HBLFA Tirol
Landwirtschaft und Ernährung,
Lebensmittel- und Biotechnologie

Chemische Charakterisierung von Österreichischem Bergkäse aus Tirol und Vorarlberg

CharakBerg

Impressum

Projektnehmerin:
Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt in Tirol für Landwirtschaft und Ernährung sowie Lebensmittel- und Biotechnologie
Adresse: Rotholz 50, 6200 Strass im Zillertal
Projektleiter: Dr. Leonard C. Pasqualini
Tel.: +43 5244 622 62 804
E-Mail: leonard.pasqualini@hblfa-tirol.at
Finanzierungsstelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft
Projektlaufzeit: 02.06.2025 – 31.07.2026.
Fotonachweis: HBLFA Tirol

Rotholz, 2026. Stand: 6. August 2026

Inhalt

1 Einleitung und Fragestellung 5

1.1 Die Käsesorte Österreichischer Bergkäse und Alpkäse 5

1.2 Notwendigkeit von statistischen Daten 7

1.3 Fragestellungen 8

2 Material und Methoden 9

2.1 Verwendung bestehender Parameter 9

2.2 Probenverarbeitung und Vorbereitung 9

2.3 Analysemethoden 10

2.3.1 Calciumkonzentration mittels Titration 10

2.3.2 Gesamtstickstoffgehalt mittels Titration nach Kjeldahl 10

2.3.3 Proteolyse mittels Photometrie 11

2.3.4 Restzucker mittels Folienmethode 12

2.4 Bestimmungsgrenze der Untersuchung auf die organischen Säuren und die biogenen Amine 14

2.5 Zusammenführung aller Daten und Auswertung 15

3 Ergebnisse und Diskussion 16

3.1 Mögliche technologische Rahmenbedingungen 16

3.2 Gesammelte chemische Parameter 17

3.2.1 Aktuelle Daten für Österreichischen Bergkäse 17

3.2.2 Vergleich mit älteren Daten 21

3.2.3 Statistische Auswertung nach Herkunft 23

3.3 Untersuchung auf Restzucker 30

3.4 Analyse der Lochung 31

3.5 Analyse des Calciumgehalts 32

3.6 Analyse der Proteolyse 33

3.7 Ermittlung aktueller durchschnittlicher Werte 36

3.7.1 Überprüfung auf Normalverteilung der Daten 36

3.7.2 Durchschnittswerte der chemischen Parameter für Österreichischen Bergkäse 43

3.8 Unterschiede innerhalb der Käsesorte 47

3.8.1 Differenzierung nach Bundesland und Produktionsstandort 47

3.8.2 Abgleich der Daten mit dem ÖLMB 48

4 Zusammenfassung 50

Tabellenverzeichnis 52

Abbildungsverzeichnis 53

Literaturverzeichnis..... 54

Abkürzungen..... 56

1 Einleitung und Fragestellung

In diesem Kapitel wird die Käsesorte „Österreichischer Bergkäse“ präsentiert. Die Bedeutung von Bergkäse aus Rohmilch sowie die Notwendigkeit für die Erfassung aktueller chemischer Parameter werden diskutiert. Die Forschungsfragen des Projekts werden formuliert.

Die Käsesorte „Österreichischer Bergkäse“, welche im Österreichischen Lebensmittelbuch (ÖLMB) beschrieben wird, ist eine traditionelle Käsespezialität. Sie enthält unter anderem vier Käse mit geschützter Ursprungsbezeichnung –Tiroler Alm- / Alpkäse g.U., Tiroler Bergkäse g.U., Vorarlberger Bergkäse g.U. und Vorarlberger Alpkäse g.U.. Im „Jahresbericht der Agrarmarkt Austria für den Bereich Milch und Milchprodukte“ aus dem Jahr 2024 entfallen auf Rohmilch-Bergkäse mit 16.582.777 kg rund 33 % der Gesamtproduktion von Hartkäse (50.321.755 kg). Weiters ist von allen Molkereiprodukten Käse der wichtigste Exportartikel, wobei Rohmilch-Bergkäse mit 7.796.606 kg über 28 % der gesamten Exportmenge von Hartkäse ausmacht (AMA, 2024).

Diese dokumentierte Vielfalt, die lange Herstellungstradition und die Produktions- und Exportmenge zeigen die Bedeutung von Österreichischem Bergkäse auf. Trotz dieser Relevanz für die österreichische Milchwirtschaft gibt es kaum publizierte Daten zu den chemischen und ernährungsphysiologischen Parametern dieser Käsesorte. Somit ist die chemische Charakterisierung der Käsesorte von großer Bedeutung, um wissenschaftlich belastbare Daten für die Beratung von Produktionsbetrieben und Begutachtung einzelner Käse zu erhalten.

1.1 Die Käsesorte Österreichischer Bergkäse und Alpkäse

In der IV. Auflage des ÖLMB, Codexkapitel B 32 Milch und Milchprodukte, wird der Herstellungsprozess von Österreichischem Bergkäse und Alpkäse in Abschnitt 3.2.1.1.3 genau definiert:

Österreichischer Bergkäse wird aus silofreier, hartkäsetauglicher Rohmilch, die nicht über die Gewinnungstemperatur erwärmt und weder zentrifugalentkeimt noch mikrofiltriert wurde, mit Milchsäurebakterienkulturen hergestellt.

Der Käsebruch wird auf mindestens 48 °C erhitzt (gebrannt) und gepresst. Zur Bildung einer Rindenschmiere während der Reifezeit wird der Käse regelmäßig mit Salzwasser, dem fallweise Schmierekulturen zugesetzt werden, behandelt. Konsumreif ist Österreichischer Bergkäse frühestens im Alter von 3 Monaten.

Die Laibe bzw. Blöcke haben ein Gewicht von ca. 5 bis 60 kg. Die Käse weisen eine grifffeste, rissfreie Rinde mit dünner, angetrockneter, helloranger bis brauner Schmiere auf. Die eher spärliche, etwa erbsen- bis kirschgroße, runde Lochung ist gleichmäßig verteilt. Der Teig ist schnittfest und geschmeidig bzw. ganz leicht mürbe, gelblich bis gelb, sein Geschmack mild, aromatisch bis pikant.

Fettgehalt in der Trockenmasse (F.i.T.): mindestens 45 %

Höchstwassergehalt: 40 %

Zu dieser Käsesorte zählen auch Alpkäse (österreichischer Bergkäse, der auf Almen hergestellt wird) sowie folgende Käse mit geschützter Ursprungsbezeichnung gemäß Verordnung (EU) Nr. 1151/2012 idgF:

Tiroler Alm- / Alpkäse g.U.

Tiroler Bergkäse g.U.

Vorarlberger Bergkäse g.U.

Vorarlberger Alpkäse g.U.

Während die Anforderung im ÖLMB bezüglich der Brenntemperatur mit mindestens 48 °C relativ gering ist, ist diese in der Spezifikation jedes einzelnen g.U. Produktes (Einziges Dokument) höher: so beträgt die Brenntemperatur des Käsebruchs in der Molke bei Vorarlberger Bergkäse g.U. und Vorarlberger Alpkäse g.U. jeweils 51 – 54 °C (Patentnr. PDO-AT-1419, 1997) (Patentnr. PDO-AT-1413, 1997), beim Tiroler Bergkäse g.U. sind es „ca. 52 °C“ (Patentnr. G/AT/1416/95/07/03, 1997) und beim Tiroler Alm-/Alpkäse g.U. werden 50 – 54 °C angegeben (Patentnr. G/AT/01436/95/07/03, 1997).

Ein Produktionsschritt nach dem Pressen des grünen Käses, der nicht im Lebensmittelbuch vermerkt ist, jedoch ebenfalls in allen Spezifikationen der Käse mit g.U. steht, ist das Einlegen des grünen Käses in ein Salzbad (mit einem Kochsalzgehalt von über 20 %). Dieser Schritt ist für die Salzaufnahme des Käses und die Rindenbildung entscheidend und wird in der Regel für alle Bergkäse durchgeführt.

Produkte mit geschützter Ursprungsbezeichnung weisen Anforderungen an die geographische Herkunft der Milch und der verarbeitenden Betriebe auf. Besondere Anforderungen gelten für Alm-/Alpkäse: So müssen die Betriebe, die Vorarlberger Alpkäse g.U. herstellen im Bundesland Vorarlberg auf einer Seehöhe zwischen 1000 und 1800 m liegen und in ein Produzentenverzeichnis des Vorarlberger Alpwirtschaftsvereins eingetragen sein. Des Weiteren werden die behördlich anerkannten Alpbetriebe nur im Rahmen der Dreistufenwirtschaft in den Sommermonaten bewirtschaftet. Ein Weitertransport der Milch zwischen den zugelassenen Alpsennereien ist möglich (Patentnr. PDO-AT-1413, 1997). Tiroler Alm-/Alpkäse g.U. wird ausschließlich im Bundesland Tirol auf Almen, welche oberhalb der Dauerbesiedelungsgrenze und bis zu 2500 m Seehöhe liegen, produziert. Diese müssen im Tiroler Almkataster der Tiroler Landesregierung eingetragen oder von der Marktordnungsstelle „Agrarmarkt Austria (AMA)“ erfasst und anerkannt sein. Es darf ausschließlich die auf den Almen gewonnene, hartkäsereitaugliche Rohmilch an Ort und Stelle verarbeitet werden (Patentnr. G/AT/01436/95/07/03, 1997). Dagegen darf Bergkäse auch in Talbetrieben hergestellt werden, da es in den Spezifikationen von Vorarlberger Bergkäse g.U. und Tiroler Bergkäse g.U. keine Beschränkung der Seehöhe gibt. Die Milch muss hierbei aus dem jeweiligen Bundesland stammen und in diesem verarbeitet werden (Patentnr. PDO-AT-1419, 1997) (Patentnr. G/AT/1416/95/07/03, 1997).

1.2 Notwendigkeit von statistischen Daten

Bei der Interpretation von chemischen Untersuchungsparametern von Österreichischem Bergkäse im Rahmen gutachterlicher Tätigkeiten oder der Beratung eines Betriebes bedarf es solider, belastbarer Daten. Zwar können Erfahrungswerte vorliegen, jedoch sind diese schwer fass- und dokumentierbar. Eine Übersichtsarbeit kann hierbei Abhilfe schaffen und die Grundlage für evidenzbasiertes Fachwissen legen.

Die letzte große Erhebung dieser Daten erfolgte ausschließlich für Vorarlberger Bergkäse und wurde vor 30 Jahren veröffentlicht. (Rohm, et al., 1996) Da alle vier oben genannten

Produkte mit g.U. in dieselbe Käsesorte fallen, sind aktuelle Daten von Nöten, um einen Vergleich der diversen Produkte innerhalb der Sorte einerseits und eine gemeinsame Beschreibung der gesamten Käsesorte „Österreichischer Bergkäse“ mit ihren verschiedenen Vertretern andererseits durchführen zu können.

1.3 Fragestellungen

Ziel des Projektes ist die Erhebung belastbarer Daten und Durchschnittswerte für Österreichischen Bergkäse sowie der Vergleich dieser Daten mit den zuletzt publizierten (Rohm, et al., 1996). Folgende Fragen sollen mit diesem Projekt beantwortet werden:

1. Können durchschnittliche chemische Parameter für österreichischen Bergkäse definiert werden, die die gesamte Käsesorte realistisch abbilden?

2. Sollte dies der Fall sein: ist dennoch eine Unterscheidung zwischen Vorarlberger und Tiroler Bergkäse, welche beide als Österreichischer Bergkäse klassifiziert sind, anhand messbarer chemischer Parameter und statistisch belegbarer Unterschiede möglich und gerechtfertigt?

3. Lassen sich aus dem Vergleich der in diesem Projekt gewonnen Ergebnisse und den Daten, welche vor 30 Jahren für Vorarlberger Bergkäse erhoben wurden, Trends ablesen oder signifikante Unterschiede erkennen?

2 Material und Methoden

Um eine möglichst vollständige Charakterisierung zu erhalten, wurden von 99 Bergkäseproben aus Tirol und Vorarlberg aus einem vorherigen Projekt (Biogene Amine in Bergkäse, DaFNE-Projektnummer 101796) weitere chemische Parameter analysiert. Die gesammelten Daten wurden anschließend statistisch ausgewertet und mit den bereits publizierten Daten aus dem oben genannten Projekt zusammengeführt. In diesem Kapitel werden die angewendeten Analyse- und Auswertungsmethoden beschrieben.

2.1 Verwendung bestehender Parameter

Alle 99 Käseproben wurden im Rahmen des Projektes „Biogene Amine in Bergkäse“ (DaFNE-Projektnummer 101796) als keilförmige Zwickel mit etwa 2 kg gesammelt und repräsentative Rückstellmuster bei unter – 18 °C gelagert. (Wiedemair & Garsleitner, 2024) In diesem Projekt wurden folgende Parameter analysiert:

- Biogene Amine mittels HPLC
- Organische Säuren mittels HPLC
- Kochsalzgehalt
- Fettgehalt
- Wassergehalt

Aus dem Fettgehalt und dem Wassergehalt wurden auch der Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse (Wff) und das Fett in der Trockenmasse (F.i.T) berechnet.

2.2 Probenverarbeitung und Vorbereitung

Die vakuumierten und eingefrorenen Rückstellmuster aus dem Projekt „Biogene Amine in Bergkäse“ wurden schonend über Nacht im Kühlschrank aufgetaut. Am nächsten Tag wurde die Rinde entfernt und die Käse mit einem Reibgerät zerkleinert, gut durchmischt und anschließend für die weiteren Analysen portioniert.

2.3 Analysemethoden

2.3.1 Calciumkonzentration mittels Titration

Der Calciumgehalt wurde titrimetisch nach Tschager bestimmt, wobei Kupfer anstatt Cadmium als Indikator und eine entsprechende kupferselektive Elektrode verwendet wurde (Tschager & Jager, 1986).

Etwa 1 g Käseprobe wurde mit 10 ml 0,5 molarer H_2SO_4 versetzt und für 10 Minuten in einem Wasserbad auf 80 °C ± 2 °C erhitzt. Anschließend wurde die Probe aus dem Wasserbad entfernt, 1 ml Kupfer-EGTA-Indikator (0,005 mol/l) zugefügt und mit 10 ml Ammoniak-Ammonium-Puffer der pH-Wert der Probe auf ca. 10 eingestellt. Anschließend wurde die Probe mit einem Titrationssystem (Metrohm; 716 DMS Titrino) mit potentiometrischer Endpunktauswertung mit 0,02 molarer EGTA-Lösung titriert.

Es wurden Doppelbestimmungen bei jeder Untersuchungsprobe durchgeführt. Die Wiederholbarkeit der Analysenmethode beträgt 0,02 %.

2.3.2 Gesamtstickstoffgehalt mittels Titration nach Kjeldahl

Der Gesamtstickstoffgehalt beziehungsweise der daraus errechnete Proteingehalt der Proben wurde titrimetisch nach Kjeldahl durchgeführt.

Etwa 1 g Käseprobe wurde auf 1 mg genau eingewogen, mit zwei 5 g Kjehldahl-Tabletten (Missouri; 48,8 % Na_2SO_4, 48,9 % K_2SO_4, 0,3 % $CuSO_4$) versetzt und 20 ml H_2SO_4 (98 % w/w) zugegeben. Anschließend wurde die Probe in einem Aufschlussgerät (Büchi; SpeedDigester K-436) erhitzt, bis die Lösung klar war und nach dem Abkühlen mit 85 ml H_2O vermengt.

Der Aufschluss wurde in einer Destillationseinheit (Büchi; K-365 Multi) unter Zugabe von 80 ml NaOH (32 % w/w) in einen Vorlagekolben mit 60 ml wässriger H_3BO_3-Lösung (40 g/l) und 50 µl Mischindikator 5 (Merck, Darmstadt) mittels Dampfdestillation überführt. Die so erhaltene Probelösung wurde mit einer Titrationseinheit zur automatisch pH-gesteuerten Titration (Metrohm; 888 Titrando) mittels pH-Endpunkttitration mit 0,1 molarer HCl auf pH = 4,60 titriert.

Aus dem bestimmten Stickstoffgehalt wurde mittels Multiplikation mit dem für Milchprotein üblichen Faktor von 6,38 der Gesamteiweißgehalt der Probe berechnet.

Es wurden Doppelbestimmungen bei jeder Untersuchungsprobe durchgeführt. Die Wiederholbarkeit der an der HBLFA Tirol akkreditierten Analysenmethode beträgt 0,312 % Eiweißgehalt (entspricht 0,0489 % Stickstoffgehalt).

2.3.3 Proteolyse mittels Photometrie

Um den Abbau von Eiweiß zu niedermolekularen Sekundärprodukten (auch: Nicht-Protein-Stickstoff [NPN]; Abbau in die Tiefe) und den höhermolekularen Sekundärprodukten (auch: Wasserlöslicher Stickstoff [WLN]; Abbau in die Breite) zu evaluieren, wurde die Proteolyse eines wässrigen Käseextraktes photometrisch nach Tschager bestimmt. (Tschager E. , 1990) (Tschager E. , 1994)

Hierbei werden die freien Amingruppen der gelösten Aminosäuren mit ortho-Phtaldialdehyd (OPA) und dem Natriumsalz der 2-Mercaptoethansulfonsäure umgesetzt. Dabei entstehen 1-Alkylthio-2-alkylsioindol-Verbindungen, die bei 335 nm ein Extinktionsmaximum aufweisen, das mittels UV/Vis-Spektrometrie detektiert und so in eine Menge an Glutaminsäureäquivalenten umgerechnet werden kann.

Für den wässrigen Käseextrakt wurden 10,00 g Käse auf 100,0 g mit H_2O aufgefüllt, mit einem Labor-Homogenisator (Ultra-Turrax, 18 mm Schaftrohrdurchmesser, 11500 Umdrehungen pro Minute) für 30 s homogenisiert und für 15 min in einem Wasserbad temperiert. Anschließend wurde der Käseextrakt im Eisbad abgekühlt und mit einem Faltenfilter (Schleicher und Schüll 595 ½) filtriert. Je nach Untersuchungsgegenstand (WLN oder NPN) wurde aus diesem Käseextrakt ein Probenfiltrat hergestellt, wie in den Unterkapiteln 2.3.3.1 und 2.3.3.2 beschrieben. Diese Filtrate wurden entsprechend dem Unterkapitel 2.3.3.3 mittels Photometrie untersucht.

2.3.3.1 Wasserlöslicher Stickstoff

Für die Herstellung der Probelösung der WLN-Bestimmung wurden 5 ml des Käseextrakts mit 1 ml Essigsäure (10 % w/v) und 1 ml Natriumacetatlösung (20 % w/v) bei pH = 4,6 gepuffert und für 10 min bei 40 °C im Wasserbad temperiert. Nach dem Abkühlen wurde die Lösung durch einen Faltenfilter (Schleicher und Schüll 602 H ½) filtriert.

0,4 ml des Filtrates wurden mit 1,2 ml 8 molarer HCl über Nacht in einem Trockenschrank bei 120 °C hydrolysiert und anschließend für die OPA-Reaktion und Untersuchung mittels Photometrie als Probelösung verwendet.

2.3.3.2 Nicht-Protein-Stickstoff

Um alle höhermolekularen Peptide abzutrennen, wurden 5 ml Käseextrakt mit 2,5 ml Trichloressigsäure (36 %) versetzt, gut durchmischt und nach 10 min filtriert (Schleicher und Schüll 602 H ½).

Dieses Filtrat wurde für die OPA-Reaktion und Untersuchung mittels Photometrie direkt als Probelösung verwendet.

2.3.3.3 OPA-Reaktion und Photometrie

Die OPA-Reaktionslösung wurde täglich frisch gemäß Literatur hergestellt (Tschager E. , 1990). Für die Untersuchung wurden 20 µl WLN-Hydrolysat oder NPN-Filtrat und 3 ml OPA-Reaktionslösung in eine Makroküvette pipettiert, gemischt und nach 30 min Reaktionszeit die Extinktion bei 335 nm mit einem Photometer (Perkin Elmer; UV/Vis Lambda 20) gemessen.

Es wurden Doppelbestimmungen bei jeder Untersuchungsprobe durchgeführt. Die Wiederholbarkeit der Analysenmethode beträgt 0,021 für die NPN-Messungen und 0,011 bei den WLN-Messungen. Dies entspricht 1 g, respektive 2 g Glutaminsäure/kg.

2.3.4 Restzucker mittels Folienmethode

Um den Restzuckergehalt der Käse zu untersuchen, wurde eine Adaption der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Käse, wie in Kapitel 35.4 des VDLUFA-Methodenbuchs (Bätz & Brod, 2010) angewendet.

Hierfür wurde Alufolie in der Mitte zusammengefaltet und wieder geöffnet. Auf einer Seite der geöffneten Folie wurden ca. 3 g Käse rasch verteilt, die Folie anschließend verschlossen, an den drei offenen Seiten umgefalzt und zu einer dünnen Schicht gepresst. Das Folienpaket wurde wieder geöffnet, vollständig aufgeklappt und 30 min bei 130 °C im Trockenschrank erhitzt. Anschließend konnte die Folie aus dem Trockenschrank

genommen und mithilfe einer an der HBLFA Tirol hergestellten Vergleichskarte ausgewertet werden.

Abbildung 1: Referenzkarte der Untersuchung auf Restzucker mittels Folienmethode.

In Abbildung 1 ist die verwendete Referenzkarte zu sehen. Darauf befinden sich Felder eines Käses ohne Restzucker sowie desselben Käses mit einen Restzuckergehalt von 0,05 %, 0,10 %, 0,50 % und 1,00 % (mit einer Zuckerlösung eingestellt) nach dem Erhitzen im Trockenschrank. Es ist mit freiem Auge eine Unterscheidung zwischen einem negativen Resultat und 0,05 % Restzuckergehalt möglich.

2.4 Bestimmungsgrenze der Untersuchung auf die organischen Säuren und die biogenen Amine

Die Nachweisgrenze (Limit of Detection – LOD) und Bestimmungsgrenzen (Limit of Quantification – LOQ) für die Analyse auf die organischen Säuren an der HBLFA Tirol werden mit jeweils 16,5 und 50 mg/kg abgeschätzt. Für die Methode zur Bestimmung der biogenen Amine wurden die Angaben aus Tabelle 5 in Kapitel 3.3 des Projekts „Biogene Amine“ der HBLFA Tirol übernommen (Wiedemair & Garsleitner, 2024).

Die Formel, über die LOD und LOQ in Zusammenhang stehen, wurde aus diesem Projekt übernommen:

$$LOD = \frac{3{,}3}{10} \cdot LOQ$$

Die sich somit ergebenden Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sind in Tabelle 1 angegeben. Für die statistische Auswertung der Mittelwerte wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der organischen Säuren und biogenen Amine.

Parameter	LOD /(mg/kg)	LOQ /(mg/kg)
Histamin	9,5	28,8
Tyramin	6,9	21,0
Cadavarin	9,5	28,7
Putrescin	6,9	21,0
Tryptamin	29,6	89,6
2-Phenylethylamin	25,5	77,2
Bernsteinsäure	16,5	50,0
Milchsäure	16,5	50,0
Citronensäure	16,5	50,0
Ameisensäure	16,5	50,0
Essigsäure	16,5	50,0
Propionsäure	16,5	50,0
Buttersäure	16,5	50,0
Pyroglutaminsäure	16,5	50,0

2.5 Zusammenführung aller Daten und Auswertung

Die Rohdaten dieses Projekts und die Daten (Analysewerte und Metadaten der Käse) aus dem DaFNE-Projekt „Biogene-Amine in Bergkäse“ (Wiedemair & Garsleitner, 2024) wurden nach vollständiger Erhebung zusammengeführt.

Die statistische Auswertung und die Erstellung der Grafiken erfolgten in Microsoft Excel 365 und IBM SPSS Statistics, Version: 29.0.0.0 (241).

Die Überprüfung auf Signifikanz erfolgte immer als beidseitiger Welch-Test für ungleiche Varianz mit einem Konfidenzintervall von 95 %, wie in SPSS implementiert.

Tests auf Normalverteilung erfolgten nach Kolmogorov-Smirnov mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors und nach Shapiro-Wilk mit einem Konfidenzintervall von 95 %, wie in SPSS implementiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Daten der aktuellen chemischen Parameter der Österreichischen Bergkäse aus Tirol und Vorarlberg dokumentiert, ausgewertet und denen für Vorarlberger Bergkäse von 1996 sowie älteren Durchschnittswerten in der Literatur gegenübergestellt. Die verschiedenen Kategorisierungsmöglichkeiten des Datensatzes nach Herkunft werden statistisch getestet. Aktuelle Durchschnittswerte für Österreichischen Bergkäse werden anhand der gemessenen Daten und der Verteilung der Werte erstellt.

3.1 Mögliche technologische Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden einige allgemeine Zusammenhänge der chemischen Parameter sowie Faktoren, die diese Parameter beeinflussen, beschrieben. Dies soll dem Verständnis der Diskussionen in den folgenden Kapiteln dienen. Viele dieser Faktoren können als mögliche Stellschrauben verstanden werden, welche beim Herstellungsprozess bewusst gesetzt werden und maßgebliche sensorische, chemische oder mikrobielle Auswirkungen auf das Endprodukt haben. Es handelt sich hierbei nicht um Abweichungen, sondern um Nuancen in einem technologisch plausiblen Rahmen. Die folgende Liste bietet einen Überblick über einen Auszug der möglichen Einflussfaktoren:

- Die Milch kann mit natürlichem Fettgehalt verkäst oder der Fettgehalt vor dem Käsungsprozess eingestellt werden. Durch die Reduktion des Fettgehalts der Kesselmilch sinkt der F.i.T.-Gehalt des Käses, während gleichzeitig der Eiweißanteil in der Trockenmasse steigt.
- Durch eine erhöhte Brenntemperatur, ein kleineres Bruchkorn und eine stärkere Säuerung verstärkt sich die Synärese und es kommt zu einer vermehrten Entmolkung des Käsebruches (Töpel, 2004). Somit steigt der Trockenmassegehalt, während der Wassergehalt dementsprechend sinkt.
- Die Reifungsdauer hat viele Auswirkungen; einerseits sinkt der Wassergehalt, wodurch der Trockenmassegehalt steigt. Mit dem Trockenmassegehalt steigen auch der absolute Fett-, Protein- und Kochsalzgehalt an. Gleichzeitig werden durch die fortschreitenden Reifungsprozesse mehrere Parameter stark beeinflusst: als

Indikatoren des Eiweißabbaus steigen der OPA-NPN- und OPA-WLN-Wert sowie der Gehalt an Pyroglutaminsäure. Der Milchsäuregehalt sinkt mit zunehmendem Alter.

- Durch die Wahl und Verwendung unterschiedlicher Betriebskulturen werden unterschiedliche mikrobielle Stoffwechselwege präferiert oder werden erst ermöglicht. Dies kann einen Einfluss auf das Profil der organischen Säuren haben.

3.2 Gesammelte chemische Parameter

3.2.1 Aktuelle Daten für Österreichischen Bergkäse

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte (*MW*), die Standardabweichungen (σ), das Minimum (*MIN*) und das Maximum (*MAX*) aller chemischen Parameter, die im derzeitigen Projekt sowie im Projekt Biogene Amine analysiert wurden, dargestellt. Zusätzlich werden alle Parameter, welche 1996 für Vorarlberger Bergkäse ermittelt wurden (Rohm, et al., 1996), gegenübergestellt.

Die Abkürzung der Parameter lautet wie folgt: FAT – Fettgehalt; FIT – Fett in Trockenmasse-Gehalt, berechnet; DM – Trockenmasse; WAT – Wassergehalt, berechnet; WFF – Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse, berechnet; PROT – Proteingehalt nach Kjeldahl (Faktor 6,38); WLN – OPA-WLN-Wert; NPN – OPA-NPN-Wert; NACL – Kochsalzgehalt; CA – Calciumgehalt; SUCC – Bernsteinsäure; LACT – Milchsäure; CIT – Citronensäure; FORM – Ameisensäure; ACET – Essigsäure; PROP – Propionsäure; BUTA – Buttersäure; PGLU – Pyroglutaminsäure; GLN – Glutamin; HIST – Histidin; TYRA – Tyramin; CADA – Cadaverin; PUTR – Putrescin; TRYP – Tryptamin; PHEN – 2-Phenylethylamin.

Für eine bessere Lesbarkeit des Fließtextes werden die Ergebnisse der statistischen Überprüfung der Signifikanz mittels Welch-Test mit einem Konfidenzintervall von 95 % in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 2: Aktuelle Parameter für österreichische Bergkäse aus Tirol und Vorarlberg im Vergleich mit Daten für Vorarlberger Bergkäse aus dem Jahr 1996 (Rohm, et al., 1996).

Parameter	*MW*	*σ*	*MIN*	*MAX*	MW_{96}	σ_{96}	MIN_{96}	MAX_{96}
Anzahl	99				141			
Alter[1]	7,2	4,2	3	15	7,3	1,3	6	11
FAT	35,74 %	1,36 %	32,61 %	38,72 %	35,7 %	1,17 %	31,4 %	39,0 %
FIT	52,57 %	1,37 %	49,70 %	56,40 %	53,8 %	1,58 %	48,0 %	57,9 %
DM	67,97 %	1,70 %	64,12 %	72,32 %	66,4 %	0,97 %	63,8 %	68,4 %
WAT	32,03 %	1,70 %	27,68 %	35,88 %	33,6 %	0,97 %	31,6 %	36,2 %
WFF	49,82 %	2,01 %	45,10 %	54,80 %	52,25 %	1,38 %	49,15 %	55,69 %
PROT	27,17 %	1,02 %	24,50 %	29,51 %	26,54 %	0,94 %	23,80 %	30,94 %
WLN[2]	67,8	22,8	23,5	122,7	77,7	11,8	52,1	109,0
NPN[2]	46,4	20,0	11,1	106,6	46,4	12,5	10,8	76,2
NACL	1,72 %	0,36 %	1,05 %	2,67 %	1,64 %	0,32 %	0,93 %	2,59 %
CA	0,84 %	0,05 %	0,70 %	0,96 %	0,93 %	0,08 %	0,66 %	1,14 %
SUCC[3]	326	269	63	1393	760	496	100	2360
LACT[3]	8684	2005	2512	12610	8330	1900	30	11900
CIT[3]	406	496	14	1764				
FORM[3]	186	67	52	458				
ACET[3]	1203	414	293	2529	1510	720	330	6620
PROP[3]	314	463	2	2081	562	619	0	2570
BUTA[3]	152	77	39	519	253	138	80	990
PGLU[3]	446	276	40	1153				
GLN[3]	683	261	102	1356				
HIST[3]	110	129	0	484				
TYRA[3]	53	141	0	967				
CADA[3]	9	17	0	86				
PUTR[3]	10	45	0	408				
TRYP[3]	1	8	0	69				
PHEN[3]	7	33	0	309				

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

Die durchschnittliche Trockenmasse stieg in Relation zu 1996 um 2,4 % des ursprünglichen Wertes signifikant an. Gleichzeitig sank der F.i.T. Gehalt relativ um 2,3 % signifikant, was ein Gleichbleiben des absoluten Fettgehaltes bewirkt. Der Proteingehalt stieg im Durchschnitt um 2,4 % des ursprünglichen Wertes signifikant an. Diese Reduktion des F.i.T. Gehalts in Kombination mit dem des Proteingehalts lässt auf eine vermehrte Einstellung des Fettgehaltes der Kesselmilch schließen.

Die Steigerung der Trockenmasse lässt sich entweder auf veränderte Reifebedingungen (höheres durchschnittliches Alter der Käse oder trockenere, wärmere Keller) oder veränderte Herstellungsparameter (beispielsweise eine erhöhte Synärese des Käsebruchs, oder einen erhöhten Kochsalzgehalt) zurückführen. Da das Durchschnittsalter der Käselaibe 1996 7,3 Monate betrug (Mindestreifezeit: sechs Monate, Maximum: elf Monate) und im derzeitigen Projekt 7,2 Monate (Mindestreifezeit: drei Monate, Maximum: 15 Monate), ist der höhere Trockenmassegehalt nicht auf das Alter, sondern auf andere Effekte (wie zum Beispiel eine erhöhte Synärese) zurückzuführen. Der Grund einer erhöhten Synärese wiederum kann vielfältig sein, da es keine umfänglichen Daten zur Bruchkorngröße, Brenntemperatur und pH-Wert beim Dicklegen der Milch für beide Datensätze gibt.

Indirekt kann lediglich aufgrund des Calciumgehalts folgende Hypothese aufgestellt werden: der Mittelwert des Calciumgehalts sank in Relation zu 1996 um 9,7 % des ursprünglichen Wertes signifikant ab, während die Standardabweichung und die Spannweite aufgrund eines höheren Minimalwertes und eines niedrigeren Maximalwertes sanken, die Werte also wesentlich homogener wurden. Eine stärkere Säuerung erhöht den Anteil an freien Ca^{2+}-Ionen in der Molke, was zu einem geringeren Calciumgehalt in der Käsemasse (micellar gebundenes Calcium) führt (Flüeler, 1982). Eine mögliche Erklärung dieses durch den gesamten Datensatz reduzierten Calciumgehalts, in Kombination mit einer erhöhten Trockenmasse, wäre der vermehrte und relativ einheitliche Einsatz stärker säuernder Kulturen. Diese stärkere Säuerung während der Herstellung wäre auch eine stimmige Erklärung für den erhöhten Trockenmassegehalt.

Bei den organischen Säuren muss die Herkunft dieser berücksichtigt werden: die Milchsäure entsteht im Wesentlichen durch den Abbau der Lactose und wird durch Mikroorganismen verstoffwechselt. Der Mittelwert und die Standardabweichung unterscheiden sich in beiden Datensätzen nicht signifikant. Citronensäure ist ein originärer Milchbestandteil und kann durch citratpositive Mikroorganismen, insbesondere fakultativ

heterofermentative Lactobazillen, zu Essigsäure, Ameisensäure und CO_2 abgebaut werden (Fröhlich-Wyder, Bachmann, & Gerard Casey, 2002).

Bernsteinsäure, Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure entstehen als Produkte der jeweiligen Stoffwechselwege von Mikroorganismen. Essigsäure ist unter anderem ein Nebenprodukt des Citratabbaus, der Metabolisierung einzelner Aminosäuren, der Propionsäuregärung und der heterofermentativen Milchsäuregärung und hat deswegen mehrere Eintragswege (Rohm, et al., 1997). Eine detaillierte Analyse der Verteilung der Werte der Essigsäure und deren Höhe ist aufgrund dieser multifaktoriellen Zusammenhänge nicht aussagekräftig und wurde daher nicht durchgeführt.

Insbesondere Bernsteinsäure, Propionsäure und Buttersäure können beim österreichischen Bergkäse jedoch als Indikatoren für Qualitätsfehler herangezogen werden. So ist eine starke Propionsäuregärung unerwünscht, um nicht zu viele und große Löcher im Käse zu erhalten. Sie wird vor allem durch Propionibakterien verursacht, die als Teil der Rohmilchflora in den Käse gelangen. Eine gezielte Zugabe dieser zu Bergkäsen ist untypisch (Rohm, et al., 1997). Bernsteinsäure ist ein Endprodukt des Aspartatmetabolismus, welcher ebenfalls von einigen Propionsäurebakterienstämmen durchgeführt werden kann (Sebastiani & Bader, 1992). Daher ist Bernsteinsäure im Österreichischen Bergkäse ebenfalls unerwünscht.

Freie Buttersäure steht vor allem mit dem Fütterungsmanagement in Verbindung, da sie als Stoffwechselprodukt von anaeroben Sporenbildnern (z.B. Clostridium tyrobutyricum) gebildet wird und durch eine entsprechende Stall- und Melkhygiene reduziert werden kann (Ellner, 2017). Des Weiteren kommt Buttersäure auch als Milchfettbestandteil vor. Durch die Spaltung von freiem Fett, welches durch starke mechanische Belastung bei der Verarbeitung entstehen kann, kann ebenfalls Buttersäure freigesetzt werden (Ellner, 2017).

Der deutliche durchschnittliche Rückgang der Propionsäure, Buttersäure und Bernsteinsäure von 40 bis fast 60 % bedeutet eine Steigerung der Produktqualität durch einen geringeren Einfluss ungewünschter Keime. Dies spricht insgesamt für einen sehr hohen Verarbeitungsstandard und eine verbesserte Prozesshygiene.

Tabelle 3: Welch-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich dieses Projekts mit dem Datensatz für Vorarlberger Bergkäse von 1996 (Rohm, et al., 1996).

Parameter	*MW*	*σ*	*n*	MW_{96}	σ_{96}	n_{96}	*t*	*df*	*p*
DM	67,97 %	1,70 %	99	66,40 %	0,97 %	141	8,29	142,705	< 0,001
FIT	52,57 %	1,37 %	99	53,80 %	1,58 %	141	-6,424	227,576	< 0,001
FAT	35,74 %	1,36 %	99	35,70 %	1,17 %	141	0,237	190,336	0,813
PROT	27,17 %	1,02 %	99	26,54 %	0,94 %	141	4,864	199,954	< 0,001
CA	0,84 %	0,05 %	99	0,93 %	0,08 %	141	-10,708	235,138	< 0,001
NACL	1,72 %	0,36 %	99	1,64 %	0,32 %	141	1,773	194,906	0,078
LACT[1]	8684	2005	99	8330	1900	141	1,376	203,8	0,170
ACET[1]	1203	414	99	1510	720	141	-4,175	229,992	< 0,001
SUCC[1]	326	269	99	760	496	141	-8,72	225,461	< 0,001
PROP[1]	314	463	99	562	619	141	-3,549	237,023	< 0,001
BUTA[1]	152	77	99	253	138	141	-7,237	227,616	< 0,001

1: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt

Auf die Lochung wird in Kapitel 3.4 explizit eingegangen.

Der Zusammenhang zwischen Säuerung und Calciumgehalt wird in Kapitel 3.5 diskutiert.

Die Proteolyseparameter OPA-NPN und OPA-WLN werden in Kapitel 3.6 genauer untersucht, da das Alter der Käse dabei eine entscheidende Rolle spielt und eine präzise Berücksichtigung erfordert.

3.2.2 Vergleich mit älteren Daten

In der dritten Auflage des „Molkerei-Lexikons“ von M. Schulz aus dem Jahr 1952 (Schulz, 1952) wird die durchschnittliche Zusammensetzung der chemischen Parameter von Bergkäse (FIT, WAT, DM, FAT und WFF) angegeben. Im „Handbuch der Käse“ von H. Mair-Waldburg aus dem Jahr 1974 (Mair-Waldburg, 1974) werden die analytisch ermittelten Durchschnittswerte (DM, FIT, NACL; daraus berechenbar: FAT, WAT, WFF) für Alp- und Bergkäse in Österreich angegeben. Die Formeln für die Berechnung der anderen Parameter aus den angegebenen Daten sind folgende (alle Werte in %):

$$FAT = \frac{FIT \cdot DM}{100}$$

$$WAT = 100 - DM$$

$$WFF = \frac{WAT}{100 - FAT} \cdot 100$$

Diese Durchschnittswerte werden in Tabelle 4 mit den Daten aus Tabelle 2 ergänzt, um so mögliche Trends über die Zusammensetzung des Österreichischen Bergkäses im Verlauf der Zeit ablesen zu können.

Tabelle 4: Vergleich der Parameter DM, WAT, FAT, FIT, WFF und NACL des aktuellen Projekts mit Literaturwerten von 1952, 1974, 1996.

Quelle und Jahr	DM /%	WAT /%	FAT /%	FIT /%	WFF /%	NACL /%
(Schulz, 1952)	61,2	38,8	27,5	45	52	
(Mair-Waldburg, 1974)	60 – 64	38[a]	29,8[a]	46 – 50	54,1[a]	2 – 3
(Rohm, et al., 1996)	66,4	33,6	35,7	53,8	52,3	1,64
HBLFA, 2026	68,0	32,0	35,7	52,6	49,8	1,72

[a]Für die Berechnung wurden die Mittelwerte der jeweiligen Spannweiten verwendet.

Es ähneln sich jeweils die Daten aus den Jahren 1952 und 1974 sowie 1996 und 2026, was auf eine Veränderung der Produktion zwischen den 1970ern und den 1990ern hindeuten könnte. Alternativ könnte auch das Beschreiben von theoretischen Soll-Werten in den zwei früheren Publikationen und von gemessenen Ist-Werten in der Publikation von 1996 und in diesem Projekt für diesen Unterschied verantwortlich sein.

Sollte es sich bei den älteren Werten ebenfalls um gemessene Werte handeln, ist aus diesem Zeitverlauf zu erkennen, dass der F.i.T. Gehalt zumindest bis 1974 vermehrt eingestellt, also die Milch tendenziell weniger mit natürlichem Fettgehalt verkäst wurde. Gleichzeitig ist ein Trend zu einem stetig steigenden Trockenmassegehalt mit einhergehendem sinkendem Wassergehalt erkennbar.

3.2.3 Statistische Auswertung nach Herkunft

Durch die Probennahme in den Bundesländern Tirol und Vorarlberg sowie der Unterscheidung von Produktionsbetrieben am Berg (Sommerbetriebe) und im Tal (Ganzjahres- und Winterbetriebe) können verschiedene Kategorisierungen des Datensatzes erfolgen.

In Tabelle 5 werden die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen aller Parameter für die Aufteilung nach Berg und Tal aufgelistet.

Tabelle 6 enthält die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen für die nach Bundesland (Tirol und Vorarlberg) sortierten Datensätze.

Durch die Kombination der zwei Parameter Betriebsart und Bundesland werden vier Kategorien gebildet: Tirol-Tal, Tirol-Berg, Vorarlberg-Tal und Vorarlberg-Berg. In Tabelle 7 sind die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen aller Parameter für die kombinierten Kategorien aufgelistet.

Tabelle 5: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse unterschieden nach Herkunft: Berg und Tal.

Parameter	MW_{Tal}	σ_{Tal}	MW_{Berg}	σ_{Berg}
Anzahl	62		37	
Alter[1]	6,9	3,7	7,7	4,8
FAT	35,76 %	1,28 %	35,69 %	1,50 %
FIT	52,41 %	1,31 %	52,83 %	1,45 %
DM	68,23 %	1,56 %	67,54 %	1,85 %
WAT	31,78 %	1,56 %	32,46 %	1,85 %
WFF	49,45 %	1,85 %	50,45 %	2,13 %
PROT	27,41 %	0,90 %	26,76 %	1,07 %
WLN[2]	65,4	20,7	71,8	25,7
NPN[2]	44,7	17,4	49,2	23,6
NACL	1,69 %	0,35 %	1,78 %	0,37 %
CA	0,84 %	0,04 %	0,84 %	0,05 %
SUCC[3]	302	238	366	314
LACT[3]	8477	1831	9031	2251
CIT[3]	389	496	434	503
FORM[3]	173	43	209	91
ACET[3]	1189	396	1226	447
PROP[3]	326	481	293	436
BUTA[3]	143	72	167	84
PGLU[3]	482	271	386	278
GLN[3]	744	272	581	207
HIST[3]	130	127	77	127
TYRA[3]	20	30	109	218
CADA[3]	5	10	16	22
PUTR[3]	12	55	8	21
TRYP[3]	2	10	1	3
PHEN[3]	4	12	11	52

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

Tabelle 6: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse unterschieden nach Herkunft: Tirol und Vorarlberg.

Parameter	MW_{Tirol}	σ_{Tirol}	$MW_{Vorarlberg}$	$\sigma_{Vorarlberg}$
Anzahl	29		70	
Alter[1]	6,9	3,7	7,3	4,4
FAT	35,35 %	1,20 %	35,90 %	1,40 %
FIT	51,91 %	1,32 %	52,84 %	1,31 %
DM	68,11 %	1,85 %	67,91 %	1,64 %
WAT	31,89 %	1,85 %	32,09 %	1,64 %
WFF	49,32 %	2,34 %	50,03 %	1,83 %
PROT	27,62 %	0,99 %	26,98 %	0,97 %
WLN[2]	63,4	24,5	69,6	22,0
NPN[2]	41,4	18,2	48,5	20,4
NACL	1,55 %	0,34 %	1,79 %	0,35 %
CA	0,85 %	0,06 %	0,83 %	0,04 %
SUCC[3]	311	276	332	268
LACT[3]	8914	2235	8589	1911
CIT[3]	875	476	212	357
FORM[3]	153	51	200	69
ACET[3]	1083	575	1253	317
PROP[3]	363	568	294	414
BUTA[3]	149	75	153	78
PGLU[3]	432	287	451	274
GLN[3]	753	272	654	252
HIST[3]	127	150	103	120
TYRA[3]	43	64	57	163
CADA[3]	9	14	9	17
PUTR[3]	21	77	6	21
TRYP[3]	0	1	2	10
PHEN[3]	5	11	8	39

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

Tabelle 7: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse, aufgeteilt in die vier Kategorien: Tirol-Berg, Tirol-Tal, Vorarlberg-Berg und Vorarlberg-Tal.

Parameter	$MW_{T\text{-}Tal}$	$\sigma_{T\text{-}Tal}$	$MW_{T\text{-}Berg}$	$\sigma_{T\text{-}Berg}$	$MW_{V\text{-}Tal}$	$\sigma_{V\text{-}Tal}$	$MW_{V\text{-}Berg}$	$\sigma_{V\text{-}Berg}$
Anzahl	20		9		42		28	
Alter[1]	6,1	3,3	8,8	3,9	7,3	3,9	7,3	5,0
FAT	35,12 %	1,08 %	35,87 %	1,35 %	36,07 %	1,27 %	35,64 %	1,56 %
FIT	51,46 %	1,13 %	52,91 %	1,21 %	52,87 %	1,15 %	52,81 %	1,54 %
DM	68,25 %	1,62 %	67,78 %	2,35 %	68,21 %	1,55 %	67,46 %	1,70 %
WAT	31,75 %	1,62 %	32,22 %	2,35 %	31,79 %	1,55 %	32,54 %	1,70 %
WFF	48,92 %	2,01 %	50,21 %	2,88 %	49,70 %	1,73 %	50,53 %	1,88 %
PROT	27,85 %	0,91 %	27,11 %	1,01 %	27,20 %	0,83 %	26,65 %	1,09 %
WLN[2]	57,4	23,3	76,8	22,7	69,2	18,5	70,2	26,8
NPN[2]	37,4	17,6	50,2	17,1	48,2	16,4	48,8	25,7
NACL	1,57 %	0,39 %	1,52 %	0,21 %	1,74 %	0,32 %	1,86 %	0,38 %
CA	0,87 %	0,05 %	0,82 %	0,07 %	0,82 %	0,03 %	0,84 %	0,05 %
SUCC[3]	299	307	336	207	303	202	376	344
LACT[3]	9134	2321	8426	2076	8164	1478	9226	2306
CIT[3]	960	457	684	487	117	186	353	489
FORM[3]	160	54	137	43	179	37	232	91
ACET[3]	1031	573	1198	597	1264	252	1236	400
PROP[3]	331	581	433	567	324	433	248	387
BUTA[3]	142	78	166	70	144	69	167	89
PGLU[3]	400	271	504	325	521	266	348	255
GLN[3]	803	302	641	146	715	255	562	221
HIST[3]	96	124	195	187	147	126	39	72
TYRA[3]	23	45	88	80	18	18	116	247
CADA[3]	8	15	13	12	4	6	17	25
PUTR[3]	26	92	10	19	5	20	8	22
TRYP[3]	0	0	0	1	3	12	1	3
PHEN[3]	6	13	2	4	3	12	14	60

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

Beim Vergleich der verschiedenen Kategorien wird darauf hingewiesen, dass die Stichprobenzahl deutlich unterschiedlich ausfällt. So gibt es nur neun Proben von Tiroler Almbetrieben, jedoch 42 Proben von Vorarlberger Talkäsereien.

Es gibt innerhalb der vier Herkunftskategorien teilweise statistisch signifikante Unterschiede, welche sich insgesamt jedoch in einem überschaubaren Rahmen bewegen. Sie sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf technologische Prozessparameter zurückzuführen, welche im technologisch plausiblen Rahmen liegen. Für eine bessere Lesbarkeit des Fließtextes werden die Ergebnisse der statistischen Überprüfung der Signifikanz mittels Welch-Test mit einem Konfidenzintervall von 95 % in Tabelle 8 angegeben. Es wurde immer die benannte Untergruppe (benannt in der Spalte „Stichprobe“) mit dem gesamten restlichen Datensatz des Projekts verglichen.

Der geringere F.i.T. Gehalt von Käsen aus Tiroler Talkäsereien in Kombination mit einem erhöhten Proteingehalt lässt im Vergleich zu den restlichen Daten auf eine vermehrte Fetteinstellung der Kesselmilch schließen, wie in Abbildung 2 (g) und (h) zu sehen ist. Diese Werte unterscheiden sich von den restlichen Daten auch signifikant. Dass es sich hierbei lediglich um technologische Präferenzen handelt, wird unter anderem daraus ersichtlich, dass trotz eines statistischen Unterschieds die Spannweite des Proteingehaltes in Vorarlberger Talbetrieben die gesamte Spannweite der Tiroler Talbetriebe einschließt, da davon auszugehen ist, dass eine Fetteinstellung der Kesselmilch auch in einigen Vorarlberger Talbetrieben stattfindet.

Der durchschnittliche Kochsalzgehalt von Bergkäsen aus Vorarlberg ist im Vergleich zu Bergkäsen aus Tirol signifikant höher. Die Spannweite und Standardabweichung innerhalb der Kategorien hierbei sind jedoch sehr hoch. Grundsätzlich korreliert der Kochsalzgehalt mit dem Käsealter (Rohm, et al., 1996), jedoch weisen die Bergkäse von Tiroler Almbetrieben mit durchschnittlich 8,8 Monaten das höchste Alter und gleichzeitig mit 1,52 % den niedrigsten Kochsalzgehalt auf. Es ist also von Unterschieden, welche über die altersbedingte Zunahme des Kochsalzgehalts hinausgehen, auszugehen. Gleichzeitig unterscheidet sich der Calciumgehalt der Käse aus Vorarlberg und Tirol nicht signifikant voneinander. Dieser sehr homogene Calciumgehalt ist ein Hinweis auf die sehr gleichmäßige Säuerung über alle untersuchten Österreichischen Bergkäse hinweg, wie auch in Kapitel 3.2.1 und 3.5 beschrieben. In Abbildung 2 (i) und (j) sind die Boxplots des Kochsalz- und Calciumgehalts abgebildet.

Der Wassergehalt sowie der daraus – in Kombination mit dem Fettgehalt – ermittelte Wff-Gehalt sind in Abbildung 2 (d) bis (f) zu sehen. Insbesondere bei dem Vergleich des Wff-Gehalts zwischen Berg- und Talbetrieben ist ein signifikanter Unterschied zu sehen, wobei der Wff-Gehalt der am Berg produzierten Käse höher ist. Dies deutet auf einen herstellungsbedingten Unterschied (insbesondere eine stärkere Synärese bei Talbetrieben) oder veränderte Reifebedingungen (insbesondere ein höheres Alter der Käse bei Talbetrieben oder wärmere und trockenere Lagerungsbedingungen in den Talbetrieben) hin. Mit einer längeren Reifung sinkt der Wff-Gehalt; aufgrund eines höheren Durchschnittsalters am Berg von 7,7 Monaten gegenüber 6,9 Monaten im Tal und aber gleichzeitig höheren Wff-Gehalten am Berg wird der Grund für diesen Unterschied tendenziell auf herstellungsbedingte Parameter zurückzuführen sein. Da die Proben aus Berg- und Talbetrieben einen ähnlich hohen Calciumgehalt aufweisen, welcher als indirekter Vergleich der Säuerung während der Herstellung herangezogen werden kann, werden vermutlich vor allem höhere Brenntemperaturen und eine kleinere Bruchkorngröße für eine verstärkte Synärese und somit einen höheren Wff-Gehalt verantwortlich sein.

Ein deutlicher Unterschied zwischen Käsen aus Tirol und Vorarlberg kann im Profil der organischen Säuren festgestellt werden. In Vorarlberger Käsen ist die durchschnittliche Konzentration an Citronensäure stark reduziert, dagegen die durchschnittliche Konzentration an Ameisensäure und Essigsäure im Vergleich zu den Käsen aus Tirol erhöht, wie auch in Abbildung 2 (a) bis (c) dargestellt ist. Dies kann auf das vermehrte Vorkommen von citratpositiven fakultativ heterofermentativen Lactobazillen in den in Vorarlberg verwendeten Kulturen zurückgeführt werden. Statistisch signifikant sind die Unterschiede hierbei für Citronensäure und Ameisensäure; für Essigsäure ist aufgrund der hohen Streuung kein signifikanter Unterschied gegeben. Dies ist dadurch zu erklären, dass Essigsäure auch durch andere mikrobielle Stoffwechselwege erzeugt werden kann und somit dessen Gesamtwert von mehreren Faktoren abhängig ist.

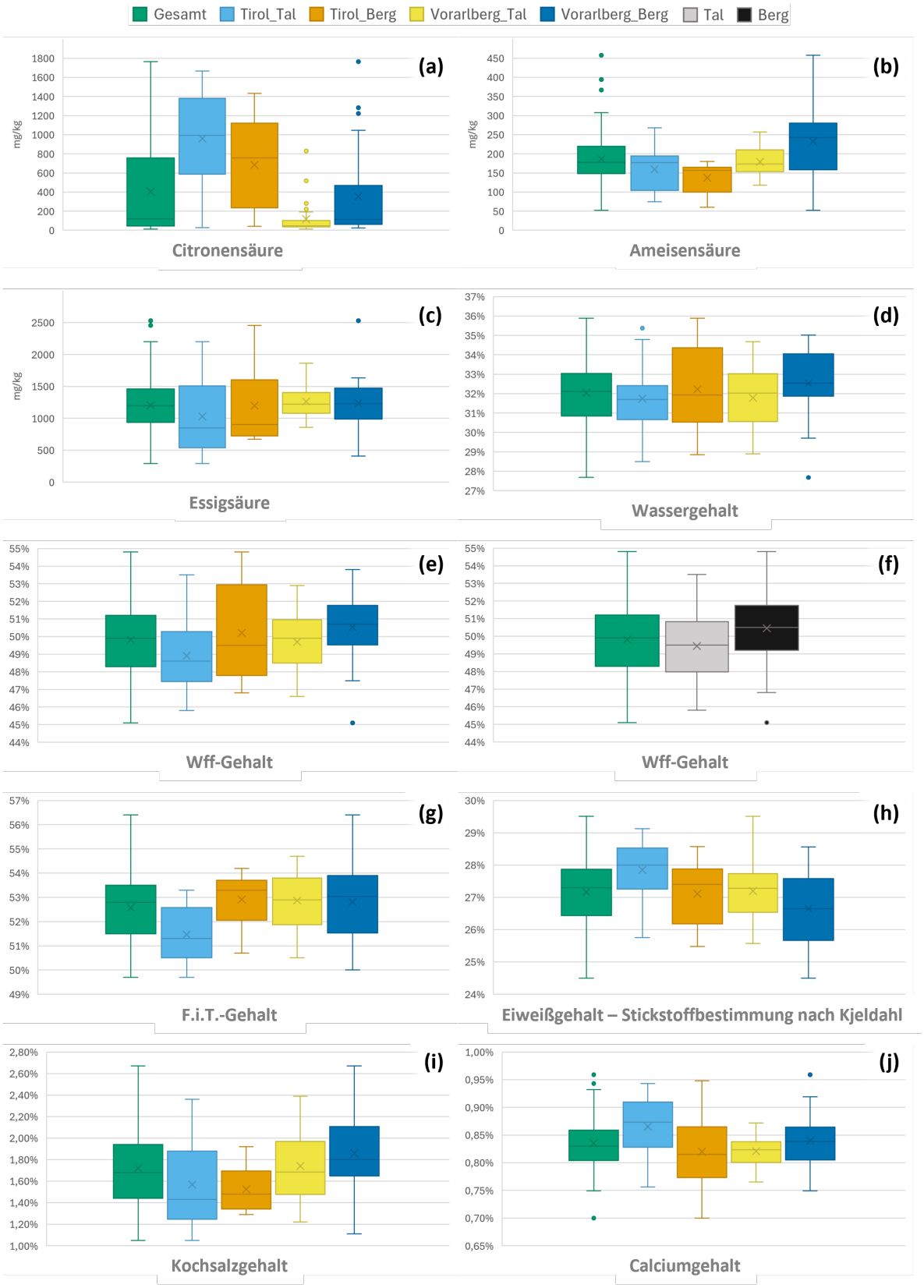

Abbildung 2: Boxplots verschiedener chemischer Parameter nach Herkunft der Käse.

Tabelle 8: Welch-Test zur Überprüfung der Signifikanz für die Überprüfung auf Unterschiede zwischen den Bundesländern und Produktionsstandorten.

Parameter	Stichprobe	MW_1	σ_1	n_1	MW_2	σ_2	n_2	t	df	p
FIT	Tirol Tal	51,46 %	1,13 %	20	52,85 %	1,29 %	79	4,790	32,874	< 0,001
PROT	Tirol Tal	27,85 %	0,91 %	20	27,00 %	0,97 %	79	-3,705	30,917	< 0,001
WAT	Berg	32,46 %	1,85 %	37	31,78 %	1,56 %	62	-1,896	66,003	0,062
WFF	Berg	50,46 %	2,13 %	37	49,45 %	1,85 %	62	2,396	67,598	0,019
NACL	Vorarlberg	1,79 %	0,35 %	70	1,55 %	0,34 %	29	-3,092	56,668	0,003
CA	Vorarlberg	0,85 %	0,06 %	70	0,83 %	0,04 %	29	1,911	37,648	0,064
CIT[1]	Vorarlberg	212	357	70	875	476	29	6,757	41,650	< 0,001
FORM[1]	Vorarlberg	200	69	70	153	51	29	-3,802	69,788	< 0,001
ACET[1]	Vorarlberg	1253	317	70	1083	575	29	-1,500	35,724	0,143

1: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.

3.3 Untersuchung auf Restzucker

Der Abbau der Lactose in den verkehrsfähigen Käsen wurde überprüft. Hierfür wurde eine Adaption der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Käse, wie in Kapitel 35.4 des VDLUFA-Methodenbuchs (Bätz & Brod, 2010) beschrieben, angewendet. Diese Bestimmung des Restzuckers in Anlehnung an die Folienmethode zur Bestimmung des Trockenmassegehalts wurde an der HBLFA Tirol entwickelt.

Die optische Auswertung mit der Referenzkarte (siehe Kapitel 2.3.4 und Abbildung 1) ergab jeweils ein negatives Ergebnis mit einem Restzuckerwert von < 0,05 g/100 g. Somit wurde bestätigt, dass in Österreichischen Bergkäsen die Lactose vollständig abgebaut ist.

3.4 Analyse der Lochung

Aufgrund der Weiterverwendung der Proben aus einem vorangehenden Projekt war es nicht mehr möglich, die Anzahl an Löchern pro Flächeneinheit zu bestimmen, wie dies in der Arbeit über Vorarlberger Bergkäse der Fall war (Rohm, et al., 1996). Daher wurde für die Überprüfung der Lochung die Dokumentation der Proben, welche aus einem Foto des Schnitts durch die gesamte Länge des Käsezwickels bestand, herangezogen. Eine Berechnung der Löcher pro Fläche war aufgrund fehlender Skalen nicht möglich, ebenso wurde nur ein einzelner Längsschnitt entlang des Zwickels dokumentiert. Jeder Längsschnitt war jedoch größer als 1 dm^2, was als Referenzfläche bei dem Projekt zu Vorarlberger Bergkäse verwendet wurde. Die einzige Metrik der Lochung, die daher analysiert wurde, war das vollständige Fehlen der Lochung („blinder“ Käse).

In den Rohdaten des Projektes über Vorarlberger Bergkäse wurde die Lochung von 122 von insgesamt 141 Käsen vermessen (Rohm, et al., 1996). Von diesen 122 Käsen wiesen lediglich acht Exemplare gar keine Lochung auf, was 6,6 % entspricht (0,0 Löcher pro dm^2). In diesem Projekt wurden die Querschnitte von 98 der 99 Proben mittels Fotodokumentation festgehalten. Von diesen 98 Käsen wiesen 23 Käse keine Lochung (weder regelmäßige Gärlöcher, noch unregelmäßige Lochung) auf, was 23,5 % entspricht.

Dieses Verschwinden der Lochung kann ebenso bei Emmentaler beobachtet werden, wo es auf das Fehlen von Mikrokapillaren, die aus mikroskopischen Heupartikeln bestehen, zurückzuführen ist (Guggisberg, et al., 2015).

Dieses Fehlen von Heupartikeln durch erhöhte Milch- und Melkhygiene ist durchaus auch für Österreichischen Bergkäse denkbar. Des Weiteren ist der Gehalt der organischen Säuren Propionsäure, Bernsteinsäure und Buttersäure im Vergleich zum Datensatz von 1996 rückläufig. Hand in Hand mit dem Rückgang dieser organischen Säuren geht auch eine reduzierte Produktion von CO_2 einher, welches ein Nebenprodukt der Propionsäure- und der Milchsäuregärung ist (Fröhlich-Wyder, Bachmann, & Gerard Casey, 2002) (Jakob, Winkler, & Haldemann, 2010), was ebenfalls zu weniger Löchern führt.

3.5 Analyse des Calciumgehalts

Wie bereits in Kapitel 3.2.1 beschrieben sank der durchschnittliche Calciumgehalt im Vergleich zu den erhobenen Daten für Bergkäse aus dem Jahr 1996 signifikant um 9,7 % ab. Gleichzeitig wurde die Spannweite aufgrund eines höheren Minimalwertes und eines niedrigeren Maximalwertes wesentlich kleiner, was sich auch in einer kleineren Standardabweichung widerspiegelt. Insgesamt bewegen sich die Werte für den Calciumgehalt also in einem engeren Rahmen.

Da Calcium mit einem konstanten Wert von durchschnittlich 1,2 g/l ein originärer Milchbestandteil ist (Töpel, 2004), der sich in den letzten Jahren auch nicht drastisch verändert hat, muss der niedrigere Calciumgehalt in den analysierten Bergkäsen auf einen Unterschied im Herstellungsprozess zurückzuführen sein. Calcium liegt in der Milch in drei Formen vor: im Wasser als Ca^{2+}-Ionen gelöst, an Casein gebunden oder als Calciumphosphat kolloidal gebunden. Diese drei Formen sind über mehrere Gleichgewichtsbeziehungen voneinander abhängig (Flüeler, 1982):

- Eine stärkere Säuerung erhöht den wasserlöslichen Anteil an Ca^{2+}-Ionen in der Molke, was zu einem geringeren Calciumgehalt in der Käsemasse führt.
- Durch eine Pasteurisation wird das gelöste Ca^{2+} in kolloidal gebundenes Calcium überführt. Da beim Österreichischen Bergkäse nur Rohmilch verkäst wird, kommt dieser Prozess nicht in Frage.
- Durch die Zugabe von $CaCl_2$ in die Kesselmilch könnte mehr Calcium an das Casein gebunden werden, was eine Erhöhung des Calciumgehalts im Käse bedeuten würde. Da dieser Prozessschritt vor allem zum Ausgleich bei pasteurisierter Milch erfolgt, ist er bei der Herstellung von Österreichischem Bergkäse unüblich, bei allen Berg- und Almkäsen mit g.U. verboten (Patentnr. G/AT/01436/95/07/03, 1997) (Patentnr. G/AT/1416/95/07/03, 1997) (Patentnr. PDO-AT-1413, 1997) (Patentnr. PDO-AT-1419, 1997).

Eine mögliche Erklärung für den reduzierten und in einem engeren Rahmen verteilten Calciumgehalt im Vergleich zu den Daten aus 1996 wäre somit der vermehrte Einsatz stark säuernder Kulturen, welche heutzutage in der Vielzahl der Betriebe verwendet wird.

3.6 Analyse der Proteolyse

Die Proteolyseparameter OPA-NPN und OPA-WLN können nicht ohne weiteres zwischen den Datensätzen von diesem Projekt und dem Projekt über Vorarlberger Bergkäse von 1996 verglichen werden (Rohm, et al., 1996). Dies ist aufgrund der hohen Korrelation zwischen dem Käsealter und den OPA-NPN- und OPA-WLN-Werten zurückzuführen. Da im derzeitigen Projekt Käse im Alter zwischen drei und 15 Monaten untersucht wurden, für das Projekt über Vorarlberger Bergkäse 1996 aber nur zwischen sechs und elf Monaten, ist eine Berücksichtigung des Käsealters unbedingt erforderlich. Um einen Vergleich möglich zu machen, wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt:

Einerseits wurde der jetzige Datensatz auf ein Käsealter von sechs bis elf Monate gefiltert und so das Käsealter aufeinander angepasst, was jedoch die Anzahl der Proben drastisch auf n = 22 reduzierte und das Durchschnittsalter auf 8,0 Monate erhöhte.

Eine Gegenüberstellung der Werte der zwei Datensätze ist in Tabelle 9 zu sehen, sie unterscheiden sich nicht statistisch signifikant, $t(23{,}790) = 1{,}619$; $p = 0{,}119$ (Alter); $t(28{,}081) = 1{,}933$; $p = 0{,}063$ (NPN); $t(26{,}868) = -0{,}241$; $p = 0{,}811$ (WLN). Hierbei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass sich durch die Filterung die Stichprobengröße zwischen den zwei Datensätzen deutlich unterscheidet (n = 22 und n = 141) und im derzeitigen Projekt kein Käse ein Alter von acht Monaten aufwies. Des Weiteren liegt das Durchschnittsalter bei der gefilterten Auswahl dieses Projektes mit 8,0 Monaten um 0,7 Monate über dem Durchschnittsalter des Datensatzes von 1996 (7,3 Monate). Insofern ist ein Vergleich der Mittelwerte mit dem gefilterten Datensatz nicht aussagekräftig. Was jedoch bei der Betrachtung von Käsen in der gleichen Altersspanne gezeigt werden kann, ist eine sehr ähnliche Standardabweichung der OPA-WLN- und OPA-NPN-Werte dieses Projekts und des Datensatzes von 1996. Somit ist die bereits erwähnte höhere Standardabweichung bei den Proteolyseparametern über den gesamten Datensatz in diesem Projekt vor allem auf die höhere Spannweite des Alters der Käse zurückzuführen.

Tabelle 9: Vergleich der Proteolyseparameter für den gesamten Datensatz, den altersangepassten Datensatz (6–11 Monate) und den Datensatz für Vorarlberger Bergkäse aus dem Jahr 1996 (Rohm, et al., 1996).

Parameter	Datensatz	*MW*	*σ*	*MIN*	*MAX*
Datensatz & Anzahl	Gesamt	99			
Alter[1]		7,2	4,2	3	15
WLN[2]		67,8	22,8	23,5	122,7
NPN[2]		46,4	20,0	11,1	106,6
Datensatz & Anzahl	6–11 Monate gefiltert	22			
Alter[1]		8,0	2,0	6	11
WLN[2]		77,0	12,8	48,1	97,9
NPN[2]		51,9	12,4	21,8	80
Datensatz & Anzahl	(Rohm, et al., 1996)	141			
Alter[1]		7,3	1,3	6	11
WLN[2]		77,7	11,8	52,1	109,0
NPN[2]		46,4	12,5	10,8	76,2

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg.

Andererseits wurden alle OPA-NPN- und OPA-WLN-Werte gegen das Alter der Käse aufgetragen und eine lineare Regression erstellt, um den zeitlichen Verlauf der Proteolyse zu vergleichen. In Abbildung 3 ist dieser Reifungsverlauf abgebildet, der Datensatz dieses Projektes wird durch durchgezogene Linien und Kreuze, jener von 1996 durch Kreise und gepunktete Linien dargestellt. Da hierbei alle Daten verwendet wurden, ist diese Analyse aussagekräftiger.

An den Regressionsgeraden in Abbildung 3 ist derselbe Trend wie aus dem Vergleich der gesamten Datensätze ersichtlich: bei ähnlichem Durchschnittsalter von 7,2 und 7,3 Monaten veränderte sich die Proteolyse in die Tiefe (OPA-NPN-Wert) kaum, während der durchschnittliche Eiweißabbau in die Breite (OPA-WLN-Wert) sank. Der durchschnittliche OPA-NPN-Wert beträgt beide Male je 46,4 g Glutaminsäure/kg und die Regressionsgeraden überlappen in dem Bereich von 7,2 und 7,3 Monaten. Der Unterschied von durchschnittlich 67,8 g Glutaminsäure/kg in diesem Projekt und 77,7 g Glutaminsäure/kg bei (Rohm, et al., 1996) wird durch den Abstand der Regressionsgeraden (blau und rosa in Abbildung 3) im Bereich von 7,2 und 7,3 Monaten verdeutlicht.

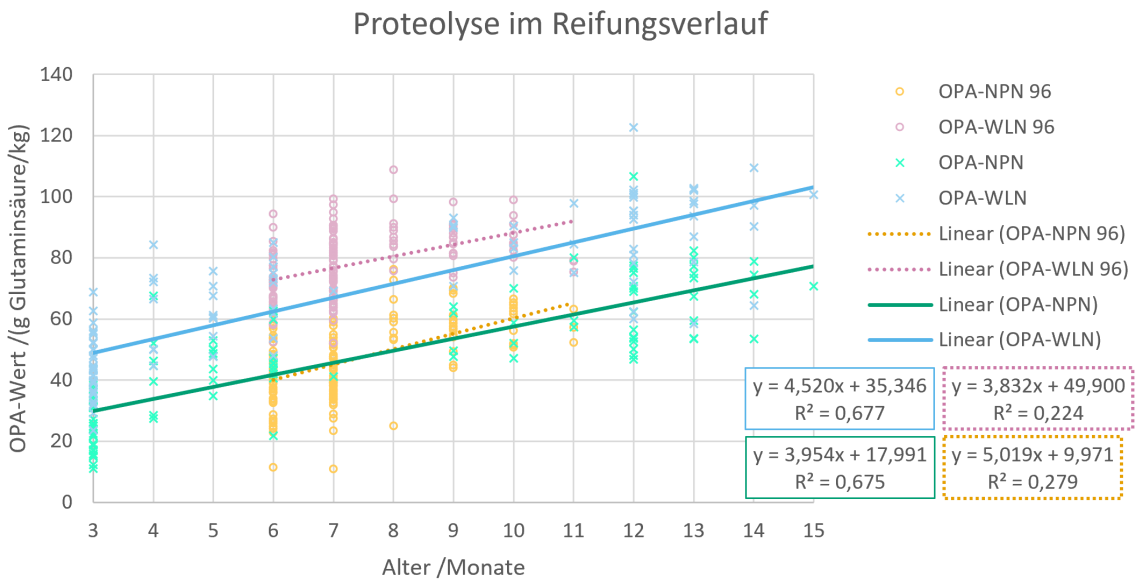

Abbildung 3: Korrelation der Proteolyse und der Reifungsdauer für dieses Projekt im Vergleich zum Datensatz von Vorarlberger Bergkäse von 1996 (Rohm, et al., 1996).

3.7 Ermittlung aktueller durchschnittlicher Werte

3.7.1 Überprüfung auf Normalverteilung der Daten

Eines der Ziele dieses Projekts ist die Definition möglicher Durchschnittswerte für die verschiedenen chemischen Parameter von Österreichischem Bergkäse zur Orientierung und Einordnung von Messergebnissen einzelner Proben im Rahmen der gutachterlichen Tätigkeit. Um einen Durchschnittswert zu definieren ist Kenntnis über die Verteilung der Messwerte vonnöten. Hierbei können die Parameter anhand ihrer Verteilung in grob drei Arten eingeteilt werden:

1. Eine Normalverteilung eines Parameters mit einem Mittelwert und Standardabweichung. Es treten vor allem natürliche Schwankungen der Zusammensetzung der Milch und Variationen durch betriebsspezifische Prozessführung innerhalb eines technologisch plausiblen Handlungsspielraums auf.

2. Ein (betrieblich) definierter Richtwert eines Parameters, der durch einen Prozessschritt möglichst präzise eingehalten oder erreicht werden soll.

3. Parameter, die sehr stark von äußeren Faktoren oder Prozessen abhängig sind, daher sehr unterschiedliche Werte liefern können und somit Rückschlüsse auf den Herstellungs- und Reifungsprozess ermöglichen.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung für alle Parameter angegeben. Das Konfidenzintervall beträgt 95 %; eine Signifikanz von > 0,05 bedeutet somit, dass die Nullhypothese, welche von einer Normalverteilung ausgeht, nicht verworfen werden darf (was jedoch noch kein Beweis einer Normalverteilung ist).

Insbesondere bei der Verarbeitung von Milch mit natürlichem Fettgehalt wäre für die Makronährstoffe Eiweiß-, Fett- und Wassergehalt (oder Trockenmasse) und die damit verbundenen Parameter Wff- und F.i.T.-Gehalt eine Normalverteilung zu erwarten, sie fallen in die erste Art. Durch ein Einstellen des Fettgehalts, was ein typischer, aber nicht zwingend notwendiger Prozessschritt ist, ist eine Verschiebung der Werte dieser Parameter möglich, weshalb die Verteilung dann eine Mischung aus Art eins und zwei wird.

Wie bereits in Kapitel 3.2.3 gezeigt wurde, weisen die meisten Proben aus Tiroler Talbetrieben im Vergleich zu den restlichen Daten einen kleineren F.i.T.- und höheren Proteingehalt auf, was für die Einstellung des Fettgehalts spricht. Ein Vergleich der Histogramme für diese zwei Parameter ist in Abbildung 4 (a) und (b) zu sehen. Daraus wird die Verschiebung zu einem niedrigerem, respektive höheren Wert ersichtlich. Eine Überprüfung auf Normalverteilung der in Kategorien unterteilten Parameter ist in Tabelle 11 dokumentiert. Da der Fettgehalt der Milch auch in anderen Betrieben eingestellt wird, findet sich für die Kategorie „Rest“, welche aus allen Daten außer jenen der Tiroler Talbetriebe besteht, keine Normalverteilung.

Da Calcium als originärer Milchbestandteil zwar auch zu den normalverteilten Parametern zählen könnte, die Abhängigkeit von der Säuerung im Herstellungsprozess jedoch zu groß ist, ist hier keine Normalverteilung über alle Daten zu finden. Insgesamt bewegen sich die Unterschiede jedoch in einem sehr kleinen Rahmen. Die Wiederholbarkeit der Methode beträgt 0,02 % und die durchschnittliche Differenz zwischen Tiroler und Vorarlberger Betrieben ist mit 0,02 % nicht signifikant, wie bereits in Tabelle 8 und auch in Abbildung 4 (c) zu sehen ist. Somit ist die Verteilung des Calciumgehalts eine Kombination der ersten und der dritten Art.

Ein Parameter, der der zweiten Art entspricht (gesetzter Richtwert), ist der Kochsalzgehalt. Da Natriumchlorid erst durch das Salzbad in den Käse gelangt, sind die Parameter der Salzaufnahme – wie Konzentration des Salzbads, Verweilzeit im Salzbad, Diffusionsfaktor, spezifische Oberfläche, Wassergehalt des Käses – entscheidend (Johst, 1994). Hier kann ein Unterschied zwischen Betrieben aus Tirol und Vorarlberg erkannt werden, wobei die Tiroler Betriebe im Durchschnitt kleinere Werte aufweisen. Während die Werte der Vorarlberger Betriebe normalverteilt sind, weisen die Werte der Tiroler Betriebe eine Anhäufung von Werten um 1,5 % auf (was auch der Empfehlung der HBLFA Tirol für den Kochsalzgehalt von Bergkäse entspricht), wie in Abbildung 4 (d) zu sehen ist.

Exemplarisch für die dritte Art der Verteilung sind der Gehalt an Citronensäure und Ameisensäure in Abbildung 4 (e) und (f) zu sehen. Citronensäure wird vor allem durch citratpositive fakultativ heterofermentative Lactobazillen verstoffwechselt, wobei neben Essigsäure und CO_2 auch Ameisensäure gebildet wird. Da diese Mikroorganismen vor allem in Vorarlberger Betrieben verwendet werden, ist hier ein deutlicher Abbau der Citronensäure beziehungsweise eine Zunahme der Ameisensäure zu beobachten, es liegt keine Normalverteilung vor (siehe Tests in Tabelle 11). Als originärer Milchbestandteil könnte Citronensäure tendenziell auch einer Verteilung erster Art folgen, sofern sie nicht von Mikroorganismen verstoffwechselt wird. Da in Tiroler Betrieben nur selten citratpositive fakultativ heterofermentative Lactobazillen eingesetzt werden, und diese somit nur als Teil der Rohmilchflora vorkommen und wirken können, liegt hier potenziell eine – wenn auch sehr breite – Normalverteilung laut statistischer Auswertung vor, wie in Tabelle 11 zu sehen ist.

Der Gehalt an Essigsäure stellt durch die Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren einen Spezialfall dar. Die statistische Auswertung ergibt für die Gesamtheit der Daten dieses Projekts eine Normalverteilung, das Histogramm in Abbildung 4(g) sieht ebenfalls nach einer Normalverteilung aus. Um bei einem einzelnen Käse den Essigsäuregehalt beurteilen zu können, ist jedoch Kenntnis über die vorhandenen Mikroorganismen, welche durch ihre Stoffwechselwege den Essigsäuregehalt beeinflussen, erforderlich.

Propionsäure ist als Beispiel für einen Parameter, der als Indikator für das Vorkommen von Propionibakterien herangezogen werden kann, in Abbildung 4 (h) zu sehen. Über die Hälfte der Proben weisen Werte von unter 100 mg/kg auf, auch bei Unterteilung in die verschiedenen Kategorien des Datensatzes weisen alle denselben Trend dieser Verteilung auf.

Die biogenen Amine können als Extrembeispiel für eine ungleiche Verteilung der dritten Art herangezogen werden, da ihre Bildung grundsätzlich nicht erwünscht und nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich ist. Daher findet sich hier nie eine Normalverteilung der Werte.

Die Proteolyseparameter OPA-NPN und OPA-WLN sowie die Pyroglutaminsäure und Milchsäure sind sehr stark vom Alter des Käses abhängig und fallen somit ebenfalls in die dritte Art der Verteilung (stark von einem oder mehreren äußeren Faktoren abhängig). So können statistische Tests über den gesamten Wertebereich zwar auf eine Normalverteilung hindeuten, jedoch wäre dies ohne Berücksichtigung des Alters ein zufälliger Befund ohne Kausalität. Um diese Abhängigkeit etwas abzubilden, wurden die Käse in dieselben drei Reifestufen eingeteilt, wie sie bereits im Projekt „Biogene Amine in Käse“ verwendet wurden: jung (3–5 Monate), mittel (6–11 Monate) und alt (12–15 Monate). Die Histogramme für die OPA-NPN- und OPA-WLN-Werte für diese Reifestufen sind in Abbildung 4 (i) und (j) zu sehen. Die statistische Auswertung der Verteilung nach Altersstufen findet sich für alle vier Parameter in Tabelle 11. Grundsätzlich kann mit einem fortschreitenden Alter der Käse von einer Steigerung der die Proteolyse betreffenden Werte beziehungsweise einer Reduktion des Milchsäuregehalts ausgegangen werden, wie auch schon in Abbildung 3 für die OPA-Werte gezeigt wird.

Für die Festlegung von durchschnittlichen Werten der Käsesorte ist für jeden Parameter zuerst eine Validierung der Verteilung durchzuführen. Anschließend können Mittelwert und Standardabweichung bei einer Verteilung erster Art herangezogen werden. Für eine Verteilung zweiter Art, also im Betrieb definierte Richtwerte, kann der Median der gesammelten Daten als Orientierung dienen. Bei einer Verteilung dritter Art, also starken Wechselwirkungen mit anderen Faktoren, dient ebenfalls der Median als Orientierungshilfe. Hierbei ist jedoch besonders auf die Einflussfaktoren Rücksicht zu nehmen, da ansonsten eine sinnvolle Interpretation nicht möglich ist (beispielsweise die Verwendung von citratpositiven fakultativ heterofermentativen Lactobazillen).

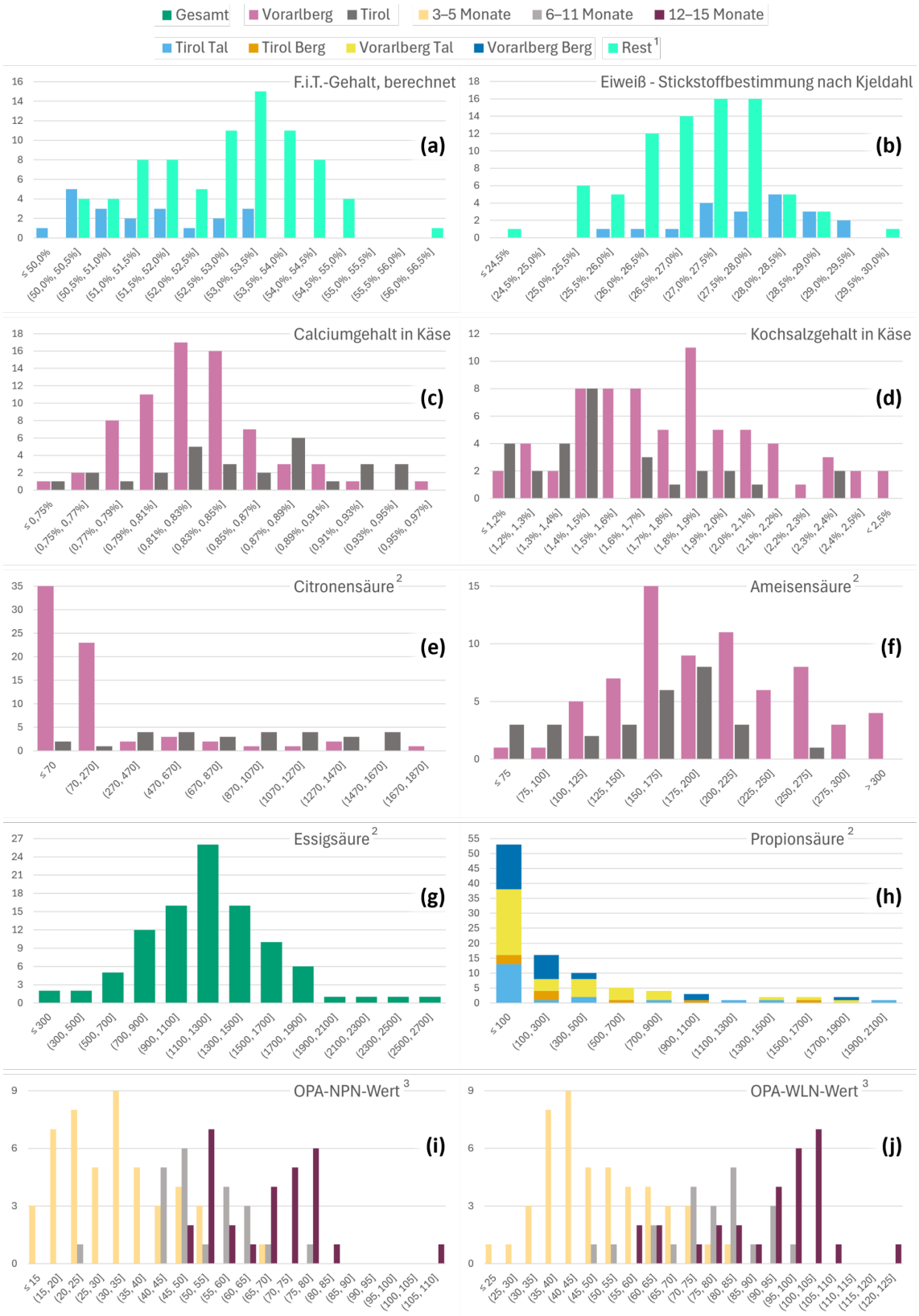

Abbildung 4: Histogramme diverser Parameter. 1: Rest = Tirol Berg + Vorarlberg (Tal + Berg). 2: Einheit = mg/kg. 3: Einheit = g Glutaminsäure/kg.

Tabelle 10: Tests auf Normalverteilung der Daten nach Kolmogorov-Smirnov mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors (KS) und Shapiro-Wilk (SW); *df* = 99.

Parameter	$Statistik_{KS}$	$Signifikanz_{KS}$	$Statistik_{SW}$	$Signifikanz_{KW}$
Alter	0,198	<0,001	0,823	<0,001
FAT	0,052	0,200*	0,989	0,601
FIT	0,097	0,022	0,973	0,040
DM	0,060	0,200*	0,993	0,910
WAT	0,060	0,200*	0,993	0,910
WFF	0,049	0,200*	0,992	0,846
PROT	0,068	0,200*	0,992	0,841
WLN	0,083	0,090	0,967	0,015
NPN	0,060	0,200*	0,975	0,054
NACL	0,073	0,200*	0,977	0,076
CA	0,116	0,002	0,978	0,099
SUCC	0,184	<0,001	0,784	<0,001
LACT	0,088	0,058	0,970	0,023
CIT	0,271	<0,001	0,761	<0,001
FORM	0,082	0,100	0,949	<0,001
ACET	0,072	0,200*	0,977	0,080
PROP	0,250	<0,001	0,689	<0,001
BUTA	0,117	0,002	0,855	<0,001
PGLU	0,113	0,003	0,945	<0,001
GLN	0,065	0,200*	0,989	0,577
HIST	0,196	<0,001	0,812	<0,001
TYRA	0,353	<0,001	0,357	<0,001
CADA	0,289	<0,001	0,619	<0,001
PUTR	0,420	<0,001	0,239	<0,001
TRYP	0,511	<0,001	0,181	<0,001
PHEN	0,420	<0,001	0,207	<0,001

*Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Tabelle 11: Test auf Normalverteilung verschiedener Kategorien der Daten nach Kolmogorov-Smirnov mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors (KS) und Shapiro-Wilk (SW).

Parameter	Kategorie	*df*	$Statistik_{KS}$	$Signifikanz_{KS}$	$Statistik_{SW}$	$Signifikanz_{KW}$
FIT	Tirol Tal	20	0,171	0,127	0,928	0,141
FIT	Rest[1]	79	0,103	0,039	0,973	0,093
PROT	Tirol Tal	20	0,109	0,200*	0,960	0,542
PROT	Rest[1]	79	0,080	0,200*	0,990	0,821
CA	Vorarlberg	70	0,126	0,008	0,961	0,030
CA	Tirol	29	0,091	0,200*	0,976	0,729
NACL	Vorarlberg	70	0,063	0,200*	0,983	0,475
NACL	Tirol	29	0,197	0,006	0,928	0,049
CIT	Vorarlberg	70	0,339	<0,001	0,557	<0,001
CIT	Tirol	29	0,80	0,200*	0,966	0,463
FORM	Vorarlberg	70	0,082	0,200*	0,939	0,002
FORM	Tirol	29	0,155	0,074	0,949	0,174
PROP	Vorarlberg	70	0,241	<0,001	0,699	<0,001
PROP	Tirol	29	0,332	<0,001	0,678	<0,001
LACT	3–5 Monate	48	0,107	0,200*	0,922	0,004
LACT	6–11 Monate	22	0,173	0,085	0,955	0,401
LACT	12–15 Monate	29	0,121	0,200*	0,952	0,207
PGLU	3–5 Monate	48	0,197	<0,001	0,875	<0,001
PGLU	6–11 Monate	22	0,179	0,064	0,908	0,043
PGLU	12–15 Monate	29	0,132	0,200*	0,945	0,136
NPN	3–5 Monate	48	0,089	0,200*	0,965	0,154
NPN	6–11 Monate	22	0,135	0,200*	0,958	0,450
NPN	12–15 Monate	29	0,140	0,154	0,920	0,030
WLN	3–5 Monate	48	0,108	0,200*	0,975	0,383
WLN	6–11 Monate	22	0,092	0,200*	0,967	0,634
WLN	12–15 Monate	29	0,175	0,023	0,922	0,034

*Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz. 1: Rest = Tirol Berg + Vorarlberg (Tal + Berg)

3.7.2 Durchschnittswerte der chemischen Parameter für Österreichischen Bergkäse

In Tabelle 12 sind die im Rahmen dieses Projektes ermittelten Mittelwerte, Mediane sowie Art der Verteilung des Parameters für Österreichische Bergkäse der Reifestufe jung (3–5 Monate) angegeben. Die Werte für die Reifestufe mittel (6–11 Monate) sind in Tabelle 13 angegeben, jene für die Reifestufe alt (12–15 Monate) in Tabelle 14. Es sind hierbei jedoch immer auch die technologischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, weshalb auch die gemessenen Minimal- und Maximalwerte angegeben sind.

Ob der Mittelwert oder der Median für einen Parameter als mögliche Referenz und zur Orientierung herangezogen werden, sollte je nach Verteilung der Werte des Parameters eruiert werden: bei einer Verteilung erster Art (Normalverteilung) ist eine Spanne von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert sinnvoll, bei einer Verteilung zweiter oder dritter Art (definierter Richtwert oder stark von anderen Faktoren abhängiger Wert) ist der Median oft aussagekräftiger. Bei einer Verteilung der zweiten oder dritten Art sollten zusätzlich immer die individuellen, konkreten Einflussfaktoren auf den Parameter und die in diesem Projekt ermittelten Extremwerte berücksichtigt werden.

Tabelle 12: Ermittelte Durchschnittswerte für jungen Österreichischen Bergkäse.

Parameter	Verteilung	*MW*	*σ*	Median	*MIN*	*MAX*
Anzahl		48				
Alter[1]	3	3,5	0,8	3	3	5
FAT	1	35,25%	1,21%	35,34%	32,61%	38,14%
FIT	1	52,61%	1,38%	52,60%	50,00%	56,40%
DM	1	67,00%	1,21%	67,10%	64,31%	69,16%
WAT	1	33,00%	1,21%	32,91%	30,84%	35,69%
WFF	1	50,96%	1,44%	50,85%	48,00%	54,80%
PROT	1	26,88%	1,02%	26,79%	24,50%	29,01%
WLN[2]	3	49,9	13,5	47,9	23,5	84,2
NPN[2]	3	31,6	12,7	31,0	11,1	67,6
NACL	2	1,61%	0,31%	1,58%	1,05%	2,34%
CA	3	0,83%	0,05%	0,84%	0,70%	0,96%
SUCC[3]	3	196	121	161	63	812
LACT[3]	3	9598	1619	9928	3641	12610
CIT[3,4]	3	449	526	$46^{(+)}$ / $8074^{(-)}$	14	1764
FORM[3,4]	3	198	55	$218^{(+)}$ / $180^{(-)}$	52	288
ACET[3]	3	1096	354	1135	295	2202
PROP[3]	3	165	362	52	6	2081
BUTA[3]	3	122	77	106	39	519
PGLU[3]	3	255	177	204	40	860
GLN[3]	1	692	273	714	102	1356
HIST[3]	3	84	113	26	0	420
TYRA[3]	3	23	38	7	0	175
CADA[3]	3	5	10	0	0	51
PUTR[3]	3	2	12	0	0	79
TRYP[3]	3	3	11	0	0	69
PHEN[3]	3	1	4	0	0	20

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.
4 Citratpositive falkultativ heterofermentative Lactobazillen: zugegeben (+) oder nicht zugegeben (–).

Tabelle 13: Ermittelte Durchschnittswerte für mittleren Österreichischen Bergkäse.

Parameter	Verteilung	*MW*	*σ*	Median	*MIN*	*MAX*
Anzahl		22				
Alter[1]	3	8,0	2,1	8	6	11
FAT	1	35,70%	1,14%	35,45%	33,97%	37,57%
FIT	1	52,16%	1,46%	52,30%	49,70%	54,40%
DM	1	68,44%	1,38%	68,40%	64,12%	70,45%
WAT	1	31,56%	1,38%	31,61%	29,55%	35,88%
WFF	1	49,07%	1,86%	49,00%	45,80%	54,40%
PROT	1	27,62%	0,80%	27,56%	26,26%	29,13%
WLN[2]	3	77,0	12,8	76,5	48,1	97,9
NPN[2]	3	51,9	12,4	48,7	21,8	80,0
NACL	2	1,62%	0,29%	1,48%	1,14%	2,18%
CA	3	0,84%	0,05%	0,84%	0,76%	0,95%
SUCC[3]	3	443	294	394	97	1254
LACT[3]	3	8127	2301	8427	3603	12001
CIT[3,4]	3	396	479	$49^{(+)}$ / $663^{(-)}$	29	1602
FORM[3,4]	3	165	37	$168^{(+)}$ / $164^{(-)}$	77	220
ACET[3]	3	1389	469	1446	293	2457
PROP[3]	3	593	575	422	2	1762
BUTA[3]	3	172	59	168	64	347
PGLU[3]	3	551	231	490	180	1153
GLN[3]	1	768	264	717	318	1266
HIST[3]	3	146	150	118	0	484
TYRA[3]	3	42	60	25	0	262
CADA[3]	3	6	10	1	0	34
PUTR[3]	3	24	88	0	0	408
TRYP[3]	3	0	0	0	0	0
PHEN[3]	3	9	17	0	0	61

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.
4 Citratpositive falkultativ heterofermentative Lactobazillen: zugegeben (+) oder nicht zugegeben (–).

Tabelle 14: Ermittelte Durchschnittswerte für alten Österreichischen Bergkäse.

Parameter	Verteilung	*MW*	*σ*	Median	*MIN*	*MAX*
Anzahl		29				
Alter[1]	3	12,7	0,9	12	12	15
FAT	1	36,56%	1,40%	36,50%	33,36%	38,72%
FIT	1	52,81%	1,27%	53,10%	50,40%	54,70%
DM	1	69,21%	1,68%	69,34%	65,52%	72,32%
WAT	1	30,79%	1,68%	30,66%	27,68%	34,48%
WFF	1	48,51%	1,90%	48,00%	45,10%	52,70%
PROT	1	27,30%	1,02%	27,43%	25,19%	29,51%
WLN[2]	3	90,5	15,6	95,3	58,4	122,7
NPN[2]	3	66,8	13,4	69,0	46,8	106,6
NACL	2	1,98%	0,37%	1,97%	1,16%	2,67%
CA	3	0,83%	0,04%	0,83%	0,77%	0,92%
SUCC[3]	3	452	328	374	101	1393
LACT[3]	3	7595	1673	7589	2512	11360
CIT[3,4]	3	341	467	$48^{(+)}$ /$299^{(-)}$	22	1665
FORM[3,4]	3	184	96	$154^{(+)}$ /$170^{(-)}$	60	458
ACET[3]	3	1238	419	1179	531	2529
PROP[3]	3	348	427	136	2	1712
BUTA[3]	3	187	71	177	97	444
PGLU[3]	3	682	213	678	249	968
GLN[3]	1	603	219	603	177	1158
HIST[3]	3	127	133	53	0	402
TYRA[3]	3	112	243	24	0	967
CADA[3]	3	18	24	8	0	86
PUTR[3]	3	13	29	0	0	105
TRYP[3]	3	1	3	0	0	14
PHEN[3]	3	15	59	0	0	309

1: Einheit =Monate. 2: Einheit = g Glutaminsäure/kg. 3: Einheit = mg/kg; für die Auswertungen wurde die Bestimmungsgrenze der einzelnen organischen Säuren und biogenen Amine nicht berücksichtigt.
4 Citratpositive falkultativ heterofermentative Lactobazillen: zugegeben (+) oder nicht zugegeben (–).

3.8 Unterschiede innerhalb der Käsesorte

3.8.1 Differenzierung nach Bundesland und Produktionsstandort

Durch Vergleich der einzelnen Kategorien, welche aus der Kombination der zwei Parameter Bundesland (Tirol und Vorarlberg) und Betriebsart (Tal-, oder Almbetrieb) bestehen, können einzelne statistisch signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der chemischen Parameter gefunden werden.

Hierbei handelt es sich jedoch um Nuancen, welche sich im Rahmen der technologischen Plausibilität bewegen.

Bei der Zusammensetzung der Makronährstoffe Fett und Protein können die Unterschiede mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das vermehrte Verkäsen von Milch mit natürlichem oder eingestelltem Fettgehalt zurückgeführt werden.

Die Unterschiede im Trockenmassegehalt sind vermutlich auf eine leicht erhöhte Synärese zurückzuführen. Dies kann entweder durch höhere Brenntemperaturen des Käsebruchs, ein kleiner geschnittenes Bruchkorn oder eine erhöhte Säuerung geschehen. Die Talbetriebe weisen eine höhere Trockenmasse als die Bergbetriebe auf. Da der Calciumgehalt, welcher mit der anfänglichen Säuerung korreliert (Flüeler, 1982), bei allen Kategorien sehr ähnlich ist, liegt die Vermutung nahe, dass in Talbetrieben eine Kombination aus kleiner geschnittenem Bruchkorn und höherer Brenntemperatur für die erhöhte Trockenmasse verantwortlich ist.

Die Unterschiede bei dem Citronensäure- und Ameisensäuregehalt zwischen Tiroler und Vorarlberger Bergkäse sind auf das vermehrte Vorkommen von citratpositiven fakultativ heterofermentativen Lactobazillen in den in Vorarlberg verwendeten Kulturen zurückzuführen. Die variable Verwendung von Mikroorganismen ist jedoch genau für die verschiedenen Geschmacksprofile von Käsen aus unterschiedlichen Betrieben verantwortlich und somit gewünscht. Daher sind regionale Unterschiede im Muster der organischen Säuren als eine bewusste Entscheidung von erfahrenem Käsereipersonal zur Adaption an die verschiedenen regionalen Geschmackspräferenzen zu bewerten.

Zusammengefasst lassen sich somit teilweise statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Kategorien finden. Diese liegen aber immer in einem technologisch plausiblen Rahmen, welcher durch unterschiedliche Prozessführung und

Ermessensspielraum im Herstellungsprozess gegeben ist. Es wird daher an dieser Stelle nochmals betont, dass sich die Herstellungsbedingungen auch innerhalb der vier Kategorien von Betrieb zu Betrieb unterscheiden. Gerade aber weil die gemessenen Werte in jeder Kategorie aus mehreren Betrieben stammen und sich die Werteverteilungen der verschiedenen Kategorien oftmals vollständig oder fast vollständig überlagern (wie bei den Boxplots in Abbildung 2 ersichtlich), kann gezeigt werden, dass es sich bei den analysierten Österreichischen Bergkäsen aus Tirol und Vorarlberg insgesamt um eine sehr homogene Gruppe handelt. Eine regionale Unterscheidung und individuelle Note der einzelnen Käse kann durch die verwendeten Kulturen sowie das Festlegen einzelner Richtwerte (F.i.T.-Gehalt, Brenntemperatur, Salzgehalt, …) erreicht werden.

Dies rechtfertigt die Unterscheidung zwischen Tiroler und Vorarlberger Bergkäse g.U. einerseits und zeigt aber auch, dass die Zusammenfassung der verschiedenen Sorten mit geschützter Ursprungsbezeichnung gemeinsam in der Käsesorte Österreichischer Bergkäse sinnvoll ist.

3.8.2 Abgleich der Daten mit dem ÖLMB

Laut der IV. Auflage des ÖLMB, Codexkapitel B 32, Abschnitt 3.2.1.1.3 müssen beim Österreichischen Bergkäse folgende Kriterien erfüllt werden:

- F.i.T.-Gehalt: mindestens 45 %.
- Höchstwassergehalt 40 %.
- Als Hartkäse (Abschnitt 3.2.1.1 behandelt die Hartkäsesorten) muss Österreichischer Bergkäse zusätzlich das Kriterium aus Abschnitt 3.1.7.1 „Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse (Wff-Gehalt)“ für Hartkäse erfüllen: Wff ≤ 56 %.

Diese Spezifikation von Österreichischem Bergkäse wird von allen Käsen, die im Rahmen dieses Projekts untersucht wurden, erfüllt (MW_{FIT} = 52,57 %, MIN_{FIT} = 49,70 %; MW_{WAT} = 32,03 %, MAX_{WAT} = 35,88 %; MW_{WFF} = 49,82 %, MAX_{WFF} = 54,80 %).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die untersuchten Österreichischen Bergkäse aus Tirol und Vorarlberg in das Schema, das in der IV. Auflage des ÖLMB, Codexkapitel B 32, Abschnitt 3.2.1.1.3 angegeben ist, einwandfrei einordnen lassen. Der Wassergehalt aller untersuchten Proben liegt deutlich unter dem Maximum von 40 %, der durchschnittliche Wff-Gehalt liegt ebenfalls deutlich unter den maximal erlaubten 56 %. Der F.i.T-Gehalt liegt für alle Bergkäse – auch für im Fettgehalt eingestellte – klar über dem Mindestgehalt

von 45 % F.i.T.; bei manchen Proben, die mit natürlichem Fettgehalt verkäst wurden, wurde eine Überschreitung der Fettstufe gemessen, was laut Abschnitt 3.2.2.5. auch toleriert wird.

4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die eingangs formulierten Forschungsfragen beantwortet und dabei die wichtigsten gewonnen Erkenntnisse der Auswertung der chemischen Parameter kurz abgehandelt.

Anhand der in diesem und dem Projekt „Biogene Amine in Bergkäse“ (Wiedemair & Garsleitner, 2024) gesammelten Daten lassen sich aktuelle Durchschnittswerte der chemischen Parameter für Österreichischen Bergkäse ermitteln. Hierbei müssen drei wichtige Punkte berücksichtigt werden:

- Es ist im Rahmen des technologischen Spielraums eine gewisse Variation der meisten Parameter möglich.
- Viele chemische Parameter sind mäßig bis stark von beeinflussenden Faktoren abhängig, weshalb ohne Kenntnis dieser Faktoren (technologische Prozessführung, verwendete Kulturen, Alter des Käses, …) eine Interpretation der Werte nicht ohne weiteres möglich ist.
- Es sind nicht alle Parameter – aufgrund der starken Abhängigkeiten – normalverteilt, weshalb die generelle Festlegung eines Durchschnittswertes als das arithmetische Mittel der Analysen falsch wäre.

Eine Zusammenfassung der ermittelten Durchschnittswerte für Österreichischen Bergkäse anhand der analysierten Werte und dieser drei Grundannahmen wurde angefertigt. Sie ist – sortiert nach den Reifestufen jung (3–5 Monate), mittel (6–11 Monate) und alt (12–15 Monate) – in Tabelle 12, Tabelle 13 und Tabelle 14 zu finden.

Aus der Unterteilung der Käseproben nach Bundesland (Tirol und Vorarlberg) und Produktionsstandort (Alm- und Talbetriebe) können statistisch signifikante Unterschiede bei einigen chemischen Parametern gefunden werden. Diese bewegen sich jedoch in einem technologisch plausiblen Rahmen. Sie können durch die Verwendung verschiedener mikrobieller Kulturen einerseits und die unterschiedliche Prozessführung (wie zum Beispiel Einstellung des F.i.T.-Gehalts der Kesselmilch, Bruchkorngröße, Brenntemperatur, die Parameter der Salzaufnahme des Käses im Salzbad) erklärt werden.

Trotzdem sind diese Unterschiede insgesamt Nuancen einer recht homogenen Produktgruppe, was durch den großen Überlapp der verschiedenen Kategorien gezeigt werden kann. Somit ist einerseits die Unterscheidung zwischen Vorarlberger und Tiroler Bergkäse auf der einen Seite, eine gemeinsame Kategorisierung als Österreichischer Bergkäse auf der anderen Seite anhand der gemessenen chemischen Parameter gerechtfertigt.

Alle untersuchten Käse entsprechen einwandfrei den Vorgaben des Schemas, welches in der IV. Auflage des Österreichischen Lebensmittelbuch, Codexkapitel B 32, Abschnitt 3.2.1.1.3 für Österreichischen Bergkäse angegeben ist.

Im Vergleich zu den Analyseergebnissen von Vorarlberger Bergkäse vor dreißig Jahren (Rohm, et al., 1996) sind drei Trends ablesbar:

- Die durchschnittliche Trockenmasse stieg signifikant an, während der F.i.T.-Gehalt sank und der Eiweißgehalt stieg.
- Der Calciumgehalt sank, die jetzigen Daten weisen zusätzlich auch eine kleinere Spannweite und eine geringere Standardabweichung auf.
- Der Gehalt der organischen Säuren Propionsäure, Buttersäure und Bernsteinsäure sank signifikant.

Eine detaillierte Auswertung ist in den jeweiligen Kapiteln zu finden. Insgesamt sind diese Trends auf die vermehrte Anwendung technologischer Prozesse wie dem Einstellen des Fettgehalts der Kesselmilch und eine erhöhte Synärese einerseits, auf die Verwendung gut definierter Kulturen und einer sehr hohen Melk- und Verarbeitungshygiene andererseits zurückzuführen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der organischen Säuren und biogenen Amine.....15
Tabelle 2: Aktuelle Parameter für österreichische Bergkäse aus Tirol und Vorarlberg im Vergleich mit Daten für Vorarlberger Bergkäse aus dem Jahr 1996 (Rohm, et al., 1996)....18
Tabelle 3: Welch-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich dieses Projekts mit dem Datensatz für Vorarlberger Bergkäse von 1996 (Rohm, et al., 1996).....21
Tabelle 4: Vergleich der Parameter DM, WAT, FAT, FIT, WFF und NACL des aktuellen Projekts mit Literaturwerten von 1952, 1974, 1996.....22
Tabelle 5: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse unterschieden nach Herkunft: Berg und Tal.....24
Tabelle 6: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse unterschieden nach Herkunft: Tirol und Vorarlberg.....25
Tabelle 7: Statistik der untersuchten chemischen Parameter für österreichische Bergkäse, aufgeteilt in die vier Kategorien: Tirol-Berg, Tirol-Tal, Vorarlberg-Berg und Vorarlberg-Tal. 26
Tabelle 8: Welch-Test zur Überprüfung der Signifikanz für die Überprüfung auf Unterschiede zwischen den Bundesländern und Produktionsstandorten.....30
Tabelle 9: Vergleich der Proteolyseparameter für den gesamten Datensatz, den altersangepassten Datensatz (6–11 Monate) und den Datensatz für Vorarlberger Bergkäse aus dem Jahr 1996 (Rohm, et al., 1996).....34
Tabelle 10: Tests auf Normalverteilung der Daten nach Kolmogorov-Smirnov mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors (KS) und Shapiro-Wilk (SW); df = 99.....41
Tabelle 11: Test auf Normalverteilung verschiedener Kategorien der Daten nach Kolmogorov-Smirnov mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors (KS) und Shapiro-Wilk (SW).42
Tabelle 12: Ermittelte Durchschnittswerte für jungen Österreichischen Bergkäse.....44
Tabelle 13: Ermittelte Durchschnittswerte für mittleren Österreichischen Bergkäse.....45
Tabelle 14: Ermittelte Durchschnittswerte für alten Österreichischen Bergkäse.....46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Referenzkarte der Untersuchung auf Restzucker mittels Folienmethode.....13
Abbildung 2: Boxplots verschiedener chemischer Parameter nach Herkunft der Käse.....29
Abbildung 3: Korrelation der Proteolyse und der Reifungsdauer für dieses Projekt im Vergleich zum Datensatz von Vorarlberger Bergkäse von 1996 (Rohm, et al., 1996).....35
Abbildung 4: Histogramme diverser Parameter. 1: Rest = Tirol Berg + Vorarlberg (Tal + Berg). 2: Einheit = mg/kg. 3: Einheit = g Glutaminsäure/kg.....40

Literaturverzeichnis

AMA: *Jahresbericht Milch und Milchprodukte.* Wien: Agrarmarkt Austria 2024.

Bätz, B., & Brod, H.-G.: *VDLUFA-Methodenbuch* (Bd. VI). Darmstadt: VDLUFA-Verlag 2010.

Ellner, R.: *DLG-Qualitätsatlas für Käse.* Frankfurt am Main: DLG 2017.

Flüeler, O. (1982). Lab- und Säuregerinnung der Milch. *Schweizerische Milchzeitung, 108*(58), 359–361.

Fröhlich-Wyder, M.-T., Bachmann, H.-P., & Gerard Casey, M. (2002). Interaction between propionibacteria and starter / non-starter lactic acid bacteria in Swiss-type cheeses. *Lait, 82*, 1–15.

Guggisberg, D., Schuetz, P., Winkler, H., Amrein, R., Jakob, E., Fröhlich-Wyder, M.-T., . . . Wechsler, D. (2015). Mechanism and control of the eye formation in cheese. *International Dairy Journal, 47*, 118–127.

Jakob, E., Winkler, H., & Haldemann, J. (2010). Mikrobiologische Kriterien in der Käsefabrikation. *ALP forum, 77 d*, 1–32.

Johst, F. (1994). Einflüsse auf die Salzdiffusion bei Käse. *Milchwirtschaftliche Berichte, 118*, 110–111.

Mair-Waldburg, H.: *Handbuch der Käse.* Kempten: Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH 1974.

Österreichisches Patentamt. (1997). *Patentnr. G/AT/01436/95/07/03.*

Österreichisches Patentamt. (1997). *Patentnr. G/AT/1416/95/07/03.*

Österreichisches Patentamt. (1997). *Patentnr. PDO-AT-1413.*

Österreichisches Patentamt. (1997). *Patentnr. PDO-AT-1419.*

Rohm, H., Jaros, D., Mayer, H. K., Foißy, H., Ginzinger W, Tschager, E., . . . Osl, F. (1997). Rohmilchflora und Hartkäsequalität. *Gemeinsamer Endbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*, Projektnummern L 773/93 und AM44/93.

Rohm, H., Jaros, D., Rockenbauer, C., Kneifel, W., Jenny, B., Gamsjäger, C., . . . Eliskases-Lechner, F. (1996). Charakterisierung von Vorarlberger Bergkäse. *Abschlussbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*, Projektnummer 40/92.

Schulz, M. E.: *Molkerei-Lexikon.* Kempten: Verlag Deutsche Molkerei-Zeitung 1952.

Sebastiani, H., & Bader, T. (1992). Stoffwechsel von Propionsäurebakterien. *Milchwirtschaftliche Berichte, 112*, 137–140.

Töpel, A.: *Chemie und Physik der Milch.* Hamburg: Behr's 2004.

Tschager, E. (1990). Eine einfache Methode zur Kontrolle des Eiweißabbaus im Käse. *Milchwirtschaftliche Berichte, 105*, 204-209.

Tschager, E. (1994). Anwendung der OPA-Methode zur Bestimmung der Proteolyse im Käse. *dmz Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, 990-999.

Tschager, E., & Jager, H. (1986). Die potentiometrische Bestimmung des Calciums in Milch und Milchprodukten mit dem Memotitrator DL 40 RC und einer Cadmium-selektiven Festkörpermembran-Elektrode. *Milchwirtschaftliche Berichte, 87*, 91–95.

Wiedemair, M., & Garsleitner, R. (2024). Biogene Amine in Bergkäse. *DaFNE*, Projektnummer 101796.

Abkürzungen

ÖLMB	Österreichisches Lebensmittelbuch
g.U.	geschützte Ursprungsbezeichnung
F.i.T. und FIT	Fett in Trockenmasse
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
EGTA	Ethylenglycolbis(aminoethylether)-N,N,N‘,N‘-tetraessigsäure
UV/VIS	Ultraviolett/sichtbarer Bereich
WLN	Wasserlöslicher Stickstoff
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
OPA	ortho-Phtaldialdehyd
LOD	Limit of Detection
LOQ	Limit of Quantification
kg	Kilogramm
g	Gramm
mg	Milligramm
l	Liter
ml	Milliliter
min	Minuten
s	Sekunden
nm	Nanometer
dm^2	Quadratdezimeter
Wff und WFF	Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse
FAT	Fettgehalt
DM	Trockenmasse
WAT	Wassergehalt
PROT	Proteingehalt nach Kjeldahl (Faktor N x 6,38)
NACL	Kochsalzgehalt
CA	Calciumgehalt

SUCC	Bernsteinsäure
LACT	Milchsäure
CIT	Citronensäure
FORM	Ameisensäure
ACET	Essigsäure
PROP	Propionsäure
BUTA	Buttersäure
PGLU	Pyroglutaminsäure
GLN	Glutamin
HIST	Histidin
TYRA	Tyramin
CADA	Cadaverin
PUTR	Putrescin
TRYP	Tryptamin
PHEN	2-Phenylethylamin
MW	Arithmetischer Mittelwert
MIN	Minimum
MAX	Maximum
n	Stichprobenanzahl
σ	Standardabweichung
p	Signifikanzwert
df	Freiheitsgrade
t	*t*-Wert des Welch Tests
KS	Kolmogorov-Smirnov
SW	Shapiro-Wilk