

# Brot aus Sauerteig

Eine experimentelle Untersuchung und Herstellung von Sauerteigkulturen und Entwicklung dazu passender Rezepte.



Manuel Pfeiffer 6eG  
Kantonsschule Rychenberg  
Betreuer: Matthias Beck  
2. Beurteilung: Felix Ziegler  
3. Dezember 2019

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1	Zentrale Fragen	5
1.2	Motivation	5
<b>2</b>	<b>Zutaten</b>	<b>6</b>
2.1	Wasser	6
2.2	Getreide und Mahlerzeugnisse	7
2.2.1	Weizen ( <i>Triticum aestivum</i> )	8
2.2.2	Dinkel ( <i>Triticum spelta</i> )	8
2.2.3	Roggen ( <i>Secale cereale</i> )	9
2.2.4	Hafer ( <i>Avena</i> )	10
2.2.5	Mais ( <i>Zea Mais</i> )	10
2.3	Salz	10
2.4	Trieb- und Säuerungsmittel	11
2.4.1	Backhefe	11
2.4.2	Vorteig	12
2.4.3	Kombinierte Führung	12
<b>3</b>	<b>Der Sauerteig</b>	<b>12</b>
3.1	Was ist ein Sauerteig?	12
3.2	Wie entsteht ein Sauerteig	13
3.2.1	Milchsäurebakterien	14
3.2.2	Sauerteighefen	15
<b>4</b>	<b>Aroma und Geschmack</b>	<b>17</b>
4.1	Wirksamkeit eines Aromastoffes	17
4.2	Aromakomposition im Brot	18
4.3	Maillard-Reaktion	18
<b>5</b>	<b>Eigene Versuche für eine Sauerteigkolonie</b>	<b>19</b>
5.1	Erster Versuch nach Bäckereimethode	19
5.1.1	Das Anstellgut	19
5.1.2	Der Grundsauer	19
5.1.3	Fazit zum ersten Versuch	20
5.2	Zweiter Versuch nach Bäckereimethode	21

5.2.1	Kommentar zum zweiten Versuch	21
5.2.2	Fazit zum zweiten Versuch	21
<b>5.3</b>	<b>Erster Versuch im kleinen Format</b>	<b>22</b>
5.3.1	Versuchsaufbau	22
5.3.2	Analyse der Starterkulturen	22
5.3.3	Sauerteigherstellung	23
5.3.4	Analyse der Sauerteige	23
5.3.5	Weiterverarbeitung der Sauerteige	23
5.3.6	Weiterführung der Starterkulturen	25
<b>5.4</b>	<b>Zweiter Versuch im kleinen Format</b>	<b>26</b>
<b>5.5</b>	<b>Finalisierung der Rezepte</b>	<b>26</b>
<b>5.6</b>	<b>Starterkultur</b>	<b>26</b>
<b>5.7</b>	<b>Sauerteig</b>	<b>27</b>
<b>5.8</b>	<b>Roggensauerteigbrot</b>	<b>27</b>
<b>5.9</b>	<b>Dreikornbrot</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Experiment zur Bestimmung des Säuregrades</b>	<b>29</b>
6.1	Versuchsaufbau	30
6.2	Versuchsablauf	30
6.3	Ergebnisse des Experimentes	31
<b>7</b>	<b>Rückblick und Fazit</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>34</b>
10.1	Analoge Literatur	34
10.2	Digitale Literatur	35
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>35</b>
<b>11.1</b>	<b>Dokumentation Versuch 1 Sauerteig</b>	<b>35</b>
11.1.1	Mittwoch 22. Mai 2019; Anstellgut	35
11.1.2	Donnerstag 23. Mai 2019; Grundsauer	36
11.1.3	Freitag 24. Mai 2019; Entwicklung Grundsauer	36

11.1.4	Samstag 25. Mai 2019; Auffrischung Grundsauer	36
11.1.5	Sonntag 26. Mai 2019	36
11.1.6	Konklusion/Fazit	36
<b>11.2</b>	<b>Dokumentation Versuch 2 Sauerteig</b>	<b>37</b>
<b>11.3</b>	<b>Anstellen eines Sauerteiges</b>	<b>37</b>
11.3.1	Montag 15. Juli 2019; Anstellgut	37
11.3.2	Dienstag 16. Juli 2019; Grundsauer	37
11.3.3	Mittwoch 17. Juli 2019; Entwicklungsphase Grundsauer	38
11.3.4	Mittwoch 17. Juli 2019; Entwicklungsphase Grundsauer	38
11.3.5	Mittwoch 17. Juli 2019; Entwicklungsphase Grundsauer	38
11.3.6	Mittwoch 17. Juli 2019; Entwicklungsphase Grundsauer	38
11.3.7	Donnerstag 18. Juli 2019; Entwicklungsphase Grundsauer	39
<b>11.4</b>	<b>Weiterverwendung des Sauerteiges</b>	<b>39</b>
11.4.1	Erstes Rezept	39
11.4.2	Resteverwertung	39
<b>11.5</b>	<b>Resultat</b>	<b>40</b>
<b>11.6</b>	<b>Weiteres Vorgehen und Fazit</b>	<b>40</b>
<b>11.7</b>	<b>Dokumentation Versuch 3 Sauerteig</b>	<b>40</b>
11.7.1	Beschreibung des Versuches	40
11.7.2	Thesen für diesen Versuch	41
11.7.3	Anstellen der Starterkulturen	42
11.7.4	Anstellen der Sauerteige	44
<b>11.8</b>	<b>Weiterverarbeitung der Sauerteige</b>	<b>46</b>
11.8.1	Helles Sauerteigbrot	46
11.8.2	Dunkles Sauerteigbrot	47
11.8.3	Französisches Landbrot	48
11.8.4	Portugiesisches Brot	48
11.8.5	Käse-Kräuter Brot	49
11.8.6	Kümmelbrot	50
<b>11.9</b>	<b>Auffrischung der Starterkulturen</b>	<b>51</b>
<b>11.10</b>	<b>Erneute Herstellung von Sauerteigen</b>	<b>51</b>
<b>11.11</b>	<b>Letztes Brot mit diesen Kulturen</b>	<b>52</b>
<b>11.12</b>	<b>Erste Endresultate</b>	<b>53</b>
11.12.1	Helles Sauerteigbrot	53

11.12.2	Dunkles Sauerteigbrot	53
11.12.3	Französisches Landbrot	53
11.12.4	Portugiesisches Brot	54
11.12.5	Käse-Kräuter Brot	54
11.12.6	Roggensauerteigbrot	54
11.12.7	Dreikornbrot	54
<b>11.13</b>	<b>Ausblick</b>	<b>55</b>
<b>11.14</b>	<b>Ergebnisse aus dem Säuregradexperiment</b>	<b>56</b>

# 1 EINLEITUNG

Das Brot ist für die Mehrheit der Menschen ein alltägliches Lebensmittel. Aufgrund verschiedenster Variationen passt es zu fast jeder Mahlzeit, ob Suppe, Salat, oder einer kalten Platte. Eine spezielle Form ist das Sauerteigbrot, mit welchem ich mich hauptsächlich beschäftigt habe. Meine Arbeit ist in zwei Teile gegliedert, wobei man zuerst in die Grundlagen des Sauerteiges eingeführt wird. Hierbei war es meine Absicht, mich selber über die Zutaten und deren Auswirkung auf den Teig, die Prozesse in einem Sauerteig sowie die Aroma- und Geschmacksentstehung zu informieren und mein gewonnenes Wissen korrekt und verständlich an den Leser weiterzugeben. Der zweite Teil umfasst praktische Versuche im Zusammenhang mit Sauerteigen. Dabei setzte ich mir zum Ziel, am Ende mindestens ein funktionierendes Rezept für ein Sauerteigbrot entwickelt zu haben. Dieses soll vor allem für den Einsatz im gewöhnlichen Haushalt geeignet sein. Die Herausforderung bestand darin, den Sauerteig ohne Hefe herzustellen, denn in vielen Bäckereien hatte ich bereits Sauerteigbrote gesehen, jedoch keines ohne Hefe. Anschließend an meine verschiedenen Versuche, welche im praktischen Teil beschrieben sind, habe ich ein Experiment zur Bestimmung des Säuregrades durchgeführt. Die Ergebnisse sollen meine Beobachtungen während des Backens stützen.

## 1.1 ZENTRALE FRAGEN

Die gesamte Arbeit zielt auf die Beantwortung drei zentraler Fragen, welche ich mir zu Beginn meines Projektes gestellt habe, ab. Meine Fragen waren die folgenden:

- Welche Prozesse laufen während einer Sauerteigfermentation ab?
- Kann man ein Sauerteigbrotrezept ohne Hefe entwickeln?
- Wie sieht der Säuregrad eines Sauerteiges aus?

## 1.2 MOTIVATION

Seit der 2. Klasse des Gymnasiums arbeite ich in den Schulferien und an Wochenenden in der Bäckerei Wyland Beck in Truttikon. In den vier Jahren habe ich viele Dinge über die technische Umsetzung gelernt. Mich hat jetzt interessiert, wie kommt es überhaupt dazu, dass ein Bäcker aus Mehl und Wasser und ein paar anderen Zutaten ein Brot machen kann. Natürlich hätte ich normale Hefeteige untersuchen können, aber als mir Roman Schär vom Wyland Beck erzählte, was es für eine Herausforderung sei, einen funktionierenden Sauerteig herzustellen, war für mich das Thema meiner Maturitätsarbeit klar.

## 2 ZUTATEN

Es gibt unzählige verschiedene Brotsorten, für welche folglich auch verschiedene Zutaten nötig sind. Dazu gehören immer Mehl, Wasser, Salz und ein Trieb bzw. Säuerungsmittel. Optional können noch weitere Rohstoffe wie Joghurt, Eier, Kerne, oder Obst beigefügt werden. Für eine süsse Variante wie ein Brioche ist Zucker, Butter oder Honig von Nöten. Ich werde nun in erster Linie über jene Zutaten sprechen, welche für meine Arbeit von grösster Relevanz sind.

### 2.1 WASSER<sup>1</sup>

Das Wasser hat einen grossen Einfluss auf die Konsistenz des Teiges. Je mehr Wasser, desto feuchter und klebriger wird das Brot. Die andere wichtige Funktion des Wassers ist die Regulation der Temperatur. Teige reagieren sehr empfindlich auf Temperaturschwankungen. Schon geringfügige Unterschiede in der Lufttemperatur können schwerwiegende Auswirkungen auf die Entwicklung des Teiges haben. Bei kalten Temperaturen im Winter kann man mit lauwarmem Wasser arbeiten, um den Teig auf eine bessere Temperatur zu bringen. Im Sommer handelt man umgekehrt, indem das Wasser zum Kühlen des Teiges verwendet wird. Auch der Einsatz von Eis ist möglich.

---

<sup>1</sup> Grundlagen, S. 193 f.

## 2.2 GETREIDE UND MAHLERZEUGNISSE<sup>2</sup>

Die Grundlage für jedes Brot bildet ein Getreidekorn, welches zu Mehl verarbeitet wird. Das Korn hat einen klaren Aufbau, wie in Abbildung 1 zu erkennen ist. Für ein Weissmehl wird nur der innerste Teil des Kornes vermahlen, sprich der Mehlkörper und der Keimling, bei einem Vollkornmehl das ganze Korn inklusive Schale.<sup>3</sup> Je mehr vom Korn gemahlen wird, desto grösser ist der Anteil der Aleuronschicht, hier befinden sich hochwertige Proteine und Fettstoffe, und der Schale, welche vor allem Mineralstoffe mit Kalium- und Phosphorverbindungen in sich trägt.<sup>4</sup> In einem konkreten Beispiel sähe das wie folgt aus: Besitzt ein Weizenmehl den Ausmahlungsgrad 30-85 %, bedeutet dies, dass dem Endprodukt 30 % Weizenmehl Typ 400 entzogen wurde und die äussersten 15 % des Kornes nicht mitgemahlen wurden.

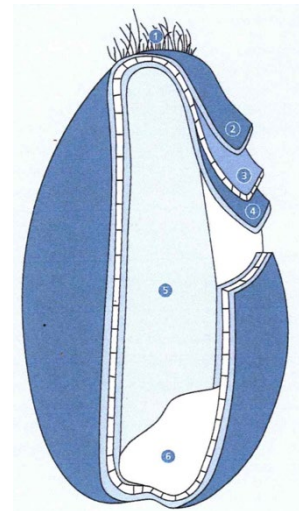


Abbildung 1: Aufbau eines Getreidekorns, 1) Bärtchen, 2) Schale, 3) Frucht- und Samenschale, 4) Aleuronschicht, 5) Mehlkörper, 6) Keimling

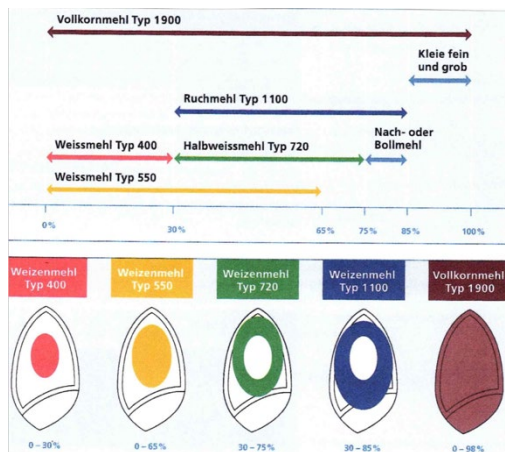


Abbildung 2: Übersicht Ausmahlungsgrad, Prozente geben Anteilsbereich des gemahlene Kornes an, Bsp.: 0 – 30 % bedeutet die innersten 30 % des Kornes werden gemahlen und fürs Mehl verwendet

welchem Land das Mehl stammt.<sup>5</sup> Die verwendete Getreidesorte kann je nach Region und dem dort vorherrschenden Klima stark variieren. Kulturpflanzen, welche als Brotgetreide angebaut werden, sind Angehörige der Süsgräser. Dabei gibt es unzählige

Dieser Ausmahlungsgrad wird durch ein spezielles Verfahren ermittelt. Man nimmt eine Weizenmehlprobe von 5 g und verbrennt diese bei 600-900 Grad Celsius in einem Muffelofen. Die zurückbleibende Asche wird auf 0.02 g gewogen. Folglich blieb 0.40 % zurück, was dem Weizenmehl die Klassifizierung Typ 400 gibt. Diese Kategorisierung gleicht der DIN-Norm, ist aber leicht verschieden, weshalb man immer aufpassen muss, aus



Abbildung 3: Berechnung des Ausmahlungsgrades

<sup>2</sup> Grundlagen. S. 151 f.

<sup>3</sup> Grundlagen. S. 169 oben

<sup>4</sup> Grundlagen. S. 161 in Grafik

<sup>5</sup> Grundlagen. S. 170

verschiedene Getreidetypen und jede Sorte hat einen anderen Einfluss auf den Charakter und die Verarbeitung des Gebäcks. Wiederum werde ich nur auf jene eingehen, welche für diese Arbeit relevant sind.

### 2.2.1 WEIZEN (TRITICUM AESTIVUM)<sup>6</sup>

Der Weizen, meist verwendet man Brot- oder Saatweizen, ist das einzige Getreide, welches aufgrund des Proteingehaltes optimale Verarbeitungs- und Backeigenschaften besitzt. Das dafür zuständige Protein ist der Gluten, welcher sich aus den Osborne-Fraktionen Prolaminen und Glutelinen zusammensetzt.<sup>7</sup> Sie kommen im Verhältnis 1:1 vor und umfassen rund 80 % aller Proteine im Weizen. Im Zusammenhang mit Weizen spricht man allerdings von Gliadin und Glutenin. Die beiden strangartigen Proteine sind vor allem für die Wasseraufnahme im Teig verantwortlich.<sup>8</sup> Beim Kneten treten Strukturveränderung an den Polypeptidketten auf, was man in der Biochemie Denaturierung nennt. Im Normalfall werden kovalente Bindungen nicht gespalten, womit die Primärstruktur bestehen bleibt. Aufgrund von Energiezufuhr geraten aber einzelne Bausteine derart ins Schwingen, dass andere zwischenmolekulare Kräfte, wie Ionen- und polare Bindungen, Van-der-Waals-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken oder der Hydrophobe Effekt, aufgehoben und die Aminosäuren oder gleich die ganze Molekülkette gelöst wird.<sup>9</sup> Somit wird ein dreidimensionaler Proteinfilm, ein elastisches und dehnbare Eiweissgitter,<sup>10</sup> ausgebildet. In der Folge ist der Teig gut dehnbar sowie elastisch und besitzt ein gutes Gashaltevermögen. Diese Eigenschaften machen den Weizen hierzulande zum meist verwendeten Brotgetreide.

### 2.2.2 DINKEL (TRITICUM SPELTA)<sup>11</sup>

Lange war der Dinkel das vorreitende Getreide, jedoch verlor er während des Mittelalters an Bedeutung. Aufgrund der hohen Ansprüche an den Ackerboden und dem speziellen Schälvorgang, dem Röllern, um den Spelz vom Korn zu trennen, ist der Ertrag im Verhältnis zum Aufwand eher klein. Der hohe Feuchtglutengehalt und die damit verbundene dehnbare Glutenstruktur sind typisch für den Dinkel und heute wieder vermehrt

---

<sup>6</sup> Grundlagen. S. 151 unten

<sup>7</sup> Wikipedia Gluten. Aufbau. <https://de.wikipedia.org/wiki/Gluten>

<sup>8</sup> Handbuch Sauerteig. S. 34 unten

<sup>9</sup> Wikipedia. Denaturierung (Biochemie). [https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung\\_\(Biochemie\)#Denaturierung\\_durch\\_reines\\_Wasser](https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung_(Biochemie)#Denaturierung_durch_reines_Wasser)

<sup>10</sup> Gmf-info. Fakten zu Gluten. Was?. S. 1 <http://www.gmf-info.de/info/forschungaktuell/Fakten-zu-Gluten.pdf>

<sup>11</sup> Grundlagen. S. 152 oben

gefragt.<sup>12</sup> Damit der Teig trotzdem eine gewisse Festigkeit bekommt, er soll formbar sein und nicht wie eine Creme davonlaufen, verwendet man Brüh- oder Kochstücke<sup>13</sup> mit welchen hervorragende Backresultate erzielt werden können. Die Technik des Brühstücks beinhaltet das Aufgiessen und Mischen von kochendem Wasser und Mehl. Im Normalfall verwendet man 60 % der Wasser- und 40 % der Mehlmenge in Bezug auf den ganzen Teig. Dies hat positive Auswirkungen auf den Stärkekomplex und die Proteinstruktur. Als wichtigster Vorteil ist hier der amyolytische Abbau der Stärke durch das Eindringen des warmen Wassers zu nennen. Die Stärke wird in diesem Prozess in verschiedene Saccharide zerlegt, was eine intensivere Bräunung zur Folge hat (vgl. Maillard-Reaktion). Ausserdem bewirkt der grössere Anteil an ungebundenem Wasser im Teig eine längere Frischhaltung. Wie bereits angesprochen, wird auch die Proteinstruktur beeinflusst. Die aufgrund von Hitze herbeigeführte Denaturierung, verleiht dem Teig eine zusätzliche Dehnbarkeit, was sich positiv auf das Teigvolumen auswirkt.

### 2.2.3 ROGGEN (SECALE CEREALE)<sup>14</sup>

Roggen ist typisch in kühlen Regionen, da er ein sehr anspruchsloses Getreide ist. Vergleicht man den Weizen mit dem Roggen, stellt man fest, dass die Menge und Qualität der glutenbildenden Proteine beim Weizen grösser ist, weshalb Roggenproteine und somit Roggenteige nicht in der Lage sind, ein Netzwerk zu bilden, wie es in Weizenteigen der Fall ist. Dafür besitzt der Roggen deutlich mehr Schleimstoffe, in der Fachsprache Pentosane genannt, welche für die Teigbildung verantwortlich sind.<sup>15</sup> Der Name kommt daher, dass ca. 80 % der Zucker Pentosen sprich Arabinosen und Xylosen sind. Diese Xylose ist die Monomereinheit des Xylans, welches die Grundstruktur eines Pentosans darstellt. Pentosane sind also Gruppen von heterogenen Makromolekülen mit einem Xylan als Grundeinheit. Verschiedene Seitenketten von Monosacchariden unter anderen Glucosen, Fructosen und Arabinosen vervollständigen das Molekül.<sup>16</sup> Im Schnitt besitzt ein Weizenkorn 6.6 % und ein Roggenkorn 8.5 % Pentosane,<sup>17</sup> was aber mit Vorsicht zu geniessen ist, da es möglich erscheint, dass neuere Züchtungen andere Zusammensetzungen aufweisen. Diese Unterschiede führen dazu, dass Roggenteige nicht wie Weizenteige elastisch sondern plastisch sind. Plastisch bedeutet, dass der Teig gut dehnbar ist und sich

---

<sup>12</sup> Foodaktuell. Was ist Weizenqualität?. <https://www.foodaktuell.ch/was-ist-weizenqualitaet/>

<sup>13</sup> Grundlagen. S. 522

<sup>14</sup> Grundlagen. S. 154 oben

<sup>15</sup> Handbuch Sauerteig. S. 34

<sup>16</sup> Technology of Breadmaking. S. 306

<sup>17</sup> Handbuch Sauerteig. S. 41. Tabelle

einfach weiterverarbeiten lässt, ohne dass er reisst. Die niedrige Verkleisterungstemperatur der Roggenstärke, welche bei ca. 49 - 56 Grad Celsius liegt, überschneidet sich mit dem Temperaturideal der Roggenamylasen bei 50 - 52 Grad Celsius. Also wird die Stärke in einem ungesäuerten Teig (pH-Wert 6.0) durch die Amylase in einem nicht verkleisterten Zustand abgebaut, was eine elastische Brotkrume verhindern würde. Das sich bildende CO<sub>2</sub> sammelt sich unter der Kruste in einem Hohlraum, da das Gashaltevermögen des Teiges zu gering ist. Wird nun eine pH-Absenkung bewirkt, wodurch die Enzyme gehemmt werden, erzielt man ein deutlich besseres Gashaltevermögen. Ab einem pH-Wert von 4.1 sind die Enzyme vollständig inaktiv.<sup>18</sup> Deshalb ist es von grossem Vorteil, wenn man Mischbrote aus Roggen und Weizen herstellt und diese dann einer Säuerung unterzieht. Dabei sollte der Roggenmehlanteil, auf das Gesamtgewicht des Teiges gesehen, zwischen 30 % und 40 % liegen.

#### **2.2.4 HAFER (AVENA)<sup>19</sup>**

Meist wird der Hafer in kühlen Gebieten angebaut. Genau wie der Dinkel ist Hafer ein Spelzgetreide, weshalb man ihn vor dem weiteren Gebrauch entspelzen muss. Da er aber nur Gliadin und kein Glutenin enthält, ist Hafer nicht alleine backfähig und ihm muss Weizen beigemischt werden. Aufgrund der ernährungsphysiologischen Hochwertigkeit, er ist reich an Proteinen, Vitaminen und Mineralstoffen, wird der Hafer sehr gerne als ergänzende Zutat in Brotteigen verarbeitet.

#### **2.2.5 MAIS (ZEA MAIS)<sup>20</sup>**

Wie der Hafer besitzt Mais keine glutenbildenden Proteine. Er ist also ebenfalls nicht alleine backfähig, weshalb er mit Weizenmehl gemischt werden muss. Die relativ hohen Fett- und geringeren Vitaminanteile, im Vergleich mit anderen Getreidearten, geben dem Mais in Europa eine geringe Bedeutung in der Brotkultur.

### **2.3 SALZ<sup>21</sup>**

Das Speisesalz ist eine anorganische Verbindung aus Natrium- und Chlorverbindungen, welches mehrere wichtige Funktionen während der gesamten Teigführung übernimmt. Das Salz hat bereits einen grossen Einfluss auf die Festigung der Gluten während dem

---

<sup>18</sup> Handbuch Sauerteig. S. 34

<sup>19</sup> Grundlagen. S. 155 oben

<sup>20</sup> Grundlagen. S. 155 unten

<sup>21</sup> Grundlagen. S. 197 oben. S. 198

Kneten des Teiges. Auf diese Weise wird die Elastizität des Teiges gefördert und er wird stelliger, sprich er besitzt einen verstärkten Dehnwiderstand bei der Verarbeitung. Ausserdem verzögert das Salz den Gärprozess, da es den Hefen das Wasser entzieht, wodurch der Abbau der Stärke und Proteinen kontrollierter abläuft. Auch die Kruste wird von der Salzzugabe beeinflusst. Da der Zucker in Folge der gärrhemmenden Wirkung des Salzes nicht vollständig vergoren wird, ist mehr davon übrig. Eine intensivere Bräunung der Kruste entsteht. Durchschnittlich fügt man einem Teig auf 100 Teile Mehl 2 Teile Salz hinzu.

## 2.4 TRIEB- UND SÄUERUNGSMITTEL

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen biologischen und chemischen Trieb- und Säuerungsmitteln. Man kann dem Teig eine Zutat begeben, um den gewünschten Effekt zu erzielen, oder man arbeitet mit speziellen Führungsmethoden, wie zum Beispiel dem Sauerteig. Grundsätzlich spielen bei der Sauerteigfermentation von Teigen, wie ich sie in dieser Arbeit untersuche zwei Gruppen von Organismen eine Rolle - Hefen und Milchsäurebakterien. In erster Linie will man den Teig lockern, indem  $\text{CO}_2$  durch mikrobiellen Stoffwechsel im Teig gebildet wird. In zweiter Instanz soll mit einer Fermentation eine Teigsäuerung erreicht werden, welche vor allem bei Roggenteigen notwendig ist (siehe Kapitel Roggen).<sup>22</sup> Wie man der Grafik entnehmen kann, gibt es unzählige verschiedene Möglichkeiten, den gewünschten Effekt zu erzielen. Im Folgenden sind die wichtigsten Methoden genauer erklärt.

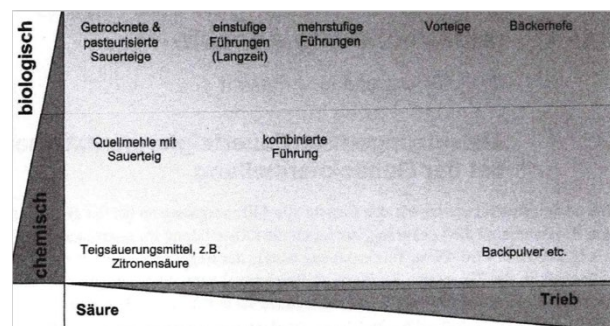


Abbildung 4: Darstellung der verschiedenen Trieb- und Säuerungsmitteln

### 2.4.1 BACKHEFE

Die heute in der Industrie verwendete Hefe nennt man Kultur- oder Reinzuchtheefe. Sie wurden aus den wilden Hefen ausgesucht und zur Backhefe weitergezüchtet. Die Backhefe ist ein biologisches Triebmittel, welches dem Teig keine zusätzliche Säure verleiht. Die in der Hefe enthaltene Zymase, ein System aus Enzymen, Coenzymen und Salzen übernimmt die Spaltung von einfachem Zucker zu Alkohol und Kohlenstoffdioxid.

<sup>22</sup> Handbuch Sauerteig. S. 7, 8

Ausserdem enthält Backhefe verschieden B-Vitamine, welche für uns Menschen wichtig sind.<sup>23</sup> Es gilt zu beachten, dass das Gashaltevermögen eine wichtige Rolle bei der Lockerung des Teiges spielt. Nicht alles hängt von der Hefe ab, denn diese wird solange weiter CO<sub>2</sub> produzieren, wie sie lebendig ist und genügend Nahrung findet. Der Teig kann sich jedoch nur so weit ausdehnen, wie es das Gashaltevermögen erlaubt. Es nützt also nichts, einen triebfähigen Teig zu haben, wenn dieser das Gas nicht halten kann.<sup>24</sup>

#### **2.4.2 VORTEIG**

Ein Vorteig, umgangssprachlich wird auch von einem Hebel gesprochen, ist ein Teig, welcher im Normalfall aus Getreide, einer Flüssigkeit (meist Wasser) und einem Triebmittel besteht. Vorteige werden im Gegensatz zum Sauerteig täglich neu angesetzt. Mit einem Vorteig wird die Entwicklung der Mikroorganismen gefördert. Ein Vorteig kann eine Reifezeit von einer halben Stunde bis zu einem Tag haben.<sup>25</sup>

#### **2.4.3 KOMBINIERTER FÜHRUNG**

In Bäckereien wird häufig eine kombinierte Führung verwendet. Zum einen verwendet man Backhefe und zum anderen einen Vorteig. Die Hefe kommt dann in den Vorteig, was somit eine kombinierte Führung wäre.

### **3 DER SAUERTEIG**

Nachdem ich die verschiedenen Zutaten für ein Brot dargelegt und ihren Einfluss auf den Teig untersucht habe, komme ich nun zum Kern meiner Arbeit. Mein Ziel ist es, wie in der Einleitung gesagt, selber ein Brot mit Sauerteig herzustellen. Dazu ist jedoch ein Verständnis der Prozesse, welche bei einer Fermentation ablaufen, nötig. Ausserdem muss definiert werden, was man unter einem Sauerteig versteht und wie dieser hergestellt wird.

#### **3.1 WAS IST EIN SAUERTEIG?**

Aufgrund der grossen Vielfalt der Backwaren, welche mit Sauerteig hergestellt werden, und der regionalen Diversität, gibt es unzählige Vorstellungen, Definitionen und Begriffsbestimmungen für einen Sauerteig. Es kommt auch darauf an, ob man die Situation aus der mikrobiologischen Perspektive betrachtet oder man den Fokus auf die

---

<sup>23</sup> Grundlagen. S. 199 ff.

<sup>24</sup> Technology of Breadmaking. S. 27

<sup>25</sup> Wikipedia. Vorteig. <https://de.wikipedia.org/wiki/Vorteig>

backtechnischen Aspekte legt. Zunächst gilt es, die Begriffe Fermentation und Teigführung zu betrachten.<sup>26</sup> Biotechnologisch gesehen, ist eine Fermentation der Prozess der Umwandlung organischer Stoffe in Gase, Alkohole oder in meinem Fall in Säure, durch Pilze oder Bakterien. Auch möglich ist die Zugabe von Enzymen, sogenannten Fermenten, um eine Fermentation zu erzeugen.<sup>27</sup> Spricht ein Bäcker von der (Teig-) Führung, meint er den Prozess der Entwicklung eines Teiges. Wenn ich in meiner Arbeit von einem Sauerteig spreche, meine ich eine direkte Führung, was den Einsatz einer Vorstufe, sprich dem Grundsauer, voraussetzt. Die verwendeten Mikroorganismen in meinen Sauerteigen sind Milchsäurebakterien und Hefen. Bewiesen wird das im Experiment zum Säuregrad. Somit kann ich eine klare Abgrenzung von anderen Vorteigen, Vorstufen etc. machen, denn für einen Sauerteig dieser Art müssen Milchsäurebakterien in hoher Keimzahl vorhanden sein.<sup>28</sup> Wenn ich später in meinen Versuchen von einem Sauerteig spreche, ist von einem Typ-I-Teig die Rede. Typisch für diese Art von Teigen ist eine fortlaufende Führung und die damit verbundenen, häufigen Auffrischungen in Zeitabständen von etwa 4-16 Stunden, weshalb die Mikroflora im stoffwechselaktiven Zustand verweilt. Dadurch ist es möglich, ihn sowohl zur Teigsäuerung als auch zur Teiglockerung zu verwenden. Zur Mikroflora in solchen Sauerteigen gehören verschiedene Hefen und Milchsäurebakterien. Bei ähnlicher hoher Keimzahl machen beide Mikroorganismen etwa den gleichen Anteil des mikrobiellen Gesamtumsatzes aus.<sup>29</sup> Genauere Angaben zur technischen Umsetzung findet sich bei den Versuchen.

### 3.2 WIE ENTSTEHT EIN SAUERTEIG

Das Schweizerische Lebensmittelbuch gibt eine mögliche Definition für den Sauerteig:

«Sauerteig ist ein durch spontane oder durch Starterkulturen (Laktobazillen) gezielt gelenkte Gärung über mehrere Stufen herangeführter Teig aus Roggen- oder Weizenmehl mit einer aktiven, triebfähigen Mikroflora. Das Verhältnis von Sauerteigbakterien (homofermentative und heterofermentative Laktobazillen) zu Sauerteigstufe (Anfrischsauer, Grundsauer, Vollsauer). Säurebildung (Verhältnis Milch-Essigsäure) und Hefevermehrung werden durch wechselweise Änderung der Teigkonsistenz (fest-weich) und Teigttemperatur(kühl-warm) gesteuert. Der pH-Wert eines ausgereiften Sauerteiges liegt je nach Art (Roggen/Weizen) und Ausmahlungsgrad im Bereich von 3,2-4,5, der Säuregrad zwischen 10-30. Der Sauerteiganteil

---

<sup>26</sup> Handbuch Sauerteig. S. 9

<sup>27</sup> Wikipedia. Fermentation. <https://de.wikipedia.org/wiki/Fermentation>

<sup>28</sup> Handbuch Sauerteig. S. 10

<sup>29</sup> Handbuch Sauerteig. S. 12

(ausgereifter Vollsauer) beträgt je nach Brottyp und gewünschter Geschmacksnote zwischen 15-50%.» (Handbuch Sauerteig, S. 18)

Wie man dem Zitat entnehmen kann, ist der Sauerteig eine mehrstufige Führung aus Roggen- oder Weizenmehl. Das heisst, man vermischt Wasser und Mehl zu einem Teig und lässt diesen dann für mehrere Stunden stehen (Anstellgut), sodass ein mikrobieller Stoffwechsel stattfinden kann. Hat der Teig eine Volumenzunahme von 100% erreicht, dann wird erneut Mehl und Wasser zugegeben und er erhält wieder Zeit, um sich zu entwickeln (Grundsauer). Dieser Vorgang wird nun mehrmals wiederholt, damit sich die Hefeaktivität voll ausbilden kann. Nach vollendeter letzter Auffrischung spricht man von einem Vollsauer, welcher nun zusammen mit anderen Zutaten zu einem Brot verarbeitet werden kann. Es ist im Zitat beschrieben, dass der Vollsauer zwischen 15-50% der Masse des Teiges ausmacht. Wie bereits angesprochen, läuft ein mikrobieller Stoffwechsel im Sauerteig ab, welcher die Bildung von verschiedenen Säuren und CO<sub>2</sub> zur Folge hat. Verantwortlich dafür sind Milchsäurebakterien und verschiedene Hefen. Ich werde nun genauer auf diese Prozesse und deren Ursachen eingehen.

### 3.2.1 MILCHSÄUREBAKTERIEN

Milchsäurebakterien findet man überall, ob in Mensch, Tier, Milchprodukten oder eben

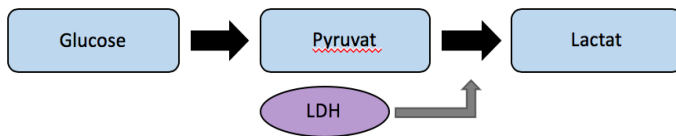


Abbildung 5: Homofermentativer Glucoseabbau durch Milchsäurebakterien

in Sauerteigen. Diese Bakterien sind grampositiv und fakultativ anaerob, das heisst, sie können ohne Sauerstoff auskommen, ihn aber in sei-

ner Gegenwart auch nutzen. In einem Sauerteig sind Milchsäurebakterien für die Milchsäuregärung verantwortlich, denn sie bauen

Kohlenhydrate insbesondere Glucose zu Milch- und Essigsäure, CO<sub>2</sub> und Alkohol ab.<sup>30</sup> Grundsätzlich unterscheidet man zwischen heterofermentativen und homofermentativen Milchsäurebakterien. Homofermentative Bakterien zerlegen das durch die Glykolyse gewonnene Pyruvat mithilfe der Lactat-Dehydrogenase (LDH) zu Lactat.<sup>31</sup>

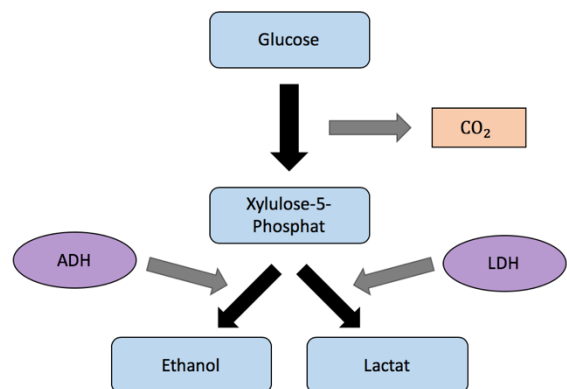


Abbildung 6: Heterofermentativer Glucoseabbau durch Milchsäurebakterien

<sup>30</sup> Wikipedia. Milchsäurebakterien. <https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4urebakterien>

<sup>31</sup> Lehrbuch der Biochemie, S. 547

Heterofermentativen  
Milchsäurebakterien fehlt  
das Enzym Aldolase, wel-  
ches für die Spaltung von  
Fructose-1,6-bisphosphat  
nötig wäre. Deshalb wäh-  
len heterofermentative



Abbildung 7: Mikroskopische Aufnahmen der dominierenden Milchsäurebakterien, *L. sanfranciscensis* (l.), *L. pontis* (m.), *L. mindensis* (r.)

Milchsäurebakterien den Weg über Xylulose-5-phosphat, um dieses dann entweder zu Lactat, mithilfe der LDH, oder zu Acetat, durch die Alkoholdehydrogenase (ADH), abzubauen.<sup>32 33</sup> In Typ-I-Teigen ist vor allem *Lactobacillus* wiederholt isoliert worden, insbesondere *L. sanfranciscensis*, *L. pontis* und *L. mindensis*. Da dominiert von *L. sanfranciscensis*, gilt dieser als Leitkeim für Typ-I-Teige.<sup>34</sup> Die mikroskopischen Aufnahmen der häufigsten Milchsäurebakterien sind oben dargestellt. Milch- und Essigsäure sind bei einer guten Führung in einem Verhältnis von ca. 75:25/80:20 und was mitentscheidend für das finale Aroma des Brotes ist. Ausserdem bietet die Säure einen Schutz für die Hefen vor schädlichen Bakterien.<sup>35</sup>

### 3.2.2 SAUERTEIGHEFEN

Neben den Milchsäurebakterien spielen die verschiedenen Hefen im Sauerteig eine zentrale Rolle. Die Hefe *Candida humilis* wurde wiederholt in relevanten Keimzahlen in Typ-I-Teigen festgestellt. *C. humilis* und *L. sanfranciscensis* ergeben zusammen eine optimale Teiglockerung und sind somit typischer Weise immer zusammen in Typ-I-Teigen zu finden. In geringeren Mengen vorhanden aber trotzdem von Bedeutung sind die Arten *Saccharomyces cerevisiae* und *Issatchenkia orientalis*.<sup>36</sup> Auch die Hefen betreiben einen anaeroben Stoffwechsel. Dabei wandeln sie verschiedene Zucker, hauptsächlich Glucose, in

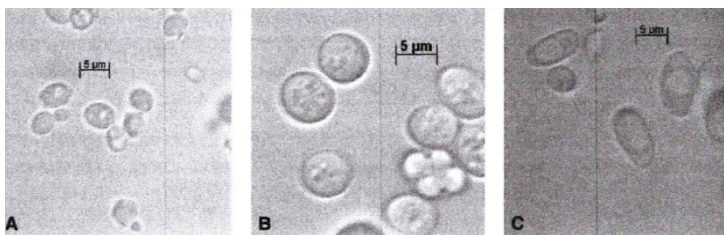


Abbildung 8: Mikroskopische Aufnahmen der dominierenden Hefen, *C. humilis* (A), *S. cerevisiae* (B), *I. orientalis* (C)

*Saccharomyces cerevisiae* und *Issatchenkia orientalis*.<sup>36</sup> Auch die Hefen betreiben einen anaeroben Stoffwechsel. Dabei wandeln sie verschiedene Zucker, hauptsächlich Glucose, in

Ethanol und CO<sub>2</sub> um. Dieser Prozess heisst Glykolyse und er lässt sich in zwei Phasen

<sup>32</sup> Grundlagen der Lebensmitteltechnologie. S. 38/39

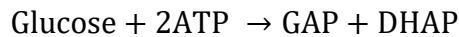
<sup>33</sup> Wikipedia. Milchsäuregärung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung#Homofermentative\\_Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung](https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung#Homofermentative_Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung)

<sup>34</sup> Handbuch Sauerteig. S. 93

<sup>35</sup> Grundlagen. S. 527

<sup>36</sup> Handbuch Sauerteig. S. 96

unterteilen. Zuerst findet eine Spaltung der Glucose in die Triosephosphate Glycerinaldehyd-3-phosphat (GAP) und Dihydroxyacetonphosphat (DHAP) statt.



GAP und DHAP sind Aldose-Ketose Isomere, was die Isomerisation mithilfe der Triosephosphat-Isomerase (TIM) zur Folge hat. Schlussendlich wird nur GAP weiter abgebaut.

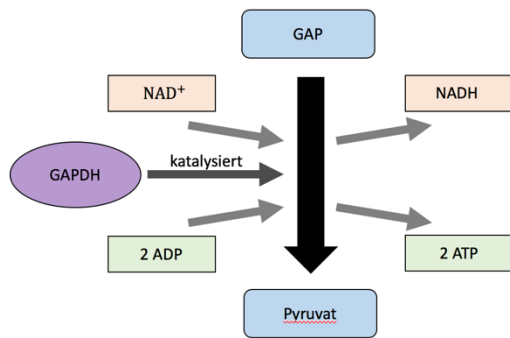
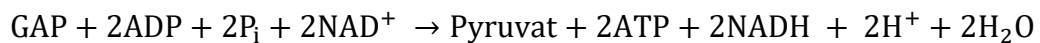


Abbildung 9: Abbau von GAP zu Pyruvat

Die Hefe *S. cerevisiae* schlägt genau diesen Fructose-1,6-bisphosphat-Weg ein. Heute ist dieser Begriff veraltet und man nennt jenen Unterabschnitt der Glykolyse Embden-Meyerhof-Parnas-Weg.<sup>37 38</sup> GAP durchläuft nun eine Oxidationsreaktion und eine Phosphorylierung, welche von der Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase (GAPDH) katalysiert wird. Über mehrere

Schritte werden die Moleküle weiterzerlegt, bis am Schluss Pyruvat entsteht.<sup>39</sup>



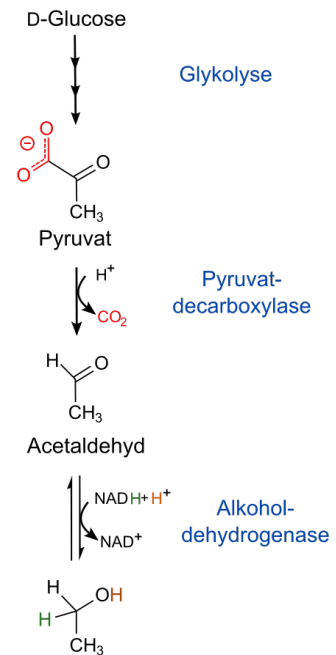
Zieht man nach der Glykolyse Bilanz, so erkennt man, dass aus einem Glucose-Molekül netto 2 ATP, 2 NADH und  $\text{H}^+$  sowie 2 Pyruvat entstehen. Damit nun aber die Glykolyse erneut ablaufen kann, muss  $\text{NAD}^+$  regeneriert werden, da es für die Reaktion zwingend

<sup>37</sup> Wikipedia. Glykolyse. <https://de.wikipedia.org/wiki/Glykolyse>

<sup>38</sup> Lehrbuch der Biochemie. S. 528-534

<sup>39</sup> Lehrbuch der Biochemie. S. 538-545

nötig ist. Dabei wird das Pyruvat durch Abspaltung eines  $\text{CO}_2$ -Moleküls durch das Enzym Decarboxylase in einen Acetaldehyd umgewandelt. Bei dieser Reaktion entsteht das  $\text{CO}_2$ , welches von grosser Bedeutung für die Teiglockerung ist. Da der Acetaldehyd sehr giftig ist, wird er gleich weiterzerlegt. Hierbei wird der Acetaldehyd von einem Zinkion der Alkoholdehydrogenase polarisiert und  $\text{NADH}$  wird zu  $\text{NAD}^+$  regeneriert und der Acetaldehyd zu Ethanol reduziert.<sup>40 41</sup> Die gesamte Reaktion vom Pyruvat zum Ethanol kann man in der nebenstehenden Abbildung nachvollziehen.



Ethanol  
Abbildung 10: Ablauf der alkoholischen Gärung

## 4 AROMA UND GESCHMACK

Beim Konsum von Brot oder anderen Lebensmitteln verspürt jeder gesunde Mensch Aromen bzw. verschiedene Geschmäcker. Dafür verantwortlich ist der sogenannte Flavor. Den Flavor unterteilt man in zwei Kategorien: in Geschmacks- und Aromastoffe. Im Normalfall verflüchtigen sich Geschmacksstoffe nicht; ganz im Gegensatz zu den Aromastoffen. Hierbei unterscheidet man von orthonasaler und retronasaler Wahrnehmung. In allen Fällen wird über Geruchsrezeptoren Einfluss auf die Geschmackswahrnehmung genommen. Orthonasal, also durch die Nase inhalierte, und retronasal, beim Kauen freigesetzte Aromastoffe werden an den Rezeptor weitergeleitet und beeinflussen auf diese Weise die Geschmackswahrnehmung.<sup>42</sup>

### 4.1 WIRKSAMKEIT EINES AROMASTOFFES

Nun muss aber eine grosse Menge von einem bestimmten Aromastoff nicht zwingend eine prägnante Erscheinung im Gesamtaroma zur Folge haben. Entscheidend für das Empfinden eines Aromas ist die Wechselwirkung mit der Matrix, in diesem Fall zwischen dem Brot, und dem Riechepithel, welches sich im oberen Bereich der Nasenhöhle befindet. Diese Wechselwirkungen sind deshalb so wichtig, weil sie sich auf die Flüchtigkeit und somit auf die Schwellenwerte auswirken. Ein Schwellenwert ist der

<sup>40</sup> Wikipedia. Alkoholische Gärung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische\\_G%C3%A4rung#Enzymatische\\_Reaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische_G%C3%A4rung#Enzymatische_Reaktionen)

<sup>41</sup> Grundlagen der Lebensmittelbiotechnologie. S. 36/37

<sup>42</sup> Handbuch Sauerteig. S. 21

Grenzwert an dem ein Aromastoff olfaktorisch wahrgenommen wird. Die Wirksamkeit wird durch den Quotient aus der Konzentration des Aromastoffes und dessen Schwellenwert bestimmt. Hierbei findet die Aromaextraktverdünnungsanalyse ihre Anwendung. Da diese aber von keiner Relevanz für meine Arbeit ist, werde ich nicht weiter darauf eingehen.<sup>43</sup>

## 4.2 AROMAKOMPOSITION IM BROT

Trotz dem Fakt, dass bis zu über 300 Aromastoffe im Brot vorhanden sind, spielen nur wenige eine entscheidende Rolle in Bezug auf das Gesamtaroma. Als Beispiel für einen wichtigen Stoff lässt sich 3-Methylbuttersäure anführen. Sie gibt sowohl der Kruste als auch der Krume ein schweissig, käsiges Aroma. Das tönt jetzt nicht wirklich schmackhaft, jedoch in Kombination mit all den anderen wichtigen Stoffen entsteht eine Aromakomposition, die dem Brot diesen einzigartigen Geschmack verleiht. Im Mehl sind bereits viele, der auch im Brot vorhandenen Aromasubstanzen, nachweisbar. Trotzdem hinterlässt das Mehl einen eher schwachen Eindruck auf das Gesamtroma. Folglich müssen also die entscheidenden Komponenten noch gebildet werden. Dies geschieht während der Verarbeitung der Rohstoffe. Die Verarbeitung wird in Teigphase und Backphase aufgeteilt. In der Teigphase wirken vor allem biochemisch-enzymatische Prozesse. Chemisch-thermische Prozesse hingegen bestimmen die Backphase, diese haben jedoch einen schwachen Einfluss auf die Aromazusammensetzung, da die Temperatur während des Backens eher niedrig ist. Zuvor habe ich bereits wiederholt von der Milch- und Essigsäure gesprochen. Und schlussendlich sind es auch diese beiden Säuren, welche das Aroma spürbar am meisten verändern. Im Optimalfall liegt das Verhältnis von Milch- und Essigsäure wie bereits erwähnt bei ca. 75/25 bzw. 80/20.<sup>44</sup>

## 4.3 MAILLARD-REAKTION

Beim Erhitzen von Glucose und Glycin bemerkte der Algerienfranzose L. C. Maillard einen braunen Niederschlag. Diese Färbung kennen wir im Alltag vom Braten von Fleisch, Rösten von Kaffee oder beim Backen von Brot.<sup>45</sup> Diese Bräunungsstoffe nennt man Melanoidine, welche bei der Maillard-Reaktion beim Brotbacken ab 110 Grad Celsius ohne

---

<sup>43</sup> Handbuch Sauerteig. S. 21, 23

<sup>44</sup> Handbuch Sauerteig. S. 23-26

<sup>45</sup> Lebensmittelchemie. S. 92

Einwirkung von Enzymen entstehen.<sup>46</sup> Als Nebenprodukte in Kondensationsreaktionen entstehen charakteristische Aromastoffe, welche dem Produkt das bekannte Röst-, Brat-, oder Backaroma verleihen.<sup>47</sup> Die Maillard-Reaktion ist also hauptverantwortlich für die Bräunung und das Aroma der Kruste.

## **5 EIGENE VERSUCHE FÜR EINE SAUERTEIGKOLONIE**

Nachdem ich die verschiedenen Prozesse innerhalb eines Sauerteiges erklärt, die wichtigen Zutaten und deren Funktionen beschrieben und aufgezeigt habe wie ein Aroma zu Stande kommt, kann ich nun erläutern, wie ich versuchte selber eine Sauerteigkolonie heranzuzüchten.

### **5.1 ERSTER VERSUCH NACH BÄCKEREIMETHODE**

In Absprach mit Roman Schär vom Wyland Beck in Truttikon habe ich mich dazu entschieden, einen ersten Versuch im grossen Format zu starten. Dazu musste ich in mehreren Schritten ein Anstellgut herstellen und dieses zu einem Grundsauer weiterverarbeiten, welcher sich dann durch mehrere Auffrischungen entwickeln konnte.

#### **5.1.1 DAS ANSTELLGUT**

Als Basis für einen Sauerteig dient das Anstellgut. Die Zutaten dafür sind Wasser, Weizenmehl Typ 1100 und Apfelsaft. Mehl und Apfelsaft liefern den Mikroorganismen die nötige Nahrung. Im Idealfall presst man den Fruchtsaft frisch, denn der Apfelsaft, der im Verkauf erhältlich ist, wurde meist pasteurisiert und ist deshalb für ein Anstellgut nicht mehr optimal geeignet. Daher habe ich den notwendigen Apfelsaft selber frisch gepresst. Wichtig ist ein ideales Gefäss für den Teig. Für eine gute Porenentwicklung ist es zwingend, dass der Teig sich vertikal entwickeln kann.<sup>48</sup>

#### **5.1.2 DER GRUNDSAUER**

Bei der Entwicklung eines Grundsauers ist vor allem darauf zu achten, dass die Teigtemperatur konstant ist. Fällt die Temperatur unter 25 Grad Celsius, wird mehr Essigsäure produziert und die Entwicklung des Teiges verzögert sich. Bei optimalen Temperaturen kann der Grundsauer dann auch seinen Aufgaben nachkommen, nämlich Sauerteighefen

---

<sup>46</sup> Baeckerlatein.de. Maillard-Reaktion. <https://www.baeckerlatein.de/maillard-reaktion/>

<sup>47</sup> Lebensmittelchemie. S. 94

<sup>48</sup> Grundlagen. S. 528/529

und Milchsäurebakterien zu «produzieren». Man verwendet ein Mehl mit höherem Ausmahlungsgrad, da mehr Schalentteile des Korns im Mehl sind, was den Mikroorganismen zusätzlich als Nahrung dient. Der Grundsauer wird mehrmals aufgefrischt. Dies geschieht solange, bis er sein Volumen innerhalb von 3 - 4 Stunden verdoppelt. Ohne eine gute Ausreifung des Grundsauers kann der Vor- und später auch der Hauptteig nicht gut weitergeführt werden. Allerdings ist ein überreifer Grundsauer nicht förderlich. Man muss also genau den richtigen Moment erwischen. Um diesen Augenblick nicht zu verpassen, kann man auf ein paar Kriterien achten. Ein ausgereifter Grundsauer charakterisiert sich durch eine glänzende, leicht aufgerissene Oberfläche und einen sauren-aromatischen Geruch. Am besten kann man sich aber an der Oberflächenwölbung orientieren. Zu Beginn ist diese stark konvex aber mit der Zeit nimmt diese Wölbung ab. Ist die Oberfläche fast schon wieder flach, dann ist der Teig optimal ausgereift. Danach fällt er in sich zusammen und ist überreif und nicht mehr zu gebrauchen.<sup>49</sup>

### 5.1.3 FAZIT ZUM ERSTEN VERSUCH

Ich musste den Versuch an Tag 5 abbrechen. Der Teig konnte nie eine Volumenzunahme von 100 % erreichen. Der Teig kommt auf eine maximale Zunahme von 50 % nach 9 bis 10 h. Danach setzte sogar eine Rückentwicklung ein und der Teig wurde gliberig, schmierig und begann nach Essig zu riechen. Das heisst, dass er bereits überentwickelt war, jedoch ohne eine vollständige Entwicklung mit einer Volumenzunahme von 100 % durchzumachen. Nach meinen Überlegungen gibt es zwei Gründe, welche das Misslingen erklären können. Erstens gelang es mir nicht, die Temperatur konstant auf der Idealtemperatur von 26-28 Grad Celsius zu halten, was eine langsamere Entwicklung des Teiges zur Folge hatte. Vermutlich haben sich die Poren zwar gut entwickelt, ich konnte eine schöne hohe Porenform ausmachen, aber in zu geringer Zahl. Ausserdem konnte ich bei einer Auffrischung den Teig nicht im optimalen Moment weiterverarbeiten, da ich zur Schule musste und nach meinen Berechnungen der Teig erst gegen Abend voll entwickelt gewesen wäre. Es war der erste Versuch und ich konnte gute Erfahrungen sammeln, welche mir dann auch für die weiteren Experimente geholfen hatten.

---

<sup>49</sup> Grundlagen S. 529/530

## 5.2 ZWEITER VERSUCH NACH BÄCKEREIMETHODE

### 5.2.1 KOMMENTAR ZUM ZWEITEN VERSUCH

In den Sommerferien wiederholte ich den Versuch nochmals. Ich nahm zwei spezifische Änderungen vor. Zum einen liess ich den Teig jeweils bei 30 Grad Celsius Luft-



Abbildung 11: Grundsauer neu aufgefrischt (l.), Grundsauer entwickelt (r.)

temperatur im Backofen ruhen, so konnte ich die Teigtemperatur konstant bei 27 - 29 Grad Celsius halten. Zum anderen deckte ich den Teig jeweils zu, wenn ich ihn stehen liess. Auffällig war, dass sich die Teigruhe von Phase 3 zu Phase 4 wieder deutlich verlängerte. Dafür habe ich keine Erklärung. Ich versuchte darauf zu reagieren, indem ich im nächsten Schritt etwas wärmeres Wasser hinzugab. Dies hat wie erwartet die Entwicklungszeit verkürzt, aber der Teig hatte deswegen keine schöne Struktur und war sehr klebrig, was eine Weiterverarbeitung sehr schwer machte. Deshalb kehrte ich wieder zu kühlerem Wasser zurück. Nach erfolgreicher Entwicklung des Grundsauers, so sah es zumindest aus, konnte ich mein erstes Rezept mit einem Sauerteig ausprobieren.<sup>50</sup> Nachdem ich diesen Teig hergestellt hatte und diesen zu acht Brotläiben verarbeitete, gab ich diesen nochmals 6 h Zeit, damit sie sich gut entwickeln konnten. Leider lief das nicht wie geplant und man konnte das Brot anschliessend nicht essen. Es war viel zu kompakt und dementsprechend konnte sich auch kein gutes Aroma im Mund entwickeln. Während dem Versuch entstand, wie schon beim ersten, eine grosse Menge an Teig, für den ich keine Verwendung mehr hatte. Ich konnte diesen Roman Schär zur Weiterverarbeitung geben, damit man nicht alles wegwerfen musste.

### 5.2.2 FAZIT ZUM ZWEITEN VERSUCH

Nach diesen beiden Versuchen komme ich zum Schluss, dass sich diese Methode nicht dazu eignet, eine Sauerteigkolonie zu Hause heranzuzüchten. Erstens ist sie sehr ressourcenaufwendig und zweitens war es sehr schwer das Teigverhalten einzuschätzen. Nach langer Recherche und Rücksprache mit Roman Schär habe ich mich dazu entschieden, eine andere Variante auszuprobieren, welche sich mehr für den Haushalt eignen sollte.

---

<sup>50</sup> Gutes Brot selber backen. S. 87

## 5.3 ERSTER VERSUCH IM KLEINEN FORMAT

Nachdem die ersten Versuche beide gescheitert waren, musste ich mir einen neuen Ansatz suchen. Es war klar, dass diese mehr für den Haushalt geeignet sein musste. Ich fand eine Methode, bei welcher man mit kleinen Konfitüregläsern eine Sauerteigstarterkultur heranzüchten konnte. Um die Zeit noch sinnvoller zu nutzen, entschied ich mich, den Versuch gleich mit neun verschiedene Gläser zu machen. Ich habe verschiedene Mehlsorten (Weizen, Roggen, Dinkel) und verschiedene Flüssigkeiten (Wasser, Apfelsaft, Bier) verwendet. Später konnte ich dann einen guten Vergleich anstellen und kritisch evaluieren, welche Mischung am besten funktioniert. Ich ging davon aus, dass jene mit Bier am besten funktionieren würden, da diese noch mehr Hefen dazubekommen, denn im Bier sind ja bereits reichlich Hefen vorhanden. Weiter nahm ich an, dass der Apfelsaft eine bessere Fermentation erzeugen würde als das Wasser.

### 5.3.1 VERSUCHSAUFBAU

In jedes Glas füllte ich einen Teelöffel des Mehls und zwei Teelöffel der Flüssigkeit. Anschliessend wurde alles gut verrührt und man konnte es für 24 Stunden im geschlossenen Glas stehen lassen. Diesen Schritt wiederholte ich insgesamt fünf Mal.<sup>51</sup>



Abbildung 12: Weizenkulturen frisch ange-setzt

### 5.3.2 ANALYSE DER STARTERKULTUREN

Man konnte jeden Tag neue Unterschiede zwischen den verschiedenen Gläsern feststellen. Genauer beschreibe ich diese im Anhang. Bei allen Roggengemischen, bei WB und bei DA konnte man eine schöne Bläschenentwicklung feststellen. Diese haben auch gezischt, sprich das CO<sub>2</sub> entwich, als ich sie öffnete. Die anderen Weizen- und Dinkelkulturen fielen etwas

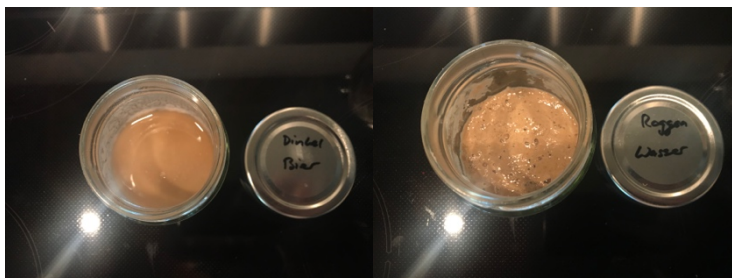


Abbildung 13: kaum entwickelte Kultur (l.), gut entwickelte Kultur (r.)

ab. Sie hatten eine schwache bis gar keine Bläschenentwicklung (zu erkenne bei DB links) und es hatten sich zwei Phasen gebildet, indem sich das Mehl von dem Wasser absetzte.

<sup>51</sup> Gutes Brot selber backen. S. 11

Trotzdem wollte ich noch keine Kultur aufgeben und übernahm sie alle in die nächste Phase.

### 5.3.3 SAUERTEIGHERSTELLUNG

Aus diesen neun Starterkulturen stellte ich nun neun Sauerteige her. Dazu entnahm ich den Gläschen jeweils 15 g der Starterkultur und verarbeitete diese zusammen mit 150 g Mehl und 150 g Flüssigkeit zu einem Teig. Auch hier unterschied ich weiterhin, zwischen den verschiedenen Sorten. Das heisst also, bei RB verwendete ich 15 g der Starterkultur RB, 150 g Roggenmehl Typ 1400 und 150 g Bier Naturtrüb.

### 5.3.4 ANALYSE DER SAUERTEIGE

Wie zu erwarten war, hatten DA, WB, RW und RA eine gute Entwicklung hingelegt. RB war eher knapp, da er früh wieder in sich zusammen fiel. Überraschend war die gute Entwicklung von DB, welchen ich eigentlich schon abgeschrieben hatte. Die restlichen Sorten funktionieren nicht. Neben an sind RW, DA, DB zum Vergleich abgebildet. Eine sehr starke Entwicklung ist bei DA auszumachen, genau wie bei RW. DB ist bereits etwas überentwickelt, was man am Rückstand am Glas erkennen kann.



Abbildung 14: Voll entwickelte Sauerteig bereit zur Weiterverarbeitung

### 5.3.5 WEITERVERARBEITUNG DER SAUERTEIGE

Die sechs gut entwickelten Sauerteige verarbeitete ich im Folgenden zu Broten. Dazu bediente ich mich bereits erprobter Rezepte.<sup>52</sup> Den genauen Beschreib des Herstellungs- und Backprozesses lässt sich dem Anhang entnehmen.

#### 5.3.5.1 HELLES SAUERTEIGBROT

Dieses Rezept war ein ganz simples und war für mich auch ohne Probleme zu bewältigen. Ich verwendete den Dinkel/Bier-Sauerteig und musste am Ende einsehen, dass sich diese Variante auch nicht gut für einen Sauerteig eignet. Das Brot war viel zu kompakt, weshalb man es kaum essen konnte.

---

<sup>52</sup> Gutes Brot selber backen. S.86-97, 104/105, 111/112 und 122-127

#### 5.3.5.2 DUNKLES SAUERTEIGBROT

Für dieses Brot verwendete ich den zuvor etwas dürrig entwickelten Roggen/Bier-Sauerteig. Es ist so vorgesehen, dass dieses Brot eine eher kompakte Teigstruktur aufweist. Der Weizenschrot und das Vollkornmehl überdeckte die Säure des Teiges, weshalb sie kaum noch zu spüren war. Ausserdem wäre vermutlich ein anderer Roggensauerteig besser geeignet gewesen, da der RB ein doch ziemlich kompaktes Brot schuf.



Abbildung 15: Aufgeschnittenes dunkles Sauerteigbrot; gut erkennbare kompakte Struktur.

#### 5.3.5.3 FRANZÖSISCHES LANDBROT

Dieser Teig hatte eine gute Triebkraft und das Brot hatte dann auch eine gute Porenstruktur nach dem Backen. Der Dinkelsauerteig wäre eigentlich eher unpassend zu den verwendeten Weizen- und Roggenmehlen, was aber kaum spürbar war. Die Mischung Dinkel/Apfelsaft funktionierte also sehr gut und konnte für einen Sauerteig verwendet werden.

#### 5.3.5.4 PORTUGIESISCHES BROT

Mit diesem Brot konnte ich das erste Mal zufrieden sein. Ein gute Konsistenz mit einer guten Porenstruktur. Geschmacklich äusserst interessant mit der Polenta und der Säure, obwohl das säuerliche nicht mehr stark spürbar war. Problematisch war allerdings, dass das Brot nur zwei Tage frisch blieb. Danach war es aufgrund der vielen Luftlöcher trocken und nicht mehr geniessbar. Der Weizen/Bier-Sauerteig hat hier gut funktioniert und kann auch für weitere Versuche verwendet werden.



Abbildung 16: Portugiesisches Brot bei dem man eine schöne Porenstruktur beobachten kann.

#### 5.3.5.5 PIKANTES KÄSE-KRÄUTER-BROT

Im Vergleich zum hellen Sauerteigbrot hat der DB hier überraschenderweise sehr gut funktioniert. Das Brot hatte in der Folge eine gute Konsistenz, leider war es geschmacklich nicht wirklich gut, da der Käse jegliche andere Aromen überdeckte. Hinzu kam noch das gleiche Problem wie beim portugiesischen Brot, dass es sehr schnell austrocknete.



Abbildung 17: Bei diesem Brot ist eine schöne Porenstruktur zu sehen. Daher kann man von einer guten Sauerteigentwicklung ausgehen.

#### 5.3.5.6 KÜMMELBROT

Beim ersten Versuch passierte mir das Missgeschick, dass ich dem Teig kein Salz hinzugab. Wie im Kapitel zum Salz beschrieben, entzieht es dem Teig Wasser. Da ich es vergass hinzuzufügen, war der Teig extrem feucht und klebrig und nicht mehr zu gebrauchen, weshalb es in dieser Serie auch kein Brot mit RW gibt. Stattdessen habe ich RA verwendet und bin zu einem ansprechenden Ergebnis gekommen. Ich dachte, es sei trotz der guten Triebkraft immer noch zu kompakt, doch nach einer Besprechung mit Roman Schär wurde mir klar, dass ich nicht die gleich grossen Luftlöcher hinbekommen werde, wie ein Brot aus dem Laden sie hat. Bei diesem Brot sah ich in der Folge das grösste Potential und unternahm noch diverse Versuche.



Abbildung 18: Beim diesem Kümmelbrot kann man eine schöne Kruste sehen. Das heisst, dass vor allem die Maillard-Reaktion einen guten Verlauf hatte.

#### 5.3.6 WEITERFÜHRUNG DER STARTERKULTUREN

Nachdem ich die Teige hergestellt hatte, gab ich jedem Gläschen einen Teelöffel des entsprechenden Mehls hinzu. Gut verrührt kamen diese dann in den Kühlschrank, wo sie bis zur nächsten Verwendung gelagert werden konnten. Aufgrund der tieferen Temperaturen fahren die Mikroorganismen ihren Stoffwechsel herunter und ernähren sich von dem wenigen zugegebenen Mehl. Werden sie wieder gebraucht, fügt man ihnen 30 Milliliter der entsprechenden Flüssigkeit und zwei Teelöffel vom Mehl hinzu und man kann sie nach ca. 16 h wieder für einen Sauerteig verwenden, wenn sich Bläschen gebildet haben. Sollte dies nicht der Fall sein, dann wiederholt man diesen Schritt einfach nochmals.

## 5.4 ZWEITER VERSUCH IM KLEINEN FORMAT

Nach ein paar Tagen wollte ich einen weiteren Versuch mit meinen Starterkolonien wagen. Die Gläschen mit Weizen hatten auf der Oberfläche jedoch Rotschimmel gebildet und waren nicht mehr zu gebrauchen. Deshalb habe ich vorsichtshalber den Inhalt aller Gläschen entsorgt und ein viertes Mal von vorne begonnen. Zu diesem Zeitpunkt hatte ich mich auf drei Rezepte fokussiert. Das dunkle Sauerteigbrot, das Roggensauerteigbrot ohne Kümmel und das Dreikornbrot, welches neu dazukam. Ich habe mich für diese Brote entschieden, da die Roggensauerteige und Starterkulturen am besten funktionierten und diese Rezepte sich gut für diese Teige eignen. Die Rezepte hatte ich zu diesem Zeitpunkt schon stark verändert. Sie sind im Anhang zu finden. Für mich stand jetzt die Perfektionierung der Brote im Vordergrund. Sowohl geschmacklich als auch ästhetisch. Das Dreikornbrot habe ich noch hinzugenommen, weil es mich interessierte, ob meine Starterkulturen in der Lage waren, die Hefe im Rezept zu kompensieren.

## 5.5 FINALISIERUNG DER REZEPTE

Nach diversen weiteren Versuchen und Gesprächen mit Roman Schär bin ich zum Schluss gekommen, dass die folgende Variante am besten funktioniert. Ich werde diese nun einmal von Anfang an durchgehen.

## 5.6 STARTERKULTUR

Man nimmt ein kleines Konfitüreglas und füllt folgende Zutaten hinein:

- 5 g Roggenmehl Typ 1400
- 8 g Wasser oder Bier Naturtrüb

Anschliessend verrührt man das Ganze zu einer feinen Paste, verschliesst das Glas mit dem Deckel und wartet 24h. Diesen Schritt wiederholt man insgesamt 5 Mal. Mit jedem Tag sollten sich mehr Bläschen im Teig bilden.

## 5.7 SAUERTEIG

An Tag 6 wird ein Teil der Starterkultur weiterverarbeitet. Dazu braucht man:

- 30 g aus der Starterkultur
- 150 g Roggenmehl Typ 1400
- 150 g Wasser oder Bier

Wiederum verarbeitet man alles zu einem Teig. Von jetzt an macht es durchaus Sinn eine Küchenmaschine zur Hilfe zu nehmen. Danach füllt man den klebrigen Teig in ein hohes Glas oder ein anderes Gefäss. Man sollte darauf achten, dass der Teig sich gut in die Höhe entwickeln kann, denn ansonsten wird er keine schönen Poren bilden können. Das Gefäss wird so zugedeckt, dass noch etwas Luft dazu kommt. Nun ist Vorsicht geboten. Man sollte den Sauerteig nun nicht aus den Augen lassen, denn man kann keine fixe Zeit nennen, wann er reif ist. Dies kann 24 h dauern, aber auch schon nach 6 h kann der Teig ausgereift sein. Für den idealen Zeitpunkt der Weiterverarbeitung betrachte man das Kapitel Grundsauer. Zur restlichen Starterkultur gibt man 5 g Mehl und bewahrt sie bis zur nächsten Verwendung im Kühlschrank auf. Einmal pro Woche sollte man die Starterkultur auffrischen, da die Mikroorganismen ansonsten keine Nahrung mehr erhalten. Dazu gibt man dem Gläschen 30 g Roggenmehl Typ 1400 und 30 g Wasser oder Bier hinzu, vermischt es gut und lässt es 24 h aufgehen. Danach entfernt man einen Teil aus dem Glas, gibt wiederum 5 g Roggenmehl Typ 1400 hinzu, verrührt es gut und stellt es in den Kühlschrank.

## 5.8 ROGGENSAUERTEIGBROT

Das Roggensauerteigbrot ist ein klassische Brot. Mit seiner relativ starken Säure ist es nicht ein Brot für jedermann. Es ist das ideale Brot für einen Apéro oder Zvieri zu Käse oder Fleisch. Man benötigt für das Roggensauerteigbrot bei TA 1220 g folgende Zutaten:

- 250 g Roggenmehl Typ 1400
- 350 g Weizenmehl Typ 1100
- 12 g Salz
- 300 g Roggensauerteig
- 320 g Wasser
- Man vermischt den Sauerteig sorgfältig mit dem Wasser.
- Danach gibt man die Mehle und das Salz hinzu.
- Auf langsamer Stufe kneten, bis sich alles zu einem klebrigen Teig zusammenfügt.

- Den Teig in eine kleine Schüssel geben und 1h zugedeckt gehen lassen.
- Zu zwei runden Broten à ca. 610 g formen. Danach auf ein Lochblech mit Silikonpapier absetzen und 3 – 6 Stunden gehen lassen, bis die Brote ihr Volumen um ca. 50-100 % steigern. Danach 1 – 2 Stunden in den Kühlschrank stellen. Anschliessend einschneiden und zwar mit einem Schnitt über die gesamte Oberfläche, dabei Messer im Winkel von ca. 45 Grad halten.
- Bei 220 Grad Celsius Heissluft mit Dampf für 27min. backen und auf Gitter abkühlen.

## 5.9 DREIKORNBROT

Ein sehr vielseitiges Brot mit verschiedensten Gewürzen und Kernen. Es passt zu jeder Mahlzeit, ob zu einer Suppe, einem Salat oder einer kalten Platte. Für das Dreikornbrot bei TA: 1230g benötigt man folgende Zutaten:

- 2 EL Fenchelsamen
- 2 EL Koriandersamen
- 1 EL Kümmelsamen
- 100 g kaltes Wasser
- 50 g Sonnenblumenkernen
- 30 g Leinsamen
- 12 g Haferflocken
- 12 g Weizenschrot
- 380 g Roggensauerteig (Achtung! Beschriebene Methode für Sauerteig x1.5 nehmen)
- 160 g Wasser
- 250 g Roggenmehl 1400
- 240 g Weizenmehl 1100
- 12 g Salz
- Fenchel- Koriander- und Kümmelsamen mörsern, vermischen und 1 TL für die Würzmischung für das Brot auf die Seite tun.
- Sonnenblumenkernen, Leinsamen, Haferflocken, Weizenschrot mit kaltem Wasser für ein paar Stunden keimen lassen.
- Sauerteig mit Wasser sorgfältig verrühren und beide Mehle begeben. Auf tiefer Stufe zu einem Vorteig kneten. Einige Stunden gedeckt gehen lassen.

- Die gekeimte Körnermischung, den Vorteig, die Würzmischung und das Salz auf tiefer Stufe zu einem relativ festen und etwas klebrigen Teig kneten.
- Teig 10 min. zugedeckt gehen lassen, dann kurz zusammenfallen. Diesen Schritt insgesamt 3 Mal wiederholen.
- Danach den Teig 1 h gehen lassen.
- Nach der Teigruhe den Teig zu zwei länglichen Broten à je ca. 610 g formen. Anschließend mit Ei anstreichen, in Haferflocken drücken und die Brote auf ein Lochblech mit Silikonpapier absetzen.
- Schliesslich die Brote nochmals 1 – 2 Stunden gehen lassen, bis ihr Volumen ca. 50 - 100 % zunimmt. Danach 1 – 2 Stunden in den Kühlschrank stellen. Anschliessend einschneiden und zwar mit einem Längsschnitt, dabei Messer im Winkel von ca. 45 Grad halten.
- Dann bei 220 Grad Celsius Heissluft mit Dampf für ca. 30 min. backen und auf Gitter abkühlen lassen.

Die finalen Brote sind auf dem Titelblatt abgebildet.

## 6 EXPERIMENT ZUR BESTIMMUNG DES SÄUREGRADES

Der Säuregrad nach Soxhlet-Henkel ist eine dimensionslose chemische Kennzahl, zur Bestimmung der vorhandenen Säuremenge in einer Probe<sup>53</sup>. Die Titration einer bestimmten Probe, welche mit dem Indikator Thymolphthalein versetzt ist, bestimmt die Menge an Natronlauge, die nötig ist, um den Standardfarbton, bei Thymolphthalein ist das Blau, zu erreichen. Dies ist möglich, da der Farbumschlag am Äquivalenzpunkt stattfindet, und somit die Menge der Säuren gleich gross ist, wie jene der Basen. Der Säuregrad beinhaltet die Milchsäure und Essigsäure, welche von den Mikroorganismen produziert wurden. Diese Methode gibt schlussendlich nur die gesamte Menge der Säuren in der Probe an, denn man kann die Milch- und Essigsäure mit diesem Experiment nicht getrennt betrachten. Mithilfe des Experimentes weiss ich nun die exakte Menge der zugegebene Base NaOH und kann somit den Säuregrad nach Soxhlet-Henkel berechnen<sup>54</sup>.

---

<sup>53</sup> Wikipedia Soxhlet-Henkel-Zahl, <https://de.wikipedia.org/wiki/Soxhlet-Henkel-Zahl>, Grundlagen 2011, S. 531

<sup>54</sup> Chemie.de SH-Wert, <https://www.chemie.de/lexikon/SH-Wert.html>

## 6.1 VERSUCHSAUFBAU

Wie auf dem Foto zu sehen ist, verwendete ich ein Stativ mit einer Muffe, an welcher ich die Bürette befestigte. Die Bürette füllte ich mit Natronlauge mit der Konzentration von 0.1 mol/l. Um überhaupt eine Titration durchführen zu können, musste ich erst einmal die Proben vorbereiten. Diese setzten sich aus 90 ml entmineralisiertem Wasser und 10 g Teig zusammen. Der Teig wurde anschliessend im Wasser aufgeschlämmt. Diese ergab eine milchige Emulsion bei der Dinkelprobe, bei Roggen und Weizen eine mit einer etwas dunkleren Farbe. Ausserdem gab ich ein paar Tropfen des Indikators Thymolphthalein, um den Äquivalenzpunkt der Lösung zu ermitteln, hinzu.



Abbildung 19: Aufbau der Apparatur

## 6.2 VERSUCHSABLAUF

Die erste Probe bereitete ich, genau wie oben beschrieben, vor. Jedoch konnte ich während dem Experiment nie einen Farbumschlag am Indikator erkennen. Um nicht den gesamten Indikator zu verschwenden, entschied ich mich die Proben nun auf 10g abzuwägen, nachdem ich sie aufgeschlämmt hatte. Das heisst die 90 ml Wasser und 10 g Teig wurden, nachdem ich sie vermischt hatte, auf 10 g abgewogen und erst dann der Indikator zugegeben. Auf diese Weise bleibt das Verhältnis von Teig und Wasser erhalten und ich musste nicht Unmengen an Indikator benutzen. Diese Methode funktionierte im Folgenden sehr gut und ich konnte bei jedem Versuch einen deutlichen Farbumschlag erkennen. Der einzige Grund neben dem potentiellen ungenauen Abmessen für verfälschte Resultate sehe ich darin, dass die Proben nicht farblos waren. Deshalb sah ich immer ein grau-blau anstelle eines klaren Blaus, was man in der Abbildung rechts gut beobachten kann. Die 10

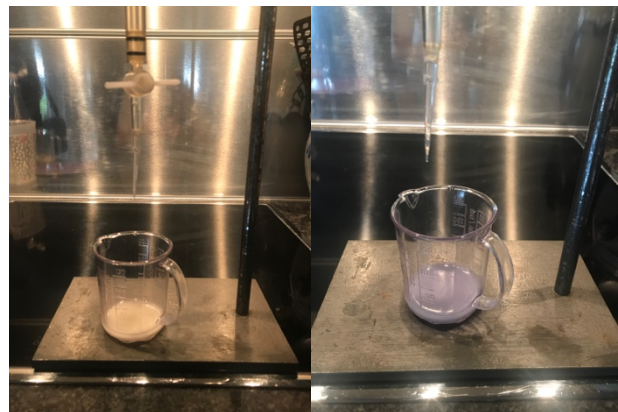


Abbildung 20: Probe vor dem Titrieren (l.), Probe nach dem Titrieren (r.), der Farbumschlag ist deutlich zu erkennen.

g Proben titrierte ich jeweils mit der Natronlauge und notierte mir den Verbrauch der Lauge.

### **6.3 ERGEBNISSE DES EXPERIMENTES**

Der Säuregrad für einen Sauerteig berechnet sich aus dem Natronlaugenverbrauch in Milliliter auf 100 g Probe. Verbrauchte ich bei einer Probe 1.9 ml Natronlauge auf 10 g Probe, ergibt das einen Verbrauch von 19 ml auf 100 g, was gleichbedeutend mit dem Säuregrad 19 ist. Die ausführlichen Ergebnisse finden sich in der Tabelle im Anhang. Das Schweizerische Lebensmittelbuch, welches ich eingangs zitierte, definiert einen Säuregrad zwischen 10 und 30 für einen Sauerteig. Folglich sind alle meine Sauerteige innerhalb dieser Begrenzung. Jedoch bestätigte mir das Experiment, was ich auch schon während dem Backen feststellen konnte. Die Sauerteige RW und RB haben backtechnisch am besten abgeschnitten und haben einen leicht überdurchschnittlichen Säuregrad für einen kräftigen Sauerteig. Die Mikroorganismen haben also sehr gut gearbeitet, sowohl in Bezug auf die Säure als auch auf die Gasentwicklung. Das der RA keine guten Backresultate erzielte, lässt sich wohl auf die Tatsache zurück führen, dass der Sauerteig zu viel Säure hatte, welche die Hefen und Bakterien hemmte. Die beiden Dinkelteige hatten einen eher tiefen Säuregrad im Vergleich mit den anderen Proben, ihre Resultate beim Backen waren aber nicht viel schlechter als beim Weizen beispielsweise. Vor allem der DA konnte mit einer starken Porenentwicklung auftrumpfen. Trotz allem bestätigt das Experiment meine Feststellung aus den praktischen Versuchen, dass sich der Roggen am besten für einen Sauerteig eignet.

## **7 RÜCKBLICK UND FAZIT**

Ganz allgemein gesagt, kann ich mit meiner Arbeit zufrieden sein. Den ersten Teil konnte ich ohne grössere Probleme verfassen. Nach eingehender Recherche war ich in der Lage, die Kapitel zu den Zutaten und zum Sauerteig niederzuschreiben. Hierbei war es am schwersten die biochemischen Prozesse zu verstehen und diese dann so zu formulieren, dass jemand, der sich nicht derart intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt hat, gut verstehen kann. Um das Ganze etwas klarer darstellen zu können, habe ich diverse Grafiken erstellt, welche die Abläufe besser ersichtlich machen sollen. Auch das Kapitel über das Aroma und den Geschmack hatte ich relativ schnell beisammen. Die praktischen Versuche und das anschliessende zusammenstellen der Berichte waren dann um einiges

anspruchsvoller. Der erste Versuch folgte einer Bäckereimethode, welche aber nicht funktionierte. Dies ist wohl auf die damals noch fehlende Erfahrung zurückzuführen. Ich dachte nicht, dass der Temperaturunterschied von 1 – 2 Grad Celsius einen so grossen Einfluss haben würde. Diesen Faktor nahm ich in der Folge sehr ernst und der Grundsaure entwickelte sich im zweiten Versuch gut. Das Brot war am Ende dann aber ungeniessbar und ich verwarf diese Methode. Der neue, breit angelegte Versuch, welcher sich besser für den Haushalt eignet, war dann eine Art Befreiungsschlag. Ich hatte bis hierhin schon viel Zeit verloren und war auf einen Erfolg angewiesen. Die verschiedenen Starterkulturen entwickelten sich so gut, dass ich mit ihnen die ersten etwas besseren Brote backen konnte. Nach ein paar Tagen Pause wollte ich mit denselben Kulturen erneut Brote herstellen. Aus mir unerklärlichen Gründen hatte sich bei ein paar Gläschen Rotschimmel gebildet, weshalb wieder von vorne beginnen musste. Dieser Versuch war dann auch der erfolgsbringende. Aus diesem gehen auch die finalen Rezepturen hervor, welche ich in der Folge noch ein paar Mal überarbeitet habe. Um auf die Frage aus der Einleitung zurückzukommen, ja, es ist möglich ein Sauerteigbrot ohne Hefe zu entwickeln. Ich konnte in dieser Arbeit gleich zwei verschiedene Rezepte dafür liefern. Am besten dafür eignen sich Roggensauerteige; entweder mit Wasser oder Bier. Mein Experiment zur Bestimmung des Säuregrades bestätigt meine Konklusion. Ideal ist ein Säuregrad von ca. 20. Diese Aussage ist jedoch zwingend zu relativieren, da Teige und insbesondere Sauerteige reagieren sehr empfindlich auf etwaige Änderungen. Dies können minimale Temperaturschwankungen sein, wie sie auch mir zu schaffen machten, oder ein anderes Mehl, als ich es verwendete, kann andere Bedingungen für die Mikroorganismen schaffen. Was man aber mit Sicherheit sagen kann, ist die Tatsache, dass die Sauerteigführung sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Mir hat das Projekt aber sehr viel Spass gemacht und ich werde auch in Zukunft Sauerteigbrote backen. Dabei muss sicher untersucht werden, ob noch mehr Varianten möglich sind. Bereits während der Arbeit hatte ich mal einen Versuch mit Suser gewagt, diesen aber aus Zeitgründen dann abgebrochen. Es wäre auch lohnenswert einen erneuten Versuch mit Weizen- und Dinkelkulturen zu wagen. Diese würden sich dann eventuell für Zopf oder süsse Gebäcke wie Panettone eignen. Ausserdem wäre es spannend zu sehen, ob meine Methode auch im grossen Stil funktionieren würde, sprich, ob sie für eine Bäckerei geeignet wäre.

## 8 DANKSAGUNG

Hiermit danke ich allen die mich während meiner Maturitätsarbeit unterstützt haben. Ich danke meiner Familie und Freunden. Ausserdem bedanke ich mich bei meinem Betreuer Herr Matthias Beck, welcher mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand, und bei meinem Zweitbeurteilenden Herr Felix Ziegler. Ein spezielles Dankeschön geht an den Wyland Beck in Truttikon, insbesondere an Roman Schär, welcher mich laufend mit Ressourcen eingedeckt hat und bei dem ich jederzeit nachfragen konnte, wenn sich mir technische Probleme in den Weg stellten.

## 9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Grundlagen. S. 146
- Abbildung 2: Grundlagen. S. 169
- Abbildung 3: Grundlagen S. 170
- Abbildung 4: Handbuch Sauerteig. S. 8
- Abbildung 5: Selbst erstellte Grafik in Anlehnung an Grundlagen der Lebensmitteltechnologie. S. 38
- Abbildung 6: Selbst erstellte Grafik in Anlehnung an Grundlagen der Lebensmitteltechnologie. S. 39
- Abbildung 7: Handbuch Sauerteig. S. 93
- Abbildung 8: Handbuch Sauerteig. S. 96
- Abbildung 9: Selbst erstellte Grafik in Anlehnung an Lehrbuch der Biochemie. S. 546
- Abbildung 10: Wikipedia. Alkoholische Gärung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische\\_G%C3%A4rung#Enzymatische\\_Reaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische_G%C3%A4rung#Enzymatische_Reaktionen)
- Abbildung 11 – 17: Eigene Fotos aus den durchgeführten Versuchen
- Abbildungen 19 – 20: Eigene Fotos aus dem durchgeführten Experiment

## 10 LITERATURVERZEICHNIS

### 10.1 ANALOGE LITERATUR

- Grundlagen. David Schmid. Luzern. Richemont Fachschule. 2011.
- Gutes Brot selber backen. Emmanuel Hadjiandreou. München. Christian Verlag GmbH. 2013.
- Grundlagen der Lebensmittelbiotechnologie. B. Kunz. Hamburg. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG. 2006.
- Handbuch Sauerteig. G. Spicher; M.J. Brandt; M.G. Gänzle. Hamburg. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG. 2006.
- Lebensmittelchemie. Dr. Werner Baltes. Heidelberg. Springer-Verlag Berlin. 1995.
- Lehrbuch der Biochemie. Donald Voet, Judith G. Voet, Charlotte W. Pratt. Weinheim. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2010

## 10.2 DIGITALE LITERATUR

- Baeckerlatein.de. Maillard-Reaktion. <https://www.baeckerlatein.de/maillard-reaktion/>
- Chemie.de. SH-Wert. <https://www.chemie.de/lexikon/SH-Wert.html>
- Foodaktuell. Was ist Weizenqualität?. <https://www.foodaktuell.ch/was-ist-weizen-qualitaet/>
- Gmf-info. Fakten zu Gluten. Was?. S. 1 <http://www.gmf-info.de/info/forschungaktuell/Fakten-zu-Gluten.pdf>
- Wikipedia. Alkoholische Gärung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische\\_G%C3%A4rung#Enzymatische\\_Reaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholische_G%C3%A4rung#Enzymatische_Reaktionen)
- Wikipedia. Denaturierung (Biochemie). [https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung\\_\(Biochemie\)#Denaturierung\\_durch\\_reines\\_Wasser](https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung_(Biochemie)#Denaturierung_durch_reines_Wasser)
- Wikipedia. Fermentation. <https://de.wikipedia.org/wiki/Fermentation>
- Wikipedia Gluten. Aufbau. <https://de.wikipedia.org/wiki/Gluten>
- Wikipedia. Glykolyse. <https://de.wikipedia.org/wiki/Glykolyse>
- Wikipedia. Milchsäurebakterien. <https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4urebakterien>
- Wikipedia. Milchsäuregärung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung#Homofermentative\\_Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung](https://de.wikipedia.org/wiki/Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung#Homofermentative_Milchs%C3%A4ureg%C3%A4rung)
- Wikipedia. Soxhlet-Henkel-Zahl, <https://de.wikipedia.org/wiki/Soxhlet-Henkel-Zahl>
- Wikipedia. Vorteig. <https://de.wikipedia.org/wiki/Vorteig>

## 11 ANHANG

### 11.1 DOKUMENTATION VERSUCH 1 SAUERTEIG

Schriftliche Festhaltung des Prozesses in Bezug auf Mengen und Temperaturen der Zutaten, Bearbeitungszeiten und Ruhezeiten mit anschliessendem Fazit.

#### 11.1.1 MITTWOCH 22. MAI 2019; ANSTELLGUT

Zutaten für Anstellgut:

- 300 g Apfelsaft frisch gepresst
- 450 g Wasser 15 Grad Celsius
- 1200 g Weizenmehl Typ 1100

Kneten ca. 10 min, Teig ca. 8cm hoch im Kessel, Boden nicht ganz gedeckt



grundsätzlich 2 Punkte welche den Misserfolg erklären könnten. Da es mir nicht möglich war, eine durchgehend hohe (26-28 Grad) Teigtemperatur aufrechtzuerhalten, ist es möglich, dass der Teig eine nicht genügend starke Triebkraft entwickeln konnte. Zwar konnten sich die Poren, die entstanden, gut entwickeln, vermutlich aber in zu geringer Anzahl. Ein weiterer Grund für das Misslingen des Versuches ist die Tatsache, dass ich am Freitag 24.5.2019 den Teig nicht im Moment der optimalen Entwicklung weiterverarbeiten konnte. Vorgesehen war, dass der Teig sich gegen Abend voll entwickelt haben würde, jedoch war dies bereits morgens um 6:00 Uhr geschehen. Da ich zur Schule musste, gab es keine andere Möglichkeit, als den Teig bis am Abend stehen zu lassen. Danach war er jedoch zusammen gefallen, sprich er war überreif und eigentlich nicht mehr brauchbar. Ich wollte meinen ersten Versuch aber nicht gleich abbrechen und setzte ihn noch etwas fort.

## **11.2 DOKUMENTATION VERSUCH 2 SAUERTEIG**

Schriftliche Festhaltung des Prozesses in Bezug auf Mengen und Temperaturen der Zutaten, Bearbeitungszeiten und Ruhezeiten mit anschließendem Fazit.

## **11.3 ANSTELLEN EINES SAUERTEIGES**

### **11.3.1 MONTAG 15. JULI 2019; ANSTELLGUT**

Zutaten für Anstellgut:

- 300 g Apfelsaft frisch 16 Grad Celsius
- 450 g Wasser 16 Grad Celsius
- 1200 g Weizenmehl Typ 1100

8min langsam kneten, 4min schnell kneten; Lagerung bei 30 Grad Celsius Lufttemperatur in Backofen, Teigtemperatur bei 27-29 Grad Celsius, Lagerung: von 19:40 Uhr; zugedeckt ab 11:30Uhr bis 20:40 Uhr → **Ruhezeit: 25h**

### **11.3.2 DIENSTAG 16. JULI 2019; GRUNDSAUER**

Zutaten für Grundsauer:

- 1000 g Weizenmehl Typ 1100
- 600 g Wasser 11 Grad Celsius
- 1000 g Anstellgut

8min langsam kneten, 4min schnell kneten; Lagerung bei 30 Grad Celsius Lufttemperatur in Backofen, Teigtemperatur bei 27-29 Grad Celsius, Lagerung: von 21:20 Uhr; zugedeckt bis 03:00 Uhr → **Ruhezeit: 5h 40min**



### **11.3.7 DONNERSTAG 18. JULI 2019; ENTWICKLUNGSPHASE GRUNDSAUER**

Zutaten für Auffrischung:

- 1000 g Weizenmehl Typ 1100
- 600 g Wasser 11 Grad Celsius
- 1000 g Grundsauer

**10min langsam kneten**; Lagerung bei 30 Grad Celsius Lufttemperatur in Backofen, Teigtemperatur bei 27-29 Grad Celsius, Lagerung: 01:25 Uhr; zugedeckt bis 05:25 Uhr  
→ **Ruhezeit: 4h**, Versuch durch langsames kneten Teig zu «schonen» und so Triebkraft zu verstärken.

### **11.4 WEITERVERWENDUNG DES SAUERTEIGES**

Die Herstellung des Sauerteiges war der erste Teil meiner Arbeit. In einem weiteren Schritt verwende ich diesen Teig, um ein Brot nach einem nicht von mir stammenden Rezept zu backen. Aus dem Prozess der Herstellung des Teiges und dem vorliegenden Ergebnis, in Form eines Brotes, ziehe ich dann Konsequenzen für den weiteren Verlauf meiner Arbeit.

#### **11.4.1 ERSTES REZEPT**

In Absprache mit Roman Schär konnte ich in der Backstube meinen Sauerteig weiterverarbeiten. Dazu verwendete ich ein bereits erprobtes Rezept (nach Hadjiandreuou S. 87). Ich stellte einen Teig für 8 Brote her. Genaue Details zum Herstellungsprozess kann man dem Rezept entnehmen. Vor dem Backen gab ich dem bereits geformten Brot 6h Zeit, um nochmals zu gehen. Damit man den Unterschied des Ausbackens in einer Bäckerei und im herkömmlichen Haushalt sehen kann, backe ich zu Hause selber ein Brot und Roman Schär in der Backstube die 7 restlichen Brote.

#### **11.4.2 RESTEVERWERTUNG**

Die kontinuierlich angefallenen Reste beim Herstellen des Sauerteiges habe ich im Kühlschrank aufbewahrt und sie Roman Schär zur Wiederverwertung gegeben, um Abfälle zu vermeiden. Den restlichen fertigen Sauerteig habe ich pulverisiert (Grundlagen S. 533). Somit ist dieser bei -18 Grad Celsius bis zu 2 Monate haltbar, muss jedoch vor Gebrauch aktiviert werden (Grundlagen S. 534). Roman Schär wird diesen dann weiterverwenden.

## **11.5 RESULTAT**

Wie im verwendeten Rezept vorgesehen, habe ich meinen fertigen Teig ruhen lassen. Da dieser nicht aufgehen wollte, liess ich ihn 6h stehen, doch auch diese lange Zeit wollte nicht helfen. Schlussendlich musste ich das Brot backen und dementsprechend kam auch das Ergebnis nicht überraschend. Das Brot war äusserst kompakt und hatte kaum Luftlöcher. Somit beurteile ich diesen Versuch als gescheitert. Die Art und Weise wie eine Bäckerei ein Sauerteiggebäck herstellt, ist für einen Haushalt nicht geeignet. Auch das Backen der restlichen Brote in der Bäckerei führte zu keinem besseren Ergebnis.

## **11.6 WEITERES VORGEHEN UND FAZIT**

Diese Methode, um einen Sauerteig anzusetzen, wird typischerweise in einer Bäckerei angewendet. Ich kann nach meinen beiden Versuchen mit dieser Methode sagen, dass es sehr schwierig und vor allem aufwendig ist, auf diese Weise einen gescheiterten Sauerteig herzustellen. Beim ersten Mal bin ich gescheitert, der zweite Versuch hatte zwischenzeitlich Potenzial. Mit diesen Erfahrungen komme ich zum Schluss, dass mein Experiment in geplanter Form nicht umsetzbar ist. Deshalb habe ich mich nach eingehender Besprechung mit Roman Schär dazu entschieden, eine weitere Methode für das Ansetzen eines Sauerteiges auszuprobieren (Hadjiandreou S. 11). Insgesamt werden es neun Gläser werden, je drei mit Weizen-, Roggen-, und Dinkelmehl. Auch bei den zugesetzten Flüssigkeiten werde ich variieren. Neben Wasser werde ich Apfelsaft und Bier, welches ja bereits wilde Hefen enthält, verwenden. Diese Form der Sauerteigführung ist für den Haushalt um einiges besser geeignet und sie spielt mir auch beim Durchführen des Experimentes in die Karten. Zum einen ist es für mich einfacher Proben herzustellen und zum anderen sagt der Versuch viel mehr aus, da ich die verschiedenen Gemische untereinander direkt vergleichen kann und damit einfacher präzisere Thesen aufstellen kann.

## **11.7 DOKUMENTATION VERSUCH 3 SAUERTEIG**

Schriftliche Festhaltung des Prozesses in Bezug auf Mengen und Temperaturen der Zutaten, Bearbeitungszeiten und Ruhezeiten mit anschliessendem Fazit.

### **11.7.1 BESCHREIBUNG DES VERSUCHES**

Für meine Arbeit ist neben dem ausprobieren und entwickeln von Rezepten für Brote auch ein Experiment vorgesehen, bei dem ich verschiedene Sauerteige vergleiche. Mit folgender Methode schlage ich zwei Fliegen mit einer Klappe. Ich habe drei Mehlsorten

und drei Flüssigkeiten zum Test. Weizen-, Dinkel-, und Roggenmehl und Wasser, Apfelsaft und Bier. Nun lasse ich insgesamt neun Starterkulturen entstehen. Sie setzen sich wie folgt zusammen:

	Wasser	Apfelsaft	Bier
Weizenmehl	Weizenmehl/Wasser (WW)	Weizenmehl/Apfelsaft (WA)	Weizenmehl/Bier (WB)
Dinkelmehl	Dinkelmehl/Wasser (DW)	Dinkelmehl/Apfelsaft (DA)	Dinkelmehl/Bier (DB)
Roggenmehl	Roggenmehl/Wasser (RW)	Roggenmehl/Apfelsaft (RA)	Roggenmehl/Bier (RB)

Ich gehe nach dem Prinzip vor wie es in «Gutes Brot Selber Backen» auf Seite 11 beschrieben ist. Ich habe mich für diese neue Form von Sauerteig entschieden, da es unter anderem für meine Arbeit besser geeignet ist. Für genau Ausführungen verweise ich auf das Kapitel Sauerteig Versuch 2. Zu Beginn beschriftet man neun kleinen Gläser mit den bestimmten Sorten. Anschliessend werden sie der Reihe nach abgefüllt. Wie in der Anleitung beschrieben, mischt man immer einen Teelöffel der entsprechenden Mehlsorte zusammen mit zwei Teelöffel Flüssigkeit. Dazu habe ich folgenden Zutaten verwendet:

- Weizenmehl Typ 1100
- Dinkelmehl
- Roggenmehl
- Wasser
- Apfelsaft vom Bauer
- Quöllfrisch Naturtrüb

Anschliessend verrührt man das Gemisch gut und man kann es ca. 24h stehen lassen.

### 11.7.2 THESEN FÜR DIESEN VERSUCH

Es ist zu erwarten, dass alle neun Starterkulturen wachsen werden. Jedoch nicht jede gleich schnell und gut. Ich erwarte, dass jene Kulturen mit Wasser am wenigsten schnell voranschreiten, da sich wenig bis gar keine Nahrung für die Bakterien im Wasser





### **11.7.3.6.2 AUSWERTUNG/FAZIT ZU DEN STARTERKULTUREN**

Wie der oben aufgeführten Liste zu entnehmen ist, haben auf den ersten Blick, jene Starterkulturen mit Roggen am besten funktioniert. Sie haben schöne Bläschen gebildet und beim Öffnen entweicht Gas, so wie man dies erwarten würde. Der Unterschied liegt in der Grösse der Bläschen. RA und RB haben die gleichen kleineren Bläschen, hingegen RW hat grössere gebildet. Beim Weizen und Dinkel wird die Geschichte um einiges komplexer. Mit Wasser hat es bei beiden nicht funktioniert, wie es in der Theorie zu erwarten wäre. Der Apfelsaft hat beim Dinkel für das zu erwartende Bild gesorgt. Ganz im Gegensatz zum Weizen. Genau umgekehrt ist es mit dem Bier.

### **11.7.3.6.3 WEITERES VORGEHEN**

Wie es im Buch «Gutes Brot Selber Backen» auf Seite 11 beschrieben ist, setze ich nun verschiedenen Sauerteige an. Ich habe mich dazu entschieden, mit allen Starterkulturen weiterzufahren, da meiner Meinung nach erst eine endgültige Entscheidung bezüglich Funktionstüchtigkeit des Sauerteiges/der Starterkolonie gefällt werden kann, wenn man das fertige Produkt, in diesem Fall den Sauerteig, vor sich hat. Man wird dann anhand der Poren im Teig und dessen Volumenzunahme entscheiden können, ob dies nun ein gelungener Sauerteig ist.

## **11.7.4 ANSTELLEN DER SAUERTEIGE**

### **11.7.4.1 DIENSTAG 23. JULI 2019; BEGINN DES SAUERTEIGES**

#### **11.7.4.1.1 WEIZENSAUERTEIG MIT WASSER**

- Zutaten für Weizensauerteig mit Wasser:
  - 15 g Starterkultur WW
  - 150 g Weizenmehl Typ1100
  - 150 g Wasser 36 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 20:10 Uhr

#### **11.7.4.1.2 WEIZENSAUERTEIG MIT APFELSAFT**

- Zutaten für Weizensauerteig mit Apfelsaft:
  - 15g Starterkultur WA
  - 150g Weizenmehl Typ1100
  - 150g Apfelsaft 26 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 20:30 Uhr

#### **11.7.4.1.3 WEIZENSAUERTEIG MIT BIER**

- Zutaten für Weizensauerteig mit Bier:
  - 15 g Starterkultur WB
  - 150 g Weizenmehl Typ1100
  - 150 g Bier 20 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 20:50 Uhr

#### **11.7.4.1.4 DINKELSAUERTEIG MIT WASSER**

- Zutaten für Dinkelsauerteig mit Wasser:
  - 15 g Starterkultur DW
  - 150 g Dinkelmehl 720
  - 150 g Wasser 36 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 21:10 Uhr

#### **11.7.4.1.5 DINKELSAUERTEIG MIT APFELSAFT**

- Zutaten für Dinkelsauerteig mit Apfelsaft:
  - 15 g Starterkultur DA
  - 150 g Dinkelmehl 720
  - 150 g Apfelsaft 26 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 21:20 Uhr

#### **11.7.4.1.6 DINKELSAUERTEIG MIT BIER**

- Zutaten für Dinkelsauerteig mit Bier:
  - 15 g Starterkultur DB
  - 150 g Dinkelmehl 720
  - 150 g Bier

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 21:40 Uhr

#### **11.7.4.1.7 ROGGENSAUERTEIG MIT WASSER**

- Zutaten für Roggensauerteig mit Wasser:
  - 15 g Starterkultur RW
  - 150 g Roggenmehl 1400
  - 150 g Wasser 33 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 22:00 Uhr

#### **11.7.4.1.8 ROGGENSAUERTEIG MIT APFELSAFT**

- Zutaten für Roggensauerteig mit Apfelsaft:
  - 15 g Starterkultur RA

- 150 g Roggenmehl 1400

- 150 g Apfelsaft 26 Grad

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 22:10 Uhr

#### **11.7.4.1.9 ROGGENSAUERTEIG MIT BIER**

- Zutaten für Roggensauerteig mit Bier:
  - 15 g Starterkultur RB
  - 150 g Roggenmehl 1400
  - 150 g Bier

Gutes Vermischen mit Küchenmaschine und anschliessendes Abfüllen in Gefäss und Lagerung bei Raumtemperatur (22-26 Grad Celsius). Lagerung: Beginn 22:25 Uhr

#### **11.7.4.2 VERWENDUNG DER RESTEN DER STARTERKULTUREN**

Jeder Starterkultur wurde ein Teelöffel der entsprechenden Mehlsorte hinzugefügt und diese dann gut verrührt. Somit kann man die Starterkolonien im Kühlschrank aufbewahren. Durch die kühlen Temperaturen wird der Stoffwechsel der Bakterien und Hefen im Teig stark verlangsamt. Nach Aufbewahrung im Kühlschrank muss die Kolonie wieder aufgefrischt werden. Dazu giesst man allenfalls angesammeltes Wasser ab und fügt dem Ganzen zwei Teelöffel der entsprechenden Mehlsorte und 30 Milliliter der entsprechenden Flüssigkeit hinzu und verrührt es gut. Das Gemisch über Nacht gehen lassen, sodass sich erneut Bläschen bilden. Sollte dies nicht der Fall sein, den Vorgang einfach nochmals wiederholen.

#### **11.7.4.3 FAZIT ZU DER SAUERTEIGENTWICKLUNG**

Gute Entwicklung hatten RW, RA, DA, DB, WB. RB gerade noch so, Der Rest war schwach.

## **11.8 WEITERVERARBEITUNG DER SAUERTEIGE**

### **11.8.1 HELLES SAUERTEIGBROT**

#### **11.8.1.1 ZUTATEN FÜR HELLES SAUERTEIGBROT**

- 250g Weizenmehl Typ 400
- 6g Salz
- 150g warmes Wasser
- 75g Sauerteig DB

### **11.8.1.2 ZUBEREITUNG DES HELLEN SAUERTEIGBROT**

Sauerteig in Wasser aufgelöst, Mehl und Salz gemischt, alles zusammen mit Küchenmaschine schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10 min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten runden Brotbackkorb 900g gegeben, 3 1/2h Teigruhe, nicht gut aufgegangen, nicht eingeschnitten

### **11.8.1.3 BACKEN DES HELLEN SAUERTEIGBROT**

Auf Blech mit Silikonpapier in Ofen während 30min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

### **11.8.1.4 BEMERKUNGEN ZUM HELLEN SAUERTEIGBROT**

Da Teig sehr feucht und klebrig während Teigführung Weizenmehl Typ 400 nachgegeben, es wäre mehr Salz als im Rezept nötig, beim ersten Mal fad.

## **11.8.2 DUNKLES SAUERTEIGBROT**

### **11.8.2.1 ZUTATEN FÜR DUNKLES SAUERTEIGBROT**

- 200g Weizenschrot
- 200g warmes Wasser
- 400g Weizenmehl Typ 1900
- 12g Salz
- 160g Sauerteig RB
- Mind. 140g warmes Wasser
- Vollkorn/Schrotmischung für Kruste

### **11.8.2.2 ZUBEREITUNG DES DUNKLEN SAUERTEIGBROT**

Weizenschrot mit 200g warmem Wasser eingeweicht für paar Minuten, Sauerteig in 150g warmem Wasser aufgelöst, Mehl und Salz gemischt, alles zusammen mit Küchenmaschinen schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten länglichen Brotbackkorb 900g gegeben, 3 1/4h Teigruhe, gut aufgegangen, individuell eingeschnitten

### **11.8.2.3 BACKEN DES DUNKLEN SAUERTEIGBROT**

Auf Blech mit Silikonpapier m Ofen während 33min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

### **11.8.2.4 BEMERKUNGEN ZUM DUNKLEN SAUERTEIGBROT**

Zubereitung ohne Probleme, Geschmack gut, jedoch wenig Säure spürbar von Sauerteig, auch sehr kompakt, RB nicht optimal, RW vermutlich besser

## **11.8.3 FRANZÖSISCHES LANDBROT**

### **11.8.3.1 ZUTATEN FÜR FRANZÖSISCHES LANDBROT**

- 250g Weizenmehl Typ 400
- 100g Weizenmehl Typ 1900
- 50g Roggenmehl Typ 1400
- 6g Salz
- 150g Sauerteig DA
- 150g warmes Wasser

### **11.8.3.2 ZUBEREITUNG DES FRANZÖSISCHEN LANDBROT**

Sauerteig in warmem Wasser aufgelöst, Mehle und Salz gemischt, alles zusammen mit Küchenmaschinen schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten runden Brotbackkorb 900g gegeben, 3h stehen lassen, danach für ca. 6h im Kühlschrank aufbewahrt

### **11.8.3.3 BACKEN DES FRANZÖSISCHEN LANDBROT**

Auf Blech mit Silikonpapier m Ofen während 30min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

### **11.8.3.4 BEMERKUNGEN ZUM FRANZÖSISCHEN LANDBROT**

Teigführung ohne Probleme, gute Triebkraft

## **11.8.4 PORTUGIESISCHES BROT**

### **11.8.4.1 ZUTATEN FÜR PORTUGIESISCHES BROT**

- 300g Weizenmehl Typ 400
- 8g Salz
- 60g grobes Maismehl/Polenta

- 300g Wasser
- ½ Bouillon-Würfel
- 180g warmes Wasser
- 250g Sauerteig WB
- 2 TL Olivenöl

#### **11.8.4.2 ZUBEREITUNG DES PORTUGIESISCHEN BROTES**

300g Wasser und ½ Bouillon-Würfel aufgekocht, Polenta für ca. 40min gekocht, 150g gekochte Polenta mit Wasser mischen dann Sauerteig und Olivenöl zugeben, leicht durchmischen, Mehl und Salz mischen und alles zusammen mit Küchenmaschinen schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten runden Brotbackkorb 900g gegeben, 3h stehen lassen, danach 3h im Kühlschrank aufbewahrt, individuell eingeschnitten

#### **11.8.4.3 BACKEN DES PORTUGIESISCHEN BROTES**

Auf Blech mit Silikonpapier m Ofen während 30min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

#### **11.8.4.4 BEMERKUNGEN ZUM PORTUGIESISCHEN BROT**

Da viel zu feucht und klebrig einiges an Weizenmehl Typ 400 nachgegeben, Kruste aus Weizenmehl Typ 400 und grober Polenta, geschmacklich fehlte etwas Salz, Konsistenz gut, keine Säure von Sauerteig spürbar, wird aber auch nicht vermisst, vor allem Zutaten sollen das Aroma beeinflussen

### **11.8.5 KÄSE-KRÄUTER BROT**

#### **11.8.5.1 ZUTATEN FÜR KÄSE-KRÄUTER BROT**

- 300g Weizenmehl Typ 400
- 8g Salz
- 2g Chiliflocken
- 150g geriebener Käse (Käserei Thalmann)
- 4 EL gehackte frische Petersilie
- 200g Sauerteig DB
- 180g warmes Wasser

#### **11.8.5.2 ZUBEREITUNG DES KÄSE-KRÄUTER BROT**

Käse raffeln, Petersilie hacken, dann mischen, Mehl und Gewürze mischen, Sauerteig in warmem Wasser auflösen, alles zusammen mit Küchenmaschinen schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten runden Brotbackkorb 900g gegeben, 4h Teigruhe, individuell eingeschnitten

#### **11.8.5.3 BACKEN DES KÄSE-KRÄUTER BROT**

Auf Blech mit Silikonpapier m Ofen während 33min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

#### **11.8.5.4 BEMERKUNGEN ZUM KÄSE-KRÄUTER BROT**

Da etwas klebrig und feucht Weizenmehl Typ 400 beigegeben danach viel besser, Konsistenz sehr gut, Geschmack nicht optimal, Käse überdeckt das ganze Aroma, nächstes Mal mehr Kräuter und weniger Käse oder anderer Käse

### **11.8.6 KÜMMELBROT**

#### **11.8.6.1 ZUTATEN FÜR KÜMMELBROT**

- 350g Roggenmehl Typ 1400
- 150g Weizenmehl Typ 1100
- 10g Salz
- 3g Kümmelsamen
- 250g Sauerteig RA
- 400g warmes Wasser

#### **11.8.6.2 ZUBEREITUNG DES KÜMMELBROTES**

Auflösen des Sauerteiges in warmem Wasser, Mehle und Gewürze mischen, alles zusammen mit Küchenmaschinen schonend geknetet (langsame Teigführung dafür verlängerte Führungszeit), in Schüssel gegeben und mit Küchentuch zugedeckt, nach 10min von Hand kurz schonend geknetet, 3x wiederholt danach 1h zugedeckt stehen lassen, danach auf mehligem Untergrund zu flacher Kugel geformt und in ausgemehlten runden Brotbackkorb 900g gegeben, 3h Teigruhe, danach ca. 4h im Kühlschrank aufbewahrt, individuell eingeschnitten

### **11.8.6.3 BACKEN DES KÜMMELBROT**

Auf Blech mit Silikonpapier m Ofen während 30min bei 220 Grad mit Dampf, danach auf Blech abkühlen lassen

### **11.8.6.4 BEMERKUNGEN ZUM KÜMMELBROT**

Erster Versuch misslungen, vermutlich Salz vergessen, zweiter Versuch viel besser aber immer noch sehr klebriger und feuchter Teig deshalb Zugabe von wenig Weizenmehl Typ 400, gute Triebkraft, weniger kompakt als die anderen Brote aber immer noch zu wenig luftig, RW anstelle von RA vermutlich besser, guter Säuregeschmack aber immer noch etwas wenig, von Kümmel kaum etwas spürbar, fehlt aber auch nicht im Aroma

## **11.9 AUFRISCHUNG DER STARTERKULTUREN**

Nachdem ich alle Teige zubereitet hatte, gab ich jedem Glas einen Teelöffel des entsprechenden Mehls hinzu, damit wird die Starterkolonie eingedickt und kann bei tieferen Temperatur aufbewahrt werden. Aufgrund dieser Massnahmen wird der Stoffwechsel verlangsamt und der ganze Prozess verfällt in eine Art Ruhezustand. Am 4. August 2019, nach 12 Tagen Pause, fütterte ich die Kolonien wieder zum ersten Mal. Ich gab in jedes Glas 2 Esslöffel bzw. 30 Milliliter des entsprechenden Mehls und der entsprechenden Flüssigkeit hinzu. Gut verrührt liess ich die Starterkulturen über Nacht bei Raumtemperatur stehen und konnte sie so am nächsten Tag weiterverarbeiten. Die Ruhezeit betrug ungefähr 16 Stunden. Der Wiedergebrauch der Starterkulturen nach nur einer Auffrischung ist möglich, da die Bakterien im Teig nicht abgetötet werden durch die Kälte, sondern wie bereits erwähnt ihren Grundumsatz massive herunterschrauben. Da man bei der Auffrischung deutlich mehr Nahrung in Form von Mehl und Flüssigkeit zugibt, «erholen» sich die Bakterien und stoffwechseln wieder im normalen Ausmasse. Man muss die Bakterien also nicht wieder von Anfang an heranzüchten sondern kann direkt auf eine grosse Kolonie zurückgreifen. Sollte es jedoch der Fall sein, dass nach einem Tag die Gläschen noch keine schönen Bläschen bilden, dann wiederholt man die Zugabe von Mehl und Flüssigkeit nochmal.

## **11.10 ERNEUTE HERSTELLUNG VON SAUERTEIGEN**

Das Vorgehen für die Herstellung ist identisch wie in den Punkten 4.1.1 bis 4.1.9. Die einzige Änderung, welche ich vorgenommen habe ist die Erhöhung der Menge der Starterkultur im Verhältnis zum Mehl und der Flüssigkeit. Nämlich verwendete ich 30g

anstelle der bisherigen 15g. Das Ergebnis der ersten Brote veranlasste mich zu dieser Änderung. Sie alle waren sehr kompakt und pappig. Geplant war an diesen Teigen das Experiment durchzuführen, um den pH-Wert zu bestimmen. Zum Test ob diese Sauerteigen noch gut waren, hatte ich ein Brot Probe gebacken, und dies ging schief. Das Brot besass nahezu keine Triebkraft. Dies lässt sich wohl darauf zurückführen, dass die Starterkulturen schon recht lang nicht mehr gebraucht wurden und daher kein neues Futter bekamen, was die Mikrobakterien ziemlich an ihre Grenzen brachte. Hinzu kommt, dass sich bei den Weizenkolonien Rotschimmel entwickelt hatte. Der Inhalt der Gläschen färbte sich leicht rosa bis violett ein und hatte einen feinen, aber doch sehr unangenehmen Geruch. Aus eben genannten Gründen musste ich alle Kulturen entsorgen und einen neuen Versuch starten.

### **11.11 LETZTES BROT MIT DIESEN KULTUREN**

Alle Sauerteige durchlebten, die gleiche Entwicklung. Sie starteten recht gut, Bläschen begannen sich zu bilden. Dann fand eine erste Selektion statt. Die Weizenkulturen konnten nicht mehr mit den Roggen- und Dinkelkulturen mithalten. Wie in Punkt 7 erwähnt, stellte ich anhand eines Probebackganges fest, dass die Triebkraft nicht vorhanden war. Dies konnte man dann auch von aussen feststellen. Die Teige fielen in sich zusammen, verloren stark an Volumen. Nur der Roggen-Bier Teig nicht. Und mit genau jenem Teig, backte ich ein letztes Brot. Das Verhältnis der Zutaten sah so aus:

- 300g Roggenmehl Typ 1400
- 250g Weizenmehl Typ 1100
- 8g Salz
- 6g Kümmel
- 300g Sauerteig RB
- 320g Wasser

Wie man im Vergleich zu Kapitel 5.6.1 sehen kann, habe ich die Rezeptur so verändert, dass der Teig eine grössere Triebkraft durch den Sauerteig erhalten sollte. Um die Prozesse während der Teigruhe noch etwas stärker anzukurbeln, habe ich das fertig geformte Brot während der ersten Stunde bei 35 Grad Celsius gehen lassen.

## **11.12 ERSTE ENDRESULTATE**

Nach einigen weiteren Versuchen, welche ich hier aus Relevanzgründen nicht weiter spezifiziere, bin ich zu Folgenden Rezepten und Schlüssen gekommen. Einige Ausgangsrezepte<sup>55</sup> habe ich stark verändert, andere so übernommen, wie ich sie in Büchern gefunden habe und für andere habe ich keine weitere Verwendung. Um abschätzen zu können, habe ich zusammen mit Roman Schär das Brot nach Geschmack der Krume und Kruste, Konsistenz der Krume und Kruste sowie nach der Säure des Brotes bewertet

### **11.12.1 HELLES SAUERTEIGBROT**

Nach diversen Versuchen und Veränderungen der Verhältnisse der Zutaten, habe ich mich aufgrund von wiederkehrenden Misserfolgen, dazu entschieden, dieses Brot nicht weiterzuverfolgen. Die Säure des Sauerteigs war immer sehr gut herauszuschmecken, jedoch gelang es mir nicht, der Krume eine gewisse Luftigkeit zu verleihen.

### **11.12.2 DUNKLES SAUERTEIGBROT**

Schon vom ersten Versuch an fand ich Gefallen an diesem Brot. Es ist noch weit weg von einem endgültigen Resultat, aber den Geschmack fand ich sehr angenehm. Der Weizenschrot überdeckt die Säure etwas, aber sie geht nicht verloren, was mir persönlich sehr gut schmeckt. Allerdings konnte ich bisher immer zwei verschiedene Farben in der Krume feststellen. Diese entsteht, weil der Weizenschrot nicht vollständig verkleistert. Um dieser Problematik vorzubeugen, werde ich für weitere Versuche ein Kochstück anfertigen, damit der Weizenschrot von Beginn an mehr Wasser binden kann. Die Rezeptur sieht dann folgendermassen aus.

- Kochstück aus 200g Weizenschrot und 280g gekochtem Wasser
- 400g Weizenmehl Typ 1900
- 12g Salz
- 160g Roggensauerteig
- 120g warmes Wasser

### **11.12.3 FRANZÖSISCHES LANDBROT**

Das Französische Landbrot, musste bei den Versuchen leider etwas hinten anstehen. Aber ich finde es ein sehr interessantes Brot, das meiner Meinung nach durchaus

---

<sup>55</sup> Hadjiandreou 2013

Potenzial hat. Ob es dann aber schlussendlich wirklich weitergetestet wird, kann ich noch nicht abschliessend sagen. Das hängt sicher auch von der Zeit ab.

#### **11.12.4 PORTUGIESISCHES BROT**

Für dieses Brot sehe ich keine Zukunft in meiner Arbeit. Dadurch, dass es sehr schnell austrocknet und geschmacklich nicht restlos überzeugt hat, beschliesse ich dieses Projekt abzuschliessen. Natürlich wäre es möglich, auch hier weiter zu experimentieren, aber da die Roggensauerteig und damit die dunkleren Brote im Allgemeinen besser funktionieren, entscheide ich mich auch in diese Richtung weiterzugehen.

#### **11.12.5 KÄSE-KRÄUTER BROT**

Für das Käse-Kräuter Brot gilt das Gleiche wie für das Portugiesische Brot. Kurze Haltbarkeit und geschmacklich nicht top, da der Käse das Aroma viel zu stark überdeckt.

#### **11.12.6 ROGGENSAUERTEIGBROT**

Anfangen zu backen habe ich mit dem Rezept für ein Kümmelbrot. Da aber in meiner Familie niemand gerne Kümmel hat, habe ich relativ schnell das Gewürz weggelassen. Ohne den Kümmel ist das Roggensauerteigbrot, meiner Meinung nach, das Brot, welches mit Abstand am besten funktioniert hat. Es waren einige Versuche und Anpassungen des Ausgangsrezeptes nötig, um schlussendlich auf Folgende Rezeptur zu kommen.

- 250g Roggenmehl Typ 1400
- 300g Weizenmehl Typ 1100
- 12g Salz
- 300g Roggensauerteig
- 320g warmes Wasser

Anhand dieser oben genannten, groben Kategorisierung, sind wir zum Schluss gekommen, dass dieses Brot sehr nahe an ein Walliser Roggenbrot herankommt vor allem in Bezug auf die angenehme Säure, welche das Brot aufgrund des Sauerteigs bekommt. Ich werde nun definitiv mit dieser Rezeptur experimentieren, um das Brot noch weiter zu perfektionieren.

#### **11.12.7 DREIKORNBROT**

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist es für mich und meine Arbeit wichtig, die Brote traditionell, das heisst nur mit Sauerteig und ohne andere Triebmittel herzustellen. Dieses Rezept beinhaltet aber Frischhefe. Deshalb muss ich noch einiges weiter probieren, um

den Effekt der Hefe mit dem Sauerteig zu kompensieren. Momentan sieht das Rezept so aus.

- 2EL Fenchelsamen
- 2EL Koriandersamen
- 1EL Kümmelsamen
- 100g kaltes Wasser
- 50g Sonnenblumenkernen
- 30g Leinsamen
- 12g Haferflocken
- 12g Weizenschrot
- 180g Roggensauerteig
- 150g warmes Wasser
- 250g Roggenmehl Typ 1400
- 150g Weizenmehl Typ 1100
- 8g Salz
- 4g Frischhefe
- 50g warmes Wasser

### **11.13 AUSBLICK**

Die gewonnenen Erkenntnisse kann ich nun weiterverwenden. Im weiteren Verlauf werde ich mich auf die «dunklen» Brote fokussieren. Dies aus dem Grund, dass die Brote aromatischer und ansprechender waren, und die Sauerteige sich schöner entwickelt haben als zum Beispiel beim Weizen. Falls noch Zeit vorhanden ist, würde ich sehr gerne noch einen Versuch wagen, ein Sauerteigbaguette auszuprobieren. Grundsätzlich liegt der Fokus nun aber auf der geschmacklichen und ästhetischen Perfektionierung folgender Brote.

- Dunkles Sauerteigbrot
- Französisches Landbrot
- Roggensauerteigbrot
- Dreikornbrot

Sauerteig Inhaltsstoffe der Probe	Dinkel/Apfelsaft			Dinkel/Bier			Weizen/Bier		
	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Sauerteig (g)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Entmineralisiertes Wasser (ml)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Thymolphthalein (Tropfen)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Natronlauge 0.1 mol/l (ml)	1.6	1.6	1.3	1.5	1.3	1.5	2.4	2.3	2.2
Säuregrad	16	16	13	15	13	15	24	23	22
Sauerteig Inhaltsstoffe der Probe	Roggen/Wasser			Roggen/Apfelsaft			Roggen/Bier		
	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Sauerteig (g)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Entmineralisiertes Wasser (ml)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Thymolphthalein (Tropfen)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Natronlauge 0.1 mol/l (ml)	1.9	1.9	1.8	2.8	2.7	2.6	2	1.9	2.2
Säuregrad	19	19	18	28	27	26	20	19	22