



Universität für Bodenkultur Wien

DIPLOMARBEIT

Variabilität ausgewählter Qualitätsmerkmale von Joghurt und Topfen in Abhängigkeit saisonaler, regionaler sowie fütterungsspezifischer Parameter österreichischer Milch

Elisabeth Neudeck, BSc

Angestrebter akademischer Grad:

Diplomingenieur

Masterstudium: Lebensmittelwissenschaften und -technologie

Betreuer: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn., Wolfgang Kneifel

Wien, 11.06.2019

H75400, Institut für Lebensmittelwissenschaften
Vorstand: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn., Wolfgang Kneifel

750104, Allgemeine Lebensmittelwissenschaften und
-technologie
Betreuer: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn., Gerhard Schleining

750104, Allgemeine Lebensmittelwissenschaften und
-technologie
Doktorandin: Dipl.-Ing. Marlies Feichtinger

VARIABILITÄT AUSGEWÄHLTER QUALITÄTSMERKMALE
VON JOGHURT UND TOPFEN IN ABHÄNGIGKEIT
SAISONALER, REGIONALER UND
FÜTTERUNGSSPEZIFISCHER PARAMETER
ÖSTERREICHISCHER MILCH

Diplomarbeit zur Erlangung des Diplomingenieurs
an der Universität für Bodenkultur Wien

Eingereicht von
Elisabeth Neudeck, BSc

6.Semester

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.“

Wien, am 11.Juni 2019

Elisabeth Neudeck, BSc

Danksagung

Ich bedanke mich herzlichst bei meinem Betreuer, Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.tech., Gerhard Schleining und meiner betreuenden Doktorandin Dipl.-Ing. Marlies Feichtinger, welche mir immer mit Rat und Tat beiseite standen. Weiters danke ich der Firma Berglandmilch, welche mir die verschiedenen Milcharten zur Verfügung gestellt hat.

Ich danke auch meiner Familie und Freunden, welche mich schon mein ganzes Leben oder erst seit Kurzem begleiten. Alle wart Ihr mir in der Zeit des Forschens und in meiner Freizeit besonders wichtig, ohne eure laufende Unterstützung hätte ich es wohl nicht geschafft.

Danke!

Abstract

The aim of this work was to investigate seasonal effects on curd and yoghurt, regional variations and possible effects of storing different kinds of milk for up to two weeks. Curd and yoghurt made from milk on lab scale was investigated from April to September 2018. Different types of milk (Konventionell, Bio and Heu) from two different locations in Austria (Aschbach, Wörgl) were used.

For yoghurt, textural properties using TPA (hardness, cohesiveness, adhesiveness, gumminess), gel formation based on viscoelastic properties and whey separation were analysed. For curd, dry matter determination (milk, whey, curd), curd-yield and gel formation were measured.

Texture analysis showed that there was a seasonal decrease from May to July 2018, which was especially distinct with the milk type "Bio". Possible regional variations were found to be less obvious although the measurement values from Wörgl appeared to be generally more stable. Any storage of milk leads to a decrease in hardness and an increase in cohesiveness for the final product. The measurement of whey separation showed a seasonal downward trend (2,5% to 1,7%) in both regions. Storage had a degrading effect on whey separation, affecting all milk varieties equally. The gel formation took 130 minutes on average and showed no influence of season, region, variety or aging.

Dry matter (TM) determination indicated that whey had a constant dry mass of 6% (milk 9%), independent of any of the seasonal and regional parameters. The TM of curd was between 20%-25% with both regions showing a low in May (Aschbach) and July (Wörgl) respectively. The type of milk and aging showed no effect. The curd yield was 23% with little to no seasonal or regional differences although both regions indicated higher yields for "GTF" and "Heu" than for "Bio". Gel formation took 220 minutes on average and showed no influence on any of the investigated parameters.

Kurzfassung

Das Ziel der Arbeit war die saisonalen Einflüsse auf Topfen und Joghurt zu untersuchen. Dafür wurden im Zeitraum von April bis September 2018 verschiedene österreichische Milchproben (Konventionell, Bio und Heu) aus zwei Regionen (Aschbach und Wörgl), sowie deren Alterungseinfluss (bis zu 2 Wochen) untersucht.

Die Joghurtqualität wurde mittels Textur Profil Analyse, Synärese und Gelbildung beurteilt. Für die Topfenqualität wurden die Parameter Trockenmasse, Ausbeute und Gelbildung untersucht.

Die Texturanalyse des Joghurts ergab eine Erniedrigung der Messwerte in den Monaten Mai bis Juli 2018. Besonders starke Einflüsse zeigt die Sorte „Bio“ aus beiden Werken. Die Regionalität der Milch ist vor allem in der Variabilität der Messwerte sichtbar. Die Werte aus Wörgl sind konstanter. Eine Alterung der Milch hat einen erniedrigenden Effekt auf Hardness und einen erhöhenden auf die Cohesiveness. Die Messung der Synärese (Molke %) ergab, dass es einen Abwärtstrend der Molkenbildung über die Messperiode in beiden Werken gab (2,5% auf 1,7%). Keine Unterschiede gab es diesbezüglich zwischen den Milchsorten. Gealterte Milch zeigte weniger Synärese. Die Gelbildungszeit ($G' > 1\text{Pa}$) dauerte durchschnittlich 130 Minuten und zeigte kaum einen Einfluss der Saison, Region, Milchsorte oder Alterung.

Die Trockenmasse (TM) der Molke lag konstant bei 6% und die der Milch bei 9% ohne einen Einfluss der untersuchten Parameter zu zeigen. Die TM des Topfens lag zwischen 20%-25% wobei in beiden Regionen ein Tief im Mai (Aschbach) respektive Juli (Wörgl) zu erkennen war. Die verschiedenen Sorten und die Alterung ergaben keine Einflüsse auf die TM. Die Ausbeute des Topfens lag in etwa bei 23%, ein saisonaler oder regionaler Unterschied konnte nicht festgestellt werden, jedoch zeigten Konventionell und Heu eine höhere Ausbeute als Bio. Die Gelbildung des Topfens brauchte im Mittel 220 Minuten, dabei war kein signifikanter Unterschied zwischen Saison, Region, Milchsorten oder Alterung sichtbar.

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung	1
1.1. Milch	2
1.1.1. Konventionelle Milch	5
1.1.2. Biomilch	6
1.1.3. Heumilch	7
1.2. Joghurt	8
1.3. Topfen	10
2. Problemstellung.....	14
3. Material	15
3.1. Milch	15
3.2. Betriebskultur	16
3.3. Zusatzstoffe	16
3.4. Enzym	16
3.5. Geräte	16
4. Methoden	17
4.1. Joghurt	18
4.1.1. Betriebskultur	19
4.1.2. Denaturierung	20
4.1.3. Fermentationskultur.....	21
4.1.4. Gelbildung mittels Rheometer	23
4.1.5. Texturprofilanalyse und Synärese.....	26
4.2. Topfen	29
4.2.1. Betriebskultur	30
4.2.2. Denaturierung	31
4.2.3. Fermentationskultur.....	31
4.2.4. Aufbereitung	33
4.2.5. Gelbildung mittels Rheometer	34
4.2.6. Trockenmassemessung	35
5. Ergebnisse und Diskussion	37
5.1. Joghurt	37
5.1.1. Textur Profil Analyse	37
5.1.1.1. Hardness	37
5.1.1.2. Adhesiveness	40
5.1.1.3. Cohesiveness	43
5.1.1.4. Gumminess	45
5.1.2. Synärese.....	48

5.1.2.1.	Hardness vs. Molke	50
5.1.2.2.	Adhesiveness vs. Molke	51
5.1.2.3.	Cohesiveness vs. Molke	52
5.1.2.4.	Gumminess vs. Molke.....	52
5.1.3.	Gelbildung	53
5.1.3.1.	Rheologische Messungen.....	56
5.2.	Topfen	58
5.2.1.	Trockenmasse.....	58
5.2.2.	Ausbeute	61
5.2.2.1.	Trockenmasse gegen Ausbeute	62
5.2.3.	Gelbildung	64
5.2.3.1.	Rheologische Messungen.....	67
5.2.3.2.	pH-Wert vs. Gelbildung.....	69
6.	Zusammenfassung.....	70
7.	Literaturverzeichnis	72
8.	Anhang.....	74

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Mittlere Zusammensetzung von Kuhmilch (Gewichtsprozent %) (Schlimme und Buchheim 1999).....	2
Abbildung 2: Fließbild der Konsummilchmilchherstellung (Edgar Spreer 2018)	4
Abbildung 3: Statistik der Milchlieferung 2018 (Agrarmarkt Austria 2019).....	5
Abbildung 4: EU-Logo für biologische Produktion.....	6
Abbildung 5: Industrielle Herstellung der drei Joghurtarten (stichfest, gerührt, trinkfertig) (Rimbach, Möhring, Ebersdobler 2010).....	9
Abbildung 6: Fließschema der industriellen Topfenproduktion (P. Präve, U. Faust, W. Sittig, D.A. Sukatsch 1994)	11
Abbildung 7: Statistik der Herstellung von Käseprodukten in Österreich 1970-2017 (Agrarmarkt Austria 2018)	13
Abbildung 8: Landkarte Österreich (Google Maps)	15
Abbildung 9: Übersicht über die Herstellung von Joghurt im Labormaßstab	18
Abbildung 10: Verlauf des pH-Werts und der Temperatur der Joghurt Betriebskultur während der Vorsäuerung (Daten der Messung von 03.07.2018).....	19
Abbildung 11: Aufbau des Tauchsieder Systems zur Protein Denaturierung	20
Abbildung 12: Zieltemperaturprofil der Milchdenaturierung zur Joghurtherstellung	21
Abbildung 13: pH-Wert und Temperatur Verlauf der Joghurt Fermentationskultur - Abschnitt 1 Fermentation, Abschnitt 2 Kühlung (Messung von 01.08.2018)	22
Abbildung 14: Aufbau der oszillierenden Rheometer-Messung.....	23
Abbildung 15: Verlust-, Speichermodul (logarithmisch) und Phasenverschiebungswinkel über die Zeitspanne der Messung, orange markiert ist die Gelbildung bei $G' > 1\text{Pa}$ (Messung von 24.4.2018)	26
Abbildung 16: Messaufbau Texturanalyse	27
Abbildung 17: Textur Profil Analyse - oben theoretischer Ablauf der Belastungs- und Entlastungsphasen; unten Aufnahme einer realen Texturmessung im 3-fach Ansatz (Messung am 5.6.18)	28
Abbildung 18: Überblick über die Herstellung von Topfen im Labormaßstab	29
Abbildung 19: Verlauf des pH-Werts und der Temperatur während der Vorsäuerung der Betriebskultur (Messung von 28.5.2018).....	30
Abbildung 20: Ziel-Temperaturprofil der Milch-Denaturierung bei der Topfenherstellung – 4 Minuten auf 15°C erwärmen, 7 Minuten auf 86°C erhitzen, 3 Minuten auf 86,5°C halten, 8 Minuten Abkühlphase auf 48°C	31
Abbildung 21: pH-Wert und Temperaturverlauf bei der Hauptfermentation von Topfen, mit Phase 1- Fermentation (28°C), Phase 2 – Abkühlen (18°C auf 8,5°C), Phase 3 – Kühlen (8,5°C) (Messung von 16.04.2018)	32
Abbildung 22: Zeit-Temperaturprofil der Topfenaufbereitung – 3 Minuten auf 49,5°C aufheizen, 6,5Minuten auf 62,5°C erhitzen, 6 Minuten 63°C halten, 3 Minuten auf 48°C Endtemperatur abkühlen	34
Abbildung 23: Aufzeichnung von Speichermodul, Verlustmodul und Phasenverschiebungswinkel über die Zeit, orange markiert ist der Gelbildungspunkt ($G' > 1\text{Pa}$) (Messung 12.07.2018).....	35
Abbildung 24: Vergleich der max. Kraft zwischen den frischen Milchproben der zwei verschiedenen Werke (Aschbach und Wörgl)	38
Abbildung 25: maximale Kraft über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach).....	39
Abbildung 26: maximale Kraft über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)	39

Abbildung 27: Adhesiveness der Joghurts über die Messperiode im Vergleich der Werke (Aschbach und Wörgl)	40
Abbildung 28: Klebrigkeit der Joghurts über die Messperiode (Monate), links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)	41
Abbildung 29: Adhesiveness der Joghurts über die Messperiode (Monate), links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)	42
Abbildung 30: Vergleich der „Cohessiveness“ zwischen zwei Werken (Aschbach und Wörgl) über die Messperiode (Monate)	43
Abbildung 31: Cohessiveness über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)	44
Abbildung 32: Cohessiveness über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)	45
Abbildung 33: Gumminess [g] über die Messperiode (Monate) im Vergleich zwischen zwei Werken (Aschbach, Wörgl)	46
Abbildung 34: Gumminess über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)	47
Abbildung 35: Gumminess über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)	47
Abbildung 36: Molkenbildung im Vergleich, Molke über die Messperiode (Monat) in zwei Werken (Aschbach und Wörgl)	48
Abbildung 37: Molkenaustritt über die Messperiode (Monat) des Topfens, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)	49
Abbildung 38: Molkenaustritt über die Messperiode (Monat) des Topfens, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)	50
Abbildung 39: Molke gegen die max. Kraft. im Vergleich der zwei Regionen (Aschbach und Wörgl)	51
Abbildung 40: Adhesiveness gegen Molke im Vergleich die zwei verschiedenen Werke	51
Abbildung 41: Cohesiveness gegen Molke - Vergleich Aschbach und Wörgl	52
Abbildung 42: Gumminess gegen Molke – Vergleich Aschbach und Wörgl	52
Abbildung 43: Saisonaler Einfluss auf die Gelbildungszeit - Vergleich der Regionen (Aschbach, Wörgl)	53
Abbildung 44: Vergleich der Gelbildung innerhalb Aschbachs zwischen den Milchsorten (GTF, Bio, Heu)	54
Abbildung 45: Vergleich der Gelbildung innerhalb Wörgls zwischen den Milchsorten (GTF, Bio, Heu)	54
Abbildung 46: Aufzeichnung von $\tan \delta$ über die Zeit mit Vergleich zum herrschenden pH-Wert (Messung von 24.4.2018)	56
Abbildung 47: Aufzeichnung von Speichermodule und dynamischer Viskosität (logarithmische Skalierung) über die Zeit mit pH-Vergleich (Messung von 24.4.2018)	57
Abbildung 48: Trockenmasse [%] der Topfenproduktion (Topfen, Molke, Milch)	58
Abbildung 49: Trockenmasse Topfen und Molke - Aschbach	59
Abbildung 50: Trockenmasse Topfen und Molke – Wörgl	60
Abbildung 51: Topfenausbeute bei 19% Trockenmasse	61
Abbildung 52: Vergleich zwischen der Topfen-Trockenmasse und Topfen-Ausbeute (1.Woche)	62
Abbildung 53: Vergleich der Gelbildung der beiden Werke (Aschbach und Wörgl) über die Saison in Versuchswoche 1	64
Abbildung 54: Gelbildung der Region Aschbach, Vergleich der drei Milchsorten (GTF, Bio, Heu)	65
Abbildung 55: Gelbildung der Region Wörgl, Vergleich der drei Milchsorten (GTF, Bio, Heu)	65

Abbildung 56: $\tan \delta$ über die Zeit mit einem Vergleich des herrschenden pH-Werts (Messung von 19.04.2018)	67
Abbildung 57: Vergleich des Speichermoduls und der dynamischen Viskosität über die Zeit, grüne Markierung der Gelbildung ($G' > 1\text{Pa}$) (Messung von 19.04.2019)	68
Abbildung 58: Vergleich des pH-Wert zur Gelbildungszeit, beider Regionen (Aschbach, Wörgl)	69

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Vergleich zwischen zwei Milchproben aus biologischer sowie konventioneller Landwirtschaft. Angaben sind Mittelwerte mit Standardabweichungen (Schröder M, Yousefi F, Vetter W 2011)	6
Tabelle 2: Übersicht über verschiedene Topfensorten mit den jeweiligen Höchstwassergehalt [%] und Mindesttrockenmasse [%] (Lebensmittelversuchsanstalt GmbH 2018)	10
Tabelle 3: Joghurt Rezeptur	21
Tabelle 4: Rezeptur Topfen	32
Tabelle 5: Temperaturprofil des Kühlbrutschranks	32
Tabelle 6: Zeit bis zur Gelbildung - Aschbach	55
Tabelle 7: Zeit bis zur Gelbildung - Wörgl	55
Tabelle 8: Trockenmasse und Ausbeute von konventioneller (gentechnikfreier) Milch – GTF	63
Tabelle 9: Trockenmasse und Ausbeute von Bio-Milch	63
Tabelle 10: Trockenmasse und Ausbeute von Heu-Milch	63
Tabelle 11: Gelbildung Topfen - Aschbach	66
Tabelle 12: Gelbildung Topfen – Wörgl	66
Tabelle 13: Joghurt Messergebnisse Texturanalyse - Aschbach	74
Tabelle 14: Joghurt Messergebnisse Texturanalyse - Wörgl	75
Tabelle 15: Joghurt Messergebnisse Rheometer - Aschbach	76
Tabelle 16: Joghurt Messergebnisse Rheometer - Wörgl	77
Tabelle 17: Topfen Messergebnisse Trockenmasse & Ausbeute - Aschbach	78
Tabelle 18: Topfen Messergebnisse Trockenmasse & Ausbeute - Wörgl	79
Tabelle 19: Topfen Messergebnisse Rheometer - Aschbach	80
Tabelle 20: Topfen Messergebnisse Rheometer - Wörgl	81

1. Einleitung

Die industrielle Produktion von Milchprodukten startete am Ende des 19. Jahrhunderts. Davor wurden Milchprodukte in klein strukturierten Landwirtschaften in handwerklich-traditioneller Weise hergestellt. (Erwin Märtelbauer 2016)

Durch diese Veränderung und die bestehende hohe Nachfrage der Gesellschaft nach standardisierten und qualitativ hochwertigen Milchprodukten, ist die Molkereiwirtschaft interessiert zu verstehen, welche Einflüsse es durch die natürlichen saisonalen Schwankungen innerhalb der Milch, auf die Produktion und die Produktqualität gibt.

Die Topfen- und Joghurtproduktion hat innerhalb der Sommermonate oft ein Problem mit der Konsistenz der Produkte, durch eine zu geringe Menge an Protein werden die Endprodukte flüssiger als der Konsument es sich wünscht.

Zusätzlich gibt es auch noch regionale Einflüsse, welche durch die geografische Lage der Milchbauern und ihre langjährigen Fütterungs- und Haltungsgewohnheiten bestimmt werden, welche zu variierenden Produktqualitäten führen kann.

Dann gibt es noch Unterschiede zwischen den verschiedenen Milcharten, konventionelle (gentechnikfreie) Milch, Biomilch oder Heumilch. Diese unterscheiden sich durch vorgeschriebene Mindestes-Standards in der Haltung und Fütterung, wie zum Beispiel Freigang oder reine Heufütterung ohne Kraftfutterzusätze.

In der Ernährung gelten Topfen und Joghurt als hervorragende Eiweiß-Quellen. Durch die neueren Ernährungstrends in Richtung eiweißreich und fettarm ist Magertopfen eine gute Alternative zu herkömmlichen Brotaufstrichen, wie Butter oder Margarine, aber auch als süße Zwischenmahlzeit mit Fruchtzubereitung ist er geeignet. Genauso wie Joghurt, welches gut als Snack oder Frühstück geeignet ist.

Beide Produkte haben eine hohe biologische Wertigkeit. Als Referenzwert der biologischen Wertigkeit gilt der Wert von Vollei (100) (Matissek R. und Baltes W. 2016). Im Vergleich dazu hat Topfen 81 und Joghurt 83, diese beruhen vor allem an ihren hohen Mengen an Casein und Molkenprotein. Durch die Haltbarmachung mittels Säure- oder Labfällung wird ein Teil der in der Milch (91) vorhandenen Proteine, unwiederbringlich geschädigt und sind so nicht mehr für den Menschen verwertbar.

1.1. Milch

Definition von Milch:

„Milch ist das durchmischte, unveränderte Gesamtgemelk einer oder mehrerer Milchtierarten. Unter Milch ohne Artenbezeichnung wird Kuhmilch verstanden, die Milch anderer Tierarten wird entsprechend der jeweiligen Tierart bezeichnet (z. B. Schafmilch, Ziegenmilch, Büffelmilch).“ (Lebensmittelversuchsanstalt GmbH 2018)

Zusammensetzung und Eigenschaften von Milch:

Milch ist eine weiße, undurchsichtige Flüssigkeit. Im Sommer kann sie eine leicht gelbliche Farbe annehmen. Die Konsistenz ist homogen, ohne Flocken und Klümpchen. Aus technologischer Sicht stellt es ein polydisperses System, mit einer wechselnden Zusammensetzung (Abbildung 1) dar.

Bei der Zusammensetzung der Milch kann es zu beträchtlichen Abweichungen kommen. Dies kommt im Wesentlichen durch Rasse und individuelle Besonderheiten von Kühen, Fütterung, Haltung, Laktationszeit sowie dem Gesundheitszustand und Alter der Tiere zustande. (Edgar Spreer 2018)

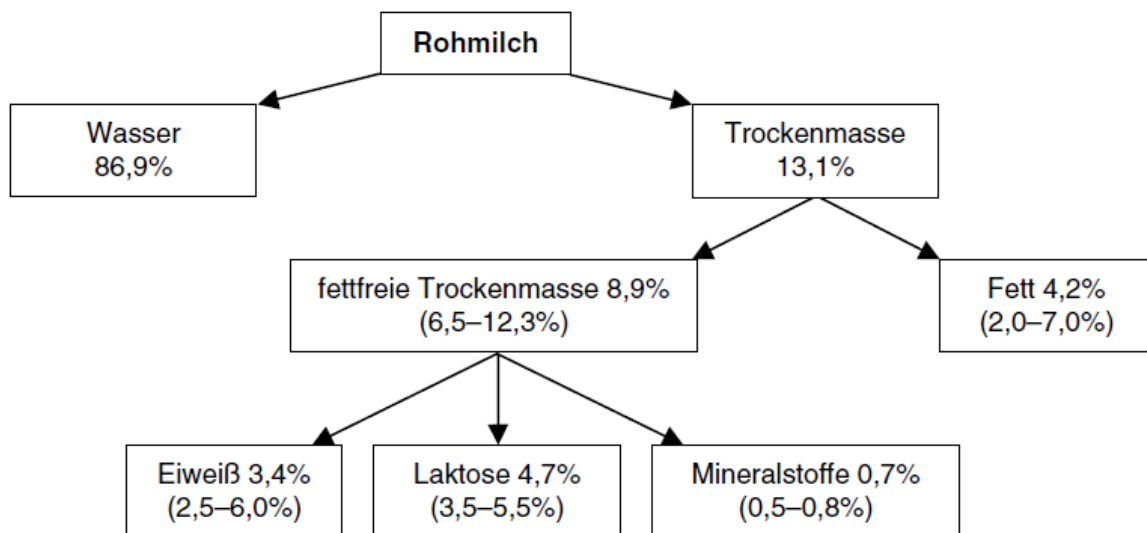


Abbildung 1: Mittlere Zusammensetzung von Kuhmilch (Gewichtsprozent %) (Schlimme und Buchheim 1999)

Im Mittel besteht Milch aus ungefähr 87% Wasser, welches verschiedene Funktionen erfüllt (Lösemittel für Molkenproteine, Laktose, Mineralstoffe und wasserlösliche Vitamine, Dispersionsmittel für Fett und Casein).

Die Proteinfraction besteht aus 20% Molkenproteinen und 80% Caseinen. Die Gruppe der Caseine spaltet man in α_{s1} (38%), α_{s2} (10%), β (36%) und κ (13%). α_s - und β -Caseine sind in Gegenwart von Calciumionen unlöslich, dabei steht das „s“ bei α_s für „calcium sensitive“, diese Eigenschaft ist besonders bei der Käseherstellung von Bedeutung. Molkenproteine bestehen hauptsächlich aus Albuminen und Globulinen. Dabei sind die in der Milchdrüse gebildeten α -Laktalbumine und β -Globuline die Hauptvertreter. Sie sind im Gegensatz zu den Casein-Mizellen, durch Disulfidbrücken kompakter gepackt und werden durch Hitzebehandlung teilweise oder vollständig zerstört. (Rimbach, Möhring, Ebersdobler 2010)

Herstellung von Konsummilch:

Unter Konsummilch oder auch Trinkmilch versteht man jene gereinigte Milch, welche dazu bestimmt ist, an Verbraucher abgegeben zu werden.

Sie wird aus der angelieferten Rohmilch durch verschiedene Verfahrensschritte hergestellt (Abbildung 2).

Man unterscheidet Konsummilch mittels:

- Fettgehalt:
 - Vollmilch min. 3,5% Fett
 - Fettarme Milch 1,5-1,8% Fett
 - Magermilch
- Wärmebehandlung
 - Sterilisierte Milch ($\geq 121^\circ\text{C}$ für min. 3 Minuten)
 - Ultrahocherhitzt Milch ($> 150^\circ\text{C}$ für 0,2 Sekunden)
 - Hoherhitzt Milch oder ESL-Milch ($< 127^\circ\text{C}$ für 3 Sekunden)
 - Pasteurisiert Milch ($< 100^\circ\text{C}$)

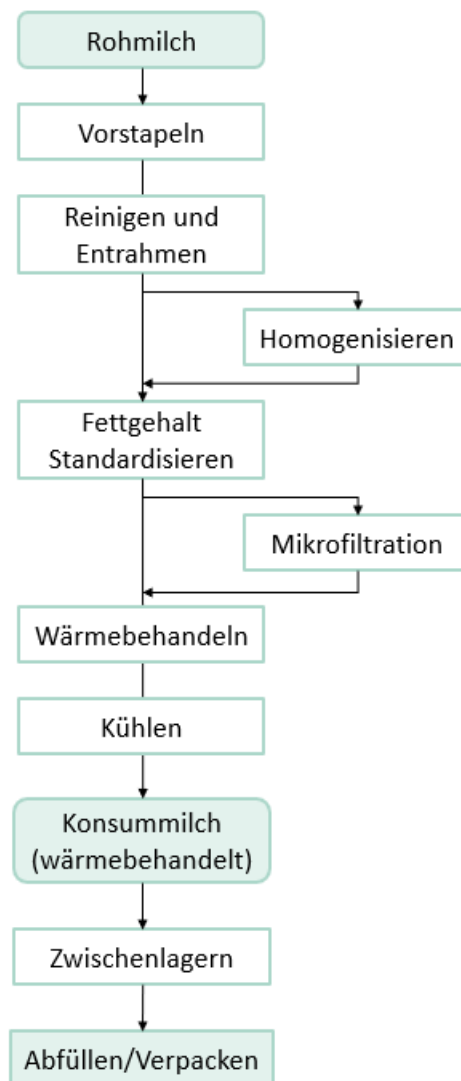


Abbildung 2: Fließbild der Konsummilchmilchherstellung (Edgar Spreer 2018)

Für die Joghurt- und Topfen-Produktion im Pilotmaßstab wird pasteurisierte Milch mit einem eingestellten Fettgehalt von 0,5% benötigt.

Handelsübliche Milchsorten:

Es werden verschiedene Sorten Milch in Österreich produziert (Abbildung 3), man kann zwischen unterscheiden:

- Konventioneller Milch
- Biomilch
- Heumilch
- Bioheumilch

Bundesland	Dez.17	Jän.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Jun.18	Jul.18	Aug.18	Sep.18	Okt.18	Nov.18	Dez.18
Burgenland	2.240	2.319	2.130	2.346	2.286	2.328	2.171	2.211	2.083	2.008	2.053	1.995	2.094
Niederösterreich	56.178	58.867	53.511	59.208	58.775	60.890	56.660	57.794	55.271	52.596	53.324	50.697	53.907
Oberösterreich	90.569	94.228	86.136	95.823	95.287	99.117	92.496	94.309	90.528	86.225	88.023	83.777	88.066
Salzburg	29.836	31.870	29.545	33.080	32.813	33.657	28.755	27.720	26.123	25.948	28.568	27.839	29.252
Steiermark	44.222	46.410	42.643	47.775	47.704	49.423	44.650	44.851	43.191	41.323	41.979	39.166	41.368
Kärnten	17.483	18.608	17.276	19.499	19.343	19.486	16.975	16.707	15.845	15.484	16.147	15.252	16.462
Tirol	29.980	32.542	30.480	34.566	34.174	34.533	28.546	25.514	22.350	21.074	24.878	25.995	29.458
Vorarlberg	14.208	15.330	14.380	16.248	16.187	15.705	11.866	11.180	10.629	11.401	12.874	12.644	13.926
Milchanlieferung österreichischer Landwirte	284.716	300.174	276.101	308.545	306.568	315.139	282.119	280.285	266.019	256.060	267.847	257.365	274.533
-davon an Molkereien in anderen MS	9.590	10.424	9.561	10.638	20.473	21.329	20.069	20.524	19.665	18.736	19.066	18.275	19.111
-davon an österreichische Erstkäufer	275.126	289.750	266.540	297.907	286.095	293.810	262.050	259.761	246.355	237.324	248.781	239.090	255.422
-davon Biomilch	47.187	35.533	33.286	37.035	36.675	38.009	32.028	31.385	28.755	28.281	30.375	28.752	31.679
-davon Heumilch	40.644	29.517	27.481	31.372	30.765	32.281	30.559	29.850	24.995	22.925	24.251	24.085	24.820
-davon Bioheumilch		16.419	14.721	16.397	16.398	17.333	14.927	14.496	13.878	13.521	15.071	14.508	15.224
-davon konventionell		208.281	191.052	213.103	202.257	206.187	184.536	184.030	178.727	172.597	179.084	171.745	183.699

Abbildung 3: Statistik der Milchanlieferung 2018 (Agrarmarkt Austria 2019)

In Österreich wird noch immer vor allem konventionelle Milchwirtschaft betrieben (rund 70% der gesamten Milchproduktion). Die anderen 30% werden in 13% Biomilch, 10% Heumilch und 7% Bioheumilch aufgeteilt.

Durch die verschiedenen Haltungs- und Fütterungsarten haben die verschiedenen Sorten Milch auch eine unterschiedliche Zusammensetzung, welche bei der Topfen- und Joghurtproduktion eine große Rolle spielt.

1.1.1. Konventionelle Milch

Konventionelle Landwirtschaft oder auch traditionelle Landwirtschaft ist geprägt durch Monokulturen, vereinfachte Fruchtfolgen und dem Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln.

In der konventionellen Tierhaltung ist es erlaubt Massentierhaltung zu betreiben. Dabei ist kein Auslauf vorgesehen, sprich reine Stallhaltung ist erlaubt. Die Fütterung erfolgt durch konventionell gewonnenes Spezialfutter (Sojaschrott, Getreide, ...), welches zu einem schnellen Wachstum und einer erhöhten Milchleistung führt. Es dürfen vorbeugend Medikamente (Antibiotika) gegeben werden. (Gollner G. 2015)

Die durchschnittliche Zusammensetzung von konventioneller Milch ist in Tabelle 1 zu sehen.

1.1.2. Biomilch

Biomilch wird in Österreich durch verschiedene Bio-Siegel als solche kenntlichgemacht. Sie entstammt keiner konventionellen Landwirtschaft, sondern aus einer sogenannten ökologischen Landwirtschaft.

Das Leitbild von biologischen Lebensmitteln ist gesetzlich in der EU Bio Verordnung 834/2007 definiert. Dabei geht es um ein möglichst ganzheitliches Denken, geschlossene Betriebskreisläufe und Schonung von Ressourcen.



Abbildung 4: EU-Logo für biologische Produktion

In der Milchwirtschaft bedeutet dies, dass die Tiere mit Futter aus biologischer Landwirtschaft gefüttert werden, welches nicht gentechnisch verändert wurde. Die Tiere müssen artgerecht gehalten werden (mit Auslauf oder Weidemöglichkeit, nicht in ständiger anbinde Haltung). (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2019)

Biologische Milch unterscheidet sich vor allem aufgrund des unterschiedlichen Futters von konventioneller Milch. Bei der biologischen Aufzucht wird vermehrt Grünfutter (86% Silage (Heu, Gras, Klee) und 14% Trockenfutter (Hafer, Erbsen, Klee); ohne Fischmehl) eingesetzt. Relevante Marker für eine biologische Aufzucht sind im Fettsäureprofil zu erkennen. Dabei spielen besonders Phytansäure, α -Linolensäure und Eicosapentaensäure eine wesentliche Rolle siehe Tabelle 1. (Matissek R. und Baltes W. 2016)

Tabelle 1: Vergleich zwischen zwei Milchproben aus biologischer sowie konventioneller Landwirtschaft. Angaben sind Mittelwerte mit Standardabweichungen (Schröder M, Yousefi F, Vetter W 2011)

Parameter	Biologische Landwirtschaft	Konventionelle Landwirtschaft
Trockenmasse [%]	12,5 $\pm$ 1,0	13,6 $\pm$ 0,4
Fettgehalt [%]	3,4 $\pm$ 1,0	4,1 $\pm$ 0,3
Fettgehalt i. T. [%]	29,9 $\pm$ 6,6	30,0 $\pm$ 2,1
Linolensäure (mg/100 g Fett)	906 $\pm$ 86	406 $\pm$ 31
Phytansäure (mg/100 g Fett)	314 $\pm$ 36	148 $\pm$ 13
Eicosapentaensäure (mg/100 g Fett)	109 $\pm$ 9	44,5 $\pm$ 3,9
Pristansäure (mg/100 g Fett)	36,3 $\pm$ 4,1	26,5 $\pm$ 2,7

1.1.3. Heumilch

Heumilch ist rechtlich nicht vollständig definiert, die Bezeichnung „Heumilch“ ist jedoch seit 2016 geregelt. Seit diesem Jahr gilt Heumilch als „garantiert traditionelle Spezialität“ mit dem EU-Gütesiegel g.t.S., dabei steht Heumilch für einen besonderen Schutz, hohe Qualität und Unverfälschtheit. Das Siegel wird in der Verordnung (EU) Nummer 1151/2012 geregelt.

Dabei gilt, dass das Produkt entweder

- aus traditionellen Rohstoffen hergestellt worden sein muss oder
- eine traditionelle Zusammensetzung hat oder
- ein traditionelles Herstellungsverfahren aufweist.

(ARGE Heumilch; Europäische Union 11/2012)

Was die Verordnung (EU) Nr. 1151/2012 nicht definiert, ist wie viele Tage eine Heumilchkuh auf der Weide verbringen muss oder welche Futtermittelzusätze gefüttert werden dürfen.

Ein bekanntes Unternehmen definiert seine Heumilch – Zurück zum Ursprung folgend: Die Besonderheit von Heumilch ist die spezielle Fütterung, bei der kein Silage Futter zum Einsatz kommt, sondern nur getrocknetes Heu. Dabei genießen die Kühe im Sommer vor allem viel frische Luft, Gräser und Kräuter auf der Weide. Mindestens 120 Tage verbringen Heumilchkühe im Freien, diese besondere Fütterungsart soll sich positiv auf das Aroma und die Qualität der Heumilch auswirken. Die Bauern bei „Zurück zum Ursprung“ halten sich an besondere Fütterungs- und Haltungsbedingungen. (Hofer KG)

Durch die reine Fütterung mit Heu (ohne Silage) wird eine besonders hochwertige Milch gewonnen. Ihr Gehalt an gesunden Omega-3 Fettsäuren ist erhöht.

Omega-3 Fettsäuren sollen vor Herz-Kreislaufkrankungen schützen (in der Milch kommt vor allem die α -Linolensäure vor). Im Vergleich zu konventioneller Milch verdoppelt sich die Anzahl der α -Linolensäure in Heumilch. Heumilch hat dadurch einen höheren ernährungsphysiologischen Wert als konventionelle Milch. (Geisler A 2010)

1.2. Joghurt

*„Joghurt wird aus Milch mit einem Fettgehalt von weniger als 10 % (Referenzfettgehalt 3,5 %) unter Verwendung von Joghurtkultur, einer Mischkultur aus *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus* hergestellt. Stichfeste Produkte weisen eine ebene, porzellanartig glänzende, glatte Oberfläche auf und setzen keine oder nur ganz leicht Molke ab. Gerührte Produkte sind sämig und glatt. Die gerührten Produkte können auch homogenisiert oder durch andere physikalische Verfahren in der Viskosität abgesenkt und in trinkfähiger Konsistenz abgefüllt werden. Geruch und Geschmack dieser Produkte sind säuerlich und ganz leicht herb mit jogurtypischem Aroma.“* (Lebensmittelversuchsanstalt GmbH 2018)

Frische Milchprodukte haben nur eine begrenzte Haltbarkeit, dagegen sind Joghurtherzeugnisse wesentlich länger haltbar. Durch die Zubereitung aus wärmebehandelter Milch und die Säuerung durch spezielle Milchsäurebakterien wird das Keimwachstum weitestgehend verhindert. Die Zugabe von thermophilen Milchsäurebakterien (38-42°C) zur vorbehandelten Milch bewirkt, dass ein Teil der Laktose zu Laktat abgebaut wird. Dadurch kommt es zu einem säurebedingten pH-Abfall auf einen pH-Wert von 4-5, wodurch das Eiweiß der Milch feinflockig gerinnt und die Milch dick wird. Die Bildung der Milchsäure erfolgt entweder homo- oder heterofermentativ. Die homofermentative Milchsäuregärung erfolgt über den Glykolyseweg, wobei ausschließlich Milchsäure gebildet wird. Beim heterofermentativen Pentosephosphatweg wird neben Milchsäure auch Ethanol und CO₂ gebildet.

Joghurtprodukte haben eine stichfeste, sämige oder trinkbare Konsistenz. Stichfester Joghurt reift direkt im Becher, während gerührter Joghurt und Trinkjoghurt nach der Reifung nochmal gerührt werden und anschließend gekühlt und abgefüllt werden. (Abbildung 5)

Die Standardsorten von Joghurt sind Joghurt (mind. 3,5% Fett), fettarmer Joghurt (1,5-1,8% Fett), Joghurt aus entrahmter Milch (max. 0,3% Fett) und Sahnejoghurt (mind. 10% Fett) jeweils in normaler und milder Form. (Rimbach, Möhring, Ebersdobler 2010)

Die normalerweise zur Joghurtherstellung verwendeten Bakterien sind *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* und *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, bei der milden Joghurtform wird *Lactobacillus bulgaricus* durch andere Laktobazillen (z.B. *Lactobacillus acidophilus*) ersetzt, dadurch kommt es zu weniger Säure und weniger Acetaldehydaroma, welches die heutigen Verbraucher lieber mögen.

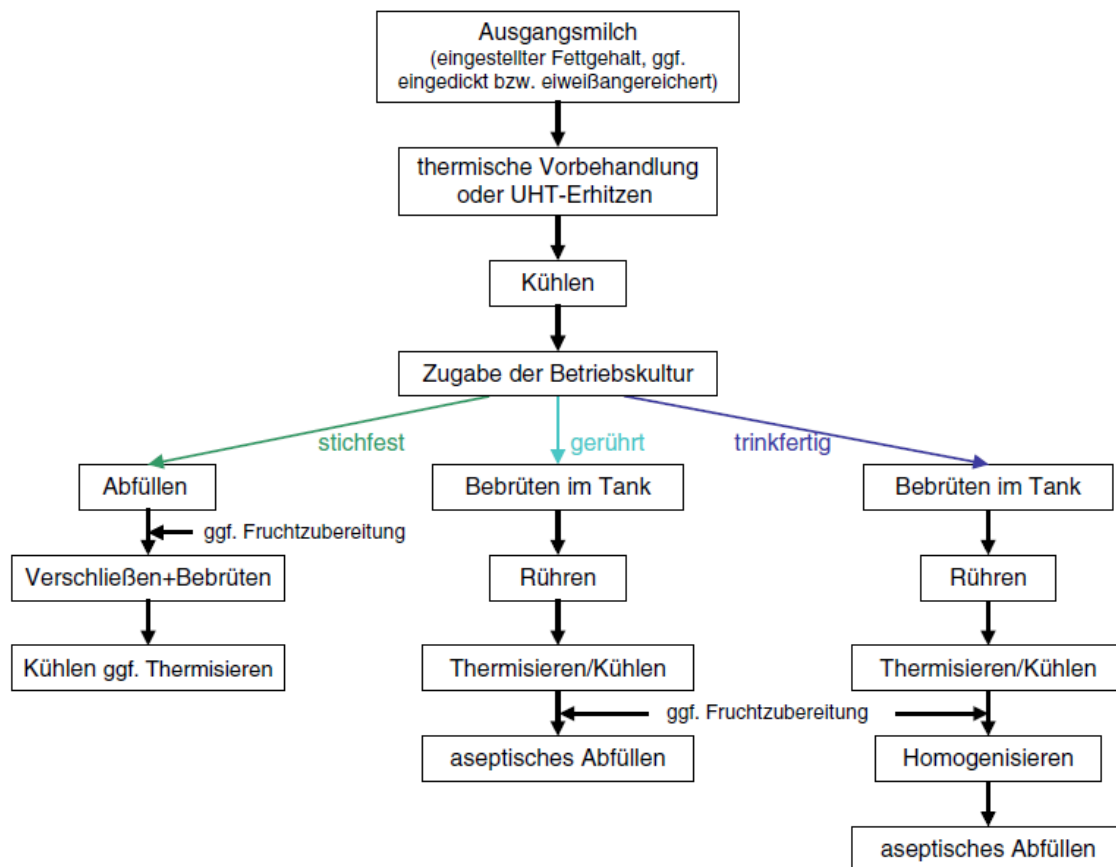


Abbildung 5: Industrielle Herstellung der drei Joghurtarten (stichfest, gerührt, trinkfertig) (Rimbach, Möhring, Ebersdobler 2010)

1.3. Topfen

Topfen gehört innerhalb der Milchprodukte zu den Käsen, genauer zu Frischkäse. Dieser wird aus pasteurisierter Milch mit verschiedenen Fettstufen durch Säuerung und/oder Labwirkung hergestellt. Das Produkt ist unmittelbar nach der Herstellung zum Verzehr geeignet und benötigt keine Reifezeit. Die Säuerung des Käses geschieht durch eine Mischung aus Milchsäurebakterien.

Nach dem Aussehen und der Konsistenz kann zwischen pastenartig, körnig (bröslig) und schnittfest (gepresst) unterschieden werden. Die handelsüblichen F.i.T.-Stufen (Fettgehalt in der Trockenmasse) entsprechen bei Frischkäse einem bestimmten Höchstwassergehalt bzw. Mindesttrockenmasse (Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht über verschiedene Topfensorten mit den jeweiligen Höchstwassergehalt [%] und Mindesttrockenmasse [%] (Lebensmittelversuchsanstalt GmbH 2018)

Bezeichnung	F.i.T. in %	Höchst- wasser- gehalt in %	Mindest- trocken- masse in %	Wff- höchstens in %
Speisetopfen mager streichbar (streichfähig)	bis 5	81	19	81
Speisetopfen streichbar (streichfähig)	10	80	20	81,60
Speisetopfen mager	bis 5	78	22	78
Speisetopfen	10	78	22	79,80
Speisetopfen(Referenzfettgehalt)	20	78	22	81,60
Speisetopfen	30	75	25	81,10
Speisetopfen	40	75	25	83,30
Speisetopfen	50	72	28	83,70
Speisetopfen gepresst mager	bis 5	74	26	74
Speisetopfen gepresst	10	74	26	76
Speisetopfen gepresst	20	74	26	78,10

Industrielle Herstellung:

Die industrielle Herstellung von Topfen fängt mit dem Erhitzen der im Fettgehalt eingestellten Milch an. Nach einer raschen Homogenisierung wird die Milch pasteurisiert und auf 20-27°C oder 38-42°C gekühlt oder erhitzt (je nach dem welches Säuerungsverfahren verwendet wird). Die Milch wird danach mit 0,5-2% beim Niedertemperaturverfahren und bei 3-4% Kultur beim Wärmesäuerungsverfahren versetzt. Gegebenen Falls wird Lab zugesetzt und 2 Minuten lang gründlich vermischt. Dann bleibt die Milch bis zur Dicklegung unbewegt. Nach 8-12 (20-27°C) oder 2-3 (38-42°C) Stunden wird beim Erreichen eines pH-Werts von 4,8 die dick gelegte Milch mittels integriertem Schneide- und Rührwerkzeug langsam gerührt um die Molke vom Koagulum zu trennen. Sobald der pH-Wert auf 4,6 gesunken ist wird die entstandene Molke abgelassen. Der so entstandene Bruch wird nochmals auf 60°C aufgeheizt um die Milchsäurebakterien und das Lab zu inaktivieren und die Haltbarkeit zu erhöhen. Nach dem Erhitzen wird die Masse in den Separator

übergeführt, in welchem die Restmolke abgetrennt und die Trockenmasse des Topfens eingestellt wird. Danach kann der Topfen gekühlt, gerührt und abgefüllt werden. Falls gewünscht können auch Gewürze oder Fruchtzubereitungen zugegeben werden.

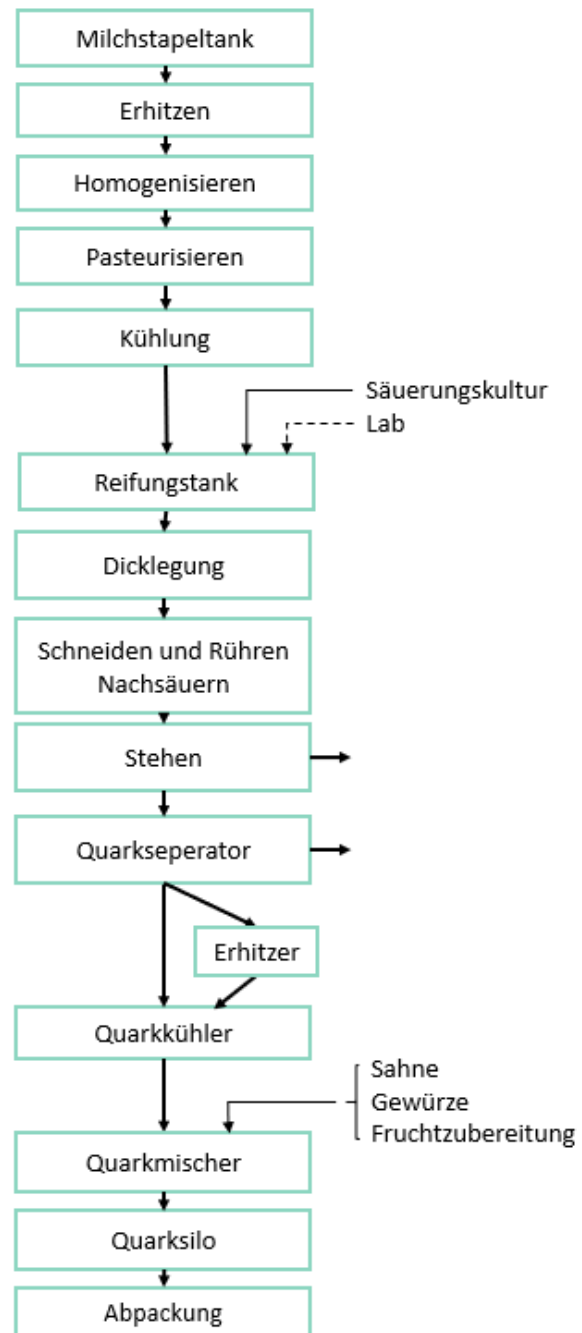


Abbildung 6: Fließschema der industriellen Topfenproduktion (P. Präve, U. Faust, W. Sittig, D.A. Sukatsch 1994)

Funktion von Lab:

Die Behandlung von Milch für Käse geschieht klassisch mittels Labs, welches aus säugenden Kälbermägen extrahiert wird. Es besteht aus den Enzymen Chymosin (Rennin) und Pepsin, welche zu der Enzymklasse der Peptidasen zählt. Chymosin spalten κ -Casein spezifisch die Peptidbindung zwischen den Aminosäuren Phe 105 und Met 106. Das Resultat sind 2 kürzere Peptidketten, genannt para- κ -Casein, dadurch wird der große Casein-Komplex zerstört. Die in der Milch enthaltenen Ca^{+} -Ionen verbinden sich mit dem Kalzium empfindlichen Para- κ -Casein und koagulieren. Für eine schnellere Koagulation können Kalziumsalze, wie zum Beispiel Kalziumchlorid (CaCl_2) zugegeben werden.

Da die Menge an natürlich gewonnem Lab begrenzt ist wird Lab auch zunehmend pflanzlich, mikrobiell oder gentechnisch erzeugt. Chemisch ident zu Kälberlab ist, das durch *Escherichia coli* erzeugte bakterielle Labenzym (dazu wurde das entsprechende Gen des Kalbes in *E. coli* übertragen) (GVO). (Matissek R. und Baltes W. 2016)

Die Zugabe von kleinen Mengen Lab soll durch eine geringe Proteolyse die Koagulation beschleunigen. Dabei wird auch die Stabilität der Konsistenz des Caseingels positiv beeinflusst. (P. Präve, U. Faust, W. Sittig, D.A. Sukatsch 1994)

Säurefällung:

Nach 30-60 Minuten ist die Caseinfällung durch Lab abgeschlossen. Eine reine Säurefällung würde wesentlich länger dauern (ungefähr einen Tag). Bei einer kombinierten Lab- Säurefällung wird durch eine zusätzliche Zugabe von milchsäurebildenden Bakterienkulturen (*Lactobacillus lactis*, *L. casei*, *L. helveticus*, *Streptococcus lactis*, *S. thermophilus*) die in der Milch enthaltene Lactose zu Milchsäure umgewandelt. Die Säuerung wirkt einer raschen Fäulnis entgegen und ist damit ein wesentliches Element der Produktsicherheit.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Milchproduktion hat in Österreich einen hohen Stellenwert (rund 3,5 Mio. Tonnen Kuhmilch werden pro Jahr erzeugt). Ungefähr 200.000 Tonnen werden für die Käseproduktion verwendet. In Abbildung 7 sieht man, dass die Herstellung von Topfenprodukten in den letzten 50 Jahren kontinuierlich zugenommen hat. Im Jahr 2017 waren Topfenprodukte rund ein Viertel aller Käseprodukte. Insgesamt ist ein deutlicher Trend zu einer höheren Käseproduktion sehen.

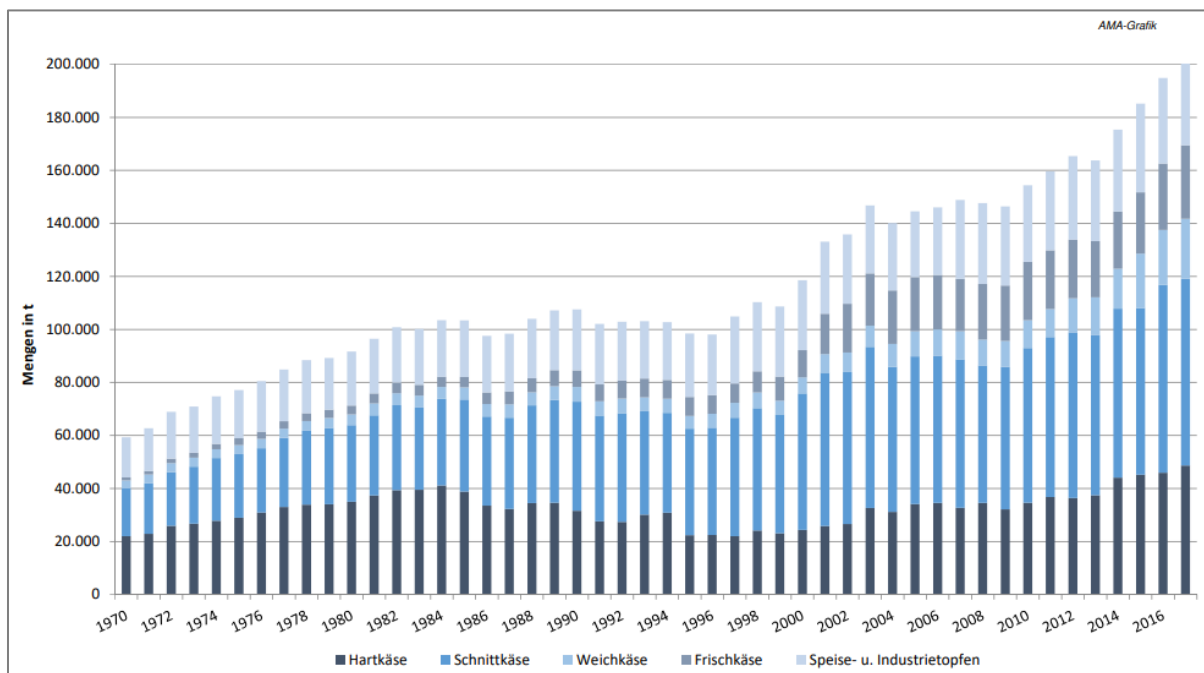


Abbildung 7: Statistik der Herstellung von Käseprodukten in Österreich 1970-2017 (Agrarmarkt Austria 2018)

2. Problemstellung

Im Zuge des Projekts gilt es folgende Fragestellungen zu untersuchen:

- Wie wirken sich saisonale Bedingungen auf die Produktqualität aus?
- Haben unterschiedliche Herkunftsorte der Milch Einfluss auf die Produkteigenschaften?
- Hat die Art der Haltung/Fütterung messbaren Einfluss auf die Eigenschaften des aus der jeweiligen Milch hergestellten Produkts?
- Wie groß ist der Einfluss der Lagerdauer vor der Weiterverarbeitung? (Alterungseffekte)

Joghurt und Topfen wurden über 6 Sommermonate (April – September 2018) im Labormaßstab (Pilot-Scale) hergestellt. Die Milchproben kamen dabei aus zwei österreichischen Regionen, Niederösterreich (Aschbach) und Tirol (Wörgl). Drei Sorten Milch (Konventionell, Bio und Heu) wurden frisch (1 Woche) und gealtert (2 Woche) getestet.

Die Produktqualität von Joghurt wurde mittels Texturanalyse (Hardness, Cohesiveness, Adhesiveness, Gumminess), Molkenaustritt (Synärese) und Messung der Gelbildung (Rheometer) beurteilt.

Die Qualität des Topfens wurde mittels Trockenmassemessung (Infrarottrocknung), Ausbeute und Gelbildung (Rheometer) bewertet.

3. Material

3.1. Milch

- Milfina NewLifestyle, 0,5% Fett, Leichte Haltbarmilch, ultrahocherhitzt
- Konventionelle Gentechnik freie Milch, 0,5% Fett, pasteurisiert (GTF)
Aschbach: 13.04.18, 11.05.18, 15.06.18, 13.07.18, 09.08.18, 19.09.18
Wörgl: 30.03.18, 27.04.18, 24.05.18, 26.06.18, 26.07.18, 30.08.18
- Bio-Milch, 0,5% Fett, pasteurisiert (Bio)
Aschbach: 13.04.18, 11.05.18, 28.06.18, 13.07.18, 09.08.18, 18.09.18
Wörgl: 27.04.18, 01.06.18, 26.06.18, 26.07.18, 30.08.18
- Bio-Milch, 2,2% Fett, pasteurisiert (Bio 2,2%)
Aschbach: 15.06.18
- Heu-Milch, 0,5% Fett, pasteurisiert (Heu)
Aschbach: 11.05.18, 19.06.18, 17.07.18, 18.09.18
Wörgl: 27.04.18, 24.05.18, 26.06.18, 26.07.18, 30.08.18
- Heu-Milch, 1,1% Fett, pasteurisiert (Heu 1,1%)
Aschbach: 13.04.18



Abbildung 8: Landkarte Österreich (Google Maps)

3.2. Betriebskultur

Joghurt:

thermophile Kultur: YO-MIX 511 LYO 300 DCU (Danisco)

LOT 4473 193 292

Topfen:

mesophile Kultur: FLORA DANCIA (Chr Hansen)

Batch: 3343061

3.3. Zusatzstoffe

Kalziumchlorid 34% (CaCl₂), Merck

3.4. Enzym

HANNILASE, mikrobielles Lab (Chr Hansen)

3.5. Geräte

Rheometer, Malvern, Kinexus Pro

Messgeometrie: PC 25 C001 SS

4V14 SC009 SS

Textureanalyser, TA.XT.plus

Messgeometrie: Extrusion Ø=45mm, h=5mm

Messzelle: 5kg

pH-Meter, SI-Analytics Lab 845

Thermofühler mit Speichereinheit, Ebro EBI 310

Thermofühler, Testo t110

Tauchsieder, Rommelsbacher Sicherheits Tauchsieder

Erhitzungseinheit: Julabo LC4 230V/50-60Hz

Julabo MVS

Temperaturfühler, Pt100 I/3 B|2 (-100°C bis +400°C)

Magetrührplatte, IKA RCT basic

Waage, Sartorius BP 3100 S (e=0,1g, d=0,01g)

Kühlbutschrank (42°C/ 28°C), Binder

Brutschrank (30°C), Binder

Kühlschrank (10°C)

Kühlraum (4°C)

Eppendorf Centrifuge 5810

Infrarottrockenmassemessgerät, Sartorius MA 35

Lamina, Jouan MSC 12

Pipettierhilfe, BRAND macro

Pipette, Eppendorf Research 2 – 20 µL

Pipette, Eppendorf Research 1 – 4 µL

Becherglas (600mL, 150mL, 70mL)

Doppelmantel-Glasflasche, Schott 500mL

Schraubbecher (Kunststoff) 50mL

4. Methoden

Die Milchproben werden von April bis September jeweils alle zwei Wochen geliefert, dabei wechseln sich die verschiedenen Werke ab, sodass jedes Monat Proben aus beiden Werken getestet werden können.

Die Analyse der Proben erfolgt in möglichst regelmäßigen Abständen (1 Woche). Dabei wird in folgender Reihenfolge (GTF, Bio, Heu) vorgegangen. Um mögliche Alterungseffekt zu bewerten werden sämtliche Proben nach 1 Woche nochmals gemessen.

4.1. Joghurt

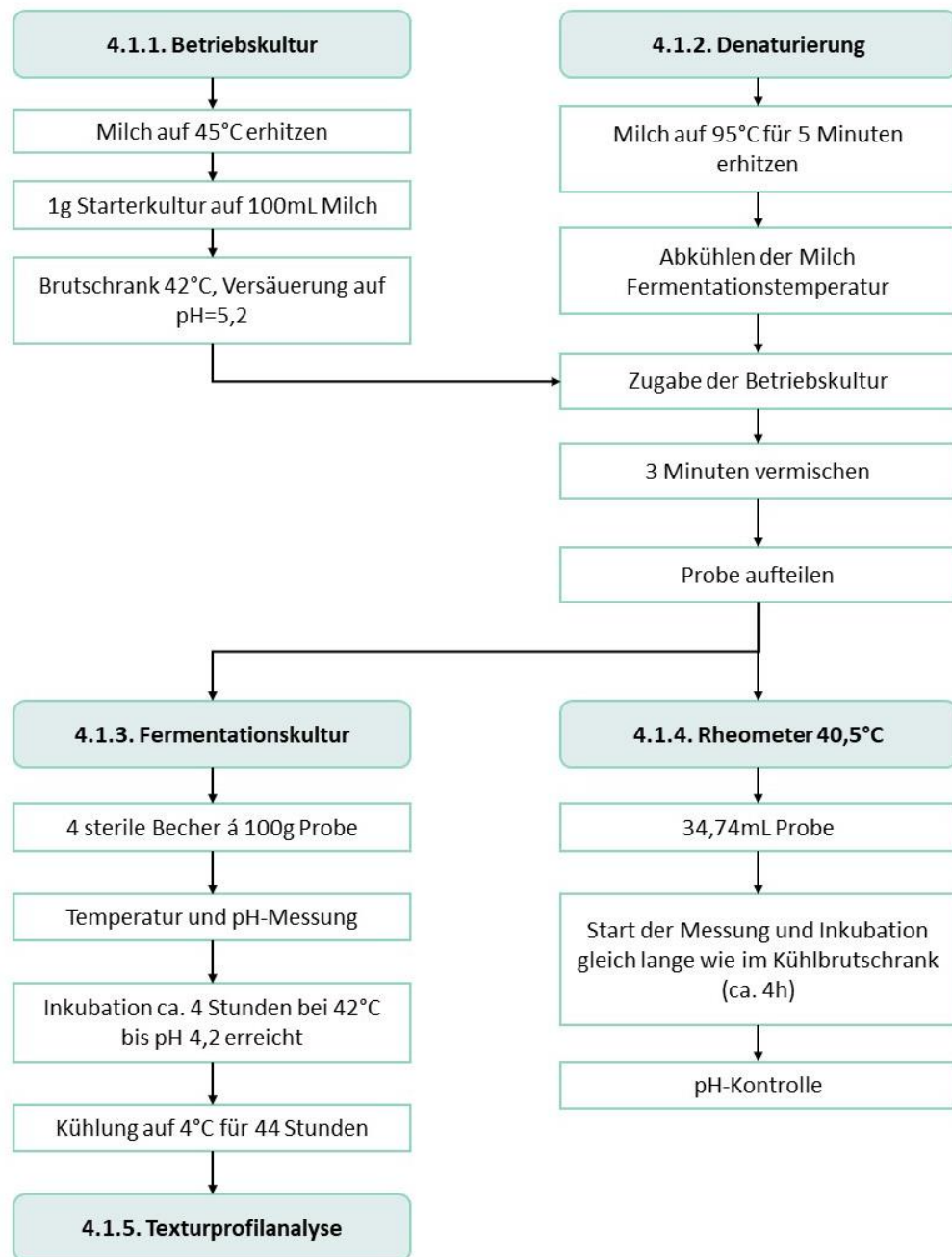


Abbildung 9: Übersicht über die Herstellung von Joghurt im Labormaßstab

4.1.1. Betriebskultur

Für die Betriebskultur werden 100mL H-Milch in einem sterilen Kunststoffbecher mittels Mikrowellenstrahlung auf $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ gebracht, es ist wichtig die Milch auf die richtige Temperatur zu erhitzen da die Starterkultur sehr empfindlich gegen zu niedrige oder zu hohe Temperaturen ist. Die Voreingewogene Menge von 1g Kultur wird zugegeben und der Becher für eine bessere Verteilung der Kultur in der Milch kurz geschwenkt, daraufhin wird ein Alufoliendeckel angebracht. Die pH-Elektrode und der Temperaturfühler werden durch den Deckel geschoben. Anschließend kommt alles in den auf 42°C temperierten Kühlbrutschrank für die Vorsäuerung. Die Säuerung ist abgeschlossen, wenn der pH-Wert von ungefähr 6,3 auf 5,2 gefallen ist. Dieser Vorgang dauert durchschnittlich zwischen 60 und 90 Minuten.

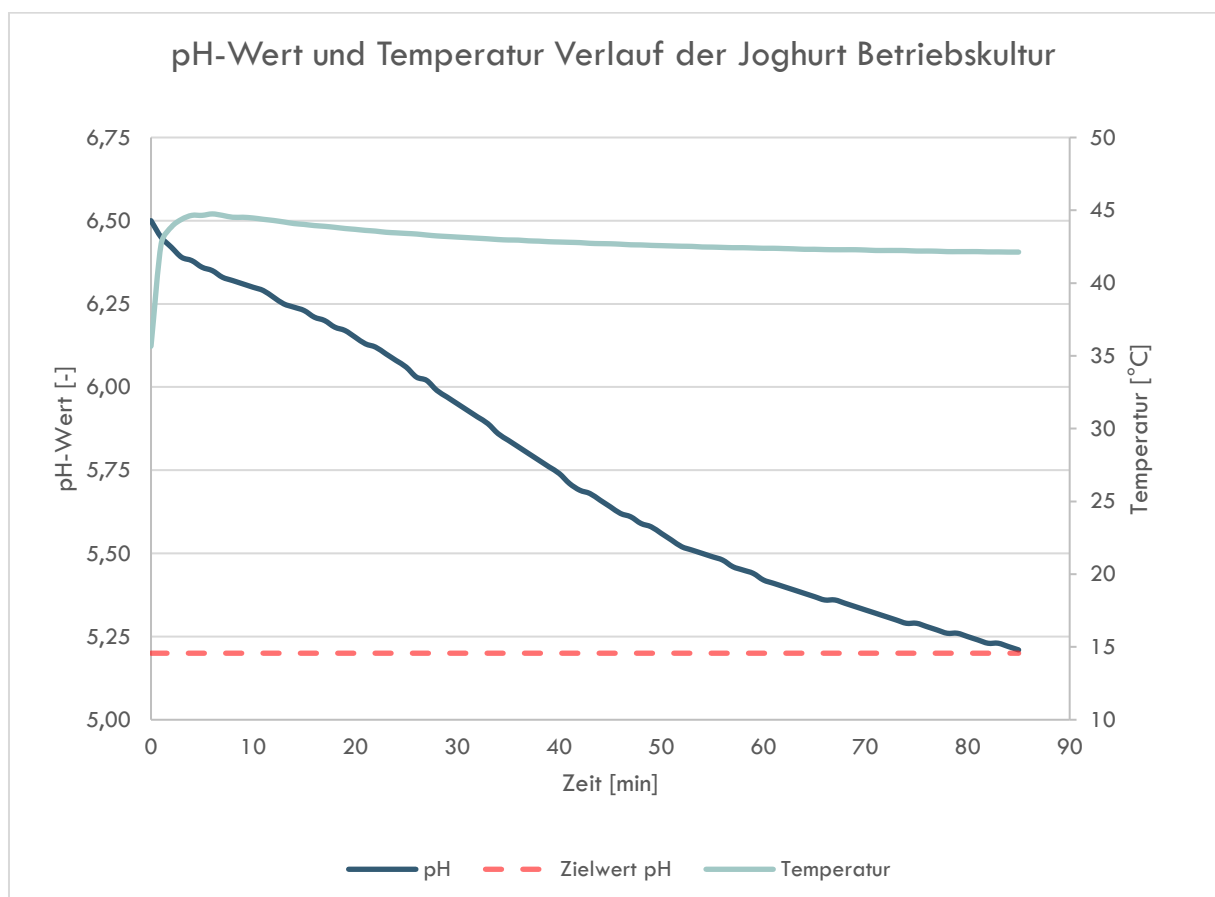


Abbildung 10: Verlauf des pH-Werts und der Temperatur der Joghurt Betriebskultur während der Vorsäuerung (Daten der Messung von 03.07.2018)

4.1.2. Denaturierung

Für die Denaturierung werden 500mL der zu untersuchenden Milchsorte (GTF, Bio, Heu) in das Doppelmantel-Glasgefäß gefüllt. Um die Durchmischung der Milch zu garantieren wird ein Magnetrührstäbchen hinzugegeben. Tauchsieder und Temperaturmessfühler werden so in die Milch gegeben, dass sie die Zirkulation der Milch nicht behindern. Eine Alufolienkappe als Deckel verhindert einen zu hohen Flüssigkeitsverlust bei der Erhitzung. Aufbau siehe Abbildung 11.

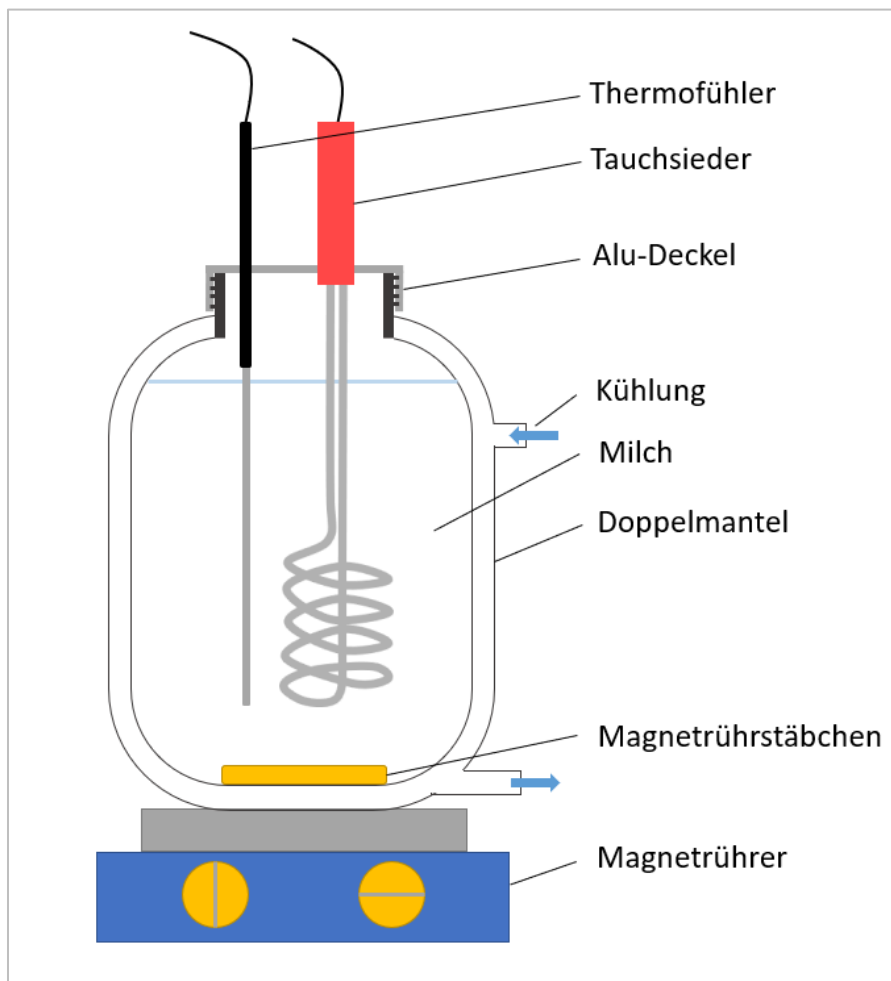


Abbildung 11: Aufbau des Tauchsieder Systems zur Protein Denaturierung

Für die Erwärmung wird ein programmiertes Temperaturprofil (Abbildung 12) verwendet. Die kalte Milch aus dem Kühlschrank ($\sim 4^{\circ}\text{C}$) wird über 4 Minuten langsam auf 15°C erwärmt, um eventuelle Temperaturschwankungen des Kühlschranks zu eliminieren und eine gleichmäßige Starttemperatur für die Erhitzung zu erhalten. Diese Erhitzung von 15°C auf 95°C dauert 8 Minuten. Die Haltephase für die Denaturierung

der Molkenproteine findet bei 95,5°C für 5 Minuten statt. Danach wird die Milch langsam innerhalb von 8 Minuten auf 48°C abgekühlt und gehalten, da dies die Temperatur ist, bei welcher die Startkultur beigegeben werden kann.

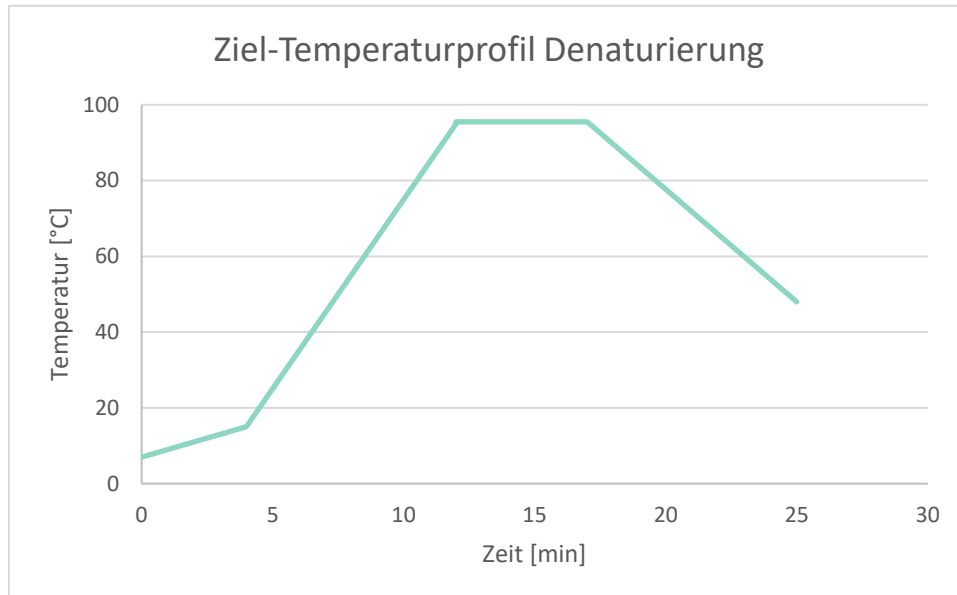


Abbildung 12: Zieltemperaturprofil der Milchdenaturierung zur Joghurtherstellung

4.1.3. Fermentationskultur

Wenn der pH-Wert der Betriebskultur kurz vor seinem Soll-Wert von 5,2 ist wird das Tauchsieder- System, welches die Milch auf Temperatur hält abgebaut. 475,20g der Milch werden genau in ein frisches, sauberes Becherglas (500mL) eingewogen, in welchem ein neues Magnetührstäbchen liegt. Das befüllte Becherglas wird auf einer Magnetührplatte positioniert und der Inhalt gerührt. Wenn die Betriebskultur bereit ist werden mittels einer sterilen Einwegpipette 4,80mL in den Ansatz überführt und 3 Minuten lang gerührt, damit sich die Kultur homogen in der Milch verteilt.

Tabelle 3: Joghurt Rezeptur

Ansatzmenge	480 g
Milch	475,20 g
Kultur	4,80 mL

In vier zuvor hergerichtete sterile Kunststoffbecher á 100mL werden jeweils 100mL des Joghurtansatzes gefüllt. Drei der vier Stück werden mittels Deckel geschlossen, der vierte Becher bekommt einen Alufoliendeckel, durch welchen die pH-Elektrode und der Temperaturfühler gesteckt werden. Zusammen kommt alles bei 42°C in den Kühlbrutschrank.

Das restliche Volumen des Joghurtansatzes wird durch ein Wasserbad warmgehalten und so rasch als möglich zum Rheometer gebracht. (siehe Seite 33)

Die Fermentation ist abgeschlossen, wenn der pH-Wert einen Wert von 4,6 hat. Dann wird der Kühlbrutschrank ausgeräumt und alles in den Kühlraum gebracht, die Temperatur und pH Aufzeichnung wird fortgesetzt. Das stichfeste Joghurt bleibt über zwei Nächte im Kühlschrank stehen, bevor die Molke und die Textur gemessen werden. (siehe Texturprofilanalyse)

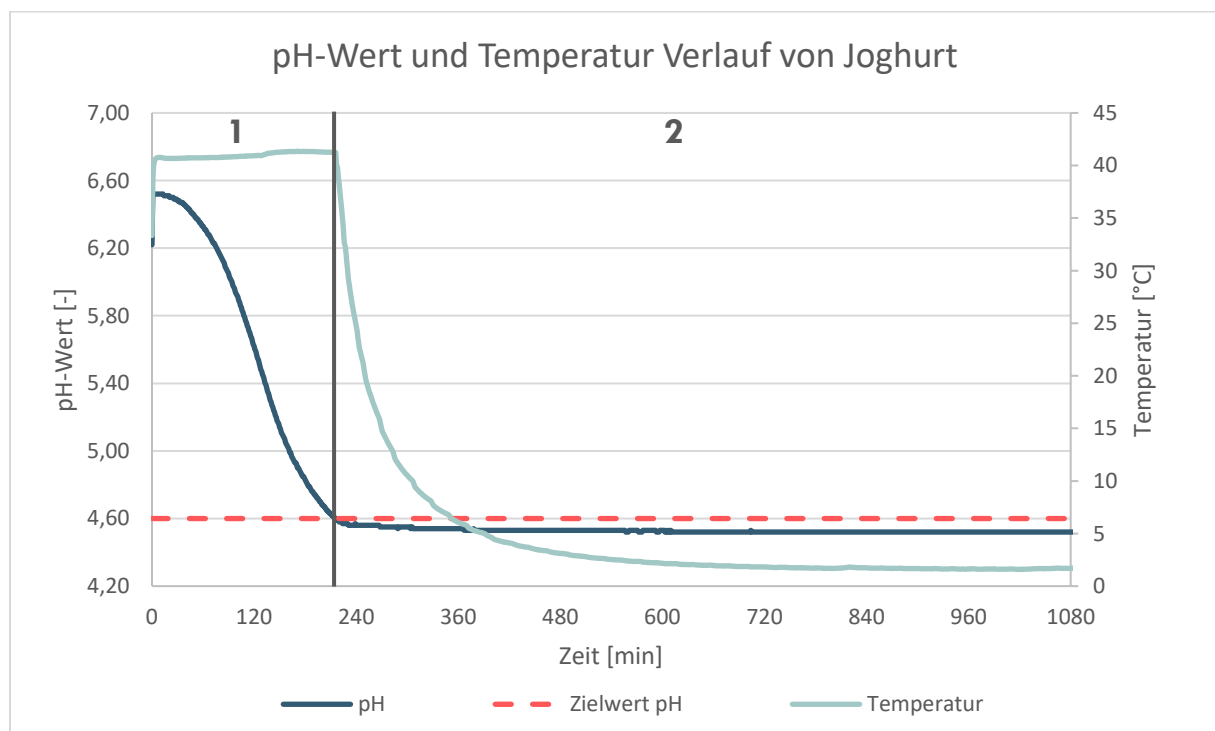


Abbildung 13: pH-Wert und Temperatur Verlauf der Joghurt Fermentationskultur - Abschnitt 1 Fermentation, Abschnitt 2 Kühlung (Messung von 01.08.2018)

Die pH-Wert und Temperatur Messung wird nach einer Nacht beendet und ausgewertet. (Abbildung 13: pH-Wert und Temperatur Verlauf der Joghurt Fermentationskultur - Abschnitt 1 Fermentation, Abschnitt 2 Kühlung (Messung von 01.08.2018)) In Abschnitt 1 links in der Abbildung sieht man die

Fermentation bei 42°C, hier sinkt der pH-Wert von anfänglich 6,5 auf 4,6 ab (dafür benötigt die Fermentationskultur zum Säuern ungefähr 3,5 Stunden).

In Abschnitt 2 sieht man den rapiden Abfall der Temperatur im Kühlraum. In knapp 7 Stunden sind die Becher vollständig abgekühlt. Durch den Abkühlvorgang kommt es zu einer schwachen Nachsäuerung während der Lagerung auf einen pH von 4,5.

4.1.4. Gelbildung mittels Rheometer

Die warmgehaltene Probe wird so schnell als möglich in den bereits auf 40,5°C aufgeheizten Rheometer-Behälter (PC 25 0001 SS) pipettiert. Die Temperatur im Rheometer beträgt 1,5°C weniger als im Kühlbrutschrank, da die kleinere Füllmenge bei einer gleich hohen Temperatur von 42°C wesentlich schneller den Soll-pH von 4,6 erreichen würde. Die Füllmenge beträgt bei jeder Messung exakt 34,7mL. Als Prüfkörper wurde das Vantool (4V14 SC009 SS) verwendet und mit der Abdeckung wird ein Flüssigkeits- und Temperaturverlust vermieden. Die Messung dauert eben so lang wie die der Fermentation, ungefähr 3,5 Stunden, und wird danach beendet.

Der Prüfkörper oszilliert, dabei wird die Probe einer sinusförmigen Deformation ausgesetzt mit einem Richtungswechsel von 1Hz und mit einer Scherververformung von 1%. Alle 60 sec wurden die Messgrößen aufgezeichnet.

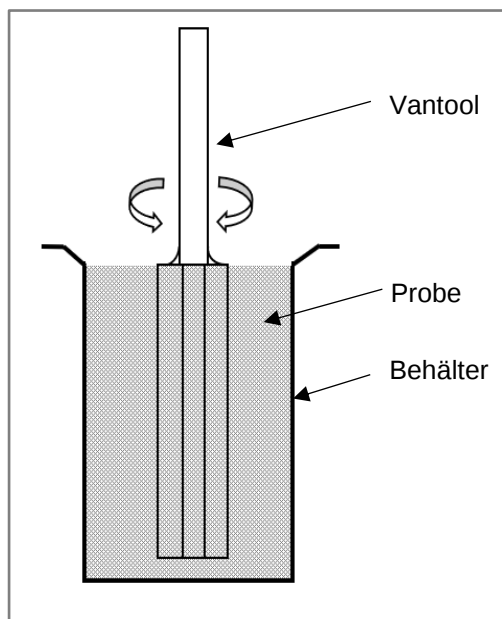


Abbildung 14: Aufbau der oszillierenden Rheometer-Messung

Rheologische Messgrößen:

1. Komplexer Schubmodul, G^* [Pa]

Der komplexe Schubmodul, G^* beschreibt das Verhalten von viskoelastischen Körpern bei einer oszillierenden Scherbelastung (Formel 1). Er verknüpft die Schubspannung ($\tau = G^* \cdot \gamma$) mit der resultierenden Scherdeformation.

Formel 1:

$$G^* = G' + i \cdot G''$$

Der Speichermodul G' entspricht dem Realteil von G^* und steht für den elastischen Anteil. Er ist proportional zur Deformationsenergie, welche im Material gespeichert wird und bei Entlastung wieder frei wird.

Der Verlustmodul G'' entspricht dem Imaginärteil von G^* und steht für den viskosen Anteil. Er beschreibt den Verlust der Energie, der durch innere Reibung in Wärme umgewandelt wird.

2. Dynamische Viskosität, η [Pa·s]

Die Viskosität einer Flüssigkeit beschreibt die Zähigkeit oder Zähflüssigkeit von Flüssigkeiten oder Gasen. Je höher die Viskosität ist, desto dickflüssiger; je niedriger die Viskosität, desto dünnflüssiger ist das Fluid. Die dynamische Viskosität ist das Verhältnis von Schubspannung und Scherrate $\dot{\gamma}$.

3. Phasenverschiebungswinkel, δ [°]

Der Phasenverschiebungswinkel charakterisiert den elastischen ($\delta=0^\circ$) oder viskosen ($\delta=90^\circ$) Zustand.

4. Verlustfaktor $\tan \delta$

Der Verlustfaktor ist der Quotient aus G'' und G' , für ideal elastische Körper nimmt er den Wert 0 an ($G''=0 \rightarrow \tan \delta=0$), für ideal viskose Körper geht er gegen unendlich ($G' \rightarrow 0, \tan(\delta) \rightarrow \infty$).

Formel 2:

$$\tan \delta = G''/G'$$

Zeitpunkt Gelbildung:

Der Zeitpunkt der Gelbildung (Gelbildungspunkt) wurde definiert als jener Zeitpunkt an dem der Speichermodul (G') einen Wert von über 1Pa annimmt ($G'>1\text{Pa}$). (J.A. Lucey, P.A. Munro, H. Singh 1999)

In Abbildung 15 sind die Messwerte der rheologischen Messung abgebildet, gemessen werden Speichermodul (G'), Verlustmodul (G'') und Phasenverschiebungswinkel (δ), alle andern Kenngrößen ergeben sich daraus.

Bei der Gelbildung steigen die Werte des Speicher- und Verlustmoduls sprunghaft an. Im Gegensatz dazu liegt der Phasenverschiebungswinkel δ bei 90° bis die Gelbildung einsetzt, dabei er sinkt rasant ab und zeigt an, dass die Flüssigkeit zu einem viskoelastischen Gel geliert ist.

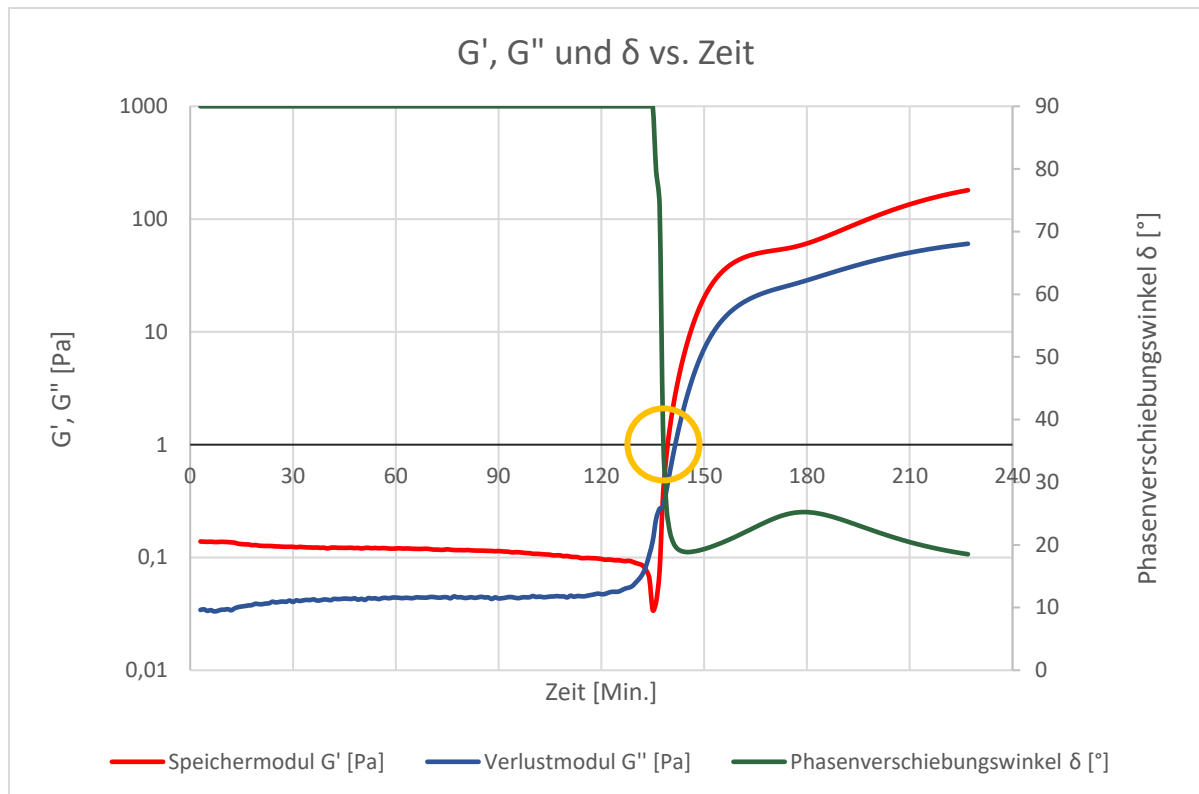


Abbildung 15: Verlust-, Speichermodul (logarithmisch) und Phasenverschiebungswinkel über die Zeitspanne der Messung, orange markiert ist die Gelbildung bei $G' > 1\text{Pa}$ (Messung von 24.4.2018)

4.1.5. Texturprofilanalyse und Synärese

Die bei 4°C gelagerten Proben werden 52h nach Starterzugabe nacheinander gemessen. Es ist wichtig jeweils nur eine Probe nach der Anderen zu holen, da eine Temperaturänderung innerhalb des Joghurts zu einer verfälschten Textur-Messung führen würde.

Synärese:

Die entstandene Molke des stichfesten Joghurts wird mittels Pipette abgezogen und abgewogen. Diese Masse entspricht der Synärese des Joghurt, je weniger Molke ausgetreten ist desto mehr Wasser konnte im Joghurt gebunden werden.

Die an der Oberfläche des Joghurts entstehende Molke ist für Konsumenten ein wichtiges Qualitätskriterium, ein hoher Austritt an Molke sorgt für eine geringere Akzeptanz (Mudgila et al. 2018).

$$\text{Synärese (\% Molke)} = \frac{\text{Molke [g]}}{\text{Anfangs Probengewicht [g]}} \times 100$$

Texturmessung:

Für die Messung der Konsistenz wird eine Texturprofilanalyse (TPA) mittels Penetration (Rück- Extusion) durchgeführt. Die Messung wird im 3-fache Ansatz durchgeführt. Hierfür wird der Joghurt-Becher mittig auf die Probenaufnahme gestellt und so positioniert das der Stempel möglichst mittig ist. In Abbildung 16 ist dargestellt, wie der Stempel ($\varnothing 45\text{mm}$, $h=5\text{mm}$) über den Becher ($\varnothing 50\text{mm}$) zu positionieren ist bevor der Test durchgeführt werden kann. Der Test ist ein destruktiver Test, da das Joghurt durch den Versuch irreversibel seine Struktur verliert und danach für keine weiteren Versuche mehr verwendet werden kann. Die Auslösekraft der Aufzeichnung sind 10,2g und die Testgeschwindigkeit 1mm/s. Für die Auswertung wird die maximale Kraft (Z1) beim ersten Eintauchen verwendet, diese beschreibt „Hardness“ des Joghurts. Weitere gemessene Parameter sind:

- Adhesiveness = A3
- Cohesiveness = $A2/A1$
- Gumminess = $Z1 * (A2/A1)$

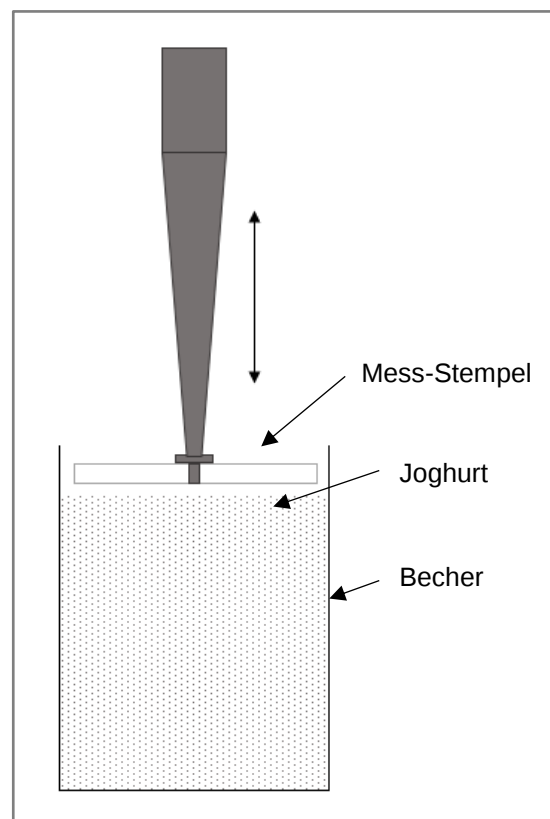


Abbildung 16: Messaufbau Texturanalyse

Beim Messprofil (Abbildung 17) wechseln sich Be- und Entlastungsphasen (Two-Bite-Test) ab. Die einzelnen Phasen dauern je 30 Sekunden, dadurch dauert eine Messung 2 Minuten. Der Startpunkt der Messung ist ab Kontakt mit der Oberfläche des Joghurt, wenn die Auslösekraft (10,2g) erreicht wurde.

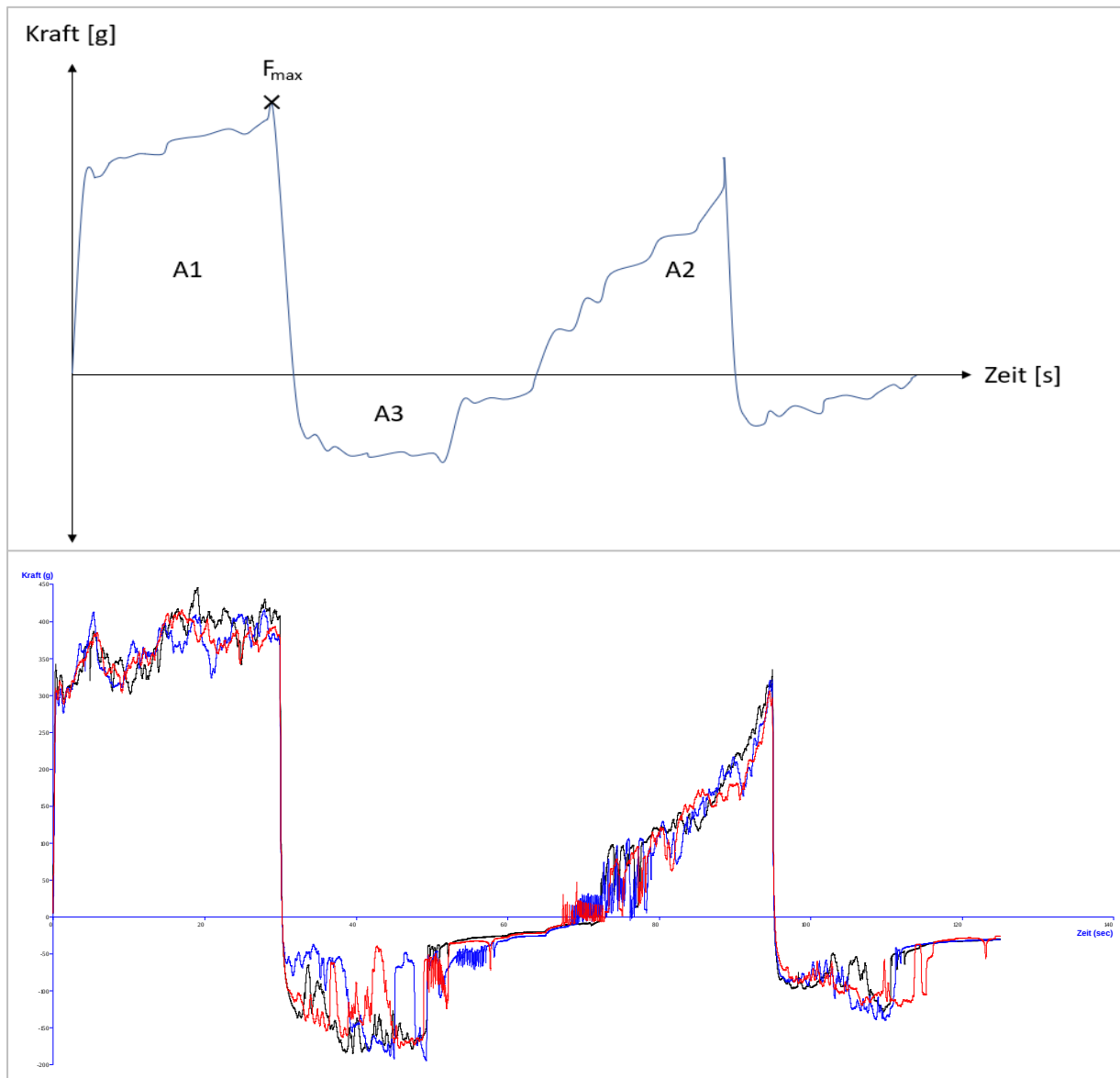


Abbildung 17: Textur Profil Analyse - oben theoretischer Ablauf der Belastungs- und Entlastungsphasen; unten Aufnahme einer realen Texturmessung im 3-fach Ansatz (Messung am 5.6.18)

4.2. Topfen

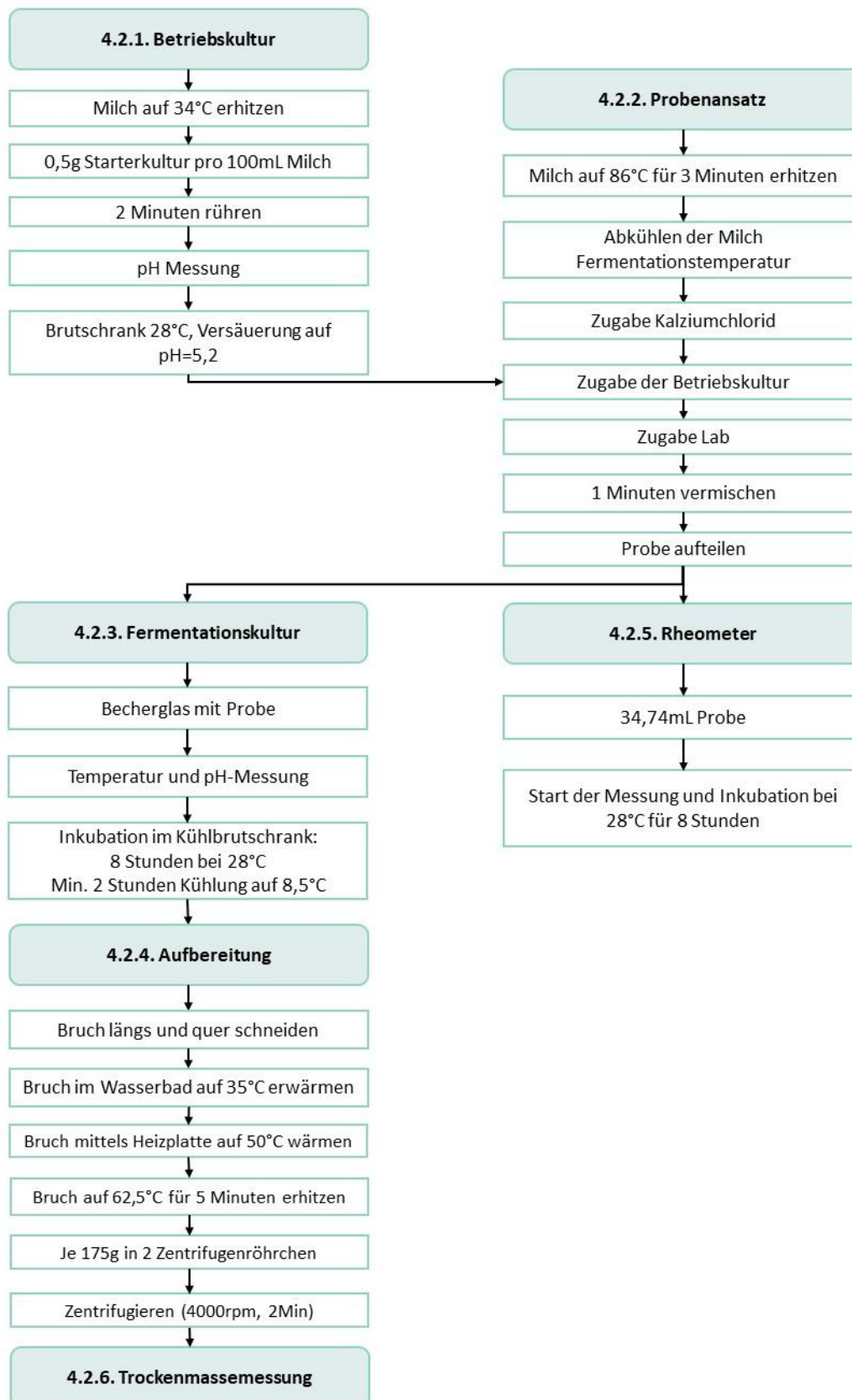


Abbildung 18: Überblick über die Herstellung von Topfen im Labormaßstab

4.2.1. Betriebskultur

Die Vorsäuerung der Betriebskultur, vor der Zugabe der großen Menge erhitzter Milch, hat den Zweck die Kultur im kleinen Maßstab zu vermehren und die Fermentationszeit der Hauptfermentation später zu verringern.

Dafür werden 100mL H-Milch steril in einen Schraubbecher aus Kunststoff überführt und mittels Mikrowellenstrahlung auf $32^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ erhitzt. Zu der erwärmten Milch werden 0,5g Starterkultur (FLORA DANCIA) zugegeben und kurz verrührt. Der Becher wird mit Alufolie zugedeckt und in den Brutschrank bei 30°C gestellt. Der pH-Wert wird mittels pH-Elektrode aufgezeichnet, dafür wird diese durch den Aluminiumdeckel in die Kultur gesteckt. Die Temperatur wird über einen Temperaturfühler mit Speichereinheit über die Fermentationsdauer aufgezeichnet.

Der pH-Wert der Betriebskultur fällt von ungefähr 6,4 auf seinen Soll pH-Wert von 5,20 innerhalb 1 Stunde.

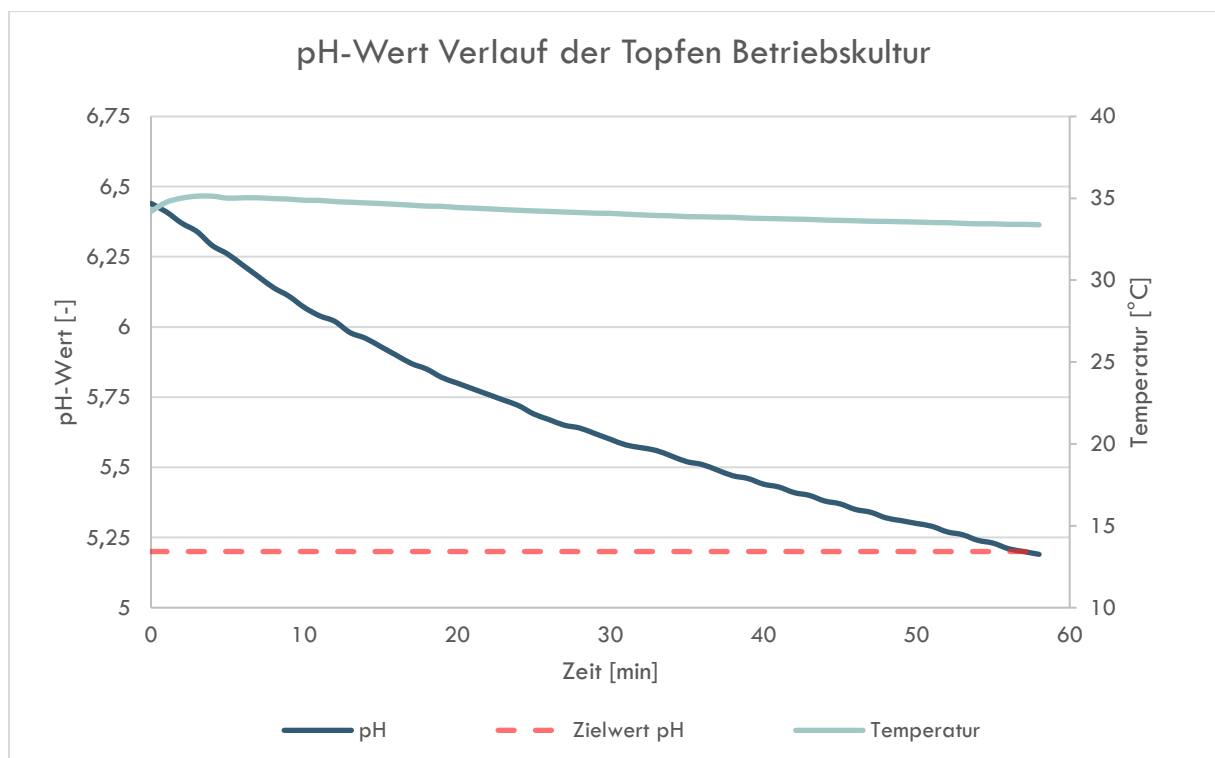


Abbildung 19: Verlauf des pH-Werts und der Temperatur während der Vorsäuerung der Betriebskultur (Messung von 28.5.2018)

4.2.2. Denaturierung

Für einen Probenansatz benötigt man genau 475g der Milch-Probe (Konventionell-, Bio-, Heu-Milch), diese Milch muss für die Fermentation denaturiert werden.

Dafür werden ungefähr 550mL Milch mit einem Magnetrührstäbchen in ein Doppelmantelglasgefäß geleert. Mittels Tauchsieders (Abbildung 10) wird die Milch nach einem bestimmten Temperaturprofil (Abbildung 20) erwärmt. Die Denaturierung der Milchproteine erfolgt bei 86°C für 3 Minuten, damit die Temperatur innerhalb der Milch auch wirklich bei 86°C liegt, muss die Temperatur im Erhitzungsprofil auf 86,5°C gestellt sein. Für die weitere Verarbeitung wird die Milch auf 48°C abgekühlt.

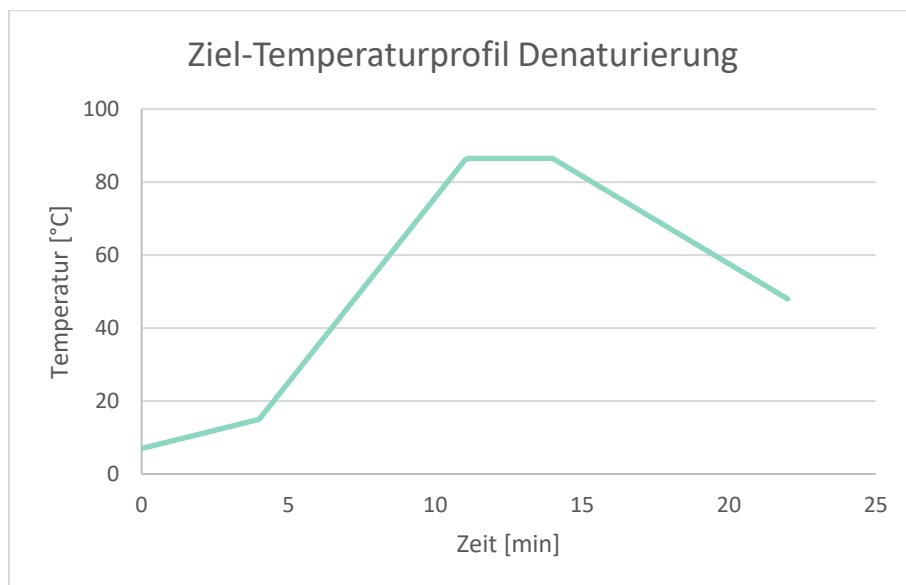


Abbildung 20: Ziel-Temperaturprofil der Milch-Denaturierung bei der Topfenherstellung – 4 Minuten auf 15°C erwärmen, 7 Minuten auf 86°C erhitzen, 3 Minuten auf 86,5°C halten, 8 Minuten Abkühlphase auf 48°C

4.2.3. Fermentationskultur

Wenn der pH-Wert der Betriebskultur kurz vor seinem Soll-Wert von 5,2 liegt, wird das Tauchsiedersystem abgebaut und 475g der denaturierten Milch werden in ein 600mL Becherglas mit Magnetrührstäbchen überführt und auf eine Magnetrührplatte gestellt. Die Zugabe der Starterkultur, Lab und des Zusatzstoffes geschehen zeitlich voneinander getrennt. Eine pH-Elektrode und ein Temperaturfühler werden für die Aufzeichnung der Fermentationsverläufe verwendet. Zuerst werden 4,13µL

Kalziumchlorid (CaCl_2) hinzugegeben, danach wird für eine Minute gerührt. Als Zweites folgt die Zugabe von 4,75mL Betriebskultur. Die Zugabe von Lab geschieht nach einer Minute Vermischung. Nach einer weiteren Minute des Rührens wird die Probe aufgeteilt, 400g kommen in ein frisches 600mL Becherglas und 50mL werden in ein kleineres temperiertes Becherglas in einem portablen Wasserbad (30°C) überführt um später im Rheometer eingesetzt zu werden. Das Becherglas mit der Probe, pH-Meter und Thermometer wird in den Kühlbrutschrank gestellt und das Temperaturprofil des Schrankes gestartet (Tabelle 5).

Tabelle 4: Rezeptur Topfen

Ansatzmenge	475 g
Milch	459,38 mL
Kultur	4,75 mL
Lab	11,03 μL
CaCl_2	4,13 μL

Tabelle 5: Temperaturprofil des Kühlbrutschranks

	Temperatur [$^\circ\text{C}$]	Dauer [min]
Phase 1	28	500
Phase 2	28 auf 8,5	300
Phase 3	8,5	halten

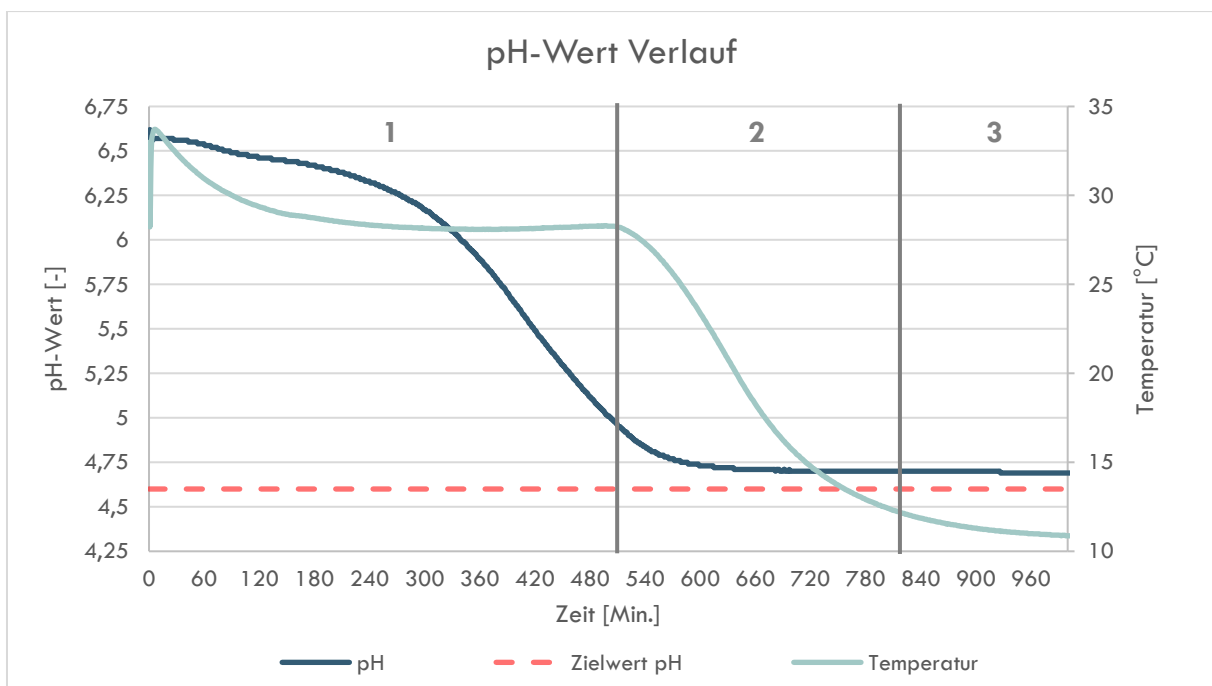


Abbildung 21: pH-Wert und Temperaturverlauf bei der Hauptfermentation von Topfen, mit Phase 1- Fermentation (28°C), Phase 2 – Abkühlen (18°C auf $8,5^\circ\text{C}$), Phase 3 – Kühlen ($8,5^\circ\text{C}$) (Messung von 16.04.2018)

Der Topfen bleibt über Nacht im Kühlbrutschrank, beim Herausnehmen sollte er einen pH-Wert unter 4,8 besitzen. Die pH-Elektrode und Temperaturfühler werden entfernt und ausgewertet. Der Topfen kann nun aufbereitet werden.

Der pH-Wert des Topfens aus dem Kühlbrutschrank schwanken zwischen 4,3 und 4,88, da die Säuerung stark von den tatsächlich suspendierten Milchsäurebakterien abhängt. Durch das händische Pipettieren der Kultur kann es zu verschiedenen Mengen kommen.

4.2.4. Aufbereitung

Die gallertartige Bruchmasse im Becherglas wird fünfmal längs und quer geschnitten. Danach wird die Masse mit einem Löffel zu einer geschmeidigen Masse verrührt. In einem Wasserbad wird der Bruch auf 35°C vorerwärmt. Im nächsten Schritt wird die Probe unter ständigem Rühren auf der Magnetrührplatte auf 50°C gebracht. Die nun flüssige Masse wird inklusive dem Magnetrührstäbchen in das Doppelmantelgefäß überführt. Mittels des Tauchsieders wird der Bruch unter ständigem Rühren auf 62,5°C gebracht und danach auf 48°C abgekühlt. Die nochmalige Erwärmung wird mittels Temperaturprofil (Abbildung 22) durchgeführt. Durch die nochmalige Erhitzung des Bruchs werden die Mikroorganismen und das Lab inaktiviert, und die Topfenmasse von der Molke getrennt.

Die flüssige homogene Mischung aus dem präzipitierten Protein und der Molke wird in zwei bereits abgewogene Zentrifugenröhrchen aufgeteilt, je 175g werden genau eingewogen. Zur Separation der Molke von der Topfenmasse wird die Masse für 2 Minuten bei 4.000 rpm (Acceleration=8, Brake=6) zentrifugiert. Die abzentrifugierte Molke wird abgeleert bis auf 10mL pro Röhrchen, welche für die spätere Trockenmassemessung aufbewahrt wird. Die Zentrifugenröhrchen werden inklusiver der enthaltenen Masse abgewogen, die Ausbeute des Topfens entspricht der Differenz zwischen dem vollen und dem leeren Rohr. Nach dem Wiegen wird die Masse innerhalb der Zentrifugenröhrchen mittels eines Spatels cremig-homogen rührt und aufbewahrt.

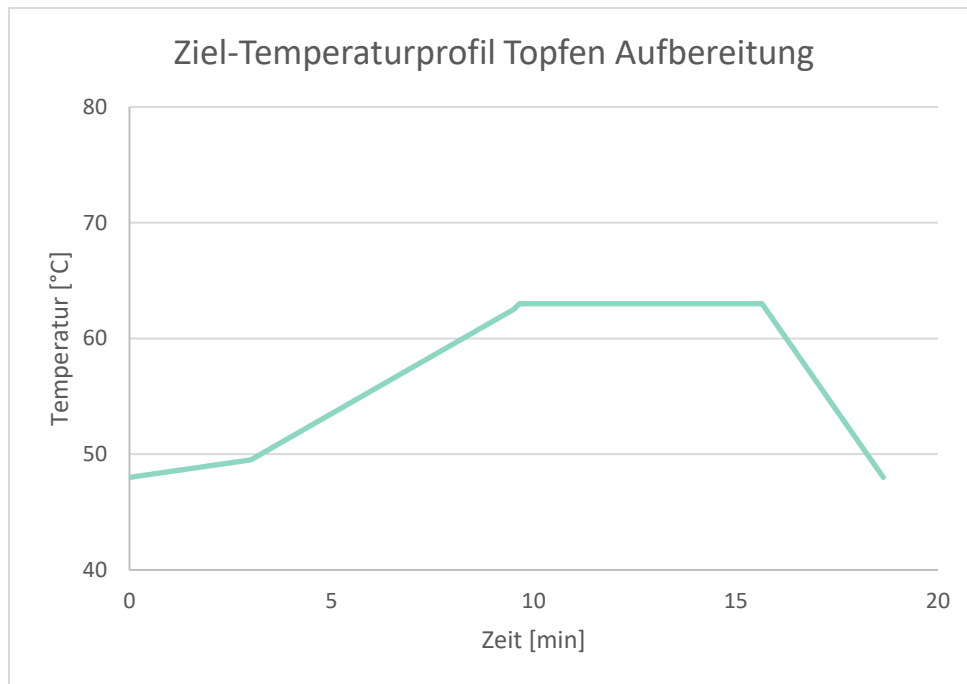


Abbildung 22: Ziel-Temperaturprofil der Topfenaufbereitung – 3 Minuten auf 49,5°C aufheizen, 6,5 Minuten auf 62,5°C erhitzen, 6 Minuten 63°C halten, 3 Minuten auf 48°C Endtemperatur abkühlen

4.2.5. Gelbildung mittels Rheometer

Aus der warmgehaltenen Probe werden genau 34,7mL in den vorgeheizten, 28°C warmen Probenbehälter (PC25 C001 SS) des Rheometers pipettiert. Das Vantool (4V14 SC009 SS) fährt in die Probe und die Oszillation (1Hz) mit einer Scherverformung von 1% wird gestartet. Die Messung dauert 360 Minuten (6 Stunden), jede Minute werden die Messwerte (Speichermodul (G'), Verlustmodul (G'') und Phasenverschiebungswinkel (δ)) aufgezeichnet. Nach Ablauf der Zeit beendet sich die Messung selbstständig. Nähere Beschreibung zu den Messgrößen befinden sich in Abschnitt 4.1.4.

Zeitpunkt Gelbildung:

Im Abbildung 23 sieht man Speichermodul (G'), Verlustmodul (G'') und den Phasenverschiebungswinkel (δ). Die Gelbildung findet statt, wenn der Speichermodul einen Wert von über 1Pa annimmt ($G' > 1\text{Pa}$). Während des Gelbildungsprozesses nimmt der Phasenverschiebungswinkel schlagartig ab, und geht von 90° (viskos) in den viskoelastischen Bereich des Gels über.

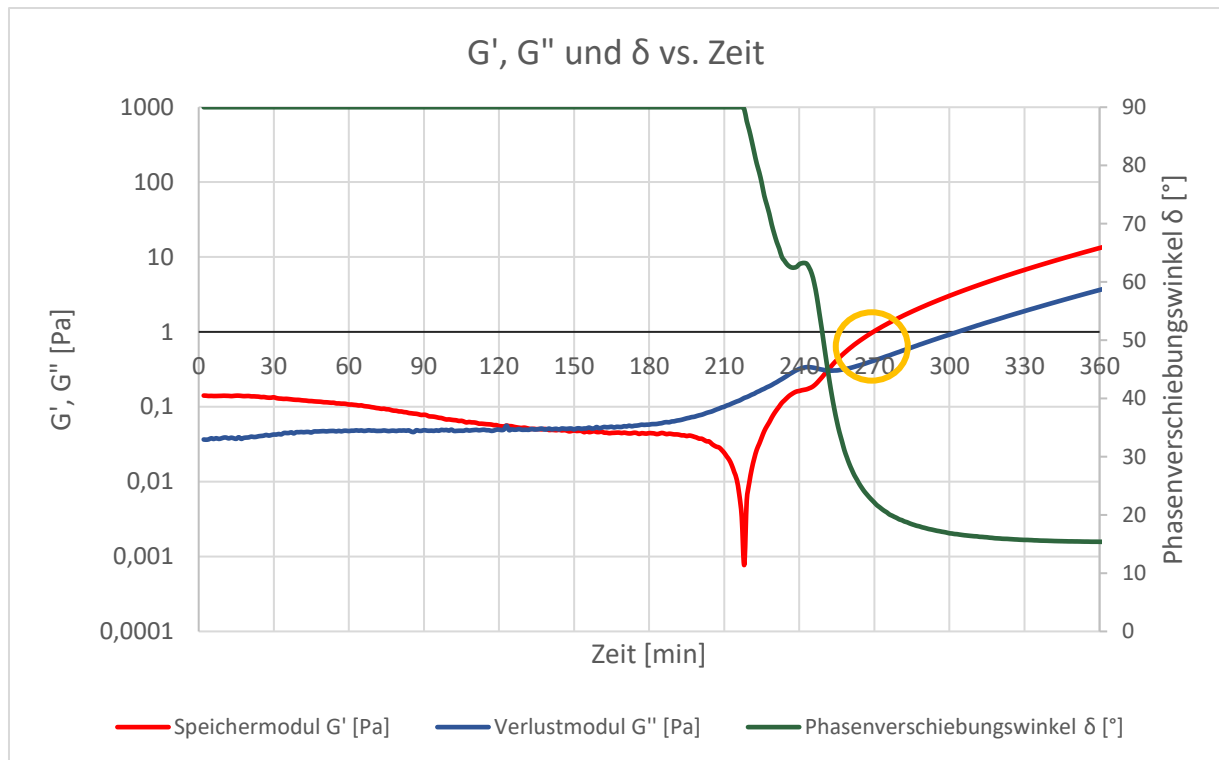


Abbildung 23: Aufzeichnung von Speichermodul, Verlustmodul und Phasenverschiebungswinkel über die Zeit, orange markiert ist der Gelbildungspunkt ($G' > 1 \text{ Pa}$) (Messung 12.07.2018)

4.2.6. Trockenmassemessung

Die Trockenmassemessung wird bei 102°C durchgeführt. Dafür werden entweder 3g Molke oder 3g Topfen homogen auf dem Filterplättchen aufgetragen. Pro Zentrifugenröhrchen wird die Trockenmasse (TM) der Molke einmal gemessen und die des Topfens zweimal in Doppelbestimmung. Die Messung wird vom Gerät automatisch beendet, wenn der gemessene Wert konstant bleibt.

Die Trockenmassebestimmung der Molke und des Topfens sind Ausschlag gebende Qualitätskriterien für die Beurteilung. (Pytel et al. 2017) Eine hohe Trockenmasse bedeutet dabei, dass die Fällung einwandfrei funktioniert hat.

Berechnung:

Typische Topfen-Trockenmassen liegen in der Industrie zwischen 16-21%, eine genaue Einstellung auf die gewünschte Trockenmasse ist mittels Separators möglich. Durch die Verwendung einer Zentrifuge statt eines Separators im Labormaßstab liegen die gemessenen Trockenmassen bei ungefähr 24% und müssen durch einige Schritte auf 19% umgerechnet werden (tatsächliche Produktionswerte aus Aschbach/Wörgl).

Formel 3:

$$M_{Topfen} [g] = M_{Topfen+Rohr} [g] - M_{Rohr} [g]$$

Formel 4:

$$TM_{Molke} \text{ bei } 19\% = TM_{Probe} [\%] - 19\%$$

Formel 5:

$$TM_{Topfen} \text{ bei } 19\% = TM_{Molke} [\%] - 19\%$$

Formel 6:

$$M_{Ges.} \text{ bei } 19\% = TM_{Molke} \text{ bei } 19\% + TM_{Topfen} \text{ bei } 19\%$$

Formel 7:

$$M_{Topfen} \text{ bei } 19\% [g] = \frac{M_{Topfen} [g]}{TM_{Topfen} \text{ bei } 19\%} \times M_{Ges.} \text{ bei } 19\%$$

Formel 8:

$$Ausbeute \text{ bei } 19\% = M_{Topfen} \text{ bei } 19\% [g] / Einwaage_{Rohr} [g]$$

Formel 9:

$$Ausbeute = M_{Topfen} [g] / Einwaage_{Rohr} [g]$$

Durch den hohen Trockenmasseanteil der Probe würde die Ausbeute ausgerechnet nach Formel 9, nur ungefähr 20% betragen. Wenn man die Umrechnung auf eine Ausbeute von 19% Trockenmasse durchführt, ergibt sich eine wesentlich höhere Ausbeute von 25%.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1. Joghurt

Für die nachfolgenden Messungen wurden jeweils drei verschiedene Milchsorten verwendet (Konventionelle, Bio und Heu-Milch mit einem Fettgehalt von 0,5%). Durch Lieferschwierigkeiten wurde einmal Bio-Milch mit 2,2% Fett und einmal Heu-Milch mit 1,1% Fett zusätzlich gemessen, welche als Vergleichswerte mit angeführt werden. Für die Aussagen über einen geografischen-, saisonalen- oder milchspezifischen Einfluss auf die Joghurtproduktion können diese Ersatzmessungen jedoch nicht miteinbezogen werden.

5.1.1. Textur Profil Analyse

5.1.1.1. Hardness

In Abbildung 30 sind die drei verschiedenen Joghurtproben aufgetragen. Die maximale Kraft wurde mittels Textureanalyser, beim ersten Eintauchen, in das Joghurt gemessen. Wie leicht zu erkennen ist zeigen sich sowohl zwischen den Werken als auch zwischen den Joghurtsorten deutliche Unterschiede.

Die Sorten „Konventionell“ und „Bio“ aus Aschbach haben qualitativ ähnliche Kurvenformen. Beide haben einen Einbruch in der Festigkeit im Juni. Allgemein sind die Sommermonate Juni, Juli und August weniger fest.

Im Gegensatz dazu verhalten sich in Wörgl „Konventionell“ und „Heu“ Milch am ähnlichsten. Die Härte der Wörgl Joghurts ist im Durchschnitt niedriger als jene aus Aschbach. Bis auf einen Einbruch bei „Bio“ Milch im Mai/Juni zeigen die Aschbach Produkte außerdem generell geringeren saisonalen Einfluss. Die Joghurts aus Aschbach mit einem höheren Fettgehalt zeigen eine höhere Härte.

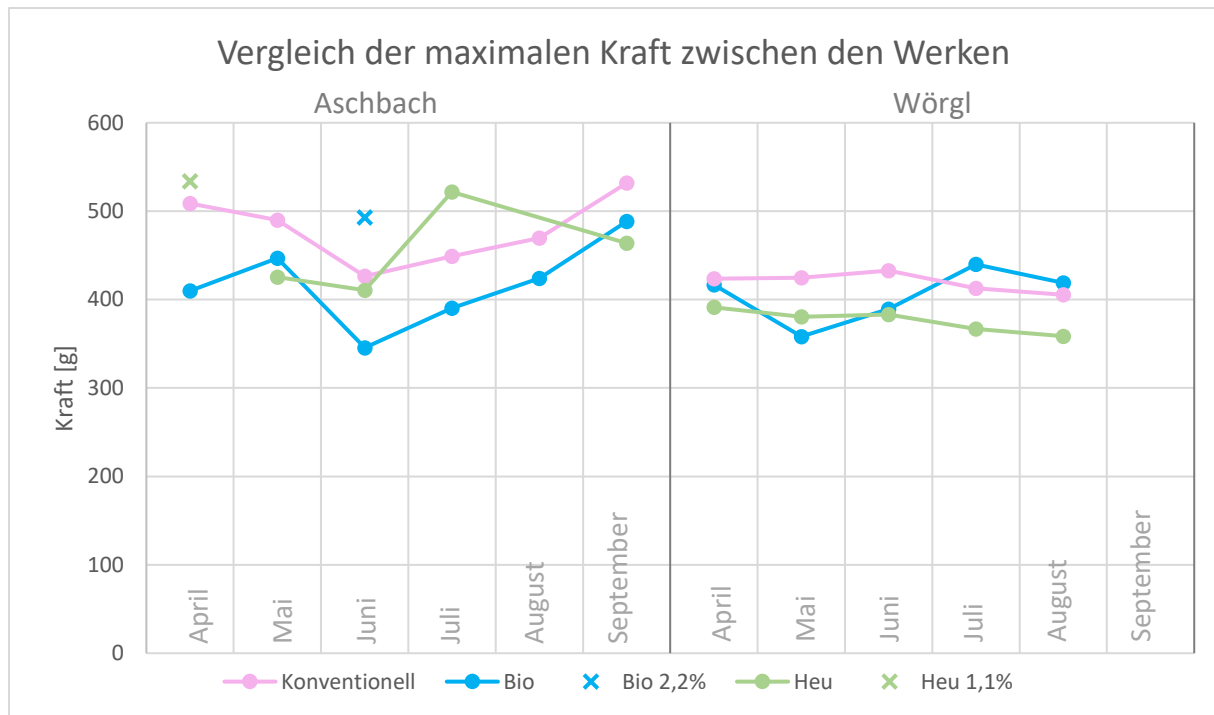


Abbildung 24: Vergleich der max. Kraft zwischen den frischen Milchproben der zwei verschiedenen Werke (Aschbach und Wörgl)

Aschbach:

Der Vergleich zwischen den drei Sorten zeigt, dass das konventionell gewonnene Joghurt die höchste Härte besitzt. Die Alterung (Herstellung der Joghurts mit 2 Wochen alter Milch) zeigt einen Verlust von 30g (7%) der Härte bei Konventioneller und Bio Milch. Auch die Proben mit einem veränderten Fettgehalt (1,1% und 2,2%) zeigen einen Verlust der Härte durch den Alterungsprozess der Milch. Durch die wenigen Messpunkte der Heumilch kann keine Aussage über ihr Saisonales- oder Alterungsverhalten getroffen werden. (Abbildung 25)

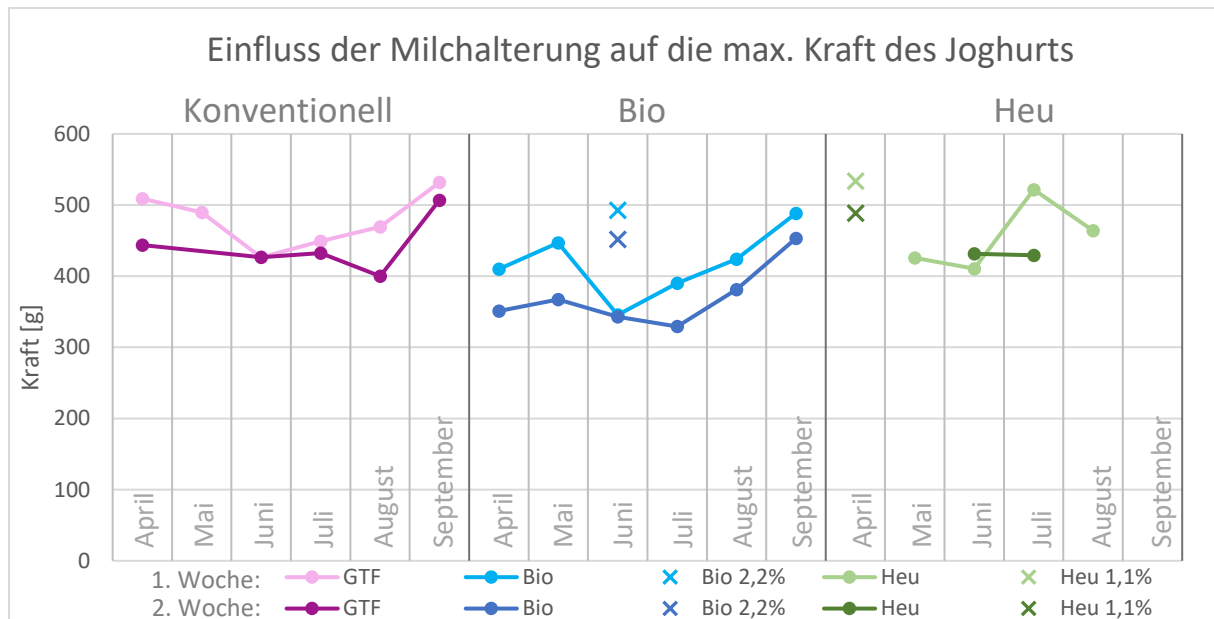


Abbildung 25: maximale Kraft über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

Wörgl:

Auch das Joghurt aus der Milch in Wörgl zeigt einen negativen Einfluss des Milchalters auf die Härte des Joghurts. Besonders das Joghurt aus der Konventionellen Milch fällt auf, da es annähernd gleichbleibende Härte über den Messzeitraum hat. Aber auch Biomilch zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen Milchalter und Joghurt Härte.

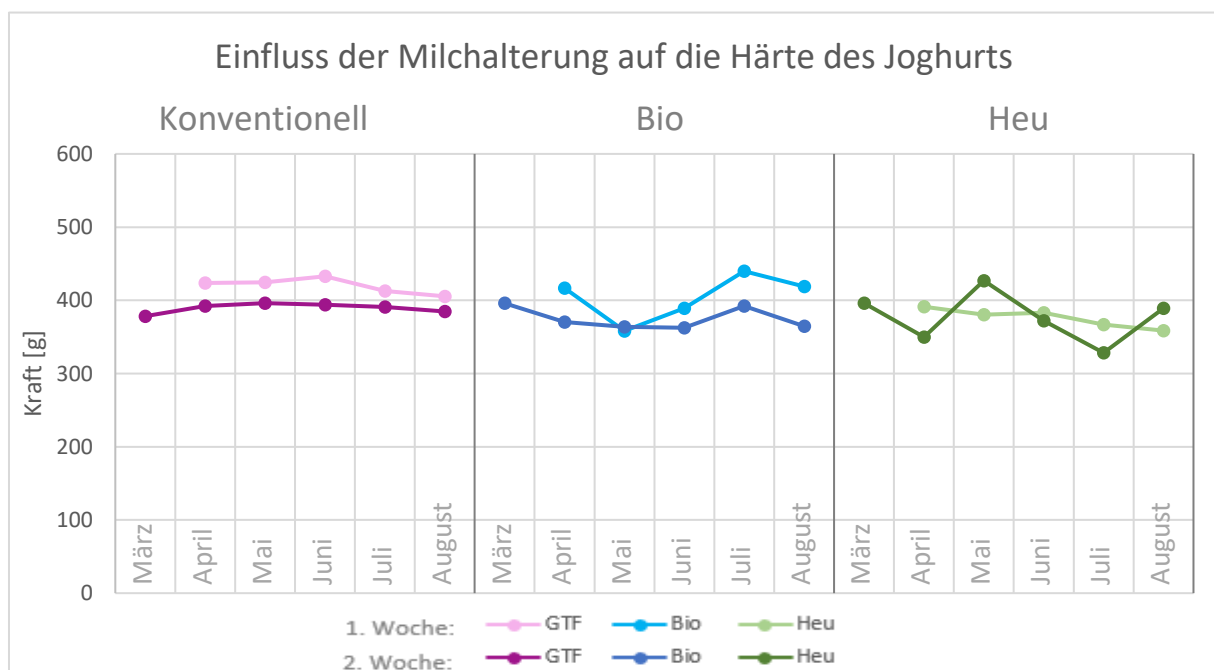


Abbildung 26: maximale Kraft über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)

5.1.1.2. Adhesiveness

Die Adhesiveness (Kurvenfläche A3 [g·s]) beschreibt die Klebrigkeit des Joghurts, welche wiederum dem Verhalten nach dem Eintauchen in die viskose Masse beim Herausziehen entspricht.

In Abbildung 27 sieht man den Vergleich der Klebrigkeit zwischen den zwei verschiedenen Lieferstandorten (Aschbach und Wörgl). Dabei ist zu bemerken, dass Wörgl einen weniger starken Einfluss der Saison zeigt, als die Proben aus Aschbach. Diese zeigen einen Einbruch der Klebrigkeit in den Sommermonaten (Juni und Juli). Besonders auffällig ist die Abnahme der Klebrigkeit der Bio- und Heumilch Joghurts in beiden Werken.

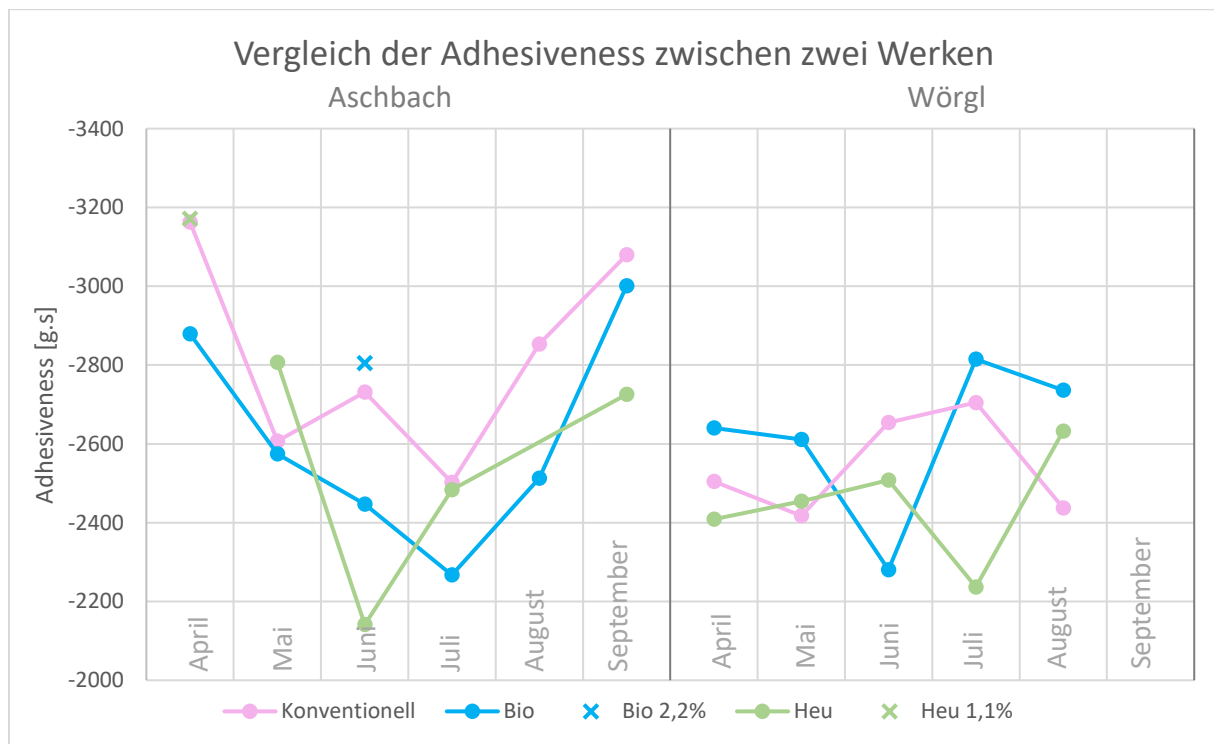


Abbildung 27: Adhesiveness der Joghurts über die Messperiode im Vergleich der Werke (Aschbach und Wörgl)

Aschbach:

Innerhalb der Proben aus Aschbach zeigen die Joghurts aus Biomilch den größten Einfluss der Sommermonate (Mai-August) auf die Klebrigkeit des Joghurts. Der Mittelwert aus allen sechs Monaten zeigt, dass das Konventionelle Joghurt die höchste Klebrigkeit hat. Danach reiht sich das Biojoghurt ein und als letztes das Heujoghurt. Die Messungen mit einem höheren Fettanteil (1,1% und 2,2%) zeigen, dass Fett eine wichtige Rolle bei der Klebrigkeit spielt. Mehr Fett bedeutet eine generell höhere Klebrigkeit. Der Schwankungsbereich der Werte liegt zwischen -3200g.s und -2100g.s. Ein negativer Einfluss durch die Alterung der Milch konnte nicht nachgewiesen werden.

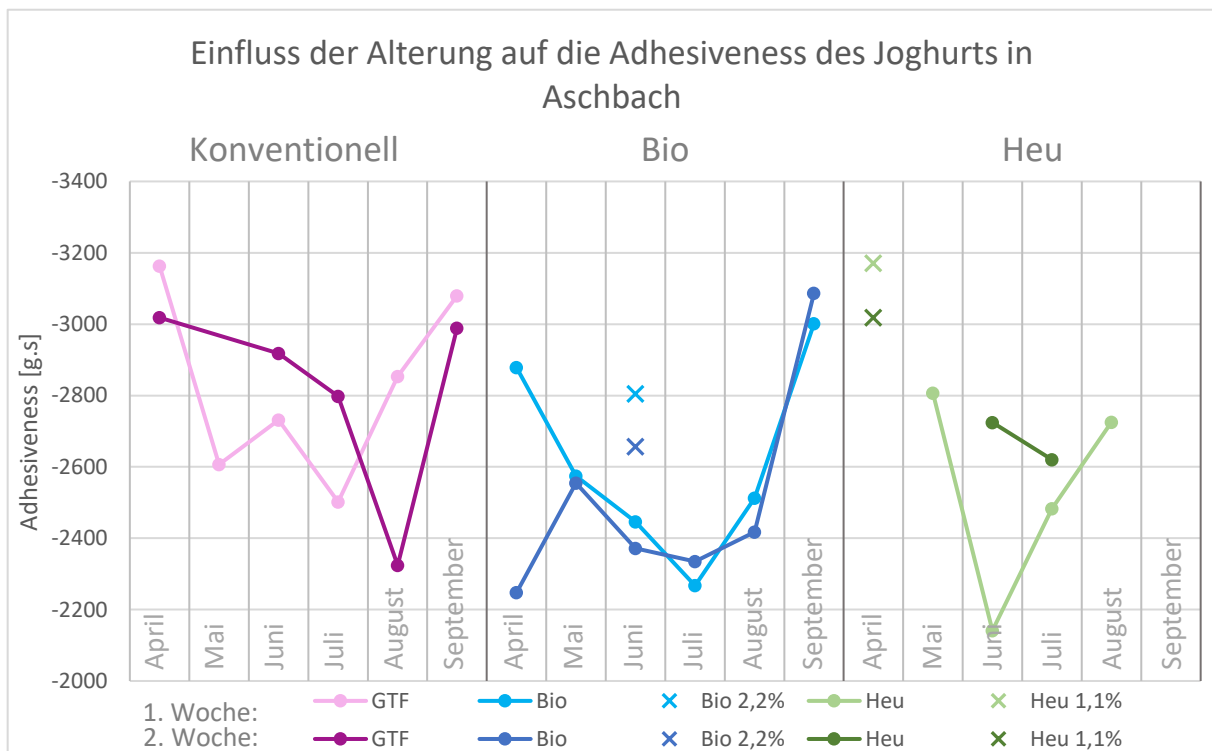


Abbildung 28: Klebrigkeit der Joghurts über die Messperiode (Monate), links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

Wörgl:

Die verschiedenen Milchsorten zeigen im Bereich von Mai bis Juli jeweils einen kleinen Einbruch ihrer Klebrigkeit. Dies ist jedoch anhand der Alterungsexperimente (Woche 2) als möglicher Messfehler zu interpretieren, da diese nicht dieselben Peaks zeigen.

Die Adhesiveness aus diesem Werk schwankt weniger, mit maximal Werten von -2800g.s und minimal Werten von -2100g.s liegen die Ergebnisse näher aneinander als jene aus dem zweiten Werk (Aschbach).

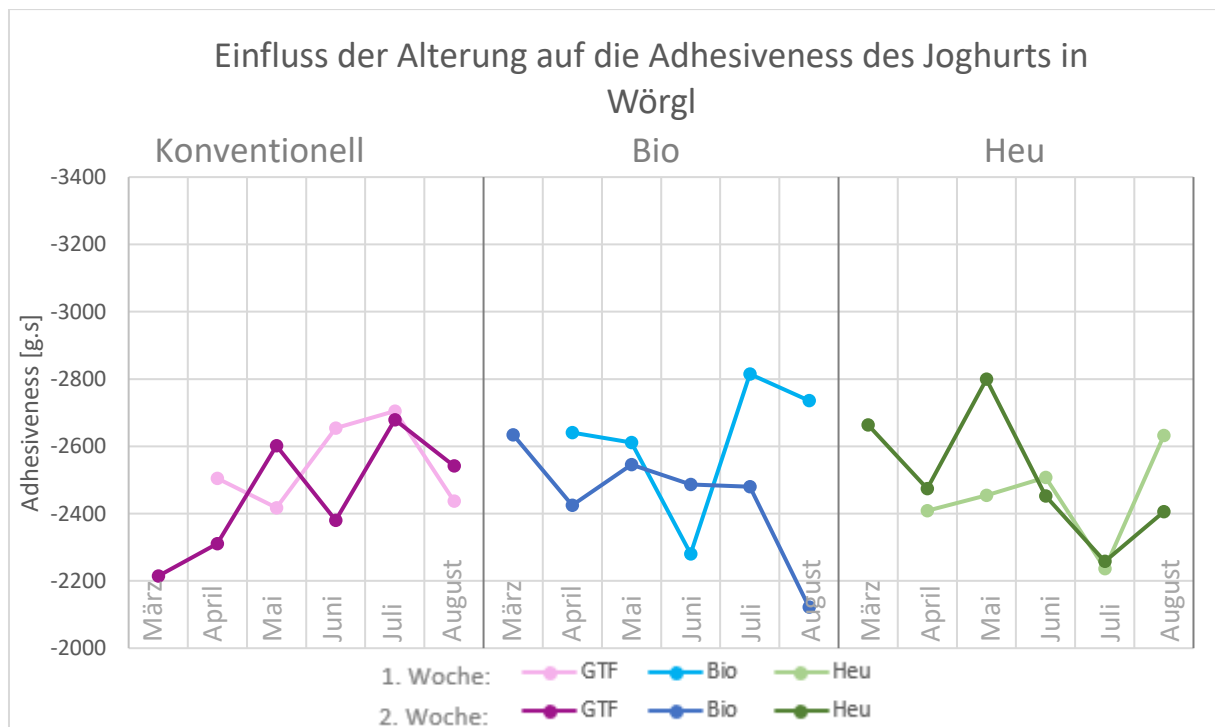


Abbildung 29: Adhesiveness der Joghurts über die Messperiode (Monate), links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)

5.1.1.3. Cohesiveness

Die „Cohesiveness“ oder auch Festigkeit beschreibt das Verhältnis von $A2/A1$, also jene Kurvenfläche beim zweiten Eintauchen in Bezug auf das erste Eintauchen. Je höher der Wert ist desto fester ist das produzierte Joghurt, was auf eine gute Gelstruktur hinweist.

Der Vergleich (Abbildung 30) zwischen den Milchsorten aus Aschbach und Wörgl zeigt Unterschiede zwischen den Werken. In Aschbach gibt es im Mai (GTF und Bio) und später im Juli (Heu und Bio) einen Einbruch der „Cohesiveness“. Die gesamte Schwankung der „Cohesiveness“ ist mit den Werten zwischen 0,24-0,29 gering. Im Mittel besitzt „Bio“ eine „Cohesiveness“ von 0,27, „GTF“ 0,26 und „Heu“ 0,25. In Wörgl haben „Heu“ und „Bio“ 0,28 und „GTF“ 0,27, dadurch liegen sie im Mittel ein wenig über den Proben aus Aschbach und haben eine leicht höhere „Cohesiveness“. Saisonaler Einfluss auf die Proben aus Tirol ist im Mai (GTF) und im Juni (Heu und Bio) mit einer leichten Abnahme der „Cohesiveness“ sichtbar.

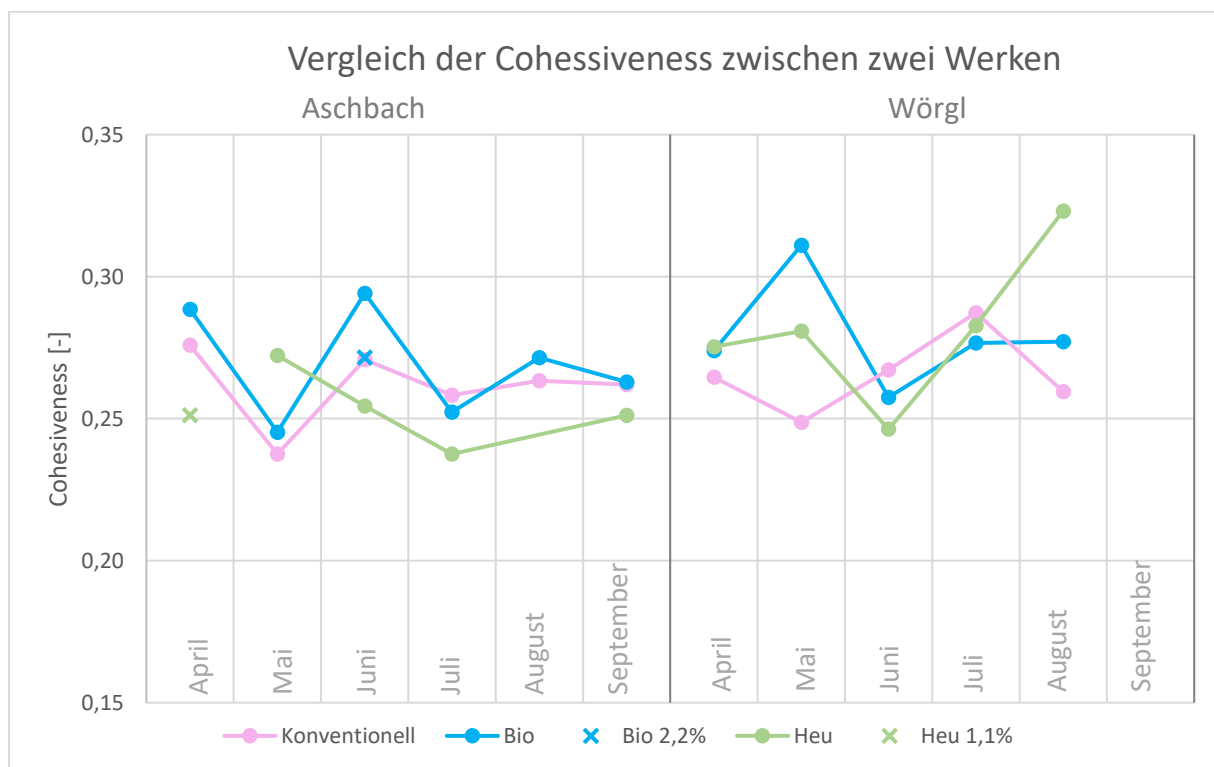


Abbildung 30: Vergleich der „Cohesiveness“ zwischen zwei Werken (Aschbach und Wörgl) über die Messperiode (Monate)

Aschbach:

Ein Einfluss der Alterung auf die Festigkeit ist hier deutlich feststellbar. Lagerung bewirkt eine Steigerung der „Cohessiveness“ innerhalb der Gelmatrix. Bei den Joghurts, welche mit gealterter Milch (Woche 2) produziert wurden, ist kein Einfluss der Saison mehr sichtbar.

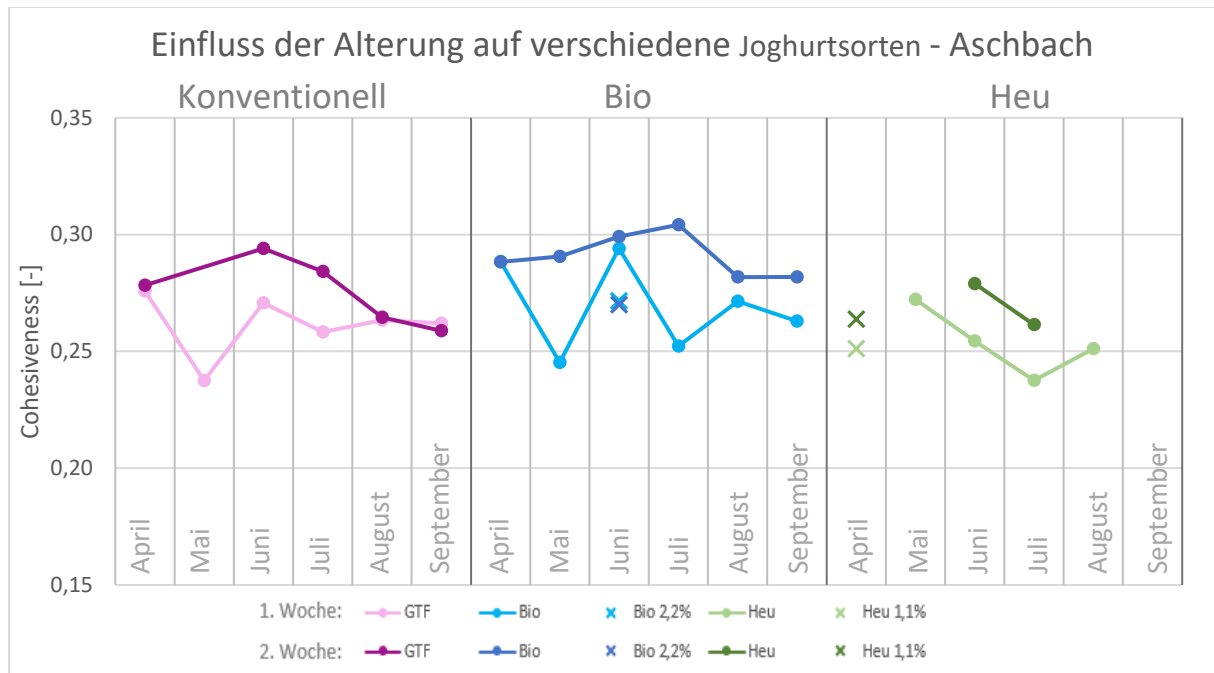


Abbildung 31: Cohessiveness über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

Wörgl:

In Abbildung 38 ist die Cohessiveness der Joghurtsorten aus Tirol aufgetragen. Hier ist kein klarer Einfluss der Alterung auf die Cohessiveness ersichtlich. Der Verlauf der Werte in den betrachtenden sechs Monaten zeigt keinen systematischen Trend in Bezug auf saisonale Einflüsse.

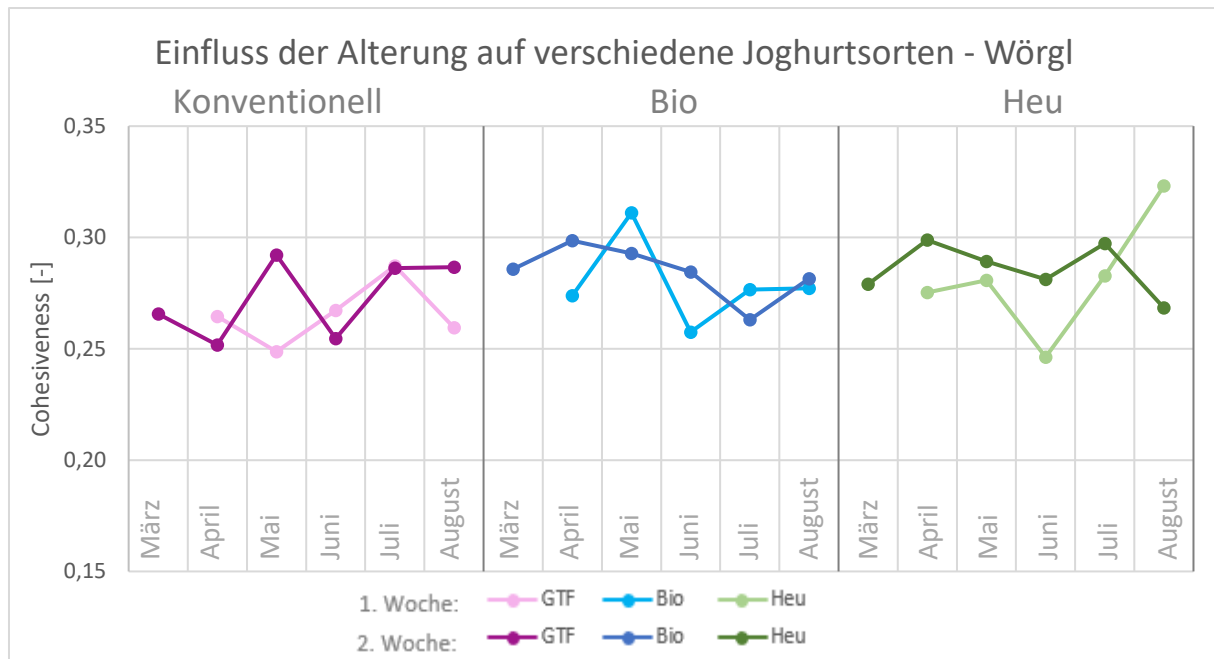


Abbildung 32: Cohesiveness über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)

5.1.1.4. Gumminess

Der Wert der „Gumminess“ entsteht aus dem Multiplizieren der höchsten Kraft („Hardness“) mit der Festigkeit („Cohesiveness“). Der Wert der Gumminess ist für die Texturanalyse von Joghurt ausschlaggebend, obwohl die Konsumentenempfindung davon sehr subjektiv ist.

Wenn man die Ähnlichkeiten der Kurven beachtet bemerkt man, dass in Aschbach die GTF- und die Heu-Milch eine Parabel beschreiben und in Wörgl die Bio- und die Heumilch einen Tiefpunkt im Juni zeigen. Die Variation der Werte ist in Aschbach wesentlich stärker.

Beim den Milchsorten mit einem höheren Fettgehalt fällt auf, dass die Gumminess höher ist als die der jeweiligen Sorte mit standardisiertem Fettgehalt von 0,5%.

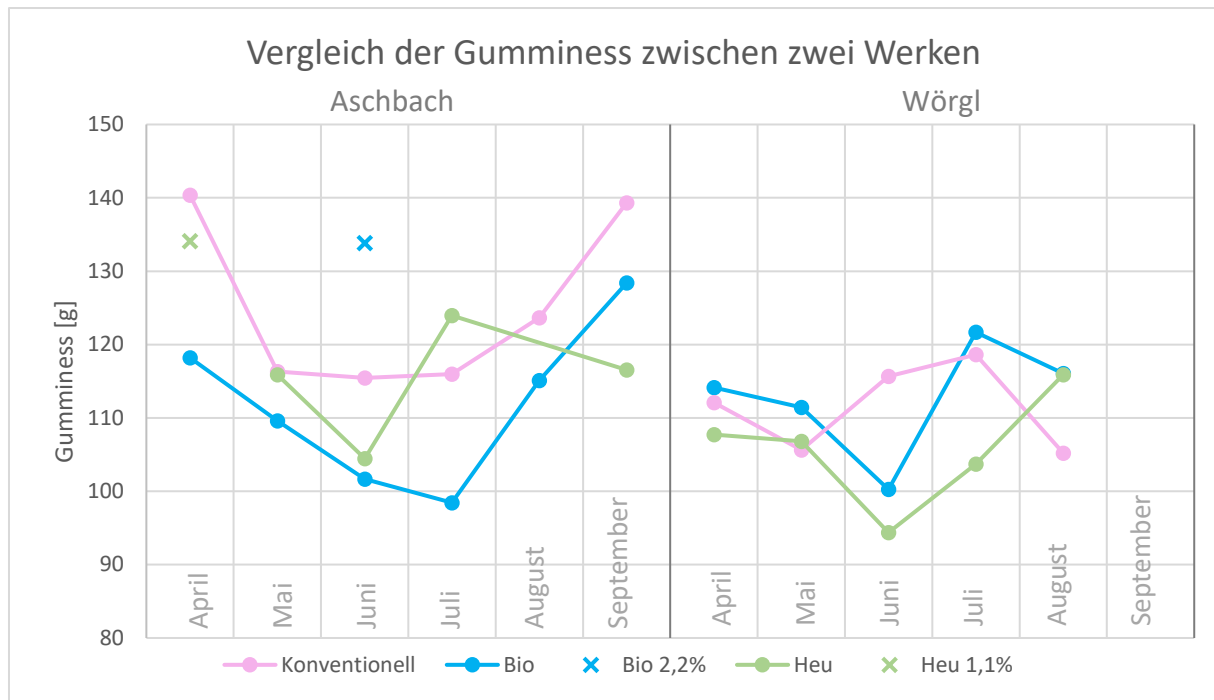


Abbildung 33: Gumminess [g] über die Messperiode (Monate) im Vergleich zwischen zwei Werken (Aschbach, Wörgl)

Aschbach:

Die Alterung der Milch hat auf das Konventionelle- und Heumilch Joghurt keine gleichbleibenden Auswirkungen. Beim Biojoghurt fällt auf, dass die Alterung kaum Auswirkung auf die Gumminess zu haben scheint, da die jeweiligen Messwerte fast ident sind.

Hinsichtlich der verwendeten Milchsorten (GTF und Bio) erfassen wir höhere Werte für das „Konventionellen“ Joghurt als für das „Bio“ Produkt. Durch die geringe Anzahl Messpunkte des Heumilch-Joghurts kann keine fundierte Aussage getroffen werden.

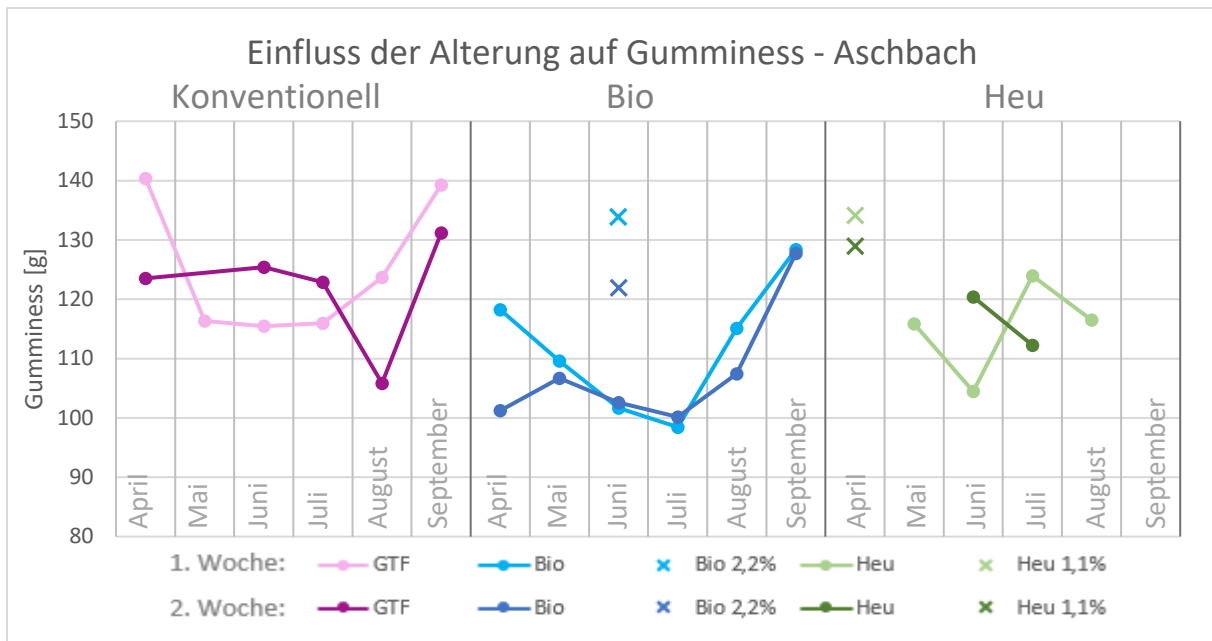


Abbildung 34: Gumminess über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

Wörgl:

Die starken Schwankungen der Gumminess Messung lassen keine Aussage über die Wirkung der Alterung zu. Es entsteht der Eindruck als hätte die Alterung einen gegenteiligen Effekt auf die Messungen der Gumminess (wenn in Woche 1 hohe Werte gemessen wurden werden diese in Woche 2 geringer).

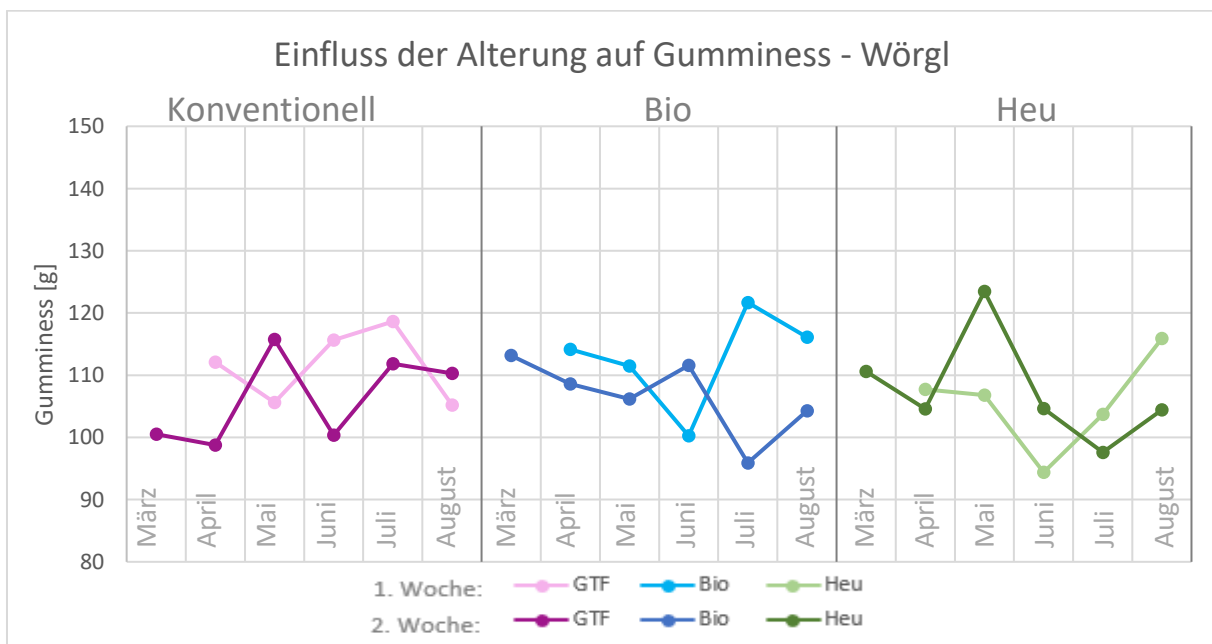


Abbildung 35: Gumminess über die Messperiode (Monate) des Joghurts, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Wörgl)

5.1.2. Synärese

Bei der Bildung von stichfestem Joghurt setzt sich über dem gefällten Gel eine Flüssigkeit ab (Molke). In jeden Becher werden 100g Fermentationskultur gefüllt, je weniger Molke gebildet wird desto mehr Joghurtgel entsteht.

Innerhalb der sechs Monate kann man bei beiden Werken einen Abwärtstrend in Masse an gebildeter Molke erkennen (2,5% auf 1,7%). Dadurch sollten die gebildeten Joghurts eine höhere Festigkeit besitzen, da es zu weniger Strukturzerstörung und dadurch zu einem geringeren Molkenaustritt kommt.

Alle Sorten aus Wörgl sind in ihrem Verhalten sehr ähnlich. Der Wert im Mai der Biomilch, zählt als Ausreißer da er einem Fehler in der Zubereitung (zu starker Abfall des pH-Werts von 4,6 auf 4,36 – deshalb fand eine Wiederholung des Experiments eine Woche später statt, siehe Abbildung 37) verschuldet ist.

Die Variation der Werte innerhalb der Proben von Aschbach ist wesentlich größer.

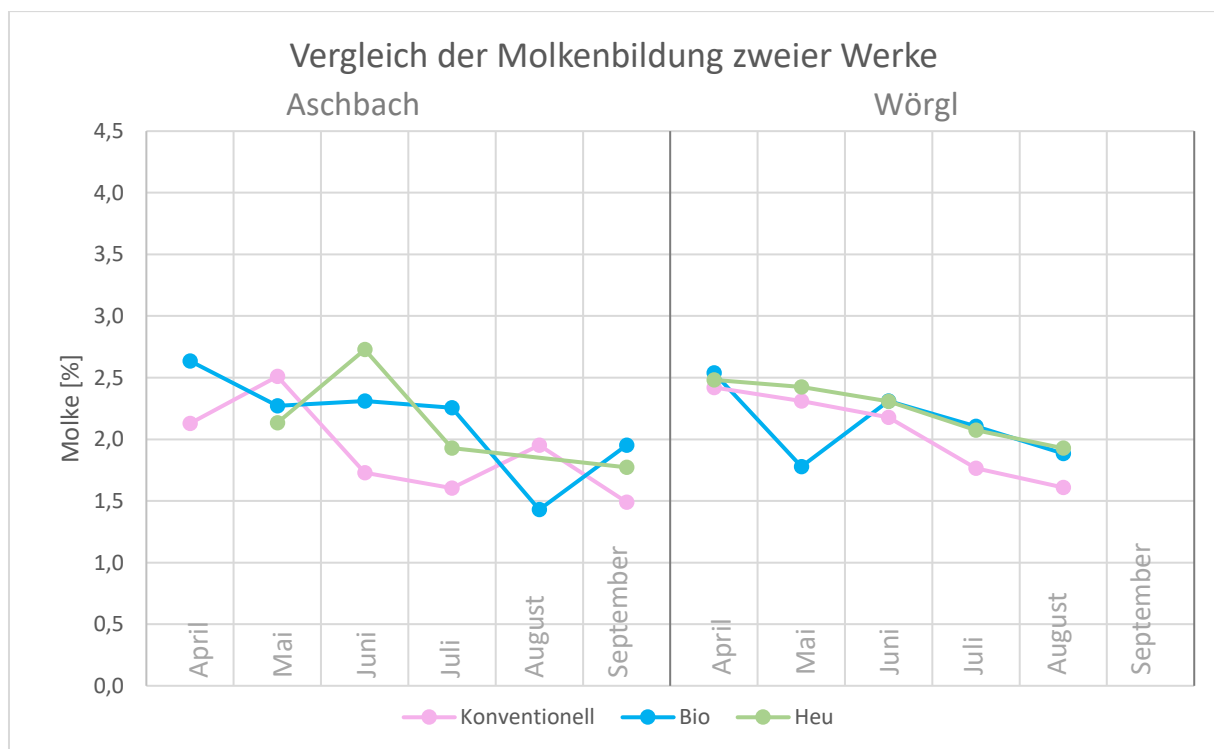


Abbildung 36: Molkenbildung im Vergleich, Molke über die Messperiode (Monat) in zwei Werken (Aschbach und Wörgl)

Aschbach:

Der Vergleich der Messungen der 1. Woche und der 2. Woche in Aschbach zeigen, dass kein klarer Einfluss der Milchalterung erkennbar ist. Innerhalb der Biomilch zeigt die 2. Woche (bis auf die Ausnahme im August) einen niedrigeren Wert. Die konventionelle Milch zeigt keine Auswirkung der Alterung auf die Molke. Der hohe Wert von über 4% kann nicht logisch erklärt werden, da es keine negativen Einflussfaktoren innerhalb der Produktion gab.

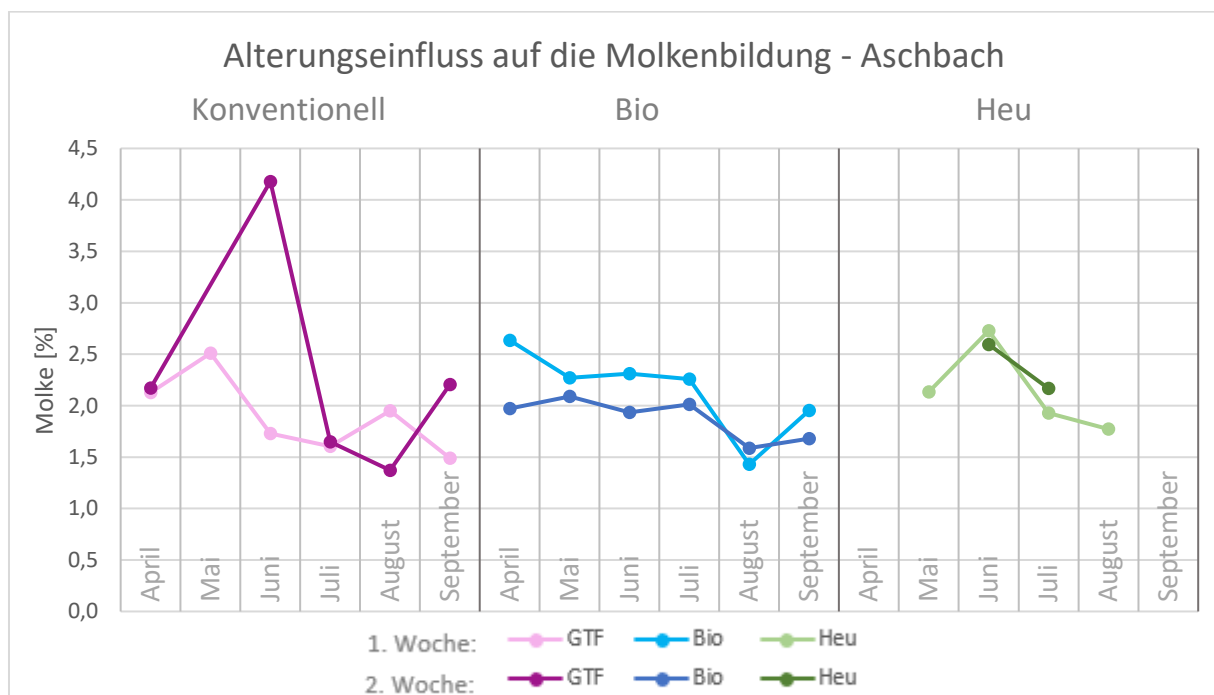


Abbildung 37: Molkenaustritt über die Messperiode (Monat) des Topfens, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

Wörgl:

In der Molkerei von Wörgl unterscheiden sich die drei verschiedenen Milchsorten weniger stark voneinander. Die Milchalterung zeigt keinen klaren Einfluss, jedoch ist eine positive Tendenz zu weniger Molke sichtbar (besonders ausgeprägt bei der Heu-Milch).

Generell sind aber bei der Molkenausbeute kaum Unterschiede zwischen den drei Milchsorten erkennbar. Sie schwanken zwischen 1,5 - 2,5%.

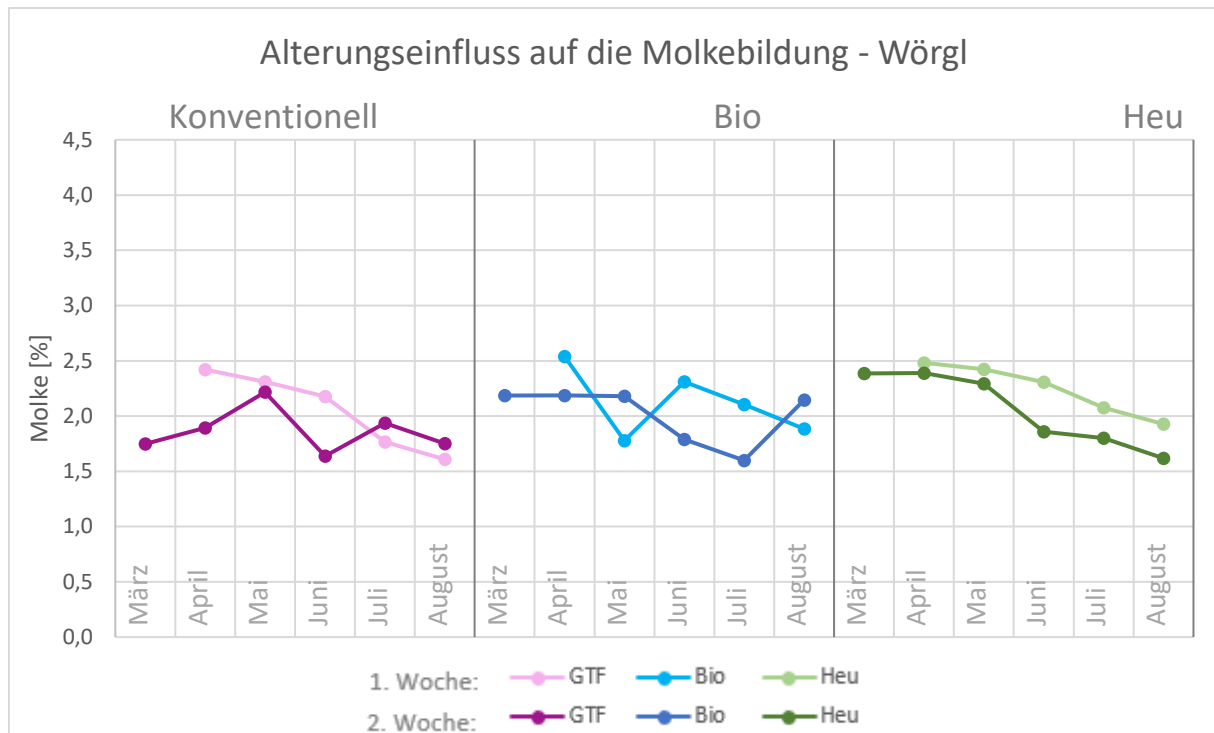


Abbildung 38: Molkenaustritt über die Messperiode (Monat) des Topfens, links „Gentechnikfrei“, mitte „Bio“, rechts „Heu“ (Aschbach)

5.1.2.1. Hardness vs. Molke

Der Unterschied zwischen den zwei Werken ist gering, obwohl die Aufzeichnungen aus Aschbach eine größere Varianz zeigen als jene aus Wörgl. Es ist bei beiden Werken kein direkter Zusammenhang zwischen der maximalen Kraft („Hardness“) und der Molkenbildung zu erkennen. Die Theorie würde besagen, dass eine höhere Synärese zu einem stabileren Gel führt und damit eine höhere Kraft zur Zerstörung der Gelmatrix benötigt wird. Das kann mit den durchgeführten Experimenten nicht bestätigt werden.

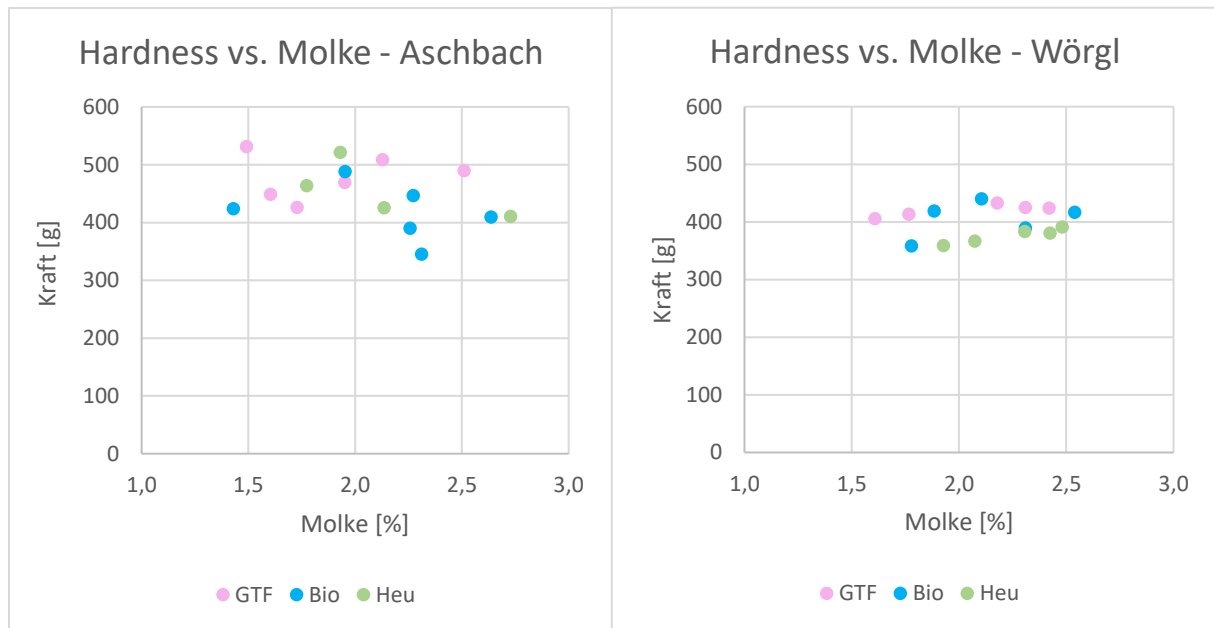


Abbildung 39: Molke gegen die max. Kraft. im Vergleich der zwei Regionen (Aschbach und Wörgl)

5.1.2.2. Adhesiveness vs. Molke

Beim Vergleich der beiden Werke ist wieder erkennbar, dass die Messwerte aus Aschbach stärker variieren als jene aus Wörgl. Der Zusammenhang zwischen Adhesiveness und Molke zeigt in beiden Werken eine geringfügige indirekte Proportionalität der Adhesiveness bei einer höheren Molkenmenge.

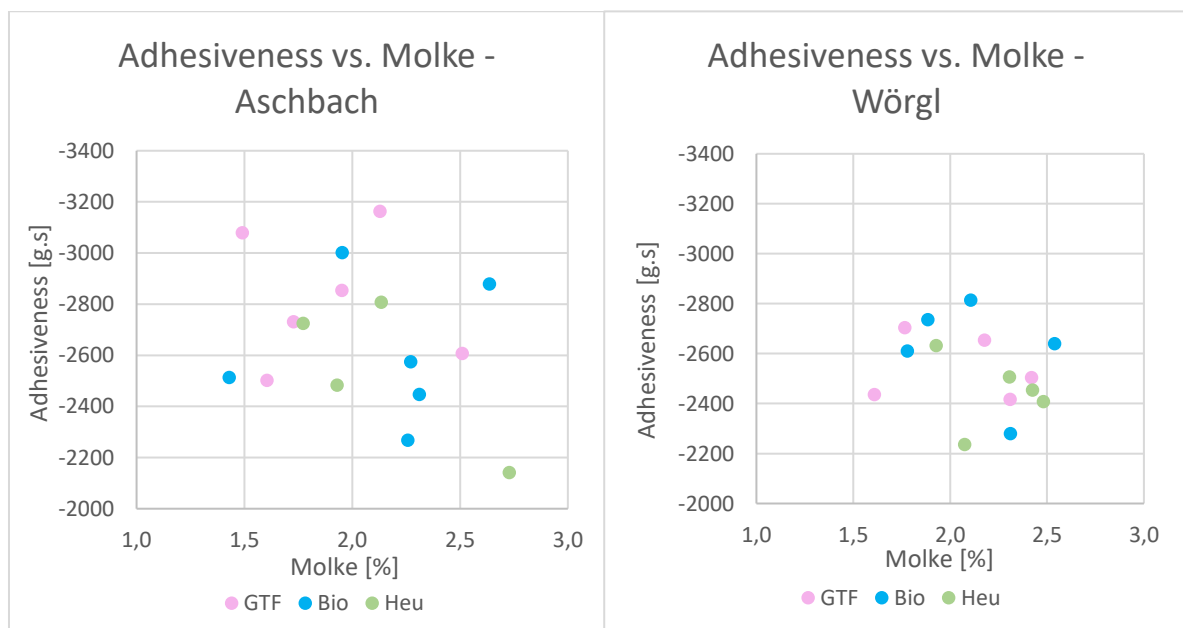


Abbildung 40: Adhesiveness gegen Molke im Vergleich die zwei verschiedenen Werke

5.1.2.3. Cohesiveness vs. Molke

Die durchgeführten Tests zeigen keinen klaren Einfluss der Molkenbildung auf die Cohesiveness des Joghurts.

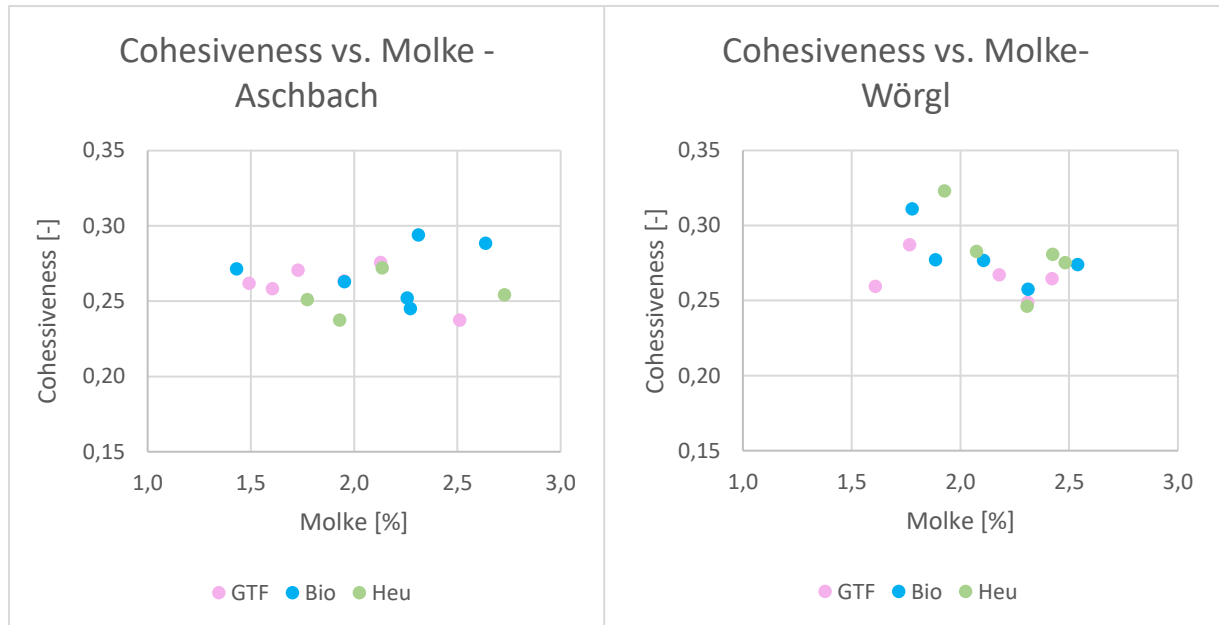


Abbildung 41: Cohesiveness gegen Molke - Vergleich Aschbach und Wörgl

5.1.2.4. Gumminess vs. Molke

Gumminess (Hardness x Cohesiveness) nimmt bei einer höheren Molkenbildung ab, da weniger Wasser im Gel gebunden vorliegt.

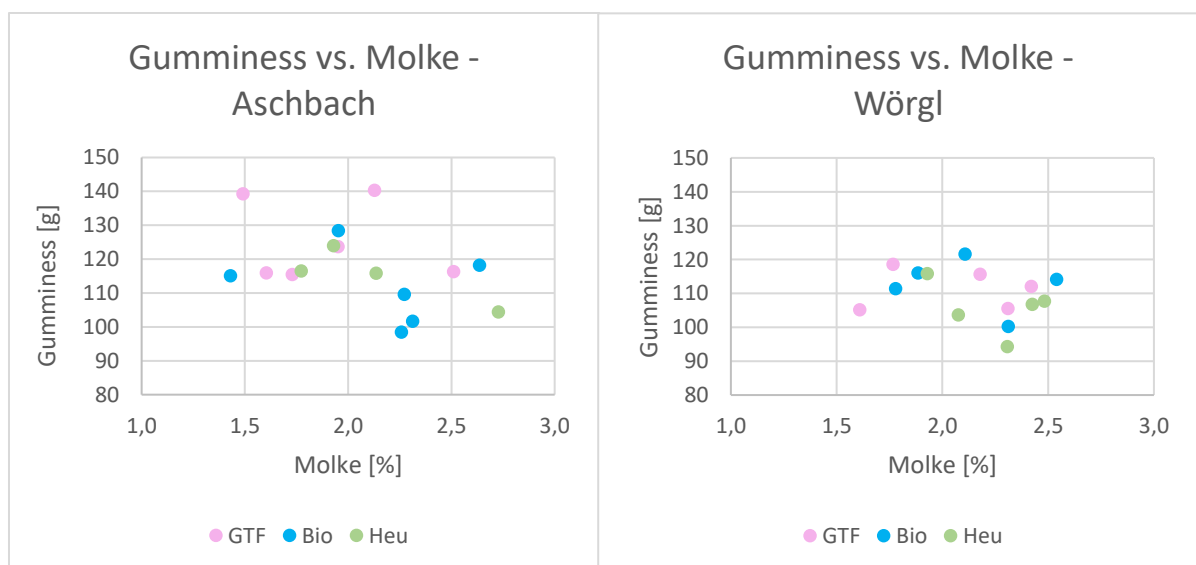


Abbildung 42: Gumminess gegen Molke – Vergleich Aschbach und Wörgl

5.1.3. Gelbildung

Die Zeit bis zur Gelbildung zeigt an wann die Säurefällung von Casein begonnen hat und die Viskosität des Joghurts von niedrig viskos zu der einer viskoelastischen Struktur wechselt. Definiert ist dieser Zeitpunkt als jener, wenn $G' > 1\text{Pa}$ (J.A. Lucey, P.A. Munro, H. Singh 1999).

Die Aufzeichnung der Gelbildung über die Saison zeigt innerhalb der Region Aschbach keine klaren Tendenzen. Wörgl zeigt hingegen im Juli einen Abfall der Gelbildungszeit, der Sorten GTF und Heu.

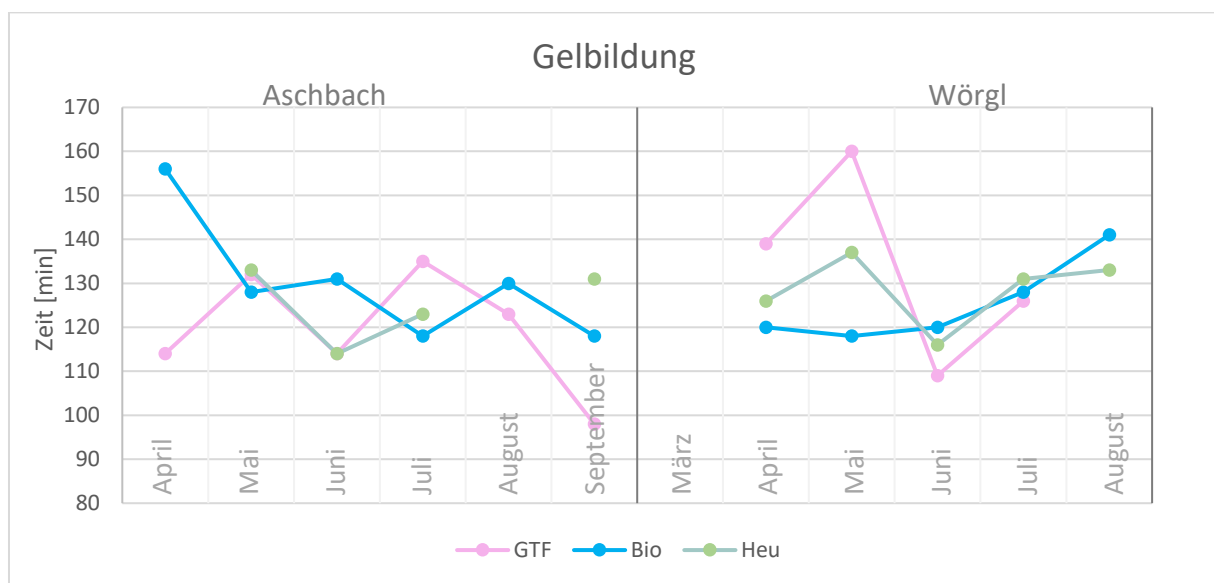


Abbildung 43: Saisonaler Einfluss auf die Gelbildungszeit - Vergleich der Regionen (Aschbach, Wörgl)

Aschbach:

Der Vergleich der Sorten innerhalb Aschbachs (Abbildung 44) zeigt keine klaren Unterschiede zwischen den Zeiten bis zur Gelbildung, da diese innerhalb der Messperiode stark schwanken. Eine leichte abwärts Tendenz ist nur bei der Sorte Bio erkennbar. Die Lagerdauer der Milch hat keinen signifikanten Einfluss auf die Gelbildungszeit, sie schwankt zwischen 98 und 156 Minuten.

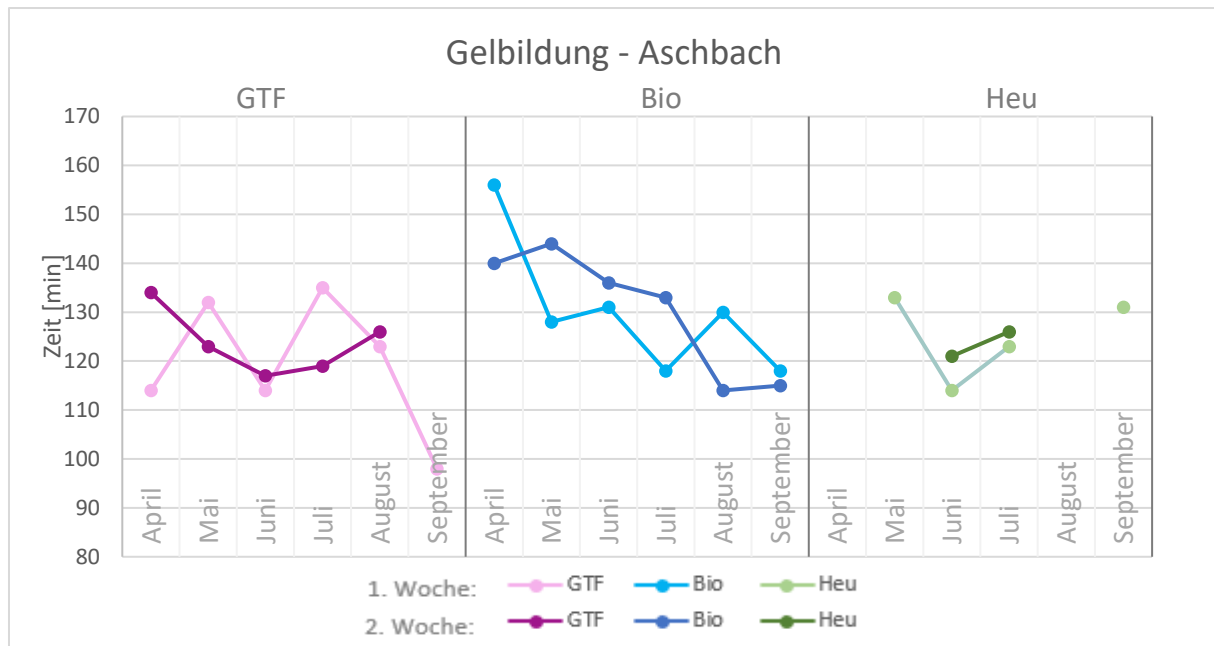


Abbildung 44: Vergleich der Gelbildung innerhalb Aschbachs zwischen den Milchsorten (GTF, Bio, Heu)

Wörgl:

Innerhalb der Proben aus Wörgl sieht man keinen Zusammenhang zwischen Lagerung und Gelbildung. Woche 1 und Woche 2 der Messungen zeigen nicht dasselbe Verhalten, ausgenommen Heu-Joghurt, welches auch eine Absenkung der Gelbildungszeit im Juni zeigt. Ein Unterschied zwischen den Sorten ist nicht zu erkennen. Die Gelbildungszeit schwankt zwischen 109 bis 160 Minuten.

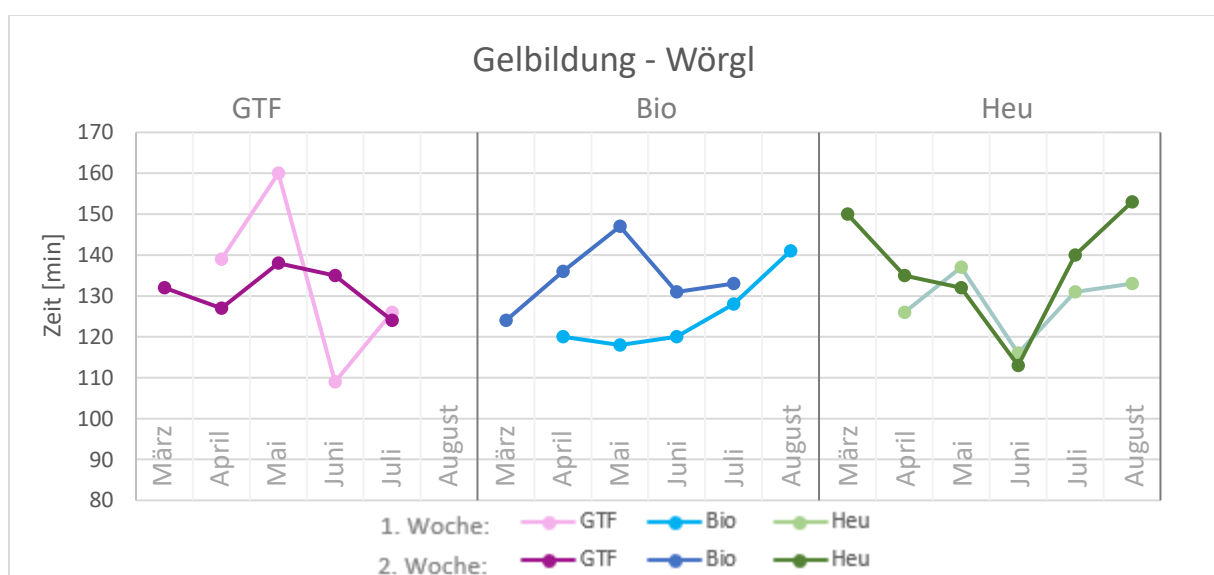


Abbildung 45: Vergleich der Gelbildung innerhalb Wörgls zwischen den Milchsorten (GTF, Bio, Heu)

Weder Herkunft noch Sorte haben einen signifikanten Einfluss auf die Gelbildungszeit. Diese dauert im Schnitt 130 Minuten. Dabei benötigt die Milch aus Aschbach im Mittel kürzer als jene aus Wörgl. Im Mittel lässt sich erkennen, dass die Alterung der Milch den Gelbildungsprozess geringfügig verlangsamt (Aschbach: Woche 1 = 125 Minuten, Woche 2 = 127 Minuten; Wörgl: Woche 1 = 129 Minuten, Woche 2 = 134 Minuten). Innerhalb der Milchsorte kann dieses Ergebnis nicht bestätigt werden.

Tabelle 6: Zeit bis zur Gelbildung - Aschbach

	Gelbildungszeit [min]					
	GTF		Bio		Heu	
	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2
April	114	134	156	140		
Mai	132	123	128	144	133	
Juni	114	117	131	136	114	121
Juli	135	119	118	133	123	126
August	123	126	130	114		
September	98		118	115	131	
Mittelwert	119	124	130	130	125	124
Standardabweichung	14	7	14	13	9	4

Tabelle 7: Zeit bis zur Gelbildung - Wörgl

	Gelbildungszeit [min]					
	GTF		Bio		Heu	
	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2
März		132		124		150
April	139	127	120	136	126	135
Mai	160	138	118	147	137	132
Juni	109	135	120	131	116	113
Juli	126	124	128	133	131	140
August			141		133	153
Mittelwert	134	131	125	134	129	137
Standardabweichung	22	6	10	8	8	14

5.1.3.1. Rheologische Messungen

Verlustfaktor:

Kurz vor der Gelbildung kommt es zu einer temporären Erhöhung des Verlustfaktors $\tan(\delta)$. Der maximal Wert von $\tan(\delta)$ ist durchschnittlich 4 Minuten vor dem Gelbildungspunkt, dieser Wert ist stabil und zeigt keine Einflüsse durch die untersuchten Einflussfaktoren (Saison, Region, Sorte, Alter).

Der Anstieg des Verlustfaktors zeigt an, dass die Probe vom viskosen Bereich in den viskoelastischen Bereich wechselt.

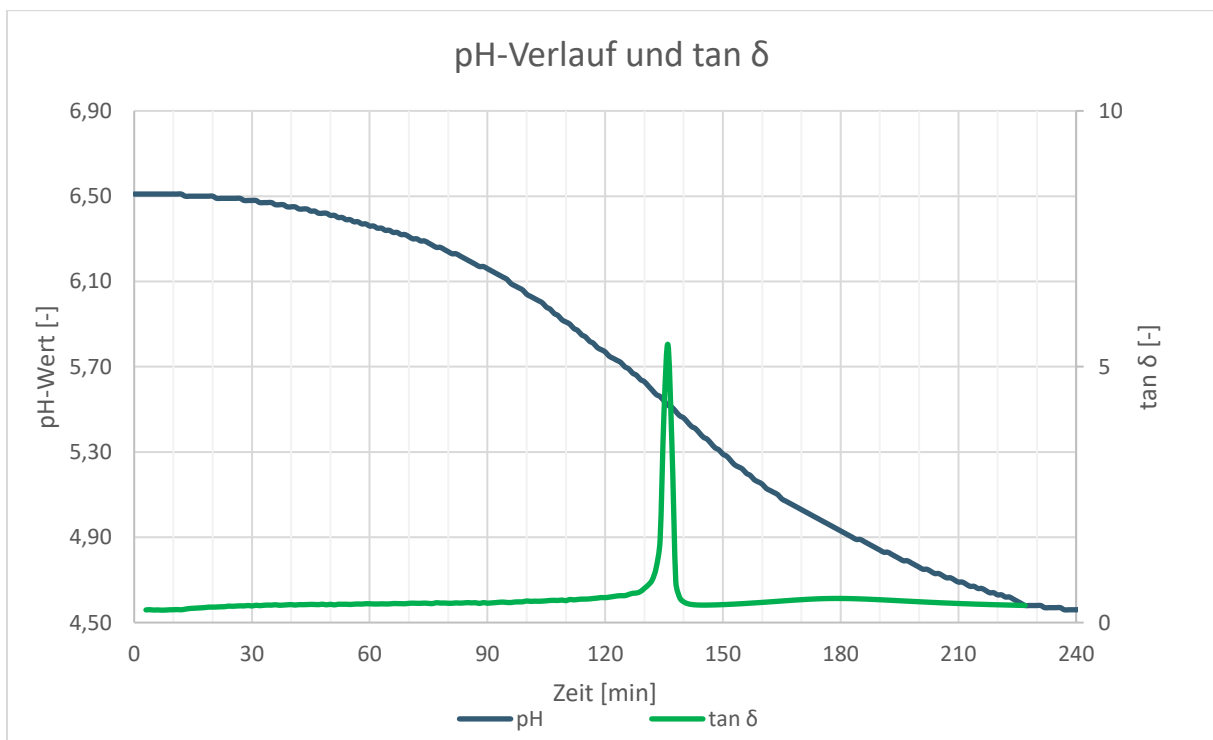


Abbildung 46: Aufzeichnung von $\tan \delta$ über die Zeit mit Vergleich zum herrschenden pH-Wert (Messung von 24.4.2018)

Dynamische Viskosität und Speichermodul:

In Abbildung 46 ist zu sehen wie die dynamische Viskosität zunimmt, ab dem Moment wo auch der Speichermodul G' höher wird. Der markierte Gelbildungspunkt (grüner Kreis) ist, wenn das Speichermodul größer als 1Pa ist ($G' > 1$).

Der Speichermodul G' ist während der Anfangszeit leicht positiv, kurz vor dem Gelbildungspunkt sinkt er ab, um gleich danach einen Wert von über 100Pa anzunehmen.

Der kurze Einbruch von G' vor dem Gelbildungspunkt ist, wenn der Verlustfaktor $\tan \delta$ steigt, dabei wird die Probe kurz „flüssiger“ bevor das Speichermodul steigt und anzeigt, dass aus der flüssigen Probe ein festes Gel geworden ist. Warum sich dieses Verhalten zeigt ist in der bekannten Literatur nicht beschrieben. Eine Möglichkeit ist, dass durch das Fällern der Caseinmicellen und den kurzfristig freien Proteinketten die Viskosität der Probe sinkt, bevor sie sich zu der neuen Gelmatrix zusammenschließen.

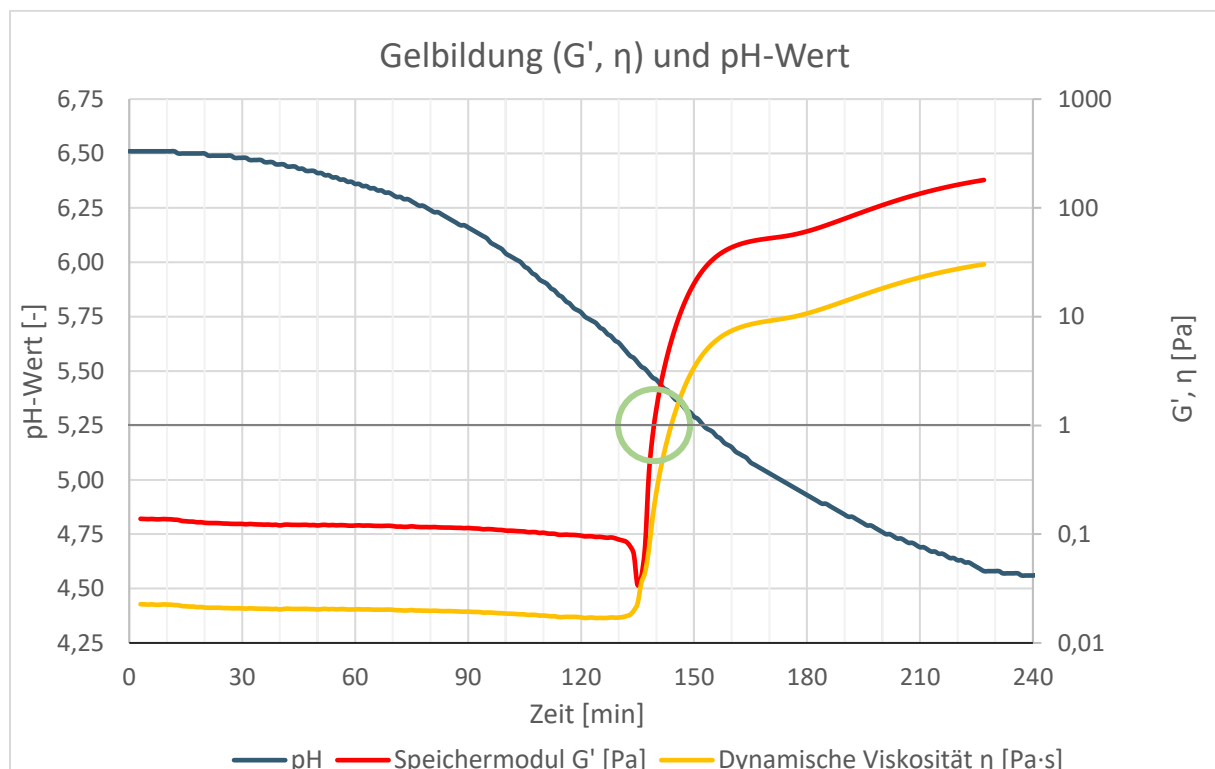


Abbildung 47: Aufzeichnung von Speichermodul und dynamischer Viskosität (logarithmische Skalierung) über die Zeit mit pH-Vergleich (Messung von 24.4.2018)

5.2. Topfen

5.2.1. Trockenmasse

Die mittels Infrarot-Trocknung gemessenen Trockenmassen der Milch, des Topfens und der Molke sind in Abbildung 48 aufgetragen. Der Vergleich zwischen den zwei Molkereien zeigt, dass die Trockenmasse des Topfens (GTF, Bio, Heu) aus Wörgl generell im Mai und Juni höher ist als jene im Juli und im August wieder ansteigt. Im Gegensatz dazu hat der Topfen aus Bio-Milch in Aschbach sein Maximum im Juli während auch hier GTF- und Heu-Milch ihre höchste Trockenmasse schon im Juni haben. Aus der Trockenmasse einer Milch lässt sich ablesen ob es saisonal bedingte Schwankungen des Feststoffgehalts gibt. Hier zeigt sich nur eine leichte Erhöhung innerhalb der GTF-Milch im Juni (welche wiederum einen leichten Anstieg der Trockenmasse des Topfens zufolge hat).

Die Molken-Trockenmasse ist über die gemessenen sechs Monate annähernd konstant, mit Ausnahme der Bio-Molke (Wörgl) im April. Dort ist der Trockenmasseanteil der Molke höher, was im Umkehrschluss eine geringere Trockenmasse des Topfens bedeutet.

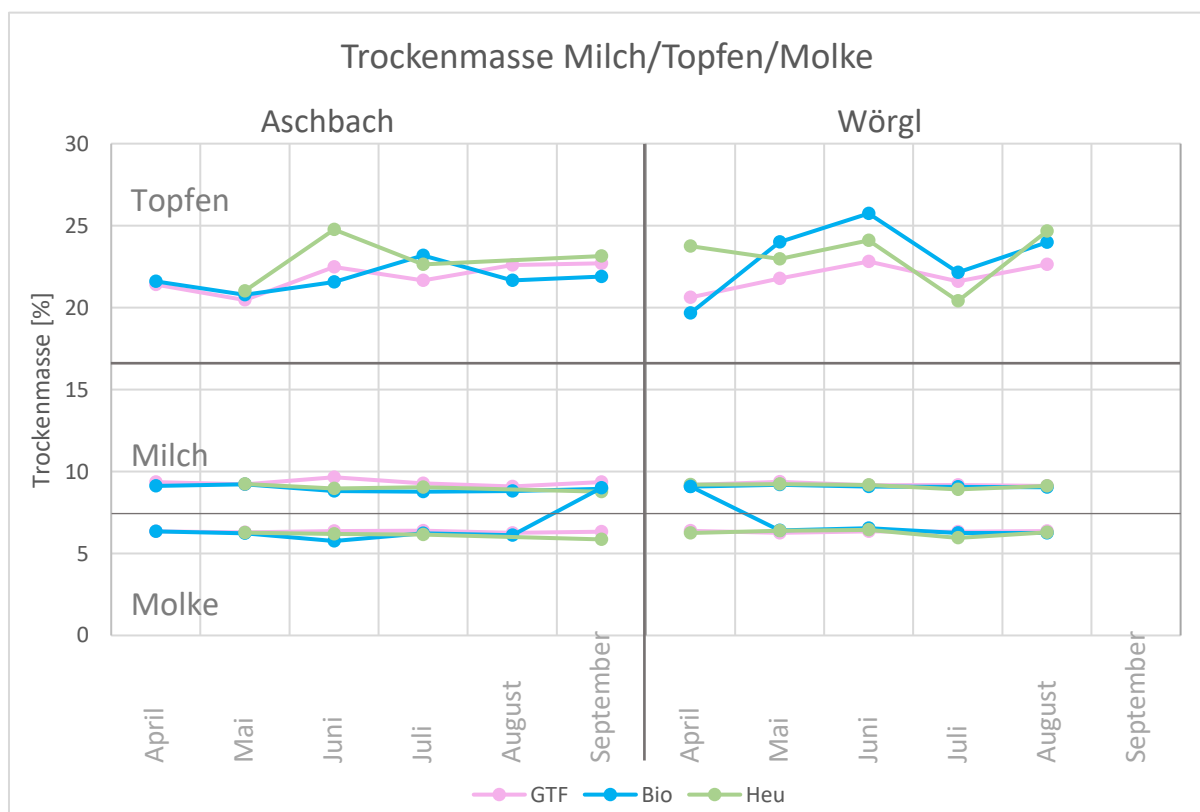


Abbildung 48: Trockenmasse [%] der Topfenproduktion (Topfen, Molke, Milch)

Aschbach:

Der Vergleich der drei Milchsorten zeigt, dass die Topfen-Trockenmassen bei allen Sorten zwischen 20-25% liegen. Es gibt dabei keine Milch die besonders positiv hervor sticht. Der Vergleich zwischen frischer- (Woche 1) und gealterter Messung (Woche 2) zeigt Unterschiede. Es können jedoch keine kontinuierlichen (über die Messperiode von sechs Monaten konstanten) Einflüsse auf die Topfen-Trockenmasse festgestellt werden. Durch die wenigen Messpunkte der Heu-Milch in Woche 2 kann keine Aussage über die Alterungseinflüsse getroffen werden.

Die Molken-Trockenmasse zeigt über die Messperiode keine Änderung durch Alterung der Milch oder saisonale Bedingungen. Die Molken Trockenmasse ist über alle Milchsorten gesehen sehr konstant mit 6%. Die Trockenmasse der Molke besteht aus Laktose und dem kleineren Teil der Gesamtproteine, den Molkenproteinen (Albumine und Globuline) welche gelöst enthalten sind. (Robert Ebermann 2011)

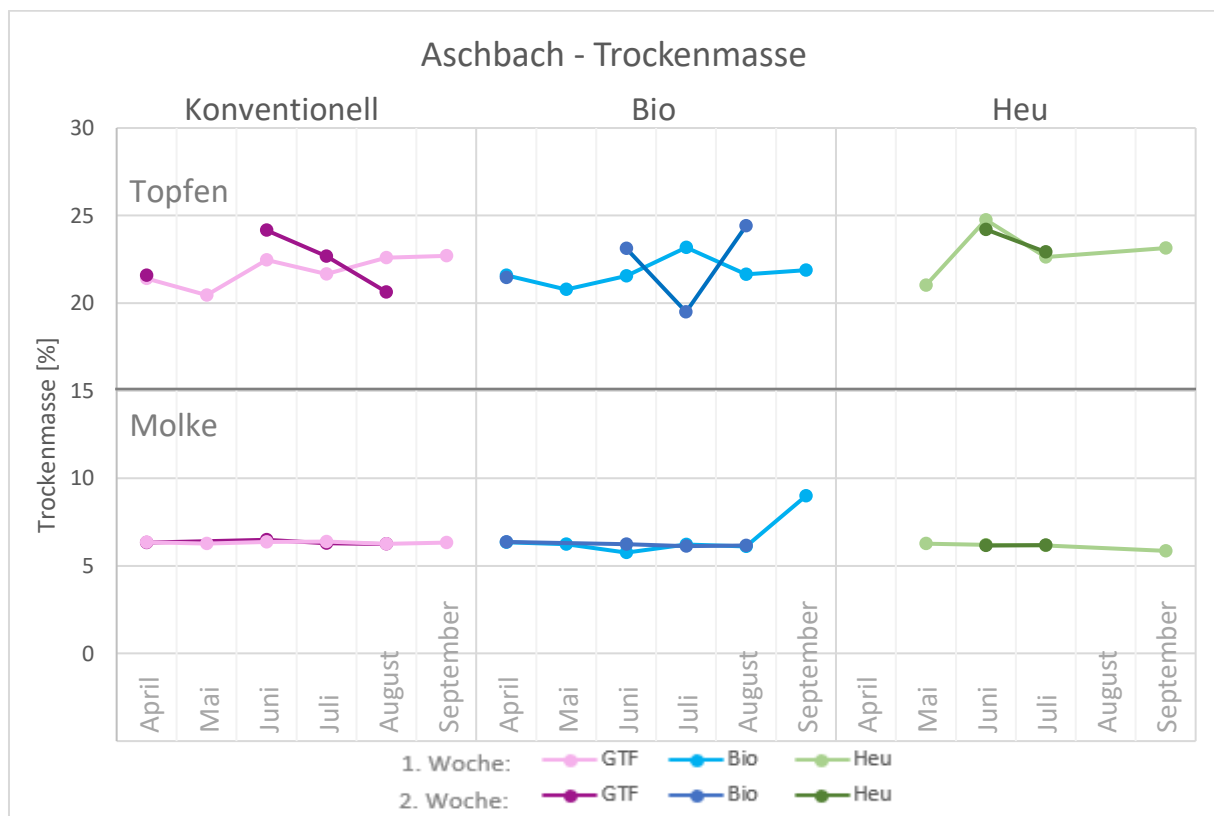


Abbildung 49: Trockenmasse Topfen und Molke - Aschbach

Wörgl:

Die Molken-Trockenmasse zeigt wieder über die Messperiode kaum Unterschiede. Die Alterung der Milch hat ebenfalls keinen Einfluss. Bei dem im April produzierten Bio-Topfen (Woche 1) sieht man einen negativen Einfluss der hohen Molke-TM auf die niedrige Topfen-TM. Im Juli (Woche 2) zeigt sich eine gegenteilige Situation, dabei wird die Molken-TM geringer und dafür steigt die Topfen-TM.

Innerhalb der Topfen-Trockenmasse sieht man nur geringe Schwankungen der konventionellen Milch über die beobachteten 6 Monate. Bio- und Heu-Topfen Trockenmasse zeigen einen höheren Schwankungsbereich zwischen 19% und 26%. Dabei sieht man keine Zusammenhänge zwischen der Trockenmasse und der Alterung.

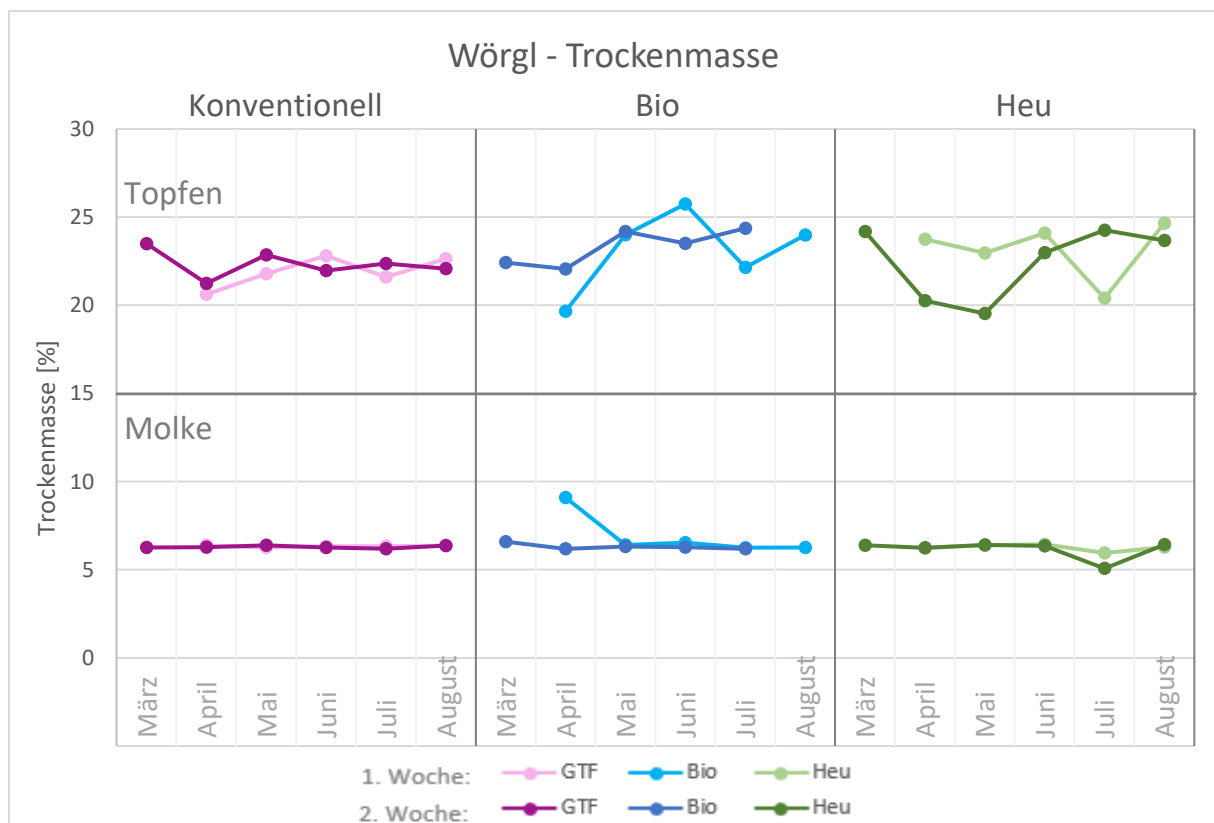


Abbildung 50: Trockenmasse Topfen und Molke – Wörgl

5.2.2. Ausbeute

Die Massenausbeute an Topfen entspricht ungefähr einem Viertel der eingesetzten Milchmenge für die Produktion. Saisonale Einflüsse sind gering, wenn dann fällt auf, dass die Massenausbeute der gentechnikfreien Milch (GTF) im Juni sowohl mit der Milch aus Aschbach als auch aus Wörgl leicht steigt.

Allgemein sind Massenausbeuten aus Wörgl über die gemessenen fünf Monaten sehr konstant zwischen 22% und 24%. Es ist kaum ein Unterschied in der Ausbeute des Heumilch-Topfens zu bemerken. Im Gegensatz dazu kann man einen geringen Einbruch der Topfenausbeute des Bio-Topfens im Juni erkennen.

Bei den Proben aus Aschbach wurden zusätzlich zum Magertopfen auch zweimal andere Topfen hergestellt (jeweils mit einem Fettgehalt von 1,1% (Heu-Milch) und 2,2% (Bio-Milch)). Bei diesen beiden Proben fällt auf, dass ein höherer Fettgehalt eine höhere Ausbeute zufolge hat, da das zusätzliche Fett mit dem Casein Proteinen als Topfenmasse von der Molke abgetrennt wird. In Aschbach fällt auf, dass die Proben aus Heu- und Bio-Milch sehr wenig saisonale Änderung in ihrer Ausbeute zeigen.

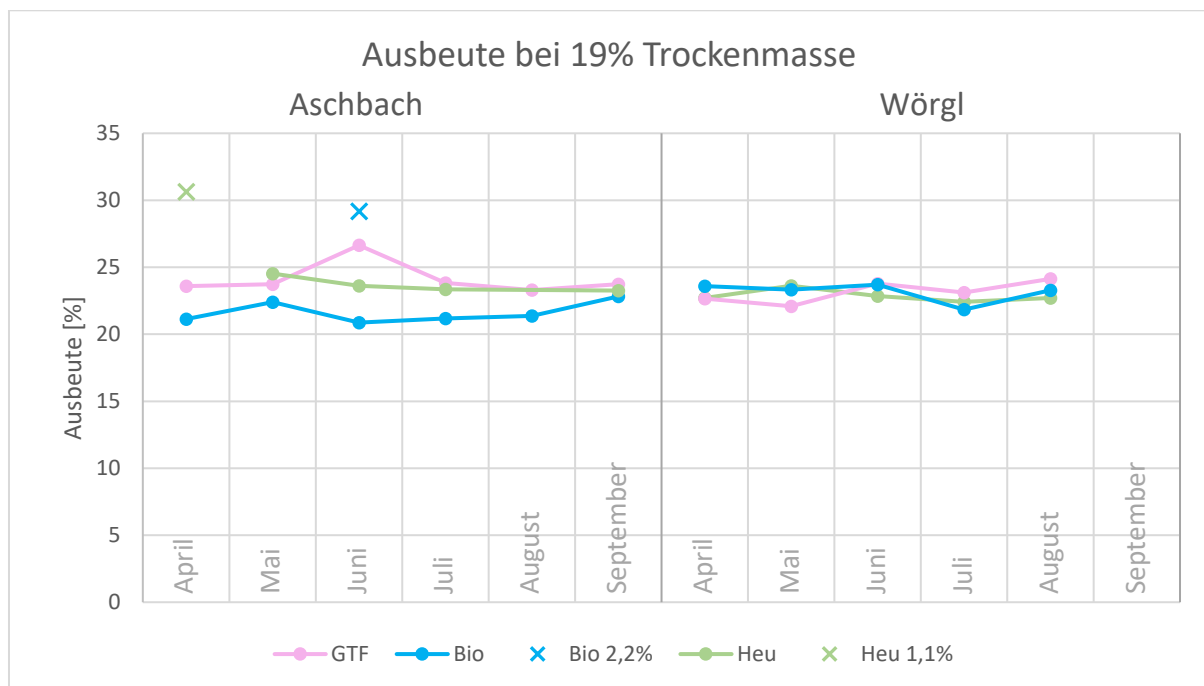


Abbildung 51: Topfenausbeute bei 19% Trockenmasse

5.2.2.1. Trockenmasse gegen Ausbeute

Die Abbildung 49 zeigt den Zusammenhang zwischen der Trockenmasse [%] und der Ausbeute. Hier ist erkennbar, dass die Proben aus Aschbach wesentlich stärker in ihrer Trockenmasse streuen als jene aus Wörgl.

Die Trockenmasse der Milch schwankt in einem sehr kleinen Bereich von $9 \pm 0,5\%$, dadurch sieht man keine eindeutigen Einflüsse der Milch-Trockenmasse auf die Ausbeute an Topfen.

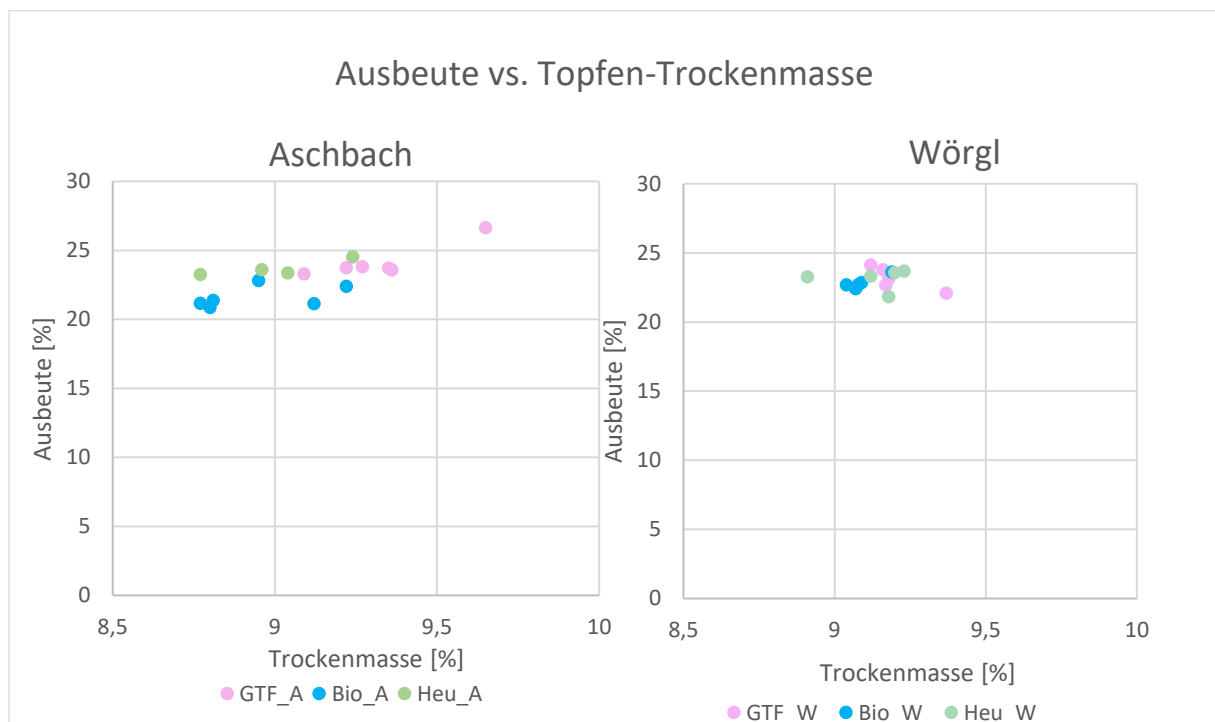


Abbildung 52: Vergleich zwischen der Topfen-Trockenmasse und Topfen-Ausbeute (1. Woche)

Aschbach:

Der Vergleich der mittleren Ausbeute-Werte innerhalb des Werkes Aschbach zeigt, dass zwischen den Milchsorten GTF ($24,14 \pm 1,24\%$) und Heu ($23,69 \pm 0,28\%$) kein signifikanter Unterschied besteht. Im Gegensatz dazu steht die Bio-Milch mit geringerer Ausbeute von $21,63 \pm 0,79\%$.

Diesen Trend sieht man auch innerhalb der Milch-Trockenmasse. Zwischen den Sorten GTF ($9,32 \pm 0,19\%$) und Heu ($9,00 \pm 0,09\%$) ist kaum ein Unterschied, die konventionelle Milch zeigt aber über die Messperiode die höchste Trockenmasse. Auch hier hat die Bio-Milch eine geringere Trockenmasse mit $8,95 \pm 0,19\%$ (durch die geringere Ausgangstrockenmasse der Milch kann auch die Ausbeute nicht mehr sein als bei den anderen Milchsorten).

Tabelle 8: Trockenmasse und Ausbeute von konventioneller (gentechnikfreier) Milch – **GTF**

Monat	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]
April	Aschbach	9,36	23,59	Wörgl	9,17	22,67
Mai	Aschbach	9,22	23,74	Wörgl	9,37	22,09
Juni	Aschbach	9,65	26,64	Wörgl	9,16	23,79
Juli	Aschbach	9,27	23,82	Wörgl	9,18	23,11
August	Aschbach	9,09	23,30	Wörgl	9,12	24,13
September	Aschbach	9,35	23,73			
Mittelwert:		9,32	24,14		9,20	23,16
Standardabweichung:		0,19	1,24		0,10	0,83

Tabelle 9: Trockenmasse und Ausbeute von **Bio-Milch**

Monat	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]
April	Aschbach	9,12	21,14	Wörgl	9,19	23,62
Mai	Aschbach	9,22	22,39	Wörgl	9,09	22,85
Juni	Aschbach	8,80	20,87	Wörgl	9,08	22,72
Juli	Aschbach	8,77	21,17	Wörgl	9,07	22,42
August	Aschbach	8,81	21,38	Wörgl	9,04	22,70
September	Aschbach	8,95	22,82			
Mittelwert:		8,95	21,63		9,09	22,86
Standardabweichung:		0,19	0,79		0,06	0,45

Tabelle 10: Trockenmasse und Ausbeute von **Heu-Milch**

Monat	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]	Werk	Trockenmasse Milch [%]	Ausbeute [%]
April				Wörgl	9,2	23,59
Mai	Aschbach	9,24	24,53	Wörgl	9,23	23,70
Juni	Aschbach	8,96	23,61	Wörgl	9,18	21,84
Juli	Aschbach	9,04	23,36	Wörgl	8,91	23,28
August	Aschbach	8,77	23,26	Wörgl	9,12	23,33
September						
Mittelwert:		9,00	23,69		9,13	23,15
Standardabweichung:		0,19	0,58		0,13	0,75

Wörgl:

Die Milch-Trockenmassen aus Wörgl sind über die Messperiode zwischen 9,00% und 9,30%, ohne signifikante Unterschiede.

Das zeigt sich auch in den sehr ähnlichen Ausbeuten aller drei Milchsorten. Durch ihre geringe Schwankungsbreite gibt es keine sichtbaren Abweichungen, und alle Milchsorten sind als gleich gut geeignet für die Topfenproduktion anzusehen.

5.2.3. Gelbildung

Die Gelbildung (Ausfällen der Caseine) dauert unterschiedlich lange. Durch eine Erhöhung der Zugabe an Lab hätte die Gelbildungsdauer verkürzt werden können, was jedoch einen großen Kostenfaktor bedeutet hätte. Die Gelbildung tritt dann auf, wenn G' (Speichermodul) auf einen Wert über 1 steigt. Durch die immer gleiche Menge an zugegebenem Lab, ist der Einfluss durch Lab konstant und anhand der Änderungen innerhalb der Gelbildungszeit kann betrachtet werden ob Saison, Alterung oder Region einen Einfluss auf die Dauer der Fällung hat.

Die Ergebnisse von Chen, dass die Saison sich auf die Lab-Gerinnungszeit auswirkt, wird durch die gewonnenen Ergebnisse nicht klar bestätigt. (Chen et al. 2014)

In Aschbach variieren die gemessenen Werte stark, das lässt keinen Rückschluss auf einen möglichen Einfluss der Saison zu. Die Werte in Wörgl zeigen jedoch im Juli einen deutlichen Rückgang der Dauer bis zur Gelbildung.

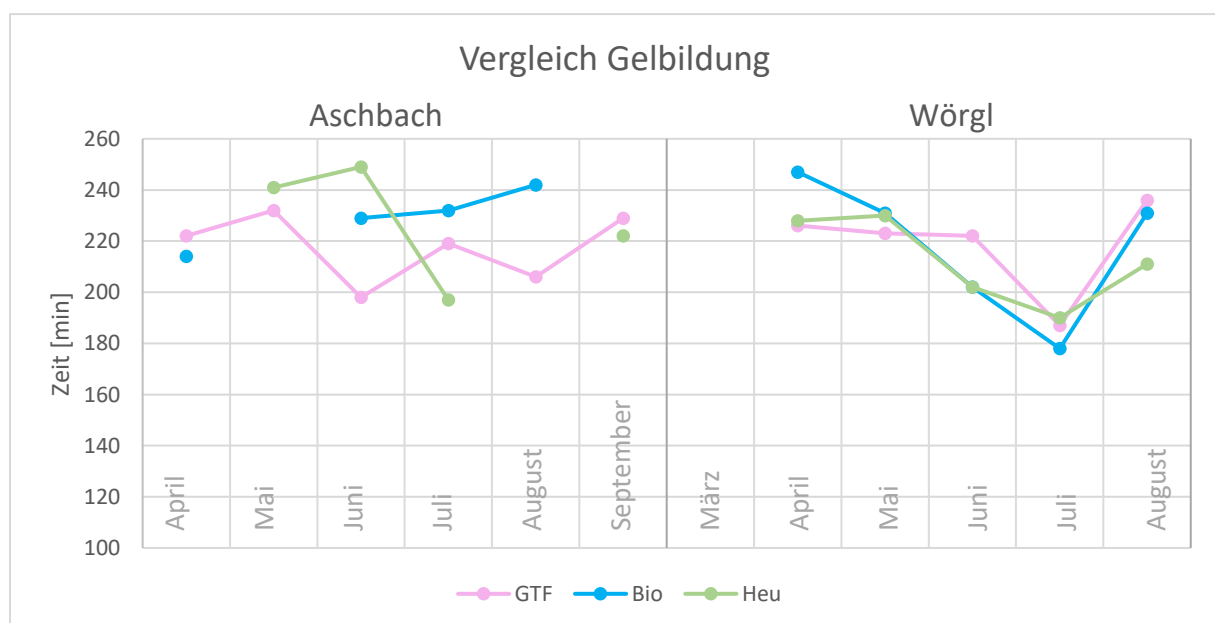


Abbildung 53: Vergleich der Gelbildung der beiden Werke (Aschbach und Wörgl) über die Saison in Versuchswoche 1

Aschbach:

In Aschbach ist kein Trend innerhalb einer Saison erkennbar, auch ein Lagerungseffekt in Woche 2 ist nicht sichtbar. Zwischen den Milchsorten kann man keine Unterschiede erkennen, alle schwanken über den Messzeitraum. Allgemein ist eine Aussage zu Bio und Heu schwer da nur wenige Messwerte vorliegen.

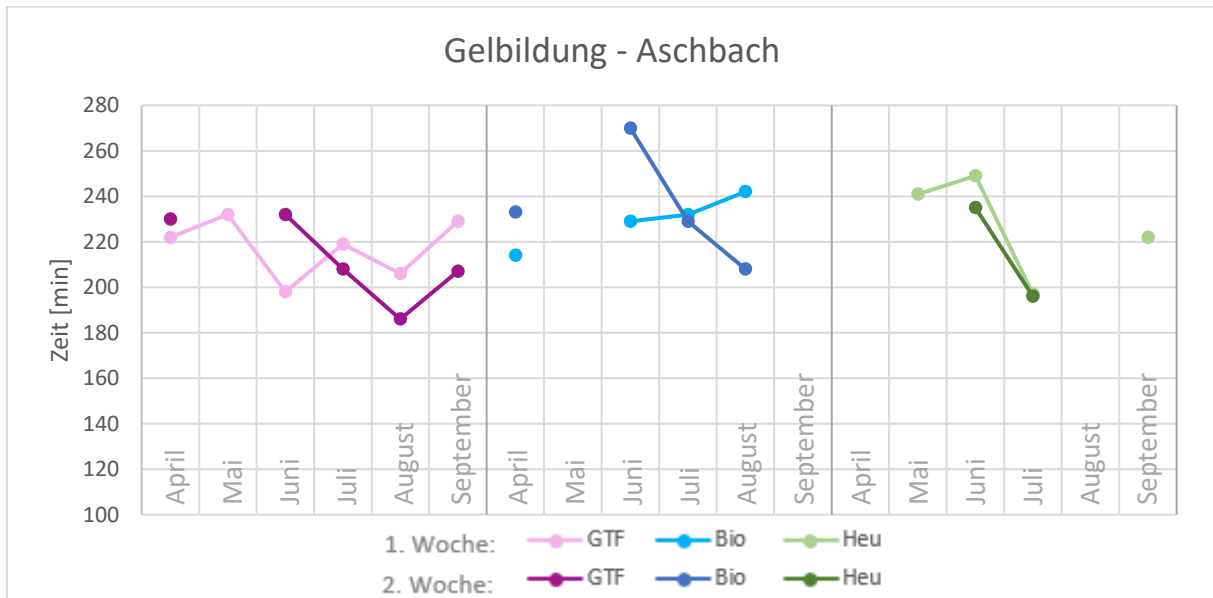


Abbildung 54: Gelbildung der Region Aschbach, Vergleich der drei Milchsorten (GTF, Bio, Heu)

Wörgl:

Der saisonale Effekt, der in Woche 1 deutlich sichtbar war, ist in Woche 2 nicht mehr merkbar. Ein Einfluss der Lagerung auf die Zeit der Gelbildung ist nicht feststellbar.

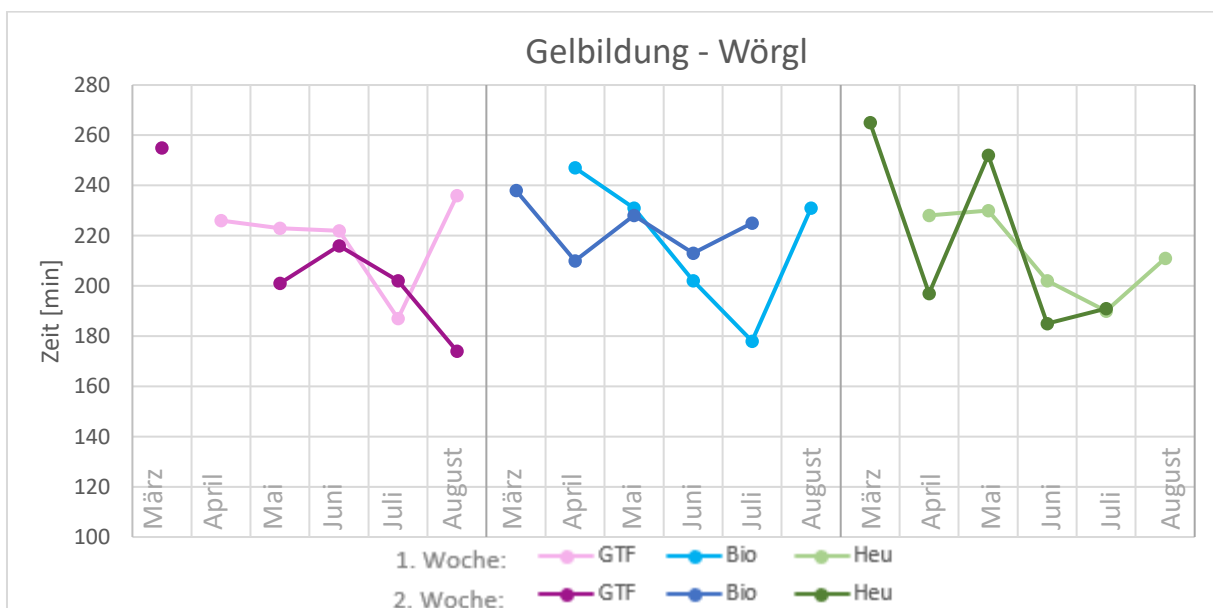


Abbildung 55: Gelbildung der Region Wörgl, Vergleich der drei Milchsorten (GTF, Bio, Heu)

In den Tabellen 12 und 13 sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Gelbildungszeiten aufgetragen. Hierbei kann man keine klaren Tendenzen erkennen, ob eine Sorte Milch besser geeignet ist, da eine hohe Schwankungsbreite vorliegt. Im Vergleich der beiden Werke kann gesagt werden, dass Aschbach mit 224 Minuten (Woche 1) und 221 Minuten (Woche 2) im Mittel eine langsamere Gelbildung besitzt. Im Gegensatz hat Wörgl mit 216 Minuten (Woche 1) und 217 Minuten (Woche 2) eine kürzere Zeitspanne bis die Gelbildung einsetzt. Durch die geringen Abweichungen zwischen den Zeiten der Wochen 1 und 2 können keine Alterungseinflüsse der Milch erkannt werden.

Tabelle 11: Gelbildung Topfen - Aschbach

	Gelbildungszeit [min]					
	GTF		Bio		Heu	
	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2
April	222	230	214	233		
Mai	232		298		241	
Juni	198	232	229	270	249	235
Juli	219	208	232	229	197	196
August	206	186	242	208		
September	229	207			222	
Mittelwert	218	213	229	235	227	216
Standardabweichung	13	19	32	26	23	28

grau...Ausreißer, leer...keine Messwerte vorhanden

Tabelle 12: Gelbildung Topfen – Wörgl

	Gelbildungszeit [min]					
	GTF		Bio		Heu	
	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2	Woche 1	Woche 2
März		255		238		265
April	226		247	210	228	197
Mai	223	201	231	228	230	252
Juni	222	216	202	213	202	185
Juli	187	202	178	225	190	191
August	236	174	231		211	
Mittelwert	219	210	218	223	212	218
Standardabweichung	19	30	28	11	17	37

leer...keine Messwerte vorhanden

5.2.3.1. Rheologische Messungen

Verlustfaktor:

Der Wert des Verlustfaktors $\tan(\delta)$ erhöht sich sprunghaft, im Durchschnitt 30 Minuten bevor es zur Gelbildung ($G' > 1\text{Pa}$) kommt.

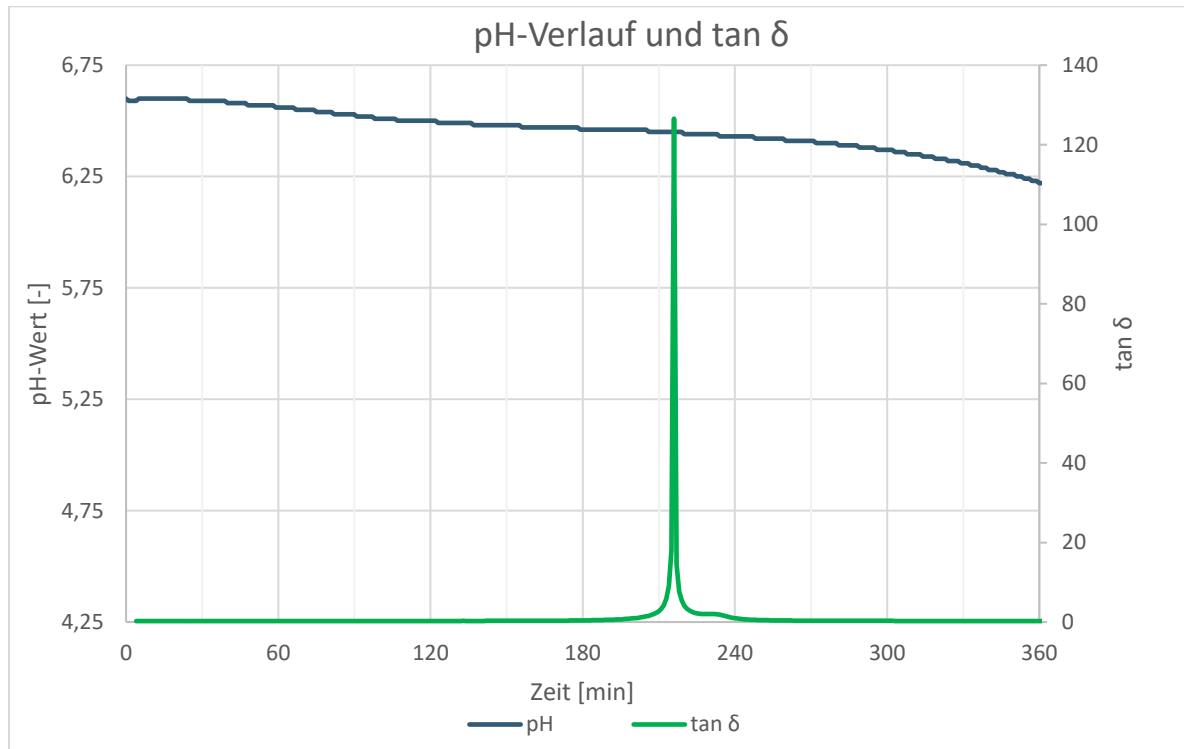


Abbildung 56: $\tan \delta$ über die Zeit mit einem Vergleich des herrschenden pH-Werts (Messung von 19.04.2018)

Dynamische Viskosität und Speichermodul:

Die rheometrische Messung der Gelbildung in Topfen wird nach 6 Stunden beendet. Die dynamische Viskosität steigt wie der Speichermoduls G' bei der Gelbildung an. Kurz vor dem Gelbildungspunkt gibt es einen Einbruch des Speichermoduls, dieser ist in der Literatur nicht beschrieben, könnte aber damit zusammenhängen, dass kurz vor der Gelbildung die Caseinmicellen geöffnet werden. Durch das Lab wird κ -Casein in kleinere Teile para- κ -Casein gespalten, welche sich später mit Ca-Ionen verbinden und die Gelmatrix bilden.

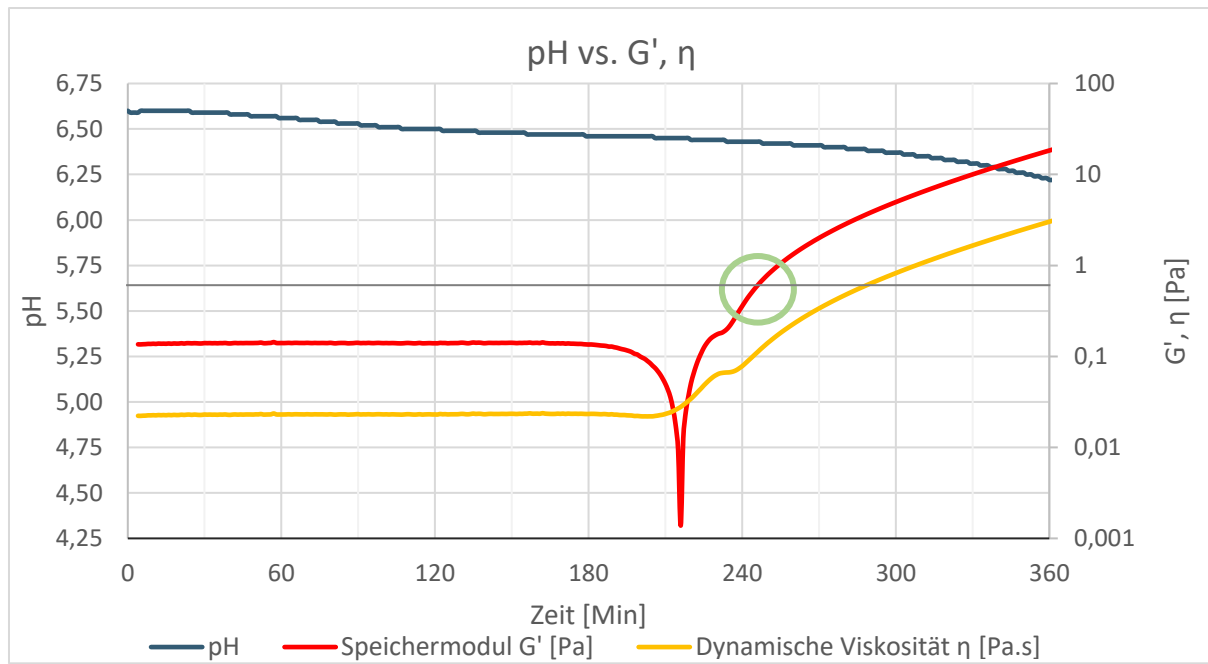


Abbildung 57: Vergleich des Speichermoduls und der dynamischen Viskosität über die Zeit, grüne Markierung der Gelbildung ($G' > 1 \text{ Pa}$) (Messung von 19.04.2019)

5.2.3.2. pH-Wert vs. Gelbildung

Der von Lucey beschriebene Effekt, dass ein niedriger pH-Wert zu einer kürzeren Gelbildungszeit führt, konnte nicht bestätigt werden. (J. A. Lucey 2002)

In Abbildung 52 sieht man in Vergleich der zwei Werke den Zusammenhang von pH-Wert und Gelbildungszeit, dabei sieht man starke Clusterbildungen der pH-Werte. Im Durchschnitt findet die Gelbildung bei einem pH-Wert von 6,36 (Aschbach) und 6,39 (Wörgl) statt. Das zeigt keinen kausalen Zusammenhang zu den gemessenen Werten der Gelbildung 221 Minuten (Aschbach) und 217 Minuten (Wörgl).

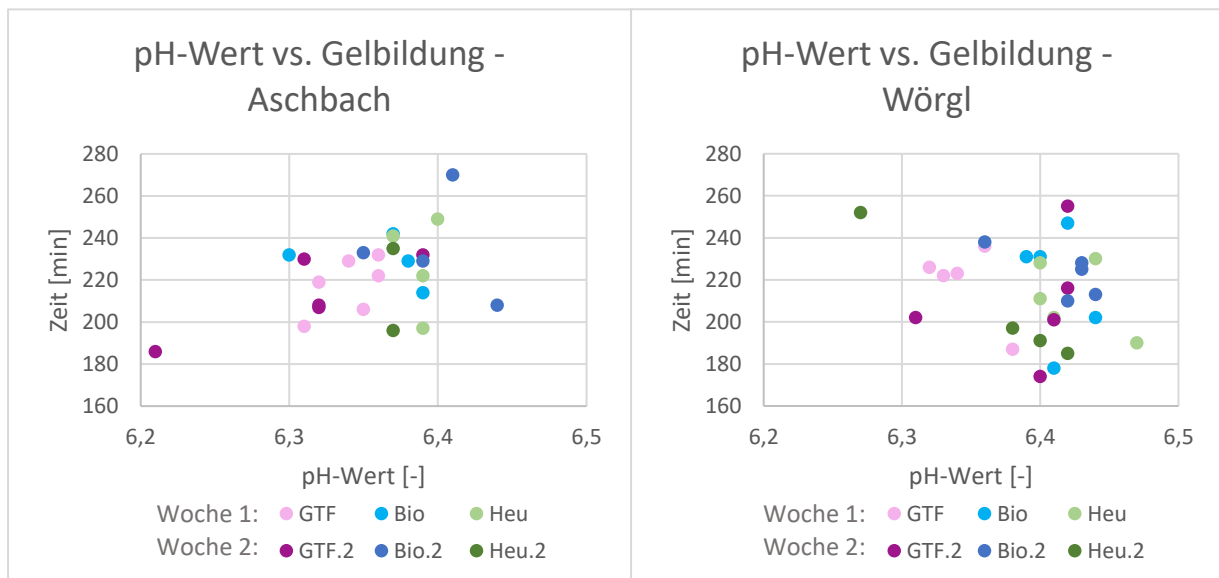


Abbildung 58: Vergleich des pH-Wert zur Gelbildungszeit, beider Regionen (Aschbach, Wörgl)

6. Zusammenfassung

Joghurt:

Die „Hardness“ des Joghurts zeigt in beiden Werken saisonale Schwankungen, die vorallem in Aschbach zu temporären Einbußen von rund 20% (Juni) führen. Lagerung der Milch führt im Allgemeinen zu einer Reduktion der Joghurt-Härte, während ein höherer Fettgehalt (Zusatzmessungen) einen höheren Hardness-Wert des Joghurts ermöglicht.

Ähnlich zur „Hardness“ zeigt auch die „Adhesiveness“ saisonale Änderungen, wobei vorallem in Aschbach wieder ein Einbruch in den Sommermonaten erkennbar ist. Die „Bio“ Milch zeigt dies besonders deutlich. Höherer Fettgehalt resultiert auch hier in größerer „Adhesiveness“. Milch-Alterung hat keinen reproduzierbaren Einfluss.

Die Cohesiveness ist in beiden Werken annähernd gleich und zeigt Fluktuationen von ungefähr 15% über den Messzeitraum. Milch-Lagerung hat in beiden Werken unterschiedliche Konsequenzen. Während sie in Wörgl kaum Einfluss auf das Endprodukt hat, zeichnet sich bei den Produkten aus Aschbach eine Erhöhung der Cohesiveness mit längerer Lagerzeit ab.

Die Gumminess zeigt in Aschbach deutlich erniedrigte Werte in den Sommermonaten (Mai-August) und nur temporäre Minderungen (Juni) in Wörgl. Sie zeigt sich auch unabhängig vom Alter der verwendeten Milch.

Synärese des Joghurts offenbart über dem Messzeitraum eine fallende Tendenz der Molkenmenge in beiden Werken. Ältere Milch führt in Wörgl zu einer Reduktion der Molkebildung (~ 0.5%).

Die Zeit bis zur Gelbildung ist ein ausschlaggebender Faktor für die Effizienz der ablaufenden Reaktion. Bei Joghurt setzt die Gelbildung im Mittel nach 129 Minuten ein (Aschbach 126 Minuten, Wörgl 132 Minuten). Alterung führt zu einer langsameren Reaktion.

Topfen:

Beide Werke haben konstante Trockenmassen ihrer Milchsorten (9%) und Molken (7%), welche keine Einflüsse der Saison, Region, Sorte oder Alterung zeigen. Eine erhöhte Molken Trockenmasse führt zu einer geringeren Topfen Trockenmasse. Die Topfentrockenmasse (20%-25%) zeigt saisonale Abnahmen im Mai (Aschbach) und Juli (Wörgl) und eine Zunahme ist im Juni - Juli (Aschbach) und Mai - Juni (Wörgl).

Die Ausbeute beträgt ungefähr 23% der eingesetzten Milchmenge, dabei konnte kein Einfluss der Saison, Region oder Alterung festgestellt werden. Der Unterschied zwischen den Sorten ist gering, GTF und Heu zeigen eine leicht höhere Ausbeute als Bio (dieses Verhalten ist in beiden Werken bemerkbar). Die Topfenausbeute aus Aschbach hat eine höhere Varianz (21%-26%), als jene aus Wörgl (21%-24%).

Die Zeit bis die Gelbildung einsetzt ist innerhalb der Sorten variabel, im Durchschnitt dauert es 220 Minuten. Saisonal ist kein klarer Einfluss auf die Gelbildung erkennbar. Bezüglich der Region geliert Topfen aus Wörgl (216 Minuten) schneller als jener aus Aschbach (222 Minuten). Ein Unterschied zwischen den Milchsorten ist nicht signifikant. Die Alterung hat keinen negativen Einfluss auf die Zeit bis zur Gelbildung.

Um Korrelationen mit eventuellen Schwankungen der Proteinkonzentration (Heck et al. 2009) zu untersuchen oder einfach mehr Messpunkte über einen größeren Zeitraum zu sammeln bietet sich eine Fortführung/Adaption des Projektes in der zweiten Jahreshälfte an.

7. Literaturverzeichnis

- Agrarmarkt Austria (2018): Jahresbericht für den Bereich Milch und Milchprodukte. Wien. Online verfügbar unter https://www.ama.at/getattachment/cf1fdc4d-5e9f-4a00-8fb2-2506361c76a5/Jahresbericht_Milch_2017.pdf, zuletzt geprüft am 22.04.2019.
- Agrarmarkt Austria (2019): Marktbericht für den Bereich Milch und Milchprodukte. Wien (12). Online verfügbar unter https://www.ama.at/getattachment/b53e9ddc-e6a3-48b3-8f84-09b382b15cbd/MB_12.pdf.
- ARGE Heumilch: Heumilch. Online verfügbar unter <https://www.heumilch.at/heumilch/eu-guetesiegel-g-t-s/>, zuletzt geprüft am 17.04.2019.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019): Biolebensmittel. Wien. Online verfügbar unter <https://www.bmnt.gv.at/land/lebensmittel/biolebensmittel.html>, zuletzt geprüft am 23.04.2019.
- Chen et al. (2014): Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. In: *Food Chemistry* (158), S. 216–223.
- Edgar Spreer (2018): Technologie der Milchverarbeitung. 11. Auflage. Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.
- Erwin Märtelbauer (2016): Milchkunde und Milchhygiene. Unter Mitarbeit von Susanne Nüssel. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Europäische Union (11/2012): Qualitätsregelung für Agrarerzeugnisse und Lebensmittel. 1151/2012, zuletzt geprüft am 17.4.2019.
- Geisler A, Ginzinger W. (2010): Heumilch - Eine besondere Qualität? In: 37. *Wirtschaftliche Fachtagung*, S. 81–82, zuletzt geprüft am 23.04.2019.
- Gollner G., Straz W. (2015): Biologisch oder konventionell - worin liegt der Unterschied. In: *Land & Raum* (1), S. 6–9.
- Google Maps (Hg.). Online verfügbar unter <https://www.google.com/maps/place/3361+Aschbach-Markt/@48.0849587,14.6694154,12z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x477235a82dd330d:0x8285a02248de728c!8m2!3d48.0728629!4d14.7528843>, zuletzt geprüft am 19.05.2019.
- Heck et al. (2009): Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. In: *Journal of Dairy Science* (92), S. 4745–4755.
- Hofer KG: Heumilch. Online verfügbar unter <https://www.zurueckzumursprung.at/grundwerte/so-weit-muss-bio-gehen/heumilch/>, zuletzt geprüft am 17.04.2019.
- J. A. Lucey (2002): Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. In: *Dairy Science* (85), S. 281–294.
- J.A. Lucey, P.A. Munro, H. Singh (1999): Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. In: *International Dairy Journal* (9), S. 275–279. Online verfügbar unter [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00074-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00074-6).
- Lebensmittelversuchsanstalt GmbH (2018): Österreichisches Lebensmittelbuch. Codexkapitel / B32 / Milch und Milchprodukte, vom IV. Auflage. Online verfügbar unter

<http://www.lebensmittelbuch.at/milch-und-milchprodukte>, zuletzt geprüft am 17.03.2019.

- Matissek R.; Baltes W. (2016): Lebensmittelchemie. 8.Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Mudgila et al. (2018): Rheological, micro-structural and sensorial properties of camel milk yogurt as influenced by gelatin. In: *LWT - Food Science and Technology* (98), S. 645–653. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.008>.
- P. Präve, U. Faust, W. Sittig, D.A. Sukatsch (1994): Handbuch der Biotechnologie. 4.Auflage. München: R. Oldenbourg Verlag GmbH.
- Pytel et al. (2017): Quality parameters of Curd. In: *Slovak Journal of Food Sciences* (11), S. 368–372. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.5219/742>.
- Rimbach, Möhring, Ebersdobler (2010): Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger. Berlin Heidelberg: Springer.
- Robert Ebermann, Ibrahim Elmadfa (2011): Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. 2. Aufl. Wien: Springer.
- Schlimme, Eckhard; Buchheim, Wolfgang (1999): Milch und ihre Inhaltsstoffe. Chemische und physikalische Eigenschaften. 2., überarb. Aufl. Gelsenkirchen: Mann.
- Schröder M, Yousefi F, Vetter W (2011): Investigating the day-to-day variations of potential marker fatty acids for organic milk in milk from conventionally and organically raised cows. In: *Eur Food Res Technol* (232), S. 167–174.

8. Anhang

Tabelle 13: Joghurt Messergebnisse Texturanalyse - Aschbach

Datum Milchan- lieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	Molke [%] <i>Durchschnitt aus 2-3 Bechern</i>	max. +Kraft Z1 [g] <i>Hardness</i>	max. -Kraft Z1 [g]	max. +Kraft Z2 [g]	max. -Kraft Z2 [g]	A1 [g.s]	A3 [g.s] <i>Adhesiveness</i>	A2 [g.s]	A2/A1 <i>Cohesiveness</i>	Gumminess
13.04.2018	16.04.2018	GTF	A	3	2,13	508,86	214,94	359,69	171,39	12886,42	-3162,86	3554,68	0,28	140,37
13.04.2018	17.04.2018	Bio	A	4	2,64	409,80	176,58	284,39	124,02	10381,31	-2878,71	2994,57	0,29	118,21
13.04.2018	18.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	5	10,10	533,87	201,09	345,60	160,69	12601,18	-3171,37	3165,72	0,25	134,12
13.04.2018	23.04.2018	GTF	A	10	2,17	443,90	183,64	302,74	128,43	11135,08	-3018,24	3098,32	0,28	123,51
13.04.2018	24.04.2018	Bio	A	11	1,97	350,991	146,291	242,413	107,971	9059,359	-2247,51	2612,361	0,29	101,21
13.04.2018	25.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	12	9,43	488,89	198,532	332,78	137,895	11911,674	296,026	3142,332	0,26	128,97
11.05.2018	14.05.2018	GTF	A	3	2,51	489,812	194,153	339,575	159,387	12471,917	-2607,136	2962,098	0,24	116,33
11.05.2018	15.05.2018	Bio	A	4	2,27	446,883	181,928	300,232	142,657	11309,904	-2574,255	2773,775	0,25	109,60
11.05.2018	16.05.2018	ZzU Heu	A	5	2,13	425,6	184,97	294,487	133,684	10950,232	-2806,805	2981,256	0,27	115,87
11.05.2018	23.05.2018	Bio	A	12	2,09	367,1	150,868	250,342	103,631	9246,244	-2555,024	2687,256	0,29	106,69
15.06.2018	18.06.2018	GTF	A	3	1,73	426,442	175,095	292,85	139,583	10654,42	-2731,301	2884,523	0,27	115,45
15.06.2018	19.06.2018	Bio 2,2%	A	4	9,51	492,906	203,126	303,27	146,317	11158,576	-2804,707	3029,651	0,27	133,83
19.06.2018	20.06.2018	ZzU Heu	A	1	2,73	410,605	173,042	289,178	135,935	10633,392	-2141,236	2705,083	0,25	104,46
15.06.2018	25.06.2018	GTF	A	10	4,18	426,481	185,665	307,547	108,31	10456,336	-2918,342	3074,661	0,29	125,41
15.06.2018	26.06.2018	Bio 2,2%	A	11	9,79	451,689	165,993	265,969	121,578	10283,911	-2656,875	2776,05	0,27	121,93
19.06.2018	27.06.2018	ZzU Heu	A	8	2,60	431,502	182,043	323,985	139,8	11033,829	-2724,630	3078,589	0,28	120,39
28.06.2018	06.07.2018	Bio	A	8	2,31	345,581	148,176	240,064	107,280	8848,235	-2446,552	2602,398	0,29	101,64
28.06.2018	13.07.2018	Bio	A	15	1,93	342,933	143,943	255,633	94,971	8847,809	-2371,500	2647,184	0,30	102,60
13.07.2018	16.07.2018	GTF	A	3	1,60	449,056	203,718	310,485	146,23	11317,257	-2501,832	2923,072	0,26	115,98
13.07.2018	17.07.2018	Bio	A	4	2,26	390,234	157,929	262,267	115,967	9608,724	-2267,141	2424,05	0,25	98,45
17.07.2018	18.07.2018	ZzU Heu	A	1	1,93	521,791	178,912	374,746	162,568	12155,151	-2483,032	2887,572	0,24	123,96
13.07.2018	23.07.2018	GTF	A	10	1,65	432,359	175,089	304,929	134,836	10945,171	-2798,057	3109,954	0,28	122,85
13.07.2018	24.07.2018	Bio	A	11	2,01	329,263	135,515	235,531	97,622	8428,534	-2334,598	2564,038	0,30	100,16
17.07.2018	25.07.2018	ZzU Heu	A	8	2,17	429,454	180,68	301,212	130,295	10839,775	-2620,371	2833,508	0,26	112,26
09.08.2018	13.08.2018	GTF	A	4	1,95	469,543	190,94	338,595	140,234	11624,604	-2853,377	3061,823	0,26	123,67
09.08.2018	14.08.2018	Bio	A	5	1,43	423,907	178,019	276,457	134,069	10527,879	-2512,636	2858,028	0,27	115,08
09.08.2018	20.08.2018	GTF	A	11	1,37	400,048	163,247	275,565	103,890	9913,500	-2324,103	2622,859	0,26	105,84
09.08.2018	21.08.2018	Bio	A	12	1,59	381,201	152,843	271,505	117,707	9485,334	-2417,23	2672,945	0,28	107,42
18.09.2018	19.09.2018	GTF	A	1	1,49	531,759	211,214	386,970	186,206	13332,017	-3079,51	3492,449	0,26	139,30
18.09.2018	21.09.2018	Bio	A	3	1,95	488,331	209,915	350,297	138,03	12500,409	-3001,123	3286,762	0,26	128,40
18.09.2018	21.09.2018	ZzU Heu	A	3	1,77	463,953	184,833	339,97	132,206	11771,652	-2725,322	2956,413	0,25	116,52
18.09.2018	24.09.2018	GTF	A	6	2,20	506,875	199,617	353,339	148,178	12583,932	-2988,474	3256,964	0,26	131,19
18.09.2018	25.09.2018	Bio	A	7	1,68	453,173	189,759	313,831	146,87	11323,033	-3086,289	3191,776	0,28	127,74

Tabelle 14: Joghurt Messergebnisse Texturanalyse - Wörgl

Datum Milchan- lieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	Molke [%] <i>Durchschnitt aus 2-3 Bechern</i>	max. +Kraft Z1 [g] <i>Hardness</i>	max. -Kraft Z1 [g]	max. +Kraft Z2 [g]	max. -Kraft Z2 [g]	A1 [g.s]	A3 [g.s] <i>Adhesiveness</i>	A2 [g.s]	A2/A1 <i>Cohesiveness</i>	Gumminess
30.03.2018	09.04.2018	GTF	W	10	1,75	378,34	178,81	271,24	88,44	9511,16	-2214,40	2526,37	0,27	100,50
30.03.2018	10.04.2018	Bio	W	11	2,18	395,98	169,94	265,41	118,03	10011,91	-2634,22	2860,88	0,29	113,15
30.03.2018	11.04.2018	ZzU Heu	W	12	2,39	396,30	155,21	278,54	180,29	10240,66	-2663,50	2858,16	0,28	110,61
27.04.2018	30.04.2018	GTF	W	3	2,42	423,73	171,08	314,09	146,87	10630,98	-2504,63	2812,70	0,26	112,11
27.04.2018	02.05.2018	Bio	W	5	2,54	416,64	164,081	309,779	126,713	10559,031	-2640,591	2892,344	0,27	114,13
27.04.2018	03.05.2018	ZzU Heu	W	6	2,48	391,247	172,396	275,648	132,471	10032,303	-2408,909	2761,736	0,28	107,70
27.04.2018	07.05.2018	GTF	W	10	1,89	392,346	157,973	269,767	112,734	10095,254	-2310,689	2541,146	0,25	98,76
27.04.2018	08.05.2018	Bio	W	11	2,15	370,389	154,258	249,169	120,826	9284,557	-2424,486	2613,042	0,28	104,24
27.04.2018	09.05.2018	ZzU Heu	W	12	2,39	349,887	141,119	257,83	106,089	8932,821	-2473,846	2669,332	0,30	104,55
24.05.2018	28.05.2018	GTF	W	4	2,31	424,642	180,285	291,598	133,33	10719,254	-2417,375	2666,097	0,25	105,62
24.05.2018	29.05.2018	ZzU Heu	W	5	2,42	380,429	154,949	284,313	118,808	9858,024	-2454,458	2767,798	0,28	106,81
24.05.2018	04.06.2018	GTF	W	11	2,22	396,166	161,633	268,458	107,711	9916,442	-2601,965	2897,223	0,29	115,75
24.05.2018	05.06.2018	ZzU Heu	W	12	2,29	426,903	186,026	320,944	130,193	10902,598	-2799,092	3153,067	0,29	123,46
01.06.2018	06.06.2018	Bio	W	5	1,78	358,26	163,156	257,769	104,708	8955,899	-2611,244	2785,971	0,31	111,45
01.06.2018	11.06.2018	Bio	W	10	2,19	363,662	156,967	259,963	109,532	9217,05	-2545,643	2751,933	0,30	108,58
26.06.2018	02.07.2018	GTF	W	6	2,18	432,808	181,746	298,103	132,562	10935,037	-2654,26	2921,831	0,27	115,65
26.06.2018	03.07.2018	Bio	W	7	2,31	389,292	155,816	280,59	123,795	9976,657	-2280,485	2569,085	0,26	100,25
26.06.2018	04.07.2018	ZzU Heu	W	8	2,31	383,192	166,921	261,662	141,151	9976,847	-2507,614	2457,058	0,25	94,37
26.06.2018	09.07.2018	GTF	W	13	1,64	394,169	166,965	266,832	134,723	10212,83	-2379,62	2600,864	0,25	100,38
26.06.2018	10.07.2018	Bio	W	14	2,18	362,54	150,596	267,265	103,308	9231,804	-2486,793	2703,505	0,29	106,17
26.06.2018	11.07.2018	ZzU Heu	W	15	1,86	372,014	152,983	260,752	107,8	9685,001	-2452,318	2723,889	0,28	104,63
26.07.2018	30.07.2018	GTF	W	4	1,77	412,953	178,01	302,869	119,889	10402,648	-2704,705	2988,165	0,29	118,62
26.07.2018	31.07.2018	Bio	W	5	2,11	439,796	186,646	325,665	135,158	11044,627	-2814,717	3055,602	0,28	121,67
26.07.2018	01.08.2018	ZzU Heu	W	6	2,07	366,751	158,675	275,265	126,432	9356,86	-2236,682	2645,883	0,28	103,71
26.07.2018	06.08.2018	GTF	W	11	1,94	390,701	157,711	268,3	126,806	9897	-2679,011	2832,507	0,29	111,82
26.07.2018	07.08.2018	Bio	W	12	1,79	392,269	165,553	294,8	115,737	9798,376	-2479,674	2787,451	0,28	111,59
26.07.2018	08.08.2018	ZzU Heu	W	13	1,80	328,288	141,092	237,279	141,092	8431,215	-2257,764	2506,611	0,30	97,60
30.08.2018	03.09.2018	GTF	W	4	1,61	405,476	140,685	283,071	116,727	10098,823	-2437,02	2620,363	0,26	105,21
30.08.2018	04.09.2018	Bio	W	5	1,89	418,866	172,938	300,437	135,642	10428,447	-2736,012	2889,962	0,28	116,08
30.08.2018	05.09.2018	ZzU Heu	W	6	1,93	358,641	153,635	278,865	107,415	9253,325	-2632,339	2990,01	0,32	115,89
30.08.2018	09.09.2018	GTF	W	10	1,75	384,818	177,105	285,195	132,67	9993,923	-2541,33	2864,664	0,29	110,30
30.08.2018	10.09.2018	Bio	W	11	1,60	364,623	136,825	259,044	95,925	9218,609	-2122,366	2424,654	0,26	95,90
30.08.2018	10.09.2018	ZzU Heu	W	11	1,62	389,018	158,539	265,147	111,787	9730,777	-2405,261	2611,727	0,27	104,41

Tabelle 15: Joghurt Messergebnisse Rheometer - Aschbach

Datum Milchan- lieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	pH KBS bei Abbruch	pH Kinexus bei Abbruch	T _{Gel} [Min] 1. Wert von G' > 1	pH T _{Gel} Zeit von T_{Gel} im pH- Verlauf	T _{pH 4.6} [Min] Fermentations- dauer bis pH 4,6	G' _{pH 4.6} [Pa] G' zu T_{pH 4.6}	T _{LTmax} [Min]	LT _{max} Wert	pH LT _{max}
13.04.2018	16.04.2018	GTF	A	3	4,6	4,45	114	5,88	222	252,3	112	3,8	5,92
13.04.2018	17.04.2018	Bio	A	4	4,6	4,54	156	5,56	262		152	54,8	5,65
13.04.2018	18.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	5	4,6	4,5	132	5,63	230	195,3	129	13,59	5,68
13.04.2018	23.04.2018	GTF	A	10	4,6	4,50	134	5,59	224	195,1	131	15,39	5,65
13.04.2018	24.04.2018	Bio	A	11	4,6	4,57	140	5,56	225	175,6	136	5,43	5,46
13.04.2018	25.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	12	4,6	4,55	128	5,41	204	178,7	125	10,89	5,47
11.05.2018	14.05.2018	GTF	A	3	4,6	4,58	132	5,46	217	191,90	130	9,05	5,49
11.05.2018	15.05.2018	Bio	A	4	4,36	4,56	128	5,41	210	179,70	125	4,90	5,47
11.05.2018	16.05.2018	ZzU Heu	A	5	4,6	4,59	133	5,39	205	164,40	130	9,25	5,45
11.05.2018	23.05.2018	Bio	A	12	4,6	4,54	144	5,43	232	168,80	101	1223,11	6,05
15.06.2018	18.06.2018	GTF	A	3	4,6	4,51	114	5,41	189	176,80	111	3,26	5,47
15.06.2018	19.06.2018	Bio 2,2%	A	4	4,6	4,55	115	5,46	197	185,90	112	1139,80	5,52
19.06.2018	20.06.2018	ZzU Heu	A	1	4,6	4,53	114	5,35	192	174,00	111	7,13	5,4
15.06.2018	25.06.2018	GTF	A	10	4,6	4,58	123	5,42	204	178,70	120	4,63	5,48
15.06.2018	26.06.2018	Bio 2,2%	A	11	4,6	4,52	137	5,6	226	181,70	134	7,71	5,67
19.06.2018	27.06.2018	ZzU Heu	A	8	4,6	4,55	121	5,39	198	163,40	118	3,65	5,45
28.06.2018	06.07.2018	Bio	A	8	4,6	4,55	131	5,36	204	145,60	127	5,90	5,44
28.06.2018	13.07.2018	Bio	A	15	4,6	4,58	136	5,8	231	176,30	133	17,28	5,85
13.07.2018	16.07.2018	GTF	A	3	4,6	4,7	135	5,08	196	122,40	132	2,84	5,12
13.07.2018	17.07.2018	Bio	A	4	4,6	4,57	118	5,44	198	172,00	114	13,46	5,52
17.07.2018	18.07.2018	ZzU Heu	A	1	4,6	4,55	123	5,46	204	187,50	119	5,72	5,54
13.07.2018	23.07.2018	GTF	A	10	4,6	4,58	117	5,46	193	167,60	113	52,01	5,54
13.07.2018	24.07.2018	Bio	A	11	4,6	4,60	133	5,39	219	166,80	128	6,15	5,48
17.07.2018	25.07.2018	ZzU Heu	A	8	4,6	4,57	126	5,41	204	171,70	121	2,19	5,49
09.08.2018	13.08.2018	GTF	A	4	4,6	4,6	123	5,45	208	190,20	121	31,03	5,49
09.08.2018	14.08.2018	Bio	A	5	4,6	4,53	130	5,42	208	166,70	123	331,64	5,56
09.08.2018	20.08.2018	GTF	A	11	4,6	4,56	119	5,49	197	167,10	110	805,29	5,68
09.08.2018	21.08.2018	Bio	A	12	4,6	4,55	114	5,46	191	165,00	108	291,40	5,58
18.09.2018	19.09.2018	GTF	A	1	4,6	4,56	98	5,53	186	234,60	95	3,68	5,59
18.09.2018	21.09.2018	Bio	A	3	4,6	4,51	118	5,54	205	213,30	113	12,36	5,65
18.09.2018	21.09.2018	ZzU Heu	A	3	4,6	4,59	131	5,43	208	187,30	125	32,59	5,56
18.09.2018	24.09.2018	GTF	A	6	4,6	4,56	126	5,61	223	224,40	123	279,11	5,67
18.09.2018	25.09.2018	Bio	A	7	4,6	4,44	115	5,52	201	202,00	112	5,02	5,58

Tabelle 16: Joghurt Messergebnisse Rheometer - Wörgl

Datum Milchan- lieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	pH KBS bei Abbruch	pH Kinexus bei Abbruch	T _{Gel} [Min] 1. Wert von G' > 1	pH T _{Gel} Zeit von T _{Gel} im pH- Verlauf	T _{pH 4.6} [Min] Fermentations- dauer bis pH 4.6	G' _{pH 4.6} [Pa] G' zu T_{pH 4.6}	T _{LTmax} [Min]	LT _{max} Wert	pH LT _{max}
30.03.2018	09.04.2018	GTF	W	10	4,6		132	5,62	235	199,1	127	15,2	5,66
30.03.2018	10.04.2018	Bio	W	11	4,57		124	5,79	239	215,2	115	183,1	5,9
30.03.2018	11.04.2018	ZzU Heu	W	12	4,64		150	5,64	254		146	93,5	5,7
27.04.2018	30.04.2018	GTF	W	3	4,6	4,52	139	5,57	238	187,6	136	27,85	5,62
27.04.2018	02.05.2018	Bio	W	5	4,6	4,47	141	5,52	235	193,2	138	21,53	5,57
27.04.2018	03.05.2018	ZzU Heu	W	6	4,6	4,49	126	5,52	209	186,3	123	41,25	5,57
27.04.2018	07.05.2018	GTF	W	10	4,6	4,43	127	5,52	210	186,40	124	4,73	5,58
27.04.2018	08.05.2018	Bio	W	11	4,6	4,53	133	5,4	208	161,50	129	31,83	5,46
27.04.2018	09.05.2018	ZzU Heu	W	12	4,6	4,58	135	5,41	214	160,70	131	11,80	5,47
24.05.2018	28.05.2018	GTF	W	4	4,57	4,48	160	5,48	256	182,80	148	2429,49	5,68
24.05.2018	29.05.2018	ZzU Heu	W	5	4,6	4,45	137	5,41	217	151,70	130	152,79	5,53
24.05.2018	04.06.2018	GTF	W	11	4,6	4,53	138	5,43	215	102,6	95	66,96	6,07
24.05.2018	05.06.2018	ZzU Heu	W	12	4,6	4,51	132	5,49	216	185,20	121	30,99	5,68
01.06.2018	06.06.2018	Bio	W	5	4,6	4,50	120	5,50	200	158,50	119	2,83	5,52
01.06.2018	11.06.2018	Bio	W	10	4,6	4,55	136	5,5	222	171,70	131	61,84	5,59
26.06.2018	02.07.2018	GTF	W	6	4,6	4,52	109	5,51	195	204,60	106	3,32	5,56
26.06.2018	03.07.2018	Bio	W	7	4,6	4,5	118	5,51	206	184,70	115	12,96	5,57
26.06.2018	04.07.2018	ZzU Heu	W	8	4,6	4,5	116	5,45	197	177,30	109	18,12	5,58
26.06.2018	09.07.2018	GTF	W	13	4,6	4,5	135	5,54	227	199,20	132	3,24	5,58
26.06.2018	10.07.2018	Bio	W	14	4,6	4,58	147	5,41	236	169,20	140	19,89	5,53
26.06.2018	11.07.2018	ZzU Heu	W	15	4,6	4,52	113	5,52	198	185,00	109	27,98	5,6
26.07.2018	30.07.2018	GTF	W	4	4,6	4,58	126	5,43	209	185,30	123	87,37	5,49
26.07.2018	31.07.2018	Bio	W	5	4,6	4,58	120	5,43	198	172,10	117	6,47	5,48
26.07.2018	01.08.2018	ZzU Heu	W	6	4,6	4,57	131	5,44	215	160,90	117	302,72	5,67
26.07.2018	06.08.2018	GTF	W	11	4,6	-	-	-	219	-	-	-	-
26.07.2018	07.08.2018	Bio	W	12	4,6	4,54	131	5,48	227	184,10	130	12,37	5,5
26.07.2018	08.08.2018	ZzU Heu	W	13	4,6	4,6	140	5,33	208	123,60	133	8,08	5,45
30.08.2018	03.09.2018	GTF	W	4	4,6	-	-	-	204	-	-	-	-
30.08.2018	04.09.2018	Bio	W	5	4,6	4,46	128	5,62	223	192,10	122	201,67	5,74
30.08.2018	05.09.2018	ZzU Heu	W	6	4,6	4,57	133	5,3	202	144,00	122	1894,66	5,51
30.08.2018	09.09.2018	GTF	W	10	4,6	4,53	124	5,42	201	164,50	121	6,30	5,47
30.08.2018	10.09.2018	Bio	W	11	4,6	-	-	-	213	-	-	-	-
30.08.2018	10.09.2018	ZzU Heu	W	11	4,6	4,55	153	5,6	253	130,10	123	1327,27	5,98

Tabelle 17: Topfen Messergebnisse Trockenmasse & Ausbeute - Aschbach

Datum Milchanlieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	TM Milch [%] <i>errechnet</i>	TM Milch [%] <i>gemessen</i>	TM Topfen [%]	TM Molke [%]	Ausbeute bei 19% TM [%]
13.04.2018	16.04.2018	GTF	A	3	9,33	9,36	21,4	6,35	23,59
13.04.2018	17.04.2018	Bio	A	4	9,02	9,12	21,6	6,35	21,14
13.04.2018	18.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	5	10,11	10,01	21,44	6,18	30,63
13.04.2018	23.04.2018	GTF	A	10	9,30	9,36	21,59	6,33	23,45
13.04.2018	24.04.2018	Bio	A	11	9,02	9,12	21,46	6,37	21,00
13.04.2018	25.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	12	10,04	10,01	23,30	6,16	30,23
11.05.2018	14.05.2018	GTF	A	3	9,30	9,22	20,46	6,28	23,74
11.05.2018	16.05.2018	ZzU Heu	A	5	9,39	9,24	21,02	6,27	24,53
11.05.2018	17.05.2018	Bio	A	6	9,10	9,22	20,78	6,24	22,39
15.06.2018	18.06.2018	GTF	A	3	9,73	9,65	22,47	6,36	26,64
15.06.2018	19.06.2018	Bio 2,2%	A	4	10,12	10,14	22,10	6,47	29,18
19.06.2018	20.06.2018	ZzU Heu	A	1	9,22	8,96	24,76	6,20	23,61
15.06.2018	25.06.2018	GTF	A	10	9,82	9,65	24,16	6,49	26,61
19.06.2018	27.06.2018	ZzU Heu	A	8	9,19	8,96	24,21	6,16	23,63
28.06.2018	05.07.2018	Bio	A	7	8,52	8,8	21,56	5,76	20,87
28.06.2018	12.07.2018	Bio	A	14	8,93	8,82	23,13	6,24	21,1
13.07.2018	16.07.2018	GTF	A	3	9,39	9,27	21,66	6,39	23,82
13.07.2018	17.07.2018	Bio	A	4	8,93	8,77	23,18	6,23	21,17
17.07.2018	18.07.2018	ZzU Heu	A	1	9,16	9,04	22,64	6,16	23,36
13.07.2018	23.07.2018	GTF	A	10	9,34	9,27	22,68	6,30	23,93
13.07.2018	24.07.2018	Bio	A	11	8,82	8,77	19,5	6,13	20,90
17.07.2018	25.07.2018	ZzU Heu	A	8	9,16	9,04	22,92	6,19	23,18
09.08.2018	13.08.2018	GTF	A	4	9,23	9,09	22,59	6,26	23,30
09.08.2018	14.08.2018	Bio	A	5	8,87	8,81	21,65	6,12	21,38
09.08.2018	20.08.2018	GTF	A	11	9,17	9,09	20,64	6,25	22,89
09.08.2018	21.08.2018	Bio	A	12	8,93	8,81	24,41	6,17	21,54
18.09.2018	19.09.2018	GTF	A	1	9,34	9,35	22,70	6,33	23,73
18.09.2018	19.09.2018	Bio	A	1	9,00	8,95	21,89	9,00	22,82
18.09.2018	20.09.2018	ZzU Heu	A	2	8,91	8,77	23,14	5,86	23,26

Tabelle 18: Topfen Messergebnisse Trockenmasse & Ausbeute - Wörgl

Datum Milchanlieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	TM Milch [%] <i>errechnet</i>	TM Milch [%] <i>gemessen</i>	TM Topfen [%]	TM Molke [%]	Ausbeute bei 19% TM [%]
30.03.2018	10.04.2018	Bio	W	11	9,38		22,42	6,59	22,51
30.03.2018	11.04.2018	ZzU Heu	W	12	9,4		24,19	6,38	23,99
30.03.2018	19.04.2018	GTF	W	20	9,31	9,24	23,5	6,26	23,94
27.04.2018	30.04.2018	GTF	W	3	9,24	9,17	20,62	6,38	22,67
27.04.2018	02.05.2018	Bio	W	5	11,34	9,08	19,66	9,09	22,72
27.04.2018	03.05.2018	ZzU Heu	W	6	9,25	9,20	23,74	6,25	23,59
27.04.2018	07.05.2018	GTF	W	10	9,20	9,17	21,24	6,28	22,99
27.04.2018	08.05.2018	Bio	W	11	9,04	9,08	22,06	6,18	22,38
27.04.2018	09.05.2018	ZzU Heu	W	12	9,20	9,20	20,26	6,25	23,14
24.05.2018	28.05.2018	GTF	W	4	9,07	9,37	21,78	6,26	22,09
24.05.2018	29.05.2018	ZzU Heu	W	5	9,32	9,23	22,96	6,38	23,33
24.05.2018	04.06.2018	GTF	W	11	9,34	9,37	22,86	6,38	23,49
24.05.2018	05.06.2018	ZzU Heu	W	12	9,42	9,23	19,53	6,41	23,95
01.06.2018	06.06.2018	Bio	W	5	9,37	9,19	24,00	6,40	23,62
01.06.2018	11.06.2018	Bio	W	10	9,23	9,19	24,19	6,32	22,94
26.06.2018	02.07.2018	GTF	W	6	9,35	9,16	22,81	6,34	23,79
26.06.2018	03.07.2018	Bio	W	7	9,39	9,09	25,74	6,54	22,85
26.06.2018	04.07.2018	ZzU Heu	W	8	9,42	9,18	24,1	6,44	23,70
26.06.2018	09.07.2018	GTF	W	13	9,11	9,16	21,97	6,26	22,35
26.06.2018	10.07.2018	Bio	W	14	9,19	9,09	23,51	6,28	22,88
26.06.2018	11.07.2018	ZzU Heu	W	15	9,27	9,18	22,99	6,35	23,09
26.07.2018	30.07.2018	GTF	W	4	9,26	9,18	21,6	6,33	23,11
26.07.2018	31.07.2018	Bio	W	5	9,11	9,07	22,14	6,25	22,42
26.07.2018	01.08.2018	ZzU Heu	W	6	8,8	8,91	20,40	5,95	21,84
26.07.2018	06.08.2018	GTF	W	11	9,17	9,18	22,37	6,19	23,27
26.07.2018	07.08.2018	Bio	W	12	9,09	9,07	24,37	6,19	22,64
26.07.2018	08.08.2018	ZzU Heu	W	13	8,94	8,91	24,26	5,07	22,21
30.08.2018	03.09.2018	GTF	W	4	9,50	9,12	24,04	6,44	24,36
30.08.2018	04.09.2018	Bio	W	5	9,15	9,04	23,98	6,26	22,7
30.08.2018	05.09.2018	ZzU Heu	W	6	9,24	9,12	24,66	6,28	23,28
30.08.2018	06.09.2018	GTF	W	7	9,41	9,12	22,64	6,36	24,13
30.08.2018	10.09.2018	GTF	W	11	9,33	9,12	22,08	6,36	23,54
30.08.2018	10.09.2018	ZzU Heu	W	11	9,46	9,12	23,68	6,42	24,21

Tabelle 19: Topfen Messergebnisse Rheometer - Aschbach

Datum Milchanlieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	pH KBS bei Abbruch	T _{Gel} [Min] 1. Wert von G' >1	pH T _{Gel} Zeit von T_{Gel} im pH-Verlauf	T _{pH 4,6} [Min] Fermentations- dauer bis pH 4,6	G' pH 4,6 [Pa] G' zu T_{pH 4,6}	T _{LTmax} [Min]	LT _{max} Wert	pH LT _{max}
13.04.2018	16.04.2018	GTF	A	3	4,72	222	6,36	n	n	194	701,26	6,4
13.04.2018	17.04.2018	Bio	A	4	4,73	214	6,39	n	n	174	117,49	6,43
13.04.2018	18.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	5	4,67	178	6,42	n	n	156	66,07	6,45
13.04.2018	23.04.2018	GTF	A	10	4,68	230	6,31	n	n	191	56,66	6,35
13.04.2018	24.04.2018	Bio	A	11	4,68	233	6,35	n	n	173	2340,38	6,39
13.04.2018	25.04.2018	ZzU Heu 1,1%	A	12	4,67	230	6,42	n	n	164	93,05	6,46
11.05.2018	14.05.2018	GTF	A	3	4,71	232	6,36	n	n	190	199,62	6,4
11.05.2018	16.05.2018	ZzU Heu	A	5	4,63	241	6,37	n	n	203	208,88	6,41
11.05.2018	17.05.2018	Bio	A	6	4,68	298	6,18	n	n	277	111,47	6,24
15.06.2018	18.06.2018	GTF	A	3	4,68	198	6,31	n	n	178	31,05	6,35
15.06.2018	19.06.2018	Bio 2,2%	A	4	4,79	221	6,36	n	n	191	908,10	6,4
19.06.2018	20.06.2018	ZzU Heu	A	1	4,73	249	6,4	n	n	206	62,63	6,43
15.06.2018	25.06.2018	GTF	A	10	4,78	232	6,39	n	n	209	78,66	6,41
19.06.2018	27.06.2018	ZzU Heu	A	8	4,81	235	6,37	n	n	190	152,90	6,42
28.06.2018	05.07.2018	Bio	A	7	4,64	229	6,38	n	n	176	73,92	6,44
28.06.2018	12.07.2018	Bio	A	14	4,74	270	6,41	n	n	218	169,75	6,47
13.07.2018	16.07.2018	GTF	A	3	4,74	219	6,32	n	n	175	121,93	6,38
13.07.2018	17.07.2018	Bio	A	4	4,78	232	6,3	n	n	163	104,30	6,37
17.07.2018	18.07.2018	ZzU Heu	A	1	4,82	197	6,39	n	n	161	92,19	6,43
13.07.2018	23.07.2018	GTF	A	10	4,70	208	6,32	n	n	171	92,56	6,37
13.07.2018	24.07.2018	Bio	A	11	4,50	229	6,39	888	n	176	83,65	6,44
17.07.2018	25.07.2018	ZzU Heu	A	8	4,69	196	6,37	n	n	148	242,26	6,43
09.08.2018	13.08.2018	GTF	A	4	4,77	206	6,35	n	n	189	323,60	6,38
09.08.2018	14.08.2018	Bio	A	5	4,62	242	6,37	n	n	221	14,99	6,4
09.08.2018	20.08.2018	GTF	A	11	4,58	186	6,21	617	n	144	2874,55	6,38
09.08.2018	21.08.2018	Bio	A	12	4,80	208	6,44	n	n	181	254,37	6,46
18.09.2018	19.09.2018	GTF	A	1	4,79	229	6,34	n	n	188	134,74	6,42
18.09.2018	19.09.2018	Bio	A	1	4,70	-	-	n	n	-	-	-
18.09.2018	20.09.2018	ZzU Heu	A	2	4,78	222	6,39	n	n	220	1,36	6,39

Tabelle 20: Topfen Messergebnisse Rheometer - Wörgl

Datum Milchanlieferung	Datum Experiment	Milchsorte	Werk	Alter der Milch [d]	pH KBS bei Abbruch	T _{Gel} [Min] 1. Wert von G' >1	pH T _{Gel} Zeit von T _{Gel} im pH-Verlauf	T _{pH 4,6} [Min] Fermentations- dauer bis pH 4,6	G' _{pH 4,6} [Pa] G' zu T _{pH} 4,6	T _{LTmax} [Min]	LT _{max} Wert	pH LT _{max}
30.03.2018	10.04.2018	Bio	W	11	4,75	238	6,36	n	n	211	5,14	6,39
30.03.2018	11.04.2018	ZzU Heu	W	12		265		n	n	217	117,27	
30.03.2018	19.04.2018	GTF	W	20	4,88	255	6,42	n	n	216	126,56	6,45
27.04.2018	30.04.2018	GTF	W	3	4,53	226	6,32	1729	n	192	54,78	6,37
27.04.2018	02.05.2018	Bio	W	5	4,55	247	6,42	936	n	207	53,85	6,45
27.04.2018	03.05.2018	ZzU Heu	W	6	4,7	228	6,4	n	n	187	52,35	6,43
27.04.2018	07.05.2018	GTF	W	10	4,61	-	-	n	n	-	-	-
27.04.2018	08.05.2018	Bio	W	11	4,72	210	6,42	n	n	175	111,82	6,44
27.04.2018	09.05.2018	ZzU Heu	W	12	4,54	197	6,38	1339	n	183	14,21	6,39
24.05.2018	28.05.2018	GTF	W	4	4,67	223	6,34	n	n	190	10,07	6,38
24.05.2018	29.05.2018	ZzU Heu	W	5	4,79	230	6,44	n	n	190	1267,82	6,47
24.05.2018	04.06.2018	GTF	W	11	4,75	201	6,41	n	n	185	107,98	6,43
24.05.2018	05.06.2018	ZzU Heu	W	12	4,50	252	6,27	884	n	224	448,76	6,3
01.06.2018	06.06.2018	Bio	W	5	4,70	231	6,4	n	n	186	137,55	6,42
01.06.2018	11.06.2018	Bio	W	10	4,78	228	6,43	n	n	195	45,51	6,45
26.06.2018	02.07.2018	GTF	W	6	4,75	222	6,33	n	n	189	31,20	6,38
26.06.2018	03.07.2018	Bio	W	7	4,8	202	6,44	n	n	192	31,67	6,45
26.06.2018	04.07.2018	ZzU Heu	W	8	4,68	202	6,41	n	n	163	44,43	6,44
26.06.2018	09.07.2018	GTF	W	13	4,76	216	6,42	n	n	184	29,09	6,45
26.06.2018	10.07.2018	Bio	W	14	4,69	213	6,44	n	n	180	196,42	6,47
26.06.2018	11.07.2018	ZzU Heu	W	15	4,72	185	6,42	n	n	155	65,74	6,45
26.07.2018	30.07.2018	GTF	W	4	4,76	187	6,38	n	n	160	37,73	6,41
26.07.2018	31.07.2018	Bio	W	5	4,69	178	6,41	n	n	175	3,67	6,42
26.07.2018	01.08.2018	ZzU Heu	W	6	4,55	190	6,47	909	n	154	1624,49	6,5
26.07.2018	06.08.2018	GTF	W	11	4,66	202	6,31	n	n	178	140,91	6,36
26.07.2018	07.08.2018	Bio	W	12	4,83	225	6,43	n	n	207	37,14	6,45
26.07.2018	08.08.2018	ZzU Heu	W	13	4,67	191	6,4	n	n	176	1050,27	6,41
30.08.2018	03.09.2018	GTF	W	4	4,65	-	-	n	n	-	-	-
30.08.2018	04.09.2018	Bio	W	5	4,79	231	6,39	n	n	200	26,24	6,42
30.08.2018	05.09.2018	ZzU Heu	W	6	4,74	211	6,4	n	n	203	2,45	6,4
30.08.2018	06.09.2018	GTF	W	7	4,75	236	6,36	n	n	193	8,82	6,42
30.08.2018	10.09.2018	GTF	W	11	4,74	174	6,4	n	n	149	20091,32	6,43
30.08.2018	10.09.2018	ZzU Heu	W	11	4,65	-	-	n	n	-	-	-