

Hochschule Neubrandenburg  
Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften  
Studiengang Lebensmitteltechnologie

**Optimierung der Schnittkäseproduktion  
durch Verringerung von Inhaltsstoffschwankungen  
im Käse**

Diplomarbeit im Fachgebiet Käsereitechnologie

vorgelegt von:  
Janett Fliegel

Neubrandenburg, September 2009

URN: urn: nbn: de: gbv: 519-thesis 2009-0278-2

Verfasserin:

Janett Fliegel

Anfertigungszeitraum:

April 2009 bis September 2009

Gutachter:

Prof. Dr. – Ing. Heralt Schöne (Hochschule Neubrandenburg)

Dipl. – Ing. Hans-Martin Lohmann (Humana Milchindustrie GmbH)

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich all denjenigen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

- Herrn Prof. Dr. – Ing. Schöne, für die Betreuung seitens der Hochschule Neubrandenburg
- Herrn Dipl. – Ing. Lohmann, für die Betreuung seitens der Humana Milchindustrie GmbH Altentreptow
- Herrn Ing. Wittermans, für viele interessante Anregungen und die gute Zusammenarbeit in Altentreptow
- Ebenso bei allen Mitarbeitern der HMI in Altentreptow für die gute Zusammenarbeit und das äußerst angenehme Arbeitsklima
  
- Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, die mich während des Verfassens dieser Arbeit in jeder Hinsicht unterstützt haben.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die aufgeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

Die vorliegende Arbeit wurde keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Neubrandenburg, den 29.09.2009

Janett Fliegel

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Entwicklung des Schnittkäsewerkes Altentreptow	4
1.2	Käse und Käseausbeute	7
1.3	Hergestellte Käsesorten in Altentreptow	9
1.4	Ziele der Diplomarbeit	10
<b>2</b>	<b>Stand der Wissenschaft und Technik</b>	<b>11</b>
2.1	Die Ultrafiltration	11
2.1.1	Filtrationsgrundlagen	12
2.1.2	Prinzip der Ultrafiltration	13
2.2	Technologie der Labkäseherstellung	15
<b>3</b>	<b>Istzustandsanalyse</b>	<b>18</b>
3.1	Die Standardisierung der Kesselmilch	18
3.1.1	Auswirkungen auf die Trockenmasse	21
3.1.2	Untersuchung der Fett/Eiweiß-Verhältnisse	23
3.1.3	Untersuchung der Wasserspülungen auf die Inhaltsstoffe der Kesselmilch	24
3.2	Die Käsefertiger-Pressen-Trennung	26
3.2.1	Das Modell der Pressenverschiebung	33
3.3	Die Bruchpuffertanks	35
3.4	Das Salzbad	39
3.4.1	Der pH-Wert im Käse vor dem Salzbad	39
3.4.2	Der Salzgehalt im Käse	44
3.5	Die Kulturenaktivität	47
3.6	Störungen im Produktionsprozess	52
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>54</b>
4.1	Versuchsplanung	54
4.2	Versuchsdurchführung	56
4.2.1	Visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung	56

---

4.2.2	Analytische Käsefertiger-Pressen-Trennung	58
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	61
5.1	Ergebnisse der visuellen Käsefertiger-Pressen-Trennung	62
5.2	Ergebnisse der analytischen Käsefertiger-Pressen-Trennung	65
5.3	Ergebnisse der Bruchpuffertankkühlung	71
5.4	Diskussion der Ergebnisse	74
5.5	Statistische Methoden zum Datenabgleich	77
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	78
<b>7</b>	<b>Optimierungsvorschläge</b>	81
<b>8</b>	<b>Abstract</b>	83
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	84
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	85
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	87
<b>12</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	88
<b>13</b>	<b>Anlagen</b>	89

## 1 Einleitung

Hintergrund dieser Diplomarbeit, die im Zeitraum von April bis September 2009 angefertigt wurde, ist das verstärkte Auftreten inhaltsstofflicher Schwankungen im Schnittkäse. Vor allem betroffen, sind die Trockenmasse sowie der Salzgehalt im Käse. Die Arbeit konzentriert sich auf die Schwankungen der Trockenmasse. Die Humana Milchindustrie GmbH aus Altentreptow besitzt großes Interesse daran die Ursachen für die Trockenmasseabweichungen systematisch zu erfassen. Dafür werden die Prozesse der vollautomatisierten Schnittkäseproduktion vom Standardisieren der Käsereimilch über die Käsefertiger bis zum Endprodukt durchleuchtet, mit dem Ziel maximal mögliche Käseausbeuten bei gleichzeitiger Sicherstellung der Normen zu erreichen. Den Maßstab für die Käsequalitäten im Betrieb bilden die Normen. In Tabelle 1 sind die erzielten Trockenmassen zusammen mit den jeweiligen Standardabweichungen im Käse von April und Mai 2009 unter Berücksichtigung der geltenden Normen aufgelistet:

Tab. 1: Trockenmasseschwankungen von April und Mai 2009 im Vergleich zur Norm

Käsesorte	Trockenmasse-Norm	Trockenmassen im April 2009	Trockenmassen im Mai 2009
Gouda 48 % B – F	<b>57,50</b>	57,38 ± 0,646	57,12 ± 0,587
Butterkäse 45 %	<b>56,00</b>	55,86 ± 0,596	55,89 ± 0,508
Edamer 40 %	<b>54,50</b>	54,06 ± 0,446	54,23 ± 0,350
Edamer 30 %	<b>51,50</b>	51,33 ± 0,400	51,63 ± 0,400
Gouda 48 % Rund	<b>58,00</b>	57,88 ± 0,420	57,47 ± 0,456

## 1.1 Entwicklung des Schnittkäsewerkes Altentreptow

Die Entwicklung des Milchwerkes in Altentreptow bis zur heutigen Humana Milchindustrie GmbH begann am 18. Januar 1991 mit der Gründung der Westmilch Milchunion Mecklenburg-Vorpommern GmbH. Die Westmilch Milchunion übernahm durch Pachtung der vorhandenen Molkereien die Verantwortung für die Produktion und Vermarktung aller Erzeugnisse. Ziel sollte es sein ein modernes und neues Milchwerk durch Zusammenfassen aller Aktivitäten und finanzieller Mittel zu schaffen. Nachdem die ausreichende Rohstoffanlieferung mit Fünf-Jahresverträgen gesichert werden konnte, seinerzeit etwa 280 Mio. kg/Jahr, wurde am 01. April 1994 mit dem Bau der neuen Betriebsstätte in Altentreptow begonnen. Ein Jahr darauf, im März 1995, wurde die erste Milch in der neuen Molkerei angenommen. Die Käserei produzierte zunächst foliengereifte Blockkäse. Mit der Herstellung von naturgereiften Käselaike 1996 konnte die erste Investitionsphase abgeschlossen werden. Es waren die Milchannahme, der Betriebsraum, die Verdampfer und zwei Sprühtürme zur Produktion von Milch- und Molkenpulver fertig gestellt. Seit diesem Zeitpunkt produzierte das Milchwerk in Altentreptow ca. 200.000 t Milch- und Molkenpulver sowie 25.000 – 27.000 t Käse jährlich, mit Gouda, Butterkäse und Edamer folien- sowie naturgereift. (Kubitza, 2004)

Am 01. Januar 1998 fusionierten die Westmilch Milchunion eG mit den Milchwerken Westfalen eG zur Humana Milchunion eG mit Hauptsitz in Everswinkel. Somit wurde auch das Werk in Altentreptow fest in den Konzern der Humana Milchunion Unternehmensgruppe eingebunden.

Als Folge der Fusion wurde noch im selben Jahr die Abteilung Käseaufschnitt und Käseportionierung aus der Westmilch Milchunion in Altentreptow ausgegliedert und in die Euro Cheese Vertriebs-GmbH, mit Vertriebsbüro in Lünen, umfirmiert. Die Euro Cheese Vertriebs- GmbH mit den Standorten Altentreptow und Georgsmarienhütte vermarktet den Labkäse aus allen Käsereien des Konzerns. (Kubitza, 2004)

Vier Jahre darauf am 01. Januar 2002 verschmolzen dann die Westmilch Milchunion Mecklenburg-Vorpommern GmbH und die Küstenland GmbH Rostock zur Küstenland Milchunion Mecklenburg-Vorpommern GmbH. In diese Gesellschaft fügte sich auch die Camembertkäserei auf der Insel Rügen in Bergen ein. Den Hauptsitz erhielt Altentreptow. Gegen Ende 2005 wurde dann die Produktionsstätte Rostock geschlossen.

Mit dem Ziel das Käseaufschnittwerk in Altentreptow mit mehr eigenproduziertem Käse auszulasten und Synergieeffekte vor Ort besser nutzen zu können, wurde 2002 beschlossen



die Käserei zu vergrößern. Die Schließung der Produktionsstätte Rostock sicherte die Rohstoffversorgung für die geplante Kapazitätserweiterung ab.

Der Großumbau 2003 sollte die bestehende Molkerei zu einer der größten und modernsten Käsereien Deutschlands mit einer Leistung von 45.000 t Schnittkäse pro Jahr ausbauen. Am 23. April 2004 ist die neue Käserei mit dazugehörigem Salzbad und Reifungsräumen das erste Mal in Betrieb genommen worden. Seit dem verarbeitet der Standort Altentreptow täglich etwa 1 Mio. kg Milch und ca. 1,2 Mio. kg Molke. Die benötigte Rohmilch für die neue Leistungskraft der Käserei wurde durch die Schließung der Produktionsstätte Rostock und durch Lieferungen des Kooperationspartners Hansa-Milch in Upahl sowie weitere Betriebe der Humana Unternehmensgruppe gesichert. (Kubitza, 2004)

Gemeinsam mit der Nordmilch eG plante die Humana Milchunion eG in Altentreptow ein Molkeverarbeitungswerk zu errichten. Es soll zu jeweils 50 % von der Humana Milchunion und der Nordmilch getragen werden. Das Projekt begann 2005 unter dem Namen Mopro Nord GmbH. Unter Nutzung der bei der Küstenland Milchunion Mecklenburg-Vorpommern GmbH vorhandenen Eindampf- und Trocknungsanlagen begann 2006 die Produktion. Heute hat das Milchwerk Altentreptow die Molke- und Trockenpulverherstellung vollständig an die ebenfalls zum Konzern gehörende wheyco GmbH abgegeben.

Im Jahre 2008 erfolgte die nächste Investition am Standort Altentreptow. Um zum Beispiel Kosteneinsparungen von Eiweißpulver zu erzielen, wurde eine Ultrafiltrationsanlage mit dazugehörigem Retentaterhitzer im Werk neu errichtet. So ist Altentreptow in der Lage aus Magermilch ein Magermilchproteinkonzentrat mit ca. 13 % Eiweißanteil herzustellen und es in der Käseproduktion einzusetzen. Damit verbunden waren auch die Erweiterung des Tanklagers, der CIP-Station und das Salzbad. Für die Käseproduktion beziehen 15 Tankfahrzeuge des eigenen Fuhrparks rund 1 Million Liter Rohmilch pro Tag von 216 Milchlieferanten aus einem Umkreis von 200 km, wobei die durchschnittliche Größe der Milchbetriebe um die 200 Kühe beträgt. Pro Jahr verarbeitet Altentreptow 420 Mio. kg Rohmilch und produziert daraus ca. 48.000 t Schnittkäse pro Jahr. Davon werden 36.000 t foliengereifte Blockware in den Sorten Edamer (40 % und 30 % F. i. Tr.), Butterkäse mit 45 % F. i. Tr. sowie Gouda (48 % F. i. Tr.) gefertigt. Die restlichen 12.000 t werden als Gouda Rundlaib (48 % F. i. Tr.) naturgereift verkauft. Im Jahr 2008 erzielten Altentreptow und Bergen zusammen einen Umsatz von 213 Mio. Euro. (Humana Milchunion, 2008/2009)

Ende des Jahres stimmte die Vertreterversammlung des Humana-Konzerns der lang geplanten Umstrukturierung des Unternehmens zu. So wurde das Molkereigeschäft der Humana Milchunion eG, der Milchwerke Thüringen GmbH und der Küstenland Milchunion

---

Mecklenburg-Vorpommern GmbH am 01. Januar 2009 in eine Gesellschaft zusammengefasst. Das neue Tochterunternehmen, die Humana Milchindustrie GmbH, wird das operative Geschäft führen. Der Hauptsitz verbleibt in Everswinkel. Die vollzogene Umstrukturierung ist ein erster Schritt zur Konsolidierung des Konzerns. Weiterhin verspricht man sich dadurch eine effiziente Steuerung der Produktionsprozesse und der Investitionen sowie Synergieeffekte in der Verwaltung des Konzerns und im Vertrieb. (Agrarmagazin, 2008)

## 1.2 Käse und Käseausbeute

Seit vorgeschichtlicher Zeit wird Käse aus der Milch von Säugetieren, wie z.B. aus Kuh-, Kamel-, Rentier-, Büffel- Schaf- und Ziegenmilch hergestellt. Laut der deutschen Käseverordnung, zu finden im § 1 Abschnitt 1, sind Käse frische und in verschiedenen Graden der Reife befindlichen Erzeugnisse, die aus dickgelegter Käsereimilch hergestellt werden. Die Käseverordnung schreibt ebenso vor, dass alle Käse, welche nicht aus Kuhmilch hergestellt wurden der entsprechend verwendeten Milchart gekennzeichnet werden müssen. Käse ist ein leicht verdauliches Nahrungsmittel bestehend aus Eiweißstoffen, Fett, Wasser und Salzen. Hergestellt wird Käse aus dickgelegter Milch. Die Dicklegung kann durch das Labenzym erfolgen, dann ist es ein Süßmilch-Käse. Eine zweite Variante ist die Säuerung verursacht durch Zugabe von Milchsäurebakterien. Nach der Milchgerinnung erfolgt die Abtrennung der flüssigen Phase, Molke genannt, von der festen Phase, dem Bruch. Der Bruch wird anschließend weiter verarbeitet mit geringen Mengen von Reifeenzymen, säurebildenden Bakterienkulturen, spezifische Schimmelkulturen, Salz und Gewürze, Lebensmittelfarbstoffe, spezielle Aromastoffe sowie spezifische Konservierungsstoffe. Unterschieden werden die Käsesorten nach ihrer Festigkeit und dem Fettgehalt in Hart-, Weich-, Rahm-, Fett-, halbfetten und Magerkäse. (Schwachulla, 1998)

In der menschlichen Gesellschaft zählt das Milchprodukt Käse zu den wichtigen Lebensmitteln, da es nicht nur nahrhaft ist, sondern in allen Regionen der Erde (von der Wüste bis zum Polar) hergestellt werden kann.

Wegen seiner Umsatzstärke, der Sortenvielfalt und der Bedeutung für die gesunde Ernährung umfasst Käse den bedeutendsten Bereich der Milchprodukte. (Benz, 2006)

Der Konsum von Käse pro Kopf in Deutschland ist innerhalb der letzten 11 Jahre weiter angestiegen. Die Daten sind in Tabelle 2 ersichtlich. Den größten Anstieg von 1996 – 2007 verzeichnen die Hart-, Schnitt- und Weichkäse. Aber auch beim Verbrauch von Schmelz- und Frischkäse ist eine leichte Erhöhung zu verzeichnen.

Tab. 2: Pro-Kopf-Verbrauch von Käse (in kg) in Deutschland

	<b>1996</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Anstieg der letzten 11 Jahre</b>
<b>Käse gesamt (inkl. Schmelzkäse)</b>	<b>20,3</b>	<b>22,8</b>	<b>22,0</b>	<b>1,7</b>
Hart-, Schnitt- und Weichkäse	9,7	10,9	11,1	1,4
Frischkäse und Quark	8,8	9,9	9,9	1,1
Schmelzkäse	1,4	1,6	1,7	0,3

Quelle: ZMP, MIV

Der Käsemarkt befindet sich auf einem Rekordniveau. Die gesamte Käseproduktion lag 2007 in Deutschland bei über 2,2 Milliarden Kilogramm. Das Wachstum am Käsemarkt kann durch zusätzliche Milchanlieferungen in den Molkereien ausgeglichen werden, da auch der Milchmarkt in Europa gesättigt ist.

Der Milchindustrie-Verband e.V. repräsentiert mehr als 100 Unternehmen, die zusammen mit einem Jahresumsatz von ca. 21 Mrd. Euro den größten Bereich der deutschen Ernährungsindustrie darstellen. (Brandl, 2008)

### 1.3 Hergestellte Käsesorten in Altentreptow

Insgesamt produziert das Käsewerk in Altentreptow der Humana Milchindustrie GmbH drei Käsesorten. Dabei wird zwischen Schnittkäse und halbfeste Schnittkäse unterschieden. Die einzelnen Sorten stehen in Tabelle 3, während die darauf folgende Tabelle 4 die sensorischen Merkmale und Eigenschaften der standortspezifischen Käseproduktion aufzeigt. In Altentreptow wird ausschließlich Labkäse hergestellt.

Tab. 3: Standortspezifische Labkäsesorten

Käsesorte	F. i. Tr.	Reifungsart	Herstellungsform	Gewichtsdimension
Gouda	48 %	Naturreifung	Rundlaib	13 kg
Gouda	48 %	Folienreifung	Euroblock	15 kg
Edamer	40 %	Folienreifung	Euroblock	15 kg
Edamer	30 %	Folienreifung	Euroblock	15 kg
Butterkäse	45 %	Folienreifung	Euroblock	15 kg

Tab. 4: Sensorische Merkmale und Eigenschaften von Gouda, Edamer und Butterkäse

Käsegruppe und ~sorte	Äußeres Aussehen	Inneres Aussehen (Konsistenz, Teig, Lochung)	Geruch und Geschmack
<i>Schnittkäse</i>			
<b>Gouda</b>	trockene und glatte Rinde, auch mit weißlich-graugrünen Schimmelbelag, Rinde kann auch fehlen	elfenbeinartig bis gelb, mattglänzende runde oder ovale Lochung von Erbsengröße, gleichmäßig am Teig verteilt, jedoch nicht sehr zahlreich, fester aber noch geschmeidiger Teig	mild bis leicht pikant
<b>Edamer</b>	trockene und glatte Rinde, auch mit weißlich-graugrünen Schimmelbelag, Rinde kann auch fehlen	elfenbeinartig bis goldgelb, mattglänzende nur vereinzelte Lochung von runder oder ovaler Form bis zu Erbsengröße, geschmeidiger sich fettig anführender Teig, weicher als bei Goudakäse	mild und rein, nicht säuerlich
<i>Halbfeste Schnittkäse</i>			
<b>Butterkäse</b>	Geschmeidige Haut von gelber bis rötlicher Farbe, die Haut kann auch fehlen	Schnittfläche des Teiges mit gelblichem Farbton, Teig möglichst ohne Lochung, Teig halbfest bis schnittfest und durch die ganze Masse gleichmäßig gereift	mild und fein säuerlich

Quelle: Spreer, E., 1995, S.356

### 1.4 Ziele der Diplomarbeit

Diese Diplomarbeit befasst sich mit den Ursachen der inhaltsstofflichen Schwankungen im Schnittkäse von Altentreptow. Das heißt vor allem die jetzigen Schwankungen der Trockenmassegehalte zu erfassen und zu minimieren bei gleichzeitiger Einhaltung definierter Käsequalitätsnormen. Die Trockenmasse-Normen gelten zum einen für die Käse innerhalb einer Charge und zum anderen sollen sie auch unterhalb der Chargen verwirklicht werden. Um die Ursachen der Schwankungen ausfindig zu machen, werden prozessbedingte Einflussfaktoren auf die Trockenmasse betrachtet. Dazu zählen das Standardisieren der

Käsereimilch, die Abläufe in den Käsefertigern, Kulturenzugabe, die Kühlung des Bruch-Molke-Gemisches in den Bruchpuffertanks sowie die Effekte der Bakteriophagen, das Salzbad und Störungen während der Produktion.

Zahlreiche Einflussfaktoren auf die Trockenmasse im Produktionsprozess sind bereits durch andere Studien erörtert worden. Der Effekt der Käsefertiger-Pressen-Trennung blieb dabei jedoch unberücksichtigt. Deshalb ist die Käsefertiger-Pressen-Trennung im Zusammenhang mit der Bruchpuffertankkühlung Schwerpunkt dieser Arbeit. Die Zielsetzung besteht darin den gesamten Inhalt eines Käsefertigers im vollautomatisierten Betrieb auch unter eine Presse zu bekommen. Weicht die Trennung in der Praxis vom gegebenen Ziel ab, folgen in den betroffenen Käseblöcken bzw. ~ laibe erhöhte oder erniedrigte Trockenmassegehalte. Das führt letztendlich zu den Schwankungen innerhalb einer Presse. Die unterschiedlichen Trockenmassegehalte sind anhand von Analysen der Käse nachweisbar. Es muss also eine verbesserte visuelle und analytische Trennung von Käsefertigerinhalt und Presse zu verzeichnen sein, um diesen Effekt auf die Schwankungen der Trockenmasse im Schnittkäse von Altentreptow zu verringern.

## 2 Stand der Wissenschaft und Technik

### 2.1 Die Ultrafiltration

Die Ultrafeinfilter und Mikrofilter wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Richard Zsigmondy und Wilhelm Bachmann erfunden.

In den letzten Jahren gewann die Ultrafiltration (UF) in der Lebensmittelindustrie als neue Technologie an Bedeutung. Sie kommt sowohl in der Trinkwasseraufbereitung, als auch in der Lebensmittelbehandlung zum Einsatz. Am häufigsten findet dieses Verfahren jedoch Anwendung in der Milchverarbeitung, da es für Haupt- und Nebenprozesse aus technischen und wirtschaftlichen Gründen gut einsetzbar ist.

Das Käsewerk in Altentreptow investierte im Jahre 2008 in eine Spiralanlage der Firma GEA TDS GmbH:



Abb. 1: Ultrafiltrationsanlage im Betriebsraum der Käserei Altentreptow

Die Ultrafiltrationsanlage hat eine Leistung von 18.000 – 20.000 Liter Magermilch pro Stunde, die in ca. 4000 Liter Retentat und ca. 14.000 Liter Permeat aufgetrennt werden. Das Verfahren zählt mit einer Betriebstemperatur von 10° C zur Kalt-Ultrafiltration. Die Anlage wird stufenweise gefahren, wobei sich die vier Stufen in Leistung und Druck voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 5):

Tab. 5: Technische Daten der Ultrafiltrationsanlage in Altentreptow

Stufe	Leistung in l / h	Druck in bar
1	7.500	3,40
2	4.000	4,30
3	2.000	4,30
4	900	4,30

Damit wurde der Einsatz von Eiweißpulver bei der Kesselmilchstandardisierung überflüssig. Die neue Ultrafiltrationsanlage besitzt die Vorteile ein lactosearmes Proteinkonzentrat aus Magermilch herzustellen, um die Käseausbeute zu erhöhen. Aufgrund der flüssigen Form gestaltet sich auch die technologische Verarbeitung des Konzentrates bei der Milchstandardisierung einfacher, da das Pulver zuvor erst aufgelöst werden musste. Weiterhin dient die Anlage dem Werk zur Kosteneinsparung, denn mit dem eigenproduziertem Magermilchproteinkonzentrat erübrigt sich der Einkauf des Eiweißpulvers.

### 2.1.1 Filtrationsgrundlagen

Die Ultrafiltration ist ein selektives Filtrationsverfahren. Mit Hilfe von Membranen können Partikel aus einem Flüssigkeitsgemisch abtrennt oder Substanzen in der Flüssigkeit aufkonzentriert werden. Membrane sind dünne, feinporige Wände, die Wasser und niedermolekulare Stoffe hindurchlassen, kolloidale und hochmolekulare Stoffe jedoch zurückhalten. Somit zählt die Ultrafiltration neben der Mikrofiltration und der Umkehrosmose zur Membranfiltration. Die drei Verfahren unterscheiden sich in der Art und der Selektivität des verwendeten Membrantyps. Typische Membrane für die Ultrafiltration sind Proteine, für die Umkehrosmose Salze und für die Mikrofiltration sind es vor allem Fette, Mikroorganismen sowie Schwebeteilchen. (GEA TDS GmbH, 2008)



### 2.1.2 Prinzip der Ultrafiltration

Die UF-Anlagen können kontinuierlich und diskontinuierlich in Betrieb genommen werden. Im großtechnischen Einsatz, wie in Altentreptow, sind die Ultrafiltrationsanlagen kontinuierlich geschaltet.

Die zu behandelnde Magermilch (Prozessflüssigkeit) wird durch mehrere in Reihenschaltung angeordnete Spiralmodule geleitet. Sie verlässt die Anlage in der gewünschten Konzentration. (Spreer 1995)

Bei der Ultrafiltration strömt das Flüssigkeitsgemisch an der Membranoberseite entlang. Dabei wird die Flüssigkeit durch die Triebkraft der Druckdifferenz zwischen Ober- und Unterseite der Membran in die Fraktionen Retentat und Permeat getrennt. Das Retentat besteht aus den aufkonzentrierten Molekülen auf der Membran. Das Permeat hingegen enthält alle Substanzen, die die Membran passieren. Im Vergleich zur Kuchenfiltration entspricht das Permeat dem Filtrat und das Retentat ist ein Konzentrat und darum mit dem eigentlichen Filterkuchen nicht vergleichbar. (Wagner 2004)

Bei der Spiralmodul-Membran sind die permeatableitende Schicht, die Netztrennschicht als Abstandhalter und die Prozessflüssigkeit führende Schicht übereinander gelegt und um ein perforiertes Permeatsammelrohr gewickelt. Darin strömt die Magermilch laminar in axialer Richtung durch das Modul. Das entstehende Permeat fließt in der Trennschicht für Permeatsammlung spiralförmig zum Sammelrohr. (Spreer 1995)

Von großer Bedeutung für eine funktionierende Ultrafiltration sind die Strömungsverhältnisse in den Modulen. Durch die Strömungsgeschwindigkeit und die Laminarströmung, in Wandnähe, können sich auf der Membranoberfläche hochmolekulare Teilchen ablagern, die dann eine Deckschicht bilden. Dadurch erhöht sich die Konzentration auf der Membran. Die abgelagerten Teilchen diffundieren zurück in den Prozessflüssigkeitsstrom. Bildet sich letztendlich ein Gleichgewicht zwischen Hin- und Rücktransport der gelösten Teilchen aus, dann endet auch das Wachstum der Deckschicht. Es gilt je höher die Strömungsgeschwindigkeit ist, desto dünner wird die Deckschicht. Das wiederum verbessert zum einen die Durchflussrate und zum anderen den Abtransport des Konzentrates. (Spreer 1995)

Die Abbildung 2 verdeutlicht die Ultrafiltration der Magermilch.

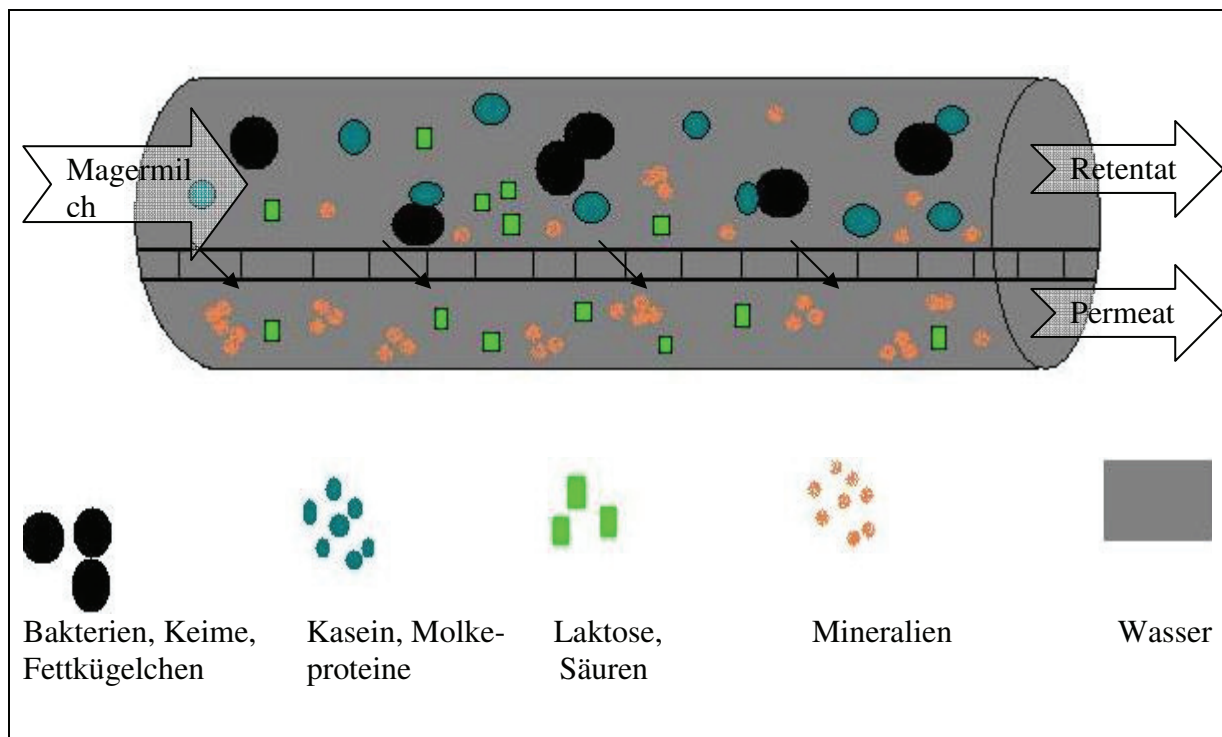


Abb. 2: Das Prinzip der Ultrafiltration

Niedermolekulare Partikel wie Laktose, Säuren, Mineralien und das Wasser können die Membran passieren und werden zum Permeat. Zurück bleiben die kolloidalen, hochmolekularen Teilchen wie vor allem Proteine, aber auch Fettkügelchen, Bakterien und Keime. Damit die unerwünschten Keime und Bakterien die Käseproduktion und deren Qualität nicht beeinträchtigen, wird das Magermilchproteinkonzentrat in einem Retentaterhitzer thermisch behandelt.

---

## 2.2 Technologien der Labkäseherstellung

siehe Excel-Datei 2.2

Abb. 3: Fließschema der Labkäseherstellung von Altentreptow

Die Grundlage von Labkäse bildet Rohmilch. Bevor die Rohmilch behandelt werden kann, wird sie von den Milchsammelwagenfahrern und dem Labor auf Hemmstoffe untersucht. Stimmt die Milchqualität der Milcherzeuger wird sie bei einer Temperatur von 65° C thermisiert und parallel dazu über Filter und Zentrifugen gereinigt. Je nach Käsesorte erfolgt eine Teilenträumung. Anschließend wird die vorbehandelte Milch bei 8° C im Tanklager zwischen gestapelt. Der durch die Teilenträumung anfallende Rahm kann z. B. für die Butterherstellung weiterverkauft werden.

Es folgt im Herstellungsprozess das Standardisieren der behandelten Rohmilch, in der das vorgegebene Fett/Eiweiß-Verhältnis eingestellt wird (siehe Kapitel 3.1, S. 18 ff). Nach der genauen Mengenbestimmung über die Bilanzgleichung kommt es zur Einstellung der Kesselmilch durch Mischen der Komponenten Vollmilch, Magermilch, Magermilchkonzentrat, Magermilchproteinkonzentrat und Molkenrahm. Die standardisierte Kesselmilch wird anschließend ca. 10 Stunden vorgereift. Beim Vorreifen wird u.a. die Säuerungsphase eingeleitet, die die Folgeprozesse wesentlich mitbestimmt.

Vor Produktionsbeginn wird die Milch im Plattenwärmetauscher schonend kurzzeitig pasteurisiert. Einerseits werden dadurch alle pathogenen Mikroorganismen abgetötet und andererseits ist das Pasteurisieren der gekühlten Kesselmilch wichtig für die Reifezeit der Milchproteine, da sie sich dadurch verbinden können. Über zwei Entkeimungsseparatoren (Baktofugen) werden käsereschädliche Sporenbildner entfernt. Nach abgeschlossener Erhitzung und Entkeimung gelangt die angewärmte Kesselmilch mit 30 – 32° C über eine Rohrleitung in die Käsefertiger. Direkt vor dem Einlauf wird sie mit einer geringen Menge an mesophilen Milchsäurebakterien und Aromabildner (Starterkulturen) in-line beimpft.

Ist der Käsefertiger vollständig befüllt, erfolgt die Labenzymzugabe zur Milch. Nach einer Einlabungszeit von 30 Minuten wird die Milchgallerte durch rotierende Messer in ca. 6 mm starke Würfel geschnitten, wodurch das Bruch-Molke-Gemisch entsteht. Während des Schneidens wird zunächst die „erste Molke“ abgesaugt und dafür warmes Bruchwaschwasser zugeführt. Die dabei entstehende „zweite Molke“ wird ebenfalls entfernt bis das angestrebte Bruch/Molke-Verhältnis erreicht ist. Der Bruch und die Molke werden anschließend in die Bruchpuffertanks zwischen gestapelt. Von hier aus wird das Bruch-Molke-Gemisch in das Drainagesystem zur Abfüllung und Formgebung der Rohkäse gepumpt. Die Käseformen werden dann weiter zu den Pressen geleitet. Nach dem Pressen werden die Käse für 3 – 4 Tage ins Salzbad eingeschwenkt.

Im letzten Schritt der Labkäseherstellung reifen die Folienkäse in Kisten. Der Naturkäse hingegen lagert in speziellen Reifungsräumen bei 13° C und 85 % relativer Luftfeuchte, damit

---

sich das Aroma und die innere Textur im Käse gleichmäßig ausbilden. Vor dem endgültigen Verkauf der Käseware erfolgen Laboruntersuchungen sowie eine betriebsinterne Verkostung zur sensorischen Beurteilung. Begutachtet werden insbesondere Aussehen-äußeres in Form, Farbe, Rindenbildung; Aussehen-inneres in Farbe und Käselochung; Geruch; Geschmack sowie die Konsistenz. (Benz, 2006)

### 3 Istzustandsanalyse

#### 3.1 Die Standardisierung der Kesselmilch

Begründet auf der Fütterung und Laktationsperiode der Milchkühe unterliegen die Fett- und Eiweißgehalte der Rohmilch jahreszeitlichen Schwankungen. Um dennoch eine gleichmäßige Käseproduktion erzielen zu können, ist es notwendig den Fett- und Eiweißgehalt in der Kesselmilch einzustellen. (Benz 2004)

Für die Standardisierung stehen in der Käserei von Altentreptow 6 Standardisierungstanks zur Verfügung. Die Tanks besitzen ein Füllvolumen von 250.000 Liter. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Ausmaße der Tanks.



Abb. 4: Standardisierungstanks im Tanklager der Käserei Altentreptow



Abb. 5: Standardisierungstanks außerhalb des Tanklagers der Käserei Altentreptow

Um für die produzierten Käsesorten den geforderten Fettgehalt in der Trockenmasse (F.i.Tr.) nach der Reifung zu erhalten, muss der Fettgehalt dem originären Eiweißgehalt der Milch angepasst werden. Die Käsesorten unterscheiden sich im Verhältnis von Fett- und Eiweißgehalt der Kesselmilch. Der Fettgehalt wird durch Mischen der Komponenten Vollmilch, Magermilch und gegebenenfalls Rahm bzw. auch Molkenrahm nach jeweiliger Einspeisung in die Stapeltanks eingestellt. Meist wird der erforderliche Fettgehalt bereits durch Teilenträumung der Vollmilch erzielt. Der Fettgehalt ist abhängig von der Käsefettstufe, dem Caseingehalt der Milch, dem Fettübergang in die Molke und dem Trockenmassegehalt der jeweiligen Käsesorten. Der Caseingehalt der Kesselmilch wird über die Eiweißtiter - Bestimmung für die Fettgehaltsstandardisierung ermittelt. Eine genaue Berechnung des Fettgehaltes erfolgt nach Schulz und Kay über die Käsegruppe (z.B. Schnitt- oder Butterkäse), dem Eiweißgehalt und einem Faktor für den Fettgehalt. (Kammerlehner 2003)

Die Faktoren für die Käsesorten von Schulz und Kay sind Richtwerte, die für jede Käserei separat angepasst, d.h. die Werte auf- bzw. abgerundet, werden müssen. Die Faktoren für Altentreptow sind in Tabelle 6 zusammengestellt. In der Anlage 1 auf der Seite 89 ist ein Auszug der Tabelle des Fett/Eiweiß-Verhältnisses einsehbar.

Tab. 6: Faktoren für die Fettgehaltserrechnung von Altentreptow

	<b>Fettgehaltsstufe, Fett i. Tr. in %</b>			
	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>48</b>
<b>Edamer</b>	0,44	0,75		
<b>Butterkäse</b>			0,86	
<b>Gouda B - F</b>				1,03
<b>Gouda Rund</b>				1,00

Die Standardisierung des Eiweißgehaltes wird vorgenommen durch die Zugabe von Magermilchkonzentrat (MMK) und Magermilchproteinkonzentrat (MPC) in die Kesselmilch. Die benötigten Milchmengen für die Charge werden einen Tag vor Produktionsbeginn zusammengestellt. Dabei werden über eine Bilanzrechnung die Fett- und Eiweißmengen der Rezepturkomponenten von den Mitarbeitern im Betriebsraum der Käserei mit Hilfe eines Exceldatenblattes, auf dem eine Fett/Eiweiß-Tabelle hinterlegt ist, berechnet. Auf diese Art und Weise können Berechnungsfehler vermindert bzw. ausgeschlossen werden. (Benz 2006) Die benötigten Mengen an Vollmilch und Magermilch werden mit einer Temperatur von 8° C in die Standardisierungstanks gepumpt. Es folgt die Zudosierung von MMK und MPC. Ist der Tank schließlich vollständig befüllt, werden alle Komponenten mittels Propellerrührer intensiv durchmischt. Nach zweistündigem Rühren kann eine Kesselmilchprobe dem Tank

entnommen werden. Im Labor wird die Probe auf das Fett/Eiweiß-Verhältnis hin analysiert. Stimmt das Verhältnis der untersuchten Probe mit den Vorgaben überein erfolgt die Freigabe der Tanks für die Verarbeitung. Bis die Produktion am nächsten Tag startet, wird der Tankinhalt gerührt. Das verhindert u.a. ein Aufrahmen des Fettes in der Käseemilch. Gleichzeitig beginnt auch die Vorreifung. Dabei sollen sich die 5 Komponenten der Kesselmilch verbinden und sich die Homogenität aufgrund der integrierten Rührwerke in den Tanks bis zum Beginn der Produktion weiter ausbilden.

Sollte jedoch der Fettgehalt in der Käseemilch zum Eiweißgehalt eine Differenz von  $\pm 0,05 \%$  aufweisen, wird nach ca. 30 Minuten eine Nachprobe gezogen. Weicht diese abermals von den Vorgaben ab, wird der betroffene Tank vom Mitarbeiter des Betriebsraumes mit Voll- oder Magermilch nachkorrigiert und nochmals durch das Labor überprüft.

In der Toleranz von  $\pm 0,05 \%$  enthalten, sind zum einen die Standardabweichung der Analysefehler durch das Labormessgerät FT 120 bezogen auf 100 Untersuchungen und zum anderen die echten Fehler der Standardisierung (zu viel oder wenig Fett, falscher Eiweißgehalt). In einer Formel ausgedrückt bedeutet das:

(Standardabweichung Analysefehler =  $\pm 0,018 \%$  = + 0,036 % oder - 0,036 %)

$$\pm 0,05 \% = \pm 0,036 \% + \pm 0,014 \%$$

Toleranz = Standardabweichung Analysefehler + echte Standardisierungsfehler



### 3.1.1 Auswirkungen auf die Trockenmasse

Der Proteingehalt der Kesselmilch übt einen bedeutsamen Effekt auf die Endtrockenmasse im Produkt aus und hängt stark von den Rezepturkomponenten MMK und MPC ab. In Altentreptow wird also die Kesselmilch mit „künstlichen“ Proteinen aus Magermilchkonzentrat mit einem Gehalt von 14,00 % Eiweiß und Magermilchproteinkonzentrat mit ca. 13,00 % Eiweißgehalt angereichert.

Die steigenden Proteine in der Milch erhöhen gleichzeitig die Trockenmasse der Kesselmilch. Darüber hinaus spielt das Verhältnis von Magermilchkonzentrat und Magermilchproteinkonzentrat eine weitere wichtige Rolle. Es ist demnach wahrscheinlich, dass sich bei Änderung des Verhältnisses auch die Trockenmasse verändert. Allerdings basiert dieser Fakt auf Vermutungen und konnte experimentell bis zu diesem Zeitpunkt nicht erwiesen werden. Der Grund dafür liegt in der noch zu kurzen Einsatzphase des MPC's in Altentreptow.

Das Ziel der Eiweißstandardisierung ist ein konstanter Proteingehalt in jedem Kesselmilchtank pro Käsesorte. Durch den einheitlichen Eiweißgehalt wird nicht nur die Käseausbeute (quantitativer Einfluss) konstant gehalten, sondern auch die Entmolkung und Gallertfestigkeit in den Käsefertigern (qualitative Einfluss).

Neben den Zutaten wirkt sich das Fett/Eiweiß-Verhältnis auf das Fett in der Trockenmasse aus. Fett in der Trockenmasse ist das Fettniveau im Käse, das aus der Fettanalyse berechnet wird. Es gibt für das Fettniveau Qualitätsnormen, die jede Molkerei einzuhalten hat. Gleichzeitig gelten für die Käsereien die Bestimmungen der Käseverordnung und interne Betriebsnormen für die Inhaltsstoffe im Käse.

Auf dem Weg vom Standardisierungstank zu den Käsefertigern in der Käserei gibt es einen Effekt, der die Inhaltsstoffe der standardisierten Kesselmilch verändern kann. Bevor die Käsereimilch in die Käsefertiger gelangt, wird sie durch einen Pasteur mit integrierter Baktofuge gefahren. Im Baktofugat reichern sich Proteine aus der Milch an.

Eine Vorgehensweise, die den Eiweißgehalt ebenfalls senkt, sind zahlreiche prozessbedingte Wasserspülungen. Diese Spülungen können die Milchinhaltsstoffe verdünnen. Ein geringer Proteingehalt in der Fertigmilch verschlechtert die Entmolkung im Käsefertiger und das wiederum verringert die Trockenmasse im Käse. Die Wasserspülungen sind in Altentreptow unumgänglich und nehmen ein breites Feld in der Produktion ein. Den Effekt der Spülungen

---

gibt es u.a im ersten und letzten Käsefertiger, beim Wechsel der Standardisierungstanks innerhalb einer Charge sowie den durchgeführten Hot Shots im Käsefertiger selbst. Hot Shots sind Heißwasserdesinfektionen, die während der Produktion für Sauberkeit in den Käsefertigern sorgen sollen.

In wiefern sich diese beiden konstanten Effekte auf die Kesselmilch auswirken, wird in Kapitel 3.1.3, S. 24 f. überprüft.

### 3.1.2 Untersuchung der Fett/Eiweiß-Verhältnisse

Die Beurteilung des Fett/Eiweiß-Verhältnisses in der Kesselmilch ist wichtig für den späteren Trockenmasseverlauf. Einen Hinweis auf das richtige Einstellen des Verhältnisses liefert die Berechnung eines Standardisierungskoeffizienten. Der Koeffizient gilt nur für Fett, da die Berechnung auf der Grundlage des eingestellten Eiweißgehaltes erfolgt. Die Betrachtung des Fett-Standardisierungskoeffizienten geht über die beiden Monate April und Mai 2009. Es wurde eine Auswahl von jeweils 10 Chargen innerhalb von 14 Tagen getroffen. Die Tabelle 7 präsentiert die Ergebnisse. Der Fett-Standardisierungskoeffizient bewegt sich im Grenzbereich von 0 bis 1. Je näher der Koeffizient an die 0 geht, desto besser ist das Fett/Eiweiß-Verhältnis in der Kesselmilch eingestellt. Umgekehrt bedeutet das, je näher der Wert an 1 gelangt, desto schlechter ist die Einstellung gewesen.

Tab. 7: Berechnung der Fett-Standardisierungskoeffizienten

Sorte	April 09		Mai 09	
	Charge	Koeffizient	Charge	Koeffizient
<b>Gouda 48 % B-F</b>	95	<b>0,82</b>	119	<b>0,50</b>
	97	<b>0,49</b>	121	<b>0,75</b>
	102	<b>0,71</b>	-	-
<b>Butterkäse 45 %</b>	94	<b>0,53</b>	120	<b>0,72</b>
	96	<b>0,17</b>	128	<b>0,46</b>
<b>Edamer 40 %</b>	91	<b>0,36</b>	118	<b>0,24</b>
	98	<b>0,44</b>	125	<b>0,48</b>
<b>Edamer 30 %</b>	103	<b>0,25</b>	117	<b>0,00</b>
	-	-	122	<b>0,56</b>
<b>Gouda 48 % Rund</b>	92	<b>0,47</b>	124	<b>0,54</b>
	99	<b>0,92</b>	131	<b>0,13</b>

Um die Koeffizienten besser beurteilen zu können, ist es von Vorteil den Grenzbereich in „gute Einstellung von  $0 \leq 0,5$ “ und in „schlechte Einstellung von  $0,51 \leq 1$ “ einzuteilen. Danach gehend, weisen die 10 untersuchten Chargen für beide Monate insgesamt 6 „gute Einstellungen“ und 4 „schlechte Einstellungen“ auf. Im Ganzen betrachtet wurden die Fett/Eiweiß-Verhältnisse zu 60 % richtig eingestellt. Verkehrte Verhältnisse wie bei den Beispielchargen 99 oder 121 mit den Koeffizienten 0,92 und 0,75 weisen auf einen niedrigen Fettgehalt hin und beeinflussen damit die Trockenmasseentwicklung negativ. Die vollständigen Unterlagen zum Fett-Standardisierungskoeffizienten zusammen mit einem Berechnungsbeispiel sind in Anlage 2 auf der Seite 90 ff zu finden.

### 3.1.3 Untersuchung der Wasserspülungen auf die Inhaltsstoffe der Kesselmilch

Interessant ist zu wissen, wie sehr die vier Effekte Hot Shot, erster und letzter Käsefertiger sowie Tankwechsel die Inhaltsstoffe der Käseimilch vom Standardisierungstank bis in den Käsefertiger beeinflussen. Die Ergebnisse der Datenauswertungen zum einem mit den Wasserspülungseffekten und zum anderen ohne diese sind in der Tabelle 8 aufgelistet. Die vollständigen Daten der Monate April und Mai 2009 sind zusammen mit einem Berechnungsbeispiel im Anlage 3, Seite 133 ff einzusehen.

Tab. 8: Einfluss der 4 Wasserspülungseffekte auf die Inhaltsstoffe der Kesselmilch

Inhaltsstoffe in Tank und KF:		Eiweiß			Fett		
Monat	Käsesorte	Differenzen zwischen Tank und KF			Differenzen zwischen Tank und KF		
		mit Effekte	ohne Effekte	Abweichung in % (absolut)	mit Effekte	ohne Effekte	Abweichung in % (absolut)
April 2009	Gouda 48 % B-F	-0,04 ± 0,042	-0,06 ± 0,043	<b>0,02</b>	-0,04 ± 0,017	-0,03 ± 0,016	<b>0,01</b>
	Butterkäse 45 %	-0,01 ± 0,033	-0,02 ± 0,015	<b>0,01</b>	-0,03 ± 0,012	-0,02 ± 0,015	<b>0,01</b>
	Edamer 40 %	0 ± 0,019	-0,02 ± 0,005	<b>0,02</b>	0,03 ± 0,087	-0,01 ± 0,012	<b>0,02</b>
	Edamer 30 %	-0,01 ± 0,000	0 ± 0,019	<b>0,01</b>	-0,01 ± 0,000	0,09 ± 0,000	<b>0,08 (Ausreißer)</b>
	Gouda 48 % Rund	-0,01 ± 0,015	0 ± 0,012	<b>0,01</b>	-0,03 ± 0,020	-0,03 ± 0,016	<b>0,00</b>
Mai 2009	Gouda 48 % B - F	0 ± 0,014	-0,03 ± 0,032	<b>0,03</b>	-0,05 ± 0,015	-0,04 ± 0,015	<b>0,01</b>
	Butterkäse 45 %	-0,02 ± 0,010	-0,02 ± 0,010	<b>0,00</b>	-0,04 ± 0,014	-0,03 ± 0,014	<b>0,01</b>
	Edamer 40 %	0 ± 0,014	0 ± 0,015	<b>0,00</b>	-0,03 ± 0,004	-0,02 ± 0,007	<b>0,01</b>
	Edamer 30 %	-0,01 ± 0,015	0,01 ± 0,015	<b>0,00</b>	-0,02 ± 0,000	-0,02 ± 0,005	<b>0,00</b>
	Gouda 48 % Rund	-0,02 ± 0,019	-0,01 ± 0,014	<b>0,01</b>	-0,03 ± 0,010	-0,03 ± 0,016	<b>0,00</b>

Die Abweichungen der Differenzen zwischen den Tankinhaltsstoffen und denen im Käsefertiger befinden sich nach den ermittelten Werten aus Tabelle 7 im werksinternen Toleranzbereich von 0,05 % sowohl beim Eiweiß ~ wie auch beim Fettgehalt in der Kesselmilch. Es ist beim Edamer 30 % für den Fettgehalt eine Abweichung von 0,08 % zu verzeichnen. Da diese Tolleranzabweichung jedoch nur im Monat April auftritt und sich im Mai nicht wiederholt, kann dieser Wert auch als Ausreißer betrachtet werden.

Zusammenfassend für die Monate April und Mai 2009 liegen die absoluten Abweichungen der Inhaltsstoffe zwischen Standardisierungstank und Käsefertiger bei 0,00 – 0,03 %. Daraus kann geschlossen werden, dass die Wasserspülungseffekte allein die Inhaltsstoffe der Milch

weniger beeinflussen. Weiterhin kann erwiesen werden, dass die Effekte der Entkeimungsseparatoren allein ebenfalls keinen großen Einfluss ausüben, denn sonst wären die Differenzen im Eiweißgehalt von Tank zum Käsefertiger wesentlich größer. Diese beiden konstanten Effekte im Prozess verändern das Fett/Eiweiß-Verhältnis nicht.

Alles hängt vom Produktionsschritt Standardisieren der Kesselmilch ab. Erfolgt die Fett- und Eiweißgehaltseinstellungen in den Tanks ungenügend, können die Wasserspülungen und die Baktofugeneffekte die schlechten Einstellungen allerdings negativ beeinflussen, indem sich alles summiert und es zu schwankenden Inhaltsstoffen in den Käsefertigern mit den in Kapitel 3.1.2 auf der Seite 23 bereits diskutierten Auswirkungen auf die Trockenmasse kommt.

### 3.2 Die Käsefertiger-Pressen-Trennung

Bei der Käsefertiger-Pressen-Trennung sollen alle Käseblöcke bzw. ~laibe aus dem Inhalt eines Käsefertigers auch unter eine Presse gelangen, um den Pressdruck rechtzeitig zu erhalten und somit die Qualitätsnormen der Trockenmasse erfüllen zu können.

Es gibt in der Käserei 6 Käsefertiger (siehe Abbildung 6 und 7), die ein Fassungsvermögen von 25.000 Liter besitzen und über ein integriertes Rotationswerkzeug verfügen. In einer Käsecharge werden sortenabhängig 38 bis 55 Käsefertiger mit der Kesselmilch aus den Standardisierungstanks befüllt. Die Befüllung erfolgt in der Reihenfolge 1 bis 6. Nach dem 6. Fertiger wird der erste wieder befüllt. Jeder Fertiger mit dem enthaltenen Bruch-Molke-Gemisch wird nach und nach in die Bruchpuffertanks abgelassen. (siehe Kapitel 3.3, S. 35) Dadurch wird die kontinuierliche Arbeitsweise der Käsefertiger gesichert. Eine schematische Darstellung der Funktionsweise ist in Anlage 9, S. 193 zu finden.



Abb. 6: Käsefertigerbühne mit Steuerelemente



Abb. 7: Käsefertigerbühne unterhalb: unterer Teil eines Käsefertigers sichtbar

Die befüllten Käsefertiger werden je nach Rezeptur mit verschiedenen Zusätzen, wie Säurewecker, der Farbstoff Beta-Carotin, eine 34 % ige Calciumchloridlösung, das Gerinnungsenzym Lab und zusätzlich beim Gouda 48 % Rund Natriumnitrat, versehen. Nach Zugabe des Labenzym beginnt die Dicklegungsphase der Fertigermilch. Die Dicklegungszeit beträgt für jede Käsesorte in Altentreptow 30 Minuten. In dieser Phase entsteht der eigentliche Käsestoff:

Die Kesselmilch beinhaltet viel Eiweiß, insbesondere das darin enthaltene Casein spielt eine wichtige Rolle bei der Dicklegung. Für die Käseproduktion müssen die Caseinteilchen zur Gerinnung bzw. Ausflockung gebracht werden.

Das Casein besteht aus mehreren Fraktionen und liegt in der Milch kolloidal gelöst vor. Zusammen mit Calcium bildet das Casein eine Caseinmicelle. Auf der Micellenoberfläche befindet sich die Fraktion  $\kappa$ -Casein, welche als Schutzkolloid wirkt. Die Schutzfunktion beruht auf den zwei entgegengesetzten Teilen des  $\kappa$ -Caseins: Ca-unempfindlich (im Sinne von abstinent) und Ca-empfindlich (im Sinne von spezifisch). Die Ca-unempfindlichen Teile werden auch als Glycomakropeptide bezeichnet, ragen in die wässrige Phase der Milch hinein und bilden um die Micelle eine Hydrathülle. Der zweite Ca-empfindliche Caseinteil ist mit dem Calcium verbunden. Alle Micellen besitzen die gleichen elektrischen Ladungen und stoßen sich deshalb gegenseitig voneinander ab. So wird eine Gerinnung der Proteine in der Milch verhindert.

Um die Caseinausflockung doch erzielen zu können, wird das Labenzym Chymosin benötigt. Die Gerinnung teilt sich primär in die enzymatische Phase und sekundär in die Koagulationsphase. In der Primärphase wird zunächst die Hydrathülle der Micellen durch Abspaltung der Glycomakropeptide eliminiert. Dadurch fällt die Schutzfunktion aus. Die Koagulationsphase ist abhängig von der Temperatur und dem pH-Wert im Käsefertiger. Nur wenn beide Parameter optimal für die jeweilige Käsesorte eingestellt sind, entstehen zwischen den Ca-empfindlichen Teilen der Caseinmicellen mit Hilfe von Calcium-Ionen Salzbrücken. Die Salzbrücken verbinden schließlich die schutzlosen Micellen. Die irreversible enzymatische Gerinnung lässt ein in Wasser unlösliches Calcium-Paracaseinat-Gerüst, auch Labgallerte genannt, entstehen. Die Labgallerte ist nun der eigentliche Käsestoff für die Käseproduktion. (Spreer 1995)

Der Käserei-Mitarbeiter auf der Käsefertigerbühne ist für das reibungsfreie Verkäsen der Milch in den Käsefertigern verantwortlich. Er kontrolliert die Dicklegung und gibt per Knopfdruck der Software das Signal zum Starten des Schneidprogrammes. Das Schneidprogramm ist in allen 6 Käsefertigern identisch (siehe Tabelle 9):

Tab. 9: Automatisiertes Schneidprogramm der Käsefertiger in Altentreptow

Schritt	Upm vom Schneid- und Rührwerkzeug	Arbeitsvorgang	Zeit in min
13	2,0	Schneiden	2
14	2,8	Schneiden	2
15	3,7	Schneiden	3
16	5,0	Intervallschneiden	6
17	4,7	Schneiden	2
18	5,0	Rühren	2
19	2,0	Rühren	1
20	-	Halten	1,5
21	-	1. Molke absaugen	-
22	2,0	Schneiden	1
23	4,0	Rühren	1
24	5,0	Rühren und Bruchwaschwasserzugabe	12
25	5,0	Rühren	3
27	5,0	Rühren	6
29	2,0	Rühren	1
30	-	Halten	1
31	-	2. Molke absaugen	-
32	2,0	Schneiden	1
33	4,5	Rühren	1
34	7,0	Rühren	3
35	5,0	Rühren	-
36	6,0	Rühren und Schneiden im Wechsel; Entleeren	7
37	9,0	Schneiden und Entleeren	5
38	7,0	Entleeren	0,5

Die Zerkleinerung der Gallerte durch das Schneid- und Rührwerk in den Käsefertigern beginnt zunächst mit niedrigen Umdrehungszahlen, die sich stufenweise erhöhen (2,0 bis 4,7 Upm). Wird das Gefüge der Gallerte zu schnell und zu heftig geschnitten, verlieren die Bruchkörner zu viel Molke und die Trockenmasse wird zu hoch. Nach dem Schneiden wird das entstandene Bruch-Molke-Gemisch gerührt. Schneiden und Rühren sorgen für die Freisetzung der Molke aus dem Bruch, so dass nach 20 Minuten die „erste Molke“ aus den Fertigern abgesaugt werden kann. Das sind im Schnitt 8700 Liter. Ist die „erste Molke“ fort, wird weiter gerührt und der Bruch mit ca. 8000 Liter Bruchwaschwasser gespült. Die Temperatur des Waschwassers beträgt um die 42° C. Das warme Wasser erfüllt die Funktionen einerseits die Molkeabgabe der Bruchkörner zu fördern und andererseits Säure auszuwaschen, um den Käse geschmacklich zu mildern und das pH-Optimum im Rohkäse einzustellen. Nach der Bruchwaschwasserbehandlung folgt das Absaugen der „zweiten Molke“ von ca. 8270 Liter. Vor dem Absaugen der Molke bleiben die Rührwerke 1 Minute stehen, damit das Gemisch sich beruhigt und die Bruchkörner sich im unteren Käsefertigerbereich absetzen können.



Das Schneiden und Rühren im Wechsel wird so lange fortgeführt bis der Käsefertiger komplett in einen Bruchpuffertank entleert ist. Abschließend spült der Käserei-Mitarbeiter per Hand mit einem Wasserschlauch nach, um auch die letzten Bruchkörner vom Schneidwerk und den Wänden zu entfernen. Nun ist der Käsefertiger bereit für die nächste Kesselmilchbefüllung.



Abb. 8: Das Multi Column Drainagesystem

Das Schneid- und Rührprogramm dauert bei störungsfreiem Arbeiten 60 Minuten. Genau nach 1 Stunde soll das Bruch-Molke-Gemisch in die Bruchpuffertanks abgelassen werden, da ein zu langer Aufenthalt der Bruchkörner in den Käsefertigern die Trockenmasse durch hohe Molkeabgabe negativ beeinflussen würde.

Von hier aus wird dieser Inhalt in das Multi Column Drainagesystem (kurz: Casomatic) der Firma Tetra Pak Tebel GmbH gepumpt (siehe Abbildung 8). Diese Anlage füllt den Bruch in die Käseformen ab. Die Casomatic besteht aus 6 Säulen, die zeitgleich immer eine Käseform mit Rohkäse befüllen. Zu einem Casomatic-Abschnitt gehören demzufolge 6 gefüllte Käseformen, die vom Laufband über den Deckelaufleger (Anlage 4 Nr. 1, S. 139) in die Pressen transportiert werden. Auf die Trockenmasse hat die Multi Column Casomatic wenig Einfluss, da ihre Aufgabe jediglich in der Abfüllung und Vorformung der Rohkäse besteht. Insgesamt stehen 5 Pressen (siehe Abbildung 9) in der Käserei zur Verfügung. Jede Presse besitzt maximal 216 Pressplätze. Beim Einschub der Pressen (Anlage 4 Nr. 2b, S. 139)



kommen die Formen hinein. Somit werden die ersten Käse bis zum Pressenausschub (Anlage 3 Nr. 2a, S. 139) vorgeschoben. Das Ziel ist eine Presse pro Fertiger.

Durch den auf die Käse ausgeübten Druck beim Pressen wird zum einen die Molkeabgabe und zum andern die Rindenbildung vom Käse gefördert.

Abb. 9: Draufsicht der Pressen

Die Rindenbildung ist wichtig, damit im weiteren Käseungsverlauf, Salzbad und Reifung, nicht zu viel Molke austreten kann. Molkeabgabe und Rindenbildung spielen zusammen, da zu viel Wasser im Käse die Trockenmasse verringert und zu wenig Wasser zu einer Trockenmasseerhöhung führt. In der Praxis stellt sich der Ablauf der Käsefertiger-Pressen-Trennung jedoch als schwierig heraus, da die Stückzahlen der Rohkäse pro Fertiger schwanken, wodurch es in den Pressen zu Verschiebungen kommen kann. Das Kapitel 3.2.1 auf S. 33 f. erläutert das Modell der Pressenverschiebung.

Im ganzen Prozess gibt es eine Taktzeit von 23 Minuten bei Blockware und 24 Minuten bei Rundlaibe, d. h. das Bruch-Molke-Gemisch verbleibt 23 bzw. 24 Minuten im Bruchpuffertank. Die Befüllung und Entleerung der Pressen erstreckt sich ebenfalls über diese Taktzeiten.

Das Pressprogramm dauert 85 Minuten. Die Tabelle 10 zeigt die beiden Pressprogramme der Käseerei in Altentreptow, die für jede der 5 Pressen identisch sind. Ein Unterschied besteht nur zwischen den beiden Käseformen Block und Rundlaib.

Tab. 10: Pressprogramme

Presstufe	Anfangsdruck in bar	Enddruck in bar	Zeit in min
<i>Pressprogramm Blockware</i>			
1	1,5	0,8	1
2	0,8	0,8	14
3	1,6	1,6	25
4	2,8	2,8	25
5	4,2	4,2	20
<i>Pressprogramm Rundlaib</i>			
1	1,0	1,0	5
2	1,0	1,0	2
3	1,3	1,3	13
4	1,6	1,6	20
5	3,0	3,0	45

Die Pressung ist so zu steuern, dass der Pressdruck sich von niedrig bis hoch allmählich steigert. Das bedeutet für die Blockware wie Gouda 48 % B - F, Edamer 40 %, Edamer 30 % und Butterkäse 45 % eine Erhöhung des Druckes von 0,8 bar auf 4,3 bar sowie für den Rundlaib von 1,0 bar bis auf 3,0 bar. Ein anfangs zu hoher Druck entwässert die Randzonen der Käse sehr stark, sie verschließen sich und die Molkeabgabe würde selbst bei mehr als 10 bar Pressdruck gehemmt werden. (Spreer 1995)

Nach dem Pressenprogramm werden die Formen über den Pressenausschub auf weitere Transportbänder (siehe Abbildung 10) zum Salzbad eingang transportiert. Noch vor dem Salzbad werden die Käse aus den Formen geholt (siehe Abbildung 11). Dabei wird der Käse einmal gewendet. An dieser Stelle wird das Produkt im vollständig geschlossenen

automatisierten Herstellungsprozess zum ersten Mal sichtbar, denn der nackte Blockkäse schwimmt in die Einschwemmrinne des Salzbad.

Der naturgereifte Rundlaibkäse hingegen muss vor dem Salzbad für eine halbe Stunde in die Verweilstrecke (siehe Abbildung 12). In der Verweilstrecke senkt sich der pH-Wert der Käse, wird aufgrund der zusätzlichen Ruhezeit die Trockenmasse korrigiert und die runde Form wird dem Käse durch sein Eigengewicht gegeben. Die Formgebung in der Presse ist einseitig, da der Pressstempel von oben auf den Formendeckel Druck ausübt (siehe Abbildung 13).

Nach dem Wenden der runden Käselaipe fallen sie über Transportbänder in eine neue deckellose Rundform für die Verweilstrecke hinein.

Die schmutzigen Formen und Formendeckel gelangen durch die Formenwaschmaschine (Anlage 4 Nr. 3, S. 139) wieder gereinigt zurück in den laufenden Prozess.



Abb. 10: Transportband der Käseformen nach dem Pressen

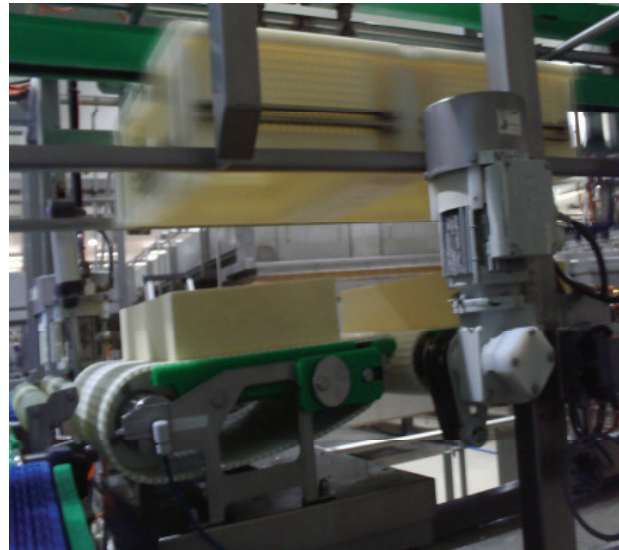


Abb. 11: Gepresster Käse aus der Form geholt, dabei gewendet



Abb. 12: Draufsicht Verweilstrecke für Rundlaibe



Abb. 13: Presstempel in der Presse auf Käseformen



### 3.2.1 Das Modell der Pressenverschiebung

Eine Verschiebung der Käseformen unter den Pressen wird bedingt durch die schwankenden Käsestückzahlen, die ein Käsefertiger enthalten kann. Die Anzahl der Rohkäse innerhalb einer Presse soll bei Blockware 184 Stück und bei der Rundware 216 Stück betragen. Für Verschiebungen der Formen sind zwei Möglichkeiten in Betracht zu ziehen: Die Stückzahl ist zu gering oder sie ist zu hoch. Am Beispiel der Blockware soll der Fakt näher erläutert werden:

#### Möglichkeit 1:

Werden mehr als 184 Käse aus einem Käsefertiger gewonnen, kommen die letzten gefüllten Käseformen nicht mehr unter die gleiche Presse, wo sich die ersten 184 Stück bereits befinden. Alle Käse, die zu viel sind, gelangen gleich unter die nächste Presse und müssen 23 Minuten länger auf den Pressdruck warten. Jeder Käse in seiner Form verliert in einer Minute ca. 0,035 % Molke. Hochgerechnet auf 23 Minuten ist das ein Molkeverlust von ca. 0,81 %. Diese Käse weisen demzufolge nach dem Pressen einen sehr hohen Trockenmassegehalt auf. Gibt es immer mehr als 184 Käse pro Fertiger verschieben sich die Formen auch in den Pressen. Im Modellbeispiel, Abbildung 14, sind das pro nachfolgend befüllter Presse zwei Käseblockformen extra. Diese Situation spielt sich von Presse zu Presse so lange ab bis es wieder eine Presse gibt, die von nur einem Käsefertiger befüllt wird. Je nach dem wie viel Käse überzählig sind, entsteht so eine Vielzahl von möglichen Verschiebungen der Rohkäse in den Pressen. Am Ende zieht dies immer die Trockenmassegehalte der betroffenen Käse in Mitleidenschaft, so dass Schwankungen innerhalb einer Presse zustande kommen.

Presse 1	Presse 2	Presse 3	Presse 4	Presse 5	Presse 1	Presse 2	Presse 3	Presse 4	Presse 5
**	!!!!!! (1)	!!!!!! (2)	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	!!!!!! (7)	!!!!!! (8)
**	!!!!!! (1)	!!!!!! (2)	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	!!!!!! (8)
**	**	!!!!!! (2)	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	!!!!!! (8)
**	**	!!!!!! (2)	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	usw.
**	**	**	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	!!!!!! (3)	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	!!!!!! (4)	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	**	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	**	!!!!!! (5)	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	**	**	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	**	**	!!!!!! (6)	!!!!!! (7)	**	
**	**	**	**	**	**	**	!!!!!! (7)	**	

\*\* Käse aus Käsefertiger 1 in Presse 1 ; Käse aus Käsefertiger 2 in Presse 2 usw.  
 !!!!! (1) Letzter Bruch aus Käsefertiger 1 (mehr als 184 Stück) kommt in Presse 2 usw.

Abb. 14: Modellbeispiel der Pressenverschiebung  
*Möglichkeit 2:*

Werden jedoch weniger als 184 Käse aus dem Inhalt eines Käsefertigers geformt, berechnet die Software nach eingehen der „Leermeldung“ des Bruchpuffertanks (siehe Kapitel 3.3, S. 35) wie viel Käseblöcke in der Presse fehlen, um die 184 Pressplätze zu belegen. Hierzu eine Beispielberechnung:

Schritt 1: *Leermeldung vom Bruchpuffertank im System*

Schritt 2: *Software berechnet die momentane Pressenbefüllung*

$$19 \text{ Casomatic-Abschnitte} = 19 \times 6 = \underline{114 \text{ Rohkäse}}$$

Schritt 3: *Software berechnet noch verbleibende Rohkäse in Casomatic und Rohrleitung*

$$11 \text{ Casomatic-Abschnitte} = 11 \times 6 = \underline{66 \text{ Rohkäse}}$$

Schritt 4: *Gesamtbefüllung* = 180 Rohkäse

Schritt 5: **Fehlende Käseformen:  $184 - 180 = 4$**

Nach dem Berechnungsbeispiel werden für eine vollständig belegte Presse noch 4 ungefüllte Käseformen benötigt, die zwischen den Abschnitten der Casomatic eingeschoben werden. Die Trockenmasse sollte bei Möglichkeit 2 nicht beeinflusst werden, da alle Käse aus einem Käsefertiger den Pressdruck zeitgleich erhalten.

### 3.3 Die Bruchpuffertanks

Die Bruchpuffertanks befinden sich in der Käserei unterhalb der Käsefertigerbühne. Es gibt zwei Bruchpuffertanks, die ein jeweiliges Fassungsvermögen von 25.000 l haben (siehe Abbildung 15). Die beiden Tanks arbeiten im Wechsel. Die schematische Darstellung ist in Anlage 9 auf der Seite 172 zu finden.



Abb. 15: Bruchpuffertanks

Das Bruch-Molke-Gemisch verweilt im Durchschnitt 23 bzw. 24 Minuten in einem Tank. Aufgrund der prozessbedingten Taktzeiten sind die Bruchpuffertanks unverzichtbar, da sie als Zwischenstapelplatz der Bruchkörner von den Käsefertigern zur Casomatic dienen. Gleichzeitig sollen sie auch die Synärese der Bruchpartikel während der Verweilzeit im Tank verhindern.

In der Gallerte wird das Wasser der Milch zum größten Teil in Hohlräume bzw. Poren gebunden. Öffnen sich die Hohlräume des Bruches kann das Wasser bzw. die Molke abfließen. Ein weiterer Molkeanteil bindet die Gallerte in Kapillarräume oder auch in der Hydrathülle. Das Kapillarwasser ist schwerer zu entfernen als die Molke aus den Hohlräumen und verbleibt zum größten Teil im Käse. Somit beeinflusst es neben der Trockenmasse auch die Säuerung und Reifung der Käse. (Spreer, 1995)

Die Entmolkung des Bruch-Molke-Gemisches findet in den 3 Phasen „Käsefertiger“, „Bruchpuffertank“ und „Käseformen“ statt. Die Synärese wird in den Fertigern durch die Schneidwerke eingeleitet. Beim Start des Ablassens der Bruchpartikel vom Käsefertiger in den Bruch-puffertank ist das Bruch-Molke-Gemisch zu 100 % homogen. Auch wenn die Befüllung gerade abgeschlossen ist, ist das Gemisch noch homogen. Unterschiede in der Synärese der Bruchpartikel im Tank entstehen erst, wenn das Überpumpen des Puffertankinhaltes in die Multi Column Casomatic beginnt, denn die Bruchpartikel verlieren im Tank mehr Molke als „unterwegs“ zur Casomatic und in den Käseformen. In den Bruchpuffertanks wird das Gefüge der Bruchkörner aufgrund der Rührmaßnahmen weiter beschädigt und damit auch die Poren und Kapillaren. Durch das hohe Temperaturniveau, welches im Tank aufgrund der Temperaturführung in den Käsefertigern vorherrscht, können

die Hohlräume sich noch besser öffnen. Beide Faktoren zusammen sorgen für eine starke Molkeabgabe innerhalb der Bruchpuffertanks, wenn keine geeigneten Maßnahmen erfolgen. Der Bruch wird auf eine Nachwärmtemperatur von 34 – 37° C bei Gouda Blockware und Rundlaib, Edamer 40 % sowie Butterkäse gebracht. Der Edamer 30 % hat mit 32° C eine geringere Nachwärmtemperatur. In den Rohrleitungen beim Transport der Bruchpartikel in die Casomatic bzw. im Multi Column Drainagesystem selbst und in den Käseformen kühlt der Bruch durch die Umgebungstemperatur von ca. 20° C ab, so dass die Poren des Rohkäses sich verengen und die Synärese verlangsamen. Außerdem liegt der Bruch ruhig in einer Form und ist keiner weiteren mechanischen Energie ausgesetzt. Beide Faktoren sorgen für eine geringere Entmolkung.

Die Raumtemperatur in der Käserei darf dabei nicht unter 20 °C fallen, da sich sonst die Oberfläche des geformten Rohkäses sehr stark verdichtet und es so zu einem ungenügenden Molkeausaustausch während der Ruhezeit kommen kann. (Spreer, 1995)

Innerhalb des Bruchpuffertanks ist die Verweilzeit für alle Bruchpartikel nicht identisch, so dass der Käsebruch aus einem Käsefertiger demnach prozesstechnisch unterschiedlich behandelt wird.

Die Befüllung und Entleerung der Tanks erfolgt im unteren Teil der Bruchpuffertanks, so dass sich theoretisch die zuerst abgelassenen Bruchpartikel eines Käsefertigers 23 bzw. 24 Minuten länger im Bruchpuffertank befinden als das zuletzt abgelassene Bruch-Molke-Gemisch. Da das Überpumpen des Bruch-Molke-Gemisches in die Casomatic direkt nach vollständiger Befüllung des Puffertankes beginnt, gilt für die zuletzt abgelassenen Bruchpartikel das Prinzip „last in and first out.“ Der Bruch, der demnach am längsten im Bruchpuffertank verweilen muss, würde 23 – 24 Minuten mehr Molke verlieren als die Bruchpartikel, welche sofort in die Casomatic übergehen und später in der Käseform auf den Pressdruck warten. Durch den Pressvorgang würde der Bruch mit dem Prinzip „first in and last out“ im Vergleich zu Partikeln mit dem Prinzip „last in and first out“ zu wenig Wasser enthalten. So entstehen große Trockenmasseschwankungen innerhalb einer Presse und demzufolge auch innerhalb eines Käsefertigers. Damit solche extremen Schwankungen verhindert werden können, werden die beiden Bruchpuffertanks mit Eiswasser gekühlt. Dadurch wird die Entmolkung für ein Teil der Bruchkörner innerhalb der Bruchpuffertanks während der Entleerungsphase gehemmt.

Ohne Kühlung würde der Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse, wie Abbildung 16 darstellt, von der ersten Käsereihe bis zu den letzten Käse linear abfallen und die letzten Bruchpartikel aus dem Tank immer trockener sein als die ersten Partikel.



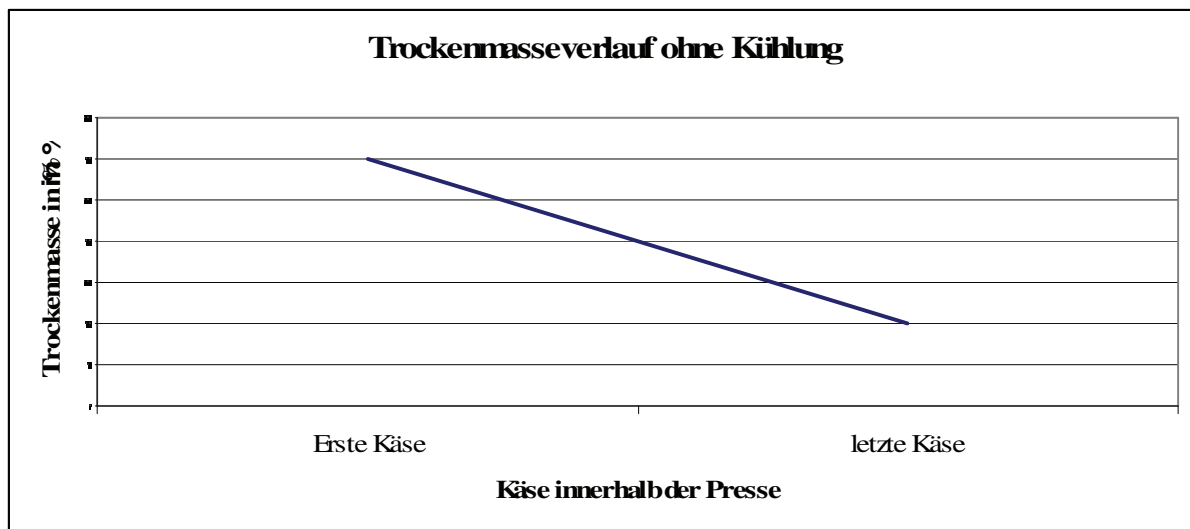


Abb. 16: Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse ohne Kühlung

Die Eiswasser-Kühlung wird in Altentreptow durch ein Kühlprogramm gesteuert. Von großer Wichtigkeit sind hierbei die Kühltiefe und der Kühlstart.

Das Kühlprogramm in den Bruchpuffertanks ist den am Standort hergestellten Käsesorten angepasst und in Tabelle 11 aufgelistet.

Tab. 11: Kühlprogramm der Bruchpuffertanks

Käsesorte	Sollwert Temperaturabnahme	Maximale Wartezeit bis Start Kühlen
Gouda 48 % B-F	-1,4 °C	360 sec
Butterkäse 45 %	-1,4 °C	360 sec
Edamer 40 %	-1,4 °C	360 sec
Edamer 30 %	-1,4 °C	360 sec
Gouda 48 % Rundlaib	-1,3 °C	420 sec

Die Kühlung beginnt in den Bruchpuffertanks sobald die Befüllung dieser abgeschlossen ist. Beide Tanks arbeiten im Wechsel, das heißt wenn Tank 1 das Bruch-Molke-Gemisch kühlt und in die Multi Column Casomatic überpumpt, wird der zweite Puffertank neu befüllt. Die Dauer der Befüllung liegt bei ca. 720 Sekunden. Sofern der erste Puffertank entleert ist, beginnt der Zweite mit Überpumpen und dem gleichzeitigen Kühlen des Bruches vom nächsten Käsefertiger. Die Kühlung erfolgt durch impulsweise zugeführtes Eiswasser. Ist die Endkühltemperatur erreicht, wird sie während der Entleerungsphase über im jeweiligen Bruchpuffertank aufrechterhalten. Für die Entmolkung und demzufolge auch für die Trockenmasse im Käse ist die Kühltemperatur sowie der Kühlbeginn des vollständig befüllten Puffertanks wichtig, denn bei einer zu tiefen Kühlung würde der Trockenmasseverlauf

innerhalb einer Presse, wie Abbildung 17 zeigt, von dem ersten Käse bis zur letzten Käseerei linear ansteigen, da die Synärese der Bruchkörner vom ersten bis zum letzten Käse immer schwächer wird.

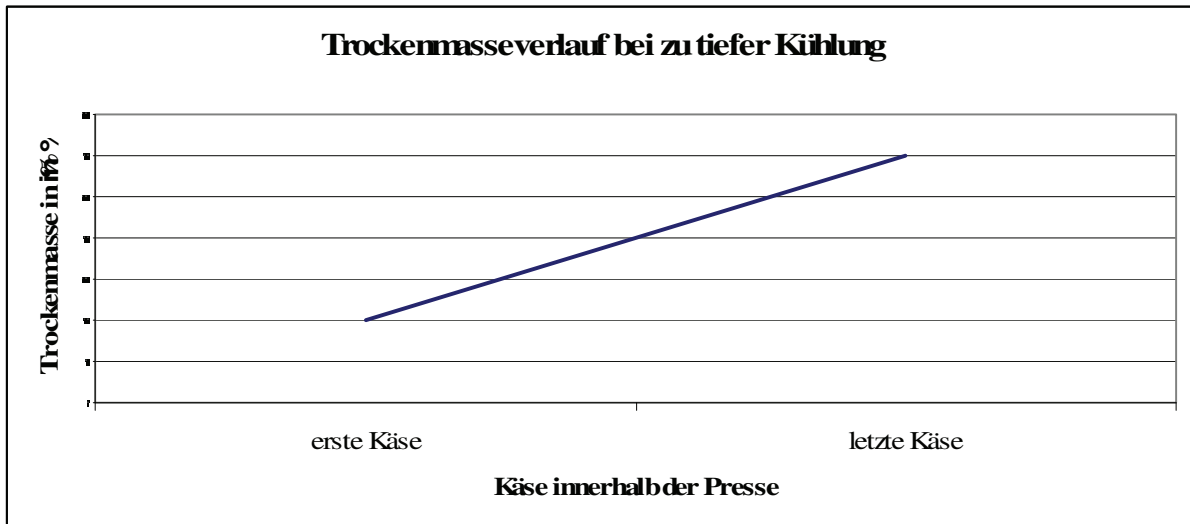


Abb. 17: Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse bei zu tiefer Kühlung

Zwischen den Möglichkeiten „keine Kühlung“ und „zu tiefe Kühlung“ gibt es unzählige Varianten, die abhängig sind vom Kühlstart und der Kühltiefe. Darum ist jede Käserei, die längere Taktzeiten im Prozess besitzt als 14 Minuten (innerhalb 14 Minuten erfolgt die Synärese noch verlangsamt und eine Kühlung ist nicht erforderlich) bestrebt eine individuell optimale Kühlung in den Bruchpuffertanks zu erzielen. So können Trockenmasseschwankungen innerhalb eines Käsefertigers verhindert und Qualitätseinbußen minimiert werden.

Das Ziel des Käsewerkes für alle Käse eines Fertigers ist ein gleiches Trockenmasseniveau, trotz langer Taktzeiten. Die Zielsetzung wird in Abbildung 18 veranschaulicht.

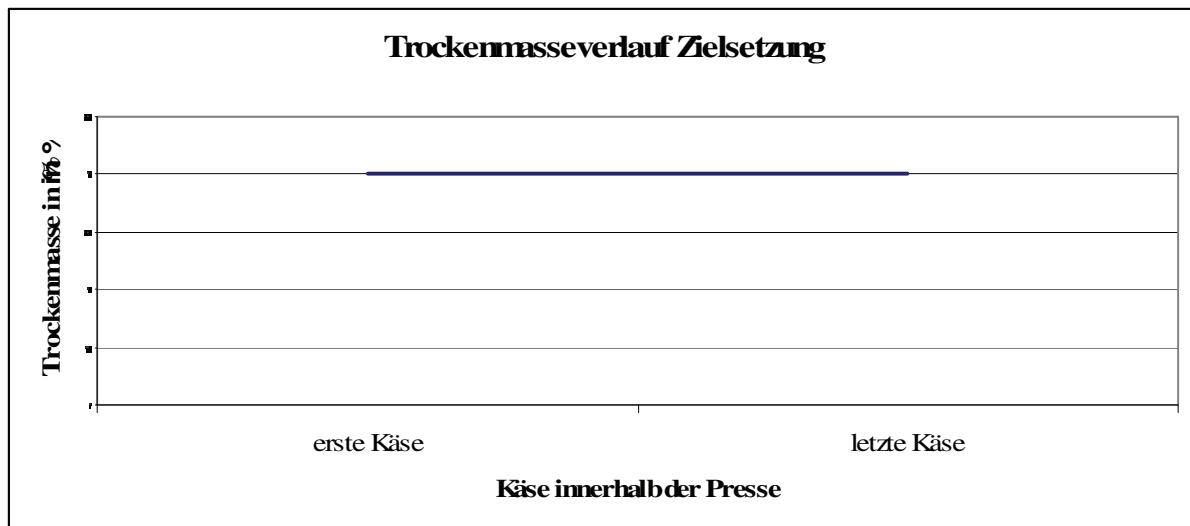


Abb. 18: Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse bei optimaler Kühlung (Ziel)

### 3.4 Das Salzbad

#### 3.4.1 Der pH-Wert im Käse vor dem Salzbad

Bevor der Rohkäse ins Salzbad schwimmt, werden von den Käserei-Mitarbeitern innerhalb ausgewählter Käsefertiger Stichproben zur pH-Messung genommen. Die Probennahme erfolgt nach dem Pressen bzw. wenn der Rundlaibkäse aus der Verweilstrecke transportiert wird (Anlage 4 Nr. 4, S. 139).

Der pH-Wert vor dem Salzbad dient als Indikator für die Aktivität der Säuerungskulturen. Je höher der pH-Wert ist, desto inaktiver sind die Kulturen und je niedriger der pH-Wert ist, desto aktiver sind die Kulturen. Beeinflusst werden die Kulturen von Bakteriophagen. Diese Viren sind ultramikroskopisch kleine Lebewesen, die sich auf eine Art, eine Unterart oder einen bestimmten Bakterienstamm spezifiziert haben. Die Phagen greifen die Bakterien an, indem sie ihnen ihre DNA direkt in die Zelle injizieren. Dadurch werden die Bakterienzellen zerstört oder innerhalb der Zellen Mutationen ausgelöst. Indirekt steht der pH-Wert vor dem Salzbad demzufolge auch für die Bakteriophagenaktivität. Eine besonders wichtige Rolle in der Milch und in den Molkereien spielen die spezifischen *Streptococcus lactis*-Bakteriophagen. *Streptococcus lactis* gehören zu den Milchsäurebakterien und kommen in großer Zahl in jeder Milch vor. Bakteriophagen gelangen auf den Luftweg in die Käsereien. Unter anderem nutzen sie auch die Kleidung der Mitarbeiter als Trägerwirte, um sich fortzubewegen. Sie greifen die *Milchsäurestreptococce*n im Säurewecker und im Käsekessel an und bringen diese dann zum Platzen. Bakteriophagen vermehren sich schnell und in großer Anzahl. (Roeder 1954)

Die Trockenmasseentwicklung innerhalb der Käsechargen beeinflussen die Phagen negativ, denn sie degenieren zuerst die Säureweckerkulturen, wobei diese die Säuerung einstellen und der pH-Wert ansteigt, dadurch nimmt die Entmolkung der Bruchkörner im Käsefertiger ab, d. h. im Bruch befindet sich mehr Wasser und die Trockenmasse wird niedrig.

Es ist praktisch unmöglich eine Käserei von Bakteriophagen zu befreien und rein zu halten, weshalb Gegenmaßnahmen im Produktionsprozess getroffen werden müssen, um die Entmolkung der Bruchkörner zu sichern. Da die Phagen vom ersten bis zum letzten Käsefertiger immer weiter wachsen, wird die Nachwärmtemperatur des Bruches in der fortlaufenden Produktion erhöht. Dieser „Brennvorgang“ dient als „Notbrücke“ um die Synärese zu verstärken und fördert gleichzeitig die thermophilen Säurebildner in ihrer Entwicklung. (Spreer 1995)

In der altentrepower Käserei wird innerhalb einer Charge die Nachwärmtemperatur ab dem 28. Käsefertiger um  $0,5^{\circ}\text{C}$  erhöht, da der Bakteriophagenbefall mit jedem Fertiger ansteigt und die Grenze beim Käsefertiger 27 erreicht ist. Hier muss gehandelt werden, um die internen pH-Normen weiterhin für eine gleich bleibende Käsequalität einzuhalten. Die pH-Wert-Messung im fertig gepressten Käse noch vor Einschwebmen ins Salzbad, kontrolliert den „Brennvorgang.“ Optimal liegt der pH-Wert der Rohkäse bei den Euroblöcken im Bereich 5,7 bis 5,9 und beim Rundlaib bei 5,4 bis 5,7. Die Auflistung in den Tabellen 12 und 13 der folgenden Seiten zeigen über die Monate April und Mai 2009 die pH-Werte der Käsefertiger vor dem Salzbad mit dem dazugehörigen Bakteriophageneffekt.

Tab. 12: pH-Mittelwerte vor Salzbad April 2009

<b>pH vor Salzbad Mittelwerte April 2009</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C (Abgleich B zu A)</b>
<b>Charge</b>	<b>Käsefertiger 1 bis 27</b>	<b>Käsefertiger 28 bis 55</b>	<b>Bakteriophageneffekt</b>
86	5,26	5,36	höher
87	5,80	5,64	tiefer
88	5,86	5,83	tiefer
89	5,81	5,83	höher
90	5,76	5,83	höher
91	5,74	5,86	höher
92	5,52	5,51	gleich
93	5,56	5,53	tiefer
94	5,83	5,85	höher
95	5,69	5,78	höher
96	5,78	5,85	höher
97	5,70	5,86	höher
98	5,69	5,87	höher
99	5,45	5,51	höher
100	5,79	5,88	höher
101	5,82	5,90	höher
102	5,81	5,89	höher
103	5,68	5,76	höher
104	5,85	5,93	höher
105	5,55	5,48	tiefer
106	5,76	5,76	gleich
107	5,77	5,80	höher
108	5,78	5,87	höher
109	5,79	5,81	höher
110	5,77	5,84	höher
111	5,76	5,75	gleich
112	5,81	5,80	gleich
113	5,41	5,36	tiefer
114	5,47	5,37	tiefer

Tab. 13: pH-Mittelwerte vor Salzbad Mai 2009

	<b>pH vor Salzbad Mittelwerte Mai 2009</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C (Ableich B zu A)</b>
<b>Charge</b>	<b>Käsefertiger 1 bis 27</b>	<b>Käsefertiger 28 bis 55</b>	<b>Bakteriophageneffekt</b>
115	5,80	5,85	höher
116	5,81	5,80	gleich
117	5,66	5,74	höher
118	5,71	5,80	höher
119	5,81	5,78	tiefer
120	5,80	5,86	höher
121	5,74	5,88	höher
122	5,66	5,73	höher
123	5,75	5,81	höher
124	5,46	5,49	höher
125	5,77	5,79	höher
126	5,79	5,88	höher
127	5,81	5,90	höher
128	5,77	5,81	höher
129	5,80	5,87	höher
130	5,63	5,64	gleich
131	5,41	5,45	höher
132	5,40	5,19	tiefer
133	5,47	5,27	tiefer
134	5,69	5,83	höher
135	5,84	5,92	höher
136	5,80	5,91	höher
137	5,85	5,94	höher
138	5,74	5,82	höher
139	5,46	5,52	höher
140	5,56	5,56	gleich
141	5,55	5,42	tiefer
142	5,74	5,77	höher
143	5,83	5,85	höher
144	5,82	5,75	tiefer

In den Auswertung von April und Mai 2009 sind vereinzelt Abweichungen von den internen pH-Normen zu verzeichnen: Eine Unterschreitung der unteren Normgrenze ist nur bei den Käsefertigern 1 – 27 aufgetreten. Eine Schlussfolgerung dafür lautet, dass die Säuerungsaktivität in den betroffenen Käsefertigern etwas zu hoch war. Vor allem ab dem Käsefertiger 28 ist der pH-Wert etwas höher als es die obere Normgrenze vorgibt. Daraus kann geschlossen werden, dass die Nachwärmtemperaturen in den betroffenen Käsefertigern für die Synäreseerhöhung der Bruchkörner nicht ausreichend gewesen ist.

Ohne die Temperaturerhöhung ab dem Käsefertiger 28 würden die Bakteriophagen einen stärkeren Effekt auf die Säuerungsaktivität der Kulturen und damit auf die Trockenmasse im Käse ausüben. Zusammengefasst zeigen beide Monate (siehe Tabelle 14), dass die Bakteriophagen die pH-Werte in den Chargen ab dem Käsefertiger 28 zu 69,49 % erhöhen. Allerdings bewegen die pH-Werte sich weiterhin in dem Bereich der intern gestellten Normen.

Tab. 14: Bakteriophageneffekte auf den pH-Wert vor Salzbad der Käsefertiger 1-27 zu 28-55

Monat	Chargen pro Monat	Effekt: pH erhöht	Effekt: pH gesunken	Effekt: pH gleich
<b>April 2009</b>	29	19	6	4
	100%	<b>65,52%</b>	<b>20,69%</b>	<b>13,79%</b>
<b>Mai 2009</b>	30	22	5	3
	100%	<b>73,33%</b>	<b>16,67%</b>	<b>10,00%</b>
<b>Gesamt</b>	<b>59</b>	<b>41</b>	<b>11</b>	<b>7</b>
	<b>100%</b>	<b>69,49%</b>	<b>18,64%</b>	<b>11,86%</b>

Die Steuerung des „Brennvorgangs“ ist in der Käserei erfolgreich, so dass die Trockenmasseschwankungen vom Effekt der Bakteriophagen nicht hervorgerufen werden.

### 3.4.2 Der Salzgehalt im Käse

Einen weiteren wichtigen Effekt auf die Inhaltsstoffe im Käse haben die Salzungszeiten im Salzbad. Hier gilt je länger die Käse im Salzbad liegen, desto höher kann die Trockenmasse werden und umgekehrt, je kürzer sich ein Käse in der Salzlake befindet, desto niedriger kann die Trockenmasse im Käse ausfallen. Es gibt eine Faustregel für das Salzen von Käse:

*Diffundiert 1 Teil Salz in den Käse, dann werden 2 Teile Wasser aus dem Käse verdrängt.*

Bereits auftretende Schwankungen der Trockenmasse vor dem Salzbad können durch das Salzen jedoch korrigiert werden. In der Regel sind demnach Trockenmasseschwankungen vor dem Salzbad höher als danach.

In Altentreptow gelangen die Käseblöcke aus den Pressformen direkt über ein Förderband in die Einschwemmrinne vom Salzbad (siehe Abbildung 19) Hier wird der Effekt genutzt, dass die Käse in Salzlake schwimmen können.

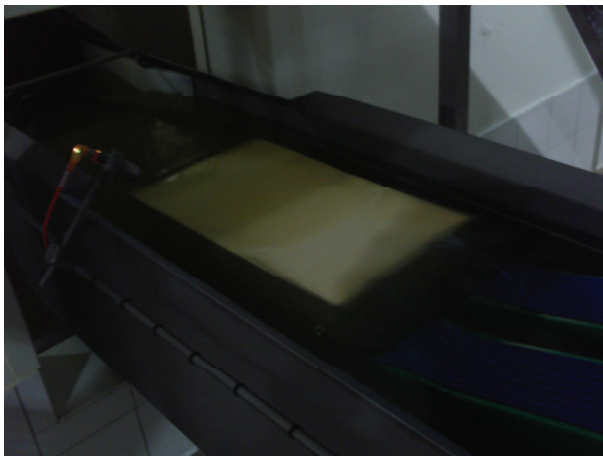


Abb. 19: Käse gelangt in Einschwemmrinne



Abb. 20: Käse schwimmen in Salzbadkorb

Das Salzbad besteht aus 2 großen Becken, in denen sich mehrere Körbe befinden, in die die Käse hinein schwimmen (siehe Abbildung 20) Jeder Korb besteht aus 13 Lagen wobei jede Lage mit maximal ca. 216 bzw. 292 Käse befüllt wird. Beim Einschwemmen der Körbe gilt das Prinzip „first in and last out.“ Die Körbe werden von unten nach oben befüllt, das heißt der Salzbadkorb wird vollständig hochgefahren, so dass die Befüllung in der untersten Lage beginnt. Ist eine Lage voll wird der Korb bis zur nächsten leeren Lage heruntergefahren usw. Die Käse in der untersten Lage kommen demzufolge als erstes ins Salzbad und verbleiben dort auch am längsten. Der Käse, welcher in die oberste Lage gelangt, kommt als letzter hinein und verlässt die Salzlake als erster. Die Ein- und Ausschwemzeiten, wie sie in



Anlage 5 auf der Seite 140 ff ersichtlich sind, sind nach dem Prinzip „first in and last out“ entstanden.

Demnach sind die Ein- und Ausschwemmzeiten laut internen Qualitätsnormen in Ordnung. Die Norm für die Blockkäse liegt bei ca. 69 Stunden und beim Rundlaib bei ca. 82 Stunden. In der Praxis sind hinzukommend die Ausschwemmzeit einer ganzen Charge zu berücksichtigen ist. In der Regel gibt es pro Charge 4 bis 6 Körbe. Die Mitarbeiter vom Salzbad beginnen das Ausschwemmen des ersten Korbes 3 Stunden eher als es die Norm vorgibt. Somit wird gesichert, dass auch der letzte Korb der Charge eine Salzungszeit von z. B. 69 Stunden erfährt. In der von der Käsereileitung gewählten dreistündigen Pufferzeit berücksichtigen sie zum einen die schnellere Ausschwemmzeit der Körbe (im Vergleich zur Einschwemmzeit) und zum anderen eventuelle Störungen, wie sie z. B. bei der Verpackungsmaschine auftreten können. Die gesalzten Käseblöcke kommen aus den Salzbadkörben über ein Transportband direkt zur Verpackungsmaschine. Dort werden sie vakuumiert, in Folie eingeschweißt und ins Lager zum Reifen gebracht. Die Naturrundlaibe dagegen kommen direkt über das Transportband in die Naturkäseabteilung, wo sie gelagert und im Laufe der Reifungsphase mit Plasticcoat (ähnlich einer Wachsschicht) versehen werden.

Innerhalb eines Korbes kommt es bereits zu unwiderruflichen Salzungsverschiebungen, denn die erste ausgeschwemmte Lage salzt tatsächlich ca. 69 Stunden, aber die letzte Lage wird immer automatisch ein paar Stunden länger salzen als es vorgeschrieben ist. Die internen Normen geben vor, dass die Salzungsdauerunterschiede zwischen unterster und oberster Lage eines Korbes 7 Stunden betragen sollen. Die untersuchten Monate April und Mai des Jahres 2009 in der Anlage 6 auf Seite 148 ff geben ein Berechnungsbeispiel der Salzungsunterschiede und bestätigen diese Vorgaben. Das System ist ohne großen Aufwand und Umstrukturierungen nicht veränderbar, so dass diese Schwankungen von der Käsereileitung immer mit einkalkuliert werden müssen.

Die Tabelle 15 zeigt die zusammengefassten Salzungsunterschiede der einzelnen Käsesorten über die Monate April und Mai 2009.

Tab. 15: Zusammenfassung der Salzungsunterschiede April und Mai 2009

Sorte	Monat	Schwemmzeitunterschiede im Korb (h)	Salzungsunterschied im Korb (%)	S.i.Tr. (%)	Norm S.i.Tr. (%)
<b>Gouda 48 % B-F</b>	April	7 ± 0,816	0,17 ± 0,024	3,48 ± 0,390	3,60
	Mai	7 ± 0,943	0,19 ± 0,024	3,66 ± 0,227	
<b>Butterkäse 45 %</b>	April	7 ± 1,309	0,18 ± 0,034	3,39 ± 0,364	3,70
	Mai	7 ± 1,327	0,19 ± 0,031	3,41 ± 0,140	
<b>Edamer 40 %</b>	April	6 ± 1,744	0,16 ± 0,041	3,75 ± 0,227	3,80
	Mai	7 ± 0,433	0,18 ± 0,019	3,49 ± 0,433	
<b>Edamer 30 %</b>	April	8 ± 0,00	0,24 ± 0,00	3,47 ± 0,00	4,00
	Mai	7 ± 1,00	0,21 ± 0,035	3,73 ± 0,070	
<b>Gouda 48 % Rund</b>	April	8 ± 1,294	0,19 ± 0,040	3,07 ± 0,178	3,60
	Mai	7 ± 2,441	0,16 ± 0,058	3,09 ± 0,188	

Die Salzgehalte in der Trockenmasse aus Tabelle 15 weisen eine tendenzielle Unterschreitung der gestellten Normen auf. Obwohl die Schwemmzeitunterschiede innerhalb eines Korbes mit 7 Stunden pro Käsesorte konstant bleiben und auch die Salzungsunterschiede mit ca. 0,2 % bei 6 bis 8 Stunden einheitlich sind. Die errechneten Salzungsunterschiede beziehen sich auf die unterste und oberste Lage eines Korbes. In diesem Falle enthalten die Käse der untersten Lage 0,2 % mehr Salz in der Trockenmasse als die der obersten Lage.

Daraus kann also geschlossen werden, dass Schwankungen vom Salzgehalt in der Trockenmasse nicht von den Salzungszeiten hervorgerufen werden. Das Problem der unterschiedlichen Salzgehalte wurde in Altentreptow schon Anfang des Jahres erkannt und über Korrelationsberechnungen eine Ursache dieser Situation gefunden. Am Beispiel vom Edamerkäse der Chargen 62 und 66 wurden Korrelationswerte von Trockenmasse und Salz in der Trockenmasse von 0,812 und 0,823 ermittelt. Für die Chargen 62 bzw. 66 bedeutet das, dass 66 % bzw. 68 % der auftretenden S. i. Tr.-Schwankungen durch Trockenmasseunterschiede nach dem Salzbad verursacht wurden, während 34 % bzw. 32 % bedingt werden durch Restfaktoren wie Analyseungenauigkeiten, höhere Schwankungen in den Ausschwemmzeiten oder Salzungsunterschiede von oberster und unterster Korblage. Systematische Unterschiede der Restfaktoren gibt es immer. Sind jedoch die Trockenmasseschwankungen vor dem Salzbad zu hoch, können die Restfaktoren verstärkt oder verringert werden. Die Folge sind mehr Schwankungen im Salzgehalt in der Trockenmasse. (Wittermans, 2009)

### 3.5 Die Kulturenaktivität

„Kulturen sind Anreicherungen und Züchtungen von Mikroorganismen in einem Nährmedium, die einem Stamm oder mehreren Stämmen bzw. Arten angehören können.“ (Spreer 1995)

Für die am Standort produzierten Schnittkäsesorten werden mesophile Säuerungskulturen genutzt. Sie stammen von der holländischen Firma CSK, heißen FR 18 (Einsatz für Blockkäsesorten) sowie FR 18/BOS (Einsatz für Rundlaibkäse) und werden tiefgefroren angeliefert. Tabelle 16 stellt die Eigenschaften der mesophilen Säuerungskulturen dar:

Tab. 16: Eigenschaften der mesophilen Säuerungskulturen (Spreer 1995, S. 316)

Käsegruppe und ~sorte	Art der Kultur	Eigenschaften
<i>Schnittkäse</i>		
Gouda, Edamer	Mesophile Säuerungskultur	Nach der Inkubationszeit aktive Milchsäuregärung in der Käseemilch, im Rohkäse intensive Säurebildung, gute Salztoleranz sowie während der Käsereifung starke Aroma- und CO <sub>2</sub> -Bildung bei mittlerer proteolytischer Aktivität
<i>Halbfeste Schnittkäse</i>		
Butterkäse	Mesophile Säuerungskultur	In der Käseemilch aktive Säurebildung, ausreichende Salztoleranz, Aroma- und CO <sub>2</sub> -Bildung sehr gering bzw. fehlt, mittlere proteolytischer Aktivität

Bei kontinuierlicher und automatisierter Prozessführung, wie in Altentreptow, werden immer größere Kulturmengen zugegeben, um die Säuerung der Milch zu beschleunigen. Das erhöht die Enzymaktivität und forciert den Gerinnungsprozess. (Spreer 1995)

Bevor die Kesselmilch in der Kulturenstation beimpft wird, müssen die CSK-Kulturen aufgetaut und auf ihre Aktivität hin überprüft werden. Das Auftauen der Kulturen übernehmen die Mitarbeiter des Betriebsraumes. Das Werkslabor führt anschließend die Aktivitätsuntersuchungen durch und beimpft die Kesselmilch. Es gibt für die Aktivität drei Versuchsansätze: Ansatz 1 gibt Auskunft darüber wie aktiv die Kultur mit der für die jeweilige Käsesorte standardisierte Käseemilch ist. Mit dem Ansatz 2 wird der Optimalfall simuliert. Hier werden die zum Einsatz kommenden Kulturen mit einem hemmstofffreiem Pulver zusammengeführt, das sich Nilac nennt. Nilac gibt FR 18 bzw. FR 18/BOS optimale Wachstumsbedingungen. Im 3. Ansatz wird auf den Einfluss des Molkenrahms eingegangen. Molkenrahm fällt während der Käseproduktion an und wird im Rework-Verfahren, um Verluste so gering wie möglich zu halten, wieder in der Kesselmilch beim Standardisieren

eingesetzt. Problematisch für die Kulturen wird Molkenrahm dann, wenn darin viele Bakteriophagen (siehe Kapitel 3.4.1, S. 39) enthalten sind, die die Säuerungskulturen zerstören.

Für die Monate Mai und Juni des Jahres 2009 zeigen die Tabellen 17 bis 20 die vom Labor ermittelten Kulturenaktivitäten.

Tab. 17: Aktivität der Kultur FR 18 Mai 2009

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
FR 18	115	55,0	49,0	48,0
	115	54,8	50,6	49,6
	116	58,0	52,0	48,2
	116	52,6	47,0	45,4
	117	61,0	48,5	46,0
	117	56,4	48,4	46,2
	118	54,0	45,0	45,0
	118	53,4	43,8	43,4
	119	52,0	46,0	44,8
	119	63,8	54,0	50,0
	120	50,0	48,0	46,0
	120	50,8	46,0	44,8
	121	46,0	52,0	50,0
	121	51,2	49,4	45,0
	122	54,0	58,0	56,0
	122	53,2	48,0	49,4
	123	54,0	48,2	48,4
	123	51,2	49,4	50,2
	125	54,0	51,0	51,0
	125	56,0	53,0	53,0
	126	56,0	55,8	57,0
	127	60,0	62,0	61,0
	126	54,0	53,0	53,0
	127	56,0	55,0	56,0
	128	64,0	57,6	60,6
	128	59,0	50,0	48,2
	129	62,6	65,6	67,8
	129	57,4	49,2	53,0
	130	62,0	60,1	59,8
	130	55,6	53,8	61,2
	134	69,4	68,0	66,6
	134	58,4	54,8	55,0
	135	60,4	53,8	58,0
	135	71,6	62,8	57,2

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
	136	67,0	64,0	62,4
	136	58,2	61,2	61,8
	137	67,6	64,0	64,0
	137	66,0	64,0	63,8
	138	69,6	65,0	67,0
			63,0	63,0
	141	67,4	71,6	68,0
	142	64,6	64,2	62,1
	142	61,4	53,2	53,6
	143	56,4	57,6	40,0
	143	54,2	52,8	42,2
	144	58,0	48,6	53,4
	144	52,8	52,0	53,6
	<b>Mittelwert</b>	<b>58,1</b>	<b>54,7</b>	<b>53,8</b>
	<b>Standardabweichung</b>	<b>5,865</b>	<b>7,558</b>	<b>7,479</b>

Tab. 18: Aktivität der Kultur FR 18/BOS Mai 2009

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
FR18/BOS	124	50,0	52,0	45,0
	124	56,0	57,0	48,2
	131	57,0	54,0	56,0
	131	68,0	64,4	63,0
	132	64,0	60,0	60,0
	132	58,4	58,0	58,6
	133	68,0	64,0	60,0
	133	66,0	63,0	62,0
	139	68,6	62,2	62,0
		69,0	71,0	71,0
	140	66,8	62,4	63,0
	140	71,0	66,0	70,0
	141	66,2	64,4	64,2
	<b>Mittelwert</b>	<b>63,8</b>	<b>61,4</b>	<b>60,2</b>
	<b>Standardabweichung</b>	<b>6,099</b>	<b>4,948</b>	<b>7,050</b>

Tab. 19: Aktivität der Kultur FR 18 Juni 2009

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
FR 18	145	61,8	56,2	56,6
	145	61,0	58,0	61,8
	148	74,2	71,2	70,0
	148	68,0	64,0	65,2
	149	70,6	66,6	67,2
	149	63,4	59,8	58,0
	150	65,0	67,0	69,4
	150	68,0	71,0	73,0
	151	70,2	68,4	65,8
	151	65,4	62,0	62,4
	152	73,4	70,0	72,0
	152	76,6	72,6	71,6
	155	75,4	76,4	75,2
	155	73,0	68,8	68,0
	156	64,4	62,2	63,0
	156	54,6	59,0	59,6
	157	63,2	61,6	63,3
	157	71,5	67,2	70,0
	158	61,0	55,0	55,6
	158	64,0	64,0	63,0
	159	75,0	69,2	66,8
	159	73,0	69,8	68,4
	161	63,0	57,0	55,8
	161	67,0	62,4	63,2
	162	60,2	61,4	54,8
	162		64,0	61,0
			61,0	
	163	66,4	63,8	60,0
	163	67,0	63,8	59,0
	164	50,4	50,0	47,0
	164	55,0	57,0	54,0
	165	54,0	52,0	53,0
	165	47,0	53,6	41,8
	166	71,0	71,0	69,0
	166	75,0	70,0	67,0
	168	60,2	59,4	60,0
	168	63,8	64,2	63,0
	169	72,0	69,0	66,0
	170	72,8	69,8	71,0
	170	70,0	71,0	68,0
	170	60,8	62,2	59,0
	171	66,0	70,5	65,0
	171	66,0	67,0	65,0
	172	58,0	53,8	55,4

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
	172	50,0	47,0	44,0
	<b>Mittelwert</b>	<b>65,3</b>	<b>63,6</b>	<b>62,5</b>
	<b>Standardabweichung</b>	<b>7,285</b>	<b>6,574</b>	<b>7,384</b>

Tab. 20: Aktivität der Kultur FR 187BOS im Monat Juni 2009

Kultur	Charge	°N-Zahl in °N		
		Kultur+Kesselmilch	Kultur+Nilac	Kultur+Nilac+MR
FR18/BOS	146	63,0	65,0	64,0
	146	61,2	61,4	61,4
	147	60,8	62,0	61,4
	147	59,4	61,0	61,2
	153	66,4	66,0	65,0
	153	63,8	65,2	66,2
	154	72,0	74,0	75,0
	154	66,0	67,0	68,6
	160	68,8	65,6	64,8
	160	64,0	65,0	67,0
	167	68,8	66,6	
	168	77,2	69,6	64,0
	<b>Mittelwert</b>	<b>66,0</b>	<b>65,7</b>	<b>65,3</b>
	<b>Standardabweichung</b>	<b>4,905</b>	<b>3,442</b>	<b>3,809</b>

Es sind einige Laborergebnisse der drei Untersuchungen in den Tabellen markiert. Die Markierungen sind auf die internen Normen der Kulturenaktivität zurückzuführen. Die Normen sind für FR 18 und FR 18/BOS verschieden. Eingeteilt werden sie aber in die Bereiche „Optimal“, „noch in Ordnung“ und „Alarm“ (siehe Tabelle 21). Gemessen wird die Kulturenaktivität in der °N-Zahl, die bedingt ist durch eine in Altentreptow angewendete holländische Methode zur Ermittlung der Aktivitäten von Säuerungskulturen.

Tab. 21: Werksinterne Aktivitätsnormen der CSK-Kulturen

	FR 18		FR 18/BOS		
<b>Optimal</b>	noch i.O.	Alarm	<b>Optimal</b>	noch i.O.	Alarm
<b>50,0 - 55,0</b>	37,0 - 49,9	10,0 - 36,9	<b>60,0 - 65,0</b>	40,0 - 59,9	10,0 - 39,9
	55,1 - 70,0	70,1 - 90,0		65,1 - 80,0	80,1 - 95,0

Vor allem sind die Ergebnisse der FR 18-Kulturen im Juni 2009 auffällig. Die Werte liegen zu einem großen Teil im „Alarm“-Bereich. Schwerwiegende Folgen hat dies auf die

Produktion jedoch nicht. Bei einer schlechten Aktivität der Kulturen wird das Defizit durch die Zugabe einer höheren Kulturenmenge einfach ausgeglichen.

### 3.6 Störungen im Produktionsprozess

Den letzten Effekt auf die Inhaltsstoffe im Endprodukt können Störungen in der Käseproduktion verursachen. Dabei kommt es darauf an wie groß eine Störung ist und wie die Reaktion der Käserei-Mitarbeiter erfolgt. Große Störungen wirken sich durch Erhöhung der Trockenmasse negativ auf das Endprodukt aus.

Der Grenzzeitpunkt einer Störung liegt bei 4 Stunden. Bei jeder Störung, die länger als 10 Minuten dauert, wird die Temperatur in den Käsefertiger um 1° C heruntergekühlt. Die Bruchpuffertanks kühlen automatisch so lange weiter bzw. halten ihre Kühltemperatur aufrecht bis sie wieder entleert werden. Für die Inhaltsstoffe im Käse bei kurzzeitig auftretenden Störungen ist eine schnelle Kühlung von oberster Priorität, denn dadurch wird die Molkeabgabe verlangsamt.

Sollte eine Störung 3 Stunden überschreiten und die Rohkäse gepresst werden müssen, werden der Pressdruck und die Presszeit um 1 bar bzw. 1 Minute verkürzt. Dadurch ist es schließlich überhaupt möglich die Störkäse aus ihren Formen zu bekommen. Während der Störzeit sinkt der pH-Wert in den sauren Bereich, so dass beim Pressen die Bruchkörner zusammenkleben. Bei einer Störzeit von 4 Stunden ist der Bruch bereits so sauer, dass ein Pressen nicht mehr möglich ist und er deshalb hinter der Casomatic-Abfüllanlage in den Gully gefahren werden muss.

Die Tabelle 21 listet alle aufgetretenen Störungen während der Monate April bis Juni 2009 auf. Häufige Störmeldungen treten beim Deckelaufnehmer oder den Transportbahnen auf. Die Störzeiten reichen von 5 bis 187 Minuten, wobei die kritische Störzeitgrenze von 4 Stunden nicht erreicht wurde.

Bei einer 24 stündigen Betriebszeit der Anlagen, fast 365 Tage im Jahr, können Störungen niemals ausgeschlossen werden. Deshalb stellen sie jederzeit eine Gefahr für die Trockenmassegehalte in der Käseware dar. Eine schnelle Reaktion und Behebung bei Störungen durch die Käserei-Mitarbeiter und Handwerkern ist der einzige Weg die Käsequalität weitestgehend beizubehalten. Einige Störfälle, wie z.B. gerissene Ketten oder verklemmte Transportbahnen benötigen längere Reparaturzeiten. Trotzdem kann man gut aus



Tabelle 22 entnehmen, dass die Handwerker des Werkes Altentreptow sehr bemüht sind schnell zu handeln, um die Produktion nicht unnötig hinauszuzögern.

Tab. 22: Störungen während der Produktion von April bis Juni 2009

Ort	Störzeit in min	Fehler	Maßnahme	Maßnahme Fertiger
<b>Pressformenleerung</b>				
	13	Ini defekt	Ini ausgetauscht	Kühlen um 1 °C tiefer
<b>Deckelabnehmer</b>				
	60	Motor/Getriebe defekt	Motor/Getriebe ausgetauscht	Kühlen um 1 °C tiefer
<b>Deckelaufnehmer</b>				
	18	Alarm Form	Form in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
	29	Alarm Überschieber	Ini ausgetauscht	Kühlen um 1 °C tiefer
	10	Form nicht abgeführt	-	-
	43	E01-GSI 204 defekt	ausgetauscht, in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
<b>Presse</b>				
	132	Transportbahn verklemmt	Kette gelöst und gespannt	Kühlen um 1 °C tiefer
<b>Transportbahnen</b>				
	45	Aus Führung gesprungen	in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
	72	Kette defekt	Kette ausgewechselt	Kühlen um 1 °C tiefer
	18	-	-	-
	15	Defekte stellen am Band	Stellen repariert	Kühlen um 1 °C tiefer
	187	Einschiebzyylinder Kette gerissen	-	Bruch auf Gully
	49	Formen blockiert	Formen in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
	28	Kette gerissen	Blockierung gerichtet	Kühlen um 1 °C tiefer
	33	Alarm	Grüne Rolle ausgebaut	Kühlen um 1 °C tiefer
	24	Alarm Blockierung	Ini eingestellt	Kühlen um 1 °C tiefer
	26	Formen verklemmt	Formen in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
	5	Alarm	Blaues Band gekürzt	-
<b>Verweilstrecke Rund</b>				
	47	Führung Lift abgefallen	Repariert, in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer
	30	Alarm	verklemmte Form entfernt	Kühlen um 1 °C tiefer
	14	Formen verklemmt	Formen in Position gebracht	Kühlen um 1 °C tiefer

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Versuchsplanung

Im Kern dieser Studie wird die Käsefertiger-Pressen-Trennung (KF-T) im Produktionsprozess untersucht. Dabei soll die Ist-Zustandssituation im laufenden Prozess für die fünf hergestellten Käsesorten ermittelt werden.

Im Wesentlichen sollen bei der Käsefertiger-Pressen-Trennung alle Käse aus einem Fertiger unter eine gemeinsame Presse gelangen.

Um die einzelnen Käsefertiger von einander unterscheiden zu können, erweisen sich die Leermeldungen der Bruchpuffertanks als sehr hilfreich. Eine Leermeldung gibt dem System Auskunft darüber, dass ein Bruchpuffertank zwar entleert ist, aber in der Multi Column Casomatic bzw. in den Rohrleitungen noch 12 oder 13 Abschnitte des eben übergepumpten Käsefertigerinhaltes verbleiben. Die Anzahl der Abschnitte wurden bei der Inbetriebnahme der Käserei im Jahre 2004 als Erfahrungswerte im Produktionssystem einprogrammiert.

Die Software der Casomatic zählt die Leermeldungsabschnitte beim Abfüllen dieser in die Käseformen herunter bis laut Systemvorgabe die Abfüllung des neuen Käsefertigers beginnt. In der Praxis stehen die 12 bis 13 Abschnitte für 72 bis 78 Rohkäse eines Fertigers, denn 1 Abschnitt besteht aus 6 gefüllten Käseformen.

Theoretisch muss der letzte Abschnitt von Käsefertiger A auch in die Presse A gelangen und danach sollte sofort der Pressvorgang erfolgen. Die ersten Käse aus dem Fertiger B müssen demnach in die neue Presse B geschoben werden usw. Erfüllt die Praxis die theoretischen Forderungen ist die Käsefertiger-Pressen-Trennung optimal (siehe Kapitel 3.2, S. 26). Jeder Käse erhält den Pressdruck zum richtigen Zeitpunkt und die Trockenmasse aller Käse innerhalb einer Presse wäre konstant.

Die visuelle Untersuchung der Pressentrennung wird in fünf Versuchen aus jeweils drei Messungen für die Käsesorten Gouda 48 % B - F, Gouda 48 % Rund, Edamer 40 %, Edamer 30 % und Butterkäse 45 % aufgeteilt.

Nachdem die Beobachtungen abgeschlossen sind, werden aus einer Presse für jede Käsesorte neun Probelöcke bzw. ~ rundlaibe genommen, die später nach 7 bzw. 13 Tagen Reifung, im Labor auf Trockenmasse untersucht werden. Für jede Sorte erfolgt eine Doppelbestimmung. Die Ergebnisse der visuellen Pressentrennung sollen anhand von Laboranalysen bestätigt werden.

Im engen Zusammenhang mit der Käsefertiger-Pressen-Trennung steht das Kühlungsprogramm der Bruchpuffertanks (BPT). Auch hier wurde für jede Käsesorte 1 Versuch mit jeweils 5 Messungen durchgeführt.

Einen Überblick über die drei Versuche gibt die Tabelle 23.

Tab. 23: Versuchsplanung

Käsesorten	Versuche	Gesamtanzahl der Versuche je Sorte	Anzahl der Messungen pro Versuch
Gouda 48 % B - F; Gouda 48 % Rund; Edamer 40 %; Edamer 30 %; Butterkäse 45 %	KF-T-V	5	3
Gouda 48 % B - F; Gouda 48 % Rund; Edamer 40 %; Edamer 30 %; Butterkäse 45 %	KF-T-A	2	9
Gouda 48 % B - F; Gouda 48 % Rund; Edamer 40 %; Edamer 30 %; Butterkäse 45 %	Kühlung-BPT	1	5

## 4.2 Versuchsdurchführung

### 4.2.1 Visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung

Für die Durchführung der visuellen Käsefertiger-Pressen-Trennung (KF-T-V) müssen die Versuche zunächst vorbereitet werden. Auf dem Maschinenaufstellungsplan der Käserei in Altentreptow (Abbildung 21) werden die Vorbereitungen veranschaulicht:

- 1) Luke direkt hinter der Multi Column Casomatic öffnen, um das Thermometer in die erste Form eines Abschnitts einstecken zu können
- 2) Luke vom vollständig geschlossenem Transportband öffnen, um das Thermometer dem Rohkäse in der Form zu entnehmen
- 3) Alle 5 Luken der vollständig geschlossenen Pressen öffnen (Presseneinschub), um die Formen optisch verfolgen zu können

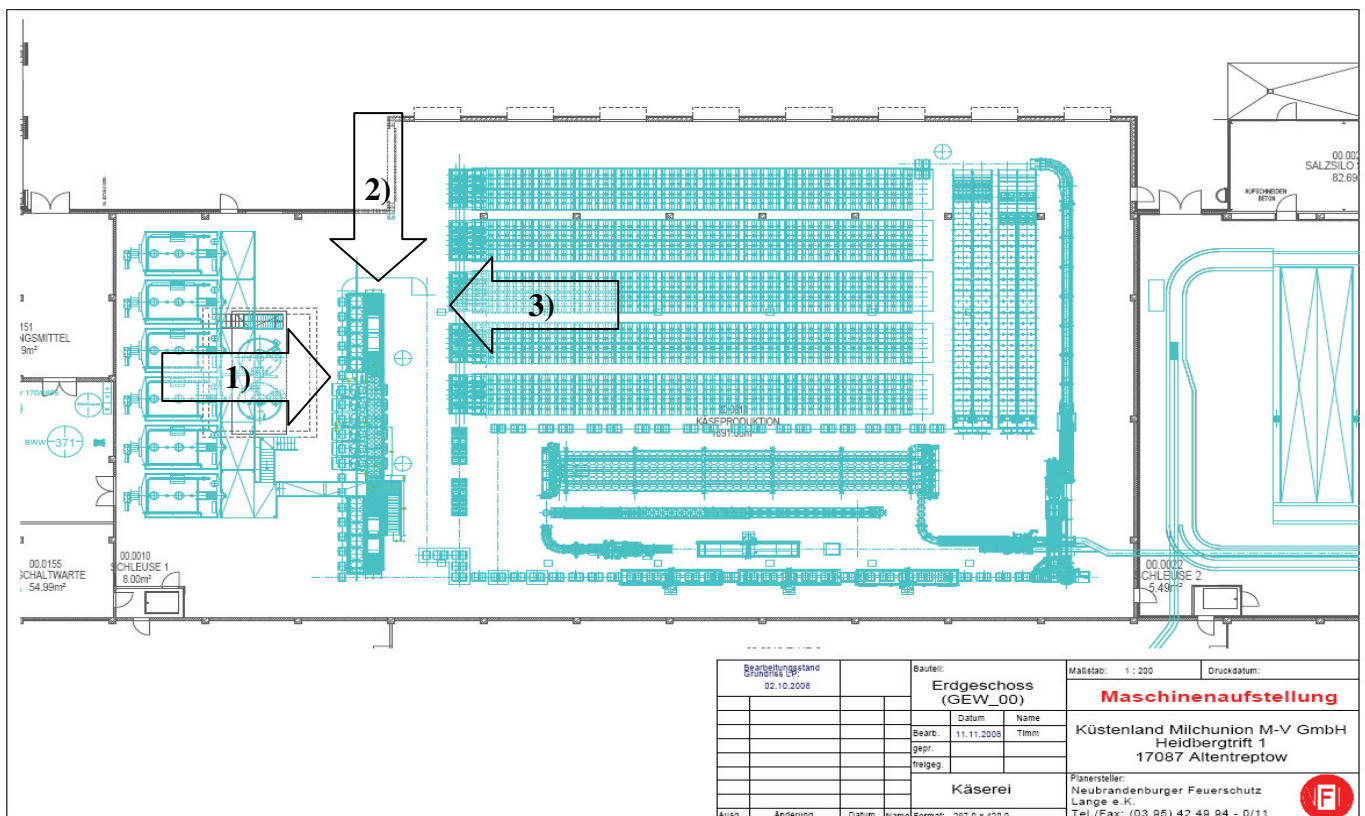


Abb. 21: Maschinenaufstellungsplan Käserei Altentreptow – Versuche KF-T-V

Die Messung beginnt, wenn das System die Abschnitte nach der Leermeldung aus dem Bruchpuffertank angibt. Nach ca. fünf bis vier von 13 oder 12 erfolgten Abschnitten wird das Thermometer immer in den Käse aus der ersten Casomatic-Säule gestochen. Das muss für jeden weiteren Abschnitt wiederholt werden, um die durchschnittliche Bruchkühltemperatur zu ermitteln. Die Form fährt 2 – 3 m auf dem Transportband an der Luke 2 vorbei. Hier ist es wichtig das universal Stech-Thermometer spätestens aus dem Rohkäse zu entfernen.

Zum Ende der 12 oder 13 Abschnitte ist eine Temperaturerhöhung des Bruches zu verzeichnen. Daraus lässt sich auf eine Bruchvermischung von Käsefertiger A und B in den 6 Säulen des Multi Column Drainagesystems schließen.

Auf dem Bild der Casomatic in Kapitel 3.2, S. 26 sind die Säulen gut ersichtlich. Es sind große Zylinder. Deshalb liegen die Bruchschichten zweier Käsefertiger immer direkt aufeinander bzw. kommt es zu einer Vermischung während des Umpumpens des Bruches aus den Bruchpuffertanks in die Säulen.

Sobald die Temperatur ca.  $0,7^{\circ}\text{C}$  höher ist als die Durchschnittskühltemperatur im abgefüllten Bruch handelt es sich bereits um den neuen Bruch aus Käsefertiger B.

An der Luke 2 wird die Form mit dem Bruch B anschließend mit einem wasserfesten Stift markiert und auf dem Transportband weiter bis in die Pressen (Abbildung 21, Nr. 3) hinein visuell verfolgt. Die Beobachtung der gerade befüllten Presse hält so lange an bis der Pressvorgang beginnt. Bis dahin werden abschließend alle Käseformen gezählt, die noch nach der markierten Form mit in die Presse gelangen. Diese gezählten Käseformen würden theoretisch nämlich nicht mehr in die Presse A hinein gehören.

Besondere Sorgfalt ist bei der Temperaturmessung geboten. Damit das Thermometer nicht im Käse unter die Pressstempel kommt, muss es unbedingt spätestens an Luke 2 aus dem Rohkäse genommen werden. Solch ein Fremdkörper könnte unter Umständen später beim Verarbeiten des Käses die Aufschnittanlagen zerstören und einen großen finanziellen Schaden verursachen.

#### 4.2.2 Analytische Käsefertiger-Pressen-Trennung

Die analytische Käsefertiger-Pressen-Trennung (KF-T-A) steht in Verbindung mit den visuellen Ermittlungen. Von den 3 optischen Messungen wird für die Analyse im Labor vorzugsweise die zweite Messung gewählt, da hier die genauen Temperaturen der Rohkäse in der Presse aufgenommen werden konnten. Das ermöglicht später die Beurteilung der visuellen Käsetrennung und erklärt auch die Trockenmasseentwicklung innerhalb einer Presse.

Für die Analyse werden 9 Probekäse genommen: jeweils immer drei Käse aus der ersten Reihe, einer mittleren Reihe und der letzten Reihe aus einer Presse. Eine Reihe besteht aus 4 nebeneinander angeordneten Käseformen. Zur ersten Reihe der Presse gehören die Formen, welche als erste in die Presse hinein geschoben wurden, als längste auf den Pressdruck warten und als erste über den Pressenausschub die Presse wieder verlassen. Die letzte Reihe sind demnach die Formen, welche zuletzt in die Presse gelangten, den Pressdruck sofort bekamen und als letzte die Presse verlassen.

Im folgenden Plan (Abbildung 22) ist die analytische Käsefertiger-Pressen-Trennung verdeutlicht:

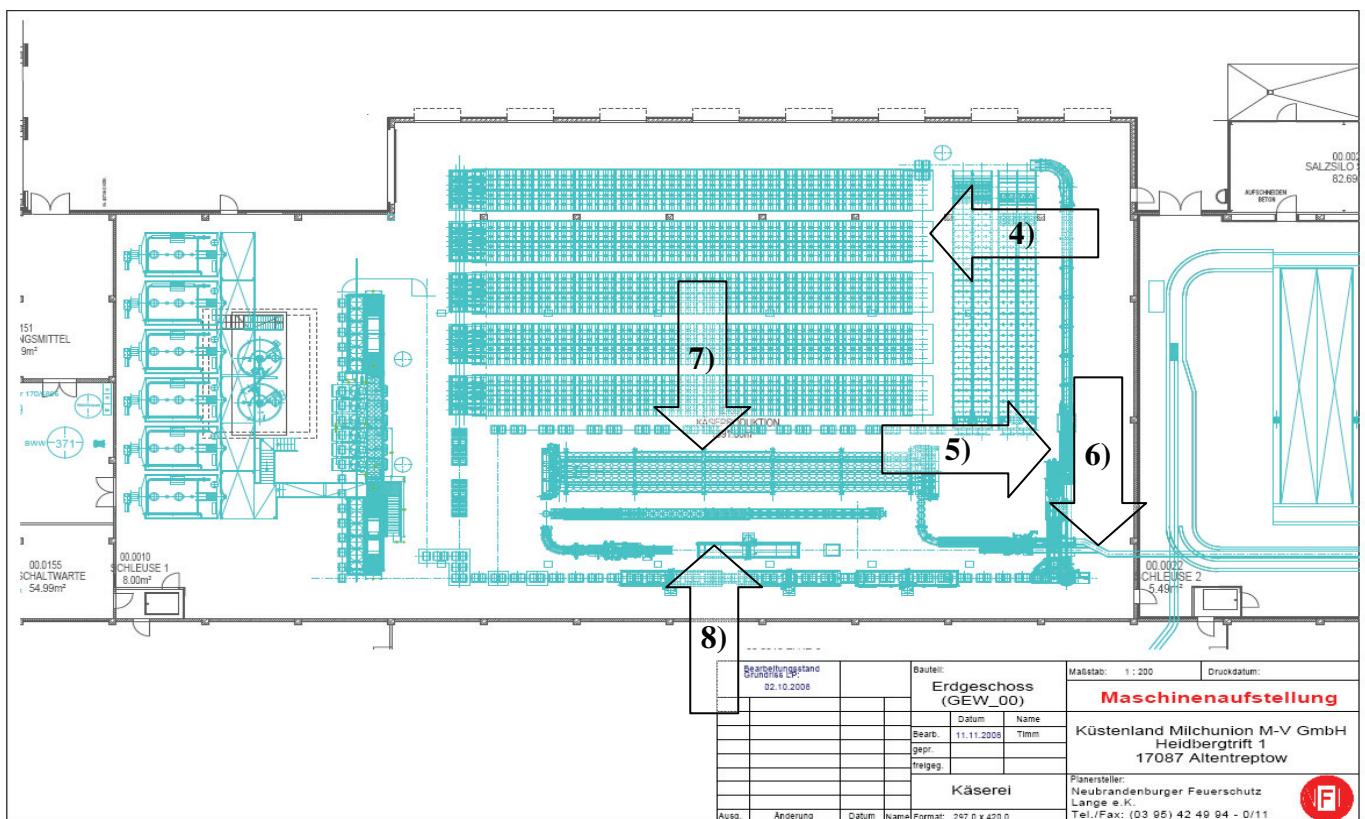


Abb. 22: Maschinenaufstellungsplan Käserei Altentreptow – Versuche KF-T-A

- 4) Luke vom Pressenausschub ist offen – hier werden die Formen der drei erwählten Probereihen markiert
- 5) Markierte Formen gelangen über Transportband zum Formendeckelabnehmer mit gleichzeitiger Entfernung der Formen
- 6) Die nackten Käseblöcke werden markiert und schwimmen ins Salzbad
- 7) Die nackten Rundlaibe gelangen zunächst in die Verweilstrecke
- 8) Aus der Verweilstrecke werden die Rundlaibe markiert und schwimmen ins Salzbad

Jeder einzelne Käse aus den drei Probereihen wird nach dem Pressen bis in den Salzbadkorb und die jeweilige Lage des Korbes verfolgt. Alles wird dokumentiert, um die markierten Probekäse beim Ausschwemmen des Korbinhaltes wieder zu finden. Die Mitarbeiter der Verpackungsstation bzw. der Naturkäsebehandlung lagern abschließend die Proben in eine extra Kiste oder einem Bretterregal (siehe Abbildung 23 und 24). Dort reifen die Blöcke 7 Tage und die Naturkäse 13 Tage bis sie im Labor untersucht werden können.





Abb.23: Reifekisten im Blockkäselager



Abb. 24: Naturkäseregalen im Naturkäselager



## 5 Ergebnisse

Bei der visuellen Käsefertiger-Pressen-Trennung ist festzustellen, wie die Trennung der einzelnen Käsefertiger seit Inbetriebnahme der neuen Käserei 2004 erfüllt wird. Nach dem Produktionssystem verläuft die Trennung ohne Komplikationen. Die damals eingestellten Parameter werden nach wie vor befolgt. Doch bei genauerer Betrachtung zeigt sich das Gegenteil. Es wird deutlich wie eng und sensibel das Zusammenspiel der Kühlung in den Bruchpuffertanks und die Anzahl der Leermeldungsabschnitte sind.

Die Ermittlung der Käsefertiger-Pressen-Trennung kann durch die Laboranalysen der Käseblöcke bzw. Käselaipe bestätigt werden.

Die Ist-Zustandsermittlungen wurden wie in Kapitel 4.2 auf der Seite 56 ff beschrieben, durchgeführt.

## 5.1 Ergebnisse der visuellen Käsefertiger-Pressen-Trennung

Die Tabellen 24 bis 24.4 zeigen die Auswertungen der fünf Käsesorten Gouda 48 % B - F, Butterkäse 45 %, Edamer 40 %, Edamer 30 % und Gouda 48 % Rund unter Berücksichtigung der Durchschnittsstückzahlen pro Käsefertiger der Chargen und die auftretenden Mischphasen des Käsebruches von Fertiger A und B während der Abfüllung der Leermeldungsabschnitte in der Multi Column Casomatic. Zusätzlich ist ebenfalls die zu erwartende Tendenz der Trockenmasse auf die Käse, welche in die falsche Presse gelangten, aufgenommen worden. Zum einen können die „falschen“ Käse zur Trockenmasseerniedrigung („<“) und zum anderen zu einer Trockenmasseerhöhung („>“) tendieren.

In den Anlagen 7 auf der Seite 152 ff sind die jeweiligen Messungsergebnisse der Versuche ersichtlich.

Tab. 24: Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Gouda 48 % B - F

Charge	Stückzahl	Versuche	Auswertung	Tendenz der Trockenmasse	Abschnitte mit Bruchmischphasen
130	186	1	32 - 40 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse	>	3
137	186	2	12 - 18 Käse vom neuen Bruch gingen mit in die letzte Presse	<	1 / 2
158	180	3	10 - 14 Käse vom neuen Bruch gingen mit in die letzte Presse	<	1 / 2
158	180	4	10 - 20 Käse vom neuen Bruch gingen mit in die letzte Presse	<	1 / 2
171	174	5	8 Käse vom neuen Bruch gingen mit in die letzte Presse	<	1
<b>Bedeutet im Durchschnitt</b>			<b>18 Käse gingen in die falsche Presse</b>	<	<b>2</b>

Tab. 24.1: Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Butterkäse 45 %

Charge	Stückzahl	Versuche	Auswertung	Tendenz der Trockenmasse	Abschnitte mit Bruchmischphasen
169	186	1	2 - 4 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	1 / 2
169	186	2	2 - 8 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	1 / 2
175	180	3	2 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse / 4 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	> / <	1
175	180	4	3 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse / 3 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	> / <	1 / 2
175	180	5	2 - 4 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	1 / 2
<b>Bedeutet im Durchschnitt</b>			<b>3 Käse gingen in die falsche Presse</b>	<	<b>1</b>

Tab. 24.2: Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Edamer 40 %

Charge	Stückzahl	Versuche	Auswertung	Tendenz der Trockenmasse	Abschnitte mit Bruchmischphasen
134	180	1	20 - 24 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
138	180	2	28 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
145	180	3	20 - 24 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
152	174	4	20 Käse vom neuen Bruch gingen mit in die letzte Presse	<	3
159	180	5	14 - 20 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	2 / 3
<b>Bedeutet im Durchschnitt</b>			<b>21 Käse gingen in die falsche Presse</b>	<	<b>3</b>

Tab. 24.3: Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Edamer 30 %

Charge	Stückzahl	Versuche	Auswertung	Tendenz der Trockenmasse	Abschnitte mit Bruchmischphasen
148	168	1	52 - 56 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
148	168	2	40 - 48 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
155	168	3	42 - 52 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	3
189	168	4	14 - 20 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	2
189	168	5	8 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	1
<b>Bedeutet im Durchschnitt</b>			<b>37 Käse gingen in die falsche Presse</b>	<	<b>3</b>

Tab. 24.4: Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Gouda 48 % Rund

Charge	Stückzahl	Versuche	Auswertung	Tendenz der Trockenmasse	Abschnitte mit Bruchmischphasen
139	210	1	14 - 26 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	2
140	222	2	16 - 32 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse hinein	>	2
146	216	3	14 - 20 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse	<	2
147	216	4	24 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse	>	2
153	210	5	2 - 12 Käse vom neuen Bruch gingen in die letzte Presse/4 Käse vom alten Bruch gingen in die neue Presse	< / >	2
<b>Bedeutet im Durchschnitt</b>			<b>37 Käse gingen in die falsche Presse</b>	< / >	<b>2</b>

## 5.2 Ergebnisse der analytischen Käsefertiger-Pressen-Trennung

Die Tabellen 25 bis 25.4 zeigen die Analysedaten von den Probekäse der fünf Käsesorten Gouda 48 % B - F, Butterkäse 45 %, Edamer 40 %, Edamer 30 % und Gouda 48 % Rund aus den Pressen. Mit aufgeführt ist der jeweilige Käsefertiger pro untersuchter Reihe und ebenfalls die dazugehörigen Bruchtemperaturen. Die grafischen Darstellungen der Analyseergebnisse zur besseren Veranschaulichung befinden sich unter den Tabellen. Die Abbildung 25 veranschaulicht die Wahl der Untersuchungsreihen in den Pressen. In der Anlage 7 sind die Messungen der erwählten Chargen ersichtlich.

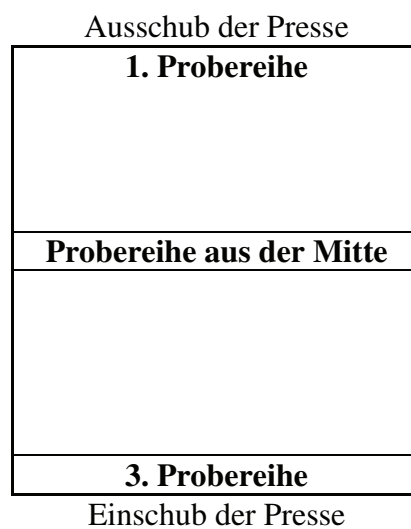


Abb. 25: Kennzeichnung der Probenreihen in den Pressen

Tab. 25: Analysedaten Versuch 1 und 2 von Gouda 48 % B - F

<b>Analyse 1</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
137	Gouda 48 % B-F	36/37	1. Reihe	36	36,1	58,02
			Mitte	36	36,1	57,76
			3. Reihe	37	35,5	57,15
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,87</b>

<b>Analyse 2</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
171	Gouda 48 % B-F	8/9	1. Reihe	8	36,0	58,11
			Mitte	8	36,0	57,76
			3. Reihe	9	36,0	57,23
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,88</b>

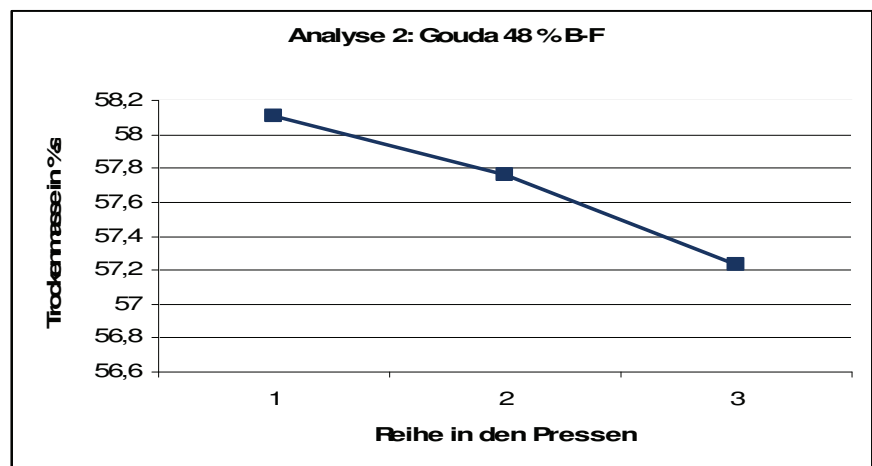
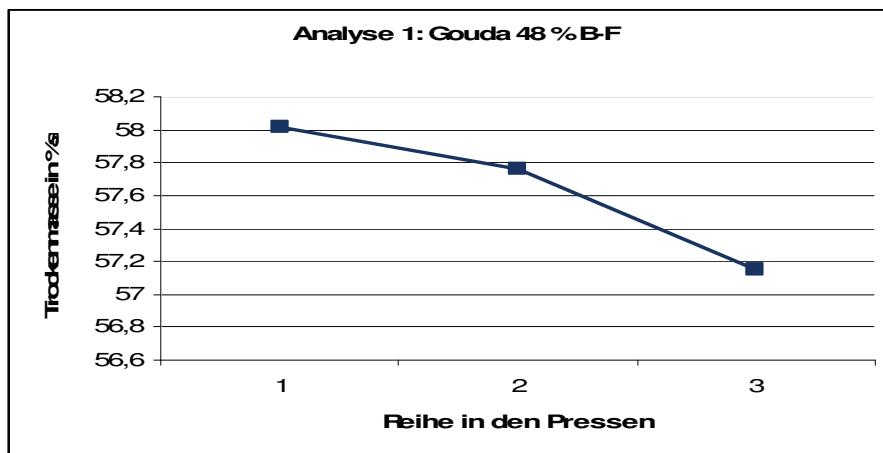


Abb. 26: Diagramme der Analysen 1 und 2 von Gouda 48 % B - F

Tab. 25.1: Analysedaten Versuch 1 und 2 von Butterkäse 45 %

<b>Analyse 1</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
169	Butterkäse 45 %	6/7	1. Reihe	6	33,7	56,53
			Mitte	6	33,7	55,69
			3. Reihe	6	33,8	55,64
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,89</b>

<b>Analyse 2</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
169	Butterkäse 45 %	8/9	1. Reihe	8	34,3	56,31
			Mitte	8	34,3	55,54
			3. Reihe	8/9	34,9	55,32
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,99</b>

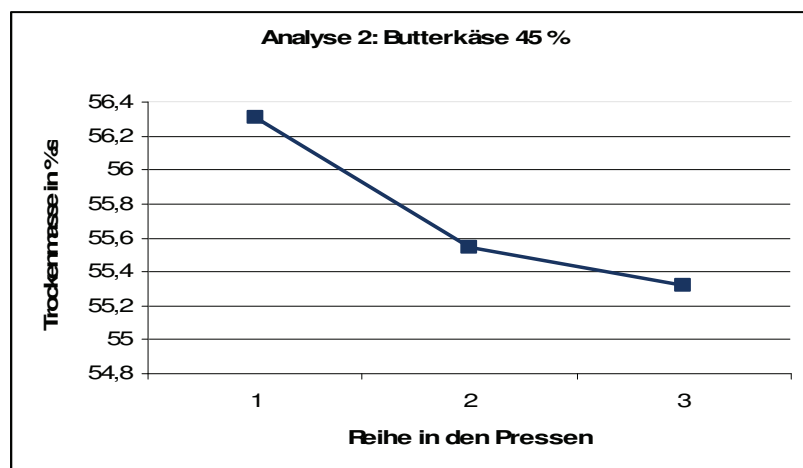
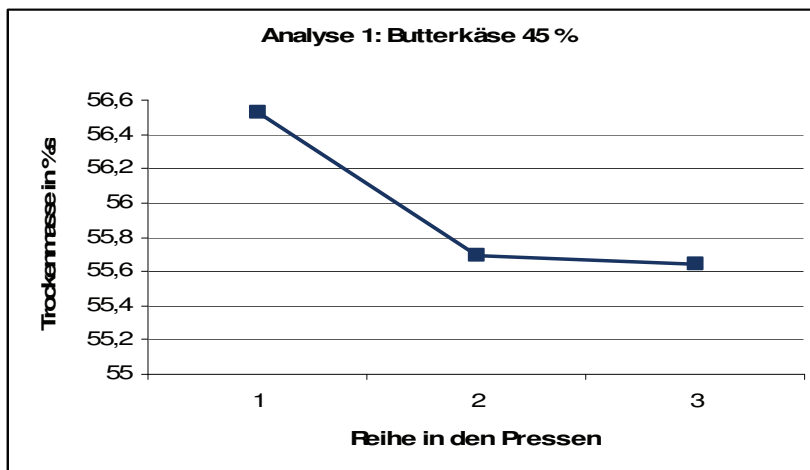


Abb. 26.1: Diagramme der Analysen 1 und 2 von Butterkäse 45 %

Tab. 25.2: Analysedaten Versuch 1 und 2 von Edamer 40 %

<b>Analyse 1</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
134	Edamer 40 %	32/33	1. Reihe	32	32,0	54,55
			Mitte	32	32,0	54,08
			3. Reihe	33	33,2	53,67
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,88</b>

<b>Analyse 2</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
159	Edamer 40 %	20/21	1. Reihe	20	34,0	54,42
			Mitte	20	34,0	54,07
			3. Reihe	21	34,0	53,27
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>1,15</b>

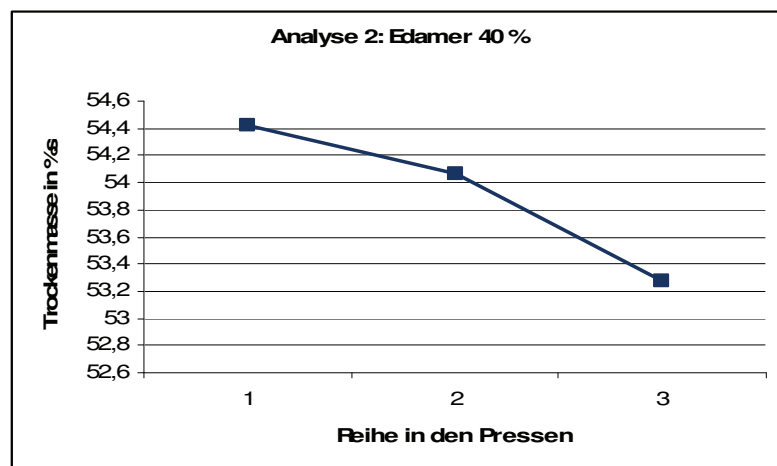
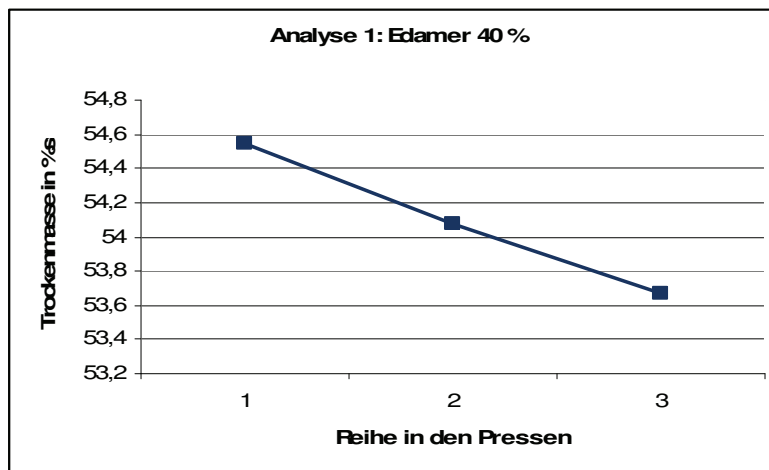


Abb. 26.2: Diagramme der Analysen 1 und 2 von Edamer 40 %



Tab. 25.3: Analysedaten Versuch 1 und 2 von Edamer 30 %

<b>Analyse 1</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
148	Edamer 30 %	41/42	1. Reihe	41	32,0	52,36
			Mitte	41	32,0	52,08
			3. Reihe	42	32,3	52,18
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,38</b>

<b>Analyse 2</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
148	Edamer 30 %	44/45	1. Reihe	44	32,0	51,97
			Mitte	44	32,0	51,73
			3. Reihe	45	32,0	51,05
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,92</b>

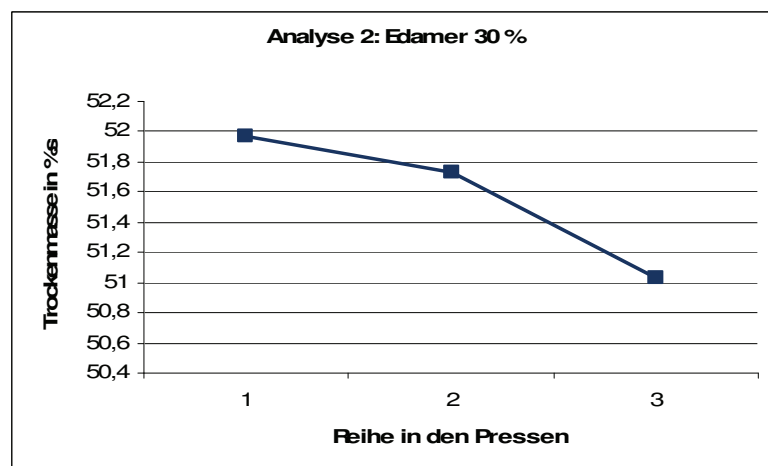
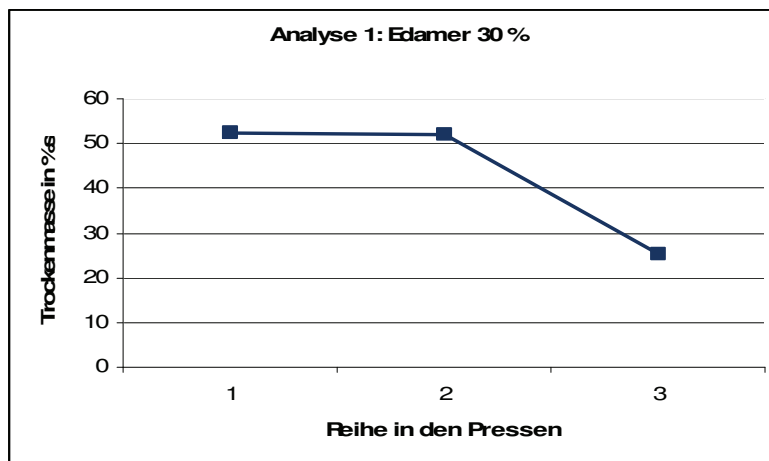


Abb. 26.3: Diagramme der Analysen 1 und 2 von Edamer 30 %

Tab. 25.4: Analysedaten Versuch 1 und 2 von Gouda 48 % Rund

<b>Analyse 1</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
140	Gouda 48 % Rund	30/31	1. Reihe	29	34,7	58,40
			Mitte	30	34,7	57,81
			3. Reihe	30	35,1	57,54
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,86</b>

<b>Analyse 2</b>						
Charge	Sorte	Käsefertiger A/B	Presse	Käsefertiger A/B in Presse	Bruchtemperatur in °C	Trockenmasse in %
147	Gouda 48 % Rund	30/31	1. Reihe	30	35,2	58,33
			Mitte	31	35,2	58,06
			3. Reihe	31	35,1	57,37
<b>Trockenmassedifferenz innerhalb der Presse in %:</b>						<b>0,96</b>

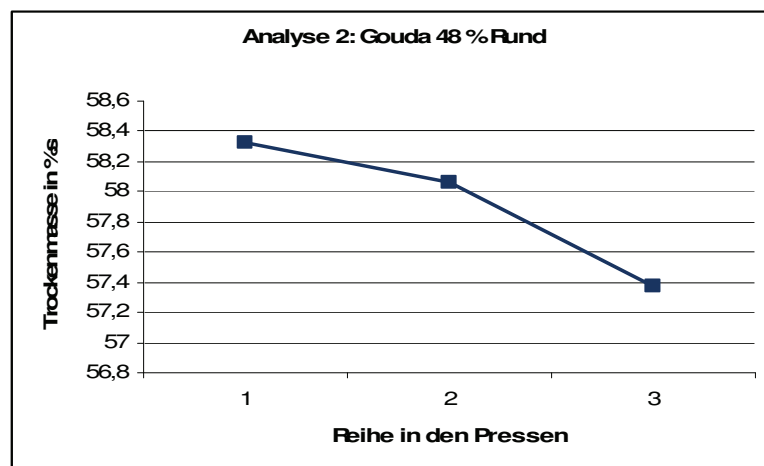
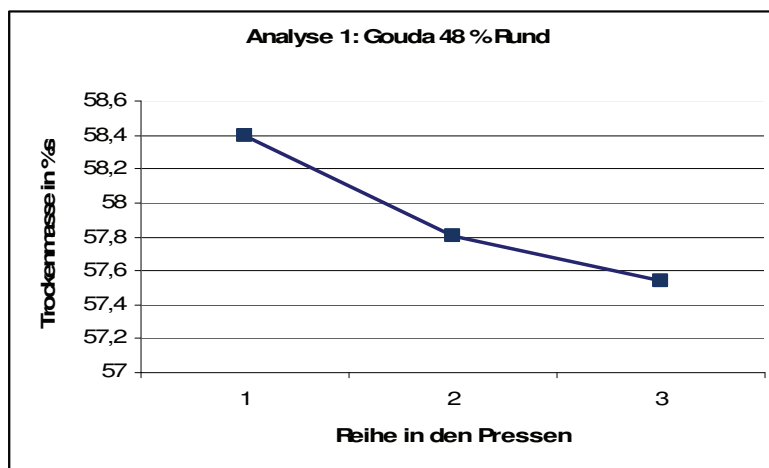


Abb. 26.4: Diagramme der Analysen 1 und 2 von Gouda 48 % Rund

### 5.3 Ergebnisse der Bruchpuffertankkühlung

Die Tabellen 26 bis 26.4 zeigen die Untersuchungsergebnisse der Bruchpuffertankkühlung der einzelnen Käsesorten.

Die Untersuchung begann jeweils beim „Zeitpunkt 0,“ d. h. die Befüllung des Tankes ist abgeschlossen und der gesamte Inhalt eines Käsefertigers befindet sich im Tank. Nach jeder weiteren vergangenen Minute bis zur Leermeldung des Bruchpuffertanks wurden für die Beobachtungen folgende Daten aufgenommen: Umdrehungen pro Minute, Füllstand in % sowie die momentane Temperatur des Bruch-Molke-Gemisches in °Celsius. Alle Messungen liegen detailliert in den Anlagen 8 auf der Seite 168 ff vor.

Der Kühlstart beider Bruchpuffertanks erfolgt sobald der jeweilige Puffertank mit dem Überpumpen seines Inhaltes in die Multi Column Casomatic beginnt. Die Kühlung dauert so lange an bis das tiefste Temperaturniveau erreicht ist.

Im System einprogrammiert, ist die Soll-Kühltiefe. Sie gibt die unterste Grenze für das Herunterkühlen vom Bruch-Molke-Gemisch im Bruchpuffertank an. Die Temperatur zum „Zeitpunkt 0“ des Blockwarebruches sollte demnach nicht mehr als um  $-1,4^{\circ}\text{C}$  und der naturgereifte Käse nicht mehr als um  $-1,3^{\circ}\text{C}$  gekühlt werden. Diese Vorgabe ist vom Kühlungsprogramm beider Bruchpuffertanks einzuhalten. Dies galt es mit zu überprüfen. Aus dem „Zeitpunkt 0“ und der Soll-Kühltiefe ergibt sich demnach die Soll-Endkühltiefe (Soll-Endkühltiefe = Zeitpunkt 0 – Soll-Kühltiefe). Die Soll-Endkühltemperatur kann schließlich mit der tatsächlich erreichten Ist-Kühltemperatur verglichen werden.

Aus dem „Zeitpunkt 0“ und der tatsächlich erreichten Endkühltemperatur vom Bruch-Molke-Gemisch errechnet sich die Ist-Kühltiefe, welche den Eiswassereffekt darstellt. Nachdem die Ist-Endkühltemperatur erlangt wurde, ist das Kühlsystem bemüht diese bis zur Leermeldung des Bruchpuffertankes aufrechtzuerhalten.

Tab. 26: Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Gouda 48 % B - F

Kühlstart in min	Kühldauer in min	Temperatur in °C	Kühltiefe in °C		Endkühltemperatur in °C	
		Zeitpunkt 0	Soll	Ist	Soll	Ist
1	6	36,5	-1,4	-1,6	35,1	34,9
2	8	36,9	-1,4	-1,4	35,5	35,5
2	6	36,8	-1,4	-1,7	35,4	35,1
1	3	36,0	-1,4	-1,0	34,6	35,0
1	5	36,8	-1,4	-1,3	35,4	35,5

Tab. 26.1: Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Butterkäse 45 %

Kühlstart in min	Kühldauer in min	Temperatur in °C	Kühltiefe in °C		Endkühltemperatur in °C	
		Zeitpunkt 0	Soll	Ist	Soll	Ist
1	7	34,8	-1,4	-1,7	33,4	33,1
1	8	35,4	-1,4	-1,6	34,0	33,8
2	6	34,5	-1,4	-1,2	33,1	33,3
1	9	35,7	-1,4	-1,5	34,3	34,2
1	6	35,4	-1,4	-1,4	34,0	34,0

Tab. 26.2: Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Edamer 40 %

Kühlstart in min	Kühldauer in min	Temperatur in °C	Kühltiefe in °C		Endkühltemperatur in °C	
		Zeitpunkt 0	Soll	Ist	Soll	Ist
1	6	34,0	-1,4	-1,5	32,6	32,5
1	7	34,4	-1,4	-1,7	33,0	32,7
1	6	34,0	-1,4	-1,5	32,6	32,5
2	4	34,0	-1,4	-1,3	32,6	32,7
1	8	34,1	-1,4	-1,4	32,7	32,7

Tab. 26.3: Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Edamer 30 %

Kühlstart in min	Kühldauer in min	Temperatur in °C	Kühltiefe in °C		Endkühltemperatur in °C	
		Zeitpunkt 0	Soll	Ist	Soll	Ist
1	7	31,9	-1,4	-1,2	30,5	30,7
1	6	31,7	-1,4	-1,3	30,3	30,4
1	6	31,8	-1,4	-1,0	30,4	30,8
1	6	31,6	-1,4	-0,9	30,2	30,7
1	6	31,6	-1,4	-1,2	30,2	30,4

Tab. 26.4: Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Gouda 48 % Rund

Kühlstart in min	Kühldauer in min	Temperatur in °C	Kühltiefe in °C		Endkühltemperatur in °C	
		Zeitpunkt 0	Soll	Ist	Soll	Ist
5	9	35,9	-1,3	-0,9	34,6	35,0
1	2	36,1	-1,3	-0,5	34,8	35,6
1	5	36,4	-1,3	-0,8	35,1	35,6
2	4	35,7	-1,3	-0,6	34,4	34,9
0	0	34,9	-1,3	0,0	33,6	34,9

## 5.4 Diskussion der Ergebnisse

Die visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung, ermittelt mit Hilfe von Temperaturmessungen des Käsebruches, zeigt, dass bei vier von fünf in Altentreptow hergestellten Käsesorten dieser Vorgang Probleme bereitet. Im Durchschnitt und über jeweils 5 Chargen betrachtet, sind es beim Gouda 48 % B - F sowie beim Naturkäse 18 „falsche“ Käse, beim Edamer 40 % 21 Käse und beim Edamer 30 % 37 Rohkäse. Der Butterkäse mit 45 % Fett in der Trockenmasse erzielte einen Schnitt von 3 Rohkäse, die in die „falsche“ Presse geschoben wurden. Die visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung läuft beim Butterkäse am besten ab, während der Edamer 30 % am schlechtesten aller Käsesorten abschneidet.

Die Tendenz der Trockenmasse aller „falschen“ Käse neigt zur Trockenmasseerniedrigung, denn die meisten Rohkäse vom neuen Bruch B kamen nicht in die neue Presse B sondern in die letzte Presse A, erhielten somit den Pressdruck zu früh, die Rinde schließt sich zu früh und die überschüssige Molke im Inneren der Käse kann nicht mehr in ausreichenden Mengen austreten.

Verursacht werden die „falschen“ Käse durch die vorgezogenen Bruchmischphasen. Diese Mischphase von Käsefertiger A und B in den Säulen der Casomatic sollte im Optimalfall erst abgefüllt werden nachdem die 12 bzw. 13 Abschnitte hinter der Bruchpuffertankleermeldung die Casomatic verlassen haben. Im Praxisbild zeigt sich jedoch, dass die Mischphasen bei Gouda 48 % B - F, Edamer 30 % und dem Naturkäse bereits im vorletzten Abschnitt (Abschnitt 2) (Tabellen 24, 24.3, 24.4) auftritt. Beim Edamer 40 % taucht die Bruchmischphase sogar schon in Abschnitt 3 auf (Tabelle 24.2).

So kommen von vornherein 6 bis 12 Käse des folgenden Käsefertigers B in die Presse A. Beim Butterkäse 45 % hingegen erfolgt die Bruchmischphase im letzten Abschnitt (Tabelle 24.1), so dass der Bruch aus Käsefertiger B wie geplant nach den Leermeldeabschnitten von Käsefertiger A abgefüllt wird. Auch die Käsestückzahlen der einzelnen Käsefertiger schwanken mit 174 bis 186 Stück bei Gouda 48 % B - F, Butterkäse 45 % und Edamer 40 %. Ähnlich verhält es sich beim Gouda 48 % Rundlaib mit Käsefertigerstückzahlen von 210 bis 222. Aber auch wenn weniger als die genormten 184 Blockkäse, wie etwa beim Edamer 30 % mit 168 Stück, erreicht werden, sorgen diese für eine Verschiebung der Presseabschnitte. Die schwankenden Käsestückzahlen erklären auch, dass immer mehr als 6 bis 12 Käse in die „falsche“ Presse gelangen. Der richtige Eiweißgehalte der Milch, das Fett/Eiweiß-Verhältnisses und die Füllmengen der Käsefertiger bestimmen die Anzahl der Rohkäse.

Durch konstante Käsestückzahlen könnten auch die Trockenmasseschwankungen innerhalb einer Presse minimiert werden.

Die angesetzten Analyseproben der Käsefertiger-Pressen-Trennung können die Tendenzen des Trockenmasseverlaufes der visuellen Untersuchungen bestätigen. Die zuvor aufgestellte Hypothese, dass die Käse vom neuen Bruch B, welche noch mit in die Presse A gelangen, in ihrer Trockenmasse niedrig sind, da sie nicht genügend Wasser vor dem Pressen verlieren konnten, wegen dem zu früh erhaltenen Pressdruck, wird bestätigt. Normalerweise hätten die Rohkäse von Bruch B noch 23 bzw. 24 Minuten im vorderen Teil der Presse B warten müssen, um die Molke austreten zu lassen. Nach Erfahrungswerten verliert ein Rohkäse pro Minute 0,03 % Wasser. Das ergibt dann in 23 bzw. 24 Minuten 0,69 – 0,72 % weniger Wasser im Käse. Alle Käsesorten (siehe Tabellen 25 bis 25.4), in denen die 3. Probenreihe aus dem Rohkäse des neuen Käsefertigers B besteht, weisen die niedrigste Trockenmasse innerhalb der Presse auf. Die Qualitätsnormen bezüglich der Trockenmasse sind in Tabelle 1 auf der Seite 3 zu entnehmen.

Werden die einzelnen Trockenmassen der Analyseproben mit den Qualitätsnormen verglichen, erhält man folgende Übersicht:

Tab. 27: Analyseergebnisse im Vergleich mit den Qualitätsnormen

	Analyse	Gouda 48 % B-F	Butterkäse 45 %	Edamer 40 %	Edamer 30 %	Gouda 48 % Rund
1. Probenreihe	1	>	>	=	>	>
	2	>	>	=	>	>
Reihe Mitte	1	>	<	<	>	<
	2	>	<	<	>	=
3. Probenreihe	1	<	<	<	<	<
	2	<	<	<	<	<

Daraus ist erkennbar, dass bei vier von fünf Käsesorten die Trockenmasse in der 1. Probereihe der Presse zu hoch ist. Am Ende der Presse dagegen ist von allen Käsesorten die Trockenmasse zu niedrig. Selbst der „Idealfall“ zeigt diese Tendenzen. Die Daten des „Idealfalls“ stehen in Tabelle 24.1 aus dem Kapitel 5.1 auf der Seite 62. Bei der Analyse 1 vom Butterkäse erfolgte die visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung optimal, da alle Rohkäse aus einem Käsefertiger unter der gleichen Presse den Pressdruck erhielten. Demnach kommt die Vermutung auf, dass die Käsefertiger-Pressen-Trennung für alle Trockenmassedifferenzen von 0,38 bis 1,15 % (siehe Kapitel 5.2, Tabellen 25 bis 25.4) nicht allein verantwortlich ist.

Werden die Diagrammdarstellungen der Analyseergebnisse in Kapitel 5.2 auf der Seite 65 ff (Abbildungen 26 bis 26.4) betrachtet, ist der Trockenmasseverlauf ohne Bruchpuffertankkühlung, wie in Abbildung 16 (siehe Kapitel 3.3, S. 37) gezeigt, zu erkennen. Zusammenfassend können für die zu hohen und zu niedrigen Trockenmassen innerhalb einer Presse die Käsefertiger-Pressen-Trennung und die Kühlung in den Puffertanks gleichermaßen verantwortlich sein. Definierte Kühleffekte können aber nur festgestellt werden, wenn die Trennung der Käsefertiger beim Pressen in Ordnung ist.

Dennoch ergaben die Betrachtungen der Kühlprogramme in den Bruchpuffertanks Ungleichmäßigkeiten.

Im Allgemeinen sollte der Kühlstart 4 bis 7 Minuten nach dem Beginn des Überpumpens vom BPT-Inhalt in die Casomatic erfolgen. In Altentreptow beginnt das Kühlungsprogramm bei allen fünf Käsesorten bereits nach 1 bis 2 Minuten. Je eher die Kühlung startet, desto besser ist das für die qualitative Trockenmassegehalte.

Eine weitere Allgemeinheit für Bruchpuffertanks liegt bei einer Kühldauer von 8 bis 12 Minuten. Betrachtet man die Ergebnistabellen 26 bis 26.4 (siehe Kapitel 5.3, S. 71 ff) näher, stellt sich heraus, dass die Kühldauer bei allen Käsesorten mit durchschnittlich 4 bis 7 Minuten unterschritten wird. Es wird in Altentreptow also schneller heruntergekühlt. Dieser Fakt ist ebenfalls positiv für eine verlangsamte Synärese der Bruchkörner und damit auch für den Erhalt der gewünschten Trockenmasse.

Den dritten allgemeinen Hinweis zur BPT-Kühlung macht eine Kühltiefe von  $-0,5$  bis  $-1,5^{\circ}\text{C}$  aus. Bei den untersuchten fünf Käsesorten liegt die Ist-Kühltiefe zwischen  $-0,6$  bis  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Diese Ergebnisse befinden sich zwar im allgemeinen Bereich, erzielen während der Kühlung die eingestellte Soll-Kühltiefe von  $-1,3^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-1,4^{\circ}\text{C}$  jedoch nicht.

Die Betrachtung der Ist-Endkühltemperatur verstärkt die ungleichen Kühlungsvorgänge in den Bruchpuffertanks, denn bei Gouda 48 % B – F, Gouda 48 % Rund und Butterkäse schwanken jeweils die Endkühltemperaturen.

Die Kühleffekte in den Tanks weisen einige Unstimmigkeiten zwischen den Käsefertigern gleicher Chargen auf. Das führt zu mehr oder weniger starken Synäreseeffekten der Bruchkörner, wodurch wiederum Schwankungen in der Trockenmasse der Käse verursacht werden können.



## 5.5 Statistische Methoden zum Datenabgleich

Die am häufigsten verwendeten Streuungsmaße in der Statistik sind die Varianz ( $s^2$ ) und die daraus abgeleitete Standardabweichung ( $s$ ).

Die Varianz ist definiert als die durchschnittliche Abweichung der quadrierten Abstände der Einzelwerte ( $x_i$ ) vom arithmetischen Mittelwert ( $\bar{x}$ ).

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Werte von Zufallsvariablen um ihren Mittelwert. Sie ist die positive Quadratwurzel aus der Varianz.

Varianz und Standardabweichung sind stets größer oder gleich Null.

Zum Vergleich der Daten wurden in dieser Arbeit hauptsächlich die Mittelwerte und die dazugehörigen Standardabweichungen berechnet.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$
$$s = \sqrt{s^2}$$

## 6 Zusammenfassung

Den Hintergrund dieser Arbeit bildet das verstärkte Auftreten von inhaltsstofflichen Schwankungen im Schnittkäse in Altentreptow. Schwerpunktmäßig sind die Ursachen der Trockenmasseschwankungen zu erfassen und Optimierungsvorschläge zu erbringen. Gleichzeitig sollen dabei die Käsequalitätsnormen eingehalten werden.

Im Produktionsprozess gibt es zahlreiche Einflussfaktoren auf die Trockenmasse, die überprüft worden sind:

Bei der Kesselmilchstandardisierung liegt das Ziel darin das sortenspezifische Fett/Eiweiß-Verhältnis einzustellen. Für die Trockenmasse gilt mit höherem Eiweißgehalt, steigt auch der Trockenmassegehalt der Milch an bzw. umgekehrt. Der richtige Fettgehalt in der Milch bestimmt zu dem den Fettgehalt in der Trockenmasse, nach dem die Käsesorten identifiziert werden. Die Beurteilung des Fett/Eiweiß-Verhältnisses wird durch den Fett-Standardisierungskoeffizienten ermöglicht. Demnach werden von 10 Chargen pro Monat 60 % der Verhältnisse richtig eingestellt.

Zur Einstellung des Eiweißgehaltes wird neben dem Magermilchkonzentrat die neue Komponente MPC, gewonnen aus ultrafiltrierter Magermilch, eingesetzt.

Zwei weitere Effekte im Prozess wirken sich auf die Trockenmasse indirekt aus.

Wasserspülungen und die beiden Entkeimungsseparatoren beeinflussen nach Überprüfung der Betriebsdaten den Fett- und Eiweißgehalt vom Standardisierungstank zu den Käsefertigern zwar nicht maßgebend, aber sie können bei falscher Fett- und Eiweißeinstellung die Inhaltsstoffe der Milch zwischen den einzelnen Käsefertigern verschlechtern.

Das Verkäsen der Milch, Schneiden, Rühren und Ablassen des Bruch-Molke-Gemisches in den Käsefertigern erfolgt, wie auch der Pressvorgang, ohne Komplikationen. Die Käsefertiger und die Pressen üben vom reinen Programmablauf keinen direkten Einfluss auf die Trockenmasse im Käse aus.

Nach dem Pressen gibt der pH-Wert vor dem Salzbad Auskunft über die Aktivität der Säuerungskulturen in der Milch. Indirekt ist der pH-Wert vor dem Salzbad auch ein Indikator für Bakteriophagen. Diese Viren zerstören die Kulturen, es kommt zur Einstellung der Säuerung, der pH-Wert steigt an, wodurch die Entmolkung der Bruchkörner in den Käsefertigern abnimmt. Somit befindet sich mehr Wasser im Bruch, was zur Trockenmasseniedrigung führt. Die Synärese der Bruchkörner wird durch die Nachwärmtemperaturen in den Käsefertigern verstärkt. Auch diese Steuerung erfolgt in der Käserei problemlos.

Die Salzungszeiten im Salzbad üben den nächsten Effekt auf die Käseinhaltstoffe aus. Die Salzung beeinflusst u.a. den Wassergehalt, den Salzgehalt in der Trockenmasse sowie Fettgehalt in der Trockenmasse. Je länger sich die Käse in der Salzlake befinden, desto mehr Wasser diffundiert aus dem Käse und desto mehr Salz kann in den Käse gelangen bzw. umgekehrt. Damit führen die Salzungszeiten zu einer Trockenmasseerhöhung bzw. zu einer Erniedrigung. Der Fettgehalt i. Tr. wird zu dem auch bedingt durch den Salzgehalt i. Tr., denn je mehr Salz sich im Käse befindet, desto geringer fällt der Fettgehalt aus. Die Untersuchung der Salzungszeiten ergab für alle Käsesorten normgerechte 69 – 82 Stunden und auch die errechneten Salzungsunterschiede zwischen oberster und unterster Korblage sind mit 0,2 % konstant. Im Endprodukt auftretende Schwankungen im Salzgehalt i. Tr. werden demnach vorwiegend bedingt durch Trockenmasseunterschiede vor dem Salzbad.

Im kontinuierlichen Produktionsprozess kommt es immer wieder zu Störungen. Sie treten z.B. durch Materialermüdung auf. Damit die Trockenmasse davon so gering wie möglich beeinflusst wird, ist es wichtig in der Käserei schnell auf Störfälle zu reagieren. Zur ersten Reaktion gehört das Herunterkühlen des Bruches um 1° C in den Käsefertignern. Bei einer Störzeit von 4 Stunden ist die Konsistenz des Käsebruches wegen Übersäuerung nicht mehr zu retten.

Zahlreiche Einflussfaktoren auf die Trockenmasse im Produktionsprozess sind bereits durch andere Studien erörtert worden. Der Effekt der Käsefertiger-Pressen-Trennung blieb dabei unberücksichtigt. Deshalb steht die Untersuchung der Käsefertiger-Pressen-Trennung im Zusammenhang mit der Bruchpuffertankkühlung im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Das Ziel der Käsefertiger-Pressen-Trennung den Käsebruch aus einem Käsefertiger unter eine Presse zu bekommen, ist in der Käserei schwierig zu erreichen. Bei den Käsesorten Gouda 48 % Block und Rund sowie Edamer 40 % und 30 % gelangen 18 bis 37 Käse in die „falsche“ Presse. Verursacht werden die „falschen“ Käse durch Bruchmischphasen von Käsefertiger A und B, welche aufgrund der 13 Leermeldungsabschnitte der Bruchpuffertanks zu dem gerade abgefüllten Käsefertiger A zugezählt werden. Die Bruchmischphasen gehören aufgrund ihrer höheren Temperaturen jedoch zum nächsten Käsefertiger B. Die Verschiebung der Phasen zu den Abschnitten des „richtigen“ Fertigers wird erreicht, in dem die Leermeldungsabschnitte im System auf 12 reduziert werden. Das konnten die ermittelten Ergebnisse der KF-T-V beim Edamer 30 % nachweisen, denn bei 13 Abschnitten gab es im Durchschnitt 48 „falsche“ Käse und bei 12 Abschnitten waren es nur noch 14 „falsche“ Käse.

Die Trockenmasse aller Käse unter einer Presse wurde mittels Analysen von Probekäse überprüft. Die Analysen ergaben Trockenmassedifferenzen innerhalb einer Presse von 0,38

bis 1,15 %, denn die Käse, welche sich am längsten unter der Presse befanden, besaßen die höchste Trockenmasse und die Käse, die zuletzt in die Presse gelangten die niedrigste Trockenmasse.

Selbst der Idealfall der Käsefertiger-Pressen-Trennung beim Butterkäse 45 % zeigt diese Differenzen auf, obwohl das Ziel der Käsefertiger-Pressen-Trennung erfüllt worden ist. Die Ursache der Trockenmassedifferenzen ist in der Bruchpuffertankkühlung zu vermuten. Kühleffekte können allerdings nur festgestellt werden, wenn die Käsefertiger-Pressen-Trennung bei allen Käsesorten optimal funktioniert. So dass diese Vermutung noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Allerdings wurden die Programme der Bruchpuffertanks näher betrachtet. Die Untersuchung der Kühlungsvorgänge ergab, dass Kühltiefe und Endkühltemperaturen in allen Messungen verschieden ausfielen. Die Soll-Kühltiefe von  $-1,3^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-1,4^{\circ}\text{C}$  wird selten eingehalten. Die ermittelten Kühltiefen der Käsesorten gehen von nur  $-0,5^{\circ}\text{C}$  bis zu  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , wodurch sich die Ist-Endkühltemperaturen der Bruch-Molke-Gemische unterscheiden. Die verschiedenen Temperaturniveaus lassen die Entmolkung der Bruchkörner im Tank unterschiedlich stark stattfinden. Die Folge sind Trockenmasseschwankungen selbst zwischen den Käsefertigern innerhalb einer Charge. Das Kühlprogramm der beiden Tanks beginnt bereits nach 1 – 2 Minuten, was sich positiv auf die Trockenmasseentwicklung auswirkt. Auch die Kühldauer mit

4 – 7 Minuten ist gut, denn je eher die Endkühltemperatur erzielt wird, desto weniger Molke kann aus den Bruchkörnern austreten, was dem Trockenmasseniveau wieder zu gute kommt. Die Kühlung des Bruch-Molke-Gemisches ist von Molkerei zu Molkerei nie einheitlich, denn jede Käserei muss ihr eigenes Kühlsystem finden, derartig das die Trockenmasseunterschiede innerhalb eines Käsefertigers minimal sind.

Die Ursachenfindung der Trockenmasseschwankungen im Käse ergab auf den ersten Blick eine Vielzahl von Effekten, welche ein komplexes ineinander greifendes Netz bilden. Es ist nicht so einfach die richtige Ursache zu finden und dem entgegenwirken zu können. Oft können sich auch mehrere Effekte summieren und so die Schwankungen in der Trockenmasse der Käse innerhalb einer Charge verursachen. Treten die Schwankungen auch unterhalb der einzelnen Chargen auf, so muss es einen konstanten Faktor im Produktionsprozess geben, der sich auf alle Chargen negativ auswirkt, wie z. B. die Käsefertiger-Pressen-Trennung und die Bruchpuffertankkühlung.

## 7 Optimierungsvorschläge

### Zur Standardisierung der Kesselmilch:

Die Zumischung der Komponenten in die Standardisierungstanks erfolgt in Altentreptow willkürlich. Die Ausarbeitung einer Arbeitsvorschrift für die Maschinenführer ist sinnvoll. Das Standardisieren der Arbeitsvorgänge erleichtert zum einen die Fehleranalyse bei auftretenden Problemen, wie z.B. schwankende Trockenmassegehalte und zum anderen wird der chronologische Ablauf der Komponenten aus Qualitätssicherheitsgründen festgehalten. Einen Hinweis auf die erfolgreiche Einstellung des Fett/Eiweiß-Verhältnisses liefert der Fett-Standardisierungskoeffizient. Um die Kontrolle über die Verhältnis-Einstellung auszubauen, kann der Koeffizient regelmäßig berechnet werden. Aufgrund der komplexen und umfangreichen Rechenweise sollten monatliche Stichproben für jede Sorte ausreichend sein. Für die Einhaltung konstanter Käsestückzahlen müssen die Eiweißgehalte der Milch, die Fett/Eiweiß-Verhältnisse und die Füllmengen in den Käsefertigern regelmäßiger an die Produktion angepasst werden.

### Zum Kühlungssystem der Bruchpuffertanks:

Die Kontrolle vom Kühlungsprogramm der Bruchpuffertanks ist schwierig. Die jeweiligen Endkühltemperaturen der Käsesorten sind sehr unterschiedlich. Demnach ist auch die Entmolkung der Bruchkörner mal stärker und mal schwächer. Es wäre einfacher die Endkühltemperatur für jede Käsesorte auf einen Soll-Wert einzustellen und eine Verknüpfung zur Nachwärmtemperatur herzustellen. Die Bruchpuffertanks kühlen dann nicht um  $-1,4^{\circ}\text{C}$  den Bruch herunter, sondern immer auf eine einheitliche Endkühltemperatur. Das sollte eine gleichmäßigere Synärese der Bruchkörner innerhalb des Tankes verwirklichen.

### Zur Käsefertiger-Pressen-Trennung:

Für eine bessere und genauere Trennung der Bruch-Molke-Gemische der einzelnen Käsefertiger in der Multi Column Casomatic muss die Leermeldung von 13 auf 12 Abschnitte im System verringert werden. Dadurch verschiebt sich die Bruchmischphase in den Casomatic-Abschnitten nach hinten, so dass der neue wärmere Bruch B nicht mehr zu den Abschnitten von Käsefertiger A gezählt wird.

Die Reduzierung der Abschnitte wurde im Werk bereits realisiert. Ein Erfolg dieser Maßnahme konnte kurz darauf beim Edamer 30 % beobachtet werden.

Die Trennung der Käsefertiger in der Casomatic kann auf einfache Weise kontrolliert werden. Der Vorschlag lautet die Überprüfung über die Methode der visuellen Käsefertiger-Pressen-Trennung, die in Kapitel 4.2.1 auf der Seite 56 ff beschrieben steht, von den Käserei-Mitarbeitern durchführen zu lassen. Bei einer monatlichen Kontrolle der Abschnitte ist ein Versuch pro Käsesorte ausreichend. Die Dokumentation der Ergebnisse ist notwendig, damit Veränderungen besser erkannt werden können.

#### Zum Salzbad:

Es konnte festgestellt werden, dass die Schwankungen vom Salzgehalt in der Trockenmasse im Käse verursacht werden durch die Trockenmasseschwankungen, die während der Produktion entstehen. Um dieses Problem zu beseitigen, sollten in der ersten Phase die Trockenmasseunterschiede vor dem Salzbad minimiert werden. In der 2. Phase müsste man sich weitere Gedanken über die Optimierungsmöglichkeiten des Salzens machen.

---

## **8 Abstract**

The object of this study was to investigate the increased incidence in the fluctuation of ingredients in cheese. The dry substances and salt content in the cheese were affected in particular. The study focused on how such fluctuations occurred in the dry substances. To achieve this aim, the processes of fully automated cheese production were examined more closely starting with the standardization of the milk, then the cheese-making machine and press, and ultimately the final product with a view to achieving the maximum possible cheese yield while at the same time complying with quality standards. Project firm of this study was the Humana Milchindustrie GmbH Altentreptow, Germany.

## 9 Literaturverzeichnis

Benz, H.: Diplomarbeit im Fachbereich Lebensmitteltechnologie. Thema: Maximierung der Käseproduktion mit Eiweißanreicherung der Kesselmilch unter Einbeziehung der kapazitätsbedingten Käsequalität (Randlochung). Hochschule Neubrandenburg, 2006

Brandl, M.: [www.milchindustrie.de/de/presse/pressemitteilungen/2008\\_05\\_20\\_01.html](http://www.milchindustrie.de/de/presse/pressemitteilungen/2008_05_20_01.html) (15.07.2009)

GEA TDS GmbH: Grundlagen der Filtration und Einführung in die Ultrafiltrationstechnik in Altentreptow, 2008

Hemming; Wagner: Verfahrenstechnik. 9. Auflage. Würzburg: Vogel-Verlag, 2004

Kammerlehner, J.: Käse-Technologie. München: Verlag Freisinger Künstlerpresse, 2003

Kubitza, S.: Diplomarbeit im Fachgebiet Käseertechnologie. Thema: Ausarbeitung eines Anlagenvergleiches und diverser Ausbeuteprognosen für verschiedene Käsesorten in der Inbetriebnahmephase der neuen Käserei in Altentreptow. Fachhochschule Hannover, 2004

Roeder, G.: Grundzüge der Milchwirtschaft und des Molkereiwesens. Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey, 1954

Schwachulla, W.: Der Brockhaus in einem Band. 8. Auflage. Leipzig; Mannheim: Brockhaus, 1998

Spreer, E.: Technologie der Milchverarbeitung. 7. Auflage. Hamburg: Behrs Verlag, 1995

Wittermanns, F. J.: Bericht über Trockenmasseschwankungen vom Edamer-Käse Altentreptow (März 2009). 2009

[www.dlz-agrarmagazin.de](http://www.dlz-agrarmagazin.de): Firmen-News vom 28.11.2008 (08.09.2009)

[www.humana-unternehmensgruppe.com/de/daten\\_und\\_fakten/index.html](http://www.humana-unternehmensgruppe.com/de/daten_und_fakten/index.html): Daten und Fakten von 2008/2009 (08.09.2009)



## 10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Trockenmassegehalte von April und Mai 2009 im Vergleich zur Norm	3
Tab. 2	Pro-Kopf-Verbrauch von Käse (in kg) in Deutschland	8
Tab. 3	Standortspezifische Labkäsesorten	9
Tab. 4	Sensorische Merkmale und Eigenschaften von Gouda, Edamer und Butterkäse	9
Tab. 5	Technische Daten der Ultrafiltrationsanlage von Altentreptow	11
Tab. 6	Faktoren für die Fettgehaltserrechnung von Altentreptow	19
Tab. 7	Berechnung der Fett-Standardisierungskoeffizienten	23
Tab. 8	Einfluss der 4 Wasserspülungseffekte auf die Inhaltsstoffe der Kesselmilch	24
Tab. 9	Automatisiertes Schneidprogramm der Käsefertiger in Altentreptow	28
Tab. 10	Pressprogramme	30
Tab. 11	Kühlprogramm der Bruchpuffertanks	37
Tab. 12	pH-Mittelwerte vor Salzbad April 2009	41
Tab. 13	pH-Mittelwerte vor Salzbad Mai 2009	42
Tab. 14	Bakteriophageneffekte auf den pH-Wert vor Salzbad der Käsefertiger 1 - 27 zu 28 - 55	43
Tab. 15	Zusammenfassung der Salzungsunterschiede April und Mai 2009	46
Tab. 16	Eigenschaften der mesophilen Säuerungskulturen (Spreer, 1995, S. 316)	47
Tab. 17	Aktivität der Kulturen FR 18 Mai 2009	48
Tab. 18	Aktivität der Kulturen FR 18/BOS Mai 2009	49
Tab. 19	Aktivität der Kulturen FR 18 Juni 2009	50
Tab. 20	Aktivität der Kulturen FR 18/BOS Juni 2009	51
Tab. 21	Werksinterne Aktivitätsnormen der CSK-Kulturen	51
Tab. 22	Störungen während der Produktion von April bis Juni 2009	53
Tab. 23	Versuchsplanung	55
Tab. 24	Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Gouda 48 % B - F	62
Tab. 24.1	Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Butterkäse 45 %	63
Tab. 24.2	Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Edamer 40 %	63
Tab. 24.3	Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Edamer 30 %	64
Tab. 24.4	Zusammenfassung Ergebnisse KF-T-V von Gouda 48 % Rund	64
Tab. 25	Analysedaten Versuch 1 und 2 von Gouda 48 % B - F	66
Tab. 25.1	Analysedaten Versuch 1 und 2 von Butterkäse 45 %	67
Tab. 25.2	Analysedaten Versuch 1 und 2 von Edamer 40 %	68

---

Tab. 25.3	Analysedaten Versuch 1 und 2 von Edamer 30 %	69
Tab. 25.4	Analysedaten Versuch 1 und 2 von Gouda 48 % Rund	70
Tab. 26	Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Gouda 48 % B - F	72
Tab. 26.1	Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Butterkäse 45 %	72
Tab. 26.2	Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Edamer 40 %	72
Tab. 26.3	Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Edamer 30 %	73
Tab. 26.4	Zusammenfassung Ergebnisse BPT-Kühlung von Gouda 48 % Rund	73
Tab. 27	Analyseergebnisse im Vergleich mit den Qualitätsnormen	75

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Ultrafiltrationsanlage im Betriebsraum der Käserei Altentreptow	11
Abb. 2	Prinzip der Ultrafiltration	14
Abb. 3	Fließschema der Labkäseproduktion von Altentreptow	15
Abb. 4	Standardisierungstanks im Tanklager der Käserei Altentreptow	18
Abb. 5	Standardisierungstanks außerhalb des Tanklagers der Käserei Altentreptow	18
Abb. 6	Käsefertigerbühne mit Steuerelemente	26
Abb. 7	Käsefertigerbühne unterhalb: unterer Teil eines Käsefertigers sichtbar	26
Abb. 8	Das Multi Column Drainagesystem	29
Abb. 9	Draufsicht der Pressen	29
Abb. 10	Transport der Käseformen nach dem Pressen	32
Abb. 11	Gepresster Käse aus der Form geholt, dabei gewendet	32
Abb. 12	Draufsicht Verweilstrecke für Rundlaibe	32
Abb. 13	Pressstempel in der Presse auf Käseformen	32
Abb. 14	Modellbeispiel der Pressenverschiebung	33
Abb. 15	Bruchpuffertanks	35
Abb. 16	Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse ohne Kühlung	37
Abb. 17	Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse bei zu tiefer Kühlung	38
Abb. 18	Trockenmasseverlauf innerhalb einer Presse bei optimaler Kühlung (Ziel)	38
Abb. 19	Käseblock gelangt in Einschwemmrinne	44
Abb. 20	Käse schwimmen in Salzbadkorb	44
Abb. 21	Maschinenaufstellungsplan Käserei Altentreptow - Versuche KF-T-V	56
Abb. 22	Maschinenaufstellungsplan Käserei Altentreptow - Versuche KF-T-A	59
Abb. 23	Reifekisten im Blockkäselager	60
Abb. 24	Naturkäseregale im Naturkäselager	60
Abb. 25	Kennzeichnung der Probenreihen in den Pressen	65
Abb. 26	Diagramme der Analysen 1 und 2 von Gouda 48 % B - F	66
Abb. 26.1	Diagramme der Analysen 1 und 2 von Butterkäse 45 %	67
Abb. 26.2	Diagramme der Analysen 1 und 2 von Edamer 40 %	68
Abb. 26.3	Diagramme der Analysen 1 und 2 von Edamer 30 %	69
Abb. 26.4	Diagramme der Analysen 1 und 2 von Gouda 48 % Rund	70

## 12 Abkürzungsverzeichnis

B – F	Block – Folie
BPT	Bruchpuffertank
F. i. Tr.	Fett in der Trockenmasse
Ini	Kurzform für Initiator (Sensoren in der Anlage)
i. O.	in Ordnung
KF-T	Käsefertiger-Pressen-Trennung
KF-T-A	Analytische Käsefertiger-Pressen-Trennung
KF-T-V	Visuelle Käsefertiger-Pressen-Trennung
MMK	Magermilchkonzentrat
MPC	Magermilchproteinkonzentrat
UF	Ultrafiltration
Upm	Umdrehungen pro Minute
S. i. Tr.	Salz in der Trockenmasse