

StuDiennummer: 223-810321
DK-Zahlen

INGENIEURSCHULE FÜR CHEMIE „JUSTUS VON LIEBIG“
MAGDEBURG

Fachrichtung Betriebswirtschaft/Ingenieurökonomie -
chemische Industrie

Bearbeiter: Peter Rauch

Thema: Technisch - ökonomische Untersuchung im Rahmen der
Konzeption einer Molkenverhefungsanlage mit Einsatz von
verdünnter Labmolke am Beispiel des Standortes Mügeln

Abschlussarbeit, angefertigt auf Vorschlag des Instituts für Technische
Mikrobiologie

Angefertigt vom 15.04. bis 4.11.1985

Seitenanzahl: 96
Abbildungen: 10
Literatur: 52
Tabellen: 21
Anhang:
Korrektor:

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Abkürzung	4
Vorwort und Aufgabenstellung	6
1. Molkenverhefung in der DDR und die internationalen Verfahren	8
1.1. Molkenverhefung in der DDR	
1.1.1. Allgemeines	
1.1.2. Das Verfahren der Molkenverhefung	
1.1.3. Kurzbeschreibung der bestehenden Molkenverhefungsanlagen im Käsewerk Seelow und im Milchverarbeitungsbetrieb Rathmannsdorf	11
1.2. Darstellung des gegenwärtigen internationalen Standes	12
1.3. Zusammenfassung zum, internationalen Stand	23
2. Konzeption zur Errichtung einer Molkenverhefungsanlage in dem VdgB Molkereigenossenschaft e.G. Oschatz Betriebsteil Mügeln	24
2.1. Vorbetrachtung	
2.1.1. Qualitäts- und Quantitätsmerkmale der anfallenden Molke	
2.1.2. Energetische Bedingungen	25
2.1.3. Lösungsmöglichkeiten zur Deckung des Bedarfs an Dampf	26
2.1.4. Arbeitskräftebedarf für die Fermentationsanlage	
2.2. Auslegungsdaten für die Molkenverhefungsanlage	27
3. Ökonomische Berechnung zur Konzeption für die Errichtung einer Molkenverhefungsanlage am Standort Mügeln	34
3.1. Einmaliger Aufwand	40
3.2. Laufender Aufwand	
3.3. Preisbildung	42
3.4. Volkswirtschaftliche Effektivität und betriebliche Kennziffern	
3.4.1. Volkswirtschaftliche Effektivität	
3.4.2. Betriebliche Kennziffern	44
4. Technisch-ökonomische Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung des Prozesses der Molkenverhefung	46

4.1.	Technische Realisierungsmöglichkeiten zur Aufkonzentrierung der verheften Molke	46
4.2.	Grundvarianten zur Aufkonzentrierung der verheften Molke	47
4.3.	Ökonomische Berechnung der Varianten 2 bis 5	50
4.3.1.	Größenauslegung der Stapelbehälter	
4.3.2.	Größenauslegung der Zwischenstufen des Fermentationsprozesses	54
4.4.	Einmaliger Aufwand des Varianten 2 bis 5	55
4.5.	Laufender Aufwand der Varianten 2 bis 5	
4.6.	Ökonomische Berechnungen der Varianten 6 bis 13	64
4.7.	Auswertung der Varianten	72
5.	Optimierung des Abtransportes der verheften Molke an die Abnehmer	78
5.1.	Allgemeines	
5.2.	Betrachtung der derzeitigen Transportaufwendung im Vergleich zum Rundfahrtzyklus	79
5.3.	Ermittlung des Grenzwertes für den Transportweg von verhefter Molke mit unterschiedlichem TS-Gehalt	86
6.	Zusammenfassung	88
	Literaturverzeichnis	91
	Verzeichnis der Abbildungen	95
	Verzeichnis der Tabellen	96
	Selbstständigkeitserklärung	

Verzeichnis der Abkürzungen

A	Ausgang
AK	Arbeitskraft
ANG	
A 1	Anfall der Rohmolke in der Käserei
B	Behälter
BMSR	Betriebs-, Meß-, Steuer- und Regeltechnik
CLG	Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma
DK	Dieselmotorkraftstoff
EDA	Eindampfanlage
EE	Elektroenergie
ETA	Elektrotechnische Anlagen
F	Fermentation
F	Fonds
FZTP	Forschungszentrum Tierproduktion Rostock-Dummerstorf
G	Gewinn
GK	Grundkosten
GM	Grundmittel
GTS	Gesamtrockensubstanz
GW	Grenzwert
HAN	Hauptauftragnehmer
HTS	Hefetrockensubstanz
HuL	Heizung und Lüftung
IAP	Industrieabgabepreis
IfM	Institut für Milchwirtschaft Oranienburg
IK	Investitionskosten
ITM	Institut für Technische Mikrobiologie
KB _B	Kosten Betriebspreis der Basisvariante
KCA	CLG VEB Kompletter Chemieanlagenbau
KT _B	Transportkosten der Basisvariante
M	Menge
m _M	Masse Molke
m _V	Masse verhefter Molke
n	Anzahl
NSW	Nichtsozialistisches Wirtschaftsgebiet
NTA	Nachrichtentechnische Ausrüstungen

OS	Organische Substanz
P	Preis
P	Pumpe
PB	Preisbasis
pH	Wasserstoffaktivität
PKB	Preiskarteiblatt
PKO	Preiskoordinierungsorgan
PSK	Produktionsselbstkosten
PWÜ	Plattenwärmeübertrager
RP	Rohprotein
RuA	Rohrleitung und Armaturen
SCP	Einzellerprotein (Single Cell Protein)
T	Transport
Th	Thermolyse
Tr.M	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
t ₁	Zeit für Zugang
UF	Ultrafiltration
UM	Umlaufmittel
V	Volumen
VK	Vorkalkulation
vRP	verdauliches Rohprotein
ZPR	Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal, VEB

Vorwort und Aufgabenstellung

Gegenwärtig ist einer der wichtigsten Aufgaben der Versorgung der Menschheit mit hochwertigem Eiweiß, um den Hunger zu beseitigen und eine gesunde Ernährung zu gewährleisten. (/1/ S. 27)

Auf dem X. Parteitag der SED wurden zur Sicherung der grundlegenden Ziele der Wirtschaftspolitik verschiedene Aufgaben beschlossen. Dazu gehört auch die Verbesserung der *“... Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Produktion mit Rohstoffen der eigenen Land- und Nahrungsgüterwirtschaft durch Leistungssteigerung der Pflanzen - und Tierproduktion auf der Grundlage fortgeschrittener Erkenntnisse der Biowissenschaften, einschließlich der Gentechnologie ...“*. (/2/ S. 21)

Auf der 9. Tagung des ZK der SED wurde festgestellt, daß auf dem Gebiet der Biowissenschaften hochwertige Erzeugnisse durch die Wissenschaft und Verfahrenstechnik zu erbringen sind.

Ein Grund für die Erzeugung von hochwertigem Eiweiß wurde in der Prawda dargestellt. *„Der objektive Beweggrund für die Entwicklung der mikrobiologischen Industrie ist die Möglichkeit, die Produktion von Futter und physiologisch aktiven Stoffen (künftig auch Lebensmittel) in beachtlichem Maß auf eine industrielle Grundlage überzuleiten ...“*, dabei *“... die landwirtschaftliche Produktion durch die mikrobiologische zu ergänzen ...“*. /3/

In der DDR gibt es verschiedene Varianten der Herstellung von mikrobiellem Futtereiweiß. Als Substrate werden z. B. Sulfitablauge, Melasse, Melasseschlempe, Rohzucker, Dieselkraftstoff, Molke u.a. verwendet.

Die Molkenverhefung, die in dieser Arbeit untersucht wird, stellt also eine Variante der mikrobiologischen Futtereiweißgewinnung dar. Der hohe Eiweißbedarf der DDR-Landwirtschaft kann mit dem Eigenaufkommen bei weitem nicht gedeckt werden. Es sind bedeutende NSW-Importe, z. B. an Sojaschrot, notwendig. Durch die industrielle Eiweißgewinnung kann ein Teil der Importe abgelöst werden.

International werden ständig Verfahren für die Fermentation von Molke entwickelt bzw. weiter entwickelt. Bisher wurden aber nur einige großtechnisch realisiert, davon zwei in der DDR.

In der Diplomarbeit von STARKE /5/ wird die Molkenverhefung in Mügeln auf Basis der in der DDR vorhandenen Molkenverhefungsanlagen konzipiert.

Die konkrete Standortsituation in Mügeln verlangt jedoch als Novum die mikrobielle Verwendung von ca. 20 bis 25% verdünnter Labmolke. Da sich als Folge der Verdünnung der Rohmolke höhere spezifische Verarbeitungskosten bis zum Endprodukt „Verhefter Molke“ einstellen, muß hier besonders nach Möglichkeiten zur Reduzierung der Gesamtaufwendung unter Einbeziehung des Transportes der verheften Molke zum Verbraucher gesucht werden.

Erfahrungsgemäß ist es derzeit nicht möglich, durch eine mechanische oder thermische Aufkonzentrierung nach der Fermentation eine Aufwandminimierung für verhefte Molke zu erreichen. Es besteht nunmehr die Aufgabe, unter voller Auslastung des Leistungsvermögens des CLG-Strahlfermentors die Aufkonzentrierung der Rohmolke vor dem Fermentor zwecks Ausrüstungsminimierung zu realisieren und gegebenenfalls eine weitere Eindampfanlage dem Fermentor nachzuschalten. Die sich daraus ergebenden technischen Möglichkeiten sind in Varianten darzustellen und unter Einbeziehung des Transports der verheften Molke nach dem einmaligen und laufenden Aufwand zu bewerten, sowie Lösungsvorschläge abzuleiten.

In diesem Rahmen mochte ich mich bei Gen. Püchner für die geleistete Unterstützung und für die Bereitstellung umfangreicher Literatur bedanken.

1. Die Molkenverhefung in der DDR und die internationalen Verfahren

1.1. Die Molkenverhefung in der DDR

1.1.1. Allgemeines

In der DDR fällt gegenwärtig im Ergebnis der Käse- bzw. Quarkproduktion Rohmolke in einer Größenordnung von ca. 1 500 000 t/a an. Davon werden verwendet

- als Futtermittel (Energiefuttermittel) ca. 1,3 Mio. t/a
- in der Industrie ca. 0,2 Mio. t/a. /4/

Die Molke wird als Energiefuttermittel für die Schweinemast verwendet. Werden jedoch die Kohlenhydratbestandteile der Molke fermentativ zu Hefe verarbeitet, so erhält man ein Eiweißfuttermittel, welches für Fütterungszwecke günstiger ist. Dies wird in der Arbeit von STARKE /5/ näher dargestellt.

1.1.2. Das Verfahren zur Molkenverhefung

Das in der DDR derzeit vorhandene Verfahren und die Technologie können in Kurzform folgendermaßen beschrieben werden:

Die täglich oder über einen Zeitraum anfallende Molke wird in einem Stapelbehälter kurzzeitig zwischengelagert, um beim schwankenden Molkenanfall eine kontinuierliche Molkenverhefung zu gewährleisten. Die Molke wird über eine Kreiselpumpe in den Fermentor gefördert. Im Fermentor erfolgt die mikrobielle Umwandlung des in der Molke enthaltenen Kohlenstoffs in Form von Laktose mit Beigabe einer Stickstoffquelle (als Ammonsulfat) und Luftsauerstoff (Zufuhr über Schachtüberfall) zu Hefeprotein, wobei der größte Teil des mit der Molke eingetragenen Gelösteiweißes im Substrat verbleibt und mit der verheften Molke abgezogen wird. Zur pH - Wertreglung wird Ammonsulfat oder auch Schwefelsäure und zur Schaumbekämpfung der Entschäumer E 7800 (1 : 10 verdünnt) eingesetzt.

Der CLG-Strahlfermentor wird als Herzstück der Anlage bezeichnet. Es handelt sich hierbei um ein Umwälzsystem mit äußerem Kreislauf. Er zeichnet sich durch hohe Turbulenz, feine Gasdispersion, lange Verweilzeit der Luft im Medium

und weitestgehende Homogenität aus.

In der Abbildung 1 wird ein technologisches Schema zur Molkenverhefung dargestellt.

Die während der Eiweißsynthese anfallende Reaktionswärme wird durch Wärmeübertrager mit Wasserkühlung abgeführt. Dabei findet als Fermentorkühlung ein Plattenwärmeübertrager Anwendung. Die Zwischenlagerung für die nachfolgende einschichtig betriebene Thermolyse der verheften Molke erfolgt in zwei parallel geschalteten Behältern mit je 2 Rührern und einem Sprühkopf für die Reinigung. Die Thermolyse hat die Aufgabe, die Hefezellen aufzuschließen, pathogene Keime abzutöten sowie die Verdaulichkeit der verheften Molke zu verbessern. Sie erfolgt in einem Milcherhitzer. Im Anschluß erfolgt die Lagerung in einem stehenden Behälter mit Einrichtungen zum Homogenisieren und Säubern, von wo aus der Absatz der Molke zu den Verbrauchern erfolgt.

Die notwendigen Roh- und Hilfsstoffe für die Fermentation werden über Kreisel- und Dosierpumpen aus den Lagerbehältern dem Fermentor zugeführt. Für die Überwachung und Steuerung der Anlage sind eine Reihe von Meß- und Steuereinrichtungen installiert. Zur Kontrolle des Prozesses ist weiterhin ein Analysenprogramm zu absolvieren, wobei quantitative Analysen des Molkenzulaufes, des Prozeßregimes und des Fermentorablaufes vorgenommen werden. (/6/ S. 8 bis 12)

Die bestehenden Molkenverhefungsanlagen in Seelow und Rathmannsdorf unterscheiden sich gegenüber der konzipierten Anlage in Mügeln dadurch, daß die Zusammensetzung des Rohstoffes der Rohmolke wesentlich anders ist. In der Tabelle 1 werden einige Merkmale der Molken aufgezeigt. Dies erfolgt im Vergleich zur Milch nach DEMMLER /7/.

Auf Grund der niedrigen Gehalte an Inhaltsstoffen des Mügeler Substrates gegenüber den Molken in Seelow und Rathmannsdorf besteht eine noch zwingende Aufgabe zur Aufwertung als Eiweißfuttermittel.

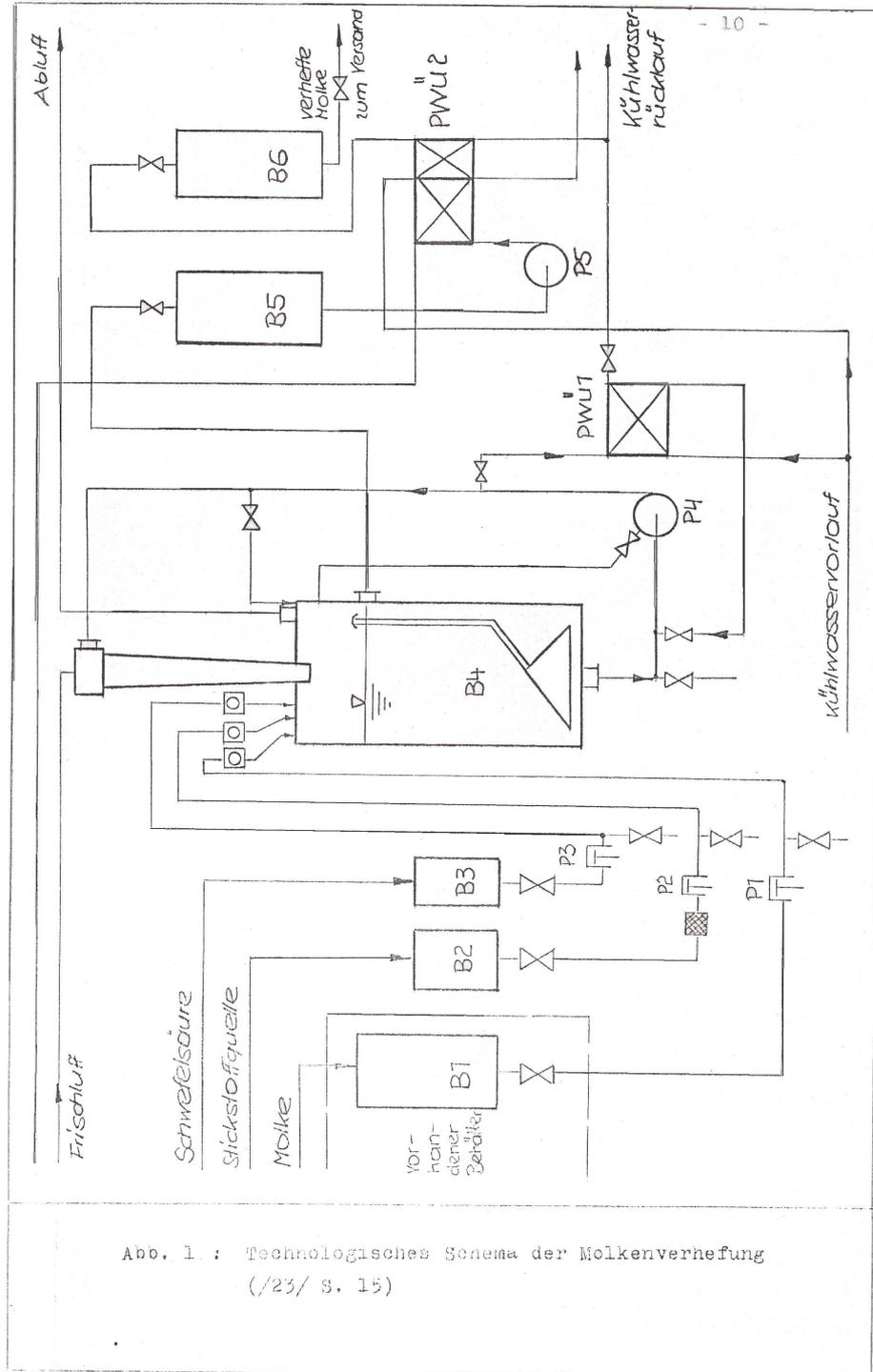


Abb. 1.: Technologisches Schema der Molkenverfeinerung
(23/ s. 15)

Tabelle 1: Inhaltsstoffe der Molke und der Milch

Inhaltsstoffe	Milch /7/ in %	Labmolke Seelow /24/ Durchschn. in %	Sauermolke Rathmannsdorf /24/ Durchschn. in %	Labmolke Mügeln verdünnt in %
Wasser	83...89	93,7	94,5	95,8
Trockenmasse	11...17	6,3	5,5	4,2
Fett	2,6...6	n.b.	n.b.	n.b.
Eiweiß (RP)	3,5...5	0,9	0,7	0,7
Milchzucker	4...5,5	4,3	2,0	3,5
Mineralstoffe	0,6...0,8	n.b.	n.b.	n.b.

1.1.3. Kurzbeschreibung der bestehenden Molkenverhefungsanlagen im

Käsewerk Seelow und im Milchverarbeitungsbetrieb Rathmannsdorf

Die Seelower Anlage wurde 1978/79 projektiert und realisiert. Die Arbeiten in der Folgezeit dienten im wesentlichen der Stabilisierung des Prozesses und Optimierung der Leistungsparameter, so daß die Anlage seit 1981 stabil fährt.

Die täglich anfallende Labmolke von ca. 24 m³ wird nach der Zwischenlagerung im Sammelbehälter dem CLG-Tauchstrahlfermentor (10 m³) kontinuierlich zugeführt. Die assimilierbaren Inhaltsstoffe (insbesondere Laktose) liegen zu ca. 5% vor. Mit einer Hefe-Mischkultur erfolgt die Molkenverhefung. Dabei beträgt die Ausbeute 25 g HTS/l Molke und der Rohproteingehalt liegt bei ca. 50% in HTS. (/8/ S. 17 bis 20)

Der Verfahrensweg wurde bereits im Punkt 1.1.2. beschrieben, der etwa analog ist.

In Rathmannsdorf fallen pro Tag 40 ... 60 t Sauermolke an, die in einem 70 m³ - Stapelbehälter kurzzeitig zwischengelagert wird, um so eine kontinuierliche Molkenverhefung über 24 h/d zu gewährleisten. Der Laktosegehalt liegt bei 3,6 ... 3,8% und der Molkedurchsatz bei 2,1 t /h. Der CLG-Fermentor mit 18,1 m³ hat ein Umwälzsystem mit äußerem Kreislauf. In ihm erfolgt die mikrobielle Umwandlung der Laktose und Milchsäure mit Beigabe einer Stickstoffquelle (als

Ammonsulfat) und Sauerstoffzufuhr über Schachtüberfall bei einem pH-Wert von 2,5, einer Temperatur von 33 ... 35 °C und einer Verweilzeit von 4,5 h zu Hefeprotein. Der größte Teil des mit der Molke eingetragenen Gelösteiweißes verbleibt im Substrat und wird mit der verheften Molke abgezogen. Die Ausbeute, auf Laktose bezogen, liegt bei 50 %. Die technologische Aufarbeitung erfolgt analog der im Punkt 1.1.2. beschriebenen Weise. (/6/ S. 6 bis 11)

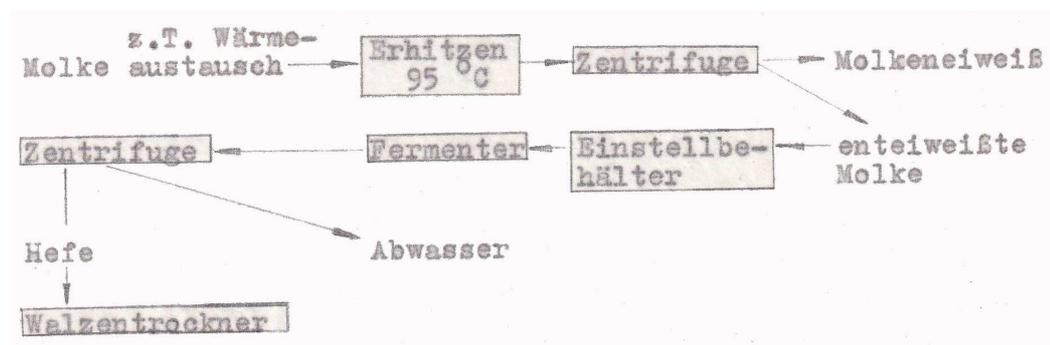
1.2. Darstellung des gegenwärtigen internationalen Standes

Für die Molkenverhefung wurden zahlreiche Verfahren entwickelt, von denen nur ein Teil großtechnisch realisiert wurde. Von Interesse ist der technologische Prozeßablauf der Verfahren, die zum Teil durch verfahrenstechnische Parameter ergänzt werden.

Nachfolgend werden einige Verfahren durch ihre wesentlichen Merkmale hervorgehoben und durch technologische Schemata beschrieben.

Linzer Verfahren nach Miethke und Dubrow 1944

Bei diesem Verfahren wird das Protein aus der Molke durch Hitzeokoagulation ausgefällt und mittels Zentrifuge abgetrennt, Die enteiweißte Molke wird verheft und die Hefe zentrifugiert und getrocknet. /9/



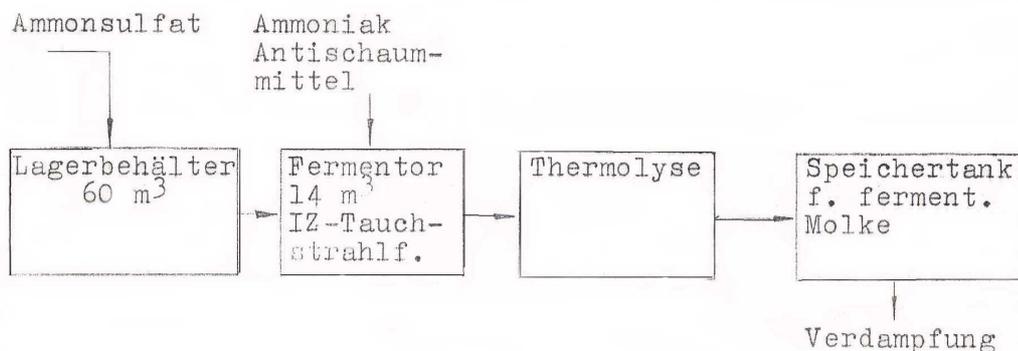
Polyivit-Verfahren nach Weaser 1944

Dieses Verfahren ist so ausgelegt, daß das gesamte Material nach der Verhefung eingeeignet und getrocknet wird. In diesem Fall erübrigt sich eine gesonderte Behandlung im getrockneten Produkt des Molkenproteins. /10/



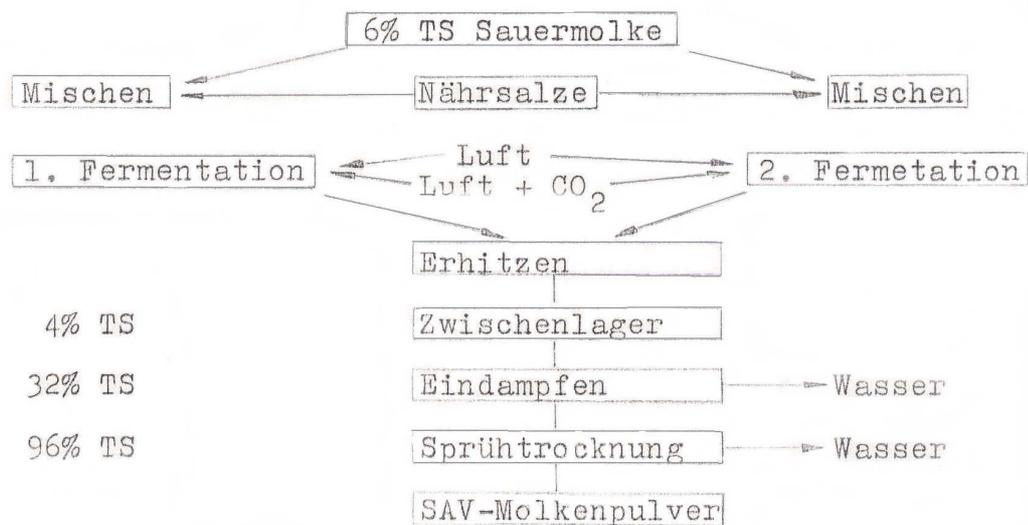
Das Vienna-Verfahren

„Eine Abtrennung der Hefe erfolgt nicht, die ganze Kultur wird konzentriert, und zwar auf einen Trockengehalt von 12%. Die Kosten einer sekundären Behandlung des Ablaufs nach der Hefe- und Proteingewinnung würden höher liegen als die Kosten.“ (/11/ S. 63)



SAV-Verfahren

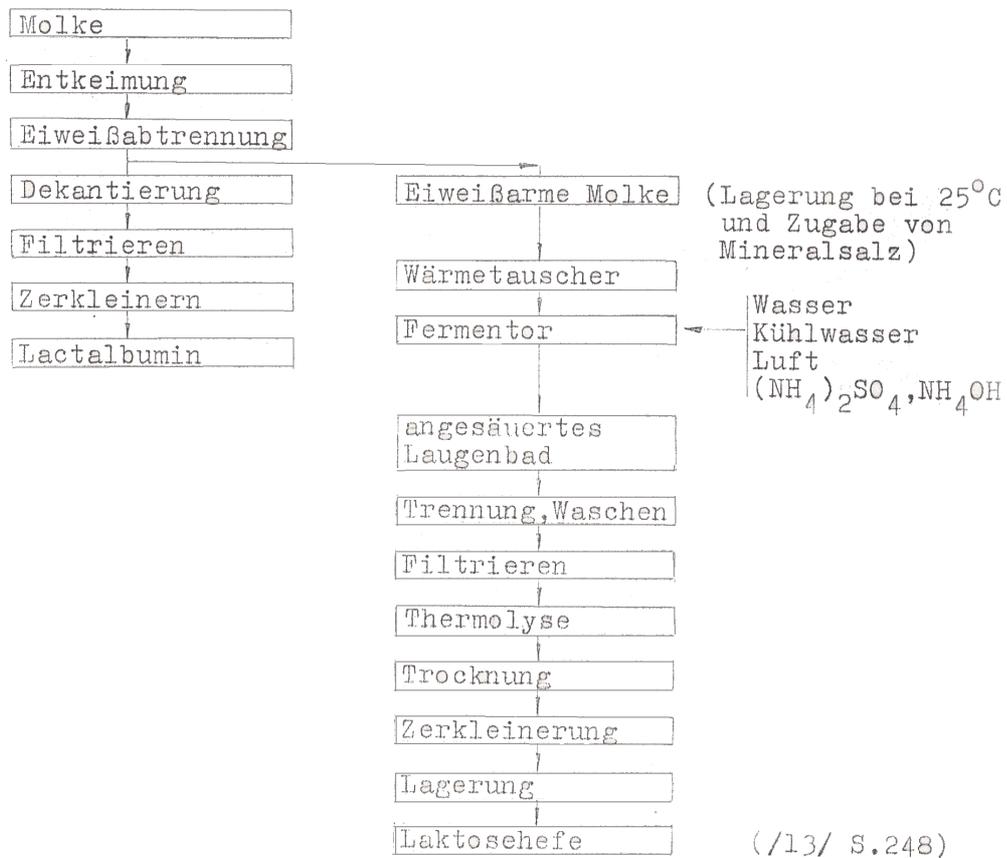
Nach der Verhefung der Milchsäure und eines Teils der Laktose geht der Trockenmasseanteil auf 4,2% zurück. Das Verhältnis Eiweiß : Milchzucker verändert sich von 14 : 70 auf 32 : 30 (nach Galsmar und Bergmann 1966). Dieses Verfahren liefert kein Abwasser, und das gesamte Material wird getrocknet. /12/



BEL-Fromageries Prozess von Blanchet und Beju-Duval 1969 und Vrignaud (1976)

Das Verfahren wird wie folgt charakterisiert:

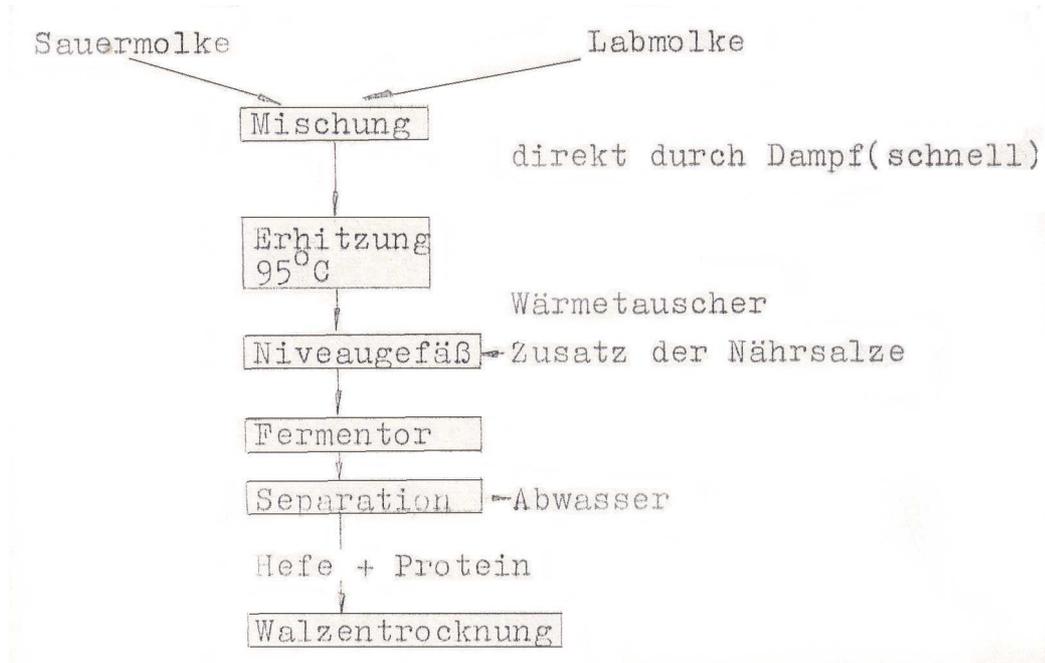
- Sofortiges Enteiweißen der Molke nach Verlassen der Käsefabrik,
- der eiweißarmen Molke (3,4 % Laktosekonzentration) werden Mineralsalze zugegeben,
- die Fermentation erfolgt bei 38 °C, pH 3,5, Luftzufuhr, durch die Kultur *Kluyv fragilis* bei einem Fermentatorvolumen von 22 m³,
- der Substratdurchfluß pro Stunde liegt bei 5600 ... 6000 Liter und einer Verweilzeit von 5 Stunden,
- die Restzuckerkonzentration ist kleiner als 1 g/l,
- die Konzentrierung der Hefe erfolgt durch Drehfiltration,
- die Thermolyse erfolgt bei 83 ... 85 °C, durch die Hitze werden ein Teil der Protease und Ribonuklease in Polymere aufgespalten,
- das Thermolysenmaterial wird in der Walze ungefähr zu 95% getrocknet,
- die Lagerung erfolgt in fester Form.



Walfhof-Verfahren nach Demmler 1950

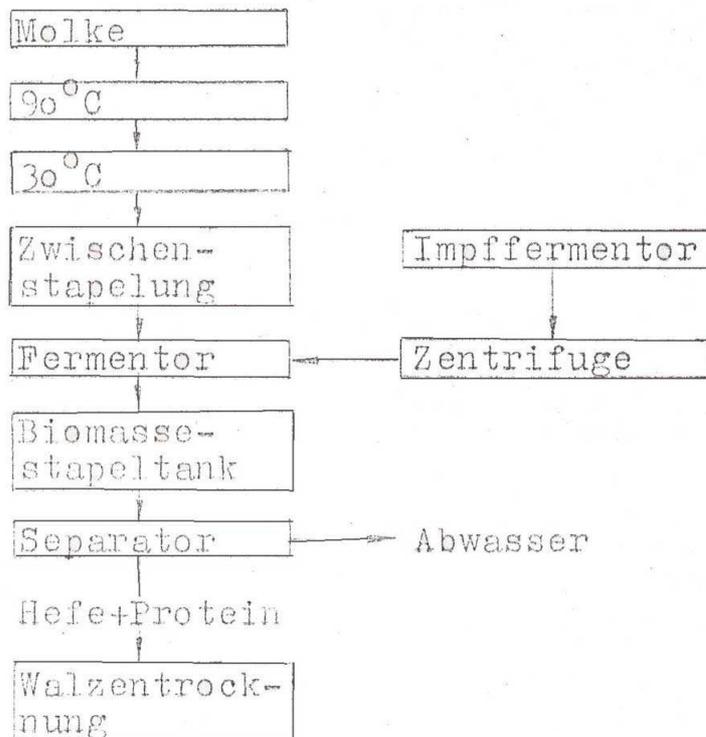
Beim Waldhofverfahren wird das Molkenprotein durch Hitzeokoagulation gefällt. Dieses durchläuft mit der Flüssigkeit den Fermentor. Nach der Verhefung wird das Molkenprotein zusammen in einem Separator konzentriert und getrocknet.

/14/



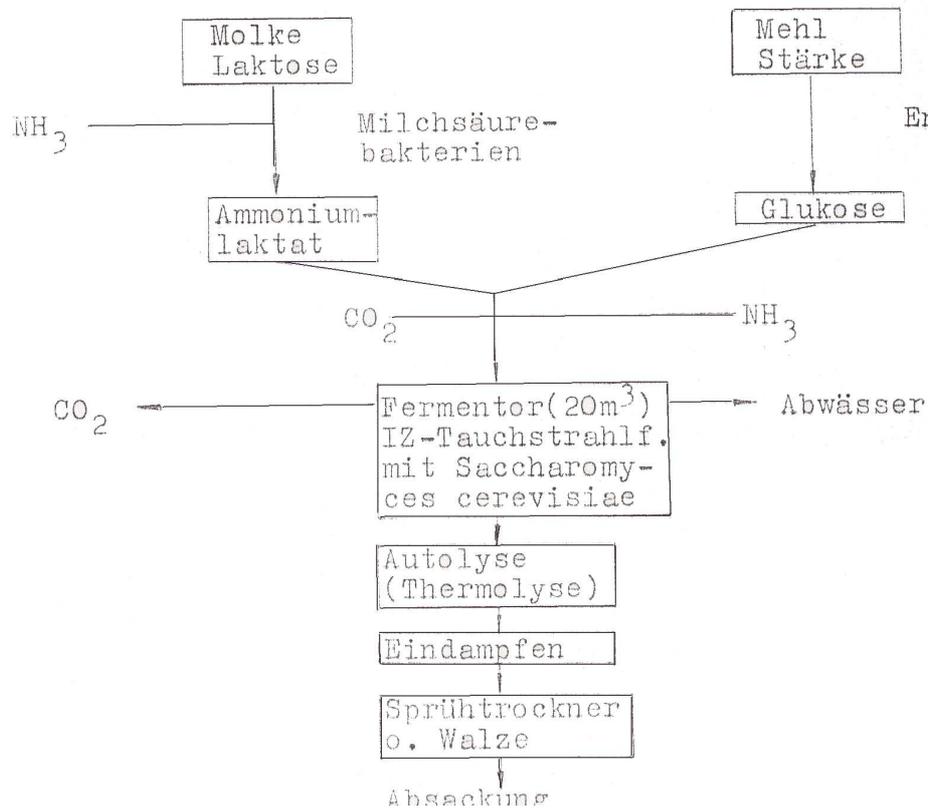
Wheat-Prozeß (Fa. Kunden, California)

Der technologische Verlauf ist dem Waldhof-Verfahren gleich, nur da dieser im Unterschied hierzu ein Chargenbetrieb ist. /15/

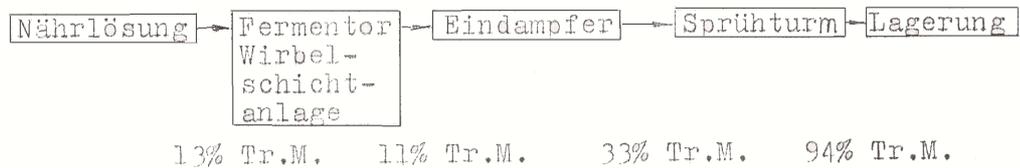


Prinzip des Kieler Verfahrens

zur Verhefung von Sauermolke in der Hefefabrik C.C. Christiansen (Flensburg)
 von M. Teuber und O. Moebus. (/16/ S. 90)



Herstellung von SCP aus Molke und Stärke mit Eindampfung und
 Sprühtrocknung (Anlage Flensburg) nach O. Moebus, M. Teuber und H. Reuter.
 (/17/ S. 98)



Produktivität der Verhefung im Wirbelbett und Vergleich mit einem Submers-System (/17/ S. 98)

	Hefeproduktion im Wirbelbett	Vergleich einstufiger Vogelbusch-IZ-Fermentor
Produktivität	15,6 g HTS/l • h	10,0 g HTS/l • h
Dichte	0,41 kg Partikel/l Nettowirbelschicht	0,44 kg Partikel/l Nettovolumen Fermentor
Volumenzuwachsfaktor	6,4 g HTS/l • h	4,8 g HTS/l • h

Durch KIM, J. /18/ wird eine Proteinproduktion aus Molke beschrieben, wo 0,68 g Biomasse aus 1 g Laktose gewonnen wird. Das Wachstum beträgt 2 g/l • h bei einer Laktosekonzentration von 20 g/l. Es wird weiterhin für 12 g Biomasse/l g N und 2,1 g Biomasse /l g O₂ benötigt.

In einer Reihe von Versuchsdurchführungen wurden bei der kontinuierlichen Verhefung von Molke in einem Airlift-Schlaufenreaktor folgende Feststellungen gemacht. Auf Grund der Strömungsführung kommt es zu einer geringen Schaumbildung. Bei einer Laktosekonzentration von 0,6 Gew.-% ist der Ertrag am günstigsten. Die Produktivität liegt bei 1,5 g/l • h. Die Zelldichte bei 3,42 g/l, 0,7 g TS/g Laktose und 3,17 g TS/g O₂. /19/

Die französische Firma SIRRB entwickelte ein Verfahren (projektierte Anlagenkapazität: 300 m³/d Molke) bei der die Molke in einer Ultrazentrifuge gefiltert und anschließend fermentiert wird. In Frankreich und in der UdSSR arbeiten je eine Molkenverhefungsanlage nach dem SAV-Verfahren. (/8/ S. 10) BERNSTEIN (/20/ S. 74 und 75) berichtet über ein Verfahren, welches wie folgt gekennzeichnet ist:

- Verdünnung von Süß- und Sauermolkenkonzentraten mit Wasser oder Rohmolke
- Pasteurisation
- Verhefung mit *Saccharomyces fragilis* im dis- bzw. teilkontinuierlichen Betrieb,

- dreistufige Eindampfung,
- Sprühtrocknung,
- Gewinnung von Ethanol aus dem Brüden der Eindampfung.

Eine USA-Firma stellt nach dem „wheat-process“ 800 t/a Molkenhefe her. Hier wird die Molke zwecks Ausfällung des Molkenproteins erhitzt und wieder abgekühlt. Es schließen sich die Fermentation der Molke mit dem ausfällenden Molkeprotein, Zentrifugation und Walzentrocknung an. (/8/ S. 11)

REDDY u.a. berichten in /21/ über einen Fermentationsprozeß im Pilotmaßstab, wo aus Molke ein proteinreicher Futterzusatz (Konzentration von 55 % RP) hergestellt wurde.

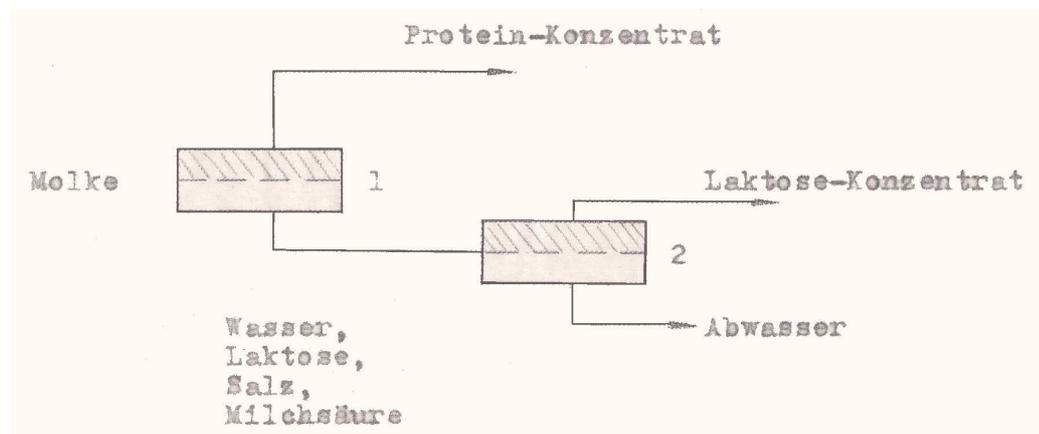
Durch die BRD-Firma Uhde wurde ein Einfachverfahren zur Molkenverhefung entwickelt. Im 40 m³ - Schaufelradfermentor wird die Kultur *Kluyveromyces fragilis* verwendet. Der Molkendurchsatz liegt bei 200 000 hl/a und einem Produktionsanfall von 4 t/d Hefekonzentrat mit 25 % HTS, welche nach Thermolyse in der Naßverfütterung eingesetzt werden kann. Es kann aber auch ein Trockenprodukt erzeugt werden. /22/

Schließlich sind Aktivitäten zur Entwicklung und industriellen Nutzung von Verfahren zur Verhefung von Molke u.a. aus Großbritannien (Verfahren der BP Co. Ltd., basierend auf der Umwandlung von Laktose bzw. Milchsäure), Polen (Gewinnung von Protein-/Vitaminskonzentraten sowie Ethanol und Laktose) sowie aus der Schweiz /23/, Japan und Israel bekannt geworden.

Die Aufarbeitungskosten, speziell die Trocknung des Molkenproteins, sind sehr hoch und können 24 % der Produktionskosten ausmachen. (/16/ S. 89) Daher wurden verstärkt in den letzten Jahren neue Verarbeitungsmethoden entwickelt und in die Praxis überführt. So entwickelte die Firma Niro Atomizer (Dänemark) einen Kompakt-Sprühtrockner, in dem klebrige und auch nichtklebrige Produkte verarbeitet werden. Die Neukonstruktionen basieren auf einem statischen Fließbett, daß in die Sprühtrocknungskammer integriert ist. Niedrige Produkttemperaturen, ausgezeichnete Pulverqualität und beträchtlich reduzierte

Energieverbräuche sind die Konsequenz. Für hydrolysierte und fettangereicherte Produkte wurde der Mehrstufen-Agglomerationstrockner entwickelt. (/24/ S. 395) MÜLLER /25/ beschreibt ein Patentverfahren zur Erstellung von eiweißhaltigen Nahrungsmitteln und Futtermitteln, bei dem Mikroorganismen in Molke vermehrt werden. Hier wird sich der Ultrafiltration zur Isolierung des gebildeten Proteins bedient, wobei die Lösung in Gegenwart der Mikroorganismen aufkonzentriert wird.

Im Handbuch der Biotechnologie /26/ wird aufgeführt, daß eine bevorzugte Anwendung der Ultrafiltrationsverfahren in der Verarbeitung von Molke zur Gewinnung von Proteinen und Laktose vorliegt. Die Rückhalterate für Protein beträgt 99 %. Das anfallende Proteinkonzentrat hat einen Feststoffgehalt von 12 ... 15 % und kann direkt im Sprühtrockner verarbeitet werden. Nachfolgend wird eine schematische Darstellung einer Membranfiltrationsanlage zur Aufbereitung von Molke aufgezeigt.



1 Ultrafiltration

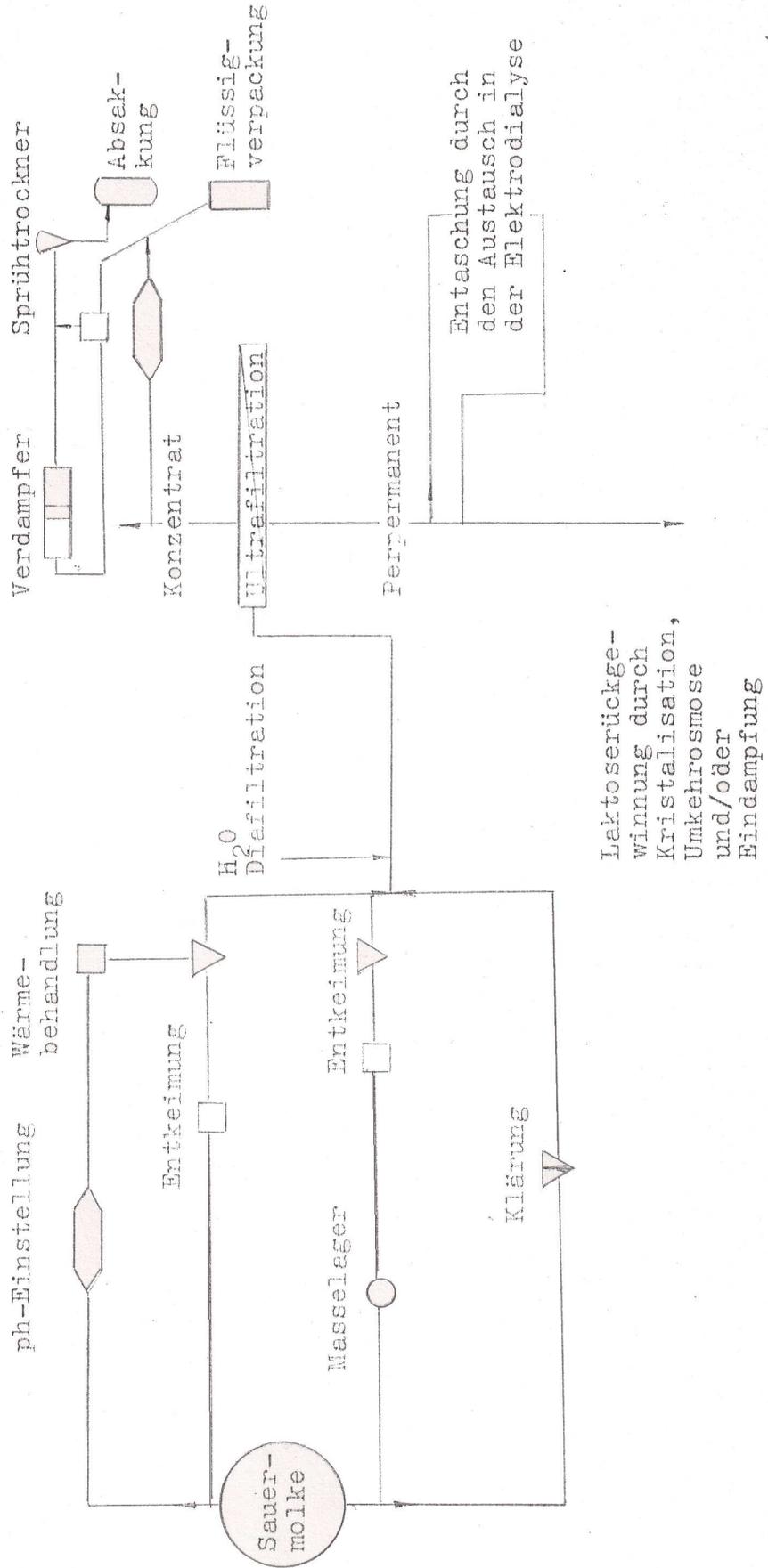
2 Reverse Osmose

PORTER /27/ beschreibt ein niedermolekulares Reaktionsprodukt nach enzymatischer Umsetzung, z. B. bei der Verflüssigung von Stärke oder dem proteolytischen Abbau von Protein aus Molke, können vorteilhaft durch Abtrennung mittels Ultrafiltration isoliert werden.

F. v. KOSIKOWSKI berichtet 1979, daß drei Anlagen in Frankreich SCP auf Basis ultrafiltrierter Molke produzieren. /28/

Im Abschluß soll in Abbildung 2 ein Membranprozeß für die Molkeaufbereitung als Fließschema aufgezeigt werden. /29/

Abb. 2: Membranprozess für die Molkeaufbereitung als Fliefschema



1.3. Zusammenfassung zum internationalen Stand

In den aufgeführten internationalen Verfahren, außer den Einfachverfahren von Uhde, erfolgte eine Aufarbeitung des Endproduktes, so daß es in Trockenform vorliegt und gelagert werden kann. Durch THEUBNER (/16/ S. 89) wurde festgestellt, daß die Trocknungskosten sehr hoch sind. Bei der Herstellung von Molkenpulver liegen die Trocknungskosten *„heute jedoch bei mindestens 0,50 DM pro kg bei Erlösen von ca. 0,70 DM für das Kilo Molkenpulver für die Tierernährung.“* (/16/ S. 89)

„Aus den Erfahrungen der bestehenden Futterhefewerke der DDR ist bekannt, daß die Aufkonzentrierung der mit ca. 5 % TS aus dem Fermentor ablaufenden Biomasse auf 90 % TS mehr Kosten verursachen als die eigentliche Fermentation selbst.“ (/6/ S. 17)

In der DDR erfolgt eine kontinuierliche Abnahme des Naßfutters durch die umliegenden Schweinemastanlagen, so daß die Transport- und Lagerungskosten im Verhältnis zur vollständigen Trocknung gering sind.

Bei allen internationalen Verfahren erfolgt die Aufkonzentrierung nach der Fermentation durch Zentrifuge, Eindampfung durch Walzen- oder Sprühtrocknung zu Pulver verarbeitet.

Die stark steigenden Energiekosten haben bewirkt, daß die herkömmlichen Trocknungsverfahren durch andere Verarbeitungsmöglichkeiten, wie z. B. das Membranverfahren, abgelöst werden. Die Methode der Aufkonzentrierung vor sowie nach der Fermentation, wie sie im Vorwort angesprochen wird, fand bisher in der Praxis noch keine Anwendung.

Aus dem Vergleich mit den neuesten internationalen Verfahren geht hervor, daß für das DDR-Verfahren Reserven bei der Aufarbeitung der verheften Molke bestehen. Hier sollten solche Verfahren wie Umkehrosmose und die Ultrafiltration Anwendung finden. Die anfallende Energiemenge bei der exothermen Reaktion im Fermentor kann ebenfalls günstiger genutzt werden. Bei den DDR-Verfahren fallen keine Abwässer an, deren Behandlung zur Vermeidung der Umweltbelastung zusätzliche Kosten verursachen.

Es können somit auch nicht die wertvollen Inhaltsstoffe (Gelöstprotein, Vitamine u.a.) verloren gehen. Beim Linzer Verfahren erfolgt eine Abtrennung des Molkeneiweißes. Unter der gegenwärtigen Bedingung ist in der DDR eine solche Möglichkeit ökonomisch noch nicht ausgereift.

Der CLG-Tauchstrahlfermentor ist durch seinen hohen Sauerstoffeintrag und auf Grund der guten Durchmischung des Substrates ein sehr gutes System, welches bereits in 24 Ländern patentrechtlich geschützt wird. /30/ Es wurden Sauerstoff-Übertragungsraten von $4,5 \text{ g/l} \cdot \text{h}$ bei einem Energieverbrauch von 1 kWh pro kg erreicht.

Im Wagner-Biro-Fermenter (Österreich) wurden im Pilotmaßstab eine Sauerstoffübertragungsrate von $7 \text{ g/l} \cdot \text{h}$ gemessen.

Für ein großtechnisches System wurden pro kg O_2 höchstens $0,5 \text{ kWh}$ Energiebedarf angegeben. (/11/ S. 72, 73)

Nicht außer acht sollten die Versuchsergebnisse gelassen werden, die im Wirbelbett-Verfahren mit einer Produktivität von $15,6 \text{ g HTS/l} \cdot \text{h}$ /17/ und im Airlift-Schlaufenreaktor erreichte Ausbeute von $0,7 \text{ g TS/g Laktose}$ /19/ erzielt wurden.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, daß die DDR-Verfahren dem Welthöchststand entsprechen und zum Teil den Konkurrenzverfahren überlegen sind. Alle ökonomisch günstigeren Ergebnisse wurden im Labor- oder kleintechnischen Maßstab erzielt. Diese Ergebnisse sollten jedoch als weitere Orientierung für die künftige Entwicklung dienen.

2. Konzeption zur Errichtung einer Molkenverhefungsanlage in dem VdgB Molkereigenossenschaft e.G. Oschatz, Betriebsteil Mügeln

2.1. Vorbetrachtung

2.1.1. Qualitäts- und Quantitätsmerkmale der anfallenden Molke

In der Käserei Mügeln fällt Labmolke an, die auf Grund technologischer Prozesse mit Waschwassermengen zwischen 20 bis 25 % verwässert wird. (/5/ S. 63) Die maximale Lagerzeit der verdünnten Labmolke beträgt 36 Stunden (/5/ S. 62), da

ansonsten ein verstärkter Milchsäureabbau erfolgt. Es besteht eine Schwankung im täglichen Molkenanfall zwischen 80 t und 150 t. Außer Sonntags wird an allen Wochentagen Käse produziert. Jährlich fallen ungefähr 27,8 Mio. Liter verdünnte Labmolke an (31.12.82). (/31/ S. 4)

Als Basisgröße dient der wöchentliche Molkenanfall von 740 t. Diese Größe wurde in Absprache mit CLG-Anlagenbau und dem ITM getroffen, da dieser Wert den Angaben der Käserei Mügeln vom 30.05.84 in etwa entspricht.

2.1.2. Energetische Bedingungen

Elektroenergie:

Die elektrische Energiebereitstellung kann in gewissen Bereichen abgesichert werden. Der bestehende Trafo mit einer Leistung von 63 KVA /5/ ist derzeit nur zu 60 % ausgelastet.

Dampf:

Die Praxis hat gezeigt, daß die im Kesselhaus mit 2 Stück 2-Flammenrohrkessel von je 80 m² Heizfläche installierte Anlage nur 4 ... 5 t Dampf pro Stunde erzeugt. Diese Dampfmenge wird in der Zeit von 6.00 bis 15.00 Uhr abgenommen und reicht aus, um die Produktion abzusichern. Eine Erhöhung unter den gegebenen Bedingungen ist nicht möglich. (/5/ S. 64)

Das Kesselhaus wird 3-schichtig und am Sonnabend und Sonntag 1-schichtig betrieben. /30/

Kühlwasser:

Die notwendige Kühlwasserbereitstellung kann über den gesamten Bereich abgesichert werden. Zwei installierte Pumpen fördern je 20 m³/h über einen Zeitraum von 24 h/d. Der Bedarf des Käsewerkes liegt bei 350 m³/d. /30/

2.1.3. Lösungsmöglichkeiten zur Deckung des Bedarfs an Dampf

Ausgangsbasis:

- Bereitstellung von 2 x (2,0 bis 2,5) t/h x 24 h/d = 96 bis 120 t/d möglich,
- Bedarf des Käsewerkes
zwischen einem Tageszeitraum von 6.00 bis 15.00 Uhr wird die gesamte angebotene Dampfmenge benötigt,
- es verbleibt im Tageszeitraum von 15.00 bis 6.00 Uhr ein Stundenangebot von 2 t/h.

In diesem Zeitraum ist nach der, in dieser Arbeit vorgeschlagenen technologischen Lösung die Thermolyse auszuführen. Folgender Durchsatz an zu thermolisierender verhefter Molke wird zugrunde gelegt:

$$\text{Stundendurchsatz:} = 105,7 \text{ t}_M/d / 12 \text{ h}_{Th} = \underline{8,8 \text{ t/h}}$$

$$\text{Dampfbedarf:} = 0,14 \text{ t}_D/h \times 12 \text{ h} = \underline{1,68 \text{ t}_D/d}$$

Unter den gegebenen Bedingungen wäre eine Thermolyse möglich ohne das vorhandene Heizhaus bzw. Heizanlage erweitern zu müssen. Das setzt aber voraus, daß auch am Wochenende die Heizanlage mehrschichtig betrieben werden muß.

2.1.4. Arbeitskräftebedarf für die Fermentationsanlage

Für den kontinuierlichen Betrieb der Anlage ist ein 3-Schichtsystem notwendig.

Für die durchgängige Auslastung sind je 7 AK/Tag nötig, die sich wie folgt aufschlüsseln:

je Schicht	1 Anlagenfahrer	3 AK
	1 Laborkraft	<u>3 AK</u>
		= 6 AK
	1 Leiter	+ 1 AK
		= <u>7 AK</u>

Für 3-Schichtsysteme wird ein Schichtfaktor von 1,7 angewendet. Danach ergibt sich ein Arbeitskräftebedarf von 11 bis 12 AK. (/5/ S. 73)

Anmerkung: Der Praxisbetrieb im Käsewerk Seelow hat gezeigt, daß ein AK-Bedarf von 8 VbE insgesamt für den sicheren Betrieb der Anlage ausreichend ist.

2.2. Auslegungsdaten für die Molkenverhefungsanlage

Die Technologie des Fermentationsprozesses ist analog der Beschreibung im Punkt 1.1.2. Der Platzbedarf für die bauliche Konzeption umfaßt etwa 500 m² und mit Zufahrtswegen etwa 700 m². (/31/ S. 66)

Für das Basisverfahren werden folgende Verfahrensparameter vorgeschlagen:

Fermentorsystem:

Molkendurchsatz	4,4 t/h
bei einem Trockensubstanzgehalt von	ca. 38 g TS/l
Dichte der Molke	1023 kg/m ³
mittlere Dichte im Fermentor	550 kg/m ³
mittlere Verweilzeit im Fermentor	4 h
pH-Werte bei der Fermentation	3,8 ... 4,2
Fermentationstemperatur	33 ... 35 °C
spezifischer Sauerstoffverbrauch	1,05 kg/kg HTS
spezifische Reaktionswärme	1,6 MJ/kg HTS
Ausbeute auf Laktose bezogen	50 %
Arbeitsvolumen des Fermentore	36 m ³
Bruttovolumen des Fermentors	38 m ³

Bedarf an Hilfsstoffen und Energie:

Ammoniumsulfat, techn. rein (20% N)	860 ... 985 kg/d
Schwefelsäure, konz. 96%-ig	30,3 ... 43 kg/d
Entschäumer E 780	5,2 ... 12,6 kg/d

Es werden weiterhin benötigt:

Dampf	ca. 55 g Dampf/t Molke
Kühlwasser (t _{WE} = 12 °C)	ca. 600 ... 660 m ³ /d

Die genauen Parameter für den CLG-Strahlfermentor sind durch den Projektanten auszulegen. Dies trifft ebenfalls für die nachfolgenden Baugruppen zu, die lediglich als Orientierung dienen.

Fermentorkühlung

Der Plattenwärmeübertrager zeichnet sich durch hohe Wärmedurchgangszahlen und somit geringe Wasserverbräuche aus.

Dimensionierung:

Typ	Baureihe PAP/4
Anzahl	4
Produktionstemperatur, Eingang	35 °C
Produktionstemperatur, Ausgang	23 °C
Druckverlust	80 kPa
Kühlwasserbedarf	ca. 20 t/h
mit der Eintrittstemperatur von	12 °C
mit der Austrittstemperatur von	30 °C
Druckverlust	60 kPa
Wärmeabgabe	ca. 1600 MJ/h
maximaler Betriebsdruck Wasser	400 kPa
Plattenanzahl	73 Stück a 0,21 m ² /Platte

Thermolyse

Die Aufgabe und Notwendigkeit der Thermolyse wurde bereits im Punkt 1.1.2. dargestellt. Sie kann in einem Milcherhitzer vom VEB Kyffhäuserhütte Artern durchgeführt und nach folgenden Parametern betrieben werden:

Medium	fermentierte Molke
Erhitzerstufe Temperatur	Erwärmung von 35 auf 85 °C
Durchsatz	8,8 t/h
erforderliche Wärmezufuhr	370 MJ/h
Heizmedium (Dampf)	138 kg/h, 136 °C, 0,35 MPa

Kühlstufen der Thermolyse

- Wärmerückgewinnung von 85 °C auf 40 °C
- Restkühlung der verheften Molke durch Kühlwasser von 40 °C auf 25°C.

- Wärmeabführung 550 MJ/h
- Kühlwassermenge 6,6 m³/h

Bemerkung: Durch das Institut für Milchwirtschaft Oranienburg wurden Versuche zur optimalen Betriebsweise der Thermolyse getestet. /24/ Danach ist die Hoherhitzung bei folgenden Parametern zu betreiben:

Temperatur	85 °C
Heißhaltezeit	120 s

Größenauslegung der Stapelbehälter für die Molke

Der Molkenanfall in Mügeln erfolgt im wesentlichen an 5 Tagen. Die Speicherung muss daher so erfolgen, daß diese Molkenmenge für einen kontinuierlichen Verhefungsprozeß zur Verfügung steht. In der Abbildung 3 wird aufgezeigt, wie hoch das Speichervolumen bei einem maximalen Zugang einer Tagesproduktion sein muß. Das Volumen errechnet sich wie

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1 - m_V \cdot t_2) / \rho \\ &= 148 \text{ t/d} \cdot 5 \text{ d} - 105,7 \text{ t/d} \cdot 4 \text{ d} / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{310,01 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Für diese Stapelbehälter (SP 1) werden folgende Größen festgelegt:

$$\begin{aligned} &2 \times 100 \text{ m}^3 \\ &2 \times 46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Zusätzlich sollte ein einfacher Behälter von ca. 20 m³ zur Verfügung stehen, wo evtl. kurzzeitig Molke gestapelt wird. Hier eignet sich z. B. der Behälter (30 m³), der vor der Entrahmung zur Stapelung verwendet wird, also bereits vorhanden ist. Die Reinigung der Behälter ist gegeben und sieht wie folgt aus:

	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag
Behälter gefüllt	2/4	2/3/4	1/2/4	alle	alle	1/3/4	1
Behälter steht zur Reinigung zur Verfügung	1/3	1	4			2	2/3/4

Für die Stapelbehälter (SP 2) des Fermentorablaufes wird rechnerisch folgender Wert ermittelt:

$$\begin{aligned}
 V &= [m_M \cdot t_1 - (m_V \cdot t_2 - m_M \cdot t_{1-2})] / \rho \\
 &= [4,4 \text{ t/h} \cdot 24 \text{ h} - (8,8 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h} - 4,4 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h})] / 1,023 \text{ t/m}^3 \\
 &= \underline{51,61 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Folgende Größen wurden festgelegt: $4 \times 16 \text{ m}^3$

Es ist möglich jeden bzw. jeden 2. Tag die Behälter zu säubern. Dies ist lediglich von der Reinigungsdauer abhängig. Die Größe der Stapelbehälter (SP 3) für den Ausgang wird rechnerisch wie folgt ermittelt:

$$\begin{aligned}
 V &= (m_M \cdot t_1) / \rho \\
 &= (105,7 \text{ t/d} \cdot 1,5 \text{ d}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\
 &= \underline{155 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Es wurde, wegen der begrenzten Haltbarkeit der verheften Molke eine Stapelkapazität für 36 h zu Grunde gelegt.

Anmerkung: Sollte die Speicherkapazität wie z. B. am Sonntagabend zum Montagmorgen nicht ausreichen, so besteht die Möglichkeit der Speicherung im SP 1, der zu dieser Zeit nur zum Teil belegt ist.

Die Reinigung des SP 3, bestehend aus $2 \times 46 \text{ m}^3$ und $1 \times 16 \text{ m}^3$ Behältern, erfolgt während der Wochentage. Dies wird durch die tägliche Abnahmemenge bestimmt.

Die Behälter für die Chemikalien wurden wie folgt ausgelegt:

Ammonsulfatbedarf für einen Tag:

$$985 \text{ kg} / 1,77 \text{ g/cm}^3 = \underline{0,556 \text{ m}^3}$$

Es werden zwei Behälter mit je $0,63 \text{ m}^3$ benötigt.

Schwefelsäurebedarf für einen Tag:

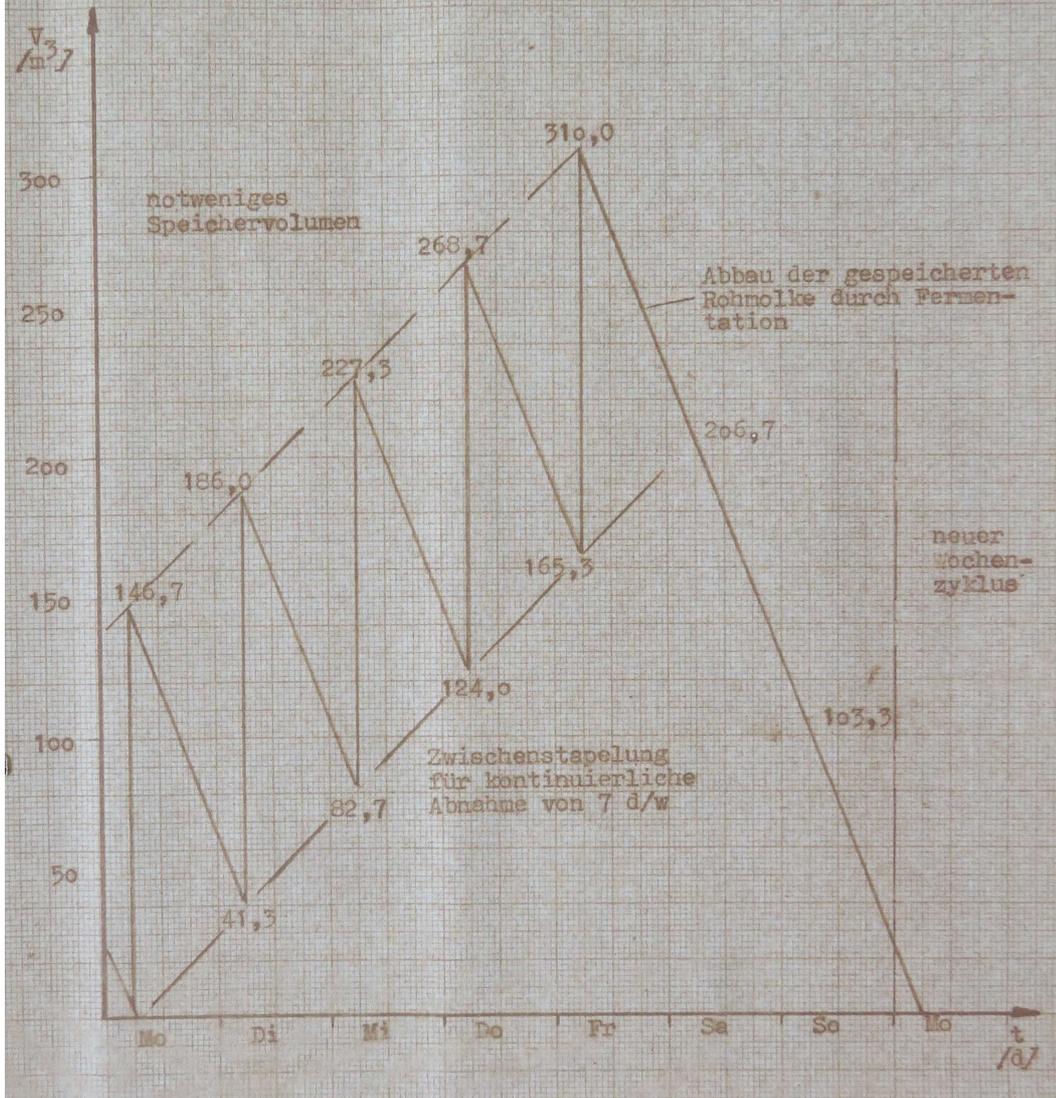
$$215 \text{ kg} / 1,83 \text{ g/cm}^3 = \underline{0,117 \text{ m}^3}$$

Es werden zwei Behälter mit je $0,16 \text{ m}^3$ benötigt.

Für den Entschäumer E 780 wird ein Vorratsbehälter vorgegeben.

Im technologischen Schema zur Molkenverhefung in der Käserei Mügeln (Abb. 4) werden alle Behälter in ihrer Anzahl, Volumengröße sowie die Fermentation und Thermolyse dargestellt.

Abb. 3: Wöchentlicher Molkeanfall in der Käseerei Mügeln über 5 Tage, bei gleichzeitiger kontinuierlicher Abnahme über 7 Tage für den Fermentationsprozess



3. Ökonomische Berechnung zur Konzeption für die Errichtung einer Molkenverhefungsanlage am Standort Mügeln

3.1. Einmaliger Aufwand

Für die Molkenverhefungsanlage wurden für die Investition der Hauptausrüstungen (Tabelle 2) Kosten von 2,045 Mio. Mark berechnet. Die Gesamtinvestition wurde mit der Hilfe eines Kalkulationsschemas mit 7,208 Mio. Mark ermittelt (Tabelle 3). Zusammenfassend ergeben sich folgende Investitionsteile:

Angebot (Projekt, Verfahren, HAN, Montage)	3061 TM
Ausrüstung, Rüstungen und Montagehilfsleistungen	3538 TM
Bau	608 TM
Gesamtsumme	7208 TM

Zusätzlich macht sich die Installation eines Trafos bzw. die kapazitive Erweiterung des vorhandenen erforderlich. Die Baukosten übernimmt das Energiekombinat.

In der weiteren Berechnung müssen auch die Umlaufmittel berücksichtigt werden, da sie in die Kosten eingehen. In der Tabelle 4 werden die Umlaufmittel mit 146 TM ermittelt. Dies wird für die weitere Berechnung der anderen Varianten als Grundlage verwendet. Auf die Bedeutung und Aufgabe der Umlaufmittel soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Tabelle 2: Liste der Hauptausrüstung und Lieferkosten

Nr.	Position	Bezeichnung	Anzahl	Preis /TM/	gesamt /TM/
1	2	3	4	5	6
1.	B 1, B 2	Stapelbehälter Molke (Eingang) V = 100 m ³ komplett mit - 2 Rührern - Belüftung - Sprühkopf	2	170	340
	B 3, B 4	Stapelbehälter Molke V = 46 m ³ Angaben wie B 1	2	77	154
2.	B 5	Temperierbehälter Typ SWAR 160, stehend, kompl. mit Rührwerk und Deckel Medium: Impfhefe (Molke)	1	5	5
3.	B 6, B 7	Stapelbehälter für H ₂ SO ₄ 96%-ig, mit Füll-, Ablaufstutzen und Standmessung, V=0,16 m ³	2	2	4
4.	B 8, B 9	Stapelbehälter für (NH ₄) ₂ SO ₄ mit Füll- und Ablaufstutzen und Standmessung, V = 0,63 m ³ aus Cr-Ni-Fe	2	7	14
5.	B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 38 m ³ komplett mit - 3 Saugleitungen NW 300 - Druckleitung NW 250 - Spritzkopf - div. Einbauten und Stutzen	1	600	600
6.	B 11 - B 14	Stapelbehälter für fermentierte Molke V = 16 m ³ Angaben wie B 1	4	20	80
7.	B 15 - B 17	Stapelbehälter (Ausgang) V = 46 m ³	3	77	231
	B 18	V = 16 m ³ Angaben wie B 1	1	20	20
8.	W 1	Plattenwärmeübertrager PAP 4 (System Milchererhitzer/Kühler) als Fermentorkühler Durchsatz: 16 ... 20 t/h	4	50	200

1	2	3	4	5	6
9.	W 2	Plattenwärmeübertrager PAP 4 (System Milcherhitzer/Kühler) für Thermolyse Durchsatz: 8,39 t/h	1	125	125
10.	B 19, B 20	Behälter für Reinigungsmittel stehend, beheizbar, abgedeckt V = 1000 l Medium: Reinigungsmittel Purin 1 %-ig mit Trinkwasser vermischt	2	3,5	7
11.	B 21, B 22	Behälter für Reinigungsmittel Angaben wie B 19 Medium: Purin B 1 %ig	2	3,5	7
12.	B 23	Behälter für Reinigungsmittel- rücklauf, stehend mit Abdeckung, Grundablaß und Schwimmerschaltung V = 630 l Medium: Reinigungs- und Desinfektionsmittel 15 %ig mit Wasser verdünnt	1	1	1
13.	P 1, B 2	Kreiselpumpe KRP 50/130- 2.0/4.00 Medium: Molke Förderstrom: 4,4 m ³	2	5	10
14.	P 3, P 4	Einzyylinder-Dosierpumpe PAX 32-18 Medium: H ₂ SO ₄ Förderstrom: 0 ... 43,3 l/h	2	8	16
15.	P 5, P 6	Einzyylinder-Dosierpumpe PAX 32-18 Medium: Ammoniumsulfat Förderstrom: 0 ... 43,3 l/h	2	8	16
16.	P 7, P 8	Kreiselpumpe KRZ 1 Q 32/200 Medium: Warmwasser Förderstrom: 15 ... 20 m ³ /h	2	3	6
17.	P 9 - P 11	Kreiselpumpe KDBH 250/400 (Umweltkreislauf) zur Förderung von Zweiphasenstoffgemisch (Luft-Molke) Förderstrom: 430 m ³ /h E.-Motor: ca. 22 KW	3	60	180
18.	P 12, P 13	Kreiselpumpe KRP 50/130- 2.0/4.00 Medium: verhefte Molke Förderstrom: 10 m ³ /h	2	5	10

1	2	3	4	5	6
19.	P 14	Kreiselpumpe KRP 50/130-2.0/4.00 Angabe wie P 12	2	5	10
20.	P 16	gehört zur Hoherhitzung	1	-	-
21.	P 17	gehört zur Hoherhitzung	1	-	-
22.	H 1	Heißwassererzeugung gehört zur Thermolyse	1	-	-
23.		Laborausrüstung	-	8	8
	Summe der Hauptausrüstung				2044
		Zur Investition notwendige Anlagen: Trafo kompl. 60 KVA (wird von Energiekombinat getragen)	-	-	-
	Hauptausrüstung gesamt				2044 ≈ 2045

Tabelle 3: Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten für die Konzeption

		Sum- me	MTA	RuA	BM SR	RTA	NTA	HuL	techn. Stahl- bau
1.	Verfahren	50							
2.	Projektierung	540							
3.	Ausrüstung	3425	2045	675	256	355	16	34	34
4.	Montage	1959	552	552	218	279	13	28	28
	- Anstrich	102							
	- Isolierung	82							
	- Beschriftung und Beschilderung	3							
	- Fracht, Transport, Verpackung	102							
	- Rüstung und Montage- hilfeleistung	124							
5.	Baustelleneinrichtung	96							
6.	Bau ges.	512							
7.	HAN	512							
8.	Summe	7208							
9.	Probetrieb	150							
10.	Aussonderung 3 Glasfaserlaminattanks	- 150							
	Gesamtsumme	7208							

Tabelle 4: Liste der Umlaufmittel

1. Lagerzeit: durchschnittlich 12 h	
Menge: 53 t	
Bewertung zu PSK: $53 \text{ t} \cdot 77,45 \text{ M/t}$	= 4,10 TM
2. Grund- und Hilfsmaterial	
Zwischenlagerung des Grundmaterials:	
$130 \text{ t} \cdot 15 \text{ M/t}$	= 1,95 TM
Zusatz- und Hilfsstoffe:	
Gesamtbedarf nach Konzeption (Ammonsulfat, Schwefelsäure, Purin)	
Bevorratung: 90 Tage	= 34,91 TM
3. Erstfüllung der Anlage	
ca. $38 \text{ t} \cdot 15, \text{ M/t}$	= 0,57 TM
4. Störreserve und Reparaturlagermaterial (3 % der Ausrüstungskosten)	= <u>102,45 TM</u>
	143,98 TM
	≈ 146,00 TM

3.2. Laufender Aufwand

Auf der Grundlage des einmaligen Aufwands, der spezifischen Verbrauchskennzahlen für sonstiges Grundmaterial und Energie sowie andere Kosten ergibt sich eine Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises für verhefte Labmolke am Standort Mügeln. Einige Kostenarten wurden anhand der Anlage Ratmannsdorf geschätzt, die jedoch auf die Gesamtkosten nur unwesentlich wirksam werden.

Die Kostenkalkulation erfolgt nach den Kalkulationsvorschriften des Industriezweiges Milchwirtschaft.

Nach der Tabelle 5 lassen sich folgende Kostenschwerpunkte erkennen (Angaben in %):

1.	Rohmolke	19,4	
2.	sonstige technolog. Einsatzkosten	8,6	
3.	Abschreibung	25,2	
4.	Energie und übrige TGK	28,0	
5.	Sonstige	18,8	
6.	Gesamtkosten	100,0	= 77,45 M/t

Der Betriebspreis für verhefte Molke mit der Konzentration von 25,3 gTS/l beträgt 110,00 M/t (RP-Gehalt ca. 16,75 g/l).

Bei einer Jahresproduktion von 27800 t ergibt dies eine Warenproduktion von ca. 3,06 Mio. M (berechnet zu BP).

Tabelle 5: Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises

Die Produktionskapazität von verhefter Molke wird mit 27800 t/a (per 31.12.82) veranschlagt.

Nr.	Kostenarten	Basis ME	Menge	Preis [M/t]	Kosten [TM/a]
1.1.	Grundmaterial Molke	t	1	15,00	416,92
1.2.	Sonst. Grundmaterial - Ammonsulfat - Schwefelsäure	t	0,0087 0,0003	382,00 395,00	92,56 3,93
1.5.	Zwischensumme				513,41
1.6.	Löhne		*)		88,37
1.	Technologische Einzelkosten (1.1. b. 1.6.)				601,78
2.1.	AM (Abschreibung) Basis $IK_{Ausr.} = 6600$ TM 8% d. IK $IK_{Bau} = 508$ TM 8% d. IK				528,00 12,16
2.2.	Hilfsmaterial Purin u.a.				5,56
2.3.	Übrige technolog. GK				83,38
2.4.	Energie Elektroenergie Dampf Kühlwasser Abwasser	KWh t/h m ³ /h m ³ /h	85 0,1015 17 17	0,173 70,00 1,15 2,4	92,89 44,75 123,41 255,71
2.	Technolog. GK (2.1. bis 2.4.)				1145,86
3.	Technolog. Kosten (1. und 2.)				1747,64
4.2.	Kosten Materialversorgung				27,79
6.	Abteilungskosten (3. und 4.)				1175,43
7.	Betriebsleitungskosten (27 % der VK ohne 1.1. und 1.2.)				333,31
9.	Produktionsselbstkosten (6. und 7.)				2108,74
9.1.	Absatzkosten				27,79
9.2.	ANG-Kosten				16,68
10.	Gesamtselbstkosten (9.0. bis 9.2.)				2153,21
11.	Gewinn (12 % d. IK)				882,48
12.	Betriebspreis (10. und 11.)	M/t			3025,62 ≈109,20

*) Leiter 18 TM/a

Anlagenfahrer 11,8475 TM/a

Laborkraft 11,1344 TM/a

3.3. Preisbildung

Die Preisbildung für das Produkt „verhefte Molke“ erfolgt nach der Anordnung über die zentrale staatliche Kalkulationsrichtlinie zur Bildung von Industriepreisen (Gbl. Teil I Nr. 35 S. 341 ff.). Zur Preisbildung sind zweckmäßige Methoden auszuwenden, um zu einem Relationspreis zu gelangen. Hierzu wurden bisher von dem für das IfM Oranienburg zuständige PKO für Seelow und Rathmannsdorf folgende Preiskarteiblätter erarbeitet:

Nr. PKB PB	Seelow 5/1364 1985 [M/t]	Rathmannsdorf 104/1439 1984 [M/t]
Betriebspreis		
1 -17 g vRP/kg	124,00	95,00
2-14 bis 17 g vRP/kg	114,00	85,00
Produktgebundene Stützung	54,00	25,00
IAP		
1 -17 g vRP/kg	70,00	70,00
2-14 bis 17 g vRP/kg	60,00	60,00

Bemerkung: Für Rathmannsdorf wird zur PB 1988 ein ähnliches PKB wie Seelow erwartet. /30/

Für Mügeln ergibt sich demnach Variante 1 eine Einordnung in Stufe 2 mit 16,75 g RP/kg = 15,08 g vRP/kg und einem IAP von 114 M/t verhefter Molke.

3.4. Volkswirtschaftliche Effektivität und betriebswirtschaftliche Kennziffern

3.4.1. Volkswirtschaftliche Effektivität

In Zusammenarbeit mit den Organen der Landwirtschaft wurde die volkswirtschaftliche Effektivität ermittelt. Zunächst wird auf der Grundlage des Briefs an das FZTP /32/ ein Vergleich aufgestellt. Daraus ergibt sich für die Gegenüberstellung von unverhefter und verhefter Molke, die für die Tierfütterung eingesetzt wird, nachstehende Aufwandstruktur. (Sie ist jedoch auf eine durchschnittliche Molkenzusammensetzung der in der DDR anfallenden Molke bezogen):

Verfütterung unverhefter Molke

1019 t Sojaschrot a 1903 M/t = 1939,2 TM

5217 t Mais a 1428 M/t = 7449,9 TM

(Bewertung zu Importaufwand)

27795 t Molke a 15 M/t = 416,9 TM

9805,9 TM

Verfütterung verhefter Molke

5217 t Mais a 1428 M/t = 7449,9 TM

(Bewertung zu Importaufwand)

1309 t Zusatzbedarf

Mais a 560 M/t = 732,9 TM

(Inlandspreis)

27795 t verh. Molke a 110 M/t = 3057,5 TM

11240,3 TM *)

Der Gesamtaufwand der verheften Molke übersteigt den der unverheften Molke um 1434,4 TM. Es werden jedoch 1019 t Sojaschrot freigesetzt, das bedeutet eine Valutaeinsparung von 657,3 TVM/a. Um diese Ersparnis zu erreichen, muß die Volkswirtschaft folgende Zusatzaufwendung tätigen:

aus dem Zusatzbedarf Mais 732,9 TM

aus den zusätzlichen Aufwendungen

für die Verhefung der Molke

(3057,5 TM - 416,9 TM) 2640,6 TM

3373,5 TM

Um eine Valutamark abzulösen, sind 5,13 M volkswirtschaftliche Aufwendungen erforderlich.

x) Das für die Berechnung verwendete landwirtschaftliche Erzeugnis als Vergleichsbasis wurde bis Anfang 1985 verwendet. Hier erfolgt eine ständige Veränderung, so daß der ermittelte Gesamtaufwand relativ betrachtet werden muß.

Für bestehende Futterhefewerke mit Einsatz traditioneller C-Quellen liegt die Relation zwischen 3,55 M : 1 VM (ZPR Blankenstein) und 26,47 M : 1 VM (Malchin).

Damit kann festgestellt werden, daß die Molkenverhefung in Mügeln eine der Möglichkeiten ist, zur Reduzierung der NSW-Abhängigkeit der DDR von Futtereisweißimporten beizutragen. (/32/ S. 4 und 5)

Die Valutaablösung errechnet sich bei einem Riko von 2,95 M/VM /30/ und einer Valutaersparnis von 657,3 TVM und beträgt 1,94 Mill. M.

Um den Valutaeffekt im Zusammenhang mit dem Investitionsaufwand einzuschätzen, wird folgende Berechnung durchgeführt:

$$\begin{aligned}\text{Valutaeffektivität} &= \text{Valutaablösung} / \text{Investitionsaufwand} \quad [\text{VM/M}] \\ &= 657,3 \text{ TVM} / 7210 \text{ TM} \\ &= \underline{0,09 \text{ VM/M}}\end{aligned}$$

Die Vorgabe verlangt eine Valutaeffektivität von 0,1 VM/M, Damit wird der volkswirtschaftlichen Zielstellung in etwa entsprochen.

3.4.2. Betriebliche Kennziffern

Nachfolgend werden ausgewählte Kennziffern berechnet:

Industrielle Warenproduktion

$$\begin{aligned}\text{WP} &= P \cdot M \\ &= 110,00 \text{ M/t} \times 27800 \text{ t} \\ &= \underline{3,06 \text{ Mill. M}}\end{aligned}$$

Rückflussdauer

$$\begin{aligned}R &= \text{Aufwand für W+T und Inv.} / \text{Zuwachs RBE} \\ &= 7210 \text{ TM a} / 883 \text{ TM} \\ &= \underline{8,2 \text{ a}}\end{aligned}$$

Arbeitsproduktivität

$$\begin{aligned} A_p &= WP / AK \\ &= 3,06 \text{ Mill. M} / 8 \text{ a} \\ &= \underline{383 \text{ TM/a}} \end{aligned}$$

Fondsquote

$$\begin{aligned} F &= GM + UM \\ &= 7208 \text{ TM} + 146 \text{ TM} \\ &= \underline{7354 \text{ TM}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_q &= WP / F \\ &= 3,06 \text{ Mill. M} / 7,354 \text{ Mill. M} \\ &= \underline{0,42} \end{aligned}$$

Fondsrentabilität

$$\begin{aligned} R_f &= G / F \\ &= 883 \text{ TM} / 7354 \text{ TM} \\ &= \underline{0,12} \end{aligned}$$

Die Kennziffern spiegeln die Ergebnis-Aufwand-Relation wieder. Die Rückflußdauer mit 8,2 a ist zu hoch. Die Forderung steht bei 5 Jahren, d. h. es muß aus 1 M ein Gewinn von 0,2 M/a erzielt werden.

Die Fondsquote beträgt 0,42 und liegt damit 58 % unter der Forderung.

Die Fondsrentabilität beträgt 0,12 und spiegelt das Wirken aller Faktoren, die den Gewinn beeinflussen und die Größe des Fondsaufwandes bestimmen, wieder.

Auf der Grundlage der ermittelten Kennziffern und der bestehenden Notwendigkeit der zusätzlichen Bereitstellung von Eiweißfuttermitteln ist die Errichtung einer Anlage zur Verhefung von verdünnter Labmolke in Mügeln aus volkswirtschaftlicher Sicht vertretbar.

4. Technisch-ökonomische Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung des Prozesses der Molkenverhefung

4.1. Technische Realisierungsmöglichkeiten zur Aufkonzentrierung der verheften Molke

Im allgemeinen werden drei verschiedene technische Lösungen zur Aufkonzentrierung von Molke und verhefter Molke angewendet. Dies sind die:

- Separation,
- Ultrafiltration und
- Eindampfung.

Bei der Aufkonzentration darf keine Qualitätsminderung des Produktes auftreten. Weiterhin muß die aufkonzentrierte Molke pumpfähig sein.

Zur Bestätigung der technischen Variantenvorschläge (Abb. 5) wurden folgende Orientierungsversuche absolviert, die die Auswahl der Eindampfungsvariante begründen.

Ultrafiltrationsversuch im IfM Orianienburg /33/

Die Anwendbarkeit der Ultrafiltration für die Aufkonzentrierung der verheften Molke wurde prinzipiell bestätigt. Bei einem Gesamttrockensubstanzgehalt (GTS) von 40 g/l im Einsatzprodukt wurde ein Konzentrat 80 g/l GTS erreicht (50 % Wasserabtrennung). Auf Grund der Erkenntnisse, daß sehr hohe Verluste an HTS, Gelösteiweiß und Riboflavin erfolgen und damit eine nicht gerechtfertigte Abwasserbelastung auftritt, wurde auf weitere Versuche verzichtet. (/34/ S. 28)

Bei einer Gegenüberstellung von UP und EDA wird auf Grund hoher Investitionssummen und des begrenzten Aufkonzentrierungsgrades von 4 ... 8 % GTS aus ökonomischer Sicht die Ultrafiltration nicht für eine Realisierung vorgeschlagen. (/33/ S. 2)

Separationsversuch im Technikum KCA Dresden /34/

Unter Einsatz von Düsenteilerseparatoren wurde eine Aufkonzentrierung von 23 g/l HTS auf 30 g/l HTS nachgewiesen. Es wird eingeschätzt, daß mit verhefter Molke eine maximale Aufkonzentrierung von 50 g/l HTS erreicht werden kann.

Für eine Minimierung des Transportaufwandes ist diese nicht ausreichend. Weiterhin wurde festgestellt, daß noch im Fugat ein Rohproteingehalt von 9,2 bis 10 g/kg OS in gelöster Form vorliegt. Bei der Ausgangssuspension von 17,5 g EP/kg OS und bei der Aufkonzentrierung von 2 : 1 beträgt der Rohproteinverlust ca. 27 %. Unter diesen Bedingungen ist der Einsatz der Separation in Anlagen der Molkenverhefung ungeeignet, da auch noch die Probleme der Abwasserbehandlung anstehen. (/34/ S. 3 und 4)

Eindampfungsversuch im Technikum des VEB CAER /35/

Bei einem GTS-Gehalt von ca. 38 g/l im Ausgangsprodukt wurden Endkonzentrationen über 135 g/l im eingedampften Produkt erreicht. Nach Aussagen der Versuchsverantwortlichen im VEB CAER kann bei Einrechnung von Sicherheiten ein Durchschnittswert der Endkonzentration von 15 % GTS garantiert werden.

Mit der CAER-Fallfilmeindampfanlage besteht die Möglichkeit, einen großen Teil des unökonomisch transportierten Ballastwassers in der Molke abzutrennen. Das Brüdenkondensat kann nach analytischen Untersuchungen ohne Bedenken dem Abwassernetz zugeführt bzw. nach dem Passieren einer entsprechenden Wasseraufbereitungsanlage kann es als Kesselspeisewasser genutzt werden. Die eingedampfte Molke wurde extremen Lagerbedingungen unterworfen, wobei über einen Zeitraum von 10 Tagen keine organoleptisch wahrnehmbaren Veränderungen festgestellt wurden. (/36/ S. 29, 30) Es liegen allerdings keine greifbaren Fütterungsergebnisse vor, so daß die höhere Haltbarkeit in den nachfolgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleibt.

4.2. Grundvarianten zur Aufkonzentrierung der verheften Molke

Auf der Grundlage der Verfahrensauslegung der vorgesehenen Molkenverhefungsanlage Mügeln werden zusätzlich 4 Verfahrensvarianten vorgeschlagen und auf ihre Ökonomie untersucht.

Bei allen 5 Auslegungen in der Abbildung 5 wird der Molkenanfall von 148 t/Arbeitstag (Montag bis Freitag) als Ausgangsgrundlage verwendet. Dies resultiert von der Tatsache her, daß eine kontinuierliche Abnahme erfolgt.

Auf der Grundlage der 4 Grundvarianten werden weitere Varianten erarbeitet, die eine bessere Auswertung zulassen.

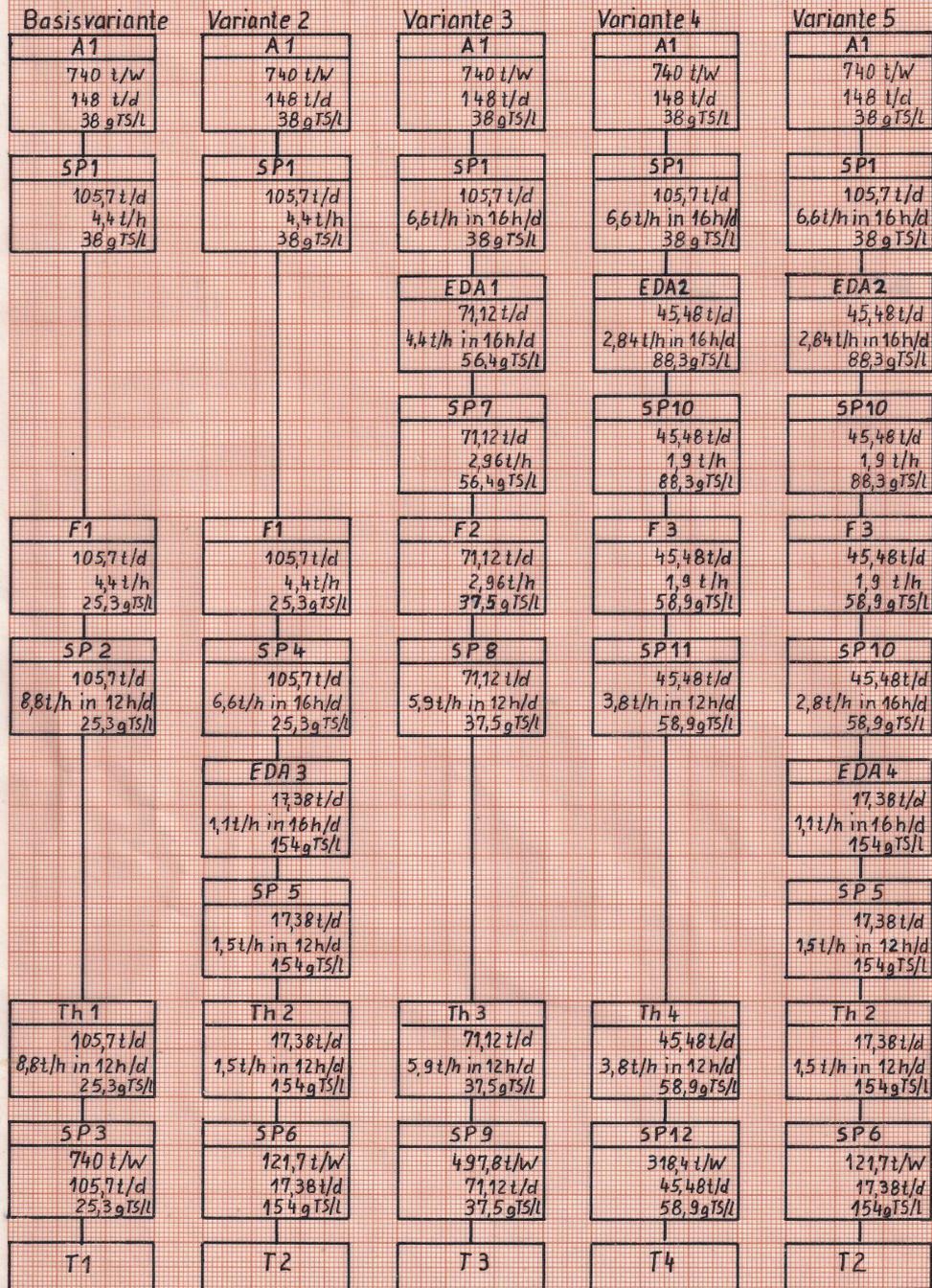
Zunächst wird das Prinzip der Grundvarianten wie folgt erläutert:

Über verschiedene Zwischenstufen, wie Aufkonzentrierung im Fallstromverdampfer, soll das Endprodukt mit höherem Gebrauchswert in Form der höheren Konzentration vorliegen. Durch verschiedenartige Zwischenschaltungen soll neben der Transporteinsparung des Endproduktes gleichzeitig eine optimale Energieausnutzung in der Kombination Fermentation - Eindampfung - Thermolyse erfolgen. Als Basisvariante (Variante 1) wird die derzeitige Konzeption dargestellt. Diese wird folgendermaßen gekennzeichnet:

- Zwischenstapelung der innerhalb von 5 Tagen pro Woche anfallenden Rohmolke zur kontinuierlichen Weiterverarbeitung innerhalb von 7 Tagen pro Woche in SP 1;
- Fermentation der anfallenden Rohmolke kontinuierlich über 24 h/d in F 1. Dabei baut sich im Verlauf der mikrobiellen Umwandlung von reduzierten Substanzen der Trockenmassegehalt von 38 g TS/l vor der Fermentation auf 25,3 g TS/l nach der Fermentation ab;
- Zwischenstapelung der verheften Molke im SP 2;
- Diskontinuierliche Thermolyse der verheften Molke zwecks Erzielung der Freiheit von pathogenen Keimen und Erhöhung der Verdaulichkeit innerhalb von 12 h/d in Th 1;
- Endstapelung der thermolysierten verheften Molke in SP 3 vor Abholung durch die LPG.

In Variante 2 wird die verhefte Molke nach der Fermentation auf 154 g TS/l aufkonzentriert. Dadurch wird das Abgabevolumen und damit auch das Transportvolumen auf 16,4 % gesenkt.

Abb. 5: Varianten zur Aufarbeitung der verheften Molke



In Variante 3 bzw. 4 wird das Substrat vor der Verhefung auf 56 g TS/l bzw. 88 g TS/l aufkonzentriert. Diese Maßnahmen haben das Ziel, bereits die Dimensionen der Fermentation zu minimieren. Die Aufkonzentrierung der Rohmolke vor der Fermentation kann jedoch aus ökonomischen Gründen nur bis zu einem Trockensubstanzgehalt von 86 g TS/l getrieben werden. Hier liegt die Viskosität bereits um das 4-fache höher als bei der Ausgangskonzentration. Bei einem höheren TS- Gehalt erhöht sich die spezifische Energieeintragsleistung des (der) Fermentormotors (en) infolge der Veränderung der Viskosität der Rohmolke.

Variante 5 wird die verhefte Molke gegenüber Variante 4 noch einmal nach der Fermentation auf 154 g TS/l aufkonzentriert.

4.3. Ökonomische Berechnung der Varianten 2 bis 5

4.3.1. Größenauslegung der Stapelbehälter

Variante 2:

Gegenüber Variante 1 treten erst nach der Fermentation bei der Zwischenstapelung der verheften Molke Veränderungen auf.

Rechnerisch wird die Größe der Stapelbehälter SP 4 wie folgt ermittelt:

$$\begin{aligned} V &= [m_M \cdot t_1 - (m_V \cdot t_2 - m_M \cdot t_{1,2})] / \rho \\ &= [4,4 \text{ t/h} \cdot 24 \text{ h} - (6,6 \text{ t/h} - 4,4 \text{ t/h} \cdot 8 \text{ h})] / 1,023 \text{ t m}^3 \\ &= \underline{34,4 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Es werden zwei Behälter mit je 16 m³ benötigt.

Die Zwischenstapelbehälter (SP 5) nach der Eindampfung und vor der Thermolyse muß mit einem maximalen Volumen ausgelegt werden, da beide Prozesse parallel bzw. zeitgleich verschoben betrieben werden können.

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1 - m_V \cdot t_2) / \rho \\ &= (1,09 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h} - 1,45 \text{ t/h} \cdot 4 \text{ h}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{11,32 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Bei einer entsprechenden seitlichen Prozeßführung wird ein Behälter von 16 m³ Volumen benötigt.

Für die Stapelbehälter (SP 6) am Ausgang werden rechnerisch für die Lagerung bis 36 h folgende Behälter bestimmt.

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1) / \rho \\ &= (17,38 \text{ t/d} \cdot 1,5 \text{ d}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{25,48 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Damit werden zwei Behälter mit je 16 m³ benötigt.

Variante 3:

Eine Veränderung gegenüber Variante 1 tritt erst mit dem Stapelbehälter (SP 7) auf. Rechnerisch wird seine Volumengröße wie folgt bestimmt:

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1 - m_V \cdot t_1) / \rho \\ &= (4,4 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h} - 2,9 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{24,16 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Es werden 2 Behälter mit dem Volumen von je 16 m³ benötigt.

Für den Stapelbehälter (SP 8) für die verhefte Molke ergibt sich die Größe von:

$$\begin{aligned} V &= [m_M \cdot t_1 - (m_V \cdot t_2 - m_M \cdot t_{1-2})] / \rho \\ &= [2,96 \text{ t/h} \cdot 24 \text{ h} - (5,93 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h} - 2,96 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h})] / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{34,68 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Es sind ebenfalls 2 Behälter mit dem Volumen von je 16 m³ notwendig.

Für die thermolysierte Molke wird ein Stapelbehälter (SP 9) benötigt, der folgende Größe haben muß:

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1) / \rho \\ &= (71,12 \text{ t/h} \cdot 1,5 \text{ d}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{104,28 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Damit werden 2 Behälter mit je 46 m³ und 1 Behälter von 16 m³ Volumen festgelegt.

Variante 4:

Eine Veränderung gegenüber Variante 1 beginnt nach dem Stapelbehälter SP 1. Die Stapelbehälter (SP 10) nach der Eindampfung werden wie folgt errechnet:

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1 - m_V \cdot t_1) / \rho \\ &= (2,8 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h} - 1,9 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{14,7 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Es wird 1 Behälter mit 16 m³ Volumen benötigt.

Für die Zwischenstapelung (SP 11) nach der Fermentation ist eine Stapelkapazität von

$$\begin{aligned} V &= [m_M \cdot t_1 - (m_V \cdot t_2 - m_M \cdot t_{1-2})] / \rho \\ &= [1,9 \text{ t/h} \cdot 24 \text{ h} - (3,79 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h} - 1,9 \text{ t/h} \cdot 12 \text{ h})] / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{22,23 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

erforderlich. Es werden 2 Behälter mit je 16 m³ benötigt.

Für die thermolysierte Molke wird ein Stapelbehälter (SP 12) als Ausgangslager mit folgender Größe bestimmt:

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1) / \rho \\ &= (45,48 \text{ t/h} \cdot 1,5 \text{ d}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{66,69 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Damit werden 4 Behälter mit je 16 m³ festgelegt.

Variante 5:

Eine Veränderung gegenüber Variante 4 beginnt nach dem Fermentationsprozeß.

Die Stapelbehälter (SP 10) vor und nach der Fermentation werden wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} V &= (m_M \cdot t_1 - m_V \cdot t_1) / \rho \\ &= (2,8 \text{ t/h} \cdot 16 \text{ h} - 1,9 \text{ t/h} \times 16 \text{ h}) / 1,023 \text{ t/m}^3 \\ &= \underline{14,7 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Es werden je 1 Behälter mit 16 m³ benötigt. Um den Reinigungsprozeß zu gewährleisten wird ein kleiner Behälter so eingebaut, daß er für eine Stapelung während der Reinigung genutzt werden kann.

Die Zwischenlagerung (SP 5) vor der Thermolyse entspricht der im Prozeß der zweiten Variante und es wird ein Behälter von 16 m³ benötigt. Für das Ausgangstanklager (SP 6) werden 2 16 m³ Behälter benötigt.

4.3.2. Größenauslegung der Zwischenstufen des Fermentationsprozesses der Varianten 2 bis 5

Tabelle 6:

		Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
<u>Fermentor</u>					
Molkendurchsatz	[t/h]	4,4	2,96	1,9	1,9
Fermentorvolumen	[m ³]	38	24	18	18
Elektroenergie	[KW]	66	66	60	60
Kühlwasser	[m ³ /h]	13	13	13	13
<u>Thermolyse</u>					
Durchsatz	[t verd.Molke/h]	1,45	5,93	3,8	1,45
erforderliche Wärmezufuhr	[kJ/h]	60	250	160	60
Heizmedium	[kg Dampf/h]	22,4	92,7	59,2	22,4
<u>Kühlstufe d. Thermolyse</u>					
Restkühlung der verheften Molke durch Kühlwasser					
Wärmeabfuhr	[MJ/h]	91	372	238	91
Kühlwassermenge	[m ³ / h]	1,09	4,44	2,84	1,09
<u>Eindampfungsanlage</u>					
Wasserverdampfungsleistung	[kg/h]	5000	5000	5000	5000 2 x 1000
Stufenanzahl der Anlage		3	3	3	3 2
Eindampfungszeit	[h]	16	16	16	16 16
Heizdampf (0,9 MPa)	[kg/h]	1480	1480	1480	1480 2 x 320
Kühlwasser (15 °C)	[m ³ / h]	30	30	30	30 2 x 6
Elektroenergie	[kW]	13	13	13	13 2 x 9

4.4. Einmaliger Aufwand der Varianten 2 bis 5

die nachfolgend in den Listen der Hauptausrüstungen (Tabelle 7) für die Varianten 2 bis 5 aufgeführten Lieferkosten resultieren aus

- den Lieferkosten für die Variante 1 und
- den Lieferkosten für zusätzliche bzw. Apparate mit anderer Dimensionierung.

Die Gesamtinvestitionen für die Varianten sind in der Tabelle 8 aufgeführt. Die Ermittlung erfolgt nach einem Kalkulationsschema analog der Grundkonzeption.

4.5. Laufender Aufwand der Variante 2 und 5

Auf der Grundlage des einmaligen Aufwandes, der spezifischen Verbrauchskennzahlen für sonstige Grundmaterial und Energie sowie andere Kosten ergibt sich eine Kalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises der verheften Labmolke analog der Grundkonzeption (Tab. 9). Einige Kostenarten werden nur geschätzt und sind daher nicht genau bestimmbar. Diese Werte z. B. Kosten Materialversorgung, Absatzkosten und ANG-Kosten wurden von der Grundkonzeption übernommen und fallen durch die geringere Jahresproduktion an aufkonzentrierter verhefter Molke etwas geringer aus. In ihrer Gesamtsumme ist dies von unbedeutender Aussage. Für alle weiteren Varianten trifft dies ebenfalls zu.

Tabelle 7: Liste der Hauptausrüstungen und Lieferkosten der Varianten 2 bis 5

Nr.	Position	Bezeichnung	Anzahl	Preis [TM]	gesamt [TM]
1	2	3	4	5	6
Variante 2:					
6.	B 11, 12	Stapelbehälter für Molke V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
7.	B 14, 15	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
9.	W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse, Durchsatz 1,5 t/h	1	60	60
23.	B 13	Stapelbehälter nach Eindampfung V = 16 m ³ , Angaben B 1	1	20	20
24.	W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Wasserverdampfungsleistung 5000 kg/l mit Einhausung	1	1375	(1375) ¹⁾
25.	P 18, 19	Kreiselpumpe KRP 50/130 2.0/4.00 für Molke	2	5	10
28.	DE 1	Dampferzeuger 1,6 t/h	1	400	(400) ¹⁾
-		Trafo komplett KVA (wird von der Energiewirtschaft getragen)	-	-	-
Ausrüstung aus Basisvariante 1:					
1. b. 5.	B 1 bis B 10	Stapelbehälter /Fermentor			1117
8.	W 1	Fermentorkühler			200
10. bis 12.	B 19 bis B 23	Behälter			15
13. bis 21.	P 1 bis P 17	Pumpen			248
22.	H 1	Heißwassererzeuger			-
23.		Laboraüstung			8
		Hauptausrüstung gesamt:			1758
Anmerkung: Für die Bereitstellung von Kühlwasser ist eine Erweiterung der vorhandenen Pumpen (2 x 20 m ³ /h) um 10 m ³ /h erforderlich. In der Berechnung wird dies nicht berücksichtigt.					

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

1	2	3	4	5	6
Variante 3:					
5.	B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 24 m ³ , Angaben wie bei Variante 1	1	380	380
6.	B 13, 14	Staplebehälter für Molke V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
7.	B 15, 16	Stapelbehälter für Ausgang V = 46 m ³ V = 16 m ³ , Angaben B 1	2 1	72 20	144 20
9.	W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse, Durchsatz 6,0 t/h	1	110	110
23.	B 11	Stapelbehälter für Molke nach Eindampfung, Angaben B 1 V = 16 m ³	2	20	40
24.	W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Wasserverdampfungsleistung 5000 kg/h	1	1375	(1375) ¹⁾
25.	P 18, 19	Kreiselpumpe KRP 50/130 2,0/4,00 für Molke	2	5	10
28.	DE 1	Dampferzeuger 0,6 t/h	1	180	(180) ¹⁾
-		Trafo komplett KVA (wird von der Energiewirtschaft getragen)	1	-	-
Ausrüstung aus der Basisvariante 1:					
1. b. 4.	B 1 bis B 9	Stapelbehälter			517
8.	W 1	Fermentorkühler			200
10. bis 12.	B 19 bis B 23	Behälter			15
13. bis 21.	P 1 bis P 17	Pumpe			248
22.	H 1	Heißwassererzeuger			-
29.		Laborausrüstung			8
		Hauptausrüstung gesamt:			1732

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

1	2	3	4	5	6
Variante 4:					
5.	B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 18 m ³ , Angaben wie in Variante 1	1	320	320
6.	B 12, 13	Stapelbehälter für Molke V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
7.	B 14 bis B 17	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³ , Angaben B 1	4	20	80
9.	W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse, Durchsatz 3,8 t/h	1	80	80
23.	B 11	Stapelbehälter nach Eindampfung, Angabe B 1 V = 16 m ³ , einfacher Behälter ca. 30 m ³	1 1	20 5	20 5
24.	W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Wasserverdampfungsleistung 5000 kg/h	1	1375	(1375) ¹⁾
25.	P 18, 19	Kreiselpumpe KRP 50/130 2.0/4.00 für Molke	2	5	10
20.	DE 1	Dampferzeuger 1,1 t/h	1	300	(300) ¹⁾
-		Trafo komplett KVA (wird von der Energiewirtschaft getragen)	1	-	-
Ausrüstung aus der Basisvariante 1:					
1. b. 4.	B 1 bis B 9	Stapelbehälter			517
8.	W 1	Fermentorkühler			200
10. bis 12.	B 19 bis B 23	Behälter			15
13. bis 21.	P 1 bis P 17	Pumpen			248
22.	H 1	Heißwassererzeuger			-
29.		Laborausrüstung			8
		Hauptausrüstung gesamt:			15431
Anmerkung: Für die Bereitstellung von Kühlwasser ist eine Erweiterung der vorhandenen Pumpen (2 x 20 m ³ /h) um 5 m ³ /h erforderlich. In der Berechnung wird dies nicht berücksichtigt.					

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

1	2	3	4	5	6
Variante 5:					
5.	B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 18 m ³ , Angaben wie Variante 1	1	320	320
6.	B 12, 13	Stapelbehälter für Molke V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
7.	B 15, 16	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³ , Angaben B 1	2	20	40
9.	W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse, Durchsatz 1,5 t/h	1	60	60
23.	B 11 B 14	Stapelbehälter nach der 1. und 2. EDA V = 16 m ³ , Angabe B 1 einfacher Behälter ca. 3 m ³	2 2	20 5	40 10
24.	W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Wasserverdampfungsleistung 5000 kg/h	1	1375	(1375) ¹⁾
25.	P 18 bis P 21	Kreiselpumpe KRP 50/130 2.0/4.00 für Molke	4	5	20
27.	W 4	CAER-Fallfilmeindampfanlage Wasserverdampfungsleistung 1000 kg/l mit Einhausung	2		(1050) ¹⁾
28.	DE 1	Dampferzeuger 1,6 t/h	1	400	(400) ¹⁾
		Trafo komplett KVA (wird von der Energiewirtschaft getragen)	1	-	-
Ausrüstung aus der Variante 1:					
1. bis 4.	B 1 bis B 9	Stapelbehälter			517
8.	W 1	Fermentorkühler			200
10.b 12.	B 19 bis B 23	Behälter			15
13. bis 21.	P 1 bis P 17	Pumpen			248
22.	H 1	Heißwassererzeuger			-
29.		Laboraüstung			8
		Hauptausrüstung gesamt			1518

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

Anmerkung: Für die Bereitstellung von Kühlwasser ist eine Erweiterung der vorhandenen Pumpen (2 x 20 m³/h) um 11 m³/h erforderlich. In der Berechnung wird dies nicht berücksichtigt.

Tabelle 8: Bestimmung der Gesamtinvestitionen für die Varianten 2 bis 5

		Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
1.	Verfahren	50	50	50	50
2.	Projektierung	464	457	407	401
3.	Ausrüstung	2935	2893	2575	2535
4.	Montage	1686	1660	1479	1455
	- Anstrich	88	87	77	76
	- Isolierung	70	69	61	61
	- Beschr. und Beschilderung	3	3	3	3
	- Fracht, Transport, Verpackung	80	87	77	76
	- Rüstung u. Montagehilfeleistung	106	105	93	92
5.	Baustelleneinrichtung	84	83	74	73
6.	Bau ges.	440	434	386	380
7.	HAN	440	434	386	380
8.	Summe	6205	6116	5450	5366
9.	Dampferzeuger	400	180	300	400
10.	Eindampfanlage(n)	1375	1375	1375	2425
11.	Gesamtsumme	7980	7671	7125	8191

Tabelle 9: Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises der Varianten 2 bis 5

		Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
Verhefte Molkenmenge	[t/a]	4570	18700	11960	4570	
Konzentration verheften Molke	[g TS/l]	154	34,5	58,9	154	
Notwendige Energiemenge für Pkt. 2.4.						
- Elektroenergie	[KWh]	95	98	94	112,6	
- Dampf	[t/h]	1,131	0,502	0,8	1,155	
- Kühlwasser	[m ³ /h]	36	24,4	29,9	36,1	
- Abwasser	[m ³ /h]	36	24,4	29,9	36,1	
Nr.	Kostenart	Basis	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]
1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Grundmaterial Molke	[t]	416,92	416,92	416,92	416,92
1.2.	sonstiges Grundmaterial					
	- Ammonsulfat	[t]	92,56	92,56	92,56	92,56
	- Schwefelsäure	[t]	3,93	3,93	3,93	3,93
1.5.	Zwischensumme (1.1. - 1.2.)		513,41	513,41	513,41	513,41
1.6.	Löhne (Angaben wie Grundkonzeption)		88,37	88,37	88,37	88,37
1.	Technologische Kosten (1.1.-1.6.)		601,78	601,78	601,78	601,78
2.1.	Verbrauch Arbeitsmittel (Abschr.)					
	Basis IK _{Ausrüstung}	8% d. IK	596,48	572,32	533,20	619,04
	Basis IK _{Bau}	2% d. IK	10,48	10,34	9,20	9,06
2.2.	Hilfsmaterial Purin u.a.		0,91	3,74	2,29	0,91
2.3.	Übrige technologische GK		13,71	56,09	35,87	13,71

1	2	3	4	5	6	7
2.4.	Energie					
	- Elektroenergie	[KW]	104,33	107,14	102,36	123,68
	- Dampf	[t/h]	502,59	220,95	352,28	513,02
	- Kühlwasser	[m ³ /h]	262,80	177,07	216,44	263,18
	- Abwasser	[m ³ /h]	548,48	369,47	451,89	549,26
2.	Technologische Grundkosten (2.1.-2.4.)		2039,79	1518,12	1703,53	2091,86
3.	Technologische Kosten (1.+2.)		2641,57	2119,90	2305,31	2693,64
4.2.	Kosten Materialversorgung		4,57	18,70	11,96	4,57
6.	Abteilungskosten (3. + 4.)		2646,14	2138,62	2317,27	2698,21
7.	Betriebsleitungskosten		574,60	431,25	483,81	588,66
9.	Produktionsselbstkosten (6. + 7.)		3220,74	2569,85	2801,08	3268,87
9.1.	Absatzkosten		4,57	18,70	11,96	4,57
9.2.	ANG-Kosten		2,74	11,22	7,17	2,74
10.	Gesamtselbstkosten (9. - 9.2.)		3228,05	2599,77	2820,21	3294,18
11.	Gewinn (12 % d. IK), (F u. UP)		975,12	938,04	872,52	1000,44
12.	Betriebspreis BP (10. + 11.)		4203,17	3537,81	3692,73	4294,62
	BP	[M/t]	919,73 920,00	189,19 190,00	308,75 310,00	939,74 940,00

4.6. Ökonomische Berechnung der Varianten 6 bis 13

Die vier Varianten der thermischen Aufkonzentrierung der Molke werden durch weitere Varianten vervollständigt. Dadurch wird eine bessere Aussage erreicht. Bei den weiteren Varianten wird auf die bereits vorhandenen Varianten 2 bis 5 aufgebaut. In der Abbildung 6 ist der Prinzipablauf dargestellt. Eine Größenauslegung der einzelnen Zwischenstufen wird nicht extra hervorgehoben, da dies in der Liste der Hauptausrüstungen berücksichtigt wird. In der Tabelle 10 sind die Hauptausrüstungen der Variante 6 bis 13 aufgeführt. Die Gesamtinvestitionen für diese Varianten sind in der Tabelle 11 und der laufende Aufwand sowie der Betriebspreis in der Tabelle 12 aufgezeigt. Die Ermittlung der Gesamtinvestitionen und des laufenden Aufwandes erfolgt nach einem Kalkulationsschema analog der Grundkonzeption.

Abb. 6: Weitere Varianten zur Aufbereitung der verheften Molke (linke Seite)

Abb. 6: Weitere Varianten zur Aufbereitung der verheften Molke

Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10
A1 740 l/W 148 t/d 38gTS/l	A1 740 l/W 148 t/d 38gTS/l	A1 740 l/W 148 t/d 38gTS/l	A1 740 l/W 148 t/d 38gTS/l	A1 740 l/W 148 t/d 38gTS/l
SP1 105,7t/d 8,8t/h in 12h/d 38gTS/l	SP1 105,7t/d 10,9t/h in 9,7h/d 38gTS/l	SP1 105,7t/d 8,8t/h in 12h/d 38gTS/l	SP1 105,7t/d 8,8t/h in 12h/d 38gTS/l	SP1 105,7t/d 6,6t/h in 16h/d 38gTS/l
EDA5 45,7 t/d 3,8t/h in 12h/d 87,9gTS/l	EDA7 57,38t/d 3,6t/h in 16h/d 70gTS/l	EDA8 45,48t/d 3,8t/h in 12h/d 88,3gTS/l	EDA8 45,48t/d 3,8t/h in 12h/d 88,3gTS/l	EDA10 40 t/d 2,5t/h in 16h/d 100gTS/l
SP16 45,7t/d 1,9t/h 87,9gTS/l	SP16 57,38t/d 2,4 t/h 70gTS/l	SP10 45,48t/h 1,9t/h 88,3gTS/l	SP10 45,48t/h 1,9t/h 88,3gTS/l	SP25 40 t/d 1,7t/h 100gTS/l
F3 45,7t/d 1,9t/h 58,6gTS/l	F4 57,38t/d 2,4 t/h 46,7gTS/l	F3 45,48t/h 1,9t/h 58,9gTS/l	F3 45,48t/h 1,9t/h 58,9gTS/l	F5 40t/d 1,7t/d 66,7gTS/l
SP13 45,7t/d 11,4t/h in 4h/d 58,6gTS/l	SP17 57,38t/d 4,8t/h in 12h/d 46,7gTS/l	SP19 45,48t/h 11,4t/h in 4 h/d	SP22 45,48t/h 15,2t/h in 3 h/d	SP26 40t/d 3,3t/h in 12h/d 66,7gTS/l
EDA6 45,7t/d 11,4t/h in 4h/d 58,6gTS/l		EDA9 32,6t/h 8,2t/h in 4h/d 82,2gTS/l	EDA11 37,3t/h 12,4t/h in 3h/d 71,9gTS/l	
SP14 25,7t/d 2,1t/h in 12h/d 104,1gTS/l		SP20 32,6t/h 2,7t/h in 12h/d 82,2gTS/l	SP23 37,25t/h 3,1t/h in 12h/d 71,9gTS/l	
Th5 25,7t/d 2,1t/h in 12h/d 104,1gTS/l	Th6 57,38t/d 4,8t/h in 12h/d 46,7gTS/l	Th7 32,6t/h 2,7t/h in 12h/d 82,2gTS/l	Th8 37,3t/h 3,1t/h in 12h/d 71,9gTS/l	Th9 40t/d 3,3t/h in 12h/d 66,7gTS/l
SP15 180t/W 25,7t/d 104,1gTS/l	SP18 401,8t/W 57,38t/d 46,7gTS/l	SP21 230,3t/W 32,9t/h 82,2gTS/l	SP24 261,1t/W 37,3t/d 71,9gTS/l	SP27 280t/W 40t/d 66,7gTS/l
T5	T6	T7	T8	T9

Abb. 6: Weitere Varianten zur Aufbereitung der verheften Molke (rechte Seite)

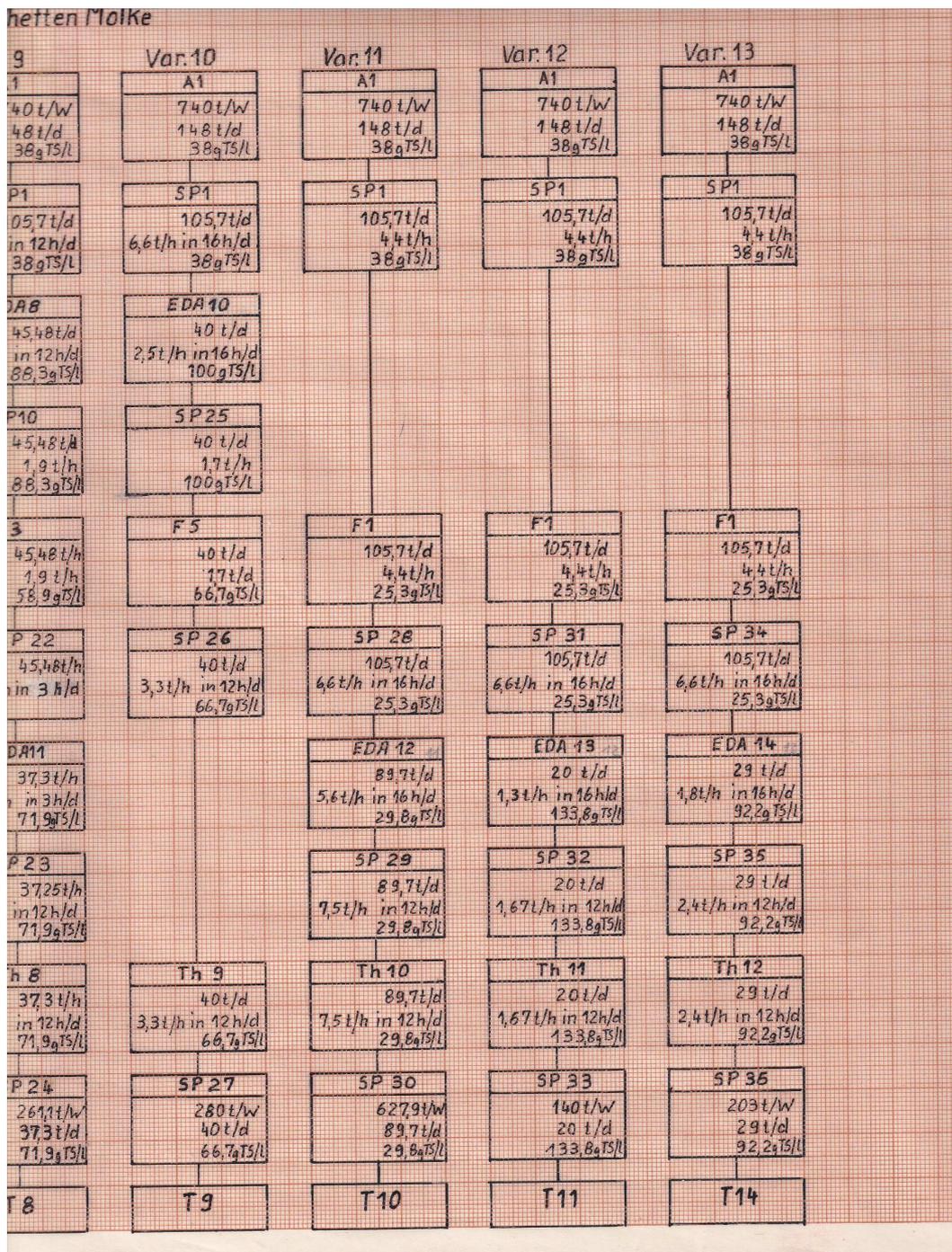


Tabelle 10: Liste der Hauptausrüstungen und Lieferkosten der Varianten 6 bis 13

Variante 6:

Position	Bezeichnung	Anzahl	Preis [TM]	gesamt [TM]
1	2	3	4	5
B 11 bis B 13	Stapelbehälter nach Fermentation V = 16 m ³ , Angaben wie B 1	3	20	60
B 14 bis B 16	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³ , Angaben wie B 1	3	20	60
B 17, 18	Stapelbehälter nach 2. Eindampfung V = 16 m ³ , Angaben wie B 1	2	20	40
B 24, 25	Stapelbehälter nach 1. Eindampfung V = 16 m ³ , Angaben wie B 1	2	20	40
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 2,2 t/h	1	80	80
DE 1	Dampferzeuger 1,0 t/h			(300) ¹⁾
	Laborausrüstung			8
Ausrüstung nach Variante 5:				
B 1 bis 9	Stapelbehälter			517
B 10	Fermentor			320
B 19 bis B 23	Behälter			15
P 1 bis P 19	Pumpe			268
W 1	Fermentorkühler			200
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage			(1375) ¹⁾
H 1	Heißwassererzeuger			-
	Trafo komplett (wird von der Energiewirtschaft getragen)			-
	Hauptausrüstung gesamt			1608

Anmerkung: Für die Bereitstellung von Kühlwasser ist eine Erweiterung der vorhandenen Pumpen (2 x 20 m³/h) um 10 m³/h erforderlich. In der Berechnung wird dies nicht berücksichtigt.

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

Variante 7:

1	2	3	4	5
B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 21 m ³	1	20	40
B 11, 12	Stapelbehälter nach EDA V = 16 m ³ V = 3 m ³	1 1	20 5	20 5
B 13, 14	Stapelbehälter nach Fermentation V = 16 m ³	2	20	40
B 15 bis 18, 24, 25	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	6	20	120
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 2,1 t/h	1	110	110
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Durchsatz: 5,0 t/h	1	1375	(1375) ¹⁾
DE 1	Dampferzeuger 1,0 t/h	1	300	(300) ¹⁾
Ausrüstung aus Variante 4				988
Hauptausrüstung gesamt				1643

Variante 8:

1	2	3	4	5
B 11 bis 14	Stapelbehälter nach 1. und 2. EDA V = 16 m ³	4	20	80
B 15	V = 1 m ³	1	2	2
B 16 bis B 18	Stapelbehälter nach Fermentation V = 16 m ³	3	20	60
B 24 bis B 26	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	3	20	60
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 2,7 t/h	1	80	80
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Durchsatz: 5,0 t/h	1	1375	(1375) ¹⁾
DE 1	Dampferzeuger 1,0 t/h	1	300	(300) ¹⁾
Ausrüstung aus der Variante 5				1328
Hauptausrüstung gesamt				1610

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

Variante 9:

1	2	3	4	5
B 11 bis B 13	Stapelbehälter nach Fermentation V = 16 m ³	3	20	60
B 14 bis B 18	Stapelbehälter nach 1. und 2. EDA V = 16 m ³	5	20	100
B 24 bis B 27	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	4	20	80
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 3,1 t/h	1	80	80
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Durchsatz: 5,0 t/h	1	1375	(1375) ¹⁾
DE 1	Dampferzeuger 1,0 t/h	1	300	(300) ¹⁾
Ausrüstung aus Variante 5				1328
Hauptausrüstung gesamt				1648

Variante 10:

1	2	3	4	5
B 11	Stapelbehälter nach EDA V = 16 m ³	1	20	20
B 12	V = 3 m ³	1	5	5
B 13, 14	Stapelbehälter nach Fermentation V = 16 m ³	2	20	40
B 15 bis B 18	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	4	20	80
B 10	CLG-Tauchstrahlfermentor V = 16 m ³	1	300	300
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 3,3 t/h	1	80	80
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Durchsatz: 5,0 t/h	1	1375	(1375) ¹⁾
DE 1	Dampferzeuger 1,0 t/h	1	300	(300) ¹⁾
Ausrüstung aus Variante 4				998
Hauptausrüstung gesamt				1523

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

Variante 11:

1	2	3	4	5
B 13 bis B 16	Stapelbehälter nach EDA V = 16 m ³	4	20	80
B 17, 18	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	9	20	180
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 7,8 t/h	1	125	125
W 3	CAER-Fallfilmeindampfanlage Durchsatz: 1,0 t/h	1	1050	(1050) ¹⁾
	Dampferzeuger 0,6 t/h	1	180	(180) ¹⁾
Ausrüstung aus Variante 2				1638
Hauptausrüstung gesamt				2023

Variante 12:

1	2	3	4	5
B 13	Stapelbehälter nach EDA V = 16 m ³	1	20	20
B 14	V = 3 m ³	1	5	5
B 15, 16	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	2	20	40
Ausrüstung aus Variante 2				1698
Hauptausrüstung gesamt				1763

Variante 13:

1	2	3	4	5
B 13, 14	Stapelbehälter nach EDA V = 16 m ³	2	20	40
B 15, 17	Stapelbehälter für Ausgang V = 16 m ³	3	20	60
W 2	Plattenwärmeübertrager für Thermolyse Durchsatz: 2,4 t/h	1	80	80
D 1	Dampferzeuger 1,0 t/h	1	300	(300) ¹⁾
Ausrüstung aus Variante 2				1638
Hauptausrüstung gesamt				1818

¹⁾ Diese Positionen werden nach der Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten zuaddiert.

Tabelle 11: Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten für die Varianten 6 bis 13

		Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var.9	Var. 10	Var. 11	Var. 12	Var. 13
1.	Verfahren	50	50	50	50	50	50	50	50
2.	Projektierung	420	434	425	435	402	534	465	480
3.	Ausrüstung	2659	2743	2688	2751	2543	3377	2943	3036
4.	Montage	1528	1574	1542	1578	1460	1938	1680	1740
	- Anstrich	80	82	80	82	76	101	88	91
	- Isolierung	64	66	64	66	61	81	70	73
	- Beschriftung u. Beschilderung	3	3	3	3	3	3	3	3
	- Fracht, Transport, Verpackung	80	82	80	82	76	101	88	91
	- Rüstung und Montagehilfsleistungen	96	99	97	100	92	122	107	110
5.	Baustelleneinrichtung	76	79	77	79	73	97	84	87
6.	Bau ges.	399	411	403	413	381	507	441	455
7.	HAN	399	411	403	413	381	507	441	455
8.	Summe	5627	5801	5685	5819	5381	7132	6219	6413
9.	Dampferzeuger und EDA	1675	1675	1675	1675	1675	1230	1775	1675
10.	Probetrieb	150	150	150	150	150	150	150	150
11.	Aussonderung 3 Glasfaserlaminattanks	- 150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
12.	Gesamtsumme	7302	7476	7360	7494	7057	8362	7994	8088

Tabelle 12: Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises der Varianten
6 bis 13 (linke Seite)

		Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9
Verhefte Molkenmenge [t/a]		6840	15090	8570	9800
Konzentration verheften Molke [g TS/l]		104,1	46,7	82,2	71,9
Notwendige Energiemenge für Pkt. 2.4.					
- Elektroenergie [KWh]		95,9	95,3	95,8	96,2
- Dampf [t/h]		1,034	0,665	0,951	0,899
- Kühlwasser [m ³ /h]		34,3	27,4	32,7	31,8
- Abwasser [m ³ /h]		34,3	27,4	32,7	31,8
Nr.	Kostenart Basis	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]
1.1.	Grundmaterial Molke [t]	416,92	416,92	416,92	416,92
1.2.	sonstiges Grundmaterial				
	- Ammonsulfat [t]	92,56	92,56	92,56	92,56
	- Schwefelsäure [t]	3,93	3,93	3,93	3,93
1.5.	Zwischensumme (1.1. - 1.2.)	513,41	513,41	513,41	513,41
1.6.	Löhne (Angaben wie Grundkonzeption)	88,37	88,37	88,37	88,37
1.	Technologische Einzelkosten (1.1.-1.6.)	601,78	601,78	601,78	601,78
2.1.	Verbrauch Arbeitsmittel (Abschreibung)				
	Basis IK _{Ausrüstung} 8% d. IK	546,16	558,88	550,40	560,16
	Basis IK _{Bau} 2% d. IK	9,50	9,80	9,60	9,84
2.2.	Hilfsmaterial (Purin u. a.)	1	3,17	1,71	1,96
2.3.	Übrige technologische GK	20,51	45,26	25,71	29,19
2.4.	Energie				
	- Elektroenergie [KW]	104,06	108,65	104,43	105,17
	- Dampf [t/h]	456,64	292,65	398,92	397,68
	- Kühlwasser [m ³ /h]	248,93	197,81	225,49	230,96
	- Abwasser [m ³ /h]	519,54	412,82	470,58	482,00
2.	Technologische Grundkosten (2.1.-2.4.)	1906,71	1624,04	1786,84	1817,15
3.	Technologische Kosten (1. und 2.)	2508,49	225,82	2388,62	2418,93
4.2.	Kosten Materialversorgung	6,84	15,09	8,57	9,80
6.	Abteilungskosten (3. und 4.)	2515,33	2240,91	2397,19	2428,73
7.	Betriebsleitungskosten	543,57	462,35	506,31	514,49
9.	Produktionsselbstkosten (6. und 7.)	3038,67	2703,26	2903,50	2943,23
9.1.	Absatzkosten	6,84	15,09	8,57	9,80
9.2.	ANG-Kosten	4,10	9,05	5,14	5,88
10.	Gesamtselbstkosten (9. - 9.2.)	3049,61	2727,40	2917,21	2958,91
11.	Gewinn (12 % d. IK)	893,76	914,64	900,72	916,80
12.	Betriebspreis BP (10. und 11.)	3943,37	3642,04	3817,93	3875,71
	BP [M/t]	577	242	446	396

Tabelle 12: Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises der Varianten
6 bis 13 (rechte Seite)

		Variante 10	Variante 11	Variante 12	Variante 13
Verhefte Molkenmenge [t/a]		10520	23590	5260	7630
Konzentration verheften Molke [g TS/l]		66,7	29,8	138,8	92,2
Notwendige Energiemenge für Pkt. 2.4.					
	- Elektroenergie [KWh]	94,3	97,2	95,3	96
	- Dampf [t/h]	0,857	0,302	1,097	0,998
	- Kühlwasser [m ³ /h]	31,2	20,3	35,6	38,7
	- Abwasser [m ³ /h]	31,2	20,3	35,6	38,7
Nr.	Kostenart Basis	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]	Kosten [TM/a]
1.1.	Grundmaterial Molke [t]	416,92	416,92	416,92	416,92
1.2.	sonstiges Grundmaterial				
	- Ammonsulfat [t]	92,56	92,56	92,56	92,56
	- Schwefelsäure [t]	3,93	3,93	3,93	3,93
1.5.	Zwischensumme (1.1. - 1.2.)	513,41	513,41	513,41	513,41
1.6.	Löhne (Angaben wie Grundkonzeption)	88,37	88,37	88,37	88,37
1.	Technologische Einzelkosten (1.1.-1.6.)	601,78	601,78	601,78	601,78
2.1.	Verbrauch Arbeitsmittel (Abschreibung)				
	Basis IK _{Ausrüstung} 8% d. IK	528,24	620,64	597,52	603,68
	Basis IK _{Bau} 2% d. IK	9,08	12,08	10,50	10,84
2.2.	Hilfsmaterial (Purin u. a.)	2,10	4,08	1,05	1,53
2.3.	Übrige technologische GK	31,55	70,76	16,78	22,88
2.4.	Energie				
	- Elektroenergie [KW]	102,75	106,05	104,41	105,07
	- Dampf [t/h]	377,84	133,32	486,56	444,06
	- Kühlwasser [m ³ /h]	225,70	147,23	259,41	246,34
	- Abwasser [m ³ /h]	471,02	307,26	541,37	514,11
2.	Technologische Grundkosten (2.1.-2.4.)	1748,28	1402,06	2016,60	1949,01
3.	Technologische Kosten (1. und 2.)	2350,06	2003,84	2618,38	2550,79
4.2.	Kosten Materialversorgung	10,52	23,59	5,26	7,63
6.	Abteilungskosten (3. und 4.)	2360,58	2027,43	2623,64	2558,42
7.	Betriebsleitungskosten	495,90	402,41	568,34	550,09
9.	Produktionsselbstkosten (6. und 7.)	2856,48	2429,84	3191,98	3108,51
9.1.	Absatzkosten	10,52	23,59	5,26	7,63
9.2.	ANG-Kosten	6,31	4,15	3,16	4,58
10.	Gesamtselbstkosten (9. - 9.2.)	2873,31	2467,58	3200,40	3120,72
11.	Gewinn (12 % d. IK), (F u. UP)	864,36	1020,96	976,80	988,08
12.	Betriebspreis BP (10. und 11.)	3737,67	3488,54	4177,20	4108,80
	BP [M/t]	356	148	795	539

4.7. Auswertung der Varianten

Die ursprüngliche Aufgabenstellung sah vor, daß 5 Varianten auf ihre Ökonomie untersucht werden. Eine Zwischenauswertung ergab jedoch, daß diese Varianten nicht ausreichen, daher wurden weitere Varianten untersucht.

In der Tabelle 13 sind ausgewählte Parameter der 13 Varianten aufgeführt, die eine Übersicht ermöglichen. Das Verhältnis der laufenden Kosten zur Konzentration an verhefter Molke wird in der Abbildung 7 graphisch dargestellt. Mit Hilfe der Funktion

$$\lg K_{BP} = f(1/c)$$

ist es möglich weitere Meßpunkte für den Kurvenverlauf für die Funktion

$$K_{BP} = f(c)$$

zu gewinnen. Die ausgearbeiteten Varianten weichen teilweise vom ermittelten Kurvenverlauf ab. Die Ursache hierfür liegt in der Auswahl der MTA, die entsprechend der zur Verfügung stehenden Größen und Anschaffungspreise ausgearbeitet wurden. Durch weitere Varianten, die nicht rechnerisch aufgeführt sind, konnte der aufgezeigte Kurvenverlauf (Eindampfung nach der Fermentation) ermittelt werden.

Die graphische Darstellung

$$K_{BP} = f(c)$$

ist die 1. Törnquistfunktion und lautet

$$y = K \cdot c / a + c$$

Mit ihr lassen sich die Betriebskosten für jede Konzentration errechnen. Dabei ist die Methode der Aufkonzentrierung von Bedeutung. Dabei ist die Methode der Aufkonzentrierung von Bedeutung. Aus dem Kurvenverlauf der graphischen Darstellung läßt sich erkennen, daß die Aufkonzentrierung vor der Fermentation wesentlich niedrigere Kosten verursacht als die Aufkonzentrierung nach der Fermentation. Die günstigste Variante ist die 3., ihr folgen die Variante 7 und 4. Diese Varianten, die auf dem Prinzip der Eindampfung vor der Fermentation beruhen, werden durch die Viskosität der Molke, die exponentiell mit steigender Konzentration zunimmt, begrenzt. Die Grenze des O₂-Eintrages bei der Fermentation im CLG-Tauchstrahlfermentor liegt derzeit bei einer Substratkonzentration von ca. 86 g TS/l, so daß eine Konzentration verhefter Molke von ca. 57 g TS/l erreicht werden kann.

Tabelle 13: Zusammenstellung wichtiger Parameter der Varianten 1 bis 13 (linke Seite)

Parameter der Varianten	Basis- var.	Eindampfung nach der Fermentation			
		Var. 11	Var. 13	Var. 12	Var. 2
Investition [TM]					
- MTA	2045	2023	1818	1763	1758
- Ausrüstung	3415	3377	3036	2943	2935
- Summe ohne EDA u. DE	7208	7132	6413	6219	6205
- Gesamtsumme	7208	8362	8088	7994	7980
IK _{Variante} - IK _{Basis}	0	+1154	+880	+786	+772
Laufende Kosten [TM]					
- Technolog. Einzelkosten	601,8	601,8	601,8	601,8	601,8
- Technolog. GK (Abschr., ...)	1145,9	1402,1	1949,0	2016,6	2039,8
- Gesamtselbstkosten	2153,1	2467,6	3120,7	3200,4	2328,1
- Gewinn	882,5	1020,9	988,1	976,8	975,1
- BP [TM/a]	3035,6	3488,5	4108,8	4177,2	4203,2
[M/t]	109,2	147,9	538,5	794,1	919,7
[M/t TS]	4316,2	4963,1	5840,6	5935,0	5972,1
- BP _{Variante} - BP _{Basis}	0	+ 649,9	+1524,4	+1618,8	+1655,9
Kapazität [t/a]	27800	23590	7630	5260	4570
[t/h]	4,4	3,7	1,2	0,8	0,7
Produkt [g TS/l]	25,3	29,8	92,2	133,8	154
Wasserabtrennung [t/d]	0	16	77	86	88
[%]	0	15	73	81	84
Energiekosten					
- Elektroenergie [kWh]	92,9	106,1	105,6	104,4	104,3
- Dampf [t/h]	44,8	133,3	444,1	486,6	502,6
- Energiekosten von SK [%]	24,0	28,1	42,00	43,4	43,9

Tabelle 13: Zusammenstellung wichtiger Parameter der Varianten 1 bis 13 (mitte der Seite)

Parameter der Varianten	Basis- var.	Eindampfung vor der Fermentation.			
		Var. 3	Var. 7	Var. 4	Var. 10
Investition [TM]					
- MTA	2045	1732	1643	1543	1523
- Ausrüstung	3415	2893	2743	2575	2543
- Summe ohne EDA u. DE	7208	6116	5801	5450	5381
- Gesamtsumme	7208	7671	7471	7125	7057
IK _{Variante} - IK _{Basis}	0	+463	+263	-83	-150
Laufende Kosten [TM]					
- Technolog. Einzelkosten	601,8	601,8	601,8	601,8	601,8
- Technolog. GK (Abschr., ...)	1145,9	1518,1	1624,0	1703,5	1748,3
- Gesamtselbstkosten	2153,1	2599,8	2727,4	2820,2	2873,3
- Gewinn	882,5	938,0	914,6	872,5	864,4
- BP [TM/a]	3035,6	3537,8	3642,0	3692,7	3737,7
[M/t]	109,2	189,2	241,4	308,8	355,3
[M/t TS]	4316,2	5045,3	5169,2	5242,8	5326,8
- BP _{Variante} - BP _{Basis}	0	+729,1	+853,0	+926,6	+1010,6
Kapazität [t/a]	27800	18700	15090	11960	10520
[t/h]	4,4	3,0	2,4	1,9	1,7
Produkt [g TS/l]	25,3	37,5	46,7	58,9	66,7
Wasserabtrennung [t/d]	0	35	48	60	66
[%]	0	33	46	57	62
Energiekosten					
- Elektroenergie [kWh]	92,9	107,1	108,7	102,4	102,8
- Dampf [t/h]	44,8	222,0	292,7	352,3	377,8
- Energiekosten von SK [%]	24,0	33,7	36,9	40,2	41,0

Tabelle 13: Zusammenstellung wichtiger Parameter der Varianten 1 bis 13 (rechte Seite)

Parameter der Varianten	Basis- var.	Eindampfung vor und nach der Fermentation			
		Var. 9	Var. 8	Var. 6	Var. 5
Investition [TM]					
- MTA	2045	1648	1610	1593	1518
- Ausrüstung	3415	2751	2688	2659	2535
- Summe ohne EDA u. DE	7208	5819	5685	5627	5366
- Gesamtsumme	7208	7494	7360	7302	8191
IK _{Variante} - IK _{Basis}	0	+286	+152	+94	+983
Laufende Kosten [TM]					
- Technolog. Einzelkosten	601,8	601,8	601,8	601,8	601,8
- Technolog. GK (Abschr., ...)	1145,9	1817,2	1786,8	1906,7	2092,0
- Gesamtselbstkosten	2153,1	2958,9	2917,2	3069,8	3294,2
- Gewinn	882,5	916,8	900,7	869,8	1000,4
- BP [TM/a]	3035,6	3845,7	3817,9	3943,4	4294,6
[M/t]	109,2	395,5	445,5	576,5	936,7
[M/t TS]	4316,2	5500,7	5419,8	5537,9	6101,9
- BP _{Variante} - BP _{Basis}	0	+1184,5	+1103,6	+1221,7	+1785,7
Kapazität [t/a]	27800	9800	8570	6840	4570
[t/h]	4,4	1,6	1,4	1,1	0,7
Produkt [g TS/l]	25,3	71,9	82,2	104,1	154
Wasserabtrennung [t/d]	0	68	73	80	88
[%]	0	65	69	76	84
Energiekosten					
- Elektroenergie [kWh]	92,9	105,2	104,4	104,1	123,7
- Dampf [t/h]	44,8	397,7	398,9	456,6	513,0
- Energiekosten von SK [%]	24,0	41,1	41,1	43,3	44,0

Abb. 7: Das Verhältnis des Betriebspreises zum Trockenmassegehalt (linke Seite)

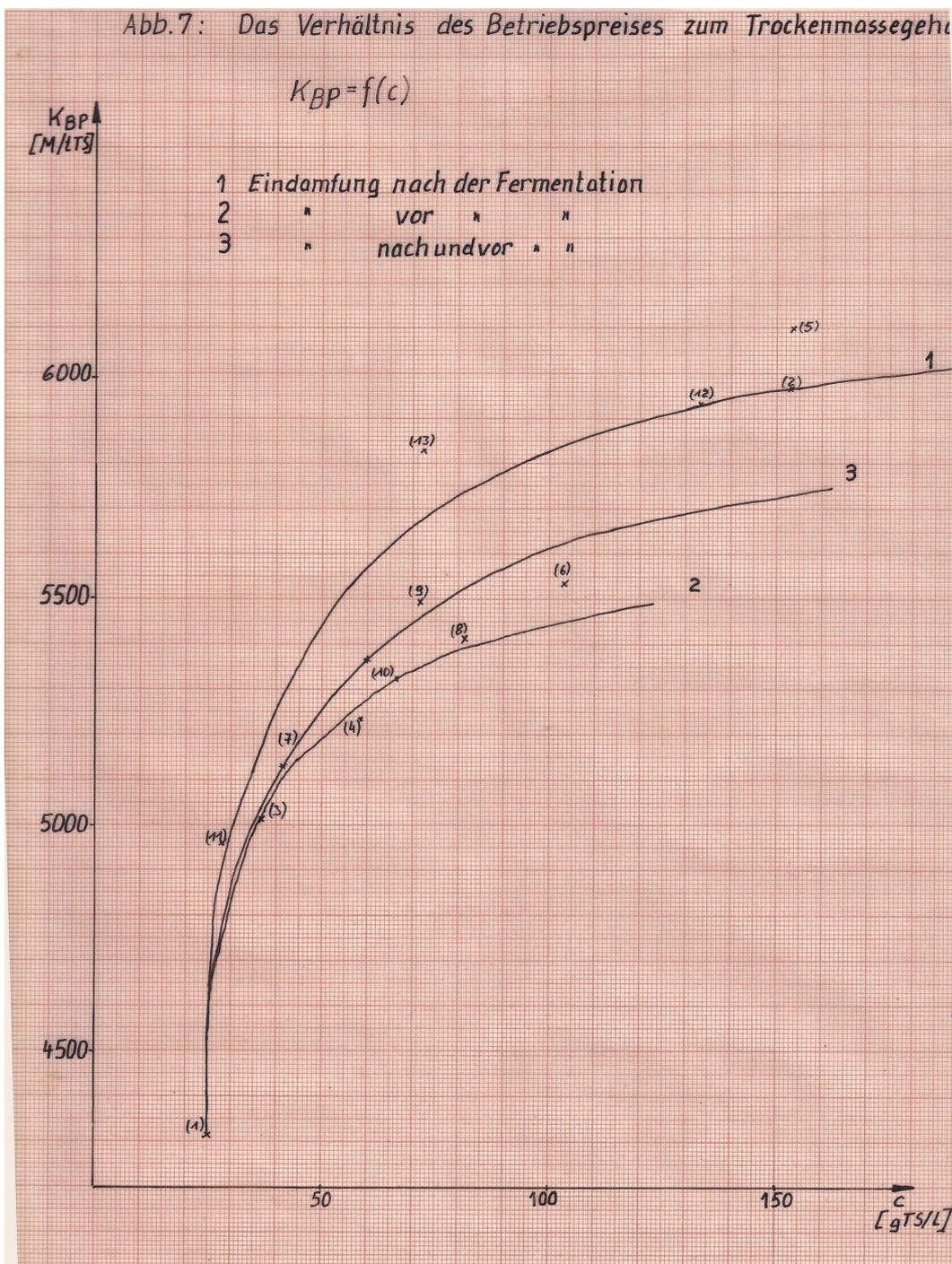
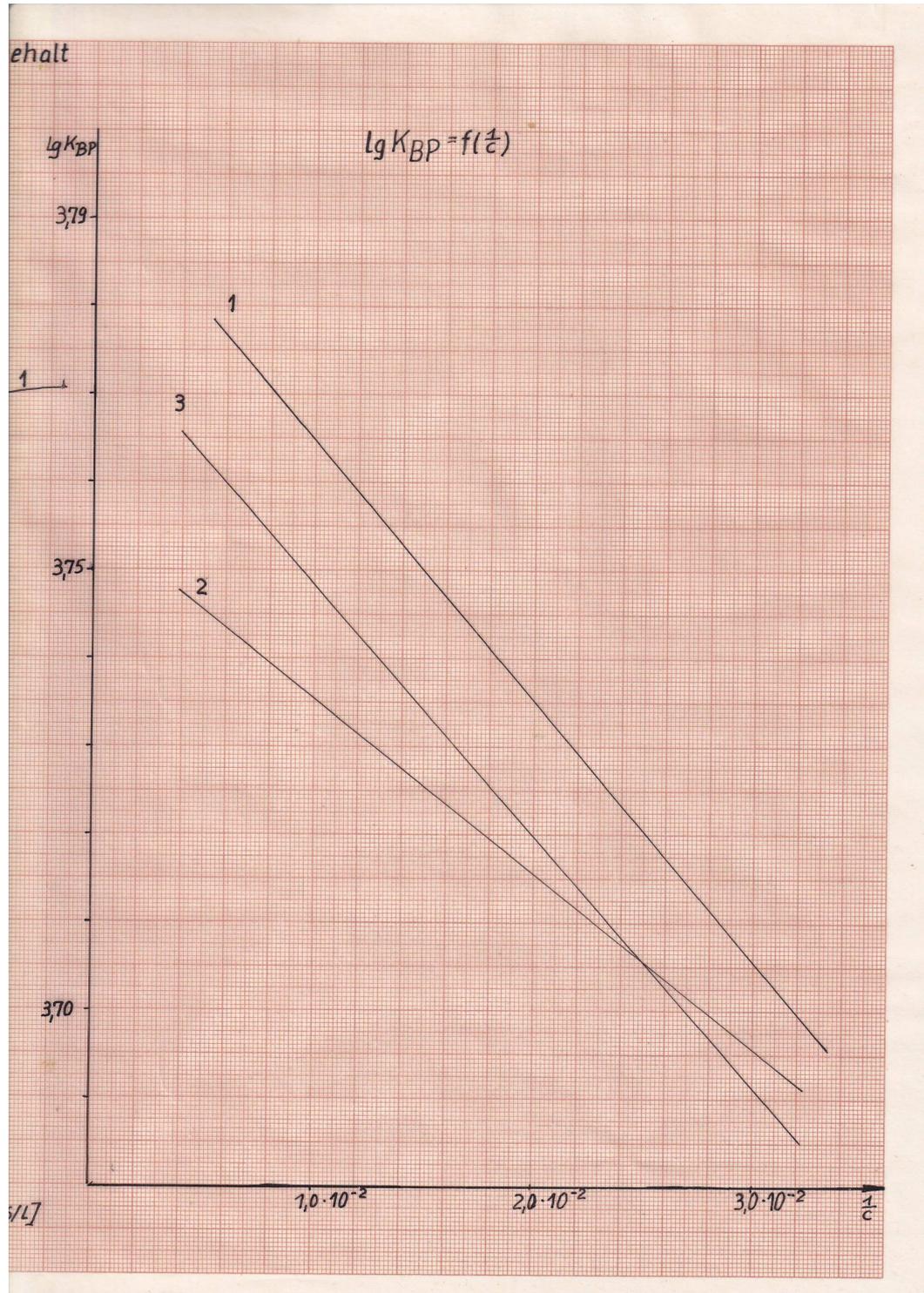


Abb. 7: Das Verhältnis des Betriebspreises zum Trockenmassegehalt (rechte Seite)



In der Abbildung 8 werden die Investitions- und MTA-Kosten in Abhängigkeit von der Konzentration der verheften Molke zeichnerisch dargestellt.

Am kostengünstigsten ist die Eindampfung vor der Fermentation. Hier können die Investitionskosten gegenüber der Basisvariante um 1,2 % unterschritten werden. Dies trifft für die Variante 4 zu. Die Variante 10 ist ein theoretischer Wert und in der Praxis zur Zeit noch nicht anwendbar.

Die Eindampfung vor und nach der Fermentation erreicht bei einer Konzentration von ca. 100 g TS/l ihre geringsten Investitionskosten, die mit etwa 1,3 % über denen der Basisvariante liegen.

Die Investitionskosten der Eindampfung nach der Fermentation liegen mit etwa 10 % über denen der anderen Varianten. Das Sinken der Investitionskosten mit steigender Aufkonzentrierung hat seine Ursache in der Dimension der Stapelbehälter, Thermolyse und Fermentation. Dies ist im Kurvenverlauf der MTA (Abb. 8) deutlich erkennbar.

In der Abb. 9 ist das Verhältnis der Konzentration zu dem prozentualen Energieanteil der Selbstkosten und das Verhältnis der Energiekosten zur Konzentration an verhefter Molke dargestellt. Der Kurvenverlauf zeigt, daß bei steigender Konzentration ein höherer Energiebedarf zu verzeichnen ist. Erst bei einer Konzentration von 100 g TS/l ist nur noch ein geringfügiger Anstieg festzustellen.

Zusammenfassend kann folgende Betrachtung erfolgen:

1. Bei der thermischen Aufkonzentrierung der verheften oder unverheften Molke steigen die Betriebskosten stark an. Sie betragen z. B. bei einer Verdoppelung der Konzentration zwischen 121 % bis 126 %. Dies ist so groß, daß eine Aufkonzentrierung durch Eindampfung gegenwärtig nicht ökonomisch sinnvoll ist, wenn nicht z. B. durch eine Transportoptimierung eine solche Einsparung erreicht wird, die den hohen Aufwand kompensiert.
2. Einen wesentlichen Einfluß auf den höheren Betriebspreis haben die technologischen Gesamtkosten mit ihrem großen Energieanteil, der zusätzlich durch die thermische Aufkonzentrierung bestimmt wird.

Abb. 8: Grafische Darstellung der Invest- und MTA-Kosten

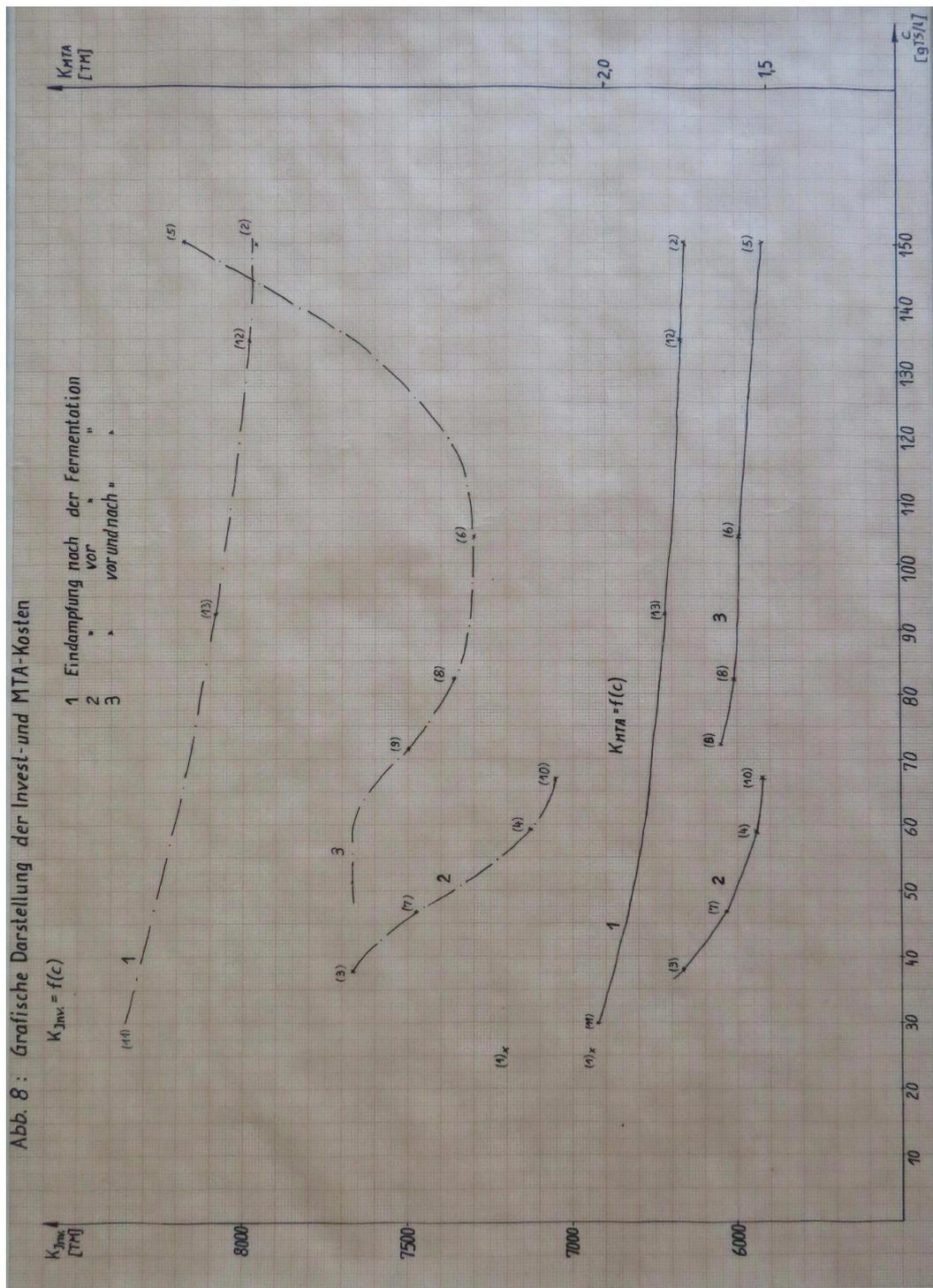
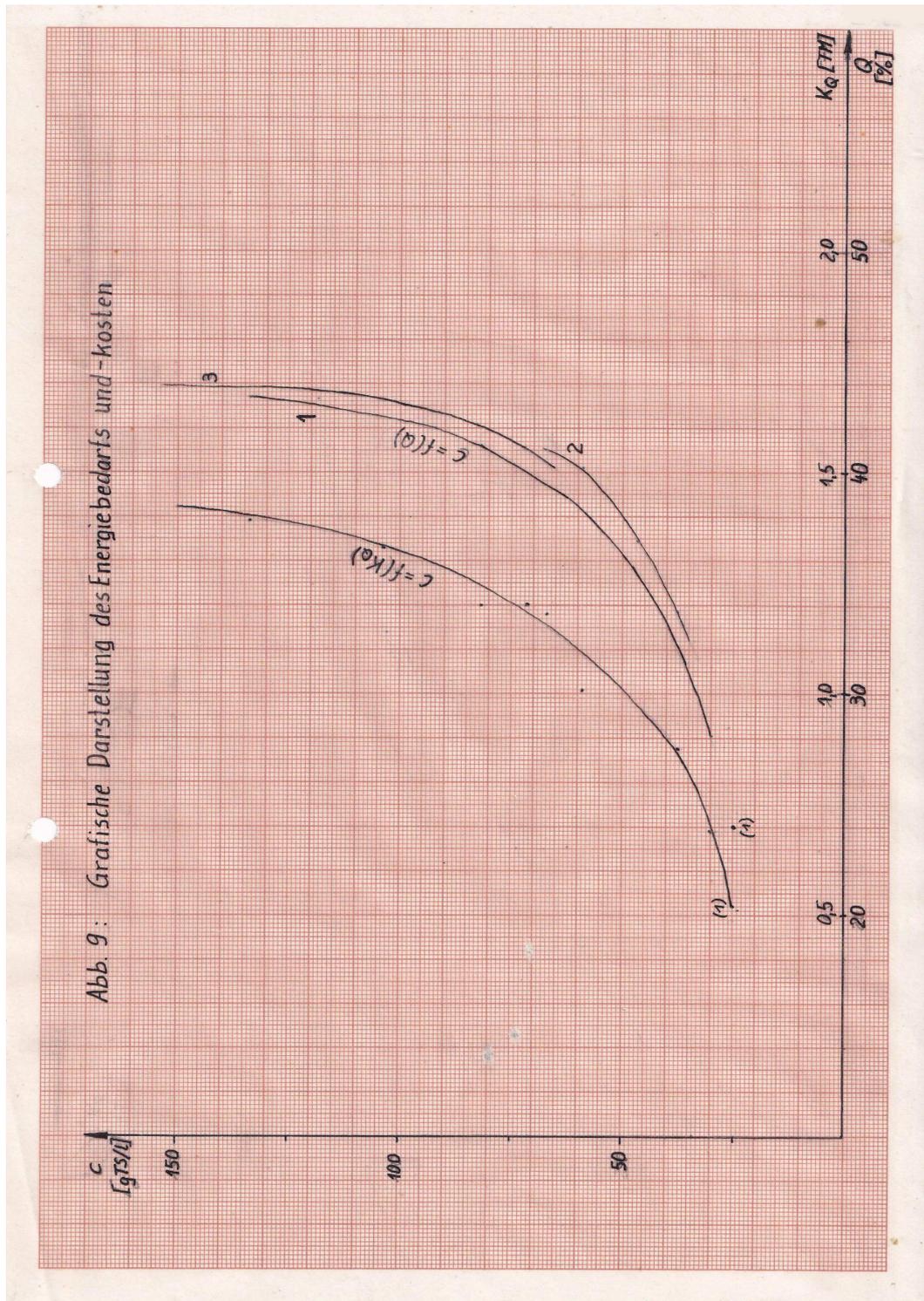


Abb. 9: Grafische Darstellung des Energiebedarfs und -kosten



3. Durch die Aufkonzentrierung der verdünnten Labmolke vor der Fermentation kann eine bessere Auslastung der Leistungsparameter des CLG-Tauchstrahlfermentors erreicht werden. Dies wirkt sich günstig auf die Ökonomie aus, so daß gegenüber der Aufkonzentrierung nach der Fermentation die laufenden Kosten um 5,2 % und die einmaligen Kosten um 13,7 % niedriger sind.
4. Die Variante 3 mit der Konzentration von 37,5 g TS/l ist die günstigste Variante nach der Konzeption. Sie benötigt die kleinste zusätzliche Energiemenge. Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann die Fermentorwärme sowie das Brüdenkondensat genutzt werden, um so einen Teil des Energiebedarfes zu decken. Bei den anderen Varianten ist das Angebot an Fermentorwärme gleichgroß, jedoch ist bei ihnen der Bedarf wesentlich höher, so daß die Erweiterung des Dampferzeugers in Mügeln von vornherein notwendig ist.
5. Bei der Variante 3 entspricht der TS-Gehalt in etwa der Molke, die in Seelow vorliegt. Es kann daher ohne Schwierigkeiten die Hefemischkultur Anwendung finden.

5. Optimierung des Transportes der verheften Molke an die Abnehmer

5.1. Allgemeines

Die Aufkonzentrierung der verheften Molke sollte nur dann erfolgen, wenn eine Notwendigkeit z. B. Verlängerung der Haltbarkeit oder eine Einsparung beim Transport zum Abnehmer vorliegt bzw. erreicht wird.

Eine Optimierung des Transportaufwandes durch einen Rundfahrzyklus und gleichzeitige Minimierung des Transportvolumens durch die Aufkonzentrierung des Endproduktes kann zur Senkung der Gesamtkosten (BP und Transportkosten) führen. Diese Möglichkeit soll untersucht werden.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich alle erforderlichen Angaben einzuholen, daher ist es nicht ausgeschlossen, daß Abweichungen auftreten können.

Als Grundlage zur Berechnung der Transportaufwendungen von verhefter Molke dienen die Angaben der LPG Alt-Tucheband (1982), die täglich 3,6 t über eine Entfernung von 17 km abnimmt. Von anderen LPG-en liegen keine Berechnungen der Transportaufwendungen vor.

Bei der Abnahme der verheften Molke in Mügeln treten Konsumtionsschwankungen auf. Es liegt eine Differenz zwischen der Abnahmemenge und dem Molkenanfall in der Käserei vor. Um eine ständige Umrechnung zu vermeiden, wird die Abnahmemenge mit dem Molkenanfall gleichgesetzt.

5.2. Betrachtung der derzeitigen Transportaufwendungen im Vergleich zum Rundfahrtzyklus

Derzeit betreiben die LPG-en (Abnehmer) als Transportmittel die Typen W 50, B 4000, ZT 300 und URSUS, die alle mit DK betrieben werden. In der nachfolgenden Tabelle 14 wird der Durchschnittsverbrauch an DK bei den genannten Nutzfahrzeugen anhand einer Richtnorm ermittelt.

Nach Angaben von LANGE kann mit den Mittelwerten gerechnet werden, da die LPG diese 4 Fahrzeugtypen nutzen. (/5/ S. 55)

Tabelle 14: DK-Verbrauch der Fahrzeugtypen /5/

Lfd. Nr.	Fahrzeugtyp	DK-Verbrauch leer [l/100 km]	DK-Verbrauch unter Last [l/100 km]
1.	W 50	17,1	21,9
2.	S 4000	16,2	20,9
3.	ZT 300	25,7	32,3
4.	URSUS	18,1	23,8
	Mittelwert	19,3	24,8

In der Zusammenstellung (Tabelle 15), nach Angaben von DORNAU /36/ vom 12.8.82, wird der wöchentliche DK-Verbrauch von 425 l ermittelt. Bei den Kilometerangaben für die Transportentfernung mußte jedoch eine Angleichung an die Angaben von STARKE (/5/ S. 53) erfolgen.

In der Tabelle 16 wird der gesamte Transportaufwand der LPG-en auf der Grundlage der Angaben der LPG Alt-Tucheband im Verhältnis angegeben. Die Gesamtkosten für den Transport von 590 t Molke pro Woche betragen 2500,00 M. Erfolgt eine durchschnittlich höhere Abnahme durch die Verbraucher, wobei 740 t zugrunde gelegt werden, so würden die Gesamtkosten

$$\begin{aligned} 590 \text{ t} : 2500 \text{ M} &= 740 \text{ t} : x \\ x &= \underline{3136,00 \text{ M}} \end{aligned}$$

ca. 3100,00 M betragen.

Nach dem Optimierungsschema (Tab. 17) wird der kürzeste Rundfahrzyklus nach Abb. 10 ermittelt. Auf der Grundlage der in Tab. 19 festgelegten Abnahmemengen und mit Hilfe der Abb. 10 werden folgende Abnahmemöglichkeiten ausgewählt.

1. Bei Anwendung der Variante 2 ist die tägliche Belieferung der Abnehmer möglich. Die Fahrstrecke beträgt 676 km/Woche.
2. Es werden die großen Abnehmer wie Gallschütz, Schrebitz, Niedergoseln und gleichzeitig Auerschütz aller 2 Tage beliefert. Alle anderen Orte werden in einem 2-Tage-Zyklus beliefert, der wie folgt aussieht: Mügeln - Liptitz - Reckwitz - Luppä - Cavertitz - Laas - Schirmitz - Gaunitz - Oschatz - Wadewitz - Lonnewitz - Mügeln mit 87,5 km. Die andere Strecke hat eine Länge von 20 km. Das ergibt eine durchschnittliche Strecke 376 km pro Woche.
3. Bei der Variante 4 müssten 2 Tankfahrzeuge zum Einsatz kommen. Es könnte folgender Transport erfolgen: Liptitz, Reckwitz und Luppä aller 2 Tage (19 km/d), Gallschütz aller 2 Tage (7 km/d), Niedergoseln, Auerschütz und Schrebitz jeden Tag (15 km/d) und die anderen Abnehmer in einem Zyklus jeden Tag (74 km/d). Das ergibt eine Fahrstrecke von 714 km/Woche.

Tabelle 15: Ermittlung des DK-Verbrauches zum Transport der Molke von der Käserei Mügeln an die Abnahmebetriebe (Stand: 12.8.82)

Nr.	Abnahmebetrieb	Beladung von Molke		Ladekapazität [t]	Anzahl Fahrten pro Woche	Entfernung hin und zurück	DK-Verbrauch	
		tägl. [t]	wöche. [t]				pro Fahrt [l]	Woche [l]
1.	LPG (T) Liptitz	7,8	39,0	3	13	24	5,3	68,9
2.	LPG „Th.-Müntzer“ Gallschütz	15,6	78,0	6	13	14	3,1	40,3
3.	LPG „R.-Weinert“ Schrebitz	5,0	42,0	6	7	10	2,2	15,4
4.	ISZ Niedergoseln	25,7	180,0	10	18	4	0,9	16,2
5.	SMA Lonnewitz	13,0	65,0	7	10	20	4,4	44,1
6.	VEG Mügeln, Reckwitz	6,0	24,0	6	4	24	5,3	21,2
7.	LPG „Eintracht“ Luppa	9,0	45,0	9	5	32	7,1	35,5
8.	LPG „E.-Thälmann“ Laas	8,0	40,0	8	5	42	9,3	46,5
9.	LPG „Th.-Müntzer“ Oschatz	2,7	8,1	2,7	3	20	4,4	13,2
10.	LPG „Neues Leben“ Borna, Wadewitz	5,8	17,4	5,8	3	30	6,6	19,8
11.	LPG „Vorwärts“ Außig, Schirmitz	5,0	20,0	5,0	4	50	11,0	44,0
12.	VEG (2) Cavertitz	4,5	18,0	4,5	4	48	10,6	42,4
13.	LPG „Th.-Müntzer“ Gallschütz, Betr,-teil Auerschütz	2,5	7,5	2,5	3	14	3,1	9,3
14.	LPG „E.-Thälmann“ Oschatz, Gaunitz	6,0	6,0	6,0	1	32	7,1	7,1
	Summe		590,0					423,9

Tabelle: 16: Berechnung der Transportaufwendungen für die Abnahme der verdünnten Labmolke Mügeln

Abnehmer	Kostenarten DK-Menge [l/W]	DK-Kosten [1,40 M/l]	Hilfsmaterial [M]	Arbeitszeit pro VbE [h/W]	Lohnkosten [3,90 M/h]	Zuwendung für indiv. Fläche	Abschr. pro Woche [2,18 M/h]	Instandhaltg. Reparat. (umrechn. Lstg. Traktor 2 M/h)	Leistungsge- meinkosten 30 % von 3., 4., 7., 8., 9.	Ge- mein- kosten Lohn- zuschlag 25 %	Gesamtkosten [M/W]
Liptiz	68,9	96,46	10,19	23,4	91,26	17,04	51,00	46,80	66,45	22,82	402,02
Gallschütz	40,3	56,42	5,96	16,3	63,57	11,87	35,53	32,60	42,71	15,89	264,55
Schreibitz	15,4	21,56	2,28	9,3	36,27	6,77	20,27	18,60	20,84	9,07	135,66
Niedergoseln	16,2	22,68	2,40	20,4	79,56	14,86	44,47	40,80	37,56	19,89	262,62
Lonnewitz	44,1	61,74	6,52	16,7	65,13	12,16	36,16	33,40	45,07	16,28	276,71
Rechwitz	21,2	29,68	3,14	7,2	28,08	5,24	15,70	14,40	20,45	7,02	123,71
Luppa	35,5	49,70	5,25	10,3	40,17	7,50	22,45	20,60	31,65	10,04	187,36
Laas	46,5	65,10	6,88	12,0	46,80	8,74	26,16	24,00	39,26	11,70	228,67
Oschatz III	13,2	18,48	1,95	5,0	19,50	3,64	10,90	10,00	13,49	4,88	82,84
Wadewitz	19,8	27,72	2,92	6,0	23,40	4,37	13,08	12,00	18,03	5,85	107,37
Schirmenitz	44,0	61,60	6,51	8,0	31,20	5,45	17,44	16,00	32,10	7,80	178,40
Cavertitz	42,4	59,36	6,27	8,0	31,20	5,45	17,44	16,00	31,36	7,80	174,88
Aueschütz	9,3	13,02	1,38	4,4	17,16	3,20	9,59	8,80	10,80	4,29	68,24
Gaunitz	7,1	9,94	1,05	2,1	8,19	1,52	4,59	4,20	6,39	2,03	37,92
											2530,95 (3100)
Transportoptimierung											
Variante 2	149	208,60	23,67	75	292,50	-	163,50	150,00	168,33	73,13	1079,73
Variante2a	83	116,20	12,28	44	171,60	-	95,92	88,00	93,72	42,90	620,62
Variante3	245	340,00	50,00	112	437,00	-	244,00	144,00	257,00	109,0	1661,00
Variante 4	177,5	248,50	36,76	91	354,90	-	198,39	182,00	199,70	88,73	1308,98
Grenzwert	0,3	0,48	0,05	0,03 h/km	0,12	-	0,07	0,06	0,18	0,03	0,96 M/km

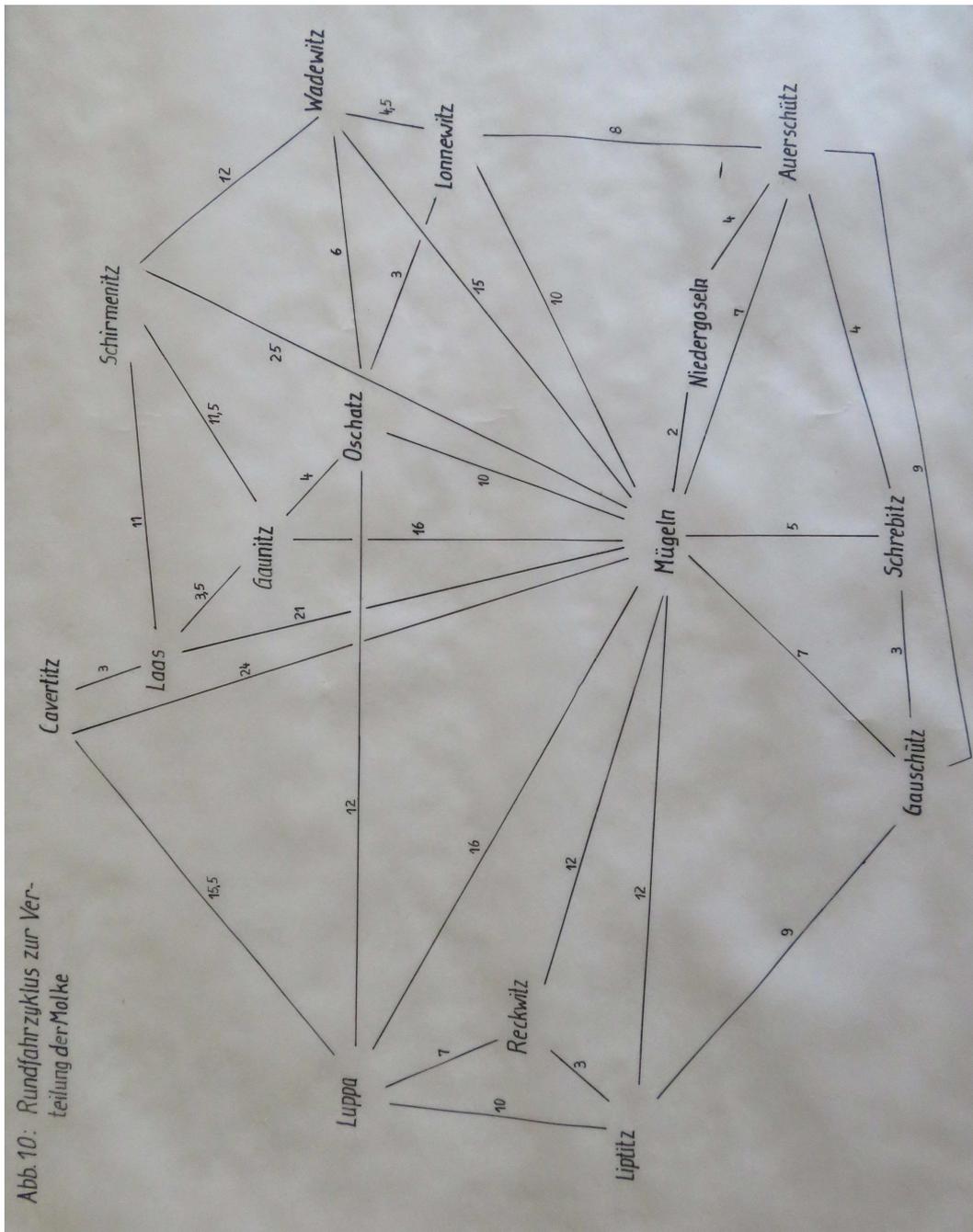


Tabelle 19: Verhältnis der täglichen Molkenabnahme bei verschiedenen Varianten bezogen auf die Abnahmemenge 740 t/Woche zu 590 t/Woche

Nr.	Ort	Molkenanfall wöchentlich laut Abnahmeliste 590 t/Woche [t/d]	verhefte Molke Variante 1 bezogen auf 740 t/Woche [t/d]	verhefte Molke Variante 2, 5 bezogen auf 121,7 t/ Wo. [t/d]	verhefte Molke Variante 3 bezogen auf 497,8 t/Wo. [t/d]	verhefte Molke Variante 4 bezogen auf 318,4 t/Wo. [t/d]
1.	Liptitz	5,57	6,99	1,15	4,70	3,01
2.	Gallschütz	11,14	13,98	2,30	9,40	6,01
3.	Schreibitz	6,00	7,53	1,24	5,06	3,24
4.	Niedergoseln	25,71	32,25	5,30	21,70	13,88
5.	Lonnewitz	9,29	11,65	1,92	7,83	5,01
6.	Reckwitz	3,43	4,30	0,71	2,89	1,85
7.	Luppa	6,43	8,06	1,33	5,42	3,47
8.	Laas	5,71	7,17	1,18	4,82	3,08
9.	Oschatz III	1,16	1,45	0,24	0,98	0,62
10.	Wadewitz	2,49	3,12	0,51	2,10	1,34
11.	Schirmenitz	2,86	3,59	0,59	2,41	1,54
12.	Cavertitz	2,57	3,28	0,53	2,17	1,39
13.	Auerschütz	1,07	1,34	0,22	0,90	0,58
14.	Gaunitz	0,86	1,08	0,18	0,84	0,46

4. Bei der Variante 3 kann auf Grund des hohen Molkenanfalles nur eine teilweise Optimierung der Rundfahrt erfolgen.

In Tabelle 16 wurden die Transportkosten errechnet. Es wird deutlich, daß die Einsparung bei der Transportoptimierung z. B. durch die Aufkonzentrierung im Verhältnis zu den Mehraufwendungen bei dem Fermentationsprozeß wesentlich geringer sind. Die Tabelle 20 zeigt eine Gegenüberstellung.

Tabelle 20: Gesamtkosten der verheften Molke für den Abnehmer

Variante	BP [M/t _{TS}]	Transportkosten [M/t _{TS}]	Gesamtkosten [M/t _{TS}]	Kostenerhöhung d. BP zur Transporteinsparung	Kostenerhöhung [%]
1	4316	170	4490	-	0
2	5972	35	6010	12,3 : 1	33,8
3	5045	90	5140	9,1 : 1	14,5
4	5245	70	5320	9,3 : 1	18,5
5	6102	35	6140	13,2 : 1	36,7

Die Abnehmer am Beispiel Mügeln haben verhältnismäßig kurze Transportstrecken. Ist der Transportweg wesentlich länger, so dürfte sich das Verhältnis zwischen Transportminimierung und den zusätzlichen Herstellungskosten durch die Aufkonzentrierung der verheften Molke verbessern.

5.3. Ermittlung des Grenzwertes für den Transportweg von verhefter Molke mit unterschiedlichem TS-Gehalt

Anhand der Tabelle 20 läßt sich erkennen, daß auf kurzer Transportstrecke eine Minimierung des Transportaufwandes durch die Aufkonzentrierung der verheften Molke, diese nur einen unwesentlichen Einfluß auf den Gesamtpreis hat.

Durch die Grenzwertberechnung wird bestimmt, ab welcher Entfernung (Erzeuger zu Abnehmer) eine Aufkonzentrierung der verhefteten Molke ökonomisch sinnvoll werden kann, da einige LPG in der Republik in wesentlich größerer Entfernung zum Lieferer liegen.

Bei der Berechnung wirken zusätzliche Faktoren, die nicht berücksichtigt werden. Es wird von folgendem Gesichtspunkt ausgegangen:

- Die Betriebspreise verhefter Molke pro Tonne mit unterschiedlicher Konzentration sind gegeben (konstante Kosten).
- Die Transportkosten werden auf Mark/km ermittelt und zählen als variable Kosten (berechnet auf Hin- und Rückfahrt).

In Tab. 16 werden unter GW (Grenzwertbestimmung) die Transportkosten für ein Fahrzeug mit ca. 18 t Nutzlast für die Strecke von 1 km berechnet. Sie betragen 0,96 M je km.

Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$n = \frac{K_{\text{Basis}} - K_{\text{Variante}}}{K_{\text{TVariante}} - K_{\text{TBasis}}}$$

In Tabelle 21 erfolgt die Berechnung der Grenzwerte der Varianten 1 bis 5.

Tabelle 21: Grenzwert des Transportweges

Variante	BP [M/t]	1 [M/t]	2 [M/t]	3 [M/t]	n [km/t]
Basisvar.	110	-	-	-	-
2	920	-810	6,09	-4,89	165
3	190	-80	1,48	-0,46	173
4	310	-200	2,33	-1,28	157
5	940	-830	6,09	-4,89	170

1 $BP_{\text{Basis}} - BP_{\text{Variante}}$

2 $x = g \text{ TS}/l_{\text{Variante}} / g \text{ TS}/l_{\text{Basis}}$

3 $K_{\text{TVariante}} - K_{\text{TBasis}} \cdot x$

Aus dem Ergebnis läßt sich ableiten, daß eine Aufkonzentrierung der verheften Molke erst dann interessant wird, wenn der Transportweg über 80 km lang ist. Entsprechend der Ladekapazität der LKW's treten hier Abweichungen auf, die jedoch für allgemeine Aussage eine untergeordnete Rolle spielen.

Die bei der Optimierung und beim Transportaufwand ermittelten Größen sind theoretische Werte, die bei einer praktischen Anwendung unbedingt vorher überprüft werden müssen, da hier Veränderungen auftreten können.

6. Zusammenfassung

Entsprechend der Aufgabenstellung wurde die für den Standort Mügeln (DDR) konzipierte Molkenverhefungsanlage mit nachfolgender Naßproduktabgabe an die Schweinemast verfahrensseitig mit dem Weltstand verglichen und nach neuen technologischen Varianten zur Aufkonzentrierung der verdünnt anfallenden Roh- bzw. verheften Molke gesucht.

Diese Varianten wurden unter Einbeziehung des Transportzyklusses der verheften Molke zu den Verbrauchern technisch und ökonomisch bewertet und nach den Kennziffern des einmaligen und laufenden Aufwandes zur Basis und miteinander verglichen.

Im Weltstandvergleich wurde festgestellt, daß die Merkmale der bisher konzipierten oder schon realisierten Verfahren und Anlagen von einer Aufarbeitung der verheften Molke zu einem Trockenprodukt ausgehen.

Gegenüber der Mügelner (wie auch der realisierten Seelower oder Rathmannsdorfer) Variante der Naßverfütterung sind diese Anlagen wegen den zu hohen Aufwandes nicht akzeptabel.

Lediglich das Uhds-Einfachverfahren kommt den in der DDR realisierten kostengünstigen Verfahren näher, wobei bei Uhde ein Fermentor mit ungünstigen Parametern eingesetzt wird. Durch die konkrete Standortsituation in Mügeln mit Anfall von verdünnter Labmolke wurde dennoch Untersuchungen zur Abgabe von aufkonzentrierter, nasser, verhefter Molke notwendig.

Im Rahmen der Suche nach weiteren technischen Realisierungsmöglichkeiten wurden Varianten der Aufkonzentrierung der verdünnten Rohmolke vor der Fermentation konzipiert. Nach diesen Möglichkeiten, wird der anfallende Rohstoff mit hohem Wassergehalt nicht unmittelbar verheft, sondern es erfolgt eine vorherige Aufkonzentrierung bis zu einer für den Fermentor ökonomischen Leistungsgrenze.

Es wurden zum ökonomischen Vergleich folgende Varianten konzipiert (Abb. 5):

- Basisvariante (zum Vergleich) - Naßproduktabgabe ohne Aufkonzentrierung
- Variante 2 (zum Vergleich) - Aufkonzentrierung nach der Fermentation durch EDA
- Varianten 3/4 - Aufkonzentrierung vor der Fermentation
- Variante 5 - Aufkonzentrierung vor und nach der Fermentation

In den weiteren Varianten 6 bis 13 wurden verschiedene Stufen der Aufkonzentrierung durch Eindampfanlagen untersucht. Der technisch-ökonomische Vergleich dieser Varianten erbrachte folgende Ergebnisse:

1. Die Transportaufwendungen verhalten sich zu den Aufwendungen zur Molkenverheftung in der Basisvariante wie 1 zu 25. Damit ist von vornherein klar, daß bei allen Varianten zur Aufkonzentrierung der Molke die Kosten nicht ansteigen dürfen, da die Kosteneinsparungen im Transportbereich sehr geringen Einfluß haben.
2. Die Berechnungen zur Aufkonzentrierung nach der Fermentation erbrachten die Bestätigung der Kostenerhöhung, d. h. die zusätzlichen Aufwendungen zur Eindampfung konnten bei weitem nicht von den Einsparungen im Transportbereich kompensiert werden. Die Kostenerhöhung verhalten sich gegenüber den Einsparungen im Transportbereich wie 12 zu 1.

3. Die Berechnungen zur Aufkonzentrierung vor der Fermentation erbrachten zumindest für die einmaligen Aufwendungen einen überraschenden Effekt, nämlich im Falle der vollständigen Auslastung der Leistungsfähigkeit des Fermentors eine Minimierung des Investitionsaufwandes. Die laufenden Aufwendungen dazu erhöhten sich jedoch infolge des hohen Energieeintrages (Dampf) zur Aufkonzentrierung und zum Niederschlagen des Brühdampfes (durch Kühlwasser) in einem solchen Maße, daß nach dieser Kennziffer dieser Prozeß uneffektiv wird. Die Kostenerhöhungen verhalten sich gegenüber den Einsparungen im Transportbereich wie 9 zu 1.
4. Die Kopplung einer Aufkonzentrierung vor und nach der Fermentation erbrachte Aufwendungen, die zwischen den in Punkt 2 und 3 aufgeführten liegen.
5. Im Ergebnis einer Transportoptimierung wurden mit Hilfe der Grenzwertberechnung eine Transportstrecke von über 160 km ermittelt, ab welcher sich eine Aufkonzentrierung, unabhängig vom eingesetzten Verfahren, lohnt. Das bedeutet, daß der Erzeuger vom Verbraucher mindestens 80 km entfernt sein muß. Für den Standort Mügeln trifft das nicht zu.

Als Schlußfolgerung zu den Untersuchungen wird vorgeschlagen:

1. Die Aufkonzentrierung von verdünnten Abprodukten, wie z. B. Molke, vor der Fermentation ist eine Variante, welche in der Forschung weiter untersucht werden sollte.
2. Es sollte nach neuen Wirkprinzipien zur Aufkonzentrierung von verdünnten Abprodukten gesucht werden, um auch die Energieaufwendungen und die gesamten laufenden Aufwendungen zu minimieren.

Literaturverzeichnis

- /1/ Die Wirtschaft Nr. 3/1980, S. 27
- /2/ Direktive des X. Parteitages der SED zum Fünfjahrplan für die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR in den Jahren 1981 bis 1985, Dietz-Verlag Berlin 1981
- /3/ Skjabin, G.; Mikroben als Eiweißproduzenten, Prawda vom 10. März 1979
- /4/ Forschungsbericht zur Staatsplanaufgabe „Weiterentwicklung der Verfahrenslösung zur Fermentation von Molke auf Basis des Tauchstrahlfermentors“ im Kombinat Milchwirtschaft Frankfurt/Oder, Käsewerk Seelow - Frankfurt, 20.07.1983
- /5/ Starke, L.; HUB, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie, Bereich Technologie der milchverarbeitenden und Fettindustrie, Dipl.-Arbeit zur Molkeverhefung in der Molkerei Mügeln, 1984
- /6/ Hartmann, L.; Techn.-ökonomische Untersuchungen zur Molkeverhefung an einem zentralen Standort - Molkerei Rathmannsdorf der VdgB Molkerei e.G. Pirna, 1984
- /7/ Demmler, G.; Molkeneiweiß- und Molkenprodukte, Handbuch der Lebensmittelchemie Bd. III, Springer-Verlag Berlin u.a. 1968
- /8/ Püchner, K.; Studie zur Vorbereitung von Entscheidungen zum Einsatz von Molken für die mikrobielle Futtereiweißproduktion in der DDR, Institut für Technische Mikrobiologie, 1981
- /9/ Miethke, N., Dubrow, H.; Der heutige Stand der Molkeverhefung. Deutsche Molkerei- und Fettwirtschaft Bd. 37 (1944), S. 290, 291
- /10/ Wasser, M.; Molkenverwertung und vitaminreiche Molkenhefe, Chemiker 2 tg. Bd. 7 (1944), S. 120 -125
- /11/ Rose, A. H. (Hrsg.); Übersichtsarbeit über Molkefermentation, Übersetzung der Lit. Economic Microbiology - Teil 4 - Mikrobielle Biomasse aus Molke, Academie Press, London/New York/Sydney/ San Francisko, S. 208 bis 216
- /12/ Galsmar, J., Bermann, A.; Spray dring of whey, Sonderdruck AIS Niro Atomiser Kopenhagen, 1966
- /13/ Meyrath, J. Bayer, K.; Biomasse from Whey, Institut of Applied Mikrobiologie, University of Agriculture, Vienna, Austria, Econ. Microbiol. 1979, 4 (Microb. Biomass), S. 207 - 269

- /14/ Demmler, G.; Molkenverhefung nach dem Waldhof-Verfahren, Milchwiss. Bd. 5(1950), S. 11 - 17
- /15/ Müller, L. L.; Fermetation media Yeast products from Whey, Prozess Biochemistry (1969) pp. 21 -26
- /16/ Teuber, M., Moebus, D.; Molke als Prozeßwasser für die Produktion von SCP, Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH Braunschweig-Stöckheim - Mikrobielle Proteingewinnung und Biotechnologie, 2. Symposium, 1980, S. 87 -96
- /17/ ... Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH Braunschweig-Stöckheim - Mikrobielle Proteingewinnung und Biotechnologie, 2. Symposium, 1980, S. 98 ff.
- /18/ Kim, J. et. al. (Frankr.) Europ. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 1981 13 (4), S. 208 -212; 13 (3), S. 151 -154
- /19/ Cem. Ing.Techn. 56 (1984), Nr. 3, S. 244 -245
- /20/ Bernstein, Plaut; Ferments whey in yeast, Chem. Ing., March 17, 1975; Fodd Ing.; Nov. 74 - 75, 1977
- /21/ Reddy, Henderson u. Erdman, in App. and Envisonmental Microbiol., Dec. 1976, vol. 32, No. 6
- /22/ Fa. Uhde; Einfachverfahren zur Fermentation org. Rohstoffe, Firmenschrift
- /23/ Glättli, Blaue (Schweiz); Production of yeast biomass from whey, Milchwirtschaft, Forsch. 3:14, 1974
Hariu, Heikonen, Kreula; Nutrient supplementation of Swiss cheese whey for the production of feed yeast, Milchwirtschaft 31:530, 1976
- /24/ Deutsche Molkereizeitung 4/1985, S. 395
- /25/ Müller, H.; Verfahren zur Herstellung hoch eiweißhaltiger Nahrungs- und Futtermittel, DOS 2. 344. 317 (1974)
- /26/ Präve, P., Faust, U.; Sittig, W. et al.; Handbuch der Biotechnologie, Akademische Verlagsgesellschaft Wiesbaden, 1982
- /27/ Porter, M.C.; Application of membranes to enzyme isolation and purification, Biotechn. Bioeng. Symp., Nr. 3 (1972), S. 115 - 144
- /28/ Kosikowski, F. v.; Whey Utilisation and Whey Products, Cornell Univ. Itaca, Journal of Dairy Science, Vol. 62, Nr. 7, 1979
- /29/ Separation and Utilization of Whey Comonents, Japanes Journal of Dairy and Dairy and Food Scienes, Vol. 29, Nr. 1, 1980 (Jap.)
- /30/ Information der Abteilung Ingenieurökonomie des ITM
- /31/ Starke, L.; Thesen zur Diplomarbeit 1984

- /32/ Brief an Dr. Renk, FZTP, vom ITM am 15.12.1983 zur volkswirtschaftlichen Effektivität der Molkenverhefung
- /33/ Kluge, P.; Versuchsbericht zur Ultrafiltration von verhefter Molke, ITM 1982
- /34/ Buß, B.; Bericht über kleintechnische Versuche zur Separation von Fermentorabläufen der Molkenverhefung (Anlage Seelow), ITM 1982
- /35/ Knoblauch: Eindampfung von verhefter Molke in der Fallfilmeindampfanlage (Versuchsbericht), VEB Chemieanlagenbau Erfurt-Rudisleben, Technikum, 1982
- /36/ Technisch-ökonomische Untersuchungen zur Energetischen Optimierung des Verfahrens unter Einbeziehung des Energiebedarfes für den Abtransport der verheften Molke zu den Verbrauchern, ITM 1982

Weitere verwendete Literatur

- Rauch, K.; Umkehrosiose und Ultrafiltration als wirtschaftliche Verfahrensschritte, Dissertation 1978
- Teuber, M.; Grundriß der praktischen Mikrobiologie für das Molkereifach, Molkereitechnik Bd. 59/60, Verlag Th. Mann, 1983
- Fiechter, A.; Microbes and Engeneering Aspects, Akademie-Verlag Berlin 1982
- Whey- an im portant potential protein sourse, FAO monthly bullatin of agricultural economica and statistics, Bd. 23 No. 4, S. 12 - 13, 1974
- Speer; Technologie der Milchverarbeitung, 4. Aufl., Fachbuchverlag Leipzig, 1984
- Heirich, R.; Unser täglich Brot - Ökonomie aktuell, Dietz-Verlag Berlin, 1985
- Rehm, H. J. et al.; Biotechnologie Bd. III, Verlag Chemie 1983
- Rautenbach, R.; Membranverfahren zur wirtschaftlichen Aufarbeitung von Molken, Westdeutscher Verlag, 1978
- Bernstein u. a.; The Commercial Fermentation of Ceese Whey for the Produktion of Protein and/or Alkohol, Amber Laboratories Division, Wisconsin, USA, 1977
- Lembke, Moebus, Großhoff; Technologische und technische Grundlagen der Herstellung von Einzellerprotein aus Abfallstoffen der Molkereien, Sdrh. Ber. Ldw. 192 (1975), S. 541 - 570

- Moebus, Lembke; Die Erzeugung von biosynthetischem Eiweiß aus landwirtschaftlichen Abfallstoffen, insbesondere Molke (Forschungsbericht), Kieler Milchwirtschaft, Hildesheim 27 (1975) 1
- Winter, J.; Wissenschaftliche Grundlagen der Molketrocknung Applikation naturwissenschaftlicher und verfahrenstechnischer Grundlagen für die technologischen Verfahren der Molketrocknung, Dissertation 1978
- Hegelwald, N.; Analyse von Fermentationsprozessen, Dissertation 1982
- Sozialistische Betriebswirtschaft, Industrie; Fachschullehrbuch für Ökonomie, Verlag die Wirtschaft, 1982
- Gbl. Teil I, Ne. 8 1982, Anordnung über Rahmenrichtlinie für die Ermittlung, Planung, Kontrolle und Abrechnung der Effektivität der Maßnahmen des wiss.-techn. Fortschrittes

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
1. Technologisches Schema zur Molkenverhefung	10
2. Membranprozeß für die Molkenaufbereitung als Fließschema	22
3. Wöchentlicher Molkenanfall in der Käserei Mügeln über 5 Tage bei gleichzeitiger kontinuierlicher Abnahme über 7 Tage für den Fermentationsprozeß	32
4. Molkenverhefungsanlage Mügeln	33
5. Varianten zur Aufbereitung der verheften Molke	49
6. Weitere Varianten zur Aufkonzentrierung der verheften Molke	65
7. Das Verhältnis des Betriebspreises zum Trockenmassegehalt	74
8. Grafische Darstellung der Investitions- und MTA-Kosten	76
9. Grafische Darstellung des Energiebedarfs und -kosten	77
10. Rundfahrtzyklus zur Verteilung der Molke	84

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
1. Inhaltsstoffe der Molke und der Milch	11
2. Liste der Hauptausrüstungen und Lieferkosten	35
3. Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten für die Konzeption	38
4. Liste der Umlaufmittel	39
5. Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises	41
6. Größenauslegung der Zwischenstufen des Fermentationsprozesses der Varianten 2 bis 5	54
7. Liste der Hauptausrüstungen und Lieferkosten der Varianten 2 bis 5	56
8. Bestimmung der Gesamtinvestitionen für die Varianten 2 bis 5	61
9. Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebspreises der Varianten 2 bis 5	62
10. Liste der Hauptausrüstungen und Lieferkosten der Varianten 6 bis 13	66
11. Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten für die Varianten 6 bis 13	70
12. Vorkalkulation der Selbstkosten und des Betriebskostenpreises der Varianten 6 bis 13	71
13. Zusammenstellung wichtiger Parameter der Varianten 1 bis 13	73
14. DK-Verbrauch der Fahrzeugtypen	79
15. Ermittlung des DK-Verbrauchs zum Transport von Molke von der Käserei Mügeln an die Abnahmebetriebe (Stand 12.8.82)	81
16. Berechnung der Transportaufwendungen für die Abnahme der verdünnten Labmolke Mügeln	82
17. Optimierungsschema nach DCEY	83
18. entfällt	
19. Verhältnis der täglichen Molkeabnahme bei verschiedenen Varianten bezogen auf die Abnahmemenge 740 t/w zu 590 t/w	85
20. Gesamtkosten der verheften Molke für den Abnehmer	86
21. Grenzwerte des Transportweges	87

Erklärung

Ich erkläre, daß ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Leipzig, d. 4.11.85

Peter Rauch