

Zur Darstellung der Fahrstrecken im Vertrieb von Molkereiprodukten – Eine Modellanalyse

Von B. Müller

Institut für Ökonomie der Ernährungswirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel – Standort Kiel, Postfach 60 69, 24121 Kiel

1. Problemstellung

Im Rahmen der Prozesskette von der Rohmilch bis zu den Milchprodukten steigt sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Sicht die relative Bedeutung der Transportaktivitäten, weil hier einige Engpassfaktoren wie Energie und Verkehrsfläche in besonderem Grade wirksam sind. Für den Bereich der Milcherfassung existieren eine Reihe von Untersuchungen und auch Modellierungsansätzen (8, 10), während für die Distribution von Milchprodukten zur Zeit nur begrenzt brauchbare Daten und Methoden vorliegen. So wird der Bereich des Transports der Milchprodukte in entsprechenden Untersuchungen entweder ganz übergangen (1), es werden stark vereinfachte Annahmen über die geografische Struktur des Transportgebietes gemacht (so wird etwa in (5) unterstellt, alle anzufahrenden Orte lägen auf einer Geraden), oder die tatsächliche Marktsituation wird nur sehr vereinfacht berücksichtigt (so wird etwa in (4) unterstellt, die betrachtete Molkerei würde bei der Distribution in „ihrem“ Absatzgebiet ohne Konkurrenz wie zu Zeiten der Absatzgebietsregelung agieren).

Solche „Vereinfachungen“ können jedoch die mit ihrer Hilfe erzeugten „Antworten“ zu realen Fragen bis zur Unbrauchbarkeit verzerren (6, 7, 9, 11).

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Verfahren zur Modellierung der Fahrstrecken als den kritischen Parametern zur Ermittlung des Aufwandes in der Distribution so zu erstellen, dass es zum einen erlaubt, bei genügend hohem Abstraktionsgrad die Zusammenhänge zwischen den Einflussparametern und den Transportstrecken im Vertrieb von Molkereiprodukten in einer strukturell einfachen Form darzustellen, so dass diese in Entscheidungsmethoden zu lösbaren Problemen führt, die es aber andererseits auch ermöglicht, konkrete Situationen flexibel sehr realitätsnah abzubilden.

Ein solches Modell ermöglicht es, bei der Betrachtung von Fragen, die auch durch den Transportaufwand in der Distribution beeinflusst werden (1, 4, 5, 6, 7, 11) diesen Bereich realitätsnäher zu berücksichtigen und damit die Qualität der Ergebnisse, die sowohl für einzelbetriebliche Entscheidungen als auch für die politischen Regelungen der Rahmenbedingungen von Bedeutung sind, signifikant zu verbessern.

2. Modellannahmen

Untersuchungen im Bereich der Milcherfassung ergaben, dass der Transportaufwand in diesem Bereich wesentlich durch die Betriebsstättengröße, die Größe der verwendeten LKW und die Milchdichte im Einflussgebiet beeinflusst wird (10). Hinzu kommen Parameter

wie die durchschnittliche Anlieferungsmenge und die Verkehrsinfrastruktur. Eine direkte Übertragung dieses Modells für die Milcherfassung auf den Bereich der Distribution bereitet jedoch Probleme:

- Im Vertrieb müssen die verschiedenen Molkereiprodukte getrennt betrachtet werden, denn der Transportaufwand je Tonne Produkt ist für Milchprodukte, die im Wesentlichen über weite Strecken exportiert werden, wie z.B. Milchpulver, anders als für Trinkmilch, welche oft in relativer Nähe zur Produktionsstätte vertrieben wird.
- Während die Milcherfassung im Wesentlichen in einem Bereich um die Produktionsstätte stattfindet, werden Molkereiprodukte auch national distribuiert oder sogar exportiert.
- Während die Milcherfassung in einem Gebiet um die Produktionsstätte im Wesentlichen nur durch die Ortsmolkerei durchgeführt wird, vertreiben auch Konkurrenten ihre Milchprodukte im Umkreis der Betriebsstätte der betrachteten Molkerei.
- Während im Bereich der Milcherfassung neben der Fahrt ins Sammelgebiet auch die eigentliche Sammeltour zu den Milcherzeugern zu den Aufgaben der Molkerei gehört, endet die Vertriebstour der Molkerei in der Regel bei den Zentrallagern des Handels. Von dort werden die Milchprodukte, unter Umständen mit anderer Ware, in die Einzelhandelsgeschäfte und von dort zu den Verbrauchern transportiert. Diese Aktivitäten geschehen jedoch nicht in der Verantwortung der Molkerei und sie sind auch nicht durch diese zu beeinflussen.

In der Distribution werden drei verschiedene Distributionstypen unterschieden. Der Export und die nationale Distribution finden jeweils über weite Strecken statt, so dass in diesem vereinfachten Modell zunächst unterstellt wird, dass der Transportaufwand in diesen Bereichen im Wesentlichen proportional zur transportierten Menge ist, so dass der spezifische Transportaufwand nur abhängig ist von der durchschnittlichen Entfernung, über die in diesen Bereichen transportiert wird. Die im Folgenden dargestellten Annahmen betreffen den dritten Bereich der Distribution, den Anteil der Produkte, der regional distribuiert wird. Bei diesem wird unterstellt, dass sie, soweit die Nachfrage es zulässt, in die nächstgelegenen Zentrallager geliefert werden.

Wie bei der Modellierung der Milcherfassung wird das Distributionsgebiet vereinfachend als Kreis um die Betriebsstätte angenommen. Die Konsumentennachfrage wird als gleichverteilt in der Bundesrepublik unterstellt. Weiter wird davon ausgegangen, dass es H bezüglich der Absatzmenge gleich große Handelsketten gibt, die jeweils L Lager zur Befriedigung der Nachfrage unterhalten, wobei sie um die gleiche Kundschaft konkurrieren. Demgemäß stehen sie bei der Optimierung ihrer Lagerstandorte vor identischen Problemen mit identischen Lösungen, sodass es nur L Lagerstandorte mit jeweils H Lagern gibt, wenn, wie unterstellt, alle Handelsketten ihre Lagerstruktur optimiert haben. Die Gebiete, die von diesen Lagern aus versorgt werden, sind modellgemäß wie die Milcherfassungsgebiete Kreissegmente und die Lagerstandorte liegen auf den Rändern dieser Kreissegmente.

Weiterhin wird unterstellt, dass jede der Handelsketten sich einer gleich großen Nachfrage gegenüber sieht und dass sie das betrachtete Produkt von insgesamt k inländischen Molkereien bezieht, die jeweils identische Mengen liefern. Jede der betrachteten Molkereien beliefert umgekehrt in der Regionalanlieferung $h \leq H$ Handelsketten. Berücksichtigt man den Exportanteil e , so lässt sich daraus für jedes Produkt die regional zu distribuierende Menge ermitteln. Berücksichtigt man ferner neben der Gesamtnachfrage den Anteil importierter Produkte, so ergibt sich daraus die durch inländische Molkereien zu befriedigende Nachfrage im Anliefergebiet eines Handelslagers. Berücksichtigt man

hierbei sowohl die Konkurrenz unter den Handelsketten als auch die unter den Molkereien, lässt sich für jedes Produkt ermitteln, wie viele Lager anzufahren sind, um die regional zu distribuierende Produktmenge abzusetzen. Unter Berücksichtigung der Kapazität der verwendeten LKWs ermittelt man hieraus die benötigte Fahrstrecke. Die Abbildung 1 visualisiert die Modellannahmen.

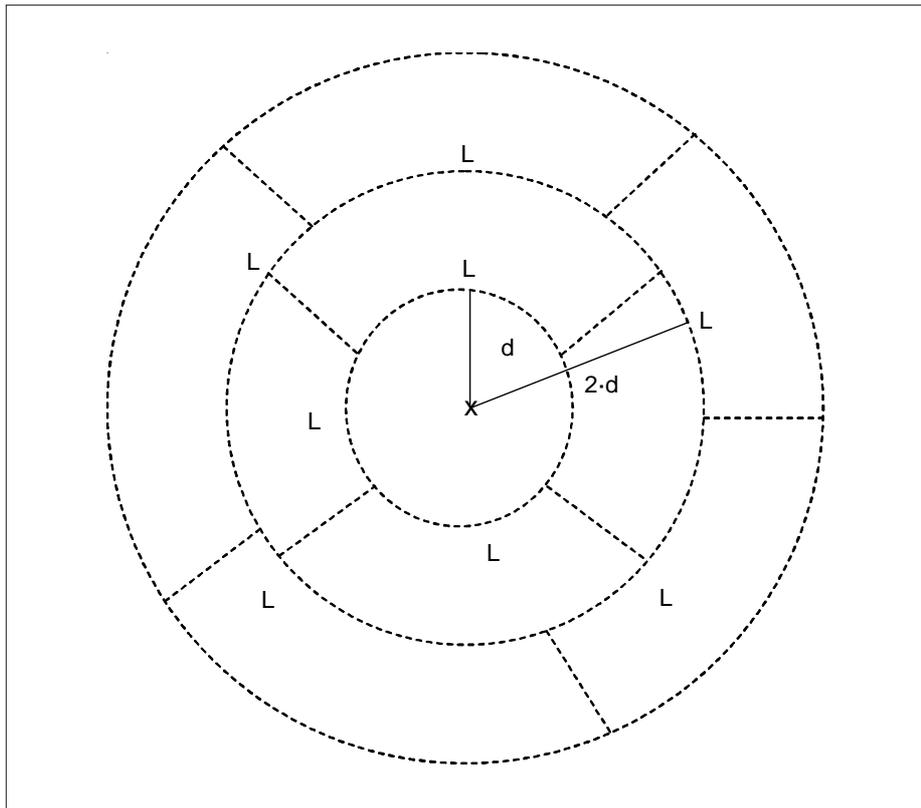


Abb. 1: Visualisierung des Distributionsmodells

3. Modell

Seien:

$$p = 1, \dots, P$$

die Produkte der betrachteten Molkereibetriebsstätte, seien

$$\{m_p\}_{p=1, \dots, P}$$

der Faktor, mit dem aus der Rohstoffmenge

M

die Produktmenge

$$1) \quad \{a_p := m_p \cdot M\}_{p=1, \dots, P}$$

ermittelt werden kann.

Sei:

$$e_p$$

der Exportanteil des Produkts p ,

$$u_p$$

der Anteil, der überregional distribuiert wird, dann ist

$$2) \quad r_p := 1 - e_p - u_p$$

der Anteil des Produktes p , der regional distribuiert wird.

Sei

$$se_p$$

die durchschnittliche Entfernung zu den Exportkunden,

$$su_p$$

die durchschnittliche Entfernung zu den nationalen Kunden,

$$ke_p$$

die Kapazität der Fahrzeuge im Export,

$$ku_p$$

die Kapazität der Fahrzeuge in der nationalen Distribution.

Dann ergibt sich die Gesamtfahrstrecke im Export:

$$3) \quad FGE_p := 2 \cdot \frac{e_p \cdot a_p}{ke_p} \cdot se_p$$

und in der nationalen Distribution

$$4) \quad FGU_p := 2 \cdot \frac{u_p \cdot a_p}{ku_p} \cdot su_p$$

die Gesamtfahrstrecke pro Produkt ergibt sich

$$5) \quad FG_p := FGE_p + FGU_p + FGR_p$$

wobei

$$FGR_p$$

die Fahrstrecke in der regionalen Distribution zu bestimmen bleibt. Insgesamt ergibt sich

$$6) \quad FG := \sum_{p=1}^P FG_p$$

als die Gesamtfahrstrecke und

$$7) \quad F := \frac{FG}{M}$$

als die spezifische Fahrstrecke pro verarbeitete Einheit Rohmilch im Vertrieb. Zur Bestimmung von FGR_p wird berücksichtigt, dass

H

Handelsketten existieren, wobei die betrachtete Molkerei zu

$$8) \quad h(p,M) \leq H$$

Handelsketten regionale Lieferbeziehungen für das Produkt P hat. Umgekehrt beliefern insgesamt

$$w(p,M)$$

Molkereien diese Handelsketten, so dass es

$$9) \quad w(p,M) - 1$$

Konkurrenten gibt. Diese Parameter sind sowohl vom Produkt als auch von der Größe der Molkerei abhängig. Bezeichnet man mit N_p die Inlandsnachfrage nach dem Produkt und mit im_p die Importquote, so ergibt sich mit

$$10) \quad i_p := N_p \cdot (1 - im_p)$$

die durch inländische Molkereien zu befriedigende Nachfrage. Wegen der Gleichverteilungsannahmen entfällt davon auf jede Handelskette

$$11) \quad ih_p := \frac{i_p}{H}$$

und auf jedes Lager:

$$12) \quad ihl_p := \frac{ih_p}{L} = \frac{i_p}{L \cdot H}$$

Wegen der Konkurrenzbeziehungen liefert die betrachtete Molkerei an ein Lager nur

$$13) \quad ihlmp := \frac{ihl_p}{w(p,M)} = \frac{i_p}{L \cdot H \cdot w(p,M)}$$

Da sie aber an einem Standort mehrere Handelsketten beliefert, so beträgt ihre Liefermenge pro Standort

$$14) \quad ilm_p := ihlmp \cdot h(p,M) = \frac{i_p \cdot h(p,M)}{L \cdot H \cdot w(p,M)}$$

Gemäß den Annahmen beliefert die Molkerei die jeweils nächsten L^* Standorte, so dass gelten muss:

$$15) \quad r_p = \sum_{l=1}^{L^*} ilm_p$$

Gemäß den Voraussetzungen ist das Gesamtverteilungsgebiet ein Großkreis mit Lagerstandorten auf den Kreisradien, wobei der erste Kreisradius so gewählt ist, dass er gerade dem Absatzgebiet eines Lagerstandortes entspricht. Wegen der Gleichverteilungsannahme gilt:

$$16) \pi \cdot d^2 = \frac{F}{L}$$

woraus für den Radius d folgt:

$$17) d = \sqrt{\frac{F \cdot \pi}{L}}$$

Betrachtet man nun den n-ten Kleinkreis (als erster wird das Zentrum mit dem ersten Lager an der Betriebsstätte angesehen), so ergibt sich für die Belieferung eines Lagerstandortes auf diesem Kleinkreis eine Gesamtfahrstrecke von:

$$18) FG_{rln_p} := 2 \cdot (n-1) \cdot d \cdot \frac{ilm_p}{kr_p},$$

wenn man mit

kr_p

die Kapazität des im regionalen Vertriebs eingesetzten Fahrzeuges meint. Nun befinden sich auf dem n-ten Kleinkreis

$$2 \cdot (n-1)$$

Lagerstandorte, so dass zur Belieferung des gesamten Kleinkreises eine Fahrstrecke von

$$19) FG_{rnp} := (2 \cdot n - 1) \cdot FG_{rln_p} = (2 \cdot n - 1) \cdot \left[2 \cdot (n-1) \cdot d \cdot \frac{ilm_p}{kr_p} \right]$$

anfällt.

Unterstellt man vereinfachend, dass ganze Kleinkreise beliefert werden, so ergibt sich die Gesamtfahrstrecke zu

$$20) \overline{FG}_{r_p} = \sum_{p=1}^{N^*} FG_{rnp}$$

wobei für N^* gilt:

$$21) \sum_{n=1}^{N^*} (2 \cdot n - 1) \cdot ilm_p = r_p \cdot a_p$$

Wegen (16) und wegen

$$22) \sum_{n=1}^N n = \frac{N \cdot (N+1)}{2}$$

gilt:

$$23) r_p \cdot a_p = ilm_p \cdot \left[2 \cdot \frac{N^* \cdot (N^* + 1)}{2} - N^* \right]$$

Daraus folgt:

$$24) N^* = \sqrt{\frac{r_p \cdot a_p}{i l m_p}}$$

und wegen (14)

$$25) N^* = \sqrt{\frac{r_p \cdot a_p \cdot L \cdot H \cdot w(p, m)}{i_p \cdot h(p, m)}}$$

einsetzen von (20) in (21) ergibt

$$26) \overline{FGr}_p = \sum_{n=1}^{N^*} \left\{ (2 \cdot n - 1) \cdot [2 \cdot (n - 1)] \cdot \left[d \cdot \frac{i l m_p}{k r_p} \right] \right\}$$

Berücksichtigt man:

$$27) \sum_{n=1}^N n^2 = \frac{N \cdot (N + 1) \cdot (2 \cdot N + 1)}{6}$$

und setzt (26) und (19) unter Berücksichtigung von ((1), (2), (3), (18) und (22) in (26)) ein, so ergibt sich

$$28) \overline{FGr}_p = \frac{N^* \cdot (4 \cdot N^{*2} - 3 \cdot N^* - 1)}{3} \cdot \left[d \cdot \frac{i l m_p}{k r_p} \right] =$$

$$\sqrt{\frac{\pi \cdot F}{L}} \cdot \left[\frac{4 \cdot \sqrt{\frac{H \cdot L (1 - e_p - u_p) \cdot w(p, m) \cdot m_p \cdot M}{h(p, M) \cdot N_p \cdot (1 - i m_p)}} \cdot (H \cdot L \cdot (1 - e_p - u_p) \cdot w(p, m) \cdot m_p \cdot M)}{3 \cdot H \cdot L \cdot k r_p \cdot w(p, M)} \right.$$

$$\left. - \frac{\sqrt{\frac{H \cdot L (1 - e_p - u_p) \cdot w(p, m) \cdot m_p \cdot M}{h(p, M) \cdot N_p \cdot (1 - i m_p)}} \cdot (h(p, M) \cdot N_p \cdot (1 - i m_p))}{3 \cdot H \cdot L \cdot k r_p \cdot w(p, M)} - \frac{(H \cdot L (1 - e_p - u_p) \cdot w(p, M) \cdot m_p \cdot M)}{3 \cdot H \cdot L \cdot k r_p \cdot w(p, M)} \right]$$

Da es sich bei den Berechnungen für die Strecken im Regionalvertrieb um Luftlinienentfernungen handelt, so werden sie um den Tourenformfaktor

T

korrigiert. Es ergibt sich

$$29) FGr_p := T \cdot \overline{FGr}_p$$

Einsetzen in (5) ergibt die Gesamtfahrstrecke pro Produkt, einsetzen in (6) die Gesamtfahrstrecke des Unternehmens und einsetzen in (7) die Gesamtfahrstrecke pro verarbeiteter Einheit Milch.

4. Analyse der Veränderungen der spezifischen Distributionsstrecken bei sich ändernden Parametern

In der hier entwickelten Form lässt sich die Fahrstrecke in der Distribution je verarbeiteter Tonne Milch als geschlossener funktionaler Ausdruck seiner Einflussparameter darstellen. Diese Funktion ist stetig differenzierbar, so dass eine qualitative Diskussion der Veränderung der Fahrstrecken in Abhängigkeit sich ändernder Parameter über eine Betrachtung der partiellen Ableitung der Funktion erfolgen kann. Untersucht wird die Funktion

$$30) F\left(M, H, L, \{e_p\}_{p=1}^P, \{u_p\}_{p=1}^P, \{m_p\}_{p=1}^P, \{im_p\}_{p=1}^P, \{h(p, M)\}_{p=1}^P, \{w(p, M)\}_{p=1}^P,\right.$$

$$\left. \{kr_p\}_{p=1}^P, \{ke_p\}_{p=1}^P, \{ku_p\}_{p=1}^P\right) = \frac{FG(\cdot)}{M} = \frac{\sum_{p=1}^P FG_p(\cdot)}{M} =$$

$$\frac{\sum_{p=1}^P [FGE_p(\cdot) + FGU_p(\cdot) + T \cdot FGR_p(\cdot)]}{M}$$

Unter Berücksichtigung der üblichen Rechenwege ergeben sich die folgenden Ableitungen:

$$31) \frac{\delta F(\cdot)}{\delta M} = \sum_{p=1}^P \left[\frac{c_p}{\sqrt{M}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{M}}\right) \right]$$

Wobei $O\left(\frac{1}{\sqrt{M}}\right)$ bedeutet, dass die übrigen Terme für wachsendes M unbedeutend werden. (Genau gesagt $O\left(\frac{1}{\sqrt{M}}\right) \xrightarrow{M \rightarrow \infty} 0$). c_p ist eine Konstante, die aber von den anderen Parametern abhängen kann. Dies zeigt, dass die spezifischen Transportwege bei steigendem Milchaufkommen zwar wachsen aber deutlich unterlinear und deutlich geringer als in der Milcherfassung. Für die Ableitung von F nach H ergibt sich

$$32) \frac{\delta F(\cdot)}{\delta H} = \sum_{p=1}^P \left[\frac{c_p}{\sqrt{H}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{H}}\right) \right]$$

Auch wenn die Anzahl der Handelsketten wächst (die Zahl der von einem selbst belieferten Kunden aber gleich bleibt) wächst die spezifische Fahrstrecke im Vertrieb, aber auch diese deutlich unterproportional.

Für die Ableitung von F nach L ergibt sich:

$$33) \quad \frac{\delta F(\cdot)}{\delta L} = \sum_{p=1}^P \left[\frac{c_p}{\sqrt{L^3}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{L^3}}\right) \right]$$

Die Fahrstrecken werden durch die Anzahl der Lagerstätten nur sehr gering beeinflusst, aber der Modelleinfluss ist positiv. Mehr Lager führen zu längeren Fahrstrecken. Dies liegt daran, dass mehr Lager zu weniger Nachfrage pro Lager führen und damit auch zu weniger Transporten mit sehr geringen Strecken (das 1. Lager ist definitionsgemäß am Ort der Produktionsstrecke, womit die Fahrstrecken 0 sind). An dieser Stelle wird deutlich, dass für sehr geringe Liefermengen eine genauere Spezifizierung des Modells sinnvoll sein könnte.

Über die Wirkung von e_p , u_p , m_p , em_p kann man auf diesem Weg nichts aussagen, da diese Parameter beschränkt sind, sie liegen zwischen 0 und 1 und sind im übrigen nicht unabhängig voneinander.

Auch eine Aussage über die Wirkung der Veränderungen von F durch die Veränderung der Parameter k_{rp} , k_{up} , k_{ep} ist auf diesem Weg nicht sinnvoll, weil die spezifischen Fahrstrecken dazu verwendet werden sollen, die ökonomischen und ökologischen Wirkungen der Distribution zu beschreiben, diese ökonomischen und ökologischen Wirkungen aber gleichzeitig neben den Fahrstrecken auch durch die verwendeten Fahrzeuge beeinflusst werden und diese wiederum einen Einfluss auf die oben erwähnten Parameter haben, da diese die Kapazität der verwendeten LKW beschreiben.

Bezüglich der Veränderungen der spezifischen Fahrstrecken durch Konkurrenz-molkereien ergibt sich:

$$34) \quad \frac{\delta F(\cdot)}{\delta w(p, M)} = \frac{c}{\sqrt{w(p, m)}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{w(p, m)}}\right)$$

Die spezifischen Fahrstrecken wachsen unterlinear mit der Zahl der zu berücksichtigten Molkereikonkurrenten. Bezüglich der von einem selbst zu beliefernden Handelsketten ergibt sich

$$35) \quad \frac{\delta F(\cdot)}{\delta h(p, m)} = -\frac{c}{\sqrt{h(p, m)}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{h(p, m)}}\right)$$

Die spezifischen Fahrstrecken sinken unterproportional mit der Anzahl der Handelsketten, die von einem selbst beliefert werden (jedenfalls bei gleich bleibender Gesamtzahl der Handelsketten).

5. Simulation

Um die Funktionsweise des Modells weiter zu untersuchen, wurden verschiedene Simulationen durchgeführt. Diese Simulationen erfolgen auf Basis von Daten, die von Herrn Groß bereitgestellt wurden. Entsprechende Werte wurden auch in einer Arbeit zu ökologischen Folgen sich ändernder Molkereibetriebsstättengrößen verwendet (Müller, B.: Umweltbilanz von Molkereien – Modellanalyse der ökologisch optimalen Betriebsstättengröße in der milchverarbeitenden Industrie. Unveröffentlicht).

Betrachtet wird dabei eine Molkereibetriebsstätte, die die Produkte Schnittkäse, Quark, Frischmilch, H-Milch, Joghurt, Butter, Pulver in etwa in den Mengenverhältnissen herstellt, wie sie in der Bundesrepublik Deutschland nachgefragt werden. Die Übersicht 1 zeigt den Bereich an, in denen die Modelldaten variiert wurden.

Übersicht 1: Basisdaten der Modellsimulation

	Käse	Quark	Frischmilch	Joghurt	H-Milch	Butter	Pulver
M		200.000	-	1.400.000			
H		5	-	20			
L		30	-	70			
e	0,55	0,24	0,12	0,21	0,14	0,16	0,89
u	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0
m	0,035	0,019	0,146	0,089	0,2	0,026	0,043
im	0,53	0,09	0,007	0,1	0,08	0,21	0,73
N	2030	2167	5176	4060	8691	1311	336
kr				20			
h			0,01 · H	-	H		
w			1	-	5		
ke				20			
ku				20			
kr				20			
se				500			
su				200			
T				1,3			
F				35.200			

Die Simulation macht deutlich, dass für sehr kleine Betriebsstätten und/oder sehr geringe Liefermengen das Modell die Transportstrecken nicht genau genug abbildet, da es jeweils nur Cluster von Lagern beliefert und ausgelastete LKW unterstellt. Um dieses Problem abzumildern, könnte das Modell in der Art erweitert werden, wie es für die Milcherfassung schon geschehen ist (10). Die folgenden Abbildungen 2 bis 4 zeigen beispielhaft die Änderungen der spezifischen Fahrstrecken bei Änderungen relevanter Parameter.

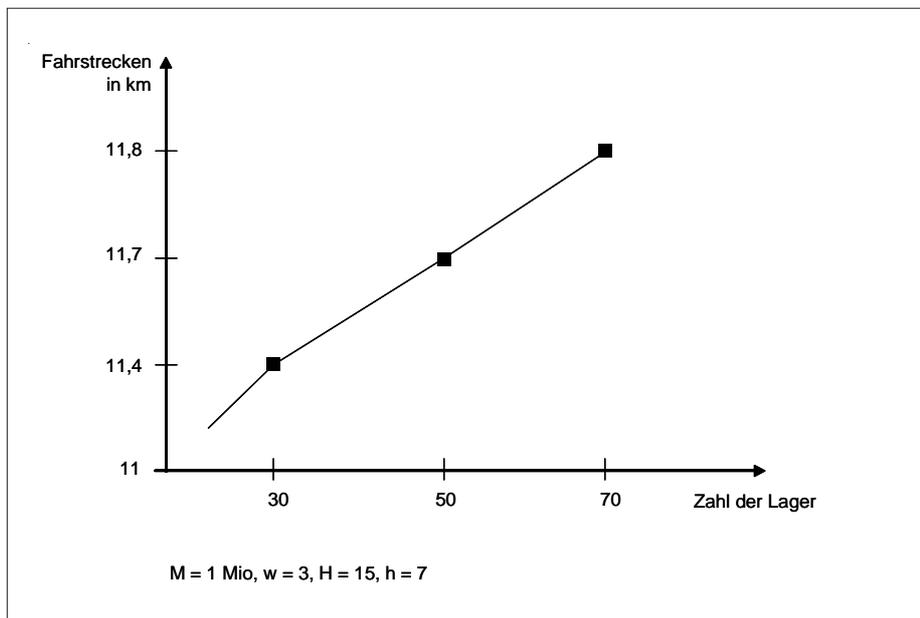


Abb. 2: Sich ändernde spezifische Fahrtstrecken bei veränderter Lagerzahl

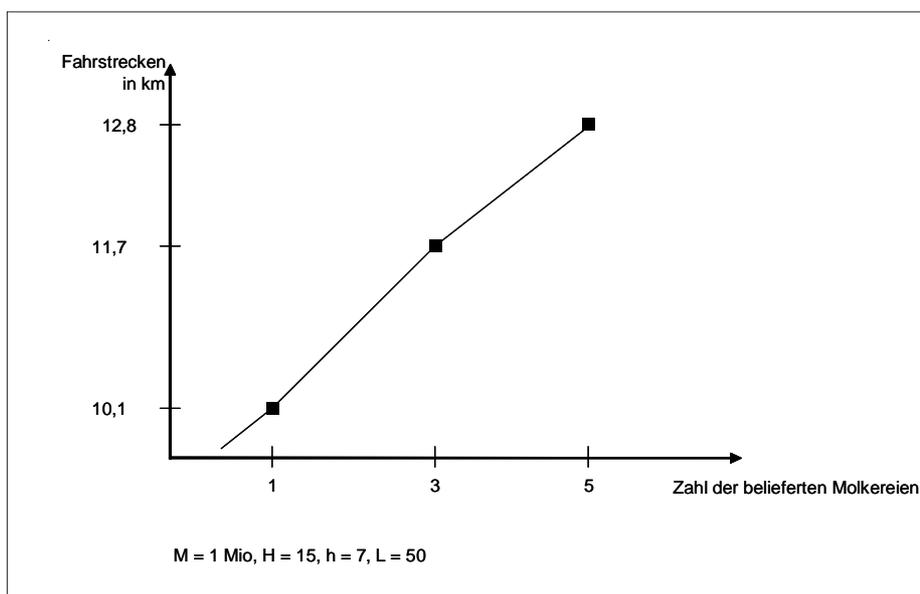


Abb. 3: Sich ändernde spezifische Fahrtstrecken bei variabler Zahl der konkurrierenden Molkereien

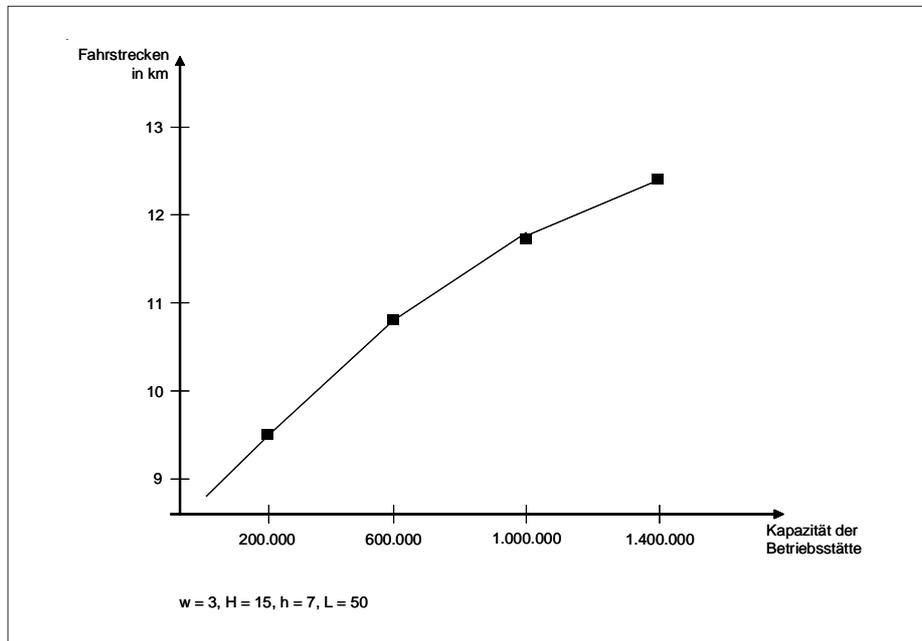


Abb. 4: Sich ändernde spezifische Fahrstrecken bei veränderter Betriebsstättengröße

6. Weiterer Forschungsbedarf

Wie auch im Bereich der Erfassung (10) kann das Modell prinzipiell erweitert werden, so dass nicht nur ganze Kreissegmente von Lagern hinzukommen, sondern auch einzelne Lager. Prinzipiell wäre auch der gemeinsame Transport verschiedener Produkte oder die Nutzung nicht ausgelasteter LKW darstellbar. Jede dieser Erweiterung führt jedoch zu noch komplexeren Strukturen mit der Folge vergrößerter Unübersichtlichkeit des Modells.

Umgekehrt wäre es möglich, hier für das Modell gemachte Vereinfachungen zu Gunsten einer genaueren Beschreibung der konkreten Situation aufzugeben, in dem z.B. anstelle der Modelllager tatsächlich existierende Lager berücksichtigt würden. Aber auch dies führt zu einer vergrößerten Unübersichtlichkeit der Zusammenhänge, die sinnvoll nur in konkreten Einzelfällen in Kauf genommen werden sollte. Interessant wäre es, für die Modellparameter, die zum Teil einfach als Beispiel gesetzt werden oder auf subjektiven Expertenschätzungen beruhen, durch statistisch gesicherte Daten zu ersetzen. Dies würde es auch ermöglichen, im konkreten Einzelfall die Modellstrecken und die tatsächlichen Fahrstrecken in der Distribution zu vergleichen, was sowohl Aussagen über den Realitätsgehalt des Modells als auch über die Variation der spezifischen Fahrstrecken für unterschiedliche Betriebe ermöglichen würde.

7. Literatur

- (1) Boysen, O., Schröder, C.: Economies of Scale in der Produktion versus Diseconomies im Transport: Zum Strukturwandel im Molkereisektor: *Agrarwirtschaft* **55** (3) 151-167 (2006)

- (2) Bronstein, I. N., Semendjajew, K. A.: Taschenbuch der Mathematik. Harri Deutsch Verlag. Zürich, Frankfurt/Main (1974)
- (3) Hehl, F.W., Winkelmann, V., Meyer, H.: Computer-Algebra. Ein Kompaktkurs über die Anwendung von REDUCE. Springer-Verlag, Berlin (1992)
- (4) Höper, U., Jürgensen, M., Hargens, R., Groß, K.-U.; Hülsemeyer, F.: Unternehmensgrößen-abhängige ökonomische und ökologische Auswirkungen bei Erfassung, Be- und Verarbeitung und Distribution von Milch und Milchprodukten. In: Agrarpolitische Schriftenreihe des Dachverbandes der wissenschaftlichen Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e.V. (30) 115-129 (2000)
- (5) Huck, P., Sachhofer, K., Triebel, C. R.: Spatial Competition among Cooperatives: The Case of Milkprocessors in Northern or Germany. Vortrag auf der 7. INFER Annual Conference in Economic Research (2005)
- (6) Müller, B.: Ein Verfahren zur Unterstützung der simultanen Kapazitäts- und Standortplanung für Molkereien. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **33** (2) 85-122 (1981)
- (7) Müller, B.: Ein Verfahren zur Unterstützung der simultanen Kapazitäts- und Standortplanung für Industrieunternehmen. ZfB **53** (2) 183-2002 (1983)
- (8) Müller, B.: Costs of Transportation in Relation to Dairy Factory Structure. IDF DOC 162 Generalsekretariat IDS/Brüssel. Zusammen mit der Arbeitsgruppe C13 (1983)
- (9) Müller, B.: Methodik des Einsatzes mathematischer Modelle bei der Strukturplanung für Molkereien. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **36** (4) 199-240 (1984)
- (10) Müller, B.: Zum Einfluss der Betriebsstättenstruktur einer Molkerei auf die Fahrstrecken in der Milcherfassung – Eine Modellanalyse. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **53** (3) 207-217 (2001)
- (11) Müller, B.: Zum Einfluss des Anteils der Öko-Milchprodukte auf die Umweltbelastung. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **54** (2) 93-105 (2002)

8. Zusammenfassung

Müller, B.: **Zur Darstellung der Fahrstrecken im Vertrieb von Molkereiprodukten – Eine Modellanalyse.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **58** (4) 171-185 (2007).

29 Milchwirtschaftliche Ökonomie (Vertrieb, Fahrstrecken, Modell)

Steigende Energiepreise und sich verstärkende Verkehrsprobleme erhöhen die relative Bedeutung des Transports im Rahmen der Prozesskette der Vermarktung von Milch und Milchprodukten. Während für den Bereich der Milcherfassung eine Reihe von Untersuchungen existieren, so liegen vergleichbare Aussagen für den Vertrieb kaum vor. Vielmehr wird dieser Bereich bei entsprechenden Untersuchungen entweder ganz ausgelassen oder es werden aus Modellierungsgründen so realitätsferne Annahmen getroffen, dass den Ergebnissen kaum praktische Relevanz zukommt.

Deshalb wird eine Modellierungsstruktur für die Fahrstrecken im Vertrieb als einem bestimmenden Faktor sowohl für die ökonomischen als auch für die ökologischen Auswirkungen der Distribution von Milchprodukten entwickelt, die es erlaubt, die wichtigen Einflussfaktoren auf die Fahrstrecke wie Größe der Molkereibetriebsstätte, Nachfragedichte für die einzelnen Produkte, Zahl der Handelsketten, an die geliefert wird, Größe von deren Vertriebslagern und Absatzanteil der eigenen Molkerei simultan zu berücksichtigen, wobei sowohl die Darstellung einer individuellen Situation als auch die Berücksichtigung von vordefinierten Durchschnittszuständen möglich ist.

Bei der Berücksichtigung geeigneter vereinfachender Annahmen ergibt sich die notwendige Fahrstrecke je Produkt als unendlich oft differenzierbare Funktion der Einflussparameter, wobei die Fahrstrecke näherungsweise proportional zur Wurzel der

Betriebsstättengröße der Wurzel der existierenden Handelsketten und der Wurzel der Zahl der Mitbewerber ist, während sie näherungsweise umgekehrt proportional zur Wurzel der Zahl der Handelsunternehmen ist, zu denen eine Lieferbeziehung besteht. Die Zahl der Lager, die eine Handelskette betreibt, hat nur einen schwachen Einfluss auf die Transportstrecken im Vertrieb einer Molkerei.

Summary

Müller, B.: **Representation of transport routes in the distribution of dairy products – a model analysis.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **58** (4) 171-185 (2007).

29 Dairy Economics (distribution, transport routes, model)

Rising energy prices and the increasing traffic volume enhance the relevance of transport issues in the frame of the overall marketing of milk and milk products. Whereas a number of studies exist in the field milk collection few comparable statements are found in distribution. Moreover this field is completely ignored in studies, or unrealistic hypotheses are set up for modeling purposes so that the results have hardly practical relevance.

Therefore, a modeling structure for the transport routes in the framework of distribution being a determining factor for the economic and the ecologic effects of distribution of milk products is developed. This structure allows to simultaneously consider the relevant impact factors on the transport routes like the size of the dairies, the demand for individual products, the number of trade chains to which it is delivered, the size of their respective distribution stocks and sales figures of the own dairy, whereby the presentation of an individual situation as well as the consideration of predefined average states are possible.

At considering appropriate simplifying hypotheses the necessary route per product results as an infinitely often differentiable function of the impact factors whereby the route is approximately proportional to the radix of the existing trade chains and to the radix of the number of co-competitors, and it is approximately inversely proportional to the radix of the trade companies to which delivery relationships exist. The number of stocks of a trade chain has a minor influence on the transport routes in the distribution of a dairy.

Résumé

Müller, B.: **Pour la représentation des routes de transport dans la distribution des produits de laiterie - une analyse modèle.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **58** (4) 171-185 (2007).

29 Economie laitière (distribution, trajets, modèle)

Des prix de l'énergie en hausse et des problèmes croissants du transport augmentent l'importance relative du transport dans le cadre de la commercialisation du lait et des produits laitiers. Tandis que de telles études existent dans le domaine de la collecte du lait, des déclarations comparables pour la vente sont rares. Dans des études corre-

spondantes, ce secteur est ou bien tout à fait omis, ou bien des hypothèses absolument irréalistes sont émises pour des raisons de modélisation que les résultats obtenus ont peu de relevance pratique.

Par conséquent, une structure de modélisation pour les trajets dans la distribution en tant que facteur déterminant pour les conséquences économiques et écologiques de la distribution des produits laitiers est développée permettant ainsi de prendre en considération simultanément les facteurs d'influence importants sur le trajet comme la taille des laiteries, la densité de la demande pour les différents produits, le nombre des chaînes commerciales, auxquelles on livre, la taille de leurs stocks de distribution et la part de vente de la propre laiterie. La représentation d'une situation individuelle aussi bien que la prise en considération des états moyens prédéfinis sont possibles.

Lors de la prise en considération d'hypothèses simplificatrices appropriées le trajet nécessaire par produit résulte comme fonction différentiable à l'infini des paramètres d'influence, ce faisant le trajet est approximativement proportionnel à la racine de la taille de la laiterie, à la racine des chaînes commerciales existantes et à la racine du nombre des concurrents, et approximativement inversement proportionnel à la racine du nombre des entreprises commerciales, avec lesquelles une relation de livraison existe. Le nombre des stocks qu'une chaîne commerciale entretient. n'a qu'une influence minimale sur les trajets de transport dans la distribution d'une laiterie.