergeben sich aus der Notwendigkeit des mechanischen Ansetzens der Melkzeuge, der Trennung von Vor- und Hauptgemelk, der möglichen Erfassung der Viertelgemelke sowie der kontinuierlichen Beanspruchung der Technik und der daraus resultierenden Erfordernisse der regelmäßigen Reinigung und Desinfektion.⁷⁶⁵ Die Konstruktionsmerkmale der Melkzeuge müssen in einem AMV auf die Fähigkeiten des Handhabungssystems abgestimmt sein. Je nach Konzeption sind die Zitzenbecher zu Modulen zusammengefasst oder werden als Einzelbecher an den langen Milch- und Pulschläuchen gehandhabt.⁷⁶⁶ Die Abnahme des Zitzenbeckers erfolgt bei den seither vorgestellten Systemen mittels einer automatischen Einzelabnahme. Aufgrund rechtlicher Anforderungen⁷⁶⁷ müssen AMV über Vorrichtungen zur Milchqualitätskontrolle und -separation verfügen.⁷⁶⁸ Des Weiteren sind AMV systembedingt mit Einrichtungen zur Leistungserfassung der Tiere ausgestattet, welche im Falle einer nationalen und internationalen Anerkennung der Leistungsdaten den Anforderungen des International Committee for Animal Recording (ICAR) entsprechen müssen.⁷⁶⁹

⁷⁶² Vgl.: VEAUTHIER, G. [Überblick], S. 10–17.

⁷⁶³ Vgl.: HILLERTON, J. E. [Milking equipment], S. 41.

⁷⁶⁴ Vgl.: ARTMANN, R. [Technik], S. 24.

⁷⁶⁵ Vgl.: BRUCKMAIER, R.; MEYER, H. [Physiologische Anforderungen], S. 48 sowie WORSTORFF, H.; TRÖGER, F.; BARTH, K. [Melktechnische Anforderungen], S. 53.

⁷⁶⁶ Vgl.: ARTMANN, R. [Automatisches Melken], S. 115.

⁷⁶⁷ Diese Anforderungen beziehen sich auf die Gewinnung und Behandlung von Rohmilch sowie die Erlaubnis der Inverkehrbringung der Milch als Lebensmittel nach den §§ 3 und 18 MilchVO.

⁷⁶⁸ Diese ermöglichen eine Absonderung der ersten Milchstrahlen sowie eine Separation von Milch, die nicht in den Verkehr gebracht werden darf.

⁷⁶⁹ Die Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung in den ICAR-Mitgliedsländern richtet sich nach den jeweiligen ICAR-Guidelines, welche in Deutschland durch die „Empfehlungen und Richtlinien zur Durchführung der Milchleistungs- und Qualitätsprüfung“ der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (ADR) national umgesetzt werden. Vgl.: JÜRGENS, H.; ORDOLFF, D.; FÖRSTER, M. [Milchleistungsprüfungen], S. 64.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Die Ansprüche an die Reinigungs- und Desinfektionsleistung der milchführenden Bauteile von vollautomatisierten Melkverfahren ergeben sich aus den allgemeingültigen Forderungen nach der Sicherstellung einer höchst möglichen Milchqualität sowie aus den spezifischen Einsatzbedingungen vollautomatisierter Melkverfahren.⁷⁷⁰ Aufgrund des kontinuierlichen Melkprozesses ist es notwendig, die Hauptreinigungen des Systems öfter als bei konventionellen Melkverfahren durchzuführen. So werden die Hauptreinigungen hier in der Regel dreimal in vierundzwanzig Stunden durchgeführt. Zusätzlich werden Zwischenreinigungen der Melkeinheit sowie des Melkzeuges vorgenommen.⁷⁷¹ Die Reinigungs- und Desinfektionstechnik vollautomatisierter Melkverfahren besteht somit aus einem System zur Reinigung der Gesamtanlage, einer technischen Lösung zur Zwischenreinigung der milchführenden Teile bis einschließlich Recorder und Milchpumpe sowie einem System zur Zwischendesinfektion des Melkzeuges. Vor allem die Möglichkeit einer Zwischenreinigung ist bei AMV systembedingt obligatorisch. Sie setzt neben einer festen periodischen Aktivierung dann ein, wenn zum einen die Intervalle zwischen den einzelnen Melkungen einen definierten Zeitraum überschreiten und demzufolge die Gefahr der Austrocknung von Milchrückständen in der Anlage besteht.⁷⁷² Zum anderen wird eine Zwischenreinigung nach der Abtrennung abnormer Milch durchgeführt und damit den rechtlichen Anforderungen der MilchVO dahingehend entsprochen, dass nicht verkehrsfähige Milch abgesondert wird.⁷⁷³

Auch kann die Kühltechnik für die gewonnene Milch der Melktechnik des AMV zugerechnet werden. Eine neben dem Stapelgefäß zusätzliche Vorkühleinrichtung stellt aber keine notwendige Ausstattung eines AMV dar, wenn die Milch zeitnah der ausreichend gekühlten Milchlagerung zugeführt wird. Da der vollautomatische Milchentzug ein kontinuierliches Verfahren darstellt, müssen auch Milchkühlung und -lagerung sowie das Reinigungssystem des Stapelgefäßes an ein fortlaufendes Verfahren adaptiert werden.⁷⁷⁴

⁷⁷⁰ Vgl.: SCHUILING, H. J. u.a. [Optimal cleaning], S. 1.

⁷⁷¹ Vgl.: ORDOLFF, D. [Qualitätsmanagement], S. 84 sowie HOGVEEN, H. U.A. [Reinigung], S. 19–20.

⁷⁷² Vgl.: SCHUILING, H. J. u.a. [Optimal cleaning], S. 2.

⁷⁷³ Anlage 3, Ziffer 4 MilchVO.

⁷⁷⁴ Zur Gewährleistung eines kontinuierlichen Betriebs der Anlage sind verschiedene technische Lösungen zur Förderung des frischen Gemelkes, zur Milchlagerung und -kühlung in der Literatur beschrieben. Vgl.: ORDOLFF, D. [Qualitätsmanagement], S. 81–84; DE KONING u.a. [Milk cooling systems], S. V-25–V-35; WOLTERS, G. M. u.a. [Cooling and storage requirements], S. 47–55 sowie beispielhaft zum Energie- und Wasserverbrauch MINDERMAN, J. S. u.a. [Cooling systems],

4 Adoption und Diffusion von AMV

Verfahren der Milchqualitätsbestimmung

Der Einsatz vollautomatisierter Melkverfahren macht es erforderlich, die rechtlich vorgesehene visuelle Bewertung der ersten Milchstrahlen⁷⁷⁵ (Vorgemelk) durch technische Maßnahmen gleicher Leistungsfähigkeit zu ersetzen.⁷⁷⁶ Die zum Einsatz kommenden technischen Verfahren müssen somit in der Lage sein, den physiologischen Zustand des Gemelks sicher zu bestimmen und anzuzeigen sowie Aufschluss über den Gesundheitsstatus des Tieres zugeben. Hierzu sind verschiedene Verfahren entwickelt und beschrieben worden. Ein Typ von Sensoren erfasst die physikalischen Eigenschaften der Milch auf der Basis verschiedener Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, der Lichtabsorption oder -reflexion, der Viskosität und der Milchtemperatur oder basiert auf dem Einsatz von Ultraschall.⁷⁷⁷ Andere Verfahren, so die Infrarot-Thermographie, verzichten auf die Messung im Milchweg. Bei letztgenanntem Verfahren wird eine erhöhte Oberflächentemperatur des Euters als Symptom für Eutergesundheitsstörungen bewertet. Als Standard-Messmethode wird bei vollautomatisierten Melkverfahren die elektrische Leitfähigkeit der Milch zur Bestimmung ihrer lebensmittelrechtlichen Eigenschaften und somit des Gesundheitszustandes des Tieres verwendet.⁷⁷⁸ Dabei wird bei den einzelnen AMV in der Regel eine Messung pro Euterviertel in Vor- und Hauptgemelk durchgeführt.⁷⁷⁹

Allen Verfahren ist gemein, dass sie lediglich eine indirekte Bestimmung des Gesundheitszustandes des Euters sowie des Allgemeinzustandes des Tieres erlauben. Die Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch gilt dabei als ein wenig

S. 64.

⁷⁷⁵ Vgl.: Anlage 3, Ziffer 3.3 MilchVO.

⁷⁷⁶ Vgl.: KNAPPSTEIN, K.; REICHMUTH, J. [Detection of clinical mastitis], S. 116f.

⁷⁷⁷ Vgl.: ORDOLFF, D. [Bewertung von Vorgemelken], S. 218, BARTH, K. [Eutergesundheitskontrolle bei Milchkühen], S. 224 sowie TSENKOVA, R. N. u.a. [Near-Infrared Spectroscopy], S. 82f.

⁷⁷⁸ Die Temperatur-basierten Messverfahren beruhen darauf, dass bei klinisch kranken Kühen eine abnorme Erwärmung der Euterhaut vorliegt.

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Gemelks als Verfahren zur Identifikation erkrankter Tiere bzw. abnormer Milch fußt auf der Feststellung, dass bei klinisch kranken Kühen i. d. R. signifikant veränderte physikalische und chemische Eigenschaften der Milch vorliegen. So ist die Konzentration von Elektrolyten im Milchsekret erkrankter Tiere erhöht, da die Funktion der Alveolar-Zellen gestört ist, sodass ein stärkerer Ionenaustausch zwischen Blut und Milch stattfinden kann. Vgl.: BRAMLEY, A. J. [Mastitis], S. 343–347.

⁷⁷⁹ Zur Bedeutung einer auf das Euterviertel bezogenen Prozesskontrolle bei der Milchgewinnung vgl.: UMSTÄTTER, C.; KAUFMANN, O. [Prozesskontrolle], S. 230.

zuverlässiger Indikator zur Erfassung von Euter- und Tiererkrankung.⁷⁸⁰

4.3.2.2 BAUFORMEN MARKTGÄNGIGER AUTOMATISCHER MELKVERFAHREN

Für die Bauform von vollautomatisierten Melkverfahren werden Konzepte genutzt, die zwischen den Herstellern zum Teil erhebliche Unterschiede in den Konstruktions- und Leistungseigenschaften aufweisen.

Mögliche Bauformen vollautomatisierter Melkverfahren

Vollautomatische Melkverfahren lassen sich aufgrund der Zuordnung des Handhabungssystems zur Melkeinheit grundsätzlich in zwei verschiedene Bauformen, Einbox- oder Kompaktanlagen sowie Mehrboxanlagen, einteilen.⁷⁸¹ Diese zeichnen sich durch unterschiedliche Merkmale vor allem in Bezug auf die Investitionshöhe und die Integration im Stallgebäude sowie in Funktion und Betrieb aus. Aufgrund der unterschiedlichen Konzeptionen ist der Tierverkehr (Umtrieb der Kühe) durch die Bauform des AMV stark beeinflusst.⁷⁸² Die möglichen Bauformen von vollautomatisierten Melkverfahren sind in Abbildung 19 dargestellt.

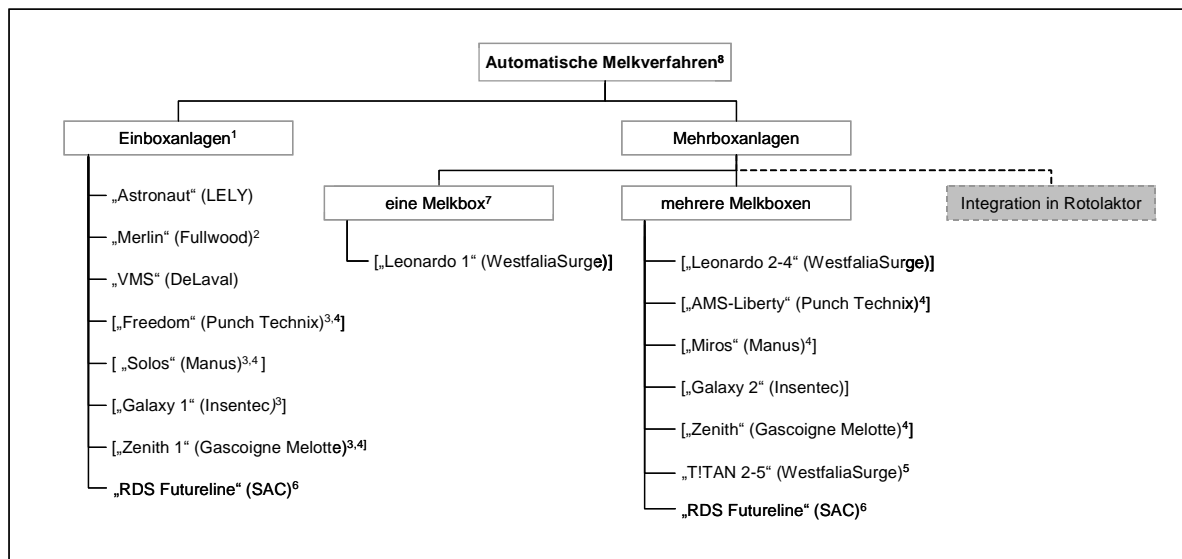
⁷⁸⁰ Zur Eutergesundheit, speziell zur bovinen Mastitis, wurden eine Vielzahl von Arbeiten vorgelegt. Exemplarisch sei hier auf die Veröffentlichungen des NATIONAL MASTITIS COUNCIL verwiesen. Vgl.: NATIONAL MASTITIS COUNCIL [Proceedings].

⁷⁸¹ Vgl.: ARTMANN, R. [Automatisches Melken], S. 18ff.

⁷⁸² Vgl.: SCHÖN, H.; WENDEL, G.; PIRKELMANN, H. [Technik], S. 14ff.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 19: Bauformen bisher in der Praxis eingeführter automatischer Melkverfahren nach Herstellern



¹Die der Kategorie „Einboxanlagen“ zugeordneten AMV-Typen umfassen sowohl Einbox-Kompaktanlagen sowie die bei der Nutzung eines einzigen Handhabungssystems auf mehrere Melkboxen erweiterungsfähigen Anlagen.

²Das AMV stellt eine Lizenzfertigung auf Basis des Lely „Astronaut“ dar.

³Die aufgeführten Anlagen sind zu Mehrboxanlagen erweiterbar.

⁴Die AMV basieren auf der Anlagentechnik von Punch Technix N.V. (ehemals Prolion Holding N.V.)

⁵Die AMV basieren auf der Lizenzfertigung der AMV der Punch Graphix N.V. (ehemals Prolion Holding N.V.). Auf Basis des RDS Futureline besteht zudem ein Konzept zum mobilen Robotereinsatz im Weidebetrieb.

⁶Die AMV stellen eine Weiterentwicklung der „Galaxy“-Anlagen dar.

⁷Anlagen dieses AMV-Typs bestehen aus einer Reinigungs- und einer Tandemmelkbox.

⁸Die in „[...]“ gesetzten AMV-Typen sind derzeit nicht (mehr) am Markt verfügbar. Produktion bzw. Vertrieb wurden eingestellt.

Die Darstellung umfasst ausschließlich die bisher am Markt eingeführten AMV-Typen. Konzepte die nicht zur Marktreife gelangten, sind ebenso nicht berücksichtigt wie Systeme, deren Markteinführung noch zu erwarten ist.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BOHLSSEN, E.; ARTMANN, R. [Erprobung Automatischer Melksysteme], S. 263, SCHÖN, H.; WENDEL, G; PIRKELMANN, H. [Automatisches Melken], S. 12, KUTSCHENREITER, W. [Markt], S. 78; o. V. [weltweite Melkroboter-Lizenz]; o. V. [SAC] und VEAUTHIER, G. [Überblick], S. 10–17.

Einbox- oder Kompaktanlagen sind pro Melkbox mit einem fest an oder neben der Melkbox installierten sogenannten Roboterarm (Handhabungssystem) ausgestattet.⁷⁸³ So ist jeder Melkeinheit (Box) ein Handhabungssystem fest zugeordnet. Die bisher auf dem Markt eingeführten Systeme können grundsätzlich dezentral im Stallgebäude aufgestellt werden und sind für eine Gruppe von bis zu 60 laktierenden Kühen ausgelegt.⁷⁸⁴ Ein Nachteil sind hier jedoch die im Gegensatz zu den Mehrboxanlagen höheren Investitionskosten für größere Herden, da die teuren Systemkomponenten (Roboterarm und Sensortechnik) für jede Box einzeln beschafft werden müssen. Vorteile ergeben sich bei dieser Bauform vor allem bei großen Stallgebäuden in der Gestaltung des Kuhverkehrs aufgrund der besseren Möglichkeit einer dezentralen Platzierung.⁷⁸⁵

Mehrboxanlagen bestehen aus mehreren, in Reihe angeordneten Melkboxen, die die Gestalt eines offenen Tandemmelkstandes haben. Dieses System ermöglicht eine Bedienung mehrerer Melkboxen durch ein Handhabungssystem (Roboterarm).⁷⁸⁶ Somit ist eine effizientere Auslastung der teuren Systemkomponenten möglich. Infolgedessen können bei der Installation einer entsprechenden Boxenanzahl gerade für größere Herden Investitionsvorteile gegenüber Einboxanlagen entstehen.⁷⁸⁷ Eine vorgeschaltete Selektions- und Reinigungseinheit ist bei dieser Konzeption, wie in Abbildung 19 dargestellt, zum Teil vorgesehen. Dem Vorteil der tendenziell geringeren Investitionskosten steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass diese Anlagen nicht dezentral im Stallgebäude installiert werden können. Dadurch wird die optimale Gestaltung des Tierverkehrs erschwert.⁷⁸⁸

Die Automatisierung der Melkarbeit in *Rotolaktoren* (Karussellmelkständen) stellt eine weitere technische Lösung dar, wird aber zurzeit noch nicht auf dem Markt angeboten. Hier werden aufgrund der noch zu langen Zeiten für das Positionieren, die Euterreinigung und das Ansetzen des Melkzeuges derzeit noch keine befriedigenden Leistungen erreicht.⁷⁸⁹ Bei einer Ablauforganisation mit festen Melkzeiten

⁷⁸³ Vgl.: ARTMANN, R. [Automatisches Melken], S. 113.

⁷⁸⁴ Vgl.: HEIN, K. [Melkroboter im Praxiseinsatz], S. 50.

⁷⁸⁵ Vgl.: SCHLEITZER, G. [Funktionsweise], S. 71ff.

⁷⁸⁶ Vgl.: HEIN, K. [Melkroboter im Praxiseinsatz], S. 50.

⁷⁸⁷ Vgl.: STOCKINGER, C.; WEIß, A. [Stand der Technik], S. 60–64.

⁷⁸⁸ Vgl.: ARTMANN, R. [Automatisches Melken], S. 115.

⁷⁸⁹ Vgl.: SCHÖN, H.; WENDEL, G.; PIRKELMANN, H. [Automatisches Melken], S. 12.

4 Adoption und Diffusion von AMV

und einem kontinuierlichen Betrieb würde diese technische Lösung, gerade für im Schichtbetrieb arbeitende Betriebe, deutliche Einsparpotentiale bei den Lohnkosten aufzeigen. Hier ist es prinzipiell möglich, eine Trennung der Verfahrensschritte vorzunehmen. So könnte dem Karussell eine Vorbereitungsbox vorgelagert werden. Mit dem Einbau von Ansetzhilfen würde eine Teilautomatisierung erreicht werden, mit deren Hilfe der Durchsatz erhöht und das Melkpersonal körperlich entlastet werden könnte.⁷⁹⁰ Auch die Investitionskosten pro Stallplatz könnten hier aufgrund des zu erwartenden deutlich höheren Durchsatzes für den Großbetrieb deutlich geringer ausfallen als bei der Beschaffung von Anlagen der beiden anderen Systemkonzeptionen.⁷⁹¹

Hersteller von vollautomatisierten Melkverfahren

Die Entwicklung eines mehrboxigen AMV mit bis zu vier Melkboxen wurde in den Niederlanden unter der Federführung von Vicon mit den Unternehmen Nedap und Philips in Zusammenarbeit mit dem heutigen Instituut voor Milieu- en Agrartechniek (IMAG DLO) sowie dem Nederlands-Rundvee-Syndicaat (NRS) im Rahmen des Projektes *Boerderij-2000* (B2000) in Angriff genommen.⁷⁹² Im Jahre 1997 kam es zur Vorstellung eines Prototyps. Das Unternehmen Vicon zog sich jedoch 1990 aufgrund hoher finanzieller Belastungen, welche durch unvorhergesehene große technische Probleme bei der Implementierung des Gerätes in die landwirtschaftliche Praxis hervorgerufen wurden, aus dem Projekt zurück. Zeitgleich wurde die erste Anlage in einem Versuchsbetrieb installiert.⁷⁹³ Seit 1992 wird das System in der Praxis eingeführt.⁷⁹⁴ Das AMV wurde fortan von der Robot Milking Solutions International B.V. (RMS) sowie der ehemaligen Prolion Holding N.V. weiterentwickelt und vermarktet.⁷⁹⁵ Diese Aktivitäten sind in der heutigen Punch Graphix N.V.

⁷⁹⁰ Vgl.: HEIN, K. [Melkroboter im Praxiseinsatz], S. 51.

⁷⁹¹ Vgl.: SCHLEITZER, G. [Einsatzmöglichkeit], S. 65ff.

⁷⁹² Patent EP 213 660 (Veröffentlichung: 16. Mai 1990; Anmelder MULTINORM B.V.) für eine automatische Melkeinrichtung. TORSIUS, A. [Milking apparatus]. Die Ansprüche betreffend das automatische Melkverfahren sind weiterhin veröffentlicht inter alia als Patent US 4 889 074 (Veröffentlichung: 26. Dezember 1989; Anmelder: MULTINORM B.V.). VERBRUGGE, J. K.; AURIK, E. A. [Movable accommodation]. Über den Schutz der eigentlichen Melkeinrichtung hinaus bestehen umfangreiche internationale Patentansprüche des Unternehmens bzgl. einzelner Aspekte des automatisierten Melkens.

⁷⁹³ Vgl.: ROSSING, W.; IPEMA, A. H. [Melkroboter], S. R8-R11.

⁷⁹⁴ Die Arbeiten wurden ab 1991 von der Entwicklungsgesellschaft Prolion Development weiter fortgeführt. Vgl.: ECKL, J. [Melkroboter], S. 63 f.

⁷⁹⁵ Vgl.: o. V. [Punch Technix].

4 Adoption und Diffusion von AMV

aufgegangen, die mit Wirkung zum 1. September 2007 die weltweite Lizenz für das AMV RMS-Titan sowie den gesamten Geschäftsbereich für automatisierte Melkverfahren an die WestfaliaSurge GmbH abgegeben hat.⁷⁹⁶ Die Vermarktung der technischen Grundkonzeption erfolgte seither unter den Marken AMS Liberty und Gascoigne Melotte sowie als weiterentwickelte Mehrboxanlage unter dem Markennamen RMS Titan (diese Mehrboxanlage kann bis zu fünf in Reihe angeordnete Melkeinheiten umfassen).⁷⁹⁷ Die Manus Holland B.V., welche ebenfalls ein auf der Technologie von Prolion basierendes AMV vertrieben hat, hat sich 2004 vom Markt für automatische Melkverfahren zurückgezogen.⁷⁹⁸ Eine eigenständige Entwicklung betrieb zunächst auch Gascoigne Melotte.⁷⁹⁹ Erste Praxisversuche wurden mit einem Prototypen ab 1988 durchgeführt.⁸⁰⁰ Derzeit ist jedoch keine direkte Weiterentwicklung dieses Konzeptes als praxisreife Lösung am Markt erhältlich. Die unter der Marke Gascoigne Melotte vertriebenen und heute am Markt nicht mehr erhältlichen Geräte basieren auf der Technik von Prolion (seither Punch Technix B.V.).

Das AMV Astronaut des niederländischen Herstellers Lely⁸⁰¹ wurde erstmals 1995 der Öffentlichkeit vorgestellt. Die ersten Anlagen wurden jedoch bereits seit 1992 in niederländischen Praxisbetrieben installiert.⁸⁰² Nach mehreren technischen Verbesserungen am bestehenden Konzept stellte Lely Ende 2005 mit dem Astronaut A3 eine grundlegend überarbeitete Version des bisherigen Systems vor.⁸⁰³ Neben der Verwendung im unternehmenseigenen AMV Astronaut kommen die Systemkomponenten zur Steuerung und Durchführung des automatischen Melkvorganges auf der Basis einer Lizenzvereinbarung mit der Fullwood Ltd. auch in den Geräten dieses Herstellers zur Anwendung.⁸⁰⁴ Auch beabsichtigte der US-Hersteller Bou-

⁷⁹⁶ Vgl.: o. V. [weltweite Melkroboter-Lizenz].

⁷⁹⁷ Vgl.: o. V. [Nieuwe Melkrobot] sowie o. V. [RMS], S. 1f.

⁷⁹⁸ Vgl.: o. V.: [Sales].

⁷⁹⁹ Patent veröffentlicht inter alia als WO 85 02973 (Veröffentlichung: 18. Juli 1985; Anmelder: GASCOIGNE MELOTTE B.V.). MIDDEL, R. G.; OENEM, R. [Automatic apply].

⁸⁰⁰ Vgl.: ROSSING, W.; HOGWERF, P. H. [automatic milking systems], S. 9ff.

⁸⁰¹ Patent EP 0 332 229 (Erstveröffentlichung: 13. September 1989; Anmelder: C. VAN DER LELY N.V.). VAN DER LELY, C. [Gerät zum Melken], S. 1.

⁸⁰² Die öffentliche Vorstellung erfolgte anlässlich der Fachausstellungen RAI (Amsterdam) und Agritechnika (Hannover). Vgl.: PAHLKE, M. [Astronaut], S. 108-113.

⁸⁰³ Vgl.: o. V. [New Astronaut].

⁸⁰⁴ Vgl.: o. V.: [Melkverfahren], S. 11.

Das von der britischen Fullwood Packo Gruppe unter dem Markennamen Fullwood vertriebene einboxige vollautomatisierte Melkverfahren „Merlin“ stellt in den wesentlichen AMV-Komponenten eine Lizenzfertigung des Lely Astronauts dar.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Matic LLC, auf der Basis einer Lizenzvereinbarung die Technik des Lely Astronaut zur Entwicklung eigener AMV-Modelle zu nutzen. Entsprechende Ansätze sind seither jedoch nicht über das Versuchsstadium hinaus weiterverfolgt worden.⁸⁰⁵

Das auf Futterernte- und Bodenbearbeitungstechnik spezialisierte Unternehmen Lely stellt keinen klassischen Melktechnikhersteller dar. Vielmehr versucht es, durch das frühzeitige Erkennen von Markttrends Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in die Generierung innovativer Produkte zu lenken, um so in neuen Märkten Pionier- bzw. Monopolgewinne zu erzielen.

In Deutschland entwickelte der Landtechnikhersteller Düvelsdorf, ebenfalls kein herkömmlicher Melktechnikproduzent, einen Melkautomaten,⁸⁰⁶ der 1989 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde.⁸⁰⁷ Das Mehrboxsystem war seit 1989 als Prototyp im Einsatz. In den Jahren 1990 und 1991 wurden mit einem Prototyp praktische Versuche auf dem Versuchsgut Schaedtбек des Institutes für Milcherzeugung der Bundesanstalt für Milchforschung (Kiel) durchgeführt.⁸⁰⁸ Das Prinzip beruht auf der Verwendung eines kartesischen Industrie-Roboters (x-, y- und z-Achse), wobei der Arbeitsraum entlang einer Schubachse auf bis zu vier Melkboxen erweitert werden konnte.⁸⁰⁹ 1996 wurde das System von der heutigen WestfaliaSurge GmbH übernommen. Zum Zeitpunkt der Vorstellung des weiterentwickelten Konzeptes im Jahre 1998 waren bereits vier Anlagen in Praxisbetrieben installiert. Aufgrund von Mängeln in der technischen⁸¹⁰ und grundsätzlichen konzeptionellen Gestaltung des bisherigen mehrboxigen Systems Leonardo stellte das Unternehmen 2002 ein grundlegend neues AMV-Konzept (Leonardo II) auf der Basis eines Vertikal-Knickarmroboters vor.⁸¹¹ Als Folge einer Neubewertung der möglichen Chancen und Risiken bzgl. eines weiteren Engagements des Unternehmens in der Entwicklung von AMV zog sich die WestfaliaSurge GmbH 2004 vom Markt für vollautoma-

⁸⁰⁵ Vgl.: KUTSCHENREITER, W. [Markt], S. 79.

⁸⁰⁶ Patent EP 0 300 115 (Veröffentlichung: 06. April 1994; Anmelder: DÜVELSDORF & SOHN GMBH & CO. KG). DÜVELSDORF, A.; DÜCK, M. [Verfahren]. Im Zusammenhang mit der genannten Patentschrift steht das Patent DE 37 02 465 (Veröffentlichung: 11. August 1988; Anmelder DÜVELSDORF & SOHN GMBH & CO. KG). DÜVELSDORF, A.; DÜCK, M. [Vorrichtungen].

⁸⁰⁷ Ausstellung Tier & Technik, Frankfurt. Vgl.: ACHLER, B. [Tüftler], S. R6-R7.

⁸⁰⁸ Vgl.: KREMER, J. H. [Milchentzug].

⁸⁰⁹ Vgl.: SCHÖN, H.; ARTMANN, R.; SCHLÜNSEN, D. [Produktionssteuerung in der Milchviehhaltung], S. 208.

⁸¹⁰ Ein grundsätzlicher Nachteil kartesischer Roboter liegt in einer niedrigen Arbeitsgeschwindigkeit sowie darin, dass der Arbeitsbereich innerhalb der Roboterabmessung liegt.

⁸¹¹ Vgl.: o. V. [Zukunft].

4 Adoption und Diffusion von AMV

tisierte Melkverfahren zurück.⁸¹² Entgegen dieser Entscheidung versucht das Unternehmen derzeit mittels der Übernahme der weltweiten Lizenzvereinbarung mit der Punch Graphix N.V. für das AMV Titan wiederum einen Einstieg in den Markt für vollautomatisierte Melkverfahren unter dem neuen Markennamen „T!TAN“.⁸¹³

Das Unternehmen DeLaval International AB stellte 1998 eine Einboxanlage unter der Bezeichnung Voluntary Milking System (VMS) vor,⁸¹⁴ das auf der Weiterentwicklung eines automatischen Melkverfahrens des Silsoe Research Institute (SRI) beruht⁸¹⁵. Das Ansetzen der Melkbecher bzw. des Reinigungsbeckers geschieht bei diesem System mittels eines Multifunktionsarmes. Aufgrund des technischen Layouts der Einboxanlage, insbesondere der Zuordnung des Roboters zur Melkbox, erscheint eine Erweiterung der Anlage um eine zweite, parallel angeordnete Melkeinheit konzeptionell grundsätzlich denkbar.

Diese grundsätzliche Einsatzerweiterung besteht auch für das von der Insentec B.V. vorgestellte AMV Galaxy.⁸¹⁶ Das 2000 erstmals in der Praxis getestete Verfahren basiert auf einem Standard-Industrieroboter, der mit speziellen Sensor- und Handhabungskomponenten für den vollautomatischen Milchentzug ausgestattet ist.⁸¹⁷ Der Roboter kann bei diesem System sowohl ortsfest als auch auf Schienen verfahrbar neben der Melkbox installiert werden. Diese Anordnung ermöglicht die Bedienung mehrerer Melkboxen, die sowohl in Serie, parallel als auch in einer anderen Relation installiert werden können. Im Praxiseinsatz werden bisher i. d. R. bis zu zwei Melkboxen bedient.⁸¹⁸ Nach der Übernahme der HokoFarm Beheer

⁸¹² WestfaliaSurge führt in einer Pressemitteilung an, dass der Einsatz vollautomatisierter Melkverfahren generell eine Kostensteigerung in der Milchproduktion von 10% bis 15% hervorrufen würde. Da somit die gestellten ökonomischen Ziele an einen AMV-Einsatz seither nicht erreicht werden konnten, schätzt das Unternehmen die zukünftige Marktentwicklung sehr verhalten ein mit der Folge, die bisherigen AMV-Aktivitäten nicht weiter fortzuführen. Vgl.: o. V. [AMS].

⁸¹³ Mit der Übernahme der weltweiten Lizenz für das AMV Titan (Submarke „T!TAN“ unter der Dachmarke WestfaliaSurge) übernahm die WestfaliaSurge GmbH zudem mit Datum 1. September 2007 alle bestehenden Kaufverträge sowie Teilbereiche der bisherigen Vertriebs- und Serviceorganisation von Punch Graphix N.V. Vgl.: o. V. [weltweite Melkroboter-Lizenz].

⁸¹⁴ Vgl.: o. V. [Alfa-Laval], S. R2.

⁸¹⁵ Veröffentlichung inter alia als Patent EP 0 452 381 (Veröffentlichung: 22. Dezember 1993; Anmelder: BRITISH TECHNOLOGY GROUP LTD.). STREET, M. J. u.a. [Melken].

⁸¹⁶ Das Unternehmen Insentec B.V. gehört neben den beiden Schwesterunternehmen Identto B.V. und Galaxy B.V. zur Holding HoKoFram Beheer B.V. Die Unternehmensgruppe ist spezialisiert auf die Automatisierung von Tierhaltungsverfahren, engagierte sich jedoch seither nicht in der Herstellung von Melksystemen.

⁸¹⁷ Vgl.: KOCHAN, A. [Robots], S. 396f.

⁸¹⁸ Vgl.: o. V. [Produktinformation Galaxy].

4 Adoption und Diffusion von AMV

B.V. durch die S/A S. A. Christensen & Co. (SAC) wird die Anlagen-Konzeption unter neuer industrieller Verantwortung als „RDS Futureline“ weiterentwickelt und vertrieben.⁸¹⁹ Auf Basis des „RDS Futureline“ ist zudem ein mobiles AMV für den Weidebetrieb erhältlich.⁸²⁰

Insgesamt zeigt die technische Entwicklung von vollautomatisierten Melkverfahren eine Entwicklung hin zur Nutzung von Standard-Industrierobotern als Ansetzhilfen im Milchentzug. Beispiele hierfür sind der Futureline-Roboter von SAC sowie die Studie Leonardo II von WestfaliaSurge. Beide Konzepte basieren auf dem Einsatz von Vertikal-Knickarmrobotern.⁸²¹ Die Vorteile des Einsatzes dieser in der industriellen Praxis bewährten Technik liegen zum einen in der Verwendung von Standard-Bauteilen und -Aggregaten. So eröffnet der Einsatz von Standard-Industrierobotern sowohl die direkte Teilhabe an technischen Fortschritten im Bereich der Investitionsgüterindustrie als auch die Möglichkeit zur Kostenreduktion aufgrund der intensiven Nutzung von Skaleneffekten bei der Fertigung der Geräte und Komponenten.⁸²² Zum anderen zeichnet sich diese Roboterbauweise durch ein geringes Störvolumen sowie durch die Möglichkeit des Umgreifens von Hindernissen aus, wodurch bei dieser Bauart ein universeller Einsatz möglich ist. Aufgrund der vorhandenen Bewegungsachsen der Vertikal-Knickarmroboter (Haupt- und Nebenachsen incl. der Kopf- und Handachsen) lassen sich alle sechs Freiheitsgrade (f) im Raum einstellen. Als Ziel der generellen technischen Entwicklung im Bereich der AMV kann die Nachstellung der Einsatzmöglichkeiten der menschlichen Hand angesehen werden.⁸²³ Von den bisher eingeführten Systemen griff das von DeLaval zur Praxisreife weiterentwickelte Konzept von STREET U. A.⁸²⁴ diese Überlegungen – neben den Konstruktionen, die auf dem Einsatz von Vertikal-Knickarmrobotern beruhen - am konsequentesten auf. Im Hinblick auf die weitere

⁸¹⁹ Vgl.: o. V. [SAC].

⁸²⁰ Vgl.: o. V. [Weltpremiere].

⁸²¹ Zur Definition von Industrierobotern siehe VDI-Richtlinie 2860. Vgl.: VDI [2860]

⁸²² Nach Schätzung der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) sowie der International Federation of Robotics (IFR) waren Ende 2004 ca. 120.000 Industrieroboter in Deutschland im Einsatz. Vgl.: UNECE/ IFR [World Robotics 2004], S. 5.

⁸²³ Für im dreidimensionalen Raum frei bewegliche Objekte gilt der Freiheitsgrad $f = 6$ (3 Translationen und 3 Rotationen). Um einen Freiheitsgrad $f = 6$ für den Effektor eines Roboters zu erreichen, sind mindestens $F = 6$ Bewegungsachsen notwendig. Hinzu kommt bei nicht ortsfesten Anlagen, z. B. auf Schienen verfahrbare Roboter, die Translation auf der Bodenfläche. Zu Einsatz und Gestaltung von Industrierobotern vgl.: WEBER, W. [Industrieroboter].

⁸²⁴ Vgl.: ROSSING, W.; HOGEWERF, P. H. [automatic milking systems], S. 1f.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Entwicklung von vollautomatischen Melkverfahren eröffnet die Fähigkeit zur Handhabung einzelner Zitzenbecher - im Gegensatz zu Modulaggregaten - sowie die konstruktionsbedingte Trennung von Roboter und Melktechnik die grundsätzliche Möglichkeit zur Vollautomatisierung von Melkständen und Rotolaktoren.

4.4 Einflussfaktoren auf die AMV-Adoption

4.4.1 AMV-Adoption unter komplexen Rahmenbedingungen

Aufgrund vielfältiger Faktorbeeinflussungen bzw. -beanspruchungen stellt der Einsatz vollautomatischer Melkverfahren einen erheblichen Eingriff in das betriebliche Wirkungsgefüge milcherzeugender Betriebe dar. Die physische und zeitliche Entlastung des Melkpersonals stellt dabei nur einen Aspekt in der Veränderung des Produktionsprozess dar. Vielmehr bedeutet der Einsatz eines AMV die Implementierung eines gänzlich neuen Produktions- und Managementsystems, was weit über das Ersetzen einer technischen Anlage durch eine andere hinausgeht. Der Investitionsschritt hin zu einem AMV führt nicht nur zu einem neuen Verfahren des Milchentzugs. Die systembedingte Umgestaltung bei einem Übergang zum vollautomatischen Milchentzug umfasst alle wesentlichen Input- und Outputfaktoren der Milcherzeugung sowie der betrieblichen Produktionsabläufe. So wird der Einsatz eines AMV von nachfolgenden Parametern maßgeblich determiniert:⁸²⁵

(1) Rechtliche Rahmenbedingungen

(2) Technikbezogene Faktoren

Insbesondere Tierdurchsatz bzw. Melkleistung, Betriebskosten, Betriebssicherheit, AK-Beanspruchung;

(3) Sozio-ökonomischen Faktoren

Insbesondere Unternehmensstrategie, soziales Umfeld, Zeitmanagement sowie Ausstattung mit und Qualität des Human-Capital;

(4) Betriebliche Faktoren

Insbesondere Herdengröße, Stallsystem und betriebliche Diversifikation;

⁸²⁵ Vgl.: TRILK, J. [Erfahrungen], S. 42-61.

4 Adoption und Diffusion von AMV

(5) Tierbiologische Faktoren

Insbesondere Tierrasse, biologische Leistung, Melk- und Tierverhalten;

(6) Ökonomischen Faktoren

Insbesondere Anschaffungs-, Finanzierungs-, Umstellungs- und Betriebskosten sowie im Gesamteffekt die Stückkosten pro kg Milch.

Die aufgrund der Bewertung der Veränderung dieser Faktoren und Rahmenbedingungen entstehenden betriebsindividuellen Anpassungskosten führen zu einem unterschiedlichen Adoptionsverhalten, welches sich bis hin zu einer individuellen Nichtübernahme vollautomatisierter Melkverfahren äußern kann.

Der Entscheidungsprozess in der Adoption von AMV ist geprägt von Unsicherheit und Überlegungen zur weiteren dynamischen Entwicklung der Einsatzbedingungen der Technik. Die Unsicherheit bezieht sich dabei nicht nur auf die mögliche Weiterentwicklung der AMV-Technik selbst sondern vielmehr auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Milchproduktion. Durch die eingeleiteten wie auch die weiterhin zu erwartenden Reformen der Gemeinsamen Marktorganisation für Milch im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) sowie die damit verbundene zunehmende Liberalisierung des Milchmarktes ist zum einen aufgrund des geplanten Wegfalls der staatlichen Mengensteuerung (Referenzmengenregelung) eine deutliche Flexibilisierung der betrieblichen Entwicklung, verbundenen mit geringeren Wachstumskosten, zu erwarten. Zum anderen wird jedoch, bedingt durch den zu erwartenden größeren Einfluss der weltweiten Preis- und Mengenschwankungen auf den hiesigen Milchmarkt eine höhere Unsicherheit betreffend der zu erzielenden Verkaufserlöse die Investitionsentscheidung beeinflussen.

4.4.2 Betriebswirtschaft und Management

Zur betrieblichen Wirkung von AMV wurden seit der Einführung dieser Technik eine Vielzahl von Untersuchungen vorgelegt.⁸²⁶ Um die Wirtschaftlichkeit eines AMV zu analysieren, ist die neue Technik in einem Verfahrensvergleich einer konventionellen Melktechnik gegenüber zu stellen. In einem von HEIN vorgelegten Verfahrensvergleich wird ein AMV Lely „Astronaut“ mit einem herkömmlichen Fischgräten-

⁸²⁶ Vgl.: WAUTERS, E.; MATHIJS, E. [Economic Implications], S. 68-74, WADE, K. M. U.A. [Economic Efficiency], S. 62-66, TRILK, J.; ZUBE, P.; MAY, D. [Management], S. 256-270 sowie KNAPPSTEIN,

4 Adoption und Diffusion von AMV

melkstand verglichen.⁸²⁷ Der Vergleich beruht auf der Annahme, dass bei der Beschaffung eines Fischgrätenmelkstandes (2X5) eine kostenoptimale Ausstattungsvariante zum Einsatz gelangt.⁸²⁸ Dabei werden Investitionskosten von 2.700 EUR pro Stallplatz für das AMV und 1.500 EUR im Falle eines Fischgrätenmelkstandes in Ansatz gebracht.

In der Berechnung der jährlichen Kosten wurden Abschreibungssätze von 10 Prozent für die Technik, 4 Prozent für die erstellten Gebäude, 6 Prozent für den Zinssatz des eingesetzten Kapitals sowie 1 Prozent Unterhaltskosten zugrunde gelegt. Bei der Betrachtung der kalkulierten Abschreibung wurden für den konventionellen Melkstand als auch für das AMV gleiche Abschreibungssätze angenommen. Dies ist darin begründet, dass im AMV wie auch beim Fischgrätenmelkstand im Bereich der eingesetzten Melktechnik im wesentlichen bereits langjährig erprobte Bauteile Verwendung finden und, wie hier unterstellt, die gleiche Milchmenge pro Jahr ermolken wird. Die Gesamtkosten pro Kuh und Jahr belaufen sich dabei unter Berücksichtigung der Kosten für Technik und Gebäude sowie der variablen Kosten im Falle eines Fischgrätenmelkstandes auf 225 EUR. Die Kosten für das AMV liegen bei 450 EUR, wodurch sich ein Kostennachteil für das AMV von 225 EUR je Kuh und Jahr ergibt.

In den Verfahrensvergleich sind dabei keine betriebsindividuellen Aspekte aufgenommen worden, die einer Generalisierung der Ergebnisse entgegenstehen würden. So ist der Aspekt einer gegebenenfalls höheren Einzeltierleistung, die auf eine höhere tägliche Melkfrequenz bei einem AMV-Einsatz zurückzuführen wäre ebenso unberücksichtigt geblieben, wie Kosten, die gegebenenfalls bei einem Ausmerzen von Tieren anfallen würden. Weiterhin sind bei der dargestellten Berechnung keine versunkenen Kosten für den Ersatz eines eventuell vorhandenen konventionellen Melkstandes berücksichtigt. Entsprechend der jeweiligen betrieblichen Situation können die wirtschaftlichen Effekte einer Umstellung auf AMV daher stark differieren.

K. U.A. [Erprobung automatischer Melksysteme], 281-303.

⁸²⁷ Vgl.: HEIN, K. [Melkroboter im Praxiseinsatz], S. 50-54.

⁸²⁸ Der Verfahrensvergleich eines AMV mit einem technisch hoch ausgestatteten Melkstand wird als nicht praxiskonform betrachtet, obgleich sich hierdurch eine höhere Vorzüglichkeit des AMV ergeben würde.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Die Arbeitszeiteffekte betreffend wird unterstellt, dass sich aufgrund der Umstellung auf ein AMV der Arbeitszeitbedarf pro Kuh und Jahr mittelfristig um 10 Stunden reduzieren lässt. Dabei ist zu beachten, dass die Arbeitszeit nun über den ganzen Tag verteilt anfällt oder anfallen kann. Die eingesparte Arbeitszeit ist hier mit 22,50 EUR/AKh teuer erkauft. Bei den meisten Familienbetrieben ohne Fremdarbeitskräfte sind jedoch in aller Regel kaum bedeutsame Opportunitätskosten für die freigesetzte Arbeitszeit, die zu den Tagesrandzeiten anfallen würde, vorhanden. Hier ist der Stundenbetrag als Freizeitwert zu betrachten. In Betrieben mit Lohnarbeitsverfassung liegen tatsächliche Kosten für die Arbeitszeit vor. Zum Ausgleich der dargestellten jährlichen Mehrkosten müsste, werden Personalkosten in Höhe von 15 EUR je Stunde und ein Grenzdeckungsbeitrag pro Liter Milch von 12 ct/kg unterstellt, eine Mehrleistung von 625 kg Milch je Kuh und Jahr erreicht werden. In Familienbetrieben ohne eine adäquate Alternativnutzung für die eingesparte Arbeitszeit würden sich somit bei einer Marktleistung von 7.000 kg Milch pro Kuh und Jahr die Milcherzeugung um 3,2 ct/kg verteuern. Bei einer unterstellten Arbeitszeiteinsparung von 10 Stunden je Kuh und Jahr reduziert sich der Kostennachteil des AMV auf 1,1 ct/kg.⁸²⁹

Eine Investitionsentscheidung für das AMV hat zudem zur Folge, dass die Betriebe mit hohen Fixkosten für die Milchgewinnung belastet werden und sich somit der finanzielle Spielraum der Betriebe stark einengen kann. Ein zusätzliches Investitionshemmnis stellt der sprungfixe Kostenverlauf der auf dem Markt befindlichen AMV dar. Um möglichst geringe Stückkosten in der Milchviehhaltung zu erreichen, kann eine wirtschaftliche und sinnvolle Betriebserweiterung daher nur in „ganzen“, Schritten und somit nur unter der Prämisse einer hohen Kapazitätsauslastung des eingesetzten AMV vollzogen werden. Dies bedeutet, dass die milchviehhaltenden Betriebe im Falle einer Erweiterung neben den hohen Kosten für das AMV auch die anfallenden Kosten für den Stallbau, für das Tiermaterial sowie für die benötigte Referenzmenge zur Auslastung des zusätzlichen AMV zeitnah aufwenden müssen.

⁸²⁹ Von anderen Autoren wurden vergleichbare Größenordnungen zum Nachteil von AMV ermittelt. Vgl.: TRILK, J.; ZUBE, P.; MAY, D. [Management], S. 256-270.

4.5 Einsatz automatischer Melkverfahren

4.5.1 Der Markt für AMV

4.5.1.1 BISHERIGE MARKTENTWICKLUNG VON AMV

Seit der Markteinführung von AMV im Jahre 1992⁸³⁰ lässt sich für deren Marktexpansion eine dynamische Entwicklung feststellen. So folgt die Ausbreitung dieser Technik einem für diese frühe Markteinführungsphase oft üblichen, exponentiellen Funktionsverlauf.⁸³¹ Haben 1995 erst weltweit ca. 20 Betriebe⁸³² ein AMV eingesetzt, so waren es 1997 bereits über 100.⁸³³ Im Jahre 2002 waren, wie aus Abbildung 20 ersichtlich wird, weltweit schon in ca. 1.250 landwirtschaftlichen Betrieben Anlagen zum vollautomatischen Milchentzug im Einsatz.⁸³⁴ Über 90% der Melkautomaten waren zu diesem Zeitpunkt in Mittel- und Nordwesteuropa installiert. Jedoch war deren Zahl, in der Relation zur Gesamtzahl der Milchviehbetriebe, noch sehr gering. So setzten 2002 in Deutschland nur 0,12% aller Betriebe mit Milchviehhaltung ein AMV ein. In den Niederlanden waren es zum selben Zeitpunkt bereits 1,61%.⁸³⁵ Nach dieser im Vergleich zum Gesamtmarkt für Melktechnik sehr verhaltenen Einführung liegt der Anteil von AMV am deutschen Gesamtmarkt für Melktechnik derzeit bei über 15%. Vor allem in den Niederlanden, aber auch in Skandinavien werden Systeme zum vollautomatischen Milchentzug bereits in deutlich größerem Umfang in milchviehhaltenden Betrieben genutzt. So liegt der Marktanteil in Finnland bei über 80%⁸³⁶

Während die Einführung der AMV in der europäischen Landwirtschaft sich - auf

⁸³⁰ Als Zeitpunkt der Markteinführung wird hier das Jahr 1992 angenommen, da in diesem Jahr die ersten in Serie gefertigten Anlagen, so etwa von dem derzeitigen Weltmarktführer Lely, in niederländischen Praxisbetrieben installiert wurden. Vgl.: O. V. [robot milking], S. 2; KONING, K. DE U.A. [automatic milking], S. I-1 sowie MEIJERING, A. [Preface], S. 7. Vgl. auch Kapitel 4.3.2.2.

⁸³¹ Hier sei beispielhaft auf die Verbreitung von Melkmaschinen verwiesen. Vgl. Kapitel 4.1.2.

⁸³² Vgl.: NOSAL, D.; SCHICK, M. [Neue Melksysteme], S. 1.

⁸³³ Vgl.: VAN DEN WEGHE, H.; SEUFERT, H. [Vorwort], S. 3.

⁸³⁴ Die dargestellten Zahlen stellen nur eine ungenaue Bestandsaufnahme dar, da eine exakte Ermittlung der Zahl der AMV-nutzenden Betriebe sowie der installierten Anlagen aufgrund der hohen Dynamik im Markt sowie der restriktiven Informationspolitik einzelner Hersteller nicht ermittelt werden kann. Es wird geschätzt, dass zu Beginn des Jahres 2003 bereits 2.500 AMV installiert waren. Vgl.: o. V. [Hersteller], S. 18.

⁸³⁵ Für das Jahr 2002 werden für Deutschland (Novemberzählung) 128.900 Milchkuhhalter ausgewiesen. Vgl.: ZMP [Milchviehhaltung], S. III.

In den Niederlanden gab es 2002 26.396 Betriebe mit Milchviehhaltung. Vgl.: CBS (Landbouwtelling), o. S.

⁸³⁶ Vgl.: o. V. [Presseinformation].

4 Adoption und Diffusion von AMV

geringem Gesamtmarktniveau – jedoch teilweise dynamisch entwickelt, ist deren Einsatz in den Vereinigten Staaten, Kanada und Ozeanien im Vergleich zum Gesamtmarkt noch geringer. Die Gründe für diese regional stark ungleiche Entwicklung liegen in der unterschiedlichen Betriebsstruktur und den deutlich differierenden Kosten der Arbeitserledigung zwischen Europa und diesen Produktionsregionen.⁸³⁷ Weltweit wird der Umfang aller seither installierter AMV-Anlagen auf ca. 6.000 geschätzt, wobei zusätzliche Neuinstallationen von weiteren ca. 6.000 Einheiten für den Zeitraum von 2007 bis 2010 erwartet werden.⁸³⁸

In Deutschland werden landwirtschaftliche Unternehmer seit 1986 über Entwicklung, Einsatz und Funktion von vollautomatisierten Melkverfahren in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften informiert.⁸³⁹ Automatische Melkverfahren werden in Deutschland jedoch erst seit 1996 außerhalb von Versuchsbetrieben in der Milchviehhaltung eingesetzt.⁸⁴⁰ Zu diesem Zeitpunkt waren bereits ca. 45 Anlagen weltweit im Einsatz.⁸⁴¹ Ausgehend von den nord- und nordwestdeutschen Milcherzeugungsregionen, wo Anfang 1997 bereits drei Betriebe ein AMV nutzten,⁸⁴² breitete sich der AMV-Einsatz bis Mitte 1998 in Deutschland regional sehr schnell aus. So wurden im Jahre 1997 erste Anlagen in Schleswig-Holstein,⁸⁴³ Bayern⁸⁴⁴ und Baden-Württemberg eingesetzt.⁸⁴⁵ Ende 1998 waren ca. 50 Anlagen von fünf Herstellern in Deutschland installiert.⁸⁴⁶ Landwirtschaftliche Lehr-, Forschungs- und Versuchseinrichtungen antizipierten diese Ausbreitung des vollautomatischen Milchentzuges nicht. Die Marktentwicklung wurde, im Gegensatz zu der hier zum Teil geleisteten Grundlagenforschung, von ihnen lediglich begleitet, da Praxisbetriebe gleichzeitig oder mit zeitlichem Vorsprung diese Technik zum Einsatz brachten.⁸⁴⁷

⁸³⁷ Auch für Japan ist eine lohnkostenintensive Agrarproduktion festzustellen. Hier ist jedoch anzumerken, dass die Marktentwicklung in Japan bei der aus Europa stammenden Technik mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung einsetzte. Vgl.: TRILK, J. [Melkroboter], S. 68.

⁸³⁸ Vgl.: UNECE/ IFR [World Robotics 2007], S. 389ff.

⁸³⁹ Erste konkrete Informationen zur Entwicklung von AMV finden sich für die landwirtschaftliche Praxis in: WORSTORFF, H. [Wissenschaft und Industrie], S. 19.

⁸⁴⁰ Vgl.: BOHLSSEN, E.; ARTMANN, R. [Erprobung automatischer Melksysteme], S. 262 sowie GERSGRAPPENHAUS, C. [Melkroboter], S. R6.

⁸⁴¹ Vgl.: ROSSING, W.; HOGEWERF, P. H. [automatic milking systems], S. 1.

⁸⁴² Vgl.: ECKL, J. [Melkroboter halten Einzug], S. 30.

⁸⁴³ Vgl.: o. V. [Mit dem Melkroboter], S. 18.

⁸⁴⁴ Vgl.: o. V. [Melkroboter – Zukunft], S. 13.

⁸⁴⁵ Vgl.: o. V. [Astronaut], S. 22.

⁸⁴⁶ Vgl.: CIELEJEWSKI, H. [Automatisches Melken], S. 30.

⁸⁴⁷ Für potentielle Adoptoren einer Innovation ist es wichtig, die neue Technik unter gleichen oder

4 Adoption und Diffusion von AMV

Als erste öffentliche Einrichtungen, die bereits 1997 ein marktgängiges AMV einsetzten, sind die Versuchsstation für Futterbau und Rindviehhaltung Infeld der Landwirtschaftskammer Weser-Ems⁸⁴⁸ sowie das Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim der Tierärztlichen Fakultät München⁸⁴⁹ zu nennen. Mit der Inbetriebnahme eines Melkroboters an der Lehr- und Versuchsanstalt Ruhlsdorf / Groß Kreutz (Brandenburg) in der ersten Hälfte 1999 konnte auch für die größeren Betriebe Ostdeutschlands der vollautomatische Milchentzug regional demonstriert werden.⁸⁵⁰ Insgesamt nahmen seither vorwiegend die AMV-nutzenden landwirtschaftlichen Familienbetriebe die Pionier- und Vorbildfunktion für den Gesamtmarkt ein.

ähnlichen Einsatzbedingungen, wie sie im eigenen Betrieb vorherrschen, zu beobachten. Eine Ersteinführung der Technik in landwirtschaftlichen Praxisbetrieben ist somit als adoptionsfördernd zu betrachten. So stand hier m. E. bei Lehr-, Forschungs- und Versuchseinrichtungen nicht deren Multiplikationsfunktion im Vordergrund. Vielmehr wurde hier aufgrund der Versuchs- und Forschungstätigkeit ein Beitrag zur größeren Markttransparenz für die landwirtschaftlichen Nutzer von AMV geleistet. Zur Bedeutung von Demonstrationsvorhaben im Diffusionsprozess in der Landwirtschaft vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 355–356.

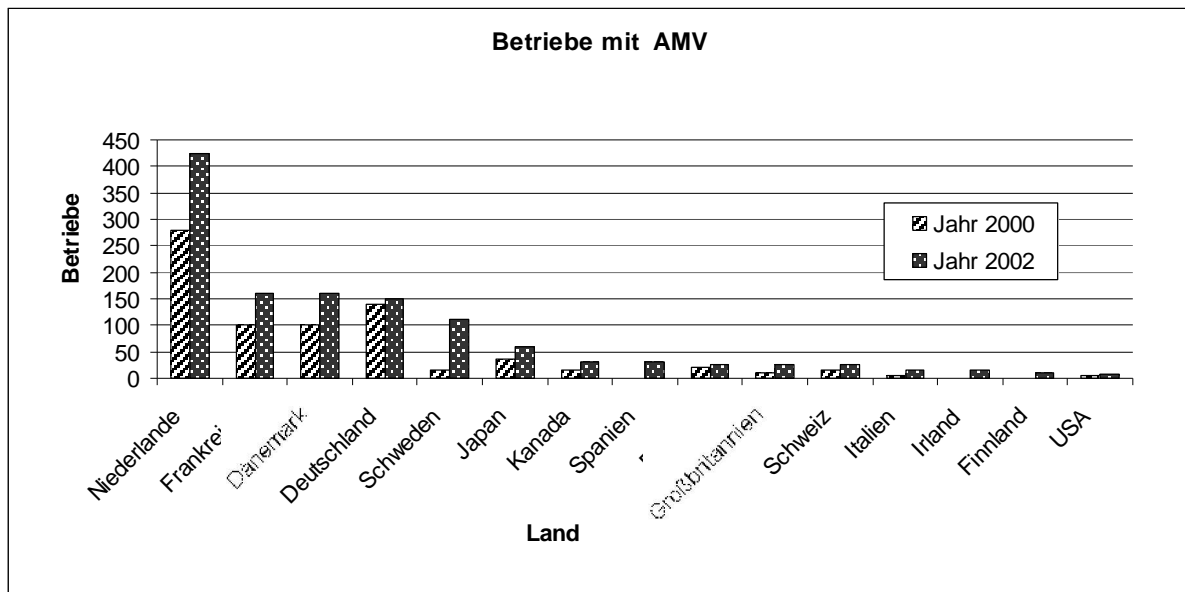
⁸⁴⁸ Vgl.: KLEVERSAAT, K. [Melken], S. 35.

⁸⁴⁹ Vgl.: FÖRSTER, M. U.A. [Erste Erfahrungen], S. 115.

⁸⁵⁰ Vgl.: o. V. [Versuchsbetrieb], S. R3.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 20: Übernahme von automatisierten Melkverfahren in verschiedenen Ländern während der ersten Adoptionsphase (2000 und 2002)^{1,2}



Quelle: KAUFMANN, R; AMMANN, H.; HILTY, R. [Melkroboter], REINEMANN, D. J. [Automatic milking in the USA], S. 1-15. sowie VAN DOOREN, H. J.; SPRÖNDLY, E.; WIKTORSSON, H. [Automatic milking], S 7.

¹Hier ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Zahl der installierten AMV die Zahl der Betriebe mit AMV deutlich übersteigen kann, da vor allem bei der Nutzung von Einboxanlagen - entsprechend der Herdengröße - mehrere Anlagen pro Betrieb im Einsatz sein können.

²Die dargestellten Zahlen für 2000 (Stand September) und 2002 (Stand März) können, wie oben bereits dargelegt, nur eine ungenaue Bestandsaufnahme wiedergeben.

4.5.1.2 KLASSIFIKATION DES MARKTES FÜR AMV

In die Betrachtung des Marktes für vollautomatisierte Melkverfahren ist die Analyse der Marktgestalt mit einzubeziehen. Die Gestalt des Marktes ist für die Art des Zusammentreffens von Angebot und Nachfrage und damit für die Preisbildung von Bedeutung.⁸⁵¹ Bei der Klassifikation der hier anzutreffenden Marktform sind insbesondere die marktstrukturellen Gegebenheiten sowie das Marktverhalten der Anbieter hervorzuheben.

Die Marktstruktur - oder auch Marktmorphologie - umfasst eine qualitative, den Markttyp umschreibende Dimension sowie eine quantitative Dimension, welche die

⁸⁵¹ Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 110.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Marktbesetzung umfasst.⁸⁵²

(1) Markttyp

Der Markttyp wird durch den Organisationsgrad, den Grad der Offenheit sowie durch den Vollkommenheitsgrad charakterisiert.⁸⁵³

Da unorganisierte Märkte in einer modernen Marktwirtschaft auszuschließen sind, ist ein Mindestorganisationsgrad, der sich im Falle des hier betrachteten Marktes vor allem in Form gesetzlicher Regelungen und technischer Standards niederschlägt, gegeben. Diese sind jedoch auf dem Markt für AMV für die Art der Preisbildung als auch für die Höhe der Preise selbst von nicht maßgeblicher Bedeutung. Der Grad der Offenheit des AMV-Marktes kann durch Art und Umfang möglicher rechtlicher Zugangsbeschränkungen sowie durch wirtschaftliche Hemmnisse als Markteintrittsbarrieren determiniert sein.⁸⁵⁴ Da rechtliche Zugangsbeschränkungen für einzelne Marktteilnehmer nicht bekannt sind, rücken mögliche ökonomische Hindernisse des Marktzutritts in den Vordergrund der Betrachtung, welche den Marktzutritt de facto erschweren bzw. verhindern können. Die in der Literatur wiederholt als Eintrittsbarrieren angeführten *economics of scale*⁸⁵⁵ lassen sich in Anbetracht der bisherigen Produktionsumfänge in einem nur untergeordneten Maße für den AMV-Markt feststellen. So liegt bei den hier am Markt agierenden Unternehmen keine Massenproduktion, verbunden mit einer notwendig hohen Unternehmensgröße, vor.⁸⁵⁶ Vielmehr wird der Markt, wie oben dargestellt, von nicht klassischen Melktechnikherstellern kleinerer Unternehmensgröße dominiert, welche sich eine Technologieführerschaft erworben haben. Für neu in den Markt ein tretende Anbieter besteht somit keine Notwendigkeit, sofort erhebliche Produktionskapazitäten zu errichten, was einen hohen Finanzierungsbedarf an Sachkapital zur Folge hätte. Vielmehr können die hohen Kosten für Forschung und Entwicklung als bedeutende wirtschaftliche Markteintrittsbarriere angeführt werden. So wird die Offenheit des AMV-Marktes erheblich durch die von den einzelnen Anbietern ge-

⁸⁵² Vgl.: HENRICHSMeyer, W. u.a. [Volkswirtschaftslehre], S. 52.

⁸⁵³ Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 111.

⁸⁵⁴ Vgl.: HERDZINA, K. [Wettbewerbspolitik], S. 68f.

⁸⁵⁵ Zum Begriff der *economics of scale* vgl.: MANKIw, N. G. [Volkswirtschaftslehre], S. 304ff.

⁸⁵⁶ Hier sei auf die Massenproduktionshypothese als Erklärungsansatz für Marktverhalten und Marktergebnisse verwiesen. Vgl.: HERDZINA, K. [Wettbewerbspolitik], S. 69ff sowie SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 376.

4 Adoption und Diffusion von AMV

haltenen Patente, wie oben dargestellt, reduziert.⁸⁵⁷ Die geschilderten langen Entwicklungszeiträume, verbunden mit einer zum Teil notwendigen Grundlagenforschung, führen hier zu einem erheblichen Investitionsbedarf. Die Entwicklungsgeschichte der AMV-Technik hat gezeigt, dass sich Unternehmen aufgrund dieser finanziellen Belastungen aus dem Markt bzw. der Entwicklung der Technik wieder zurückgezogen haben. Auch entstehen durch den für den Betrieb von AMV notwendigen Aufbau einer umfangreichen Servicestruktur für die Hersteller sprungfixe Kosten, welche beim Markteintritt aufzuwenden sind. Diese sind als ein weiteres bedeutendes wirtschaftliches Eintrittshindernis, zumindest für eine rasche räumliche Marktdurchdringung, anzusehen.⁸⁵⁸

Der Vollkommenheitsgrad des Marktes für AMV ist zum einen durch die vorherrschende Markttransparenz bestimmt.⁸⁵⁹ Es ist hier zu unterstellen, dass alle Marktteilnehmer über alle notwendigen Marktbedingungen nahezu vollständig informiert sind. So dürften den potentiellen Nachfragern die Leistungskennzahlen sowie die Qualität der Arbeitserledigung der am Markt angebotenen Anlagen, die Preise sowie alle möglichen Anbieter bekannt sein. Den Anbietern ist eine tiefe Kenntnis aller Marktgegebenheiten sowie das Wissen um die bei den Wettbewerbern vorherrschenden Produktions- und Kostenbedingungen zu unterstellen. Diese Transparenz schließt jedoch die Kenntnis um den zukünftigen Pfad der technischen Entwicklung wie auch die von den Herstellern getätigten Investitionen, vor allem im Bereich der Forschung und Entwicklung, ausdrücklich nicht mit ein. Auch besteht eine nahezu vollständige Intransparenz bezüglich einer zeitnahen quantitativen Beschreibung des AMV-Marktes, was auf ein restriktives Informationsverhalten der Anbieter zurückzuführen ist. So lassen sich die jeweiligen Marktanteile wie auch die Entwicklung des Gesamtmarktes nur mit einem gewissen time-lag schätzen. Zum anderen ist bei der Charakterisierung des Vollkommenheitsgrades des AMV-Marktes eine Bewertung der Homogenität der angebotenen Anlagen, vor allem aus der Einschätzung der Nachfrager heraus, vorzunehmen.⁸⁶⁰ So bestehen zum Teil

⁸⁵⁷ Zur Bedeutung der Gewährung von Patenten im innovatorischen Wettbewerb vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 36f.

⁸⁵⁸ Inwieweit jedoch die Höhe des Kapitalbedarfs als schwerwiegende Eintrittsbarriere allgemein zu werten ist, ist in der Literatur umstritten. Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 112.

⁸⁵⁹ Vgl.: HENRICHSMeyer, W. u.a. [Volkswirtschaftslehre], S. 49ff.

⁸⁶⁰ Liegt ein homogenes Güterangebot vor, bestehen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite keinerlei Präferenzen bzgl. Güter bzw. Marktteilnehmer. Vgl.: SCHUMANN, J.;

4 Adoption und Diffusion von AMV

erhebliche sachliche, räumliche und zeitliche Leistungsunterschiede zwischen den Angeboten (Leistungen) der jeweiligen Hersteller. Im Hinblick auf die bereits oben dargelegten Unterschiede zwischen den einzelnen Anlagentypen ist festzuhalten, dass die einzelnen Melkautomaten nicht als qualitativ gleichartig anzusehen sind. Zeitliche Angebots-Unterschiede können in der Verfügbarkeit der Anlagen bzw. im Vorhandensein unterschiedlicher Lieferfristen bestehen. Sowohl die in ihrer Kapazität für die vorhandene Marktnachfrage nicht ausreichenden Produktionsanlagen als auch eine regional nicht vorhandene bzw. erst sich im Aufbau befindliche Vertriebs- und Servicestruktur des jeweiligen Herstellers führen zu einer zeitlichen Inhomogenität der AMV. Insbesondere die Qualität der Servicestruktur führt zu einer deutlichen zeitlichen und vor allem räumlichen Differenzierung des AMV-Marktes. So ist zu beobachten, dass die einzelnen Hersteller Anstrengungen unternehmen, regionale Vertriebsschwerpunkte zu bilden, welche den wirtschaftlichen Betrieb einer Serviceeinheit gewährleisten. Die räumliche und zeitliche Marktdiffusion von AMV ist somit seither im Wesentlichen in der von den Anbietern definierten Vertriebsentscheidung begründet.

(2) Marktbesetzung

Das Kriterium der Marktbesetzung bezieht sich auf die Zahl und die relative Größe der Marktteilnehmer.⁸⁶¹ Der AMV-Markt ist von wenigen Anbietern beherrscht, welche zum Teil, wie oben dargestellt, über die Vergabe von Lizenzen in ihrem Marktverhalten zumindest teilweise voneinander abhängig sind. Ihnen stehen eine Vielzahl von Nachfragern gegenüber. Bezüglich der Marktbesetzung ergibt sich daher das Bild eines Oligopols. Dieses befindet sich im Übergang zum Teilmonopol, da sich die relative Größe der Marktteilnehmer auf der Anbieterseite deutlich voneinander unterscheiden. Mit weltweit ca. 1.900 installierten Anlagen (Anfang 2003) und ca. 4.000 Einheiten (Ende 2006) kann Lely uneingeschränkt als Weltmarktführer bezeichnet werden. Dabei wurden im ersten Jahr der Markteinführung des Astronaut A3 (November 2005 bis Dezember 2006) 1.000 Einheiten dieses Typs abgesetzt.⁸⁶² Auch unter Beachtung der Tatsache, dass eine zeitnahe quantitative

MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 207f.

⁸⁶¹ Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 114.

⁸⁶² Vgl.: o. V. [Hersteller], S. 18f sowie o. V. [1.000 Astronaut A3].

Bei weltweit 2.500 installierten Anlagen zu Beginn des Jahres 2003 nahm Lely damit einen Anteil von 76 % ein. Vgl.: DUNN, N. [Robot milking], o. S.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Beschreibung des AMV-Marktes nur sehr schwer möglich ist, lässt sich eine offensichtlich hohe Marktmacht dieses Herstellers feststellen.⁸⁶³ Eine Begründung für die Einordnung des AMV-Marktes zumindest als Teilmonopol liefert die Tatsache, dass die Aktivitäten anderer Marktteilnehmer ohne erkennbaren Einfluss auf das Marktgeschehen geblieben sind. Demnach ist eine starke Interdependenz bzw. Reaktionsverbundenheit unter den Marktteilnehmern als weiteres Kennzeichen des Oligopols auf dem Markt für vollautomatisierte Melkverfahren nicht gegeben.

Werden die Aussagen zu Markttyp und Marktbesetzung zusammengeführt, ergibt sich die Form des AMV-Marktes.⁸⁶⁴ Diese ist aufgrund der beschriebenen Unvollkommenheit des AMV-Marktes und des vorherrschenden Teilmonopols von einer deutlichen monopolistischen Preis-Absatz-Strategie des Herstellers Lely geprägt.⁸⁶⁵ Für die übrigen Hersteller im AMV-Oligopol sind gleichzeitig individuelle Preis-Absatz-Funktionen mit einem geringeren monopolistischen Spielraum als jene des marktführenden Anbieters anzunehmen.⁸⁶⁶ Da die landwirtschaftlichen Nachfrager innerhalb dieses Spielraumes keine starke Mengen- bzw. Preisreaktion zeigen, werden durch das Nachfrageverhalten die übrigen Anbieter nicht betroffen, wodurch keine Gegenreaktionen am Markt hervorgerufen werden.⁸⁶⁷

Neben einer Preisstrategie ist auch eine Mengenstrategie einzelner bzw. aller oligopolistischen Hersteller denkbar. Bei der Betrachtung des AMV-Marktes kann angenommen werden, dass die Anbieter eine autonom-konjunkturelle Strategie einnehmen.⁸⁶⁸ So bieten die Akteure ihre jeweilige Unabhängigkeitsmenge an AMV-

Diesen Marktanteil konnte der Hersteller offensichtlich halten.

⁸⁶³Zur restriktiven Marktmacht vgl.: HERDZINA, K. [Wettbewerbspolitik], S. 82ff.

Zu Marktmacht führen Produktionsumstände, welche durch zunehmende Skalenerträge oder hohe Fixkosten (= abnehmende Grenzkosten) gekennzeichnet sind, was zur Bildung sog. natürlicher Monopole führen kann. Vgl.: HEERTJE, A.; WENZEL, H.-D. [Volkswirtschaftslehre], S. 388f. Weiterführend zu markstrukturellen Konstellationen (marktbeherrschende, marktstarke und überlegende Unternehmen) vgl.: §§ 19 und 20 GWB.

⁸⁶⁴Vgl.: HENRICHSMEYER, W. u.a. [Volkswirtschaftslehre], S. 49ff.

⁸⁶⁵Zum dem auf STACKELBERG zurückgehenden Marktformenschema vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 273ff.

⁸⁶⁶Zum Verhalten von Unternehmen in monopolistischen und oligopolistischen Märkten vgl.: HERRMANN, M. [Volkswirtschaftslehre], S. 165–192 sowie HUNT, E. K.; SHERMAN, H. J. [Volkswirtschaftslehre], S. 272–287.

⁸⁶⁷Das Angebot an gewerblich produzierten Kapitalgütern für die Landwirtschaft kann jedoch grundsätzlich als weitgehend preiselastisch angesehen werden. Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik], S. 342-346. Zum Faktoreinsatz in der Landwirtschaft vgl. weiterführend: HENZE, A. [Produktionsmittel], S. 39–52.

⁸⁶⁸Insgesamt erscheinen die in der Literatur beschriebenen Strategien und Reaktionshypothesen im Oligopol vielfältig. Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 140.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Anlagen am Markt an. Dieses Verhalten kann prinzipiell zu einem asymmetrischen Dyopol (Stackelberg-Modell),⁸⁶⁹ zu Verdrängungsverhalten oder zu einem Zustand einer auf Verständigung basierenden gemeinsamen Gewinnmaximierung führen. Grundsätzlich ist im Falle des Marktes für AMV zu unterstellen, dass die Wettbewerber weiterhin eigene Interessen und Strategien verfolgen, die sich auf eine Erhöhung des Marktanteils gegenüber dem Konkurrenten richten (andernfalls müsste eine Kartellabsprache mit einer Festlegung von Marktanteilen und Gewinnquoten unterstellt werden, für welche keine Belege vorliegen). Dabei muss jedoch auch unterstellt werden, dass die Anbieter versuchen, den monopolistischen Preis-Absatz-Spielraum, der für die Gesamtheit der Anbieter besteht, möglichst weit auszunutzen.⁸⁷⁰ Es kann für den AMV-Markt gefolgert werden, dass vor dem Hintergrund bedeutender Markteintrittsbarrieren sowie der Tatsache, dass es sich hier um einen Verkäufermarkt handelt,⁸⁷¹ insgesamt eine Mengenstrategie realisiert wird, welche zu einer gemeinsamen Gewinnmaximierung führt. Dies zeigt sich unter anderem in der Marktreaktion auf das Verhalten des Anbieters Lely: So konnte der Hersteller seine Produktion im Jahre 2002 um 20% ausdehnen und im Zeitraum November 2005 bis Dezember 2006 mit der Einführung des Astronaut A3 eine weitere Produktionssteigerung vornehmen, ohne dass eine bedeutende Preis bzw. Mengenreaktion erkennbar wurde.⁸⁷²

Soll der Gewinn bei gegebener Marktlage und folglich unveränderter Nachfragefunktion noch weiter erhöht werden, ist eine monopolistische Preisdifferenzierung auf der AMV-Angebotsseite denkbar.⁸⁷³ Unter der Annahme, dass eine Gruppe von landwirtschaftlichen Nachfragern bereit ist, einen höheren Preis als den Monopolverpreis zu zahlen, kann zum einen eine Marktspaltung betrieben werden.

⁸⁶⁹ Vgl.: MATSCHKE, X. [Stackelberg-Dyopol], S. 114–120.

⁸⁷⁰ Vgl.: MANKIW, N. G. [Volkswirtschaftslehre], S. 372–384.

⁸⁷¹ Hier liegt eine Marktsituation vor, in der die Nachfrage nach AMV das Angebot übersteigt, sodass eine entsprechend dem Nachfrageüberhang ausgeprägte Nachfragekonkurrenz und damit starke Stellung der Angebotsseite vorliegt. Zum Verhalten gewerblicher Käufer vgl.: BÄNSCH, A. [Käuferverhalten], S. 181–224.

⁸⁷² Vgl.: o. V. [Limited Edition], o. S. sowie o. V. [1.000 Astronaut A3].

Für das Jahr 2006 wurde eine Verdoppelung der Produktion, bei einer Sicherung der Marktanteile, angekündigt. Vgl.: o. V. [Astronaut Melkrobotersysteme].

⁸⁷³ Vgl.: HARDES, H.-D.; WEBER, S. [Preisdifferenzierung], S. 230–237.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Zum anderen können mehrere heterogene Güter (auch Güterkombinationen) angeboten werden, was eine sachliche Differenzierung der AMV erforderlich macht.⁸⁷⁴ So wird von der Angebotsseite versucht, die zwischen dem Marktpreis und dem Grenznutzen liegende Rente des landwirtschaftlichen AMV-Nutzers möglichst abzuschöpfen, um so, unter Beachtung der für den Anbieter entstehenden zusätzlichen Kosten, einen höheren Gesamtgewinn zu erzielen. Hier kann beispielhaft die Absatzstrategie des Herstellers Lely für den bisherigen Anlage-Typ Astronaut A2 angeführt werden. Differenzierungen bestanden hier zeitweise sowohl hinsichtlich der verwendeten Materialien als auch bezüglich der Ausstattung mit Einrichtungen zur Betriebs- und Tierüberwachung.⁸⁷⁵ So kann das Gerät in seiner Grundvariante zum vollautomatischen Milchentzug genutzt werden. Soll den Anforderungen zur Milchhygiene entsprochen werden, ist das MQC als Zusatzeinrichtung zu beschaffen. Andere zusätzliche Ausstattungsmerkmale (wie z. B. Waageplattform, Videoüberwachung, Modul zur individuellen Trennung und Sammlung von Milchproben) dienen nicht notwendigerweise der Grundfunktion des vollautomatischen Milchentzuges. So wird hier bei einem Kauf eine höhere Zahlungsbereitschaft entsprechend des jeweiligen bei den Kunden vorherrschenden Grenznutzens vom AMV-Anbieter LELY abgeschöpft. Die von diesem Hersteller betriebene Marktausweitung mittels einer limitierten, preisreduzierten AMV-Ausstattungsvariante (Jubiläums-Sonderaktion)⁸⁷⁶ kann hingegen als absatzpolitisches Instrument zur Steigerung des eigenen Marktanteils angesehen werden.⁸⁷⁷ Eine Fortsetzung dieser Absatzstrategie ist auch für das neu konzipierte Nachfolgemodell Astronaut A3 zu erkennen, wobei hier wesentliche Komponenten wie das MQC aber auch Wiegezellen bereits in die Basisversion integriert sind. Dabei wurde der Abgabepreis um ca. 10% gegenüber dem Vorgängermodell erhöht.

Grundsätzlich versuchen die AMV-Anbieter auf den monopolistischen bzw. oligopolistischen AMV-Teilmärkten die Höhe ihres Extragewinnes möglichst zu erhalten.

⁸⁷⁴ Vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 24–28.

⁸⁷⁵ Der Hersteller gibt an, dass damit den verschiedenen Ausstattungs- und Preisvorstellungen der Kunden entsprochen werden soll. O. V. [Produktinformation Astronaut], o. S.

⁸⁷⁶ Im Jahre 2002 offerierte LELY anlässlich der zehnjährigen Markteinführung des LELY Astronauts eine Jubiläums-Serie („Astronaut[®] Limited Edition“), welche sich nach Herstellerinformationen sehr erfolgreich vermarkten ließe. Vgl.: O. V. [Limited Edition], o. S.

⁸⁷⁷ Faktisch entsteht durch die Bündelung verschiedener Ausstattungsmerkmale ein neues Produkt, wodurch die Heterogenität am Markt erhöht wird. Vgl.: SIMON, H. [Preisbündelung], S. 1213–

4 Adoption und Diffusion von AMV

Dieser Extragewinn (Rente) übt jedoch grundsätzlich eine hohe Attraktivität auf neue Anbieter aus, welche an diesem partizipieren möchten. Ein neuer Markteintritt könnte zur Folge haben, dass die jeweiligen Monopol-, Teilmonopol- bzw. Oligopol-situationen zerstört, zumindest jedoch gefährdet würden.⁸⁷⁸ Die zumindest für Teilmärkte zu vermutende weitgehende Identität der Marktnachfragekurve mit der Preis-Absatz-Kurve des Anbieters Lely wäre nicht mehr gegeben. So würden sich die individuellen Preis-Absatz-Funktionen der bisherigen AMV-Anbieter in der Folge nach links verschieben. Die Preisbildung auf dem AMV-Markt ist somit von der Einschätzung des Markteintritts möglicher Wettbewerber, also einer potentiellen Konkurrenzsituation, bestimmt. Wird, in Anbetracht der erheblichen Eintrittsbarrieren am AMV-Markt, dennoch der Versuch eines potentiell erfolgreichen Markteintritts unternommen, ist davon auszugehen, dass die bisherigen Anbieter mittels einer Preiskorrektur reagieren (eintrittsverhindernde Preise), wodurch der derzeit erzielte Extragewinn geschmälert wird.⁸⁷⁹ Dieses Verhalten kann auf dem AMV-Markt, aufgrund der spezifischen Marktkonstellationen, seither nicht beobachtet werden. Dass diese Reaktion auf dem AMV-Markt seither nicht beobachtet wurde, kann auf zwei Gründe zurückgeführt werden: So ist der AMV-Markt als Verkäufermarkt durch einen Nachfrageüberhang charakterisiert. Überkapazitäten in der Fertigung der Anlagen, die aufgrund einer Fixkostendegression ausgelastet werden müssten, sind nicht vorhanden. Zum anderen kann von den seither bekannten potentiellen Wettbewerbern ohnehin ein Markteintritt erwartet werden. So hat der relativ spät erfolgte Markteintritt von DeLaval keine Preisreaktion hervorgerufen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der AMV-Markt als Oligopol mit starken monopolistischen Tendenzen (Teilmonopol) durch einen geringen Preiswettbewerb sowie einen deutlichen Nachfrageüberhang geprägt ist. Weiterhin ist der Markt für vollautomatisierte Melkverfahren durch eine Konstanz (Starrheit) der Preise gekennzeichnet ist.⁸⁸⁰ Die Marktdiffusion von AMV begründet sich seither, wie dargelegt, in der von den Anbietern definierten Vertriebsentscheidung.

1234 sowie WÜBKER, G. [Sonderangebotspolitik], S. 693–713.

⁸⁷⁸ Vgl.: HERDZINA, K. [Mikroökonomik], S. 130.

⁸⁷⁹ Vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 375ff.

⁸⁸⁰ Diese sog. oligopolistische Preisstarrheit stellt eine charakteristische Eigenschaft vieler oligopolistischer Märkte dar. Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; GANS, O.; EVERS, I. [Volkswirtschaftslehre], S. 237–239.

4.6 Einstellungen im Entscheidungsprozess zum Kauf eines automatisierten Melkverfahrens

4.6.1 Zur Untersuchung von Einstellungen im Entscheidungsprozess für AMV

Zur Akzeptanz des vollautomatisierten Milchentzuges in der landwirtschaftlichen Praxis, wie auch zu den Gründen, welche bei AMV-Nutzern zum Kauf eines Melkautomaten geführt haben, wurden seither mehrere Untersuchungen vorgelegt. Die in ihren Ergebnissen im Folgenden näher dargestellten Arbeiten unterscheiden sich zum Teil erheblich in Zielsetzung und Umfang der Untersuchung. Auch sind sie zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Innovationsprozess der betrachteten Technik durchgeführt worden.

Ziel der Befragungen insgesamt ist es, die Akzeptanz von milcherzeugenden Betrieben gegenüber vollautomatisierten Melkverfahren zu ermitteln. Die Inhalte der Befragungen sind vorwiegend bestimmt durch die vermuteten betrieblichen und produktionstechnischen Wirkungen eines Einsatzes vollautomatisierter Melkverfahren.⁸⁸¹ Aber auch die Überlegungen zum generellen Innovationsverhalten in der Landwirtschaft bedürfen einer empirischen Überprüfung und sollen helfen, die Innovationsbereitschaft der befragten Milcherzeuger einzuschätzen. Für die vorliegenden Untersuchungen kann dabei eine zentrale Forschungshypothese isoliert werden.⁸⁸²

Bei einer Investitionsentscheidung für ein automatisiertes Melkverfahren können Rentabilitätsüberlegungen zu Gunsten sozialer Vorteilhaftigkeiten in den Hintergrund treten.

4.6.2 Untersuchungen zu Einstellungen im Entscheidungsprozess für AMV

4.6.2.1 BORNSCHEUER UND KÖNIG

Bereits 1989, drei Jahre vor der Praxiseinführung von AMV, legten BORNSCHEUER und KÖNIG eine Analyse zu Einstellung und Bereitschaft milchviehhaltender Betriebe vor, in ein Verfahren zum vollautomatischen Milchentzug zu investieren.⁸⁸³ Das

⁸⁸¹ Vgl. Kapitel 4.4.

⁸⁸² Vgl.: HAGER, W.; WESTERMANN, R. [Planung und Auswertung von Experimenten], S. 172.

⁸⁸³ Von BORNSCHEUER und KÖNIG wurden zwei getrennte Diplomarbeiten erstellt, welche sich auf die

4 Adoption und Diffusion von AMV

Ergebnis der schriftlichen Erhebung unter 50 Landwirten zeigt, dass 46 % der Befragten eine positive Einstellung zum Melkautomaten haben und diesen, sofern er praxisreif ist, auch einsetzen würden. Jedoch führten schon zu dieser frühen Marktphase die auch noch bei Anlagen modernster Bauart vorgebrachten Bedenken bei 54 % der Befragten zu einer Ablehnung der Technik.⁸⁸⁴ So wurden von den Landwirten in der Gruppe der potentiellen Nichtanwender ein hohes Investitionsvolumen (48 % der potentiellen Nichtanwender), eine zu geringe Betriebsgröße (26 %), eine erwartete schlechtere Eutergesundheit (7 %) sowie die Befürchtung, einen hohen Anteil der Milchviehherde aufgrund eines Robotereinsatzes ausmerzen zu müssen (7 %), als Ablehnungsgründe angeführt. Weitere sieben Prozent der Nichtanwender lehnten den Kauf eines Melkautomaten ab, da er in der zu dieser Zeit bekannten Entwicklungsform nicht für Betriebe mit Weidehaltung geeignet schien.⁸⁸⁵

Für die Gruppe der potentiellen Anwender waren die erwartete Arbeitseinsparung und -erleichterung (87 % der potentiellen Anwender) sowie eine erhoffte Milchleistungssteigerung (13 %) die Hauptbeweggründe zum Kauf eines erst zukünftig praxisreifen vollautomatisierten Melkverfahrens.⁸⁸⁶ Die eingesparte Arbeitszeit wollen die potentiellen Anwender gemäß dieser Studie vornehmlich zur Ausdehnung der Milchviehhaltung (62 %), zum Aufbau eines neuen Betriebszweiges (22 %) bzw. zum Ausbau anderer Betriebszweige (52 %) als jener der Milchviehhaltung sowie zu vermehrter Freizeit (39 %) nutzen. Lediglich 39 % der an der Befragung Beteiligten sehen die Notwendigkeit, im Falle eines AMV-Einsatzes mehr Zeit für eine verbesserte Beobachtung der Tiere aufzuwenden.⁸⁸⁷ Auf der Basis des zum Zeitpunkt der Studie vorhandenen Wissens über Kosten und Wirkungen des AMV wird als Ergebnis dieser Untersuchung vermutet, dass eine Einführung des vollautomatischen Melkens in etwa jedem sechsten milchviehhaltenden Betrieb der alten Bundesländer erwartet werden kann.⁸⁸⁸

Ergebnisse einer gemeinsam durchgeführten empirischen Erhebung stützen. Vgl.: BORNSCHEUER, H. [Abschätzung der Wirtschaftlichkeit], S. 20 sowie KÖNIG, W. [Technikfolgen], S. 26.

⁸⁸⁴ Vgl.: KÖNIG, W. [Technikfolgen], S. 34.

⁸⁸⁵ Mehrfachnennungen waren möglich. Vgl.: BORNSCHEUER, H. [Abschätzung der Wirtschaftlichkeit], S. 30f.

⁸⁸⁶ Vgl.: BORNSCHEUER, H. [Abschätzung der Wirtschaftlichkeit], S. 29f.

⁸⁸⁷ Vgl.: BORNSCHEUER, H. [Abschätzung der Wirtschaftlichkeit], S. 32f.

⁸⁸⁸ Vgl.: ISERMEYER, F. [Technikfolgenabschätzung], S. 148.

4.6.2.2 GERBER

Für die von GERBER 1999 erstellte Studie zur Einstellung von Landwirten zum Melkroboter wurden 331 Interviews, welche im Rahmen der EuroTier '98 mit Milchzeugern geführt wurden, ausgewertet.⁸⁸⁹ Von den Befragten zeigten sich 67 % interessiert bis sehr interessiert an der AMV-Technik. Dabei gaben 19 % der Landwirte an, einem AMV-Kauf „sehr nah“ bzw. „nah“ zu sein.⁸⁹⁰

Als Ergebnis der Arbeit kann festgehalten werden, dass lediglich 26 % der befragten Landwirte den Melkroboter als „eher“ bzw. „sehr“ ausgereift ansahen. 23 % gaben an, die Technik als „eher“ bzw. „sehr“ unausgereift einzustufen.⁸⁹¹ Umstellungsprobleme beim Übergang von der konventionellen Melktechnik hin zum vollautomatischen Milchentzug werden in dieser Studie von 47 % der Milchviehalter befürchtet, wohingegen 25 % keine besonderen Umstellungsprobleme erwarteten.⁸⁹²

Die für den AMV-Betrieb notwendige Servicestruktur wird von 35 % der Befragten als „gut“ bis „sehr gut“ eingeschätzt. Lediglich 11 % der Befragungsteilnehmer äußern Bedenken („sehr schlecht“ bzw. „schlecht“) in Bezug auf die erwartete Kundendienstqualität für AMV. Hierbei muss jedoch der Informationsstand der Landwirte Berücksichtigung finden, da alle „sehr gut“ Informierten hier keine Probleme befürchten.⁸⁹³ Eindeutige Aussagen werden in dieser Studie zur Einschätzung der Landwirte bezüglich des Investitionspreises wiedergegeben. So gaben 93 % der Befragten an, den Melkroboter als teuer („sehr teuer“ bzw. „teuer“) einzuschätzen.⁸⁹⁴

⁸⁸⁹ Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 34.

311 Befragungsteilnehmer (94 %) stammten aus Deutschland, drei Prozent aus Österreich und jeweils einer aus Dänemark, den Niederlanden, Tschechien und der Schweiz. Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 32.

⁸⁹⁰ Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 70.

⁸⁹¹ Gut die Hälfte der Befragten (51%) antworteten hier mit „teils, teils“. Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 60.

⁸⁹² Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 66.

⁸⁹³ Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 61.

⁸⁹⁴ Vgl.: GERBER, S. [Einstellung], S. 69.

4.6.2.3 KOWALEWSKY UND FÜBBEKER

KOWALEWSKY und FÜBBEKER stellten 1999 in einer Befragung von 32 deutschen und niederländischen AMV-nutzenden Betrieben fest, dass die erwartete Arbeitsentlastung der wichtigste Grund im Entscheidungsprozess zum Kauf eines vollautomatisierten Melkverfahrens war. Wie aus Tabelle 2 weiter hervorgeht, nahmen auch die sozialen Vorteile einen hohen Stellenwert bei der Kaufentscheidung ein. So wurde von den befragten Landwirten die Flexibilisierung der Arbeitszeit durch den Wegfall der termingebundenen fixen Melkzeiten sowie der Zugewinn an Freizeit betont. Die Notwendigkeit, aufgrund der Überalterung der seither genutzten konventionellen Melktechnik eine Ersatzinvestition zu tätigen, führte bei 20 % der Betriebe zu der Entscheidung, ein AMV zu beschaffen. Dabei wurde von den Betrieben unterstellt, dass das Investitionsvolumen bei der Anschaffung eines AMV die Gesamtkosten der Investition in eine konventionelle Melktechnik nicht übersteigt. Dies wird von 6 % der befragten Betriebe auf geringere Kosten für die von einem AMV, aufgrund der geringeren Standfläche, beanspruchte Bauhülle zurückgeführt. Die bei einem AMV-Einsatz erhöhte Milchleistung pro Tier war für 17 % der in die Untersuchung einbezogenen Betriebe der wichtigste Kaufgrund. Die Erwartung, aufgrund des Einsatzes eines vollautomatisierten Melkverfahrens eine Verbesserung der Tiergesundheit zu erreichen, rangiert mit 14 % an fünfter Stelle der Nennungen. Vor allem von der erhöhten Melkfrequenz werden positive Einflüsse auf den Gesundheitsstatus der Herde erhofft. Von geringerem Einfluss auf die Kaufentscheidung der Landwirte ist die Aussicht, mittels AMV den betrieblichen Arbeitseinsatz dahingehend zu reduzieren, dass der Beschäftigungsumfang von Lohnarbeitskräften verringert bzw. auf Fremdarbeitskräfte gänzlich verzichtet werden kann. In erster Linie nannten Betriebe, bei welchen altersbedingt auf die Mithilfe des Altenteilers fortan verzichtet werden musste, dieses Kriterium als wichtigstes Kaufargument. Für einige wenige Befragte stand eine bei AMV-Betrieben zu beobachtende erhöhte Stallruhe im Vordergrund der Kaufentscheidung. Hier schlägt sich der von den Befragten in AMV-Betrieben gewonnene Eindruck eines kontinuierlichen, aber ruhigen Kuhverkehrs in der Kaufentscheidung nieder. Ob der von 9 % der Landwirte als kaufentscheidend angeführte Wunsch nach einer modernen Melktechnik ausschließlich auf die produktionstechnische Notwendigkeit zurückzuführen ist oder ob hier ein erhofftes höheres Sozialprestige den Kauf entscheidend

4 Adoption und Diffusion von AMV

beeinflusste, bleibt in der hier zitierten Studie letztlich ungeklärt.

Tabelle 2: Beweggründe zum Kauf von automatisierten Melkverfahren bei
KOWALEWSKY und FÜBBEKER¹

| Kaufgrund | Anteil der Befragten (in %) |
|--|------------------------------------|
| Arbeitsentlastung | 43 % |
| Mehr Freizeit/ flexiblere Arbeitszeit | 25 % |
| Bei Ersatzinvestition Melkroboter nicht teurer als konv. Technik | 20 % |
| Milchleistungssteigerung | 17 % |
| Verbesserung der Tiergesundheit | 14 % |
| AK-Einsparung | 11 % |
| Wunsch nach technischem Fortschritt | 9 % |
| Mehr Stallruhe | 6 % |
| Geringerer Platzbedarf | 6 % |

Quelle: Eigene Darstellung nach KOWALEWSKY, H.-H.; FÜBBEKER, A. [Ermittlung der Melkleistung], S. 48.

¹Mehrfachnennungen möglich.

4.6.2.4 MESKENS UND MATHIJS

In der von MESKENS und MATHIJS 2003 vorgestellten Untersuchung zur Motivation und Charakteristik von Landwirten, in ein vollautomatisches Melkverfahren zu investieren, wurden 2001/ 2002 insgesamt 107 Landwirte in Belgien (13), Niederlande (57), Deutschland (23) und Dänemark (14) zu sozioökonomischen Aspekten des AMV-Einsatzes befragt. Dabei wurden nur Betriebe berücksichtigt, die bereits ein AMV einsetzen und dieses in den Jahren 1998 bis 2001 beschafften.⁸⁹⁵ Die Größe der befragten Betriebe lag im Durchschnitt bei 87,2 Milchkühen, wobei die betrachteten deutschen Betriebe mit durchschnittlich 81,3 Milchkühen den zweit-

⁸⁹⁵ Vgl. MESKENS, L.; MATHIJS, E. [Socio-economic aspects], S. 2.

4 Adoption und Diffusion von AMV

kleinsten Betriebsumfang aufweisen.⁸⁹⁶

Als ein Ergebnis der Studie kann festgehalten werden, dass die meisten Landwirte eine erhoffte Arbeitsentlastung bzw. -reduktion sowie die Möglichkeit einer flexibleren Gestaltung der Arbeitszeit als die wichtigsten Investitionsgründe anführen (siehe Tabelle 3). Des Weiteren wird die Einsparung von Fremdarbeitskräften als Investitionsgrund angeführt. Dieser Kaufgrund ist jedoch für deutsche AMV-Nutzer im Vergleich zu anderen Ländern von nur unterdurchschnittlicher Bedeutung. Vielmehr stellen deutsche Milcherzeuger bei einer Investitionsentscheidung die Option in den Vordergrund, aufgrund der eingesparten Arbeitszeit mehr Zeit für andere unternehmerische Aktivitäten aufwenden zu können, was für eine Diversifizierungsstrategie der Betriebe spricht.

Tabelle 3: Beweggründe zum Kauf von automatisierten Melkverfahren bei MESKENS und MATHIJS¹

| Kaufgrund | Anteil der Befragten (in %) ² | | | | |
|---|--|------|------|------|---------------------|
| | B | NL | D | DK | Gesamt ³ |
| Arbeitsentlastung/ -reduktion | 7,7 | 33,3 | 34,7 | 21,4 | 28,9 |
| Flexiblere Arbeitszeiten | 38,5 | 19,3 | 34,7 | 35,7 | 27,1 |
| Einsparung von Fremdarbeitskräften | 7,7 | 17,5 | 8,7 | 21,4 | 14,9 |
| Verbesserung der technischen Parameter des Milchentzugs | 7,7 | 14,0 | 4,3 | 21,4 | 12,1 |
| Zukunftsgerichtete Betriebsentwicklung | 7,7 | 12,3 | 0,0 | 0,0 | 7,5 |
| Mehr Zeit für andere unternehmerische Aktivitäten | 30,7 | 3,5 | 17,4 | 0,0 | 9,3 |

Quelle: MESKENS, L.; MATHIJS, E. [Socio-economic aspects], S. 12.

¹Mehrfachnennungen möglich.

²B = Belgien, NL = Niederlande, D = Deutschland, DK = Dänemark

³gewichteter Mittelwert.

⁸⁹⁶ Vgl. MESKENS, L.; MATHIJS, E. [Socio-economic aspects], S. 9.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Zu einem weiteren Ergebnis der o. g. Studie führt die zusammenfassende Betrachtung aller von MESKENS und MATHIJS erfassten Variablen, wodurch sich folgende Aussagen (Hypothesen) formulieren bzw. statistisch signifikant bestätigen lassen.⁸⁹⁷

- Hypothese 1

Das Alter des Betriebsleiters hat keinen Einfluss auf die Motivation, ein AMV zu beschaffen. Eine Ausnahme besteht hier jedoch bei Landwirten, welche kurz vor dem Ausscheiden aus dem Berufsleben (>60 Jahre) stehen, da bei Ihnen die Frage einer gesicherten Hofnachfolge das Investitionsverhalten maßgeblich beeinflusst.

- Hypothese 2

Landwirte mit einem höheren Bildungsniveau tendieren eher zum Kauf eines AMV.

- Hypothese 3

Landwirte, denen die Meinung der sie umgebenden Umwelt, in erster Linie die Meinung anderer Landwirte über sie selbst wichtig ist, tendieren signifikant häufiger zur Nutzung eines AMV (Prestigebewusstsein).

- Hypothese 4

Aufgrund der strategischen Ausrichtung des landwirtschaftlichen Betriebes (MESKENS und MATHIJS definieren hier die fünf Betriebs-Kategorien Intensivierer, Kostenreduzierer, Wachstumsbetriebe, AK-Minimierer und Diversifizierer) kann keine signifikante Erhöhung des Investitionswillens abgeleitet werden.

Deutsche und dänische Milchviehbetriebe tendieren in erster Linie aus sozialen Gründen dazu, ein AMV zu beschaffen, wohingegen bei niederländischen und belgischen Milcherzeugern ökonomische Gründe bei der Investitionsentscheidung im Vordergrund stehen. Statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen der Betriebsgröße und einer erhöhten Motivation zu einer AMV-Investition konnten - wohl auch aufgrund der Konzeption der Studie - nicht getroffen werden.

⁸⁹⁷ Die Aussagen zur Signifikanz der Zusammenhänge der einzelnen Variablen beruhen auf der Durchführung einer Regressionsanalyse. Vgl.: MESKENS, L.; MATHIJS, E. [Socio-economic aspects], S. 12f.

4.6.3 Erhebung durch HEIN

4.6.3.1 DURCHFÜHRUNG DER ERHEBUNG

Die von HEIN 1999 / 2000 durchgeführte schriftliche Befragung zu Einstellungen von Milcherzeugern im Entscheidungsprozess zum Kauf von Melktechnik sowie zur individuellen betrieblichen Entwicklung erfolgte im Erfassungsgebiet der Nordmilch eG (Bremen), der Hochwald Nahrungsmittel-Werke GmbH (Thalfang), der Vogtlandmilch GmbH (Plauen) sowie im Bereich der Campina AG (Heilbronn) im November 1999. Die Erhebung erfolgte somit in vier Regionen Deutschlands.

Da der Stichprobenumfang (n)⁸⁹⁸ sowohl auf die Varianz als auch auf die Kosten der Untersuchung als Steuerungsvariable einwirkt⁸⁹⁹, wurde ein Stichprobenverfahren gewählt, welches bei geringen Kosten einen Stichprobenumfang von $n > 5.000$ erlaubt.⁹⁰⁰ Da die Auswahl der Untersuchungseinheiten (Gruppe der zu untersuchenden landwirtschaftlichen Betriebe mit Milchviehhaltung) auf den Überlegungen eines vermuteten zukünftigen betrieblichen Wachstums⁹⁰¹ und einer damit möglicherweise einhergehenden Investitionsnotwendigkeit im Bereich der Melktechnik basiert, wurde mittels eines Abschneideverfahrens⁹⁰² grundsätzlich eine Teilgruppe (Schicht) der zum Erhebungszeitpunkt in Deutschland existierenden reichlich 149.000 landwirtschaftlichen Betriebe mit Milchkuhhaltung⁹⁰³ in der Untersuchung

⁸⁹⁸ Unter dem Begriff des „Stichprobenumfanges“ (n) versteht man die Anzahl der Beobachtungs- bzw. Untersuchungseinheiten pro Experiment. Vgl.: HAGER, W.; WESTERMANN, R. [Planung und Auswertung von Experimenten], S. 170.

⁸⁹⁹ Vgl.: BAUSCH, T. [Stichprobenverfahren], S. 46. Zur Durchführung schriftlicher Befragungen vgl.: HAFERMALZ, O. [Schriftliche Befragung].

⁹⁰⁰ Zur Festsetzung des Stichprobenumfanges vgl.: HAAGEN, K.; PERTLER, R. [Methoden], S. 158–164 sowie HAYS, W. [Statistics], S. 279.

⁹⁰¹ Betriebe in schrumpfenden Klassen werden in diesem Zusammenhang als suboptimal, diejenigen in wachsenden Klassen als ökonomisch optimal angesehen. Aufgrund der regional stark inhomogenen Struktur der deutschen Milcherzeugung kann eine einheitliche Erhebungsschwelle, welche sich an der Wachstumsschwelle der Region mit der kleinsten Struktur orientiert, somit in Regionen mit einer größeren Struktur zur Erfassung unerheblicher Betriebssysteme aber auch zu einer erhöhten Fragebogenmortalität führen.

⁹⁰² Das Abschneideverfahren stellt eine Extremform der geschichteten Auswahl dar. Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 31. Zu den Methoden der empirischen Sozialforschung vgl.: MAYNTZ, R.; HOLM, K.; HÜBNER, P. [Einführung], SCHNELL, R.; HILL, B.; ESSER, E.; [Methoden] sowie STIER, W. [Empirische Forschungsmethoden].

⁹⁰³ Hier kann für den Erhebungszeitpunkt nur ein gerundeter Wert angegeben werden, da der Erhebungszeitpunkt dieser Untersuchung und der Zeitpunkt der Totalzählung für Rinder (3. November 1999) von einander abweichen. Vgl.: BMELF [Statistisches Jahrbuch 2000], S. 122 sowie BUNDESREGIERUNG [Agrarbericht 2000], Anhang S. 12.

Grundsätzlich ist bei der Betrachtung von Zahlen der wirtschaftlichen und sozialen Beobachtung darauf hinzuweisen, dass diese nur eine sog. „Scheingenauigkeit“ darstellen, die Realität somit

4 Adoption und Diffusion von AMV

nicht berücksichtigt. Die Abgrenzung der zu betrachtenden landwirtschaftlichen Betriebe folgt dem Umfang der betrieblichen Milcherzeugung. Als Selektionsmerkmal wurde die Höhe der einzelbetrieblichen Referenzmenge gewählt und den Angaben zur Bestandsgröße, wie sie auch in der amtlichen Statistik vorgenommen wird, vorgezogen.⁹⁰⁴ Ausgehend von den Überlegungen zur strukturellen Entwicklung der Milcherzeugung (Wachstumsschwelle) und damit zum einzelbetrieblichen Wachstum sowie daraus abgeleitet zur möglichen Investition in Melktechnik wurde eine jährliche Mindestreferenzmenge von 180.000 kg Milch pro Betrieb als untere Betrachtungsgrenze für die empirische Untersuchung angesehen, was einer errechneten Mindestbestandsgröße von 30,05⁹⁰⁵ Milchkühen pro Halter zum Untersuchungszeitpunkt entspricht.⁹⁰⁶ Die so betrachtete Grundgesamtheit von $n \approx 53.000$ ⁹⁰⁷ milcherzeugenden Betrieben lässt sich, wiederum zum Erhebungszeitpunkt, nach organisatorischen Gesichtspunkten $k = 189$ ⁹⁰⁸ milchverarbeitenden Betrieben mit eigener Anlieferung zuordnen, welche ihrerseits die Auswahleinheiten (Erhebungseinheiten) bilden. In einem weiteren Schritt wurden, dem hier angewendeten Verfahren des mehrstufigen Stichprobenverfahrens folgend, aus dieser neuen Grundgesamtheit vier Teilgesamtheiten gebildet, aus welchen insgesamt vier Auswahleinheiten (Klumpen, engl. cluster) - hier Molkereiunternehmen - bewusst ausgewählt wurden.⁹⁰⁹ Auf der somit dargestellten letzten Stufe erfolgt die

nicht genau wiedergeben. STRECKER und WIEGERT weisen auf die Bedingt- und Begrenztheit wirtschaftsstatistischer Daten in bezug auf die Abbildung der ökonomischen Realität hin. Vgl.: STRECKER, H.; WIEGERT, R. [Wirtschaftsstatistische Daten], S. 114–117.

⁹⁰⁴ Da die Verteilung der Fragebögen mittels Molkereiunternehmen erfolgte und diesen lediglich die erfasste Milchmenge bzw. die betriebliche Referenzmenge als Kriterium zur Einordnung der Betriebsgrößen zur Verfügung steht, wurde die beschriebene Vorgehensweise gewählt. Einschränkung gilt es anzumerken, dass die einzelbetriebliche Referenzmenge lediglich eine Aussage über die - zum Stichtag der Erfassung - maximal abgabefreie Vermarktungsmenge darstellt. Über die dann im Milchwirtschaftsjahr tatsächlich erfolgte Ausschöpfung der Referenzmenge (also die tatsächliche Produktion) kann keine Aussage getroffen werden.

⁹⁰⁵ Grundlage dieser Berechnung ist die durchschnittliche Milchleistung je Kuh von 5990 kg im Jahre 1999. Vgl.: ZMP [Marktbilanz-Milch 2000], S. 21.

⁹⁰⁶ Die tatsächliche Erfassungsgrenze könnte jedoch unter diesem errechneten Wert zu sehen sein, da im Bereich dieser Bestandesgröße – zumindest im Falle von Betrieben mit Milchleistungsprüfung - mit steigender Herdengröße auch die Milchleistung je Tier ansteigt. Vgl.: DOLUSCHITZ, R.; TRUNK, W. [Betriebswirtschaftliche Beurteilung], S. 258 sowie BMELF [Statistisches Jahrbuch 2000], S. 137.

⁹⁰⁷ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT [Viehbestand und tierisches Erzeugung], Excel-Tabelle.

⁹⁰⁸ Vgl.: ZMP [Milchpreisvergleich 1999], S. 10.

⁹⁰⁹ Aufgrund einer zu vermutenden höheren Homogenität der Merkmalsausprägungen in den Klumpen als zwischen den Klumpen kann auch in dieser Stufe von einer geschichteten Zufallsauswahl gesprochen werden. Vgl.: FLEISCHER, K. [Die geschichtete Zufallsauswahl], S. 818. Die Zuordnung der hier gewählten Vorgehensweise zu den willkürlichen (zufälligen) bzw. bewussten Auswahlverfahren kann in der Gesamtheit des Verfahrens nicht eindeutig erfolgen. Eine

4 Adoption und Diffusion von AMV

Ziehung der Untersuchungseinheiten in Form einer Vollerhebung.⁹¹⁰

Bei der Auswahl der Erhebungseinheiten (Klumpen) wurde darauf geachtet, dass das in der Realität vorliegende Verhältnis der regionalen Merkmalsausprägungen sich auch in der regionalen Stichprobe widerspiegelt. Insgesamt soll die gewählte Stichprobe auch eine erwartungstreue Merkmalsausprägung für das gesamte Betrachtungsgebiet der Bundesrepublik Deutschland erzeugen. So sollen die vier Erhebungsgebiete eine relativ höhere innere Homogenität aufweisen als jene zwischen den Klumpen. Grundsätzlich darf es jedoch sowohl regional als auch für das gesamte Erhebungsgebiet zu keinem nicht zu akzeptierenden positiven oder negativen Klumpeneffekt kommen.

Neben den erwähnten Kriterien an die Stichprobenqualität wurden weitere Merkmale bei der Auswahl der Molkereiunternehmen betrachtet, bei welchen ein Einfluss auf die Rücklaufquote vermutet wurde. Der Milchauszahlungspreis sollte bei einer Jahresanlieferungsmenge von 150.000kg nicht wesentlich unter dem regionalen Vergleichspreis liegen. Im Falle einer mengenabhängigen Preisgestaltung sollte der Milchauszahlungspreis mindestens den regionalen Vergleichspreis erreichen.⁹¹¹ Der gewählte Stichprobenumfang von 5.210 milcherzeugenden Betrieben liegt bei 9,8% der betrachteten Grundgesamtheit.

Aufgrund der hohen Rücklaufquote von ca. 40,4% sowie der Anwendung der beschriebenen Auswahlkriterien konnten insgesamt 2.073 Betriebe in der Analyse Berücksichtigung finden.⁹¹² Durchschnittlich werden von den so berücksichtigten Betrieben ca. 67 Milchkühe gehalten. Die einzelbetriebliche Referenzmenge liegt hier im Mittel bei 444.496 kg, was einer gemittelten Tierleistung von 6.596 kg pro Jahr entspricht.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung stellt insbesondere die Zahl der gehaltenen Milchkühe und damit die Größe des Betriebes, eine wesentliche

einheitliche Einteilung der Verfahren findet sich in der Literatur nicht. Vgl.: BAUSCH, T. [Stichprobenverfahren], S. 37.

⁹¹⁰ Der Vorteil des hier gewählten Verfahrens der Klumpenauswahl besteht im Vergleich zur reinen Zufallsauswahl in der Zeit- und Kostenersparnis sowie darin, dass Adressenlisten entbehrlich sind. Vgl. hierzu auch: LEINER, B. [Stichprobentheorie], S. 121–123.

⁹¹¹ Hierbei wurde eine maximale Differenz von bis zu 1,5 Pf./kg (\cong 0,75 ct) angesetzt. Vgl.: Anhang A-2.

⁹¹² Fünf Betriebe verfügten über eine Referenzmenge von weniger als 180.000 kg. Diese verbleiben jedoch aufgrund der Variablen „Anzahl Milchkühe“ im Untersuchungssample.

4 Adoption und Diffusion von AMV

unabhängige Variable dar. Vergleicht man die Betriebsgrößenstruktur im gesamten Bundesgebiet mit der Gruppe der erfassten Betriebe so kann festgestellt werden, dass in der Untersuchung die Betriebe in den Gruppen 50 bis 99 sowie 100 bis 199 Tiere überrepräsentiert sind (Tabelle 4). Dies ist zum einen auf die starke Gewichtung des norddeutschen Erhebungsgebietes in der Befragung zurückzuführen.⁹¹³ Zum anderen zeigt sich, dass vor allem Betriebe in dieser Größenklasse eine höhere Antwortbereitschaft - aufgrund einer vermuteten höheren Betroffenheit - besitzen. Im Gegenzug sind die Betriebe der unteren Größenklasse (30 bis 49 Tiere) in der Betrachtung unterrepräsentiert.

Tabelle 4: Betriebsgrößenstruktur der Betriebe mit Milchkuhhaltung in Deutschland im Vergleich zu den in der Auswertung erfassten landwirtschaftlichen Betrieben (30 Milchkühe und mehr)¹

| Betriebsgröße | Zahl der Betriebe | | | | Erfasster Anteil der Größenklasse |
|---------------|--------------------------|---------|-------------------|---------|-----------------------------------|
| | Insgesamt (Bundesgebiet) | | erfasste Betriebe | | |
| Milchkühe | absolut | Prozent | absolut | Prozent | Prozent |
| 30 - 49 | 31528 | 59,5 | 452 | 21,8 | 1,43 |
| 50 - 99 | 17578 | 33,1 | 1435 | 69,2 | 8,16 |
| 100 - 199 | 2284 | 4,3 | 172 | 8,3 | 7,53 |
| 200 - 299 | 607 | 1,2 | 6 | 0,3 | 0,99 |
| über 300 | 1001 | 1,9 | 8 | 0,4 | 0,80 |
| Summe/ Gesamt | 53053 | 100 | 2073 | 100 | 3,91 |

Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT (Viehbestand und tierisches Erzeugung), Excel-Tabelle sowie eigene Erhebung und Darstellung.

¹⁾ Angaben beziehen sich auf das Erhebungsjahr 1999.

4.6.3.2 ERGEBNISSE

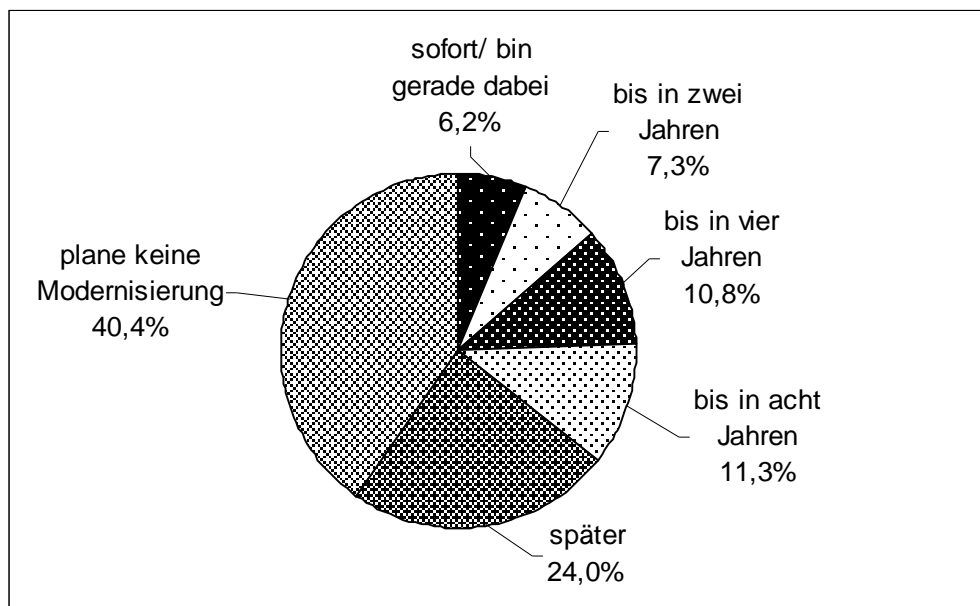
Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass 35,6 % (n = 718) der Betriebe, die sich zur Frage eines möglichen Investitionszeitpunktes äußerten, eine Investition im Bereich der Melktechnik im Zeitraum von bis zu acht Jahren nach der Befragung planen (Abbildung 21). Lediglich 6,2 % (n = 124) der Betriebe befinden sich zum

⁹¹³ Vgl. Anhang A-1 sowie Anhang A-3.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Zeitpunkt der Befragung in einem Investitionsprojekt. 7,3 % (n = 148) der Befragten stehen mit einem Investitionszeitraum von bis zu zwei Jahren kurz vor einer Investition. Weitere 24,0 % (n = 484) der Betriebe, die erst für den Zeitraum nach mehr als acht Jahren ein Ersetzen der bisherigen Melktechnik planen, betrachten eine Investition in Melktechnik zumindest als Zukunftsoption und stehen dem Melktechnikmarkt noch als potentielle Nachfrager zur Verfügung. Hingegen planen 41,2 % (n=814) der befragten Betriebsleiter keinerlei Modernisierungsmaßnahmen. Diese Gruppe von Betrieben ist zum Zeitpunkt der Befragung selbst als potentielle Nachfrager aus dem Markt für Melktechnik ausgetreten.

Abbildung 21: Ersetzen der bisherigen Melktechnik durch Um- oder Neubau in Jahren (n = 2016)



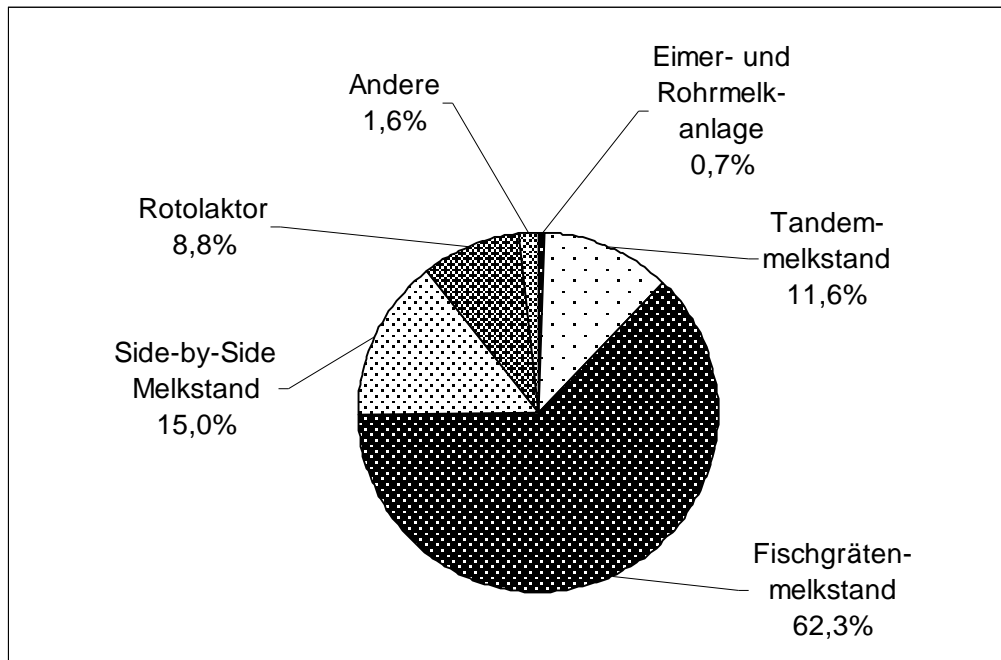
Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

Würde eine Investition durchgeführt, würden sich mit 1.755 Betriebsleitern 84,7 % aller Betriebe für eine konventionelle Melktechnik entscheiden. Da jedoch 40,4 % der Betriebsleiter keine Angaben zu einem möglichen Investitionszeitpunkt abgeben wollten, haben sich mit 1.342 Betriebsleitern nur 64,7 % der Befragten zu einer möglichen Technikwahl geäußert (Abbildung 22). Knapp zwei Drittel der Betriebsleiter (62,3 %, n = 836) würden dabei Fischgrätenmelkstände vor allen anderen Technik-Alternativen bevorzugen. Side-by-Side Melkstände würden von 15 % der Betriebe (n = 201) gekauft werden, gefolgt von Tandemmelkständen mit 11,6% (n = 156) der Betriebe. In Karussellmelkstände würden 8,8 % und somit 118 Betriebs-

4 Adoption und Diffusion von AMV

leiter investieren. Die übrigen Kategorien sind mit insgesamt 31 Nennungen ohne Bedeutung.

Abbildung 22: Potentielle Investition bei Wunsch nach konventioneller Melktechnik
(n = 1.342)



Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

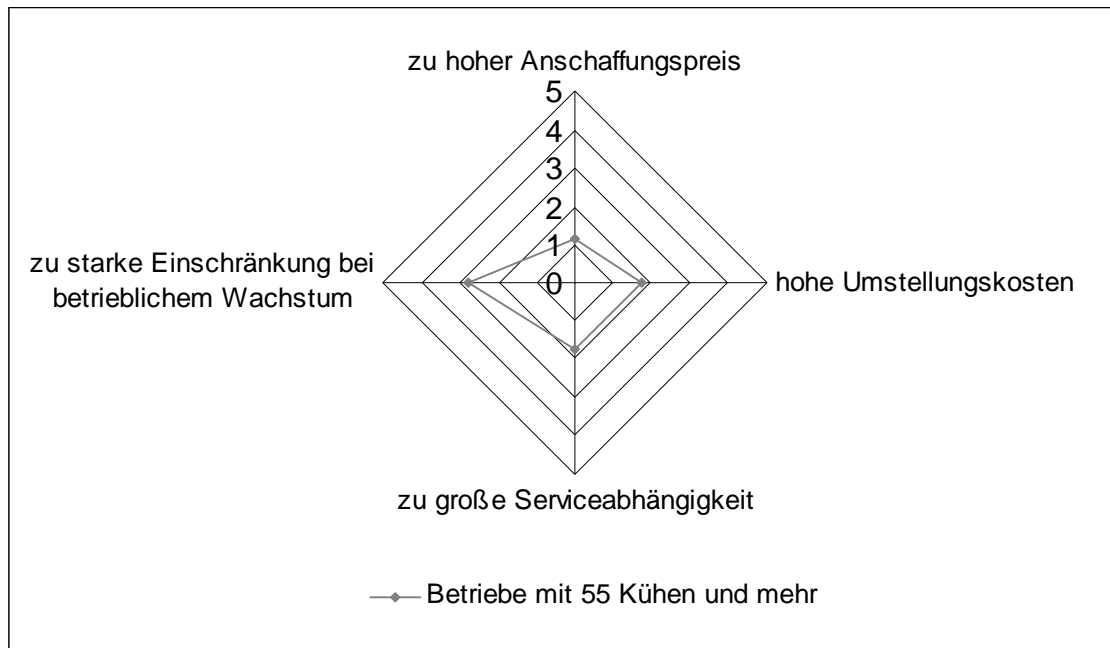
Wird aus dieser Stichprobe die Gruppe der Betriebe mit unter 55 Milchkühen abgeschnitten, ergibt sich eine Zahl von 945 Betrieben, deren Einstellungen bzgl. Melktechnik und Milchviehhaltung aufgrund der Betriebsgröße im Hinblick auf eine mögliche Übernahme von AMV von besonderer Relevanz sind (Abbildung 23). Gegen eine Anschaffung von AMV sprechen aus Sicht dieser Betriebe zum Zeitpunkt der Befragung insbesondere

1. der Anschaffungspreis (n = 925, Wert 1,16),
2. erwartete hohe Umstellungskosten (n = 866, Wert 1,75),
3. eine zu große Serviceabhängigkeit (n = 882, Wert 1,75) sowie die
4. Befürchtung einer zu starken Einschränkung des betrieblichen Wachstums aufgrund der ausgeprägten sprungfixen Kostenverläufe im Falle von AMV (n = 836, Wert 2,78).

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 23: Gründe gegen die Anschaffung eines AMV (Betriebe mit Wahl für *konventionelle* Melktechnik sowie 55 Kühe und mehr)

(Zustimmung: „voll zu“ = 1 (...) „gar nicht zu“ = 5, n = 945)



Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

Besonders aufschlussreich für die Beschreibung der Zukunftserwartungen dieser Betriebsgruppe sind die nachfolgend aufgeführten Bewertungen verschiedener Statements zu sozialen und gesellschaftlichen, arbeitswirtschaftlichen, betriebsorganisatorischen und technischen Aspekten der Milchviehhaltung (Abbildung 24).

(1) Soziale und gesellschaftliche Aspekte

- (a) „Der Melkroboter kann dazu beitragen, dass Landwirte besser einen Ehepartner finden.“ (Ehepartner; n = 938, Wert 3,59)
- (b) „Bisher haben sich Landwirte vorwiegend aus Prestige einen Melkroboter gekauft.“ (Prestige; n = 936, Wert 3,29)

Die sozialen und gesellschaftlichen Aspekte als Adoptionsgrund für AMV werden von diesen Betriebsleitern als unterdurchschnittlich bewertet. Vorteile in der Hofnachfolge und Vorteile im Hinblick auf die Partnersuche werden kaum gesehen. Auch wird den bisherigen Übernehmern kein Prestigegewinn zugesprochen.

(2) Arbeitswirtschaftliche Aspekte

- (a) „Es wird in Zukunft schwierig sein, geeignetes Melkpersonal zu finden.“ (Melkpersonal; n = 943, Wert 2,11)
- (b) „In Zukunft werden ausreichend viele Saison- und Aushilfskräfte in der Landw. zur Verfügung stehen.“ (Saisonarbeitskräfte; n = 941, Wert 3,84)
- (c) „Aushilfskräfte eignen sich nicht für die Melkarbeit.“ (Aushilfskräfte; n = 939, Wert 2,24)

Die Verfügbarkeit von geeigneten Arbeitskräften für den Bereich Milchviehhaltung wird als kritisch eingestuft. So werden die beiden Statements, dass zukünftig weder geeignetes Melkpersonal noch Saisonarbeitskräfte in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, intensiv unterstützt. Zudem werden Aushilfskräfte als ungeeignet angesehen, die Melkarbeit zu verrichten. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Betriebsleiter der überdurchschnittlich großen Betriebe insbesondere im Bereich der Arbeitswirtschaft eine zentrale Herausforderung in der zukünftigen individuellen betrieblichen Entwicklung erkennen. Dies legt den Schluss nahe, dass von diesen Betrieben zukünftig vermehrt arbeitssparende technische Fortschritte nachgefragt werden, bzw. verstärkt organisatorische Maßnahmen innerhalb der Betriebe zur Umwidmung von Arbeitskapazitäten entsprechend des jeweiligen Grenznutzes ergriffen werden.

(3) Betriebsorganisatorische Aspekte

- (a) „Vor allem Familienbetriebe profitieren vom Melkroboter.“ (Familienbetriebe; n = 932, Wert 2,63)
- (b) „Vor allem Betriebe mit einem hohen Anteil an Fremdarbeitskräften profitieren vom Melkroboter.“ (Lohnarbeitsbetriebe; n = 939, Wert 2,66)

Grundsätzlich korrespondierend zu den Aspekten betreffend die Arbeitswirtschaft sind die Statements zum zukünftigen betrieblichen Einsatzumfeld von AMV. Die Beurteilungen sind hier jedoch mit Werten von 2,63 bzw. 2,66 leicht unterdurchschnittlich sowie indifferent. Der vermehrte Einsatz von AMV wird offenbar nicht mit einer Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen

4 Adoption und Diffusion von AMV

Situation in den Betrieben in Relation gesetzt. AMV werden somit offensichtlich nicht von diesen Betriebsleitern als relevanter arbeitssparender technischer Fortschritt wahrgenommen.

(4) Diffusionsbezogene Aspekte

(a) „Der Melkroboter ist eine Technik, die sich in Deutschland durchsetzen wird.“ (Technik; n = 940, Wert 2,87)

(b) „Die Einführung des Melkroboters wird den Strukturwandel beschleunigen.“ (Strukturwandel; n = 941, Wert 2,82)

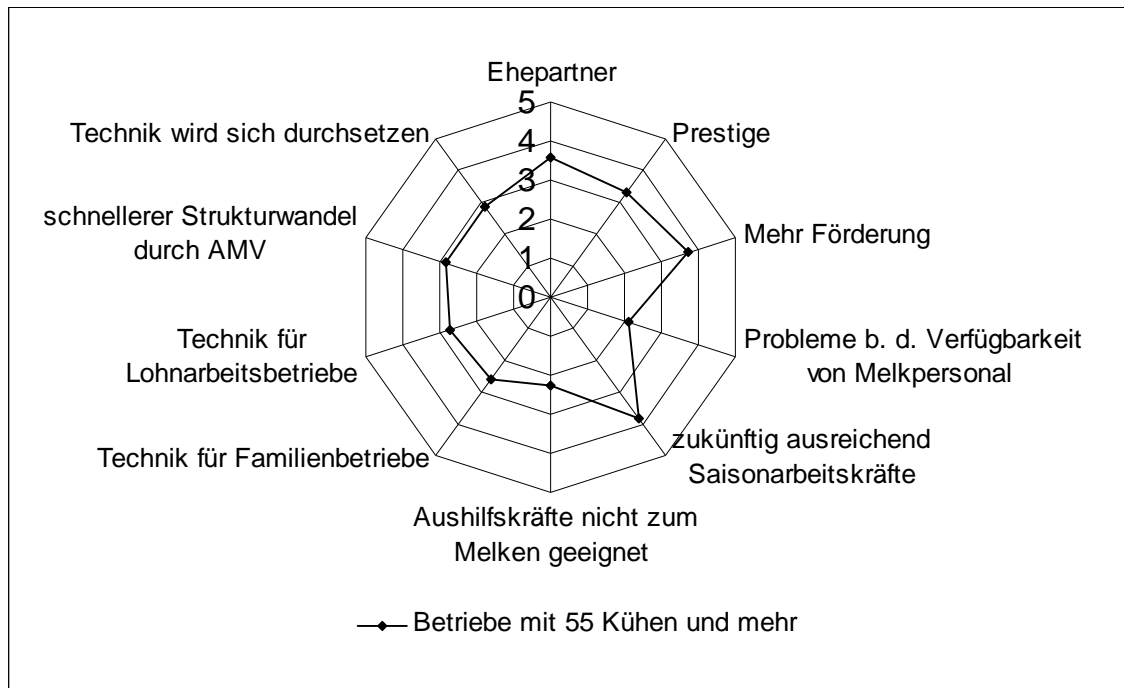
Die Einschätzung der Diffusion von AMV wird, analog der indifferenten Bewertung des zukünftigen Einsatzfeldes der Technik, eher zurückhaltend bewertet. Eine eindeutige Meinung zur Durchsetzung von AMV liegt bei der Gruppe der Betriebsleiter, die sich im Falle einer Investition für eine konventionelle Technik entscheiden würden, nicht vor. Folgerichtig ergeben sich aufgrund der Einführung von AMV in der Beurteilung dieser Gruppe von Milcherzeugern keine wesentlichen Beeinflussungen der strukturellen Anpassungsprozesse im Bereich der Milchviehhaltung.

Da mit dem Einsatz von AMV keine - aus Sicht dieser Betriebsleiter – Problemlösungskompetenz verbunden wird und sich die Betriebe daher als potentielle Nachfrager für konventionelle Melktechnik darstellen, erhält das Statement „Die Politik sollte die Einführung des Melkroboters mit einem speziellen Förderprogramm unterstützen“ mit einem Wert von 3,66 (Förderung; n = 938) erwartungsgemäß eine geringe Unterstützung.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 24: Statements zum Thema Melktechnik und Milchviehhaltung (Betriebe mit Wahl für *konventionelle* Melktechnik sowie 55 Kühe und mehr)

(Zustimmung: „voll zu“ = 1 (...) „gar nicht zu“ = 5, n = 945)



Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

Eine im Gegensatz zu den Nicht-Übernehmern differenziertere und in ihren Ausprägungen teilweise andere Gewichtung ergibt die Betrachtung der Statements der bisherigen AMV-Nutzer und der Betriebe mit einem AMV-Anschaffungswunsch (Abbildung 25). 220 Befragte und somit 10,6 % der Betriebsleiter würden sich zum Befragungszeitpunkt bereits für ein AMV entscheiden. In vier Betrieben kam zum Befragungszeitpunkt ein AMV zum Einsatz.⁹¹⁴

(1) Soziale und gesellschaftliche Aspekte

- (a) „Der Melkroboter kann dazu beitragen, dass Landwirte besser einen Ehepartner finden.“ (Ehepartner)
- (b) „Bisher haben sich Landwirte vorwiegend aus Prestige einen Melkroboter gekauft.“ (Prestige)

Ein Prestigegewinn als Übernahmeargument wird sowohl von den bisherigen

⁹¹⁴ Dabei handelte es sich jeweils um ein Gerät des Typs Lely „Astronaut“.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Übernehmern (n = 4, Wert 4,25) als auch von den Betrieben mit AMV-Anschaffungswunsch (n = 213, Wert 3,63) nachvollziehbar abgelehnt. Zwar mag es durchaus sein, dass diese Gruppe der Innovatoren und potentiellen frühen Übernehmer in ihrem jeweiligen Umfeld eine herausgehobene soziale Stellung einnehmen, jedoch wird dies von dieser Gruppe nicht direkt für sich reklamiert. Die stärkere Ablehnung dieses Arguments bei der Gruppe der bisherigen AMV-Nutzer unterstreicht dies zusätzlich. Im Hinblick auf das Argument „Ehepartner“ ergibt sich bei beiden Gruppen mit nahezu identischen Werten eine eher skeptische Einstellung (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 3,0; Kaufwillige: n = 215, Wert 3,11).

(2) Arbeitswirtschaftliche Aspekte

- (a) „Es wird in Zukunft schwierig sein, geeignetes Melkpersonal zu finden.“ (Melkpersonal)
- (b) „In Zukunft werden ausreichend viele Saison- und Aushilfskräfte in der Landw. zur Verfügung stehen.“ (Saisonarbeitskräfte)
- (c) „Aushilfskräfte eignen sich nicht für die Melkarbeit.“ (Aushilfskräfte)

Die zukünftige Verfügbarkeit von geeigneten Arbeitskräften wird von der Gruppe der Innovatoren und potentiellen frühen Übernehmer nochmals kritischer bewertet, als dies bereits bei der Gruppe der Nicht-Übernehmer der Fall ist. Mit den Ausprägungen 2,00 bei AMV-Nutzern (n = 4) und 1,79 (n= 215) bei potentiellen Übernehmern für das Argument „Melkpersonal“, 2,25 bei AMV-Nutzern (n = 4) und 2,13 (n= 214) bei potentiellen Übernehmern für das Argument „Aushilfskräfte“ und 4,75 bei AMV-Nutzern (n = 4) und 4,01 (n= 214) bei potentiellen Übernehmern für das Argument „Saisonarbeitskräfte“ sehen die Innovatoren und möglichen frühen Übernehmer offensichtlich im Bereich der Arbeitswirtschaft eine große Herausforderung für die zukünftige Entwicklung ihrer Betriebe.

(3) Betriebsorganisatorische Aspekte

- (a) „Vor allem Familienbetriebe profitieren vom Melkroboter.“ (Familienbetriebe)
- (b) „Vor allem Betriebe mit einem hohen Anteil an Fremdarbeitskräften

4 Adoption und Diffusion von AMV

profitieren vom Melkroboter.“ (Lohnarbeitsbetriebe)

Entsprechend der Einschätzung von Innovatoren (n = 4, Wert 1,50) und möglichen frühen Übernehmern n = 215, Wert 1,91), dass ein Einsatz von AMV vorwiegend Erleichterungen im Bereich der Arbeitswirtschaft hervorruft (Unabhängigkeit von familienfremden Arbeitskräften, höhere zeitliche Flexibilität, hohe Arbeitszeiterparnis und eine verbesserte Gesundheit des Melkpersonals), werden vollautomatische Melksysteme als nahezu ideale Technik für Familienbetriebe angesehen. Diese für Familienbetriebe gleichlautende Einschätzung spiegelt sich in der Bewertung des AMV-Einsatzes in Lohnarbeitsbetrieben nicht wider (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 4,50; Kaufwillige: n = 214, Wert 2,16). Zwar konnte gezeigt werden, dass beide Gruppen mit dem Einsatz eines AMV eine hohe Arbeitszeiterparnis verbinden, dennoch bewerten bisherige Nutzer die Eignung von AMV für Lohnarbeitsbetriebe als nahezu nicht gegeben, wohingegen mögliche frühe Übernehmer hier eine deutlich positivere Einschätzung abgeben. Eine Erklärung dieser differierenden Bewertung kann darin gefunden werden, dass die AMV-Nutzer aufgrund ihrer bisherigen praktischen Erfahrungen die Wirtschaftlichkeit des AMV-Einsatzes, insbesondere im Hinblick auf die tatsächliche Einsparung von Lohnkosten, als weniger gegeben ansehen als dies bei AMV-Interessierten der Fall ist. Hieraus kann auch gefolgert werden, dass die Investitionsentscheidung der bisherigen AMV-Nutzer für die neue Melktechnik nicht von Wirtschaftlichkeitserwägungen geprägt war.

(4) Diffusionsbezogene Aspekte

- (a) „Der Melkroboter ist eine Technik, die sich in Deutschland durchsetzen wird.“ (Technik)
- (b) „Die Einführung des Melkroboters wird den Strukturwandel beschleunigen.“ (Strukturwandel)

Entsprechend der insgesamt sehr positiven Bewertung von AMV – insbesondere auch vor dem Hintergrund einer bereits getätigten bzw. einer beabsichtigten Übernahme der Technik – ergibt sich erwartungsgemäß die Einschätzung, dass sich AMV am Markt mit einer hohen Wahrscheinlichkeit durchsetzen werden (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,50; Kaufwillige: n = 215,

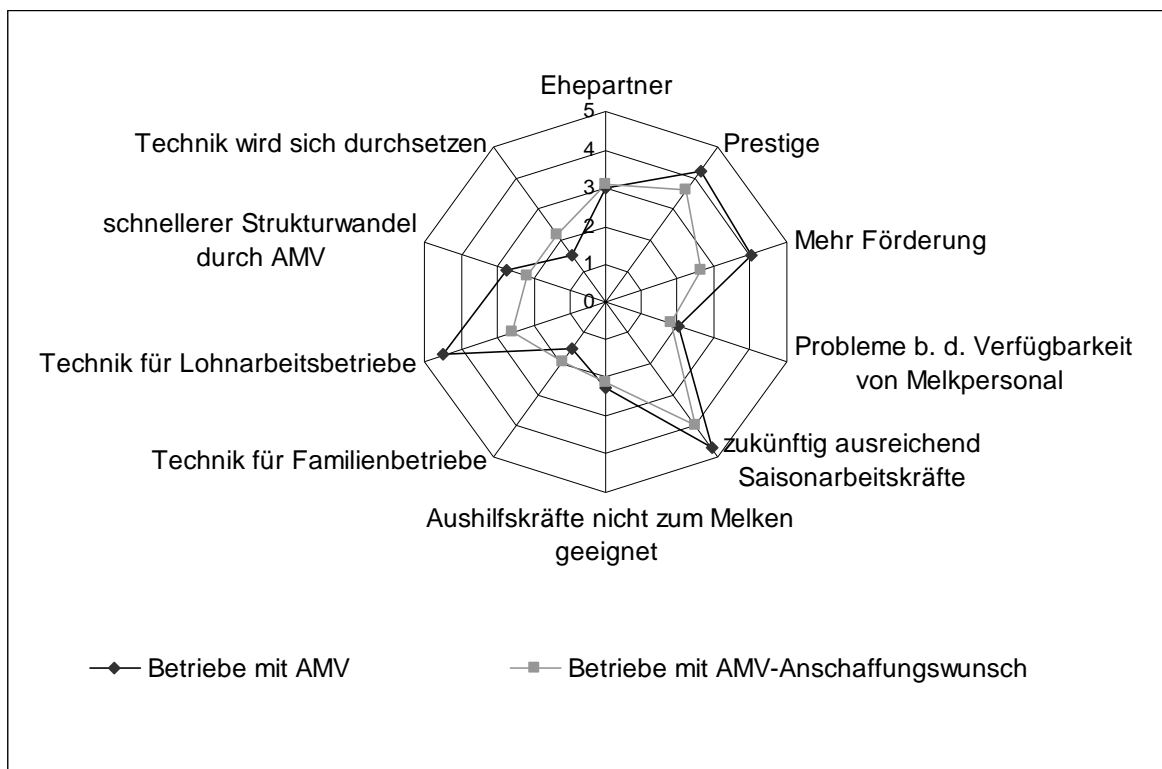
4 Adoption und Diffusion von AMV

Wert 2,20). Zudem teilen AMV-Innovatoren und potentielle AMV-Nutzer die Einschätzung, dass sich Betriebe mit AMV im Strukturwandel besser behaupten können als Betriebe ohne AMV.

Auch in der Forderung an die Politik, dass „(...) die Einführung des Melkroboters mit einem speziellen Förderprogramm (...)“ unterstützt werden sollte (Mehr Förderung), ergeben sich unterschiedliche Ausprägungen zwischen AMV-Nutzern und Kaufinteressierten (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 4; Kaufwillige: n = 216, Wert 2,67). So sehen die Pionierunternehmer es im Gegensatz zu der Gruppe der frühen Übernehmer als nicht notwendig an, dass die Gesellschaft die Durchsetzung dieser Innovation zusätzlich fördert. Vielmehr herrscht offensichtlich die Meinung vor, dass sich die „zukunftsgerichteten“ Milcherzeuger ohnehin mit dieser Technik durchsetzen werden.

Abbildung 25: Statements zum Thema Melktechnik und Milchviehhaltung (AMV-Anwender sowie Kaufwillige)

(Zustimmung: „voll zu“ = 1 (...) „gar nicht zu“ = 5, n = 4 bzw. n = 220)



Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Die Einschätzung der bisherigen AMV-Nutzer sowie der potentiellen Übernehmer zur zukünftigen arbeitswirtschaftlichen Situation in der Milchviehhaltung findet ihren Niederschlag in den Argumenten zum Kauf eines AMV (Abbildung 26). So werden vor allem die arbeitswirtschaftlichen Aspekte „unabhängig von Fremd-AK“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,50; Kaufwillige: n = 183, Wert 1,63), „zeitliche Flexibilität“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,25; Kaufwillige: n = 181, Wert 1,49) und „hohe Arbeitszeiterparnis“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,75; Kaufwillige: n = 183, Wert 2,04) als primäre Übernahmegründe angeführt. Durch das Argument „bessere Gesundheit des Melkpersonals“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,00; Kaufwillige: n = 173, Wert 2,17) insbesondere bei bisherigen AMV-Nutzern wird zudem das Statement gestützt, dass AMV sich weniger in Betrieben mit Lohnarbeitsverfassung als in Familienbetrieben durchsetzen werden, da bei letztgenannter Gruppe oftmals der Betriebsleiter oder ein Familienmitglied die Melkarbeit selbst verrichtet. Dem Bereich Arbeitswirtschaft ist auch die Aussage zuzuordnen, dass der Einsatz von AMV bei den Betrieben als hilfreich angesehen wird, die auf das arbeitswirtschaftlich anspruchsvolle dreimalige tägliche Melken umstellen wollen (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 1,25; Kaufwillige: n = 177, Wert 1,47).

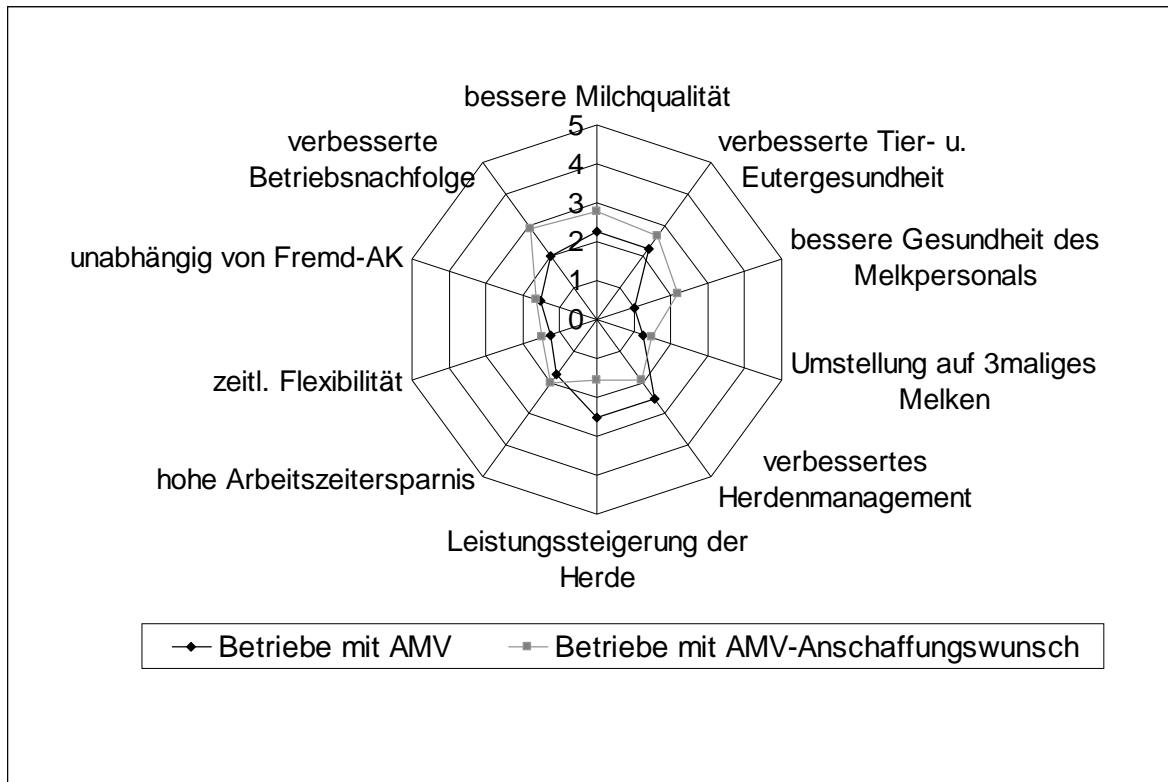
Im Bereich der Vorteilhaftigkeit eines Einsatzes von AMV im Hinblick auf eine sichere Betriebsnachfolge ergeben unterschiedliche Einschätzungen zwischen der Gruppe der bisherigen Nutzer (n = 4, Wert 2,00) sowie der potentiellen Übernehmer (n = 169, Wert 2,89): Die Pionierunternehmer sehen in ihrer Übernahmeentscheidung offenbar eine wesentliche Maßnahme zur Zukunftssicherung ihres Betriebes.

Weniger wichtig, aber dennoch mit überdurchschnittlichen Gewichtungen werden die Aspekte „bessere Milchqualität“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 2,25; Kaufwillige: n = 178, Wert 2,77) und „verbesserte Tier- und Eutergesundheit“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 2,25; Kaufwillige: n = 176, Wert 2,67) bewertet. Im Hinblick auf die Gesichtspunkte „Leistungssteigerung der Herde“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 2,50; Kaufwillige: n = 182, Wert 1,91) sowie „verbessertes Herdenmanagement“ (AMV-Nutzer: n = 4, Wert 2,50; Kaufwillige: n = 182, Wert 1,91) werden von Kaufinteressenten größere Erwartungen mit dem Einsatz von AMV verbunden, wie dies von den Pionierunternehmern bestätigt wird. Dennoch werden auch für diese Argumente überdurchschnittliche Gewichtungen genannt.

4 Adoption und Diffusion von AMV

Abbildung 26: Gründe zum Kauf eines AMV (AMV-Anwender sowie Kaufwillige)

(Zustimmung: „voll zu“ = 1 (...) „gar nicht zu“ = 5, n = 4 bzw. n = 220)



Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.

Insgesamt zeigt sich als Ergebnis dieser Erhebung, dass es insbesondere arbeitswirtschaftliche Aspekte im Bereich der landwirtschaftlichen Familienbetriebe sind, die Landwirte zur Übernahme von AMV bewegen. Dennoch hat sich gezeigt, dass sich ca. 85 % der Betriebsleiter bei einer anstehenden Investitionsentscheidung nicht für ein AMV sondern für eine konventionelle Melktechnik entscheiden würden. Gleichwohl ist der Anteil von 10,6 % der Betriebsleiter, die sich im Falle einer Investition für ein AMV entscheiden würden, höher als der Marktanteil von AMV zum Zeitpunkt der Befragung welcher bei 3% Marktanteil lag, entspricht aber dem derzeit für AMV festgestellten Marktzahlen.⁹¹⁵

⁹¹⁵ Vgl.: o. V. [Melkroboter-Boom], S. R4.

4.6.4 Motivationsgründe zum Kauf eines AMV

Zusammenfassend können die Motivationsgründe zum Kauf eines vollautomatischen Melkverfahrens - folglich die mit einer Investition in ein AMV verbundenen Erwartungen - in drei Kategorien untergliedert werden:

1. Soziale Gründe zur AMV-Adoption

Beweggründe, die direkt aus der Stellung eines Landwirtes in Relation zu dem ihn umgebenden sozialen Gefüge heraus ableitbar sind, können als untergeordnete Motivationsgründe zum Kauf eines AMV angesehen werden. Dies trifft vor allem für das Argument „Prestige“ zu. Dem Aspekt der einfacheren Partnersuche im Hinblick auf eine Betriebsnachfolge wird eine höhere Bedeutung beigemessen, wobei von den Milcherzeugern auch diesem Argument im Vergleich zu anderen Investitionsgründen eine unterdurchschnittliche Bedeutung beigemessen wird.

Eine Verbesserung der sozialen Situation des Milchviehhalters im erweiterten Sinne wird dennoch insbesondere von Familienbetrieben in der Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Milchviehhaltung gesehen. Beide Aspekte sind – insbesondere in dieser Betriebsform - eng miteinander verbunden bzw. bedingen sich gegenseitig. Mit dem AMV wird insgesamt eine höhere Lebensqualität verbunden.

2. Arbeitswirtschaftliche Gründe

Arbeitswirtschaftliche Beweggründe zum Kauf von AMV kommen in erster Linie in der Erwartung der Reduzierung der Arbeitsintensität und in einer Steigerung der Flexibilität des Arbeitseinsatzes zum Ausdruck. Die Möglichkeit, mehr Zeit für andere Aktivitäten zu nutzen, stellt einen weiteren mit dem Einsatz von AMV verbundenen positiven Aspekt dar.

3. Betriebsorganisatorische Gründe

Im Hinblick auf die zukünftige Betriebsentwicklung kommt bei Familienbetrieben die Erwartung zum Ausdruck, durch den Einsatz von AMV im Falle einer betrieblichen Expansion eine größere Unabhängigkeit insbesondere von familienfremden Arbeitskräften erlangen zu können. Aufgrund einer insgesamt geringen Abhängigkeit der Milchviehhaltung vom Arbeitskräfteeinsatz wird von Familien-

4 Adoption und Diffusion von AMV

betrieben erwartet, die Milchviehhaltung in dem bisherigen betrieblichen Organisationsmodell auch in Zukunft fortführen zu können.

4. Ökonomische Gründe zur AMV-Adoption

Die ökonomischen Gründe zur AMV-Adoption finden im Wesentlichen Ausdruck in der Erwartung einer (möglicherweise) gesteigerten Milchleistung, einer verbesserten Information zum Herdenmanagement, einer verbesserten Tier- und Eutergesundheit, einer möglichen Ausweitung der betrieblichen Aktivitäten aufgrund eingesparter Arbeitszeit in der Tierhaltung, einer verbesserten Arbeitswirtschaft und einer Reduzierung bzw. einer größeren Unabhängigkeit von Fremdarbeitskräften. Die ökonomischen Gründe treten dabei jedoch insbesondere gegen über den arbeitswirtschaftlichen Aspekten in den Hintergrund.

Alles in allem stellt die erwartete Arbeitseinsparung und -erleichterung die Hauptmotivation zum Kauf eines vollautomatisierten Melkverfahrens dar.

