



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Hochschule Neubrandenburg

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

WS 2009/ 2010

Bachelorarbeit

Aufbau und Inbetriebnahme einer Hammermühle zur Produktentwicklung
von Backmalz und Hafertrennmittel

Verfasser: Frank Rolle

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer
Dipl.- Ing. Konrad Zitzmann

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0387-8

Abstract

This scientific bachelor work describes the building up and putting into operation of a hammer mill.

With this plant the products “Thüringer Backmalz” and “Hafertrennmittel” should be produced with higher throughput, more effective and with a higher quality as temporary is manufactured.

At this mill different regulations were ran and tested to achieve an equal or even better quality of the products. The work describes the build up of the plant and explains the different experiments and regulations.

Gliederung

		Seite
1	Einleitung	4
2	Grundlagen	5
2.1	Zerkleinern	5
2.2	Hammermühle	6
2.3	Abnutzung	7
2.4	Rohstoffe	9
2.4.1	Weizen	9
2.4.2	Weizenmalz hell	10
2.4.3	Hafer	11
2.4.4	Haferspelzen	12
3	Material und Methoden	13
3.1	Anlage	13
3.1.1	Aufbau	13
3.1.2	Funktionsweise	14
3.1.2.1	Aufgabetrichter mit Dosierschnecke	14
3.1.2.2	Hammermühle mit Bedienfeld	15
3.1.2.3	Düsenfilter mit Zyklonabscheider und Austragschleuse	17
4	Versuche und Ergebnisse	18
4.1	Herstellung von Thüringer Backmalz	21
4.2	Herstellung von Hafertrennmittel	29
5	Ergebnisdiskussion	35
6	Zusammenfassung	36
7	Quellen	37
8	Abbildungsverzeichnis	38
9	Tabellenverzeichnis	39
10	Anhang	40

1 Einleitung

Aus dem Praxissemester im Sommersemester 2009 in der Gustav Zitzmann Mühle Ingersleben GmbH ergab sich die Aufgabenstellung, mittels einer Hammermühle die zwei Produkte „Thüringer Backmalz“ und „Hafertrennmittel“ herzustellen.

Die hier vorliegende Bachelorarbeit beschreibt ausführlich den Aufbau und die Inbetriebnahme dieser speziellen Hammermühle. Dabei wird auf die konstruktionstechnischen Besonderheiten der Hammermühle an sich, wie auch auf die Bedienung der Anlage eingegangen.

Zudem werden die beiden Rohstoffe, „Weizenmalz hell“ und „Haferspelzen“ erläutert. Das dabei gestellte Ziel lautet, die Mindestqualität des derzeitig hergestellten Referenzproduktes zu erreichen, wenn möglich zu verbessern und die Produktion effizienter zu gestalten.

Ich möchte mich hiermit für die sehr gute Betreuung und Unterstützung bei Konrad und Jochen Zitzmann sowie ihren Mitarbeitern recht herzlich bedanken.

2 Grundlagen

2.1 Zerkleinern

Das Zerkleinern stellt eine grundlegende Aufgabe in der mechanischen Verfahrenstechnik dar. Viele Industriezweige haben sich darauf spezialisiert, um Rohstoffe für andere Industriezweige oder Fertigprodukte herzustellen.

Durch das Zerkleinern wird eine Verringerung der Partikelgröße bei festen Stoffen bewirkt, indem die inneren Bindungskräfte des Stoffes durch mechanische Krafteinwirkung überwunden werden. Zielsetzungen, wie z.B. die Vergrößerung der Oberfläche oder die Erzeugung von bestimmten Partikelgrößen, stellen Hintergründe für eine Zerkleinerung dar.

Das Zerkleinern kann in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Brechen
- Mahlen

Hierbei wird von „Brechen“ gesprochen, wenn durch das Zerkleinern eine mittlere Korngröße von $d > 5 \text{ mm}$ erreicht wird. Beträgt die mittlere Korngröße $d < 5 \text{ mm}$, so wird von „Mahlen“ gesprochen. Die zwei Hauptgruppen werden demnach weiter unterteilt in z.B. Grobbrechen, Feinbrechen oder Feinmahlen. Jedem Begriff liegt eine charakteristische mittlere Korngröße zu Grunde, wodurch sie unterschieden werden kann.

Während des Zerkleinerns wird das Gut beansprucht. Hiervon gibt es verschiedene Arten, wie z.B. Druck-, Scher- oder Schneidbeanspruchung. Die vorherrschende Beanspruchung eines Partikels in einer Hammermühle ist die Schlagbeanspruchung. Hierbei trifft ein so genannter Hammer mit hoher Geschwindigkeit auf den Partikel und bricht ihn. Dabei ist zu beachten, dass es zwei Arten von Brüchen gibt:

- Spröbruch
- Zähbruch

Von einem Spröbruch wird gesprochen, wenn das zu zerkleinernde Gut hart und makroskopisch verformungslos ist. Wird ein solcher Partikel von einem Hammer getroffen, so bricht er rasch und zerfällt in viele Einzelteile.

Bei einem Zähbruch erfolgt das Brechen erst nach einer plastischen Verformung. Hierbei muss zunächst Energie für das plastische Verformen aufgebracht werden, um anschließend das Gut brechen zu können. Hinsichtlich der Maschinenleistung und ökonomischer Aspekte bedeutet der Zähbruch einen Mehraufwand. Der Spröbruch verhilft zu einem hohen Durchsatz und maximaler ökonomischer Ausbeute. Daher wird dieses Verfahren angestrebt. (Schwister, 2001; Stieß, 1993)

2.2 Hammermühle

Unter den Mahlmaschinen ist die Hammermühle eine relativ neue Konstruktion. Sie eignet sich für die Zerkleinerung verschiedener Produkte, deshalb ist sie in vielen Industriezweigen anzutreffen, vor allem in der Mühlenindustrie.

Im Inneren des Maschinengehäuses, welches aus Guss oder einer Schweißkonstruktion besteht, befindet sich ein Rotor mit daran angebrachten Hämmern. Die so genannten Hämmer sind einfache Flachstahlkonstruktionen, die auf beiden Seiten eine Bohrung besitzen. Mit Hilfe dieser Bohrungen werden die Hämmer auf einen Bolzen an vier sich jeweils gegenüberliegenden Punkten am Rotor frei bewegend angebracht (Abbildung 1).



Abbildung 1: Befestigung der Hämmer

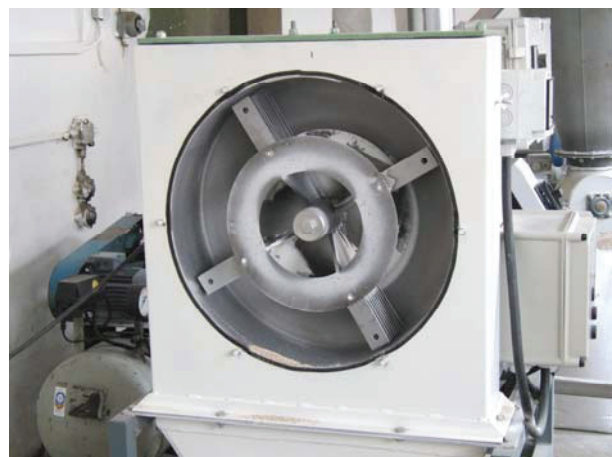


Abbildung 2: Ausrichtung der Hämmer

Die Hämmer richten sich während des Betriebes aufgrund der Fliehkraft optimal aus (Abbildung 2). Der Rotor ist von einem Sieb umgeben, welches eine entsprechende Lochung aufweist. Die Lochung wird so gewählt, dass das fertig gemahlene Produkt die gewünschte Feinheit erreicht. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass eine Hammermühle Mahlprodukte ergibt, die eine recht große Granulationsstreuung aufweisen. Das zu zerkleinernde Produkt bleibt so lange im Mahlraum, bis es das Sieb passieren kann. Verbleibt ein Produkt relativ lange im Mahlraum und wird ein Teil des Produktes mehr zerkleinert als erwünscht, so steigt nicht nur der Energiebedarf, sondern dadurch wird auch die recht große Granulationsstreuung bewirkt. Das bedeutet, wenn z.B. ein Sieb mit einer Lochung von 4 mm eingelegt ist, so besteht das fertige Produkt nicht nur aus Partikeln, welche einen Durchmesser von 4 mm besitzen, sondern auch aus zahlreichen Partikeln, die kleiner 4 mm sind. Um diesem Effekt entgegen zu wirken, wurde dazu übergegangen so genannte Stufenvermahlungen einzusetzen. Hier wird das Produkt nicht in einem Durchgang hergestellt, sondern in z.B. zwei, drei oder mehr Stufen. Jede Stufe besitzt eine andere Siebgrößenabstimmung und nach jedem Mahlgang wird das schon fertige Produkt mit Hilfe von Sichtern abgetrennt. Noch nicht ausreichend zerkleinertes Material wird der nächsten Stufe zugeführt und weiter zerkleinert. (Soltermann, 2006)

2.3 Abnutzung

Die Begriffe Abnutzung und Verschleiß beschreiben einen fortschreitenden Materialverlust, beginnend an der Oberfläche eines festen Körpers. Dieser Vorgang beruht auf mechanischen Ursachen, hervorgerufen von einem festen, flüssigen oder gasförmigen Gut, welches in Kontakt mit der Oberfläche tritt und dabei eine Beanspruchung der Oberfläche zur Folge hat.

Es gibt vier Verschleißmechanismen:

- Adhäsion (Grenzflächen- Haftverbindung, „Kaltverschweißung“)
- Abrasion (Materialabtrag durch Mikrozerspanung)
- Oberflächenzerrüttung (Ermüdung und Rissbildung bis zur Materialtrennung)
- tribochemische Reaktionen (Entstehung von Reaktionsprodukten bei chemischen Reaktionen zw. Maschine, Produkt und umgebendem Medium)

Die Verschleißmechanismen können einzeln, gleichzeitig oder sich überlagernd auftreten.

Bei einer Hammermühle unterliegen vor allem das Sieb und die Hämmer einer großen Verschleißerscheinung, hauptsächlich durch Abrasion. Eine Abnutzung durch Abrasion tritt auf, wenn der Abrasivstoff eine höhere Härte aufweist als der Grundkörper, wie z.B. ein Hammer der Mühle. Nun sind aber beispielsweise Haferschalen nicht härter als rostfreier Stahl. Durch die große Beschleunigung der Partikel und die geringe Kontaktfläche zwischen Partikel und Grundkörper treten jedoch örtlich sehr große Flächenpressungen auf, die ein „Eindringen“ der Partikel ermöglichen. Dabei treten die typischen Verschleißerscheinungen, wie z.B. Kratzer, Mulden oder Riefen auf. Durch abgenutzte Hämmer wird das Produkt im Mahlraum nicht mehr optimal bearbeitet und verweilt hier länger als normal. Dadurch erhöht sich zunehmend die Reibung und durch die daraus folgende Erhitzung des Produktes kann es zu einem Brand oder gar einer Staubexplosion kommen. Außerdem können sich stark abgenutzte Hämmer von der Halterung lösen, das Sieb und das Maschinengehäuse durchschlagen und erhebliche Schäden verursachen. Um dies zu verhindern, sollte der Abstand zwischen Bohrung und abgenutzter Kante (Abbildung 3) nicht weniger als 10 mm betragen. Sollte dies der Fall sein, so ist der Hammer an der zweiten Bohrung zu befestigen oder auszutauschen.

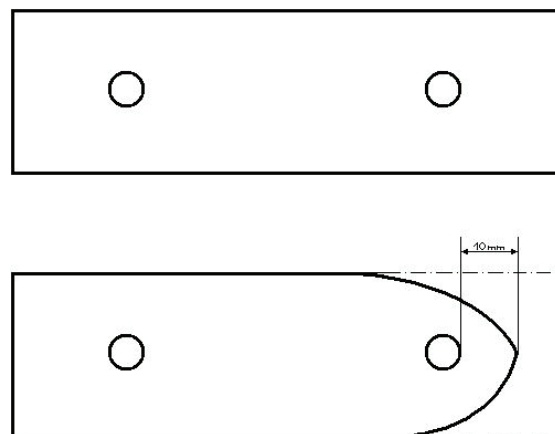


Abbildung 3: neuer und abgenutzter Hammer

Einer einseitigen Abnutzung kann durch Änderung der Drehrichtung des Motors entgegengewirkt werden. Dadurch nutzt sich der Hammer gleichmäßig und beidseitig ab. Es ist daher zu empfehlen, bei jedem Neustart der Anlage die Drehrichtung des Motors zu ändern.

Eine regelmäßige Kontrolle der gefährdeten Teile ist ein wichtiger Punkt, nicht nur wegen der Qualität des herzustellenden Produktes, sondern auch um Beschädigungen der Maschine oder gar einen Brand zu verhindern. (Riehle, Simmchen, 2000; Soltermann, 2006)

2.4 Rohstoffe

2.4.1 Weizen

Die wohl älteste Kulturpflanze der Welt ist der Weizen (*Triticum aestivum*). Ausgrabungsfunde, welche ca. 8000 Jahre alt sind, deuten darauf hin, dass der Weizen wahrscheinlich seinen Ursprung im mesopotamischen Raum hat. Heute nimmt der Weizen rund ein Drittel der gesamten Getreideanbaufläche ein und mit der weltweiten Erntemenge von ca. 600 Mio. t steht der Weizen an der Spitze der bedeutendsten Getreidearten.

Botanisch wird der Weizen anhand der Chromosomenzahl eingeteilt, welche ein Vielfaches von sieben beträgt. Durch diese Einteilung ergeben sich drei Hauptgruppen, in die der Weizen eingeordnet werden kann. Die Hauptgruppen unterscheiden sich untereinander auch durch verschiedene Verarbeitungseigenschaften. Somit ergeben sich folgende Gruppen:

- Einkornreihe (Diploider Weizen, $2 \times 7 = 14$ Chromosomen)
- Emmerreihe (Tetraploider Weizen, $4 \times 7 = 28$ Chromosomen)
- Dinkelreihe (Hexaploider Weizen, $6 \times 7 = 42$ Chromosomen)

In den europäischen Breitengraden dominiert der Weichweizen (hexaploid), welcher meist als Winterweizen angebaut wird. Weizen generell besitzt eine hohe genetische Stabilität, da er ein Selbstbefruchter ist. Das bedeutet, er kann seine Blüten selbst und ohne äußerliche Einwirkungen befruchten. Somit verhindert er, dass sortenfremde Gene eingeschleust werden und dadurch seine guten Eigenschaften verloren gehen würden. Dank dieser Eigenschaft bleibt der Weizen über mehrere Jahre hinweg „sortenrein“, dadurch kann aus der Ernte auch neue Saat hervorgehen.

Der Weizen zeichnet sich durch einen rundlichen Halm aus und wächst ca. 0,5 bis 1,0 m hoch. Winterweizen, welcher im Herbst gesät wird, entwickelt kleine Blätter und eventuell auch Nebensprossen, welche dann überwintern. Im Frühjahr entwickeln sich die Blätter erst vollständig und das restliche Wachstum beginnt. Mit Erreichen der Blüte ist auch das Wachstum beendet und die Reife beginnt. Eine Pflanze besitzt meist zwei oder drei Halme, an denen sich die Ähren befinden. Eine Ähre entwickelt ca. 25 bis 40 Körner, dadurch ergibt sich ein durchschnittlicher Ertrag von ca. 60 bis 70 dt/ ha. Der als Winterweizen gesäte Weizen bringt meist höhere Erträge als der Sommerweizen, da er länger Zeit hat sich zu entwickeln und somit auch qualitativ besser abschneidet. (Aufhammer, 2003; Erling, 2004; Klingler, 1995)

2.4.2 Weizenmalz hell

In den nachfolgenden Versuchen soll mit Hilfe der neuen Anlage u.a. auch Backmalz hergestellt werden. Dieses Backmalz findet im Bereich der Müllerei und der Bäckerei Anwendung. Dabei geht es nicht vordergründig um den Geschmack, sondern um die Qualität des Mehles. Besitzt ein Mehl nicht genügend Amylasen, welche für die Backfähigkeit von Bedeutung sind, so weist das Mehl eine hohe Fallzahl auf. Um die Qualität des Mehles zu verbessern und es dadurch backfähig zu machen, kann Backmalz zugegeben werden. Das Backmalz enthält die Amylasen, welche im Fallzahl- hohem Mehl in zu geringer Aktivität vorliegen. Es sollte nur so viel zugegeben werden, bis das Mehl den gewünschten Qualitätsbestimmungen entspricht. Für die Versuche zur Backmalzherstellung wurde der Rohstoff Weizenbraumalz hell der Firma Mich. Weyermann GmbH & Co. KG verwendet. Dieses Malz wird in der Mälzerei aus Weizen hergestellt. Der Vorgang der Weizenmalzherstellung ist ähnlich dem der Gerstenmalzherstellung, doch gegenüber der Gerste besitzt der Weizen keine Spelzen. Dadurch nimmt der Weizen das Weichwasser schneller auf und die Weichzeit kann verkürzt werden. Während der Keimung ist der Weizen öfter zu wenden als die Gerste, da er zu Klumpenbildung neigt. Um bei Weizenmalz hell eine unnötige Zufärbung zu vermeiden, wird er sehr schnell bei 80 °C abgedarrt. Weizenmalz hell kann außerdem eingesetzt werden, um die Farbe der fertigen Backwaren leicht zu beeinflussen. (Kunze, 1998)

2.4.3 Hafer

Der Hafer (*Avena sativa*) wird seit etwa 2400 Jahren v. Chr. in den mitteleuropäischen Gebieten angebaut. Sein Ursprung ist das Mittelmeergebiet, von wo aus die Ausbreitung begann. Am Anfang noch als Unkraut angesehen, verbreitete er sich zunehmend und fand in den kühl- feuchten Regionen, der europäischen gemäßigten Klimazone, optimale Wachstumsbedingungen. Hafer ist sehr wasseranspruchsvoll und verkräftet Dürreperioden nur schlecht. Seine Kälteresistenz ist nicht stark ausgeprägt, daher wird Hafer meist als Sommerhafer angebaut. Von den Bodenverhältnissen her gesehen kommt der eher genügsame Hafer auch mit geringerwertigen, strukturschwachen Böden gut zurecht. Für die menschliche Ernährung spielt der Hafer, im Gegensatz zu Weizen und Reis, eher eine untergeordnete Rolle und wird demzufolge nur in relativ geringen Mengen angebaut. Die Pflanze erreicht eine Höhe von etwa 0,6 bis 1,5 m und bildet als Fruchtstand eine Rispe. An der Rispe befinden sich die Haferkörner, welche von einer Spelze fest umschlossen sind. Diese Spelze ist allerdings nicht mit dem Korn verwachsen, wird aber trotzdem beim Dreschen nicht entfernt. Vor der weiteren Verarbeitung wird das Haferkorn in so genannten Schälmaschinen durch Prallmaschinen von der Spelze getrennt. Es gibt aber auch freidreschende Hafersorten, den so genannten Nackthafer, welcher während des Dreschens seine Spelze verliert und somit nicht mehr geschält werden muss.

Je nach Farbe der Spelze wird der Hafer in Weiß-, Gelb-, Schwarz- und Braunhafer eingeteilt. Die heutigen eingesetzten Hafersorten sind Kreuzungen aus Weiß- und Gelbhafer. Der weltweit angebaute Hafer wird zu ca. 77 % als Futtermittel eingesetzt, lediglich ca. 14 % werden für industrielle Zwecke und für die Humanernährung eingesetzt. (Aufhammer, 2003; Erling, 2004; Klingler, 1995)

2.4.4 Haferspelzen

Der Rohstoff zur Herstellung von Hafertrennmittel sind Haferspelzen, diese wurden für die Versuche von der Schälrmühle Gebr. Kümmel & Co. KG Spreewaldmühle bezogen. Das Haferkorn ist ganz von einer Spelze umschlossen und mit dieser nicht verwachsen. Die Spelzen stellen modifizierte Blätter dar, welche das Korn umgeben und schützen. Der Gewichtsanteil der Spelze eines Kornes kann zwischen ca. 6 und 30 % liegen. Vor der weiteren Verarbeitung des Hafers muss der Kern von der Spelze getrennt werden. Dieser Vorgang wird Schälen genannt und als Nebenprodukt fallen die Haferspelzen an.

Das Hafertrennmittel besteht aus zerkleinerten Haferspelzen, welches der Bäcker verwendet, um es z.B. in den Backofen oder in Backformen zu streuen, damit die Backwaren nicht anbacken können. Es ist zu erkennen, ob ein Bäcker mit solch einem Hafertrennmittel arbeitet, wenn z.B. der Brotlaib von unten betrachtet wird und kleine Spelzfaserstücke zu erkennen sind.

Das Hafertrennmittel bietet mehrere Vorteile:

- einfache Handhabung und Dosierung
- Hitzestabilität bis über 200 °C
- keine geschmackliche- oder qualitative Beeinflussung der Backwaren
- kostengünstig

Die Herstellung des Hafertrennmittels ist recht anspruchsvoll. Denn eine einfache Zerkleinerung der Spelzen reicht nicht aus. Um ein qualitativ hochwertiges Endprodukt zu erhalten, kommt es darauf an, dass das fertige Produkt möglichst nur aus kurzen Spelzstücken besteht. Denn zu lange Spelzstücke können z.B. beim Kauen des Brotes ein unangenehmes Mundgefühl verursachen oder in den Hals pieksen ähnlich wie bei Fischgräten.

Mit der neuen Anlage soll ein qualitativ hochwertiges Hafertrennmittel hergestellt werden, was in den folgenden Versuchen näher erläutert wird. (Aufhammer, 2003)

3 Material und Methoden

3.1 Anlage

Die für die Versuche beschaffte Anlage besteht aus drei Modulen: die Aufgabe und Dosiervorrichtung, die Hammermühle mit Bedienfeld und der Düsenfilter mit Abscheider (Abbildung 4).



Abbildung 4: aufgebaute Anlage

Es handelt sich um eine gebrauchte 15/ 15,6 Anlage der Firma Finn E. Jensen aus Jyderup in Dänemark, mit einem 15 kW Motor und einer Siebbreite von 15,6 cm. Vor dem Kauf der Anlage wurde vor Ort getestet, ob die beiden Rohstoffe überhaupt verarbeitet werden können. Nach erfolgreichen Tests wurde sie nach Deutschland geliefert und hier für die eigentlichen Versuche wieder aufgebaut.

3.1.1 Aufbau

Die ganze Anlage besteht, wie bereits erwähnt, aus drei Modulen. Am Aufgabebehälter mit Dosiereinrichtung und am Düsenfilter mit Abscheider sind zur besseren Handhabung Rollen angebracht. Die Hammermühle mit dem daran befestigten Bedienfeld wurde vorerst auf einer Europalette installiert. Aufgrund der beiden Maßnahmen konnten die Module recht einfach transportiert und positioniert

werden. Für die Einstellungen, Untersuchungen und Versuche wurde die Anlage übergangsweise in einem Lagerraum aufgebaut.

Die drei Module wurden mit dem richtigen Abstand zueinander positioniert und mit den dazugehörigen Rohrleitungen verbunden. Mit Hilfe der „Rohrschnellverbinder“ (Schelle mit Schnellverschluss) können die Rohrleitungen jederzeit schnell entfernt und wieder angebracht werden. Dies ist notwendig, wenn z.B. der Mahlraum zur Kontrolle des Siebes geöffnet werden soll.

Am Düsenfilter ist der Ventilator angebracht, der das fertig gemahlene Produkt aus der Hammermühle absaugt. Der Ventilator besitzt ein Abluftrohr, welches die Abluft in der Regel nach draußen in die Umgebung abgibt. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten des Versuchaufbaus wurde eine Eigenkonstruktion angebracht, die es ermöglicht, die Abluft im Lagerraum abzugeben.

Da die Abklopfeinrichtung am Düsenfilter mit Druckluft arbeitet, musste noch ein Kompressor beschafft werden, welcher die nötige Luft zum Reinigen der Filterschläuche bereitstellt. Diese Reinigung wird mit Hilfe einer kleinen elektrischen Steuerung durch einen Zeitschalter gesteuert, welche ihren Strom direkt vom Netz bezieht und nicht mit über das Bedienfeld gesteuert wird. Da der dänische Stecker nicht in eine deutsche Steckdose passte, wurde hier noch ein passender Stecker montiert.

3.1.2 Funktionsweise

3.1.2.1 Aufgabetrichter mit Dosierschnecke

Der Aufgabetrichter (Abbildung 5) nimmt das zu zerkleinernde Gut, in diesem Falle Weizenmalz hell oder Haferspelzen, auf und gibt es kontinuierlich an die Hammermühle ab. Die Rohstoffe können säckeweise in den Trichter geschüttet werden oder er wird per Big Bag befüllt. Am Ende des Trichters ist eine Schnecke angebracht (Abbildung 6), die über einen Frequenzumformer angesteuert wird. Damit kann geregelt werden, wie viel Rohstoff (kg/ h) der Hammermühle zugeführt wird. Nach der Schnecke fließt der Rohstoff über einen Magneten, welcher mögliche metallische Gegenstände, die sich im Rohstoff befinden können, abfangen soll.



Abbildung 5: Aufgabetrichter



Abbildung 6: Dosierschnecke mit "Alphorn"

Der Rohstoff gelangt nun in die Aufgabevorrichtung der Rohrleitung, auch „Alphorn“ genannt, wird hier vom Sog der Hammermühle abgesaugt und direkt in den Mahlraum befördert.

3.1.2.2 Hammermühle mit Bedienfeld

An der eigentlichen Zerkleinerungsmaschine, der Hammermühle (Abbildung 7), befindet sich auch das Bedienfeld (Abbildung 8) für die gesamte Anlage. Über dieses Bedienfeld werden die Hammermühle an sich, aber auch die Zusatzmaschinen wie Ventilator, Schleuse, Kompressor und Dosierschnecke gesteuert. Hier befindet sich auch das Potentiometer für die Dosierschnecke zur Einstellung der Rohstoffmenge, welche stündlich zudosiert werden soll.



Abbildung 7: Hammermühle



Abbildung 8: Bedienfeld

Beim Start der Anlage muss auf eine bestimmte Startreihenfolge geachtet werden. Anderenfalls können Verstopfungen oder Beschädigungen der Anlage auftreten. Für einen korrekten Start der Anlage wird von „hinten“ her angefangen, die einzelnen Geräte einzuschalten. Das bedeutet, dass das Gerät, welches sich am Ende der Anlagenlinie befindet, zuerst eingeschaltet wird. In diesem Fall ist das der Ventilator oder auch Sauger genannt. Als nächstes wird die Schleuse eingeschaltet. Im darauf folgenden Schritt wird der Kompressor aktiviert. Die drei grünen Tasten dafür auf dem Bedienfeld sind in Reihe geschaltet. Somit wird verhindert, dass die Geräte in einer anderen Reihenfolge eingeschaltet werden können. Als nächster Schritt wird die Hammermühle eingeschaltet. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass bei jedem Neueinschalten die Drehrichtung der Mühle geändert wird, um somit ein gleichmäßiges Abnutzen der Hämmer zu erreichen. Dafür steht ein extra Knopf zur Verfügung, der mit „R“ gekennzeichnet ist. Sind alle Geräte hochgefahren, kann nun die Dosierschnecke eingeschaltet werden. Dabei ist zu empfehlen das Potentiometer vorerst auf 10 % einzustellen, damit die Hammermühle nicht auf einmal mit sehr viel Produkt beaufschlagt wird. Ist die Anlage ordnungsgemäß angefahren worden, kann nun damit begonnen werden, das Potentiometer langsam auf die gewünschte Einstellung hochzufahren. Dabei sollte immer die Stromaufnahme der Hammermühle im Blick behalten werden, um die Maschine nicht zu überlasten.

Der dosierte Rohstoff wird von der Hammermühle angesaugt und axial in den Mahlraum aufgegeben, wo er von den Hämmern zerkleinert wird. Schon genügend zerkleinerte Partikel können das Sieb passieren und werden vom Sog des Ventilators abtransportiert. Partikel, welche noch nicht die erwünschte Größe aufweisen, sammeln sich am unteren Punkt des Siebes. Da die Hämmer einen gewissen Abstand zum Sieb aufweisen (Abbildung 9), wird das sich dort ansammelnde Produkt nicht weiter bearbeitet und belegt offene Siebfläche. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad der Hammermühle und die Stromaufnahme würde ansteigen.

An dieser Stelle kommt die konstruktive Besonderheit zum Einsatz. Um das Sieb möglichst frei zu halten und um noch zu große Partikel nochmals zerkleinern zu können, ist am axialen Rohstoffeinlauf der Hammermühle ein U- Rohr angebracht, welches zum einen in den Rohstoffeinlauf, zum anderen in den unteren Punkt des Mahlraumes mündet (Abbildung 10).



Abbildung 9: Abstand Hämmer - Sieb



Abbildung 10: Rohstoffeinfuhr und U- Rohr

Die untere Öffnung liegt direkt am unteren Punkt des Siebes, also da, wo sich das Produkt ansammelt. Durch die rotierende Bewegung des Rotors entsteht ein Sog, der unter anderem auch den Rohstoff ansaugt. Nun erfährt durch das U- Rohr aber auch der unterste Punkt des Siebes eine Sogwirkung. Das Produkt, welches sich hier sonst ansammeln würde, wird nun abgesaugt und der Hammermühle wieder axial zugeführt. Durch diese Konstruktion werden Produktansammlungen auf dem Sieb vermieden und noch nicht genügend zerkleinerte Partikel werden so lange im „Umlauf“ geführt, bis sie das Sieb passieren können. Dadurch werden ein relativ guter Wirkungsgrad und eine gute Qualität des herzustellenden Produktes erreicht.

3.1.2.3 Düsenfilter mit Zyklonabscheider und Austragschleuse

Am Gestell des Düsenfilters mit Zyklonabscheider befindet sich auch der Ventilator. Dieser erzeugt den nötigen Unterdruck, der das fertige Produkt, welches das Sieb passiert hat, absaugt und dem Zyklonabscheider (Abbildung 11) zuführt. Im Zyklon wird das Luft- Produkt- Gemisch aufgrund von Fliehkräften getrennt. Das Produkt fällt nach unten und wird von der Schleuse ausgetragen. Die Schleuse trägt das Produkt gleichmäßig aus und verhindert das „Falschluff“ in das System gelangt. Die abgetrennte Luft wird nach oben durch so genannte Schlauchfilter gesaugt. Somit werden kleinste Partikel, die sich noch in der Luft befinden können, abgetrennt. Nach passieren des Filters steigt die gereinigte Luft im Filter weiter nach oben in den Kopfraum des Düsenfilters und von dort in den Ventilator, welcher die Abluft normalerweise in die Umgebung abgibt. Aufgrund des provisorischen

Versuchsaufbau wurde keine Abluftleitung in die Umwelt verlegt, sondern eine kleine selbstgebaute Filteranlage installiert, die die Abgabe der Abluft in den Raum ermöglicht.



Abbildung 11: Zyklonabscheider mit Düsenfilter



Abbildung 12: Druckluftspeicher mit Magnetventilen

Während des laufenden Betriebes setzen sich die Filterschläuche immer mehr zu, der Druckunterschied zwischen Luft- Produkt- Gemisch und gereinigter Luft steigt an, womit die Leistung der Anlage sinkt. Deshalb ist es notwendig, die Filterschläuche zu reinigen. Die Filterschläuche sind nach oben zu der Reingluftseite hin offen. Über jeden Filterschlauch ist eine so genannte Düse angebracht, die mit einem Druckluftspeicher (Abbildung 12) verbunden ist. Ein kleines Steuergerät öffnet nach einem bestimmten Intervall, welcher eingestellt werden kann, für kurze Zeit zwei Magnetventile. Die freigegebene Druckluft strömt durch die Düsen in die Filterschläuche, bläht sie von innen her auf, das sich angesammelte Produkt wird „abgeklopft“ und fällt nach unten zur Schleuse. Ein regelmäßiges Reinigen der Filterschläuche gewährleistet einen relativ konstanten Betrieb der Anlage.

4 Versuche und Ergebnisse

Vor Beginn der eigentlichen Versuche erfolgte eine Mengenflussanalyse der Dosierschnecke. Denn auf dem Bedienfeld befindet sich lediglich ein Potentiometer, womit die Geschwindigkeit der Schnecke in Prozent eingestellt werden kann. Diese Einstellmöglichkeit gibt keine Rückschlüsse auf die Leistung in kg/ min. So wurde der Aufgabetrichter jeweils mit Weizenmalz hell und Haferspelzen befüllt, unter die

Schnecke ein Bottich gestellt und die Menge Rohstoff gemessen, welche während einer bestimmten Zeit austrat. Dabei wurden folgende Werte analysiert:

Tabelle 1: Kapazitätsmessung

Kapazität in %	Drehzahl in min^{-1}	Weizenmalz in kg/ min	Haferspelzen in kg/ min
10	2,5	0,47	0,12
20	8,5	1,60	0,31
30	14	2,74	0,53
40	20	3,86	0,74
50	25	4,81	0,93
60	31	5,89	1,13
70	37	6,99	1,36
80	43	8,00	1,55
90	50	9,11	1,76
100	50	9,14	1,78

Die Tabelle 1 zeigt die einzelnen Kapazitätsstufen des Potentiometers, die dazugehörigen ermittelten Drehzahlen und den jeweiligen Mengenfluss. Es fällt auf, dass sich die Drehzahl bei einer Kapazitätserhöhung von 90 % auf 100 % nicht mehr ändert. Das bedeutet, dass der Motor bereits bei einer eingestellten Kapazität von 90 % seine maximale Umdrehungszahl erreicht hat und eine Kapazitätserhöhung keinen Einfluss mehr auf die Drehzahl der Schnecke hat. Aus den ermittelten Werten und aus dem nachfolgenden Diagramm (Abbildung 13) wird der lineare Zusammenhang zwischen eingestellter Kapazität und Drehzahl ersichtlich.

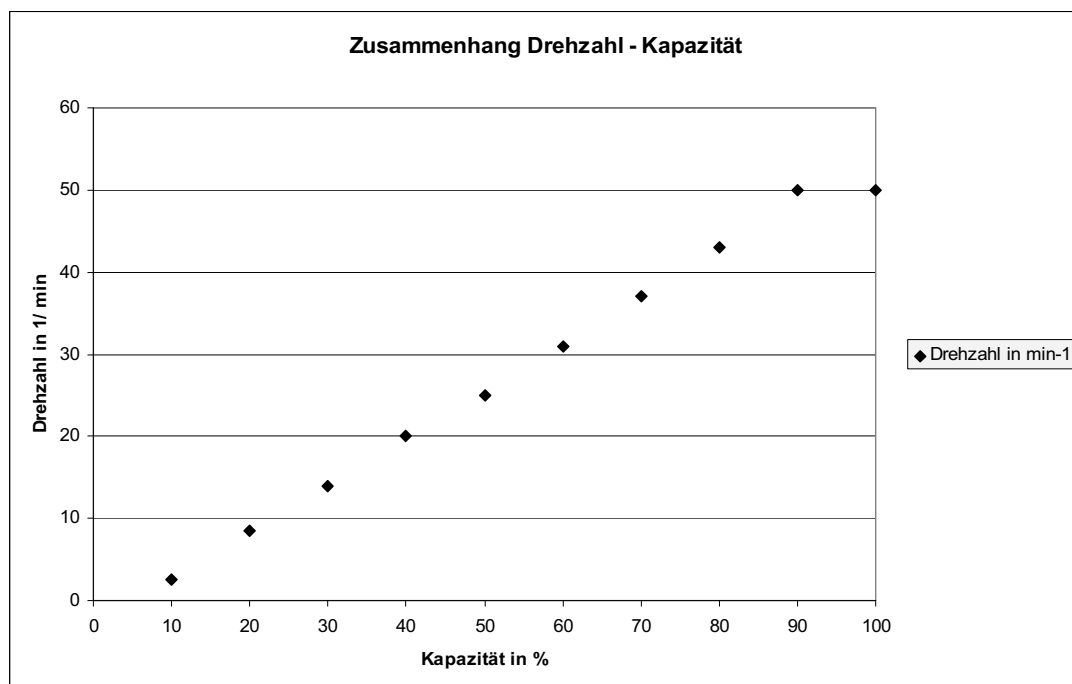


Abbildung 13: Zusammenhang zw. Drehzahl und Kapazität

Aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Kapazität und Drehzahl ist der Mengenfluss auch linear und sieht für die jeweiligen Rohstoffe genau so aus, dies wird in den beiden Abbildungen 14 und 15 ersichtlich. Somit kann der Mengenfluss jederzeit abgelesen bzw. bestimmt werden.

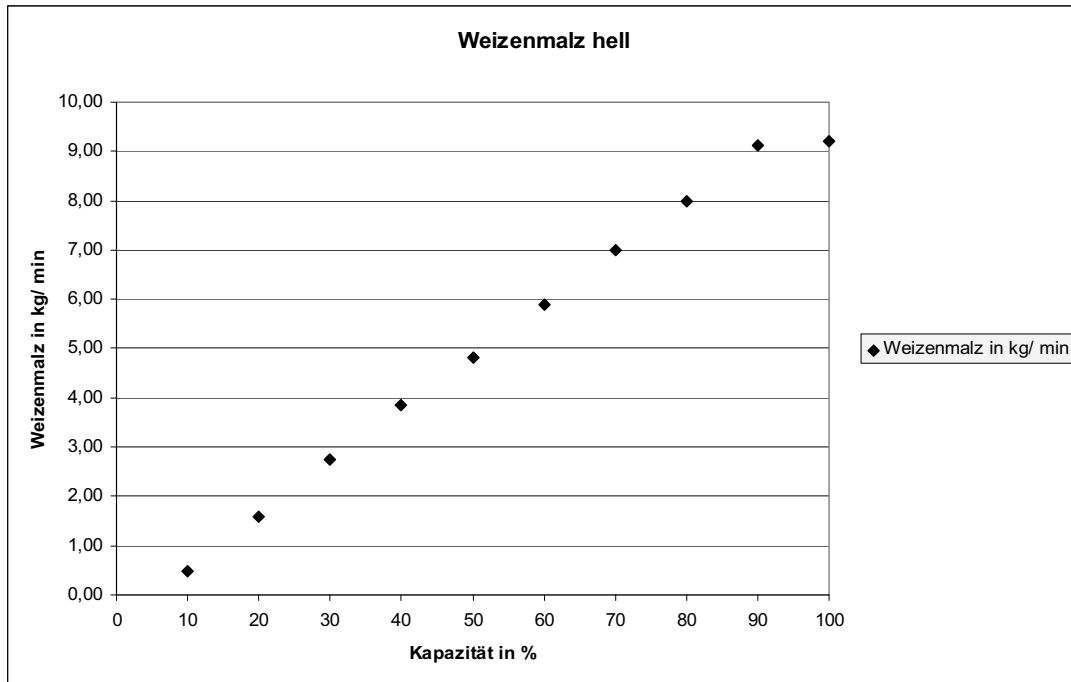


Abbildung 14: Mengenfluss und Kapazität für Weizenmalz hell

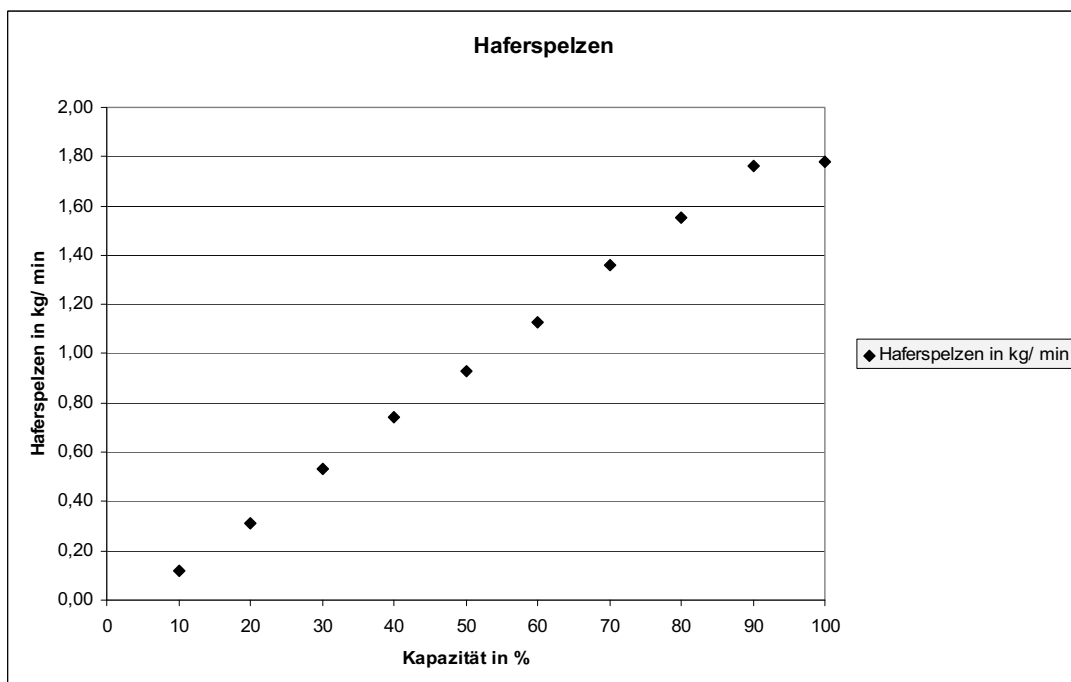


Abbildung 15: Mengenfluss und Kapazität für Haferspelzen

Für die nachfolgenden Versuche sind vier Siebe in den Größen 500 μ , 750 μ , 1000 μ und 1250 μ beschafft worden. Da an der Hammermühle selbst keine Einstellungen möglich sind, wird mit Hilfe der Siebe und der Kapazitätseinstellung der Dosierschnecke versucht, die geforderte Mindestqualität zu erreichen und zu verbessern. Jeder der beiden Rohstoffe ist mit den vier Sieben getestet worden. Die Startkapazität der Dosierschnecke betrug dabei immer 10 % und wurde dann schrittweise jeweils um 20 % erhöht, bis das Maximum erreicht war oder die Hammermühle eine zu hohe Stromaufnahme erlangte. Während jeder eingestellten Kapazität lief die Anlage einige Minuten und gleichzeitig wurden die Proben zur Auswertung gezogen.

Die Auswertungen sind mit Hilfe einer Siebanalyse erstellt worden. Dazu bedient man sich eines Gerätes mit einem Siebstapel, welcher eine plane Kreisbewegung ausführt. Jedes der fünf Siebe besitzt eine andere Lochung, worauf sich die Fraktion sammelt, welche nicht durchfallen kann. Dadurch wird ein Produkt, bestehend aus verschiedenen Partikelgrößen, aufgetrennt. Diese ermittelten Werte sind in Tabellen und Diagrammen veranschaulicht worden. In den Tabellen ist außerdem die eingestellte Kapazität und die dazugehörige Stromaufnahme mit aufgeführt. Die fünf aufgelisteten Siebe in der Tabelle sind diejenigen von der Siebanalyse und die dazugehörigen Werte zeigen wie viel Produkt, in Prozent, auf dem Sieb liegen geblieben ist. Die Summe der einzelnen Mengen ergeben nur annähernd 100 %, dies ist durch Verluste während der Siebanalyse zu erklären. In den Diagrammen wird die Summe der Siebanalyse mit 100 % gleichgesetzt, um die Versuche untereinander besser vergleichen zu können. Das Referenzprodukt, welches die Mindestqualität darstellt, wird in jeder Tabelle aufgeführt und mit „Original“ gekennzeichnet.

4.1 Herstellung von Thüringer Backmalz

Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 2 bis 6) und die dazugehörigen Diagramme (Abbildung 16 bis 20) zeigen die ermittelten Werte bei den jeweils eingelegten Siebgrößen. Als Ziel bei der Herstellung von Thüringer Backmalz galt es, die Menge an Produkt zu erhöhen, welche auf dem 400 μ Sieb der Siebanalyse liegen bleibt. Alle anderen Fraktionen sollen so gering wie möglich gehalten werden.

Tabelle 2: Thür. Backmalz mit 500 µ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	70
Stromaufnahme in A		12	13	16	~20
800 µ	3,6	0,2	19,5	31,5	0,1
500 µ	14,5	37,9	65,7	56,1	52,0
400 µ	60,4	52,5	5,2	3,1	36,2
250 µ	12,8	4,8	1,1	1,3	7,1
125 µ	2,0	1,0	0,5	0,5	0,8
Durchfall	0,4	0,3	0,2	0,3	1,3
Total %	93,7	96,7	92,2	92,8	97,5

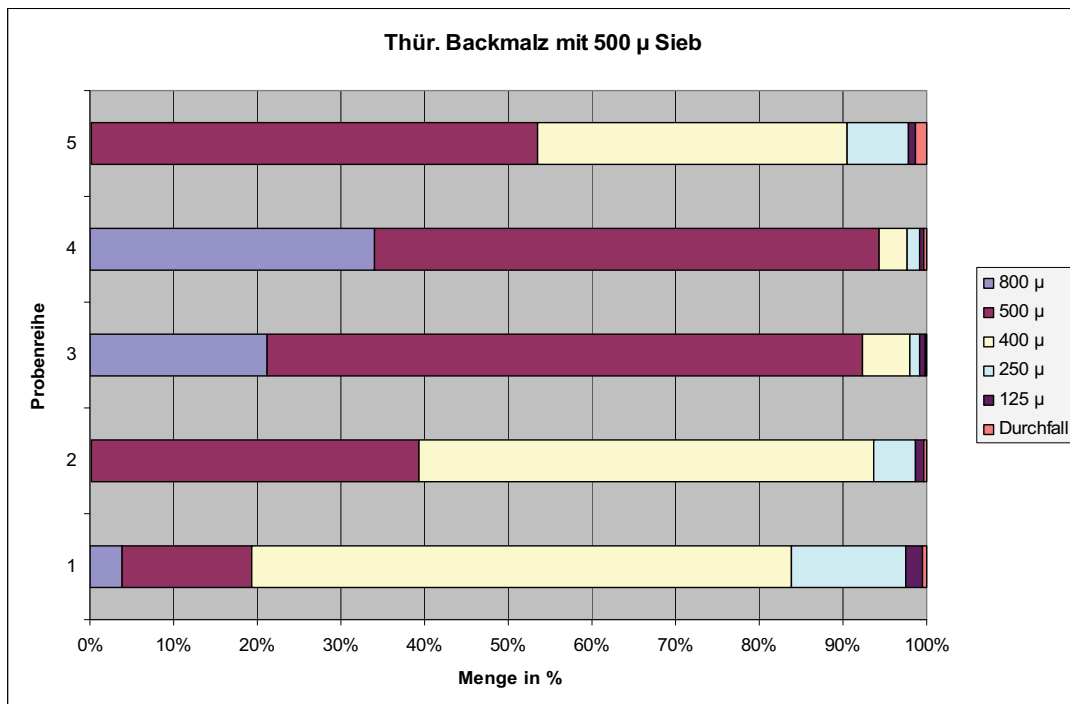


Abbildung 16: Diagramm Thür. Backmalz mit 500 µ Sieb

Aufgrund der kleinen Sieblochung von 500 µ und der dadurch resultierenden relativ geringen offenen Siebfläche kann nur eine Kapazität von 70 % gefahren werden. Mit Erhöhung der Kapazität steigt auch die Stromaufnahme stark an, da das Produkt stark zerkleinert werden muss, bevor es das Sieb passieren kann. Dadurch enthält das fertige Produkt einen hohen Feinanteil. Dieser hohe Feinanteil setzt die obersten Siebe während der Siebanalyse zu. Da diese einfache Siebanalyse über keine Siebreinigung verfügt, verbleibt sehr viel Produkt auf den ersten Sieben und verfälscht die Auswertung. Die oben aufgeführten Ergebnisse sind daher als fehlerhaft und als nicht aussagekräftig zu werten.

Tabelle 3: Thür. Backmalz mit 750 µ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5	6
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	70	90
Stromaufnahme in A		11	13	14	16	17
800 µ	3,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3
500 µ	14,5	6,1	9,7	10,2	12,6	55,3
400 µ	60,4	11,5	67,4	76,9	73,5	32,5
250 µ	12,8	25,7	14,3	4,9	5,3	2,9
125 µ	2,0	46,8	1,2	1,6	1,5	0,9
Durchfall	0,4	2,0	0,1	0,3	0,1	0,0
Total %	93,7	92,1	92,7	93,9	93,1	91,9

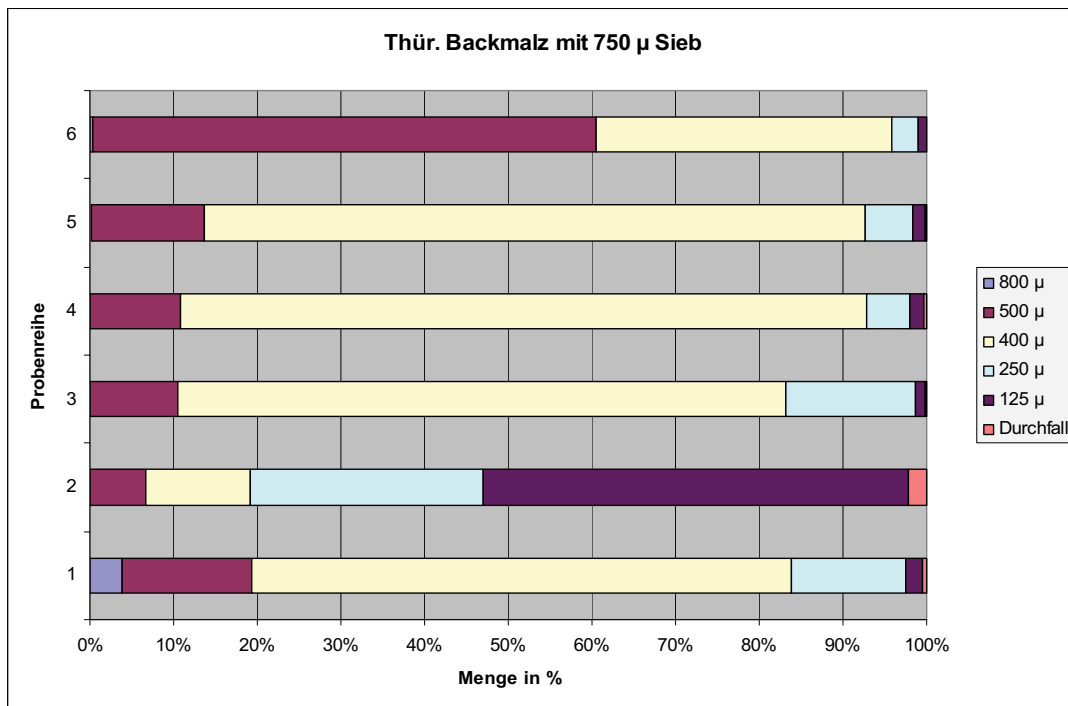


Abbildung 17: Diagramm Thür. Backmalz mit 750 µ Sieb

Die Probenreihen 3 bis 5 weisen einen sehr hohen Anteil, der auf dem 400 µ Sieb verbleibt, auf; sogar höher als das „Original“, was positiv zu werten ist, da es sich dabei um die erwünschte Fraktion handelt.

Die Probenreihen 2 und 6 sind sehr gegenteilig ausgeprägt. Dieses Phänomen könnte auf der einen Seite aufgrund der geringen, auf der anderen Seite aufgrund der hohen Zuführung mit Rohstoff zu erklären sein. Diese beiden Probenreihen sind wegen ihres geringen Anteils der erwünschten Fraktion für die spätere Produktion nicht zu empfehlen.

Hervorzuheben ist, dass die Probenreihen 2 bis 5 in einem energetisch günstigen Bereich liegen.

Tabelle 4: Thür. Backmalz mit 1000 µ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5	6
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	70	90
Stromaufnahme in A		10	11	12	13	14
800 µ	3,6	0,5	0,9	1,0	0,2	0,1
500 µ	14,5	57,2	17,6	17,3	17,4	17,8
400 µ	60,4	30,8	38,4	69,2	69,2	66,6
250 µ	12,8	2,5	35,7	4,6	3,7	7,1
125 µ	2,0	0,8	0,5	0,7	0,7	0,7
Durchfall	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Total %	93,7	92,0	93,2	92,9	91,3	92,4

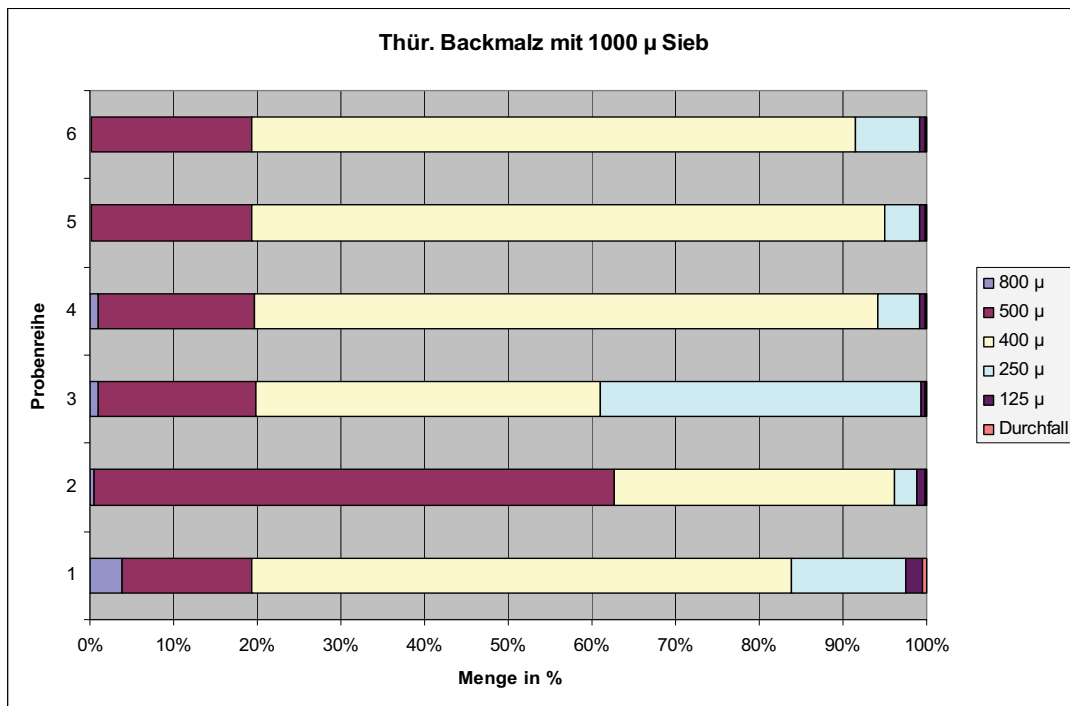


Abbildung 18: Diagramm Thür. Backmalz mit 1000 µ Sieb

Bei dieser Versuchsanordnung ist hervorzuheben, dass sich die Probenreihen 4 bis 6 trotz der jeweiligen Kapazitätserhöhungen in ihrer Zusammensetzung kaum unterscheiden. Die Probenreihe 3 besitzt zwar ähnliche Werte bis 500 µ, doch in der Zusammensetzung der Feianteile unterscheidet sich diese Reihe deutlich von den anderen.

Mit diesem Sieb können drei Einstellungen gefahren werden, wobei immer nahezu das gleiche Produkt hergestellt wird. In diesem Fall würde sich aufgrund des größten Durchsatzes und der relativ geringen Stromaufnahme die höchste Kapazität anbieten.

Tabelle 5: Thür. Backmalz mit 1250 µ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5	6
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	70	90
Stromaufnahme in A		11	12	13	13,5	14,5
800 µ	3,6	2,3	2,7	3,1	4,2	3,3
500 µ	14,5	17,5	18,0	18,2	22,3	18,9
400 µ	60,4	20,2	63,0	67,3	62,7	66,6
250 µ	12,8	52,6	8,1	5,4	3,4	4,1
125 µ	2,0	1,3	0,7	1,0	0,6	0,4
Durchfall	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Total %	93,7	93,9	92,5	95,1	93,2	93,4

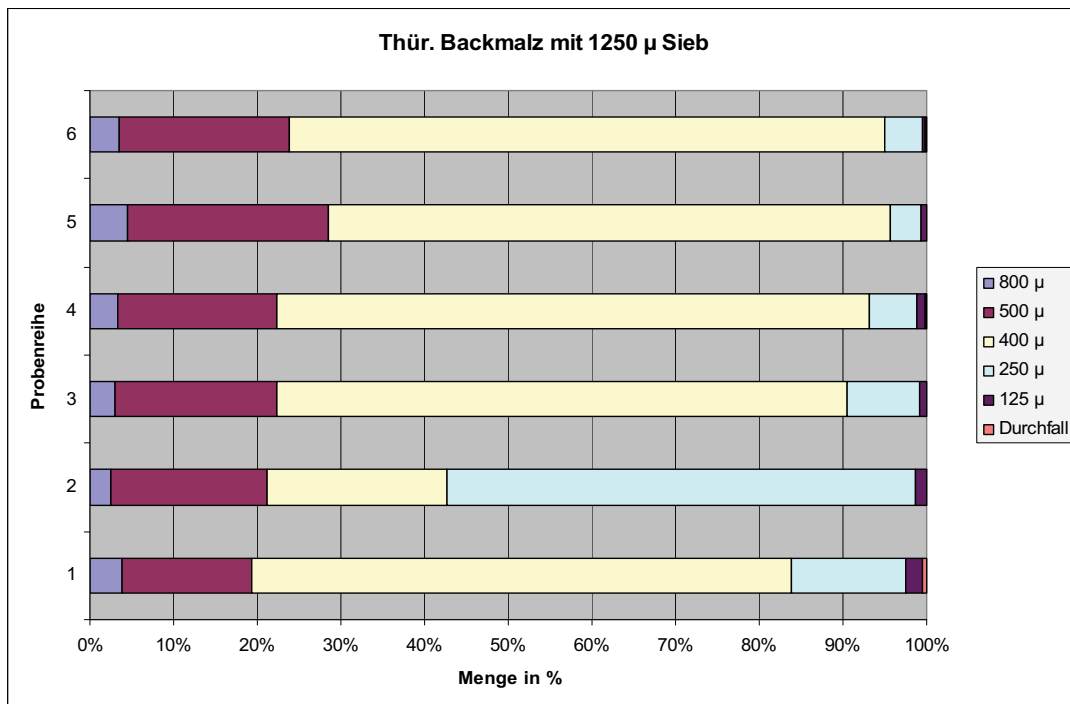


Abbildung 19: Diagramm Thür. Backmalz mit 1250 µ Sieb

Bei dieser Versuchsreihe sieht es ähnlich wie bei dem 1000 µ Sieb Versuch aus. Die Probenreihen 2 bis 6 weisen alle eine fast gleiche Verteilung der groben Fraktionen auf. Nur die Probenreihe 2 besitzt einen deutlich größeren Feinanteil.

Bis auf die leicht größeren Anteile der gröberer Fraktion, doch den immer noch großen Anteil an erwünschter Fraktion, lassen sich nahezu gleiche Produkte mit den Probenreihen 3 bis 6 herstellen.

Die Probenreihen 4 bis 6 bei 1000 µ und die Probenreihen 3 bis 6 bei 1250 µ zeigen, dass sich ein fast gleiches Produkt bei unterschiedlichen Kapazitäten und Siebgrößen herstellen lässt.

Tabelle 6: Mengenverteilung von Thür. Backmalz bei gleicher Kapazität				
Probenreihe	1	5	5	5
Siebgröße in μ		750	1000	1250
Kapazität in %	"Original"	70	70	70
Stromaufnahme in A		16	13	13,5
800 μ	3,6	0,1	0,2	4,2
500 μ	14,5	12,6	17,4	22,3
400 μ	60,4	73,5	69,2	62,7
250 μ	12,8	5,3	3,7	3,4
125 μ	2,0	1,5	0,7	0,6
Durchfall	0,4	0,1	0,1	0,0
Total %	93,7	93,1	91,3	93,2

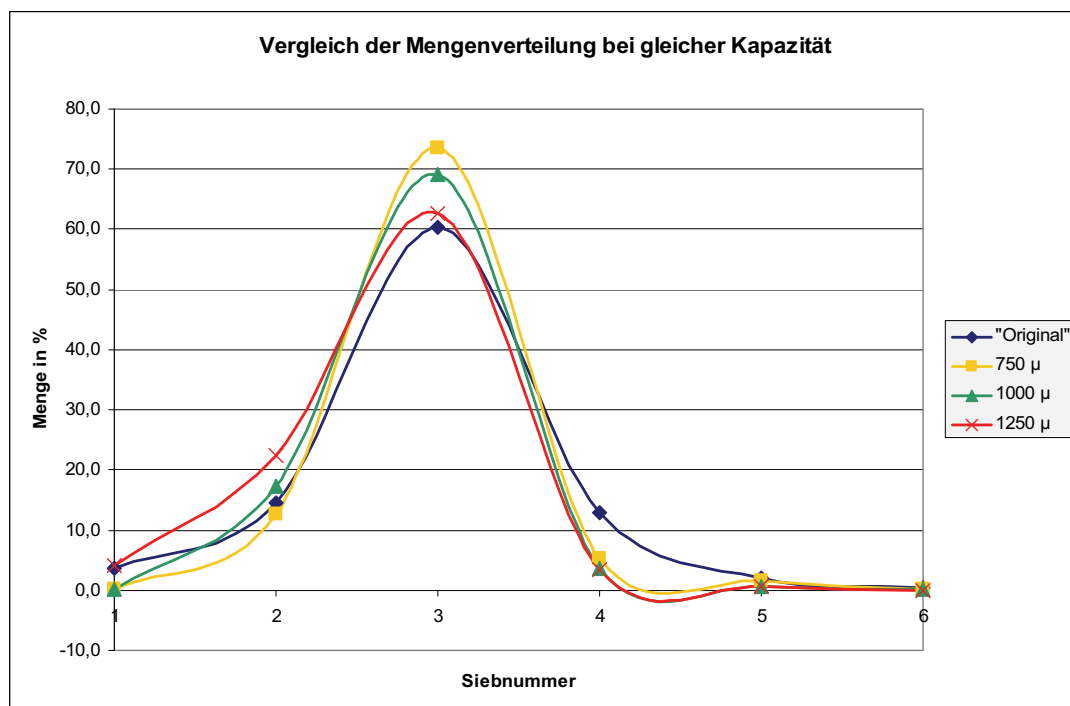


Abbildung 20: Mengenverteilung von Thür. Backmalz bei gleicher Kapazität

Das obige Diagramm vergleicht die Mengenverteilung vom „Original“ mit den Werten der einzelnen Versuche bei gleicher Kapazität. Dabei ist zu erkennen, dass alle Kurven einen sehr ähnlichen Verlauf aufweisen. Das bedeutet, dass mit allen drei Sieben (750 μ , 1000 μ und 1250 μ) ein Produkt hergestellt werden kann, welches die erwünschte Fraktion zu einem größeren Anteil besitzt als das „Original“.

Die größte Menge an erwünschter Fraktion weist der Versuch mit dem 750 μ Sieb auf. Doch hier ist die Stromaufnahme gegenüber den anderen Versuchen recht hoch. Trotz der etwas größeren Menge an Grobanteil kann mit dem 1250 μ Sieb auch ein respektables Produkt hergestellt werden. Die besten Ergebnisse in Hinsicht Produktqualität und Stromaufnahme zeigt hier das 1000 μ Sieb, welches für die Produktion zu empfehlen ist.

Die nachfolgenden Abbildungen (21 bis 25) zeigen alle Proben, einschließlich dem „Original“, als Fotografien. Dabei sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Siebgrößen deutlich zu erkennen.



Abbildung 21: Thür. Backmalz "Original"



Abbildung 22: Backmalz mit 500 µ Sieb



Abbildung 23: Thür. Backmalz mit 750 µ Sieb



Abbildung 24: Thür. Backmalz mit 1000 µ Sieb



Abbildung 25: Thür. Backmalz mit 1250 µ Sieb

Zusätzlich zur bisherigen Auswertung wurde ein Backversuch durchgeführt (Abbildung 26), der vordergründig zeigen sollte, ob sich das Mundgefühl aufgrund

unterschiedlicher Siebgrößen ändert. Gleichzeitig konnten backtechnische Veränderungen und unterschiedliche Endprodukte beobachtet werden.



Abbildung 26: Backversuch

Der Backversuch (siehe Anlage) wurde nach immer gleichem Rezept und backtechnischen Bedingungen durchgeführt. Das erste Brötchen (links) beinhaltet kein Backmalz, die folgenden Brötchen sind mit einem Backmalzanteil von 3 % mit unterschiedlicher Siebgröße (v.l. 500 μ bis 1250 μ bei einer Kapazität von 50 %) hergestellt. Dabei war zu erkennen, dass an die Teige mit Backmalz etwas mehr Wasser zugegeben werden musste, sie dadurch ein weicheres Verhalten hatten und bei der Gare etwas breit liefen. Doch die Verarbeitung war dadurch nicht eingeschränkt. Die Teige mit Backmalz erfuhren einen größeren Ofentrieb, eine ausgeprägtere Bräunung und eine deutlich bessere Rösche, als der Teig ohne Backmalz. Im oberen Bild ist eine Volumenzunahme vom 500 μ bis 1000 μ zu erkennen. Das letzte Brötchen (rechts) mit Backmalz vom 1250 μ Sieb ist etwas kleiner als die anderen Malzbrötchen, das könnte an den großen Backmalzpartikeln liegen, welche das Wasser nicht so schnell aufnehmen können, wodurch der Teig „wässrig“ bleibt und der Ofentrieb nicht ausreicht, um ein gutes Volumen zu erreichen. Doch vordergründig galt es die Frage zu beantworten, ob die vier verwendeten Siebe ein unterschiedliches Mundgefühl hervorrufen. Nach eingehenden sensorischen Tests ist diese Frage mit einem Nein zu beantworten. Es konnten keine Unterschiede bezüglich des Mundgefühls festgestellt werden. Jedoch war ein Unterschied beim Schnittbild zu erkennen. Hier fielen, mit zunehmender Siebgröße, die relativ großen Schalenteile des Backmalzes auf. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Backwaren mit Thür. Backmalz vom Volumen, Aussehen und Geschmack her den Probanden bei einer einfachen Degustation besser zugesagt haben als das Produkt, dem kein Backmalz zugesetzt wurde.

4.2 Herstellung von Hafertrennmittel

Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 7 bis 11) und die dazugehörigen Diagramme (Abbildung 27 bis 31) zeigen die ermittelten Werte bei den jeweils eingelegten Siebgrößen. Als Ziel bei der Herstellung von Hafertrennmittel galt es, die Menge an Produkt zu erhöhen, welche auf dem 500 μ Sieb der Siebanalyse liegen bleibt. Alle anderen Fraktionen sollen so gering wie möglich gehalten werden.

Tabelle 7: Hafertrennmittel mit 500 μ Sieb

Probenreihe	1	2	3
Kapazität in %	"Original"	10	30
Stromaufnahme in A		13	15- 25
800 μ	1,0	0,2	0,1
500 μ	21,1	15,7	15,4
400 μ	70,7	32,0	31,6
250 μ	3,5	31,6	32,9
125 μ	1,2	11,7	14,1
Durchfall	0,1	4,7	4,5
Total %	97,6	95,9	98,6

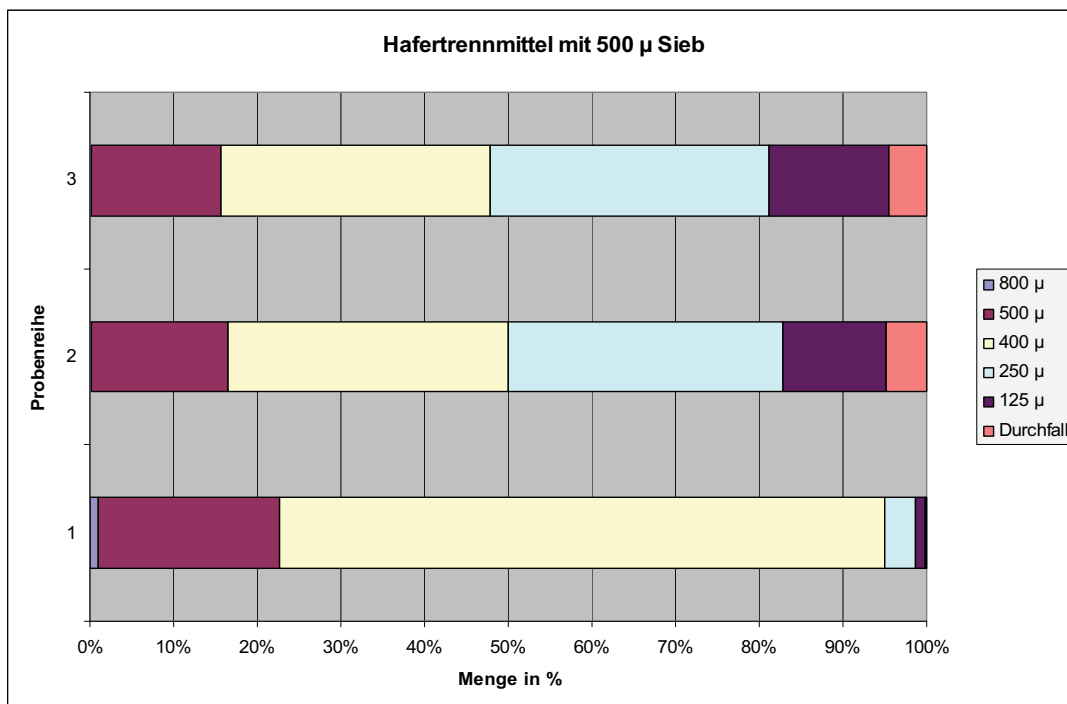


Abbildung 27: Diagramm Hafertrennmittel mit 500 μ Sieb

Aufgrund von größerem Zerkleinerungsaufwand bei Haferspелzen konnte hier nur eine Kapazität von 30 % erreicht werden, da der Rohstoff recht lange im Mahlraum verweilt, bis er das feine Sieb passieren kann. Dementsprechend groß sind hier die Mengen der Feianteile, welche nicht erwünscht sind, wie auch die Stromaufnahme.

Probenreihe	1	2	3	4	5
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	55
Stromaufnahme in A		13	14- 16	20	20- 30
800 μ	1,0	2,6	5,8	7,3	6,0
500 μ	21,1	35,4	48,3	48,0	45,2
400 μ	70,7	25,8	19,9	19,7	20,5
250 μ	3,5	22,2	15,1	14,1	15,2
125 μ	1,2	9,0	6,8	6,9	8,1
Durchfall	0,1	3,1	2,2	2,0	2,6
Total %	97,6	98,1	98,1	98,0	97,6

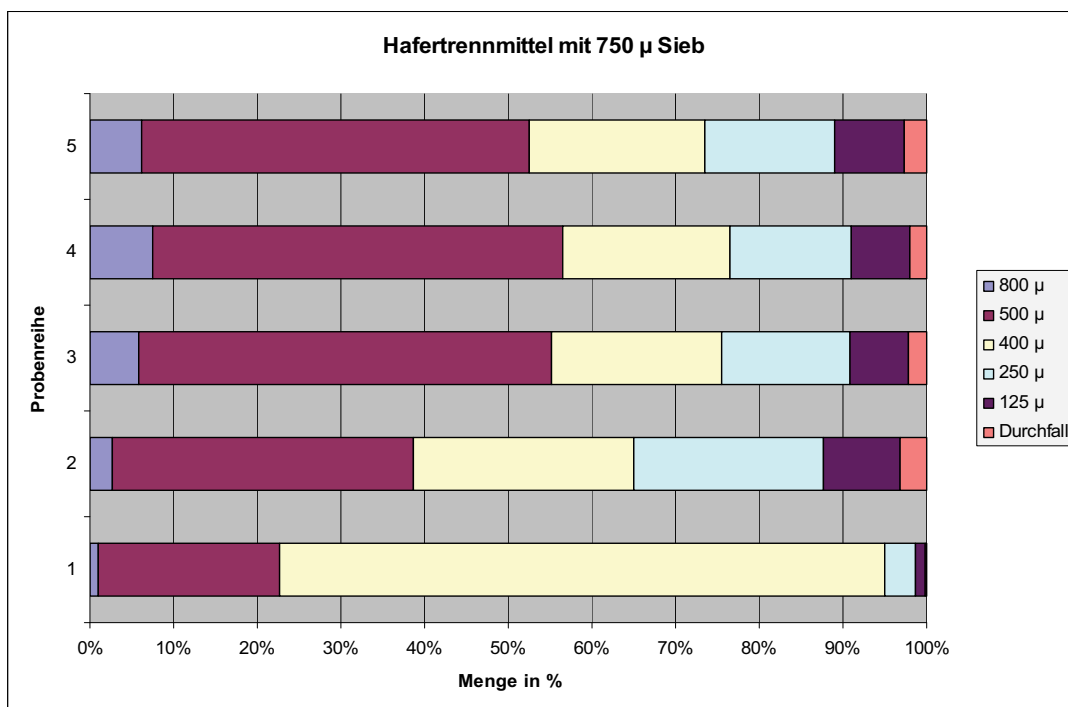


Abbildung 28: Diagramm Hafertrennmittel mit 750 μ Sieb

Die Probenreihen 2 bis 5 zeigen einen großen Anteil an der gewünschten Fraktion. Doch im Bereich der Feianteile verschiebt sich die Aufteilung auf Kosten des Anteils, welcher auf dem 400 μ Sieb liegen bleibt. Somit wird zwar mehr von der erwünschten Fraktion erhalten, doch gleichzeitig steigt auch der Feianteil gegenüber dem „Original“.

Um die Haferspелzen zerkleinern zu können, ist sehr viel Energie notwendig und der Mahlprozess dauert länger als z.B. beim Weizenmalz. Wegen der größeren Verweildauer im Mahlraum kann die Kapazität nicht all zu hoch eingestellt werden. Bei zunehmendem Füllgrad des Mahlraums „verschluckt“ sich die Hammermühle hörbar und die Stromaufnahme schwankt sehr stark. Dadurch leidet die Qualität des Endproduktes und die Maschine ist großen Belastungen ausgesetzt.

Tabelle 9: Hafertrennmittel mit 1000 μ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	55
Stromaufnahme in A		11	14	17	20- 25
800 μ	1,0	2,3	8,2	13,4	14,1
500 μ	21,1	34,0	45,8	48,2	49,2
400 μ	70,7	21,5	20,3	19,0	17,3
250 μ	3,5	15,8	12,2	11,4	11,3
125 μ	1,2	13,7	7,0	5,1	5,3
Durchfall	0,1	7,3	3,4	1,9	1,8
Total %	97,6	94,6	96,9	99,0	99,0

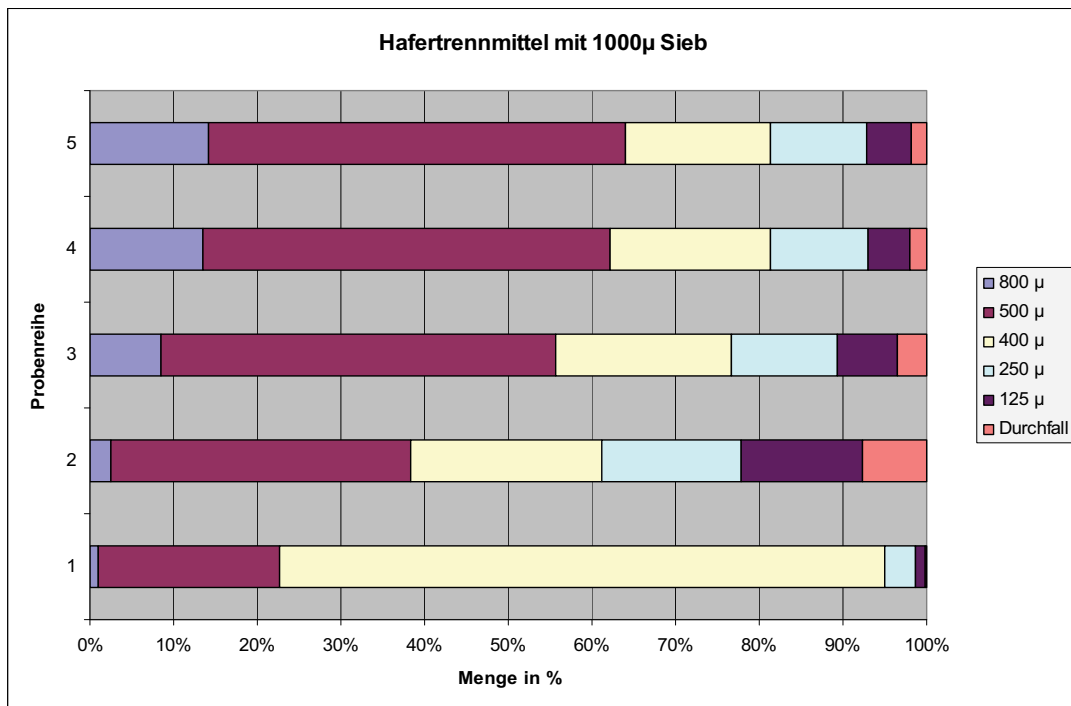


Abbildung 29: Diagramm Hafertrennmittel mit 1000 μ Sieb

Ähnlich dem 750 μ Sieb Versuch steigt auch hier der erwünschte Anteil, gleichzeitig steigt jedoch auch der grösste Anteil. Dies ist unerwünscht, da die grösste Fraktion viele lange Spelzteile enthält, welche sich negativ auf die Qualität des Endproduktes auswirken.

Wie schon im vorherigen Versuch beträgt auch hier die maximale Kapazität 55 %. Durch die größere Lochweite ist aber z.B. bei einer Kapazität von 50 % die Stromaufnahme etwas geringer als bei dem 750 μ Sieb.

Tabelle 10: Hafertrennmittel mit 1250 µ Sieb

Probenreihe	1	2	3	4	5	6
Kapazität in %	"Original"	10	30	50	70	75
Stromaufnahme in A		11	13	16	20	25
800 µ	1,0	13,1	13,6	21,4	25,2	30,1
500 µ	21,1	43,4	49,0	49,4	45,3	45,7
400 µ	70,7	18,2	16,6	15,1	13,9	12,0
250 µ	3,5	11,9	10,3	9,0	9,1	7,3
125 µ	1,2	10,5	6,4	3,6	4,2	3,4
Durchfall	0,1	0,3	2,9	1,3	1,6	1
Total %	97,6	97,4	98,8	99,8	99,3	99,5

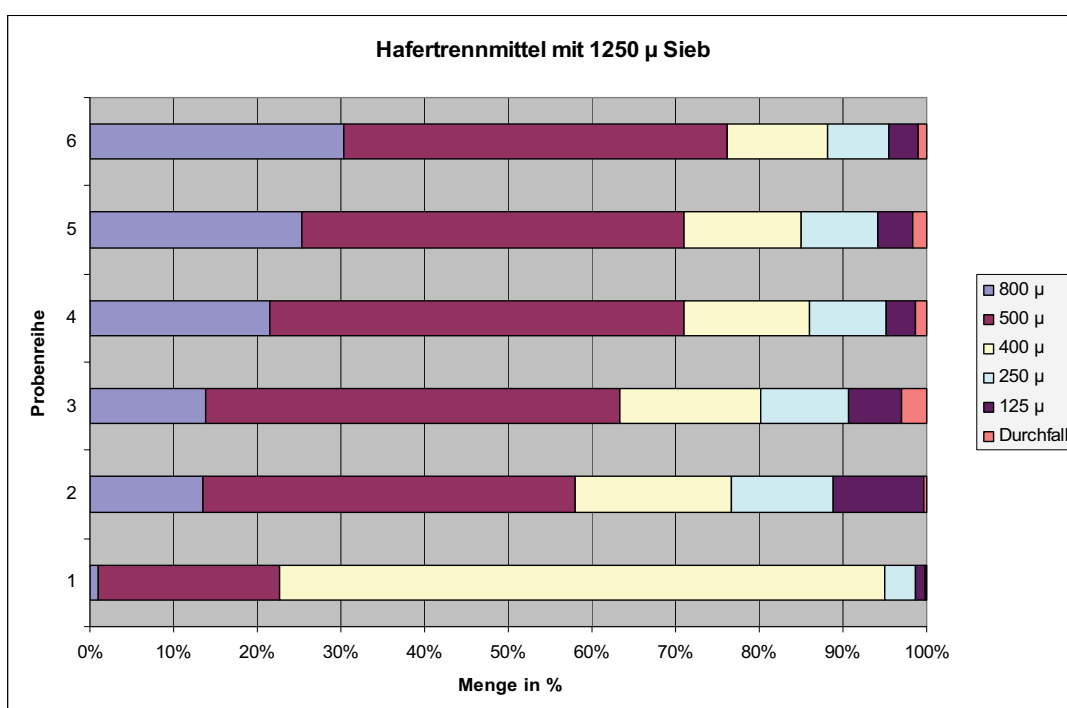


Abbildung 30: Diagramm Hafertrennmittel mit 1250 µ Sieb

Wie auch bei den vorherigen Versuchen konnte hier der Anteil des erwünschten Anteils gegenüber dem „Original“ gesteigert werden. Positiv ist, dass der Feinanteil gegenüber den anderen Versuchen zurückgeht. Doch wegen der großen Sieblochung steigt der Anteil an grobem Produkt recht stark an.

Die positive Entwicklung des erwünschten Anteils und des rückläufigen Feinanteils wird von dem größer werdenden Anteil des groben Produktes gedämpft. Hier könnte für die Zukunft eine zwischengeschaltete Sichtanlage Abhilfe schaffen, welche das fertige Produkt in ein Silo leitet, die groben Teile aussiebt und der Hammermühle nochmals zuführt.

Auffallend ist die recht geringe Stromaufnahme gegenüber der anderen Versuchsreihen.

Tabelle 11: Mengenverteilung von Hafertrennmittel bei gleicher Kapazität				
Probenreihe	1	4	4	4
Siebgröße in μ		750	1000	1250
Kapazität in %	"Original"	50	50	50
Stromaufnahme in A		20	17	16
800 μ	1,0	7,3	13,4	21,4
500 μ	21,1	48,0	48,2	49,4
400 μ	70,7	19,7	19,0	15,1
250 μ	3,5	14,1	11,4	9,0
125 μ	1,2	6,9	5,1	3,6
Durchfall	0,1	2,0	1,9	1,3
Total %	97,6	98,0	99,0	99,8

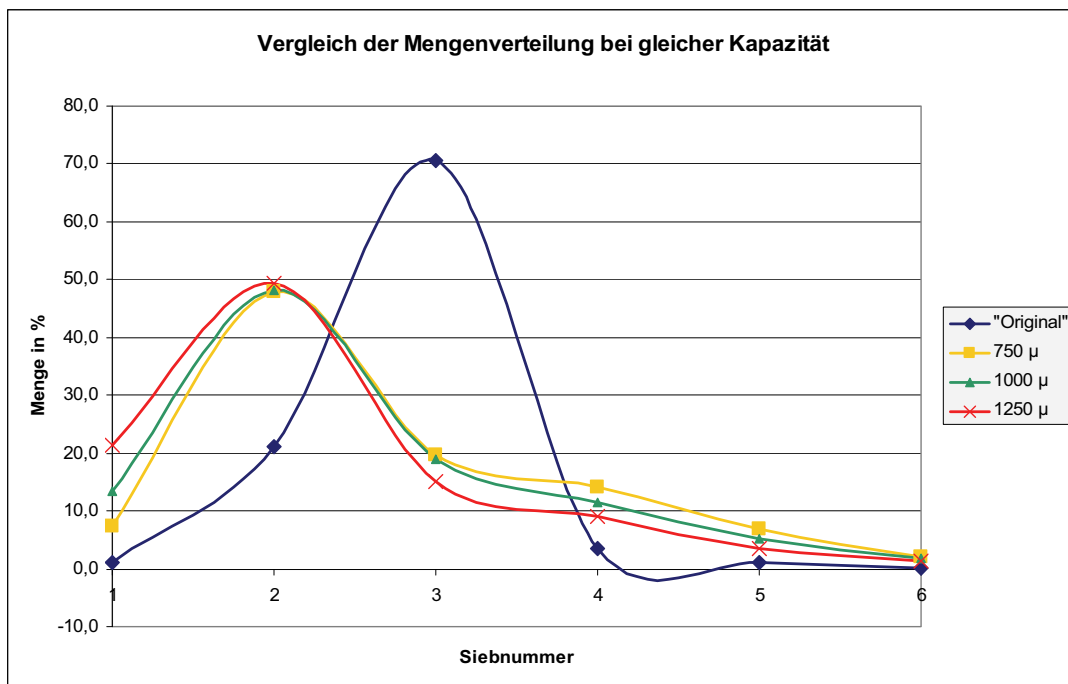


Abbildung 31: Mengenverteilung von Hafertrennmittel bei gleicher Kapazität

Das Diagramm zeigt die Mengenverteilung im Verlauf und vergleicht das „Original“ mit den anderen Versuchen bei gleicher Kapazität. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass das „Original“ bei Siebnummer 3 (400 μ) den größten Anteil besitzt. Alle anderen Versuche haben ihr mengenmäßiges Maximum bei Siebnummer 2 (500 μ), was dem geforderten Ziel entspricht. Dabei wird ersichtlich, dass die drei Versuchsreihen in diesem Punkt keine großen Abweichungen untereinander aufweisen. Lediglich an der Siebnummer 1 sind klare Unterschiede zwischen den Versuchen zu erkennen. Dieses Diagramm zeigt, dass sich mit allen drei Siebgrößen ein nahezu gleiches Produkt herstellen lässt, wobei auf die grobe Fraktion geachtet werden sollte. Für die Produktion wäre das 1000 μ Sieb mit anschließender Sichtung zu empfehlen.

Die nachfolgenden Abbildungen (32 bis 36) zeigen alle Proben, einschließlich dem „Original“ als Fotografien. Dabei sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Siebgrößen deutlich zu erkennen.



Abbildung 32: Hafertrennmittel "Original"



Abbildung 33: Hafertrennmittel mit 500 µ Sieb



Abbildung 34: Hafertrennmittel mit 750 µ Sieb



Abbildung 35: Hafertrennmittel mit 1000 µ Sieb



Abbildung 36: Hafertrennmittel mit 1250 µ Sieb

Bei den Siebgrößen 1000 µ und 1250 µ sind die unerwünschten langen Spelzenteile deutlich zu erkennen.

5 Ergebnisdiskussion

Das gestellte Ziel dieser Bachelorarbeit, die Mindestqualität der derzeit hergestellten Referenzprodukte zu erreichen und wenn möglich zu verbessern, kann als erfüllt angesehen werden.

Für die Produktion von Thüringer Backmalz kann mit jedem der vier Siebe ein recht gutes Produkt hergestellt werden. Doch im Hinblick auf ein gutes Mittel zwischen Durchsatz und Stromaufnahme eignet sich das 1000 μ Sieb am besten. Mit diesem Sieb wird bei maximalem Durchsatz eine geringe Stromaufnahme erzielt, gleichzeitig aber die Mindestqualität des Referenzproduktes verbessert und man erhält ein hochwertiges Produkt.

Bei der Produktion von Hafertrennmittel werden zwar mit den 500 μ und 750 μ Sieben recht gute Produkte hergestellt, doch hier fallen die großen Stromaufnahmen und die geringen Durchsätze negativ auf. Hier kann das 1000 μ Sieb auf Grund des relativ hohen Durchsatzes und der vergleichsweise geringen Stromaufnahme ebenfalls empfohlen werden, jedoch sollten aus dem gemahlene Produkt mittels einer Zwischensichtung die langen und unerwünschten Spelzteil abgetrennt und diese erneut der Vermahlung zugeführt werden.

Als abschließende Folgerung kann festgestellt werden, dass sich die Anlage für die Herstellung beider Produkte, unter Beachtung der gegebenen produktspezifischen Einstellungen, eignet. Der Betrieb kann nun entscheiden, ob die Anlage fest integriert und ob beide Produkte gleichermaßen hergestellt werden sollen.

Zukünftige Versuche könnten sich mit der Fragestellung beschäftigen, ob es möglich ist, mit dieser Anlage z.B. auch Kleie zu zerkleinern, um sie in Nahrungsmitteln einzusetzen und diese mit Ballaststoffen anzureichern.

6 Zusammenfassung

Vor Beginn der eigentlichen Versuche wurde die Anlage aufgebaut, die Teile auf Vollständigkeit geprüft und die gesamte Anlage auf Funktionsfähigkeit getestet. Gleichzeitig wurden vier Siebe mit unterschiedlicher Lochung beschafft. Nach Erstellung eines Versuchsplanes wurden die beiden Rohstoffe, Weizenmalz hell und Haferspелzen mit jeder Sieblochung vermahlen. Mittels einer Siebanalyse erfolgte die Auswertung der gewonnenen Proben, durch die Darstellung der Analysenwerte in entsprechenden Tabellen und Diagrammen ist die Qualitätsverbesserung zwischen den „Original“ Produkten und den selbst hergestellten Produkten zu erkennen. Die ermittelten Werte zeigen, dass die besten Ergebnisse in Betracht auf Durchsatz, Stromaufnahme und Qualität bei beiden Produkten, „Thüringer Backmalz“ und „Hafertrennmittel“, mit dem 1000 μ Sieb zu erzielen sind.

7 Quellen

Aufhammer, W.: Rohstoff Getreide. 1.Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co, 2003

Erling, Dr. P. (Hrsg.): Handbuch Mehl- und Schälmmüllerei. 2. Auflage. Bergen/Dumme: Agrimedia GmbH, 2004

Kirsch, B., Odenthal, A.: Müllereitechnologie Werkstoffkunde. 5. Auflage. Bad Wörishofen: Holzmann Druck GmbH & Co KG, 2003

Klingler, R. W.: Grundlagen der Getreidetechnologie. 1. Auflage. Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 1995

Kunze, W.: Technologie Brauer und Mälzer. 8. Auflage. Berlin. Westkreuz- Druckerei Ahrens KG Berlin/ Bonn, 1998

Riehle, M., Simmchen, E.: Grundlagen der Werkstofftechnik. 2. Auflage. Stuttgart. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 2000

Schwister, K. (Hrsg.): Taschenbuch der Verfahrenstechnik. 1. Auflage. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig, 2001

Soltermann, R.: Verschiedene Müllereimaschinen. Schweizerische Müllereifachschule St. Gallen, 2006

Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik 2. 1. Auflage. Berlin. Springer Verlag, 1993

Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik 1. 2. Auflage. Berlin. Springer Verlag, 1995

8 **Abbildungsverzeichnis**

	Seite
Abbildung 1: Befestigung der Hämmer	6
Abbildung 2: Ausrichtung der Hämmer	6
Abbildung 3: neuer und abgenutzter Hammer	8
Abbildung 4: aufgebaute Anlage	13
Abbildung 5: Aufgabetrichter	15
Abbildung 6: Dosierschnecke mit "Alphorn"	15
Abbildung 7: Hammermühle	15
Abbildung 8: Bedienfeld	15
Abbildung 9: Abstand Hämmer – Sieb	17
Abbildung 10: Rohstoffeinlauf und U- Rohr	17
Abbildung 11: Zyklonabscheider mit Düsenfilter	18
Abbildung 12: Druckluftspeicher mit Magnetventilen	18
Abbildung 13: Zusammenhang zw. Drehzahl und Kapazität	19
Abbildung 14: Mengenfluss und Kapazität für Weizenmalz hell	20
Abbildung 15: Mengenfluss und Kapazität für Haferspelzen	20
Abbildung 16: Diagramm Thür. Backmalz mit 500 μ Sieb	22
Abbildung 17: Diagramm Thür. Backmalz mit 750 μ Sieb	23
Abbildung 18: Diagramm Thür. Backmalz mit 1000 μ Sieb	24
Abbildung 19: Diagramm Thür. Backmalz mit 1250 μ Sieb	25
Abbildung 20: Mengenverteilung von Thür. Backmalz bei gleicher Kapazität	26
Abbildung 21: Thür. Backmalz "Original"	27
Abbildung 22: Backmalz mit 500 μ Sieb	27
Abbildung 23: Thür. Backmalz mit 750 μ Sieb	27
Abbildung 24: Thür. Backmalz mit 1000 μ Sieb	27
Abbildung 25: Thür. Backmalz mit 1250 μ Sieb	27
Abbildung 26: Backversuch	28
Abbildung 27: Diagramm Hafertrennmittel mit 500 μ Sieb	29
Abbildung 28: Diagramm Hafertrennmittel mit 750 μ Sieb	30
Abbildung 29: Diagramm Hafertrennmittel mit 1000 μ Sieb	31
Abbildung 30: Diagramm Hafertrennmittel mit 1250 μ Sieb	32
Abbildung 31: Mengenverteilung von Hafertrennmittel bei gleicher Kapazität	33
Abbildung 32: Hafertrennmittel "Original"	34

Abbildung 33: Hafertrennmittel mit 500 μ Sieb	34
Abbildung 34: Hafertrennmittel mit 750 μ Sieb	34
Abbildung 35: Hafertrennmittel mit 1000 μ Sieb	34
Abbildung 36: Hafertrennmittel mit 1250 μ Sieb	34

Alle in dieser Arbeit abgebildeten Fotografien sind selbst erstellt und nicht aus Literaturquellen entnommen.

9 Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Kapazitätsmessung	19
Tabelle 2: Thür. Backmalz mit 500 μ Sieb	22
Tabelle 3: Thür. Backmalz mit 750 μ Sieb	23
Tabelle 4: Thür. Backmalz mit 1000 μ Sieb	24
Tabelle 5: Thür. Backmalz mit 1250 μ Sieb	25
Tabelle 6: Mengenverteilung von Thür. Backmalz bei gleicher Kapazität	26
Tabelle 7: Hafertrennmittel mit 500 μ Sieb	29
Tabelle 8: Hafertrennmittel mit 750 μ Sieb	30
Tabelle 9: Hafertrennmittel mit 1000 μ Sieb	31
Tabelle 10: Hafertrennmittel mit 1250 μ Sieb	32
Tabelle 11: Mengenverteilung von Hafertrennmittel bei gleicher Kapazität	33

10 Anhang

Standard Backversuch

Rohstoff	Einwaage in g
Mehl (Type 550)	1000
Wasser	580
Hefe	30
Backmalz	30
Fett	25
Salz	20
Zucker	10
Brötchenteig =	1695

Knetzeit: 3/ 5 (3 min kleine Stufe/ 5 min große Stufe)

Teigruhe: 20 min

Garzeit: 30 min, schneiden, 5 min (35 °C, 75 % Feuchte)

Backen: Backofen Vorheizen auf 180 °C

einschieben

Schwaden insgesamt 300 ml (2 mal zugeben, je 4 min einwirken)

14 min Backen bei 170 °C

5 min Backen bei 180 °C

Geräte: Waage

Schüssel

Schlesinger

Kneter

Backofen mit Backprogrammen und Garraum

Selbständigkeitserklärung

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbst und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Literaturquellen und Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Ort, Datum

Unterschrift