



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

Wintersemester 2013/2014

Bachelorarbeit

Die Gewinnung eines verzehrfertigen Eichelmehls

Verfasser: Anja Kirstenpfad

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer
Dipl. Ing. Sebastian Glaß

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2014-0105-3

Neubrandenburg, den 12.03.2014

Mein größter Dank geht an die fleißigen Helfer, die mich tatkräftig beim Sammeln der Eicheln unterstützt haben.

Abstract

Why not acorns? Nowadays, you used almost all fruits that nature gives so forth, then why not even the acorns. Also acorns are healthy and can count to a fully-fledged diet. In this work, the benefit of the glans is explained in detail as food. The aim of this work was to produce a ready-acorn flour, which is to serve as a basis for various dishes.

Gliederung	Seite
1 Einleitung	5
2 Stand der Wissenschaft und Technik	6
2.1 Eichenbestände in Deutschland.....	6
2.2 Ertrag der Eichenbäume	7
2.3 Ernährungsphysiologische Bedeutungen der Eicheln	8
2.2 Eicheln als Notnahrung in vergangenen Zeiten	11
2.4 Gerbstoffe der Eichel	11
3 Material und Methoden	13
3.1 Versuchsplanung	13
3.2 Rohstoffe	14
3.3 Geräte	14
3.4 Aufbereitung der Eicheln	14
3.4.1 Ernte.....	14
3.4.2 Sortierung.....	16
3.4.3 Trocknung und Lagerung.....	16
3.5 Verarbeitung der Eicheln	16
3.5.1 Abtrennen der Schale	16
3.5.2 Wässern der Eichelkerne.....	17
3.5.3 Trocknen der Eichelkerne	17
3.5.4 Vermahlen der Eichelkerne.....	17
3.6 Bestimmung des Feuchtegehaltes	18
3.7 Verarbeitung des Eichelmehles	18
4 Ergebnisse und Auswertung.....	19
4.1 Ausbeute der Eicheln	19
4.2 Trocknen der Eicheln	20
4.3 Verarbeitung der Eicheln mittels Küchenmaschine	20
4.4 Abtrennen der Schalenbestandteile	22
4.5 Einfluss des Wässerns der Eicheln.....	22
4.6 Trocknen der Eichelkerne	24
4.7 Mehlgewinnung.....	24
4.8 Feuchtegehalt	25
4.9 Verarbeitung des Mehls	25

4.10 Sensorische Beurteilung	25
4.10.1 Mehl	25
4.9.2 Plätzchen	27
5 Diskussion	27
6 Zusammenfassung	28
7 Literaturverzeichnis	30
8 Abbildungsverzeichnis	31
9 Tabellenverzeichnis	32
Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit	33

1 Einleitung

Die Eiche ist einer der bedeutendsten Bäume in der Bundesrepublik Deutschland.

In früheren Zeiten waren die Eicheln vor allen in der Schweinemast von großer Bedeutung. Für den Menschen wurden sie eher in Notzeiten genutzt, wobei sich hier schon eine interessante Vollwerternährung herausbildete. Ziel der Arbeit ist es, den Nutzen der Eicheln als Nahrungsmittel zu bestätigen und zu kräftigen, indem im Rahmen dieser Arbeit die Eichel zu einem verzehrfertigen Eichelmehl verarbeitet wird. Welches gut verdaulich und genießbar ist und zur Herstellung von verschiedenen Lebensmitteln Anwendung finden kann. Dazu müssen zunächst die Eicheln gesammelt, gereinigt, sortiert und getrocknet werden. Anschließend muss nach geeigneten Mitteln gesucht werden, auf welche Weise die Schale von den Kernen getrennt werden kann. In den Versuchen wird die Methode mit einer Küchenmaschine zur Anwendung gebracht. Da die Eicheln mit einem hohen Gehalt an Gerbstoffen gekennzeichnet sind und somit einen bitteren und stark adstringierenden Charakter beim Verzehr aufweisen, wird in der Arbeit eine entsprechende Methode zum Extrahieren der Bitterstoffe entwickelt. Hierbei soll sich 24 stündiges Wässern mit kaltem Wasser als ausreichend bewahrheiten. Mittels einer elektrischen Mühle sollen die Eichelkerne anschließend vermahlen werden. Zuvor müssen diese auf einen geeigneten Feuchtegehalt getrocknet werden, damit das Mahlen leicht verlaufen kann. Außerdem wird als Zusatz eine Anwendung des Mehls für ein geeignetes Lebensmittel gefunden werden. Im Rahmen dieser Arbeit sollen alle Methoden Anwendung finden und auf den Nutzen hin überprüft werden, dass am Ende ein verzehrfertiges Eichelmehl vorliegt.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Eichenbestände in Deutschland

Die Eiche gehört zur Familie der Buchengewächse. Die Gattung Eiche umfasst etwa 500 Arten. Die größte Vielfalt an Eichenarten liegt in Asien und Amerika vor. In Europa findet man lediglich 17 Arten (Strasburger E., 1998). In der Bundesrepublik Deutschland sind zwei Eichenarten heimisch, die Traubeneiche und die Stieleiche. Die Stieleiche gedeiht am besten auf fruchtbaren, lockeren Aueboden der Ebene, wächst aber auch noch auf lehmigen, frischen Sandboden. Außerdem ist sie sehr anpassungsfähig und verträgt starke klimatische Veränderungen, die manch anderer Baum nicht überleben würde. Ihr Stamm ist eher kurz und früh verzweigend. Die Blätter der Stieleiche sind derb, buchtig gelappt und kurzgestielt. Die Oberseite des Blattes ist dunkelgrün, die Unterseite dagegen hellgrün. Die Eicheln hängen an einem langen Stiel und sind eiförmig (Strasburger E., 1998). Stieleichen können ein Alter von 500 bis 800 Jahren, seltener auch 1000 Jahren erreichen (li-hamburg, 2010) und gehören somit zu den robustesten und ältesten Eichenarten. Die Traubeneiche bevorzugt eher trockene Standorte und wächst in wärmeren Lagen des Berg- und Hügellandes. Ihr Stamm ist lang mit einer schlanken Krone. Die Blätter der Traubeneiche besitzen einen langen Stiel und haben eine keilförmige Form. Die Eicheln sitzen direkt an den Zweigen der Traubeneiche (Strasburger E., 1998). Stiel- und Traubeneiche sind neben der Buche die wirtschaftlich wichtigsten Laubbäume in Mitteleuropa. Immer mehr werden Eichenarten aus fremden Ländern kultiviert, so zum Beispiel die Roteiche. Man sieht sie vor allen in Nordamerika, wo sie besonders im Herbst mit ihrer typisch, tief scharlachroten Blattfärbung in den ausgedehnten Wäldern hervorsticht. Die Roteiche besitzt langgestielte, gefiederte Blätter und große, eirunde Früchte (Strasburger E., 1998). Sie ist oft in angelegten Parkanlagen zu finden.

Alle Eichenarten aufzuführen würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, deshalb wurden stellvertretend die Arten genannt, die für diese Arbeit relevant sind.

Der Flächenanteil der Stiel- und Traubeneiche beträgt in der Bundesrepublik Deutschland 9 % der Waldfläche (BML, 1998). Die Ergebnisse der Bundeswaldinventur Oktober 2002 zeigen, dass rund 11,1 Mio. Hektar mit Wald bedeckt sind (knapp ein Drittel der Gesamtfläche). Der deutsche Wald wird von Fichte (Flächenanteil 28,2 %), Kiefer (23,3 %), Buche (14,8 %) und Eiche geprägt. Die Eiche nimmt somit ungefähr 1 Mio. Hektar der deutschen Waldfläche ein (BWI, 2003). In Abbildung 1 wird der Flächenmäßige Anteil der Holzartenverteilung an Eiche in Deutschland und den einzelnen Bundesländern aufgezeigt. Anhand der Holzverteilung kann auf die Verteilung der Eichen in Deutschland geschlossen werden. Hierbei wird immer von den zwei Haupteichenarten Stiel- und Traubeneiche ausgegangen.

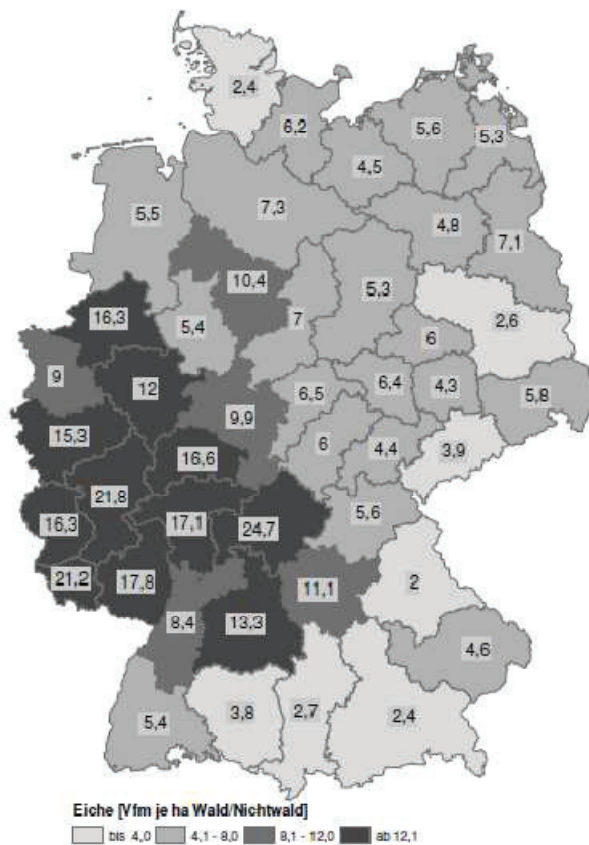


Abbildung 1: Konzentration des Holzvorrates für Eiche (Vorrat je ha Wald/Nichtwald) in den Regionen (Polley H.; Kroiher F., 2006)

Die höchste Verteilung mit knapp 25 m³/ha Wald/Nichtwald hat die Eiche in der Region Unterfranken, in der zum Beispiel der Spessart mit seinem bekannten Eichenvorkommen zu finden ist. Weitere Gebiete mit einem hohen Eichenaufkommen sind Koblenz, Saarland, Rheinhessen und Darmstadt. Die geringste Verteilung an Eichen liegt in Bayern vor (Polley H.; Kroiher F., 2006).

2.2 Ertrag der Eichenbäume

Allgemein wird davon ausgegangen, dass der Ertrag der Eicheln in Deutschland nur alle 10 Jahre eine Vollmast bringt, d.h. dass fast alle Bäume Früchte tragen. Ansonsten treten sogenannte Halbmasten und Sprengmasten auf. Bei den Halbmasten tragen die meisten Bäume an den Waldrändern Samen und die Bäume im Waldbestand nur ganz wenige Früchte. Bei den Sprengmasten ist es genau umgekehrt, hier tragen die Bäume an den Waldrändern nur wenige Samen und die Bäume in den Waldbeständen tragen viele Eicheln. Auf ein Jahr mit einer Vollmast folgt oft ein Jahr mit einer Fehlmast, hier tragen die Bäume sehr wenige bis fast gar keine Samen. Fehlmasten treten häufig nach Frost, während der Blütezeit, auf (proQuercus,

2010). Ein starkes Blühen der Eichenbäume führt nicht in jedem Jahr zu einem guten Samen-ertrag. Schlechtes Wetter während der Blüte kann die Bestäubung und Befruchtung stark be-hindern oder sogar ganz beeinträchtigen. Vor allem starker Frost kann das Gedeihen der Früchte in einer Nacht völlig zerstören. Auch lange Trockenheit im Sommer kann sich nega-tiv auf die Eichelentwicklung ausüben (proQuercus, 2010). Ein starker Befall der Eicheln durch Rüsselkäfer (*Balanus* sp.) mindert das Saatgutaufkommen, die Eicheln sind stark wur-mig. Der Insektenbefall ist umso stärker, je spärlicher die Fruchtbildung ausfällt. Laut der Studie proQuercus 2010 wurde festgesellt, dass bei Sprengmasten über 25 %, der von Hand geernteten Früchte, wurmstichig waren. Der pathogene Pilz *Ciboria batschiana* (Schwarzfäule) ist der schädlichste Parasit der Eicheln. Seine Anwesenheit ist mit bloßem Auge sehr schwer festzustellen (proQuercus, 2010). Er kann mittels einer Thermotheapie (Wasserbad von 3 Stunden bei ca. 41°C) oder einer speziellen Elektronenbehandlung bekämpft werden (Wulf A., Schröder T, 1997).

2.3 Ernährungsphysiologische Bedeutungen der Eicheln

Im nachfolgenden Text wird oft von der Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit der Eicheln be-zogen auf die Schweinemast Bezug genommen, da in der Literatur noch sehr wenig über die ernährungsphysiologische Bedeutung der Eicheln für den Menschen bekannt ist. Die Verdau-ung vom Schwein ist nahezu identisch mit der vom Menschen, somit kann hierauf Bezug ge-nommen werden.

Die Frucht der Eiche wird aufgrund ihres Aufbaus zu den Nüssen gezählt (Strasburger, 1998). Die Eicheln bestehen aus einem dünnen, schalenartigen, zerbrechlichen Fruchtgehäuse, einer braunen Samenhaut und den aus großen, gewölbten, fleischigen Keimblättern gebildeten Sa-men (Strasburger, 1998). Bereits 1853 beschäftigte sich Strumpf mit der Nährstoffzusammen-setzung in Eicheln. In Tabelle 1 werden die Hauptbestandteile der Eichel aufgeführt. Eicheln zeichnen sich durch einen hohen Gehalt an Kohlenhydraten (hauptsächlich Stärke und glyco-sidartige Verbindungen) und einen niedrigen Protein- und Rohfasergehalt aus.

Tabelle 1: Hauptnährstoffzusammensetzung in Eicheln

	Stärke (%)	Zucker (%)	Eiweiß (%)	Fett (%)
Hübner (2005)	35,00	7,00	6,00	15,00
Strumpf (1853)	36,94	7,00	-	3,27

1913 beschäftigte sich Engels mit der genaueren Zusammensetzung der Eicheln. Er hat ganze Eicheln, aber auch die Schalen und Kerne separat auf ihre Zusammensetzung untersucht. Auch einige weitere Autoren haben sich, in Hinblick auf die Schweinemast, mit der Zusammensetzung von Eicheln beschäftigt, welche in nachfolgender Abbildung dargestellt werden.

Literaturstelle	Eicheln	TS	OS	Rp	Rf	Rfa	NFE	Asche
		% uS	% TS					
Engels (1913)	ganz	62,9	97,2	6,1	3,1	9,9	78,1	2,8
	Kerne		97,2	6,6	3,4	4,0	83,2	2,8
	Schalen		97,7	3,4	1,0	49,3	43,4	2,3
DLG-Werte (ca.1960)	frisch	60,3	98,4	3,5	2,0	6,4	46,8	1,6
	getrocknet	86,9	97,4	6,2	3,7	12,6	61,8	2,6
Nehring (1972)	frisch, unentsch.	88,0	97,6	6,5	4,9	14,1	72,1	2,4
	getrocknet, unentsch.*	88,0	97,0	7,1	4,3	14,5	71,1	3,0
	getrocknet, entschält *	88,0	97,0	7,9	5,4	6,7	77,0	3,0
Furr et al. (1979)	Kerne							
Rakic et al. (2005)	getrocknet	92,1	97,9	4,2				2,1
Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule (2005)	ganz	33,4	97,9	5,7	8,3	14,5	69,4	2,1

Abbildung 2: Zusammensetzung der Eicheln (Golling K.,2008)

uS = ursprüngliche Substanz, TS = Trockensubstanz, OS = organische Substanz,

Rp = Rohprotein, Rf = Rohfett, Rfa = Rohfaser, NFE = N-freie Extraktstoffe

Selbst der Mineralstoffgehalt an Eicheln wurde schon sehr zeitig bestimmt. Bereits 1883 lieferte Hornberger erste Ergebnisse. Auch Engels (1913) fand ähnliche Werte.

	Ca	P	Mg	Na	K	S	Cl	Si	Fe	Cu	Zn	Mn
Hornberger (1883)	1,1	1,4	0,7	0,1	11,6	0,4	0,4	0,1				
Engels (1913)	0,9	1,5										
Furr et al. (1979)	0,9		0,5	0,01	8,5	1,2	0,05	0,02	0,08	0,007	0,02	0,004
Rakic et al. (2005)	1,0	1,0	0,4		8,3				0,04	0,006	0,01	0,003
Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule (2005)	1,7	1,4	0,5	0,4	9,0		0,2		0,03	0,004	0,01	0,02

Abbildung 3: Mengen- und Spurenelemente in Eicheln; Gehalt in g/kg TS (Golling K.,2008)

Die Analysen der Einzelnen Autoren sind annähernd identisch, vereinzelte Abweichungen können sich durch verbesserte Analysetechniken, aber auch durch Unterschiede in der Lagerung oder im Reifezustand der Eicheln erklären. Einige Autoren, wie zum Beispiel León-Camacho et al. (2004) oder Cantos et al. (2003), bestimmten die Zusammensetzung der Fettsäuren in Eicheln näher, welche in nachfolgender Abbildung dargestellt werden.

Literaturstelle	Rohfett (% uS)	Ölsäure (% Rf)	Linolsäure (% Rf)	Palmitinsäure (% Rf)	Linolensäure (% Rf)	Stearinsäure (% Rf)
León-Camacho et al. (2004)	5,5	60	27	14	2	2
Cantos et al. (2003)	2,6	63	17	12	0,8	2

Abbildung 4: Fettsäurezusammensetzung in Eicheln (Golling K.,2008)

Die Eicheln stellen in erster Linie eine gut verdauliche Kohlenhydratquelle dar. Bei der Schweinefütterung müssen zusätzliche Eiweiße, entsprechend der Nahrungsaufnahme, zugegeben werden. Die Verdaulichkeit der Eicheln bei Schweinen liegt von ungeschälten Früchten bei 69 % und von geschälten Früchten bei 82 % (Nehring K., 1972). Des Weiteren besitzen Eicheln einen hohen Gehalt an Polyphenolen. Im Volksmund wird oft gesagt, dies seien die Gerbstoffe der Eicheln, die den bitteren und adstringierenden Stoff bilden, dies ist aber chemisch nicht ganz korrekt. Die Polyphenole bzw. auch die Tannine (Gerbstoffe) der Eichel dienen einerseits der Pflanze als Abwehrstoff gegen Krankheiten und Schädlinge, sowie als UV-Schutz, andererseits haben sie eine ernährungsphysiologisch wichtige Bedeutung. Sie wirken antioxidativ (Schutz vor freien Radikalen, die Zellen oxidativ schädigen), anticancerogen (Senkung des Krebsrisikos), anti-inflammatorisch (entzündungshemmend), antimikrobiell, blutdrucksenkend und blutzuckerregulierend (Biendl M., 2005). Selbst in der medizinischen Heilkunde findet die Eichel Anwendung. Die Rinde kann zum Beispiel in Form eines Tees bei Durchfällen und zur Kräftigung des Darms eingesetzt werden. Die Eicheln können bei Entzündungen im Mund und im Darmbereich eine positive Wirkung erzielen. Der Gerbstoff der Eicheln festigt die Schleimhäute im Mund und Darm, somit können sich Bakterien nicht mehr oder zumindest nur eingeschränkt anlagern. Die adstringierende Wirkung der Eicheln, also das Zusammenziehen von Magen und Schleimhaut, durch die Gerbstoffe, kommt aufgrund der Denaturierung von oberflächlich gelegenen Proteinen zustande. Dieser Effekt ist durchaus sehr heilsam, denn das zusammengezogene Gewebe wird vom Körper abgestoßen und somit ein neues Gewebe gebildet (Golling K.,2008).

2.2 Eicheln als Notnahrung in vergangenen Zeiten

Vor der Einführung der Kartoffel, in der Mitte des 18. Jhd., waren die Eicheln für die Menschen ein wichtiges Nahrungsmittel. Aus ihnen wurde Mehl hergestellt, welches mit Getreidemehl vermischt wurde und zu Brot gebacken. Man vermischte das Eichelmehl auch mit Honig und süßen Früchten und aß es roh. Nach den beiden Weltkriegen dienten Eicheln als Kaffeeersatz, denn Eicheln waren günstig, sie konnten selbst leicht besorgt werden und gut eingelagert bzw. gleich verarbeitet werden. 1946 brachte Erika Lüder das erste und bis jetzt das einzige Eichelkochbuch heraus: „10 Pfund Eicheln sind 7 Pfund Eichelmehl“. In diesem beschreibt sie zunächst das Sammeln und die Lagerung der Eicheln. Anschließend ist eine detaillierte Anleitung über die Gewinnung eines Eichelmehls aufgeführt. Ausgehend von diesem Mehl werden zehn Rezepte im Buch zum nachkochen angeboten, von Eichelsuppe über Eichelpudding bis hin zum Eichelbrot. Auch die amerikanischen Ureinwohner haben über Generationen Zubereitungen der Eicheln entwickelt, sodass diese noch heute auf dem Speiseplan stehen („Native Californian Diet“). Selbst heute noch werden besonders im mediterranen Raum, von ärmeren Bevölkerungsschichten, Eicheln als Nahrungsmittel genutzt (Rakic S., 2006). Auch Spanier, Italiener, Koreaner, Chinesen und Japaner schätzen die Eichel als Nahrungsmittel.

2.4 Gerbstoffe der Eichel

Die Eicheln enthalten etwa 8-15 % Gerbstoffe, wozu vor allem die Catechine, Ellagitannine und komplexe Tannine zählen (Hunnius C., 2004). Die Gerbstoffe, auch Tannine genannt, sind polyphenolische Verbindungen und sind in nahezu allen Pflanzen anzutreffen. Die Extrakte der gerbstoffreichen Pflanzen, wie zum Beispiel aus Eichenblättern, wurden früher hauptsächlich zum Gerben von Leder verwendet. Hierbei spielen vor allem zwei Stoffklassen eine wichtige Rolle, die Catechine und die von der Gallussäure abgeleiteten Tannine (Lindner E., 1990). Die Gallussäure ist das Ausscheidungsprodukt der Gallwespe, hier speziell der Eichengallwespe. Diese stechen ihre Eier in die Blätter und Früchte der Eichen und hinterlassen sogenannte Gallen, welche zu 55-60 % aus der Gallussäure, den Tanninen, bestehen (Lihamburg, 2010). Die Tannine besitzen eine stark adstringierende Wirkung, somit schmecken die Eicheln, wenn sie roh verzehrt werden, eher bitter, was wiederum von der Eichensorte abhängig ist. Oft wird gesagt, dass die deutschen Eicheln einen bittereren Geschmack als die amerikanischen Eicheln aufweisen. Wenn die phenolischen Verbindungen mit den Speichel- und Glykoproteinen im Mund reagieren wird der Mund trocken. Durch die daraus folgende,

ungenügende Einspeichelung wird die Gleitfähigkeit der Nahrung verhindert. Die Schädigende Wirkung für die Nahrungsaufnahme beruht auf Bindungen mit verschiedenen Eiweißverbindungen im Verdauungstrakt. Die Gerbstoffe binden die Verdauungsenzyme und hemmen damit deren Funktion, somit kommt es zu einer unvollständigen Verdauung bzw. zu Verdauungsproblemen, wenn ein Übermaß an Gerbstoffen zu sich genommen wird. Bei einer gewissen Menge kann es auch fördernd für die Verdauung sein und vor allem gegen Durchfall helfen (Lindner E., 1990). In der Medizin wird eine Tagesdosis von 3 g Droge pro Tag empfohlen (z.B. drei Tassen Tee pro Tag), wobei hier von der Eichenrinde und unbehandelten grünen Früchten ausgegangen wird, die bis zu 20 % Gerbstoffe enthalten können (Hunnius C., 2004). Die Catechine und die freien Gallussäuren bilden mit Eisen schwerlösliche Komplexe und können somit die Eisenresorption im Körper hemmen. Also wäre bei einem Übermaß an Gerbstoffen ein Eisenmangel denkbar (Lindner E., 1990). Bei der Reifung bzw. Keimung der Eicheln können die Gerbstoffe abgebaut werden. Sie wirken dadurch weniger adstringierend und verlieren ihren bitteren Geschmack. Die Keimung findet entweder auf natürlichem Wege gegen das Frühjahr hin statt oder sie kann künstlich durch gleichmäßige Wärme und Befeuchtung der Eicheln hervorgerufen werden. Aus den Eicheln, die nicht gekeimt haben, kann der Gerbstoffgehalt ganz einfach durch Wässern herausgezogen werden, da die Gerbstoffe zu den wasserlöslichen Substanzen zählen. Des Weiteren können die Eicheln ca. 20 min gekocht werden, um die Tannine zu extrahieren, hierbei können aber andere Nährstoffe der Eichel verloren gehen. Da der Gerbstoffgehalt in den Eicheln mit 15 % nicht sonderlich hoch ist, würde ein 24 Stündiges Wässern mit kaltem Wasser ausreichen. Des Weiteren wird somit auch der Eigengeschmack der Eichel beibehalten.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsplanung

Alle Versuche wurden im Technikumsmaßstab durchgeführt. Ziel der Versuche war es, ein verzehrfertiges Mehl aus Eicheln herzustellen. Ausgegangen wird von der noch rohen, ungenießbaren Eichel am Baum. Zunächst muss ein geeigneter Ort und eine günstige Methode zum Sammeln der Eicheln gefunden werden. Wenn genügend Eicheln gesammelt wurden, folgt eine Reinigung und Aussortierung. Nicht alle Eicheln sind zur Weiterverarbeitung geeignet. Einige weisen einen Maden- oder Schimmelbefall auf. Da die Eicheln mit einem hohen Wassergehalt gekennzeichnet sind und zusätzlich durch das Reinigen erneut Wasser aufnehmen, müssen die Eicheln getrocknet werden. Wenn die Trocknung gut gelaufen ist, muss nach einer geeigneten Methode zur Abtrennung der Schalen, von den Eichelkernen, gesucht werden. Denn die Schalen- und Hautbestandteile der Eichel können nicht mit vermahlen werden, da diese zu hart und außerdem ungenießbar sind. Die Eichel an sich ist roh nicht zu verzehren, da sie einen hohen Gehalt an Gerbstoffen aufweist. Demzufolge müssen im nächsten Schritt die Gerbstoffe der Eichel entfernt werden. Dies wird in den Versuchen durch 24 stündiges Wässern getestet. Anschließend müssen die Eichelkerne erneut getrocknet werden. Nach dem Trocknen kann dann das Mahlen zu feinem Eichelmehl erfolgen. Als Zusatz der Arbeit wurden anschließend aus dem Mehl Plätzchen gebacken. Das nachfolgende Fließschema soll die geplante Vorgehensweise verdeutlichen.

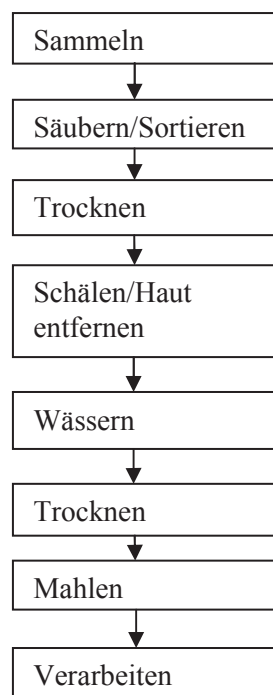


Abbildung 5: Fließschema Verfahrensschritte von der Eichel zum Mehl

3.2 Rohstoffe

Für die Versuche werden die Eicheln der Stiel- und Traubeneichen verwendet. Diese wurden im Kulturpark Neubrandenburg und in Zabelsdorf im Landkreis Oberhavel gesammelt. Es werden nur gesäuberte und gut getrocknete Eicheln verwendet.

3.3 Geräte

Verwendet wird die Küchenmaschine von der Firma Braun mit dem ganz groben Schneidaufsatz. Zum vermahlen der Eichelkerne wird die Zentrifugalmühle ZM 1000, mit dem 2 mm Reibaufsatz, genutzt. Als weiteres Gerät, zur Bestimmung des Feuchtegehaltes des Mehls, wird der Schnellfeuchtebestimmer Satorius MA 40 verwendet.

3.4 Aufbereitung der Eicheln

3.4.1 Ernte

Die Ernte der Eicheln, von Stiel- und Traubeneiche, erfolgt durch fleißige Helfer per Hand. Gesammelt werden nur Eicheln die auf dem Boden liegen, nicht mehr grün sind und keine Löcher aufweisen. Zunächst muss ein geeigneter Ort und Erntezeitraum bestimmt werden. Dafür wurde das Gespräch mit den jeweiligen Revierleitern der Region um Neubrandenburg gesucht, diese konnten keine genaue Auskunft über den Ertrag geeigneter Eichenbäume geben. Somit musst selbst Ausschau nach geeigneten Bäumen gehalten werden. Auch der Erntezeitraum wird entsprechend den Witterungsverhältnissen angepasst. Laut Literatur fallen die Eicheln von August bis Ende Oktober von den Bäumen. Die ersten Eicheln, die fallen, sollten meist nicht verwendet werden, da sie noch zu madig sind (Lüders E., 1946). Eicheln die am Baum hängen sind noch grün, unreif und besitzen einen hohen Gehalt an Gerbstoffen und dürfen somit nicht gepflückt werden. Auch die Eicheln die längere Zeit auf dem Boden lagen sollten nicht verwendet werden, diese sind oft madig oder weisen einen Schimmel- oder Pilzbefall auf. Junge Eichen tragen meist noch keine Früchte.

Die Möglichen Erntetechniken die zum sammeln der Eicheln genutzt werden können, sind zum einen die Ernte mit der Hand, wie sie im Laufe dieser Arbeit angewandt wurde, die Ernte mit Netzen oder die Ernte mit Hilfe eines Sauggerätes. Die Ernte per Hand bietet den Vorteil, dass schon während des Sammelns die unbrauchbaren Eicheln aussortiert werden können. Nachteilig ist bei dieser Methode der hohe Zeit- und Arbeitsaufwand. Ein weiteres Verfahren wäre die Ernte mit Hilfe von feinen Netzen. Diese eignet sich vor allem in ebenen bis leicht geneigten Gegenden, ohne großen Unterwuchs und wenig Nebenbestand. Die Netze werden

unter die Bäume auf den Boden gelegt, günstig wäre dies an Tagen mit erhöhten Windgeschwindigkeiten durchzuführen (proQuercus, 2010). Diese Erntetechnik eignet sich besonders gut für größere Saatgutmengen. Der Vorteil ist, dass die Eicheln nicht in direkten Kontakt mit den Boden treten, deshalb ist auch die Gefahr des Schimmel- und Pilzbefalles geringer. Nachteilig ist zum einen das Auslegen der Netze am frühen Tag und rasches einholen der Netze gegen Abend, damit möglichst wenig Laub und anderer Unrat auf die Netze fällt. Wenn es während der Erntezeit regnet, kann die Trennung der Eicheln und dem nassen Laub auf den Netzen relativ beschwerlich sein. Des Weiteren müssen regelmäßige Kontrollen der Netze auf Schädigungen, durch zum Beispiel Wild oder in stadtnähe durch Vandalismus, durchgeführt werden. Die ausgelegten Netze im Wald sind bei Jägern sehr unbeliebt, es müssen unbedingt vorherige Absprachen mit dem jeweiligen Revierleiter gehalten werden (proQuercus, 2010). Eine weitere Erntetechnik ist die Eicheelernte mittels eines Sauggerätes. Hierzu wurde der sogenannte „Tonutti“ für die Samenernte bei Eichen, zur Waldverjüngung entwickelt (proQuercus, 2010). Wie in Abbildung 6 dargestellt, handelt es sich hierbei um einen Traktor mit einem Saugansatz, womit Eicheln, Laub und kleine Ästchen aufgesaugt werden. In einer am Saugschlauch angeschlossenen Trommel und einem Steigsichter wird das Saatgut vom Laub und anderem Unrat getrennt und grob vorgereinigt (proQuercus, 2010). Die Vorteile liegen in einer großen und raschen Erntemenge. Die Nachteile überwiegen bei dieser Methode. Bei Regen und nassem Laub kann die Leistung des Saugers sehr stark absinken. Dadurch das Humus und Blätter in der Trommel in starken Kontakt mit den Eicheln treten, kann es zu einem starken und raschen Schmutz- und Pilzbefall kommen, deshalb muss das Saatgut anschließend gut nachgereinigt und gewässert werden (proQuercus, 2010).



Abbildung 6: Maschinelle Ernte mit Sauggerät „Tonutti“ (proQuercus, 2010)

3.4.2 Sortierung

Die frisch gesammelten Eicheln werden sofort nach der Ernte in ein mit Wasser gefüllten Behälter gegeben und gesäubert. Die leichten und somit kranken, madigen Eicheln, sowie leichte Abfälle, wie Blätter oder Hüllen, schwimmen obenauf und können abgesammelt werden. Wohingegen die schwereren, gesunden Eicheln auf dem Boden des Behälters bleiben.

3.4.3 Trocknung und Lagerung

Die frisch geernteten Eicheln weisen einen hohen Wassergehalt auf. Deshalb dürfen sie nicht in Säcken oder Eimern gelagert werden, da die Eicheln sich rasch erhitzen, schnell schimmelig werden und demnach verderben können. Die gesammelten Eicheln werden nach der Reinigung flach auf Zeitungspapier und Kartons zum Trocknen bei Zimmertemperatur ausgelegt.

Die Eicheln müssen ab und zu bewegt und durchgeschaut werden, da noch während der Trocknung Maden schlüpfen können und andere Eicheln befallen würden.

3.5 Verarbeitung der Eicheln

3.5.1 Abtrennen der Schale

Das Abtrennen der Schalenbestandteile, also Außenschale und Schalenhaut, vom Fruchtkern, erfolgt mit Hilfe einer Küchenmaschine. Hierbei wird der größte Schneideblattaufsatz verwendet (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Küchenmaschine zum Brechen der Schalenteile

Das Schalenablösen der Eicheln funktioniert am besten, wenn die Eicheln gut getrocknet sind und die Schalen schon von allein aufplatzen. Dies könnte eventuell beschleunigt werden, indem die Eicheln in einer Pfanne geröstet werden. Hier muss Acht gegeben werden, denn die Eicheln werden schnell schwarz. Anschließend werden die getrennten Bestandteile zusammen

in einen Behälter gegeben und ca. 1 min. mit kochendem Wasser überbrüht, dadurch lösen sich die restlichen Häute von den Kernen. Die Häute und Schalenbestandteile sind leichter als die Kerne und schwimmen somit an der Oberfläche. Dort können sie dann mit Hilfe eines Schaumlöffels abgeschöpft werden. Hierbei kann dem Wasser zusätzlich eine 3 %ige Salzlösung hinzugegeben werden. Somit erhöht sich die Dichte des Wassers und es gelangen noch mehr Samenbestandteile an die Oberfläche.

3.5.2 Wässern der Eichelkerne

Um die Gerbstoffe aus den Eicheln zu lösen, werden die Kerne 24 Stunden mit kaltem Wasser gewässert. Das Wasser muss während dieser Zeit mehrmals gewechselt werden. Wenn sich das Wasser nicht mehr verfärbt, dann kann der Prozess schon frühzeitig abgebrochen werden. Das Herauslösen der Gerbstoffe beruht auf dem Prinzip der Fest-Flüssig Extraktion. Hierbei wird aus einem festen Stoffgemisch (Eichelkerne) eine Stoffkomponente (Gerbstoffe) selektiv durch eine Zusatzflüssigkeit gelöst (Wasser).

3.5.3 Trocknen der Eichelkerne

Die mit einem hohen Wassergehalt gekennzeichneten Eichelkerne müssen jetzt getrocknet werden. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Es werden zwei Versuche durchgeführt. Bei dem ersten Versuch werden die Kerne auf Küchenpapier ausgelegt und 24 Stunden bei Raumtemperatur getrocknet. Beim zweiten Versuch werden die Eichelkerne mit Hilfe eines Ofens getrocknet. Die Kerne werden auf einem Blech verteilt und eine Stunde bei 100°C Umluft getrocknet.

3.5.4 Vermahlen der Eichelkerne

Die gut getrockneten Kerne werden mit Hilfe einer elektrischen Mühle zu einem feinen Eichelmehl vermahlen. Das Mahlwerkzeug der Mühle besteht aus einer feststehenden und beweglichen Wirkstelle. Das Mahlgut wird über eine Schwingrinne dosiert, in der Mühle durch Reibung zerkleinert und mittels eines Auffangbehälters aufgefangen (Beyrer M., John T, 2010). Getestet wird das Mahlen der Eichelkerne mit dem Stiftmühlenaufsatz und mit dem 2 mm Reibaufsatz. Die Eichelkerne müssen für die Mahlung gut getrocknet sein.

3.6 Bestimmung des Feuchtegehaltes

Von beiden Versuchen wird der Feuchtegehalt des Mehles mit Hilfe des Satorius MA 40 Schnellfeuchtebestimmer ermittelt. Hierzu wird eine kleine Menge des Mehles auf eine metallene Probenschale aufgegeben und auf die Waage des Feuchtemessgerätes gestellt. Durch eine Infrarot-Strahlungsquelle, die sich in dem Messgerät befindet, wird IR-Strahlung erzeugt. Diese verdampft die flüchtigen Bestandteile des Mehles und die Waage ermittelt den Gewichtsverlust, der prozentual zur anfänglichen Gesamtmasse ausgegeben wird.

3.7 Verarbeitung des Eichelmehles

Das Eichelmehl kann als Rohstoff für weitere Lebensmittel Verwendung finden. In einem Versuch werden aus dem Mehl Plätzchen hergestellt. Hiermit soll überprüft werden, ob das Eichelmehl, zum Beispiel zum Plätzchen backen, geeignet ist. Folgende Zutaten werden zur Zubereitung der Plätzchen verwendet:

200 g Eichelmehl

150 g Weizenmehl

125 g Zucker

30 g Butter

100 ml Wasser

Alle Zutaten werden genau abgewogen, in eine Schüssel gegeben und zu einem festen Teig geknetet. Der Teig wird zu einer Kugel geformt und ca. 30 min im Kühlschrank ruhen gelassen. Nun können aus dem Teig, mit einer passenden Form, Plätzchen ausgestochen werden. Diese werden anschließend auf ein Blech mit Backpapier ausgelegt und bei 180°C Umluft für ca. 15 min gebacken.

4 Ergebnisse und Auswertung

4.1 Ausbeute der Eicheln

Ernteorte waren zum größten Teil der Kulturpark Neubrandenburg und in Zabelsdorf im Landkreis Oberhavel. Hier wiesen die Eichenbäume den größten Ertrag an Eichensaatgut auf. Des Weiteren waren an den genannten Orten genügend Helfer vorhanden. Außerdem befinden sich die Sammelorte in keinem Revierbereich, sondern sind Eigentum der Stadt, somit muss keine Erlaubnis zum Sammeln der Eicheln des jeweiligen Revierleiters eingeholt werden. Nicht unter jeder Eiche waren Eicheln vorhanden. Es erwies sich als schwierig, geeignete Bäume mit ausreichend Ertrag an Eicheln, zu finden. Gerade unter großen und alten Bäumen war der Vorrat an Eicheln relativ rar. Und im Wald war es schwierig im Dickicht überhaupt Eicheln zu sehen. Davon ist auszugehen, dass das Jahr 2013 kein ertragsreiches Jahr an Eichensaatgut darstellte. Der Erntezeitraum der Eicheln für die Arbeit erstreckte sich von September bis November. In diesen Monaten wurde ungefähr an vier Tagen ca. eine Stunde gesammelt, somit wurde ein Ernteaufwand von 12 Stunden betrieben. Die Anzahl der Helfer betrug meist zwei bis fünf Personen. Der Ertrag an Eicheln in den einzelnen Monaten wird in folgender Abbildung dargestellt.

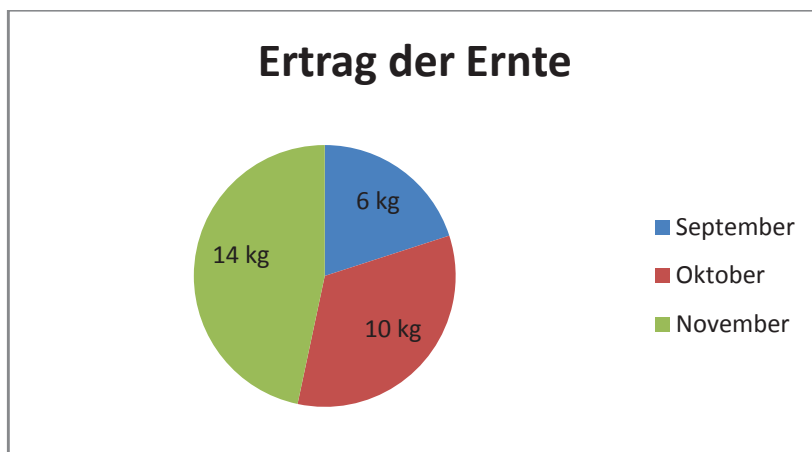


Abbildung 8: Ertrag der Ernte von Eicheln

Der September brachte viele Regentage, somit waren die Eicheln oft nass und es kam zu erhöhtem Schimmelbefall. Die Früchte waren noch zu grün und wiesen sich durch einen hohen Madenbefall aus. Im Oktober und November war recht trockene und windige Luft, somit war die Ausbeute an brauchbaren Eicheln in diesen Monaten ergiebiger.

Es wurden insgesamt 30 kg Eicheln von Stiel- und Traubeneiche gesammelt, davon blieb nach der Reinigung und Aussortierung noch 15 kg brauchbares Material übrig. Somit stand am Ende eine Ausbeute von 50 % Eicheln zur Verfügung. Dies kann damit zusammenhängen,

dass es durch relativ viele Regentage zu starkem Wurm- und Madenbefall der Eicheln führte. Auch während der Trocknung kam es nochmals zu einem Verlust an Eicheln. Abbildung 9 soll einmal die Ausbeute an Eicheln nach Reinigung, Aussortierung und Trocknung aufzeigen.

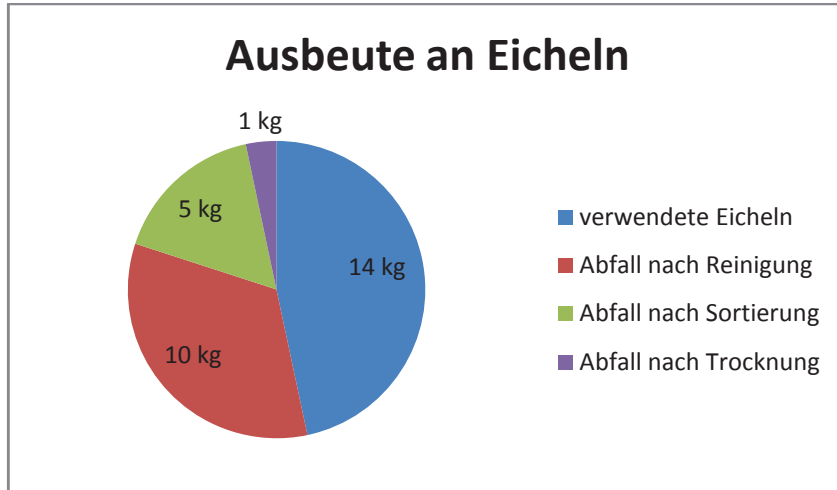


Abbildung 9: Ausbeute an Eicheln nach Reinigung, Sortierung und Trocknung

4.2 Trocknen der Eicheln

Das Trocknen der Eicheln verlief relativ gut und zügig. Schon nach ca. zwei Wochen waren die Eicheln so gut trocken, dass bei einigen die Schale von selbst platzte und abfiel. Wie schon zuvor erwähnt, kam es auch während der Trocknung zu Verlusten an brauchbarem Material. Nach zwei bis drei Tagen wurden die gelagerten Eicheln erneut durchgeschaut und einige von ihnen wiesen neuerlichen Madenbefall auf. Da die Larven der Maden nicht erkennbar sind, kommt es immer wieder vor, dass im Laufe der Lagerung und Trocknung erneut Maden aus den Eicheln schlüpfen. Wenige Eicheln wiesen während der Trocknung zusätzlich einen leichten Schimmelbefall auf. Deshalb wurde ein Großteil der Eicheln bei -18°C eingefroren, um die Lagerung und den damit anfallenden Madenbefall zu verbessern. Diese Eicheln wurden in den nachfolgenden Versuchen nicht verwendet. Sie stehen für weitere Untersuchungen bereit.

4.3 Verarbeitung der Eicheln mittels Küchenmaschine

Für 1 kg Eicheln betrug die Abschälzeit mit der Küchenmaschine ca. eine halbe Stunde. Die Schalenteile platzen, bei den gut getrockneten Eicheln, sofort ab und selbst die Haut löste sich von den Kernen. Nachteilig ist nur, dass durch den Aufsatz die Eichelkerne zerkleinert werden. Es bleiben überwiegend halbe Kerne, zum Teil nur winzige Partikel der Kerne übrig (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: vorliegen der Schalen- und Kernteile nach Behandlung der Eicheln mittels Küchenmaschine

Besser wäre ein Verfahren anzuwenden, bei dem die Schale und Haut leicht abplatzt, aber die Eicheln ganz bleiben. Ein solches Verfahren wird zum Beispiel bei der Behandlung von Haselnüssen eingesetzt. Hierbei werden die Nüsse auf einer Art Mühlstein geknackt. Der Abstand der Mühlsteine ist variabel einstellbar und kann auf die jeweilige Nussgröße eingestellt werden. Somit wird erreicht, dass alle Nüsse geknackt werden, die Kerne selbst nicht zerstört werden (Rapunzel Warenkunde Kompakt). Nachteilig ist das vorherige Sortieren der Eicheln nach ihrer Größe.

In nachfolgender Tabelle werden die Bilanzen von Schale und Kernen aufgestellt. Es wurden zwei Versuche durchgeführt mit jeweils 1kg Eicheln als Ausgangsmaterial. Zu ca. 85 % bleibt in beiden Versuchen eine Ausbeute an brauchbaren Eichelkernen vorhanden.

Tabelle 2: Bilanz der Schalen- und Kernaussbeute

	Einwaage Eicheln (g)	Ausbeute Schalen (g)	Ausbeute Schalen (%)	Ausbeute Eichelkerne (g)	Ausbeute Eichelkerne (%)
1. Versuch	1000	179	17,90	821	82,10
2. Versuch	1000	154	15,40	846	84,60

4.4 Abtrennen der Schalenbestandteile

Durch überbrühen mit heißem Wasser und Dichteabtrennung mit Hilfe der Salzlösung wird der größte Teil an Schalen und Haut entfernt. Diese schwimmen oben auf dem Wasser und können mittels eines Schaumlöffels abgeschöpft werden (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Schwimmen der Schalenteile auf dem Wasser

Dennoch bleiben ca. 10 % an kleinen Schalenteilen übrig. Das Abtrennen der Schale von den Kernen könnte eventuell mit Hilfe eines Windsichters geschehen. Hierbei werden die unterschiedlichen Partikel durch einen Gasstrom, aufgrund ihrer unterschiedlichen Schwerkraft, voneinander getrennt. Dafür müssten aber die Eichelkerne ganz oder zumindest großstückig bleiben, damit sie ein größeres Gewicht als die Schalenteile bilden. Ansonsten würden durch den Luftstrom die kleineren Kernteile mit weggeblasen werden.

4.5 Einfluss des Wässerns der Eicheln

Durch das Wässern der Eicheln lösten sich die Gerbstoffe gut heraus. Das Wasser bekam sofort eine braun-schwarze Färbung und auf der Oberfläche bildete sich ein Film ähnlich beim Tee, wenn man ihn längere Zeit stehen lässt (siehe Abbildung 12). Dieser Film bildet sich durch die Gerbstoffe, die herausgelöst wurden.



Abbildung 12: Herauslösen der Gerbstoffe beim Wässern der Eichelkerne

Ausgegangen wurde von einer Wässerung von 24 Stunden. Während dieser Zeit wurde das Wasser zweimal gewechselt. Das erste Mal nach vier Stunden und das zweite Mal nach 20 Stunden. Das Wässern konnte bei beiden Versuchen schon nach ca. 20 Stunden abgebrochen werden, da sich nach dem Wasserwechsel das Wasser nicht mehr verfärbte. Die Gerbstoffe sind größtenteils herausgelöst, zumindest so viel, dass die Eicheln keinen adstringierenden Geschmack mehr aufweisen. Dies wurde auf sensorische Weise überprüft. Wenn nicht alle Bitterstoffe herausgelöst werden sollen, bzw. der typische leicht bittere Eichelgeschmack beibehalten werden soll, kann das Wässern schon eher eingestellt werden.

Durch das Wässern der Eicheln und durch das Überbrühen der Eicheln mit heißem Wasser ist natürlich ein hoher Wasserverbrauch notwendig. Für 1kg Eicheln werden ca. 2 l Wasser für das Wässern benötigt. Da man das Wasser mindestens noch zweimal wechseln muss, ergeben sich für das Wässern insgesamt 6 l Wasser. Hinzu kommen noch die ca. 2 l Wasser die zum Ablösen der Haut und Schale der Eicheln verwendet werden. Sodass am Ende für 1kg Eicheln mit einer Wasserbilanz von ca. 8 l zu rechnen ist. Dies ist natürlich auf eine größere Menge berechnet ein sehr hoher Wasserverbrauch. Somit müsste geschaut werden, wo Wasser eingespart werden kann. Vielleicht schon bei der Abtrennung der Schalen, indem zum Beispiel das Verfahren mit den Mühlsteinen eingesetzt wird, das im Abschnitt 4.3 erklärt wurde. In Abbildung 13 wird die Wasserbilanz einmal graphisch dargestellt.

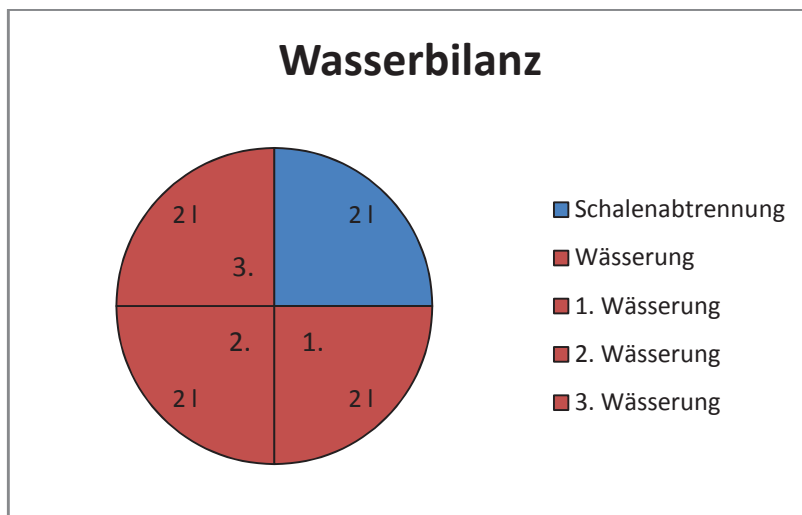


Abbildung 13: Wasserbilanz

4.6 Trocknen der Eichelkerne

Die im ersten Versuch getrockneten Eichelkerne, durch Trocknung von 24 Stunden bei Raumtemperatur, wiesen eine harte und nicht mehr ölige Struktur auf. Die Trocknung verlief sehr gut. Die Eichelkerne waren nach 24 Stunden getrocknet und konnten somit leicht vermahlen werden. Im zweiten Versuch wurden die Kerne im Ofen eine Stunde bei 100°C Umluft getrocknet. Die Eichelkerne waren nach der Trocknung ebenfalls hart und durchgetrocknet, allerdings wiesen sie eine ölige und klebrige Oberfläche auf. Auch in den Kernen war eine ölige Konsistenz vorhanden. Ursache hierfür könnte sein, dass im Ofen das Wasser nicht zirkulieren kann, da es sich um einen abgeschlossenen Raum handelt. Die Hitze trocknet zwar die Eicheln, aber das Wasser kann in dieser Zeit nicht verdampfen. Es werden längere Zeiten der Trocknung benötigt, dies ist wiederum mit einem hohen Stromverbrauch verbunden. Des Weiteren könnte die lange Wärmebelastung eine Gefahr für die Nährstoffe der Eicheln darstellen. Ein weiterer Nachteil bei der Trocknung im Ofen ist, dass die Kerne ab und zu gewendet werden müssen. Wenn dies nicht berücksichtigt wird, dann werden die Kerne schnell schwarz. Das Trocknen bei Raumtemperatur ist zwar zeitaufwendiger, aber die Eichelkerne müssen nicht ständig unter Beobachtung stehen.

4.7 Mehlgewinnung

Die Mehlgewinnung erfolgte am besten mit den Eichelkernen, die 24 Stunden bei Raumtemperatur getrocknet wurden. Die Eichelkerne, die im Ofen getrocknet wurden, waren bei der Vermahlung noch zu feucht bzw. zu ölig. Aufgrund dass die Mühle Wärme abgibt kam es, bei den noch öligen Eichelkernen, zum Verkleben und zu einer Verstopfung der Mahlscheibe. Aufgrund der Zerstörung der Eichelkerne, durch die zuvor verwendete Küchenmaschine, müssen auch kleine Eichelkernteile vermahlen werden. Hierzu eignete sich der 2 mm Reibaufsatz am besten. Bei dem Stiftmühlenaufsatz drehte die Mühle nur durch und schleuderte die kleinen Kernteile untermahlen aus dem Auslass. Ein guter Mahldurchgang dauert bei ca. 850 g Eichelkerne eine halbe Stunde. Nachteilig bei der Verwendung der elektrischen Mühle ist die feine Staubentwicklung durch die Luftaufwirblung, die der Motor der Mühle erzeugt. Deshalb kommt es während der Mahlung mit der elektrischen Mühle zu einem geringen Verlust des Mehles. In nachfolgender Tabelle wird die Ausbeute des Mehls aufgeführt.

Tabelle 3: Ausbeute Mehl nach der Mahlung

	Eichelkerne (g)	Ausbeute Mehl (g)	Ausbeute Mehl (%)	Verlust (g)	Verlust (%)
1. Versuch	821	781,00	95,13	40,00	4,87
2. Versuch	846	786,50	92,97	59,50	7,03

4.8 Feuchtegehalt

Der Feuchtegehalt des Mehls der bei Raumtemperatur getrockneten Eichelkerne weist eine Feuchte von 15,7 % auf. Dieses Mehl konnte gut eingelagert werden und zeigte keine weiteren Veränderungen. Der Feuchtegehalt des Mehls der im Ofen getrockneten Eichelkerne weist eine Feuchte von 19,6 % auf. Dieses Mehl bekam nach einigen Tagen Lagerung einen muffigen Geruch und zeigte eine gräuliche Verfärbung.

Laut Literatur ist ein Feuchtegehalt um die 12 % am geeignetsten für die Mehllagerung, aber auch bei Feuchten von 14,1 % bis 15,5 % ist Mehl gut lagerfähig (Klinger R., 1995).

4.9 Verarbeitung des Mehls

Für die Zubereitung der Plätzchen wurde das Eichelmehl von Versuch 1, den getrockneten Eichelkernen bei Raumtemperatur, verwendet. Die Verarbeitung des Mehls zu Plätzchen erwies sich schwierig. Das Eichelmehl allein bindet nicht, es muss immer ein anderes Mehl, in diesem Versuch Weizenmehl, hinzugegeben werden. Es dauerte eine Weile bis sich der Teig zu einer Kugel kneten lies. Der Teig war sehr bröselig und viel immer wieder auseinander. Auch nach dem Backen des Teiges waren die Plätzchen sehr bröselig und im inneren hohl. Günstiger wäre vielleicht die Verarbeitung des Eichelmehls zu einem Fladenbrot oder ähnlichem.

4.10 Sensorische Beurteilung

4.10.1 Mehl

Das Mehl wurde sofort nach der Fertigstellung optisch begutachtet und verkostet. In nachfolgender Abbildung ist das Eichelmehl dargestellt.



Abbildung 14: Eichelmehl

Das Eichelmehl weist eine hellgelbe Farbe auf. Der Geruch des Mehls ist mild und erinnert ein wenig an das Holz der Eiche. Das Eichelmehl bildet nicht, wie zum Beispiel Weizenmehl, die typische Klebrigkeit, die entsteht, wenn man das Mehl zwischen den Fingern reibt oder mit der Zunge befeuchtet. Die Konsistenz des Eichelmehls ähnelt eher gemahlener Haselnüsse. Die Textur ist weich und „flockig“. Der Geschmack trägt die typische Eichelnote. Das Mehl ist immer noch ein wenig bitter, aber der adstringierende Charakter ist wesentlich geringer gegenüber dem von rohen Eicheln. Die rohen Eichelnkerne wurden schon während der Ernte verkostet. Auch sie weisen eine hellgelbe bis hellbraune Farbe auf. An einigen Stellen sind an den Kernen leicht dunkelbraune Verfärbungen vorhanden. Der Geruch erinnert, wie beim Eichelmehl, an frisch gesägtes Eichenholz. Der Geschmack der rohen Eichelnkerne ist wesentlich bitterer als der Geschmack des Mehles. Bei den Kernen kommt es außerdem noch zu starkem zusammenziehen der Mundschleimhaut beim Kauen. Die Textur ist hart und leicht spelzig. Diese kann schlecht mit dem Eichelmehl verglichen werden, da eine ganz andere Struktur vorhanden ist. In nachfolgender Tabelle werden die sensorischen Eigenschaften der rohen Eichelnkerne und des Eichelmehls gegenübergestellt.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der sensorischen Beurteilung von rohen Eichelnkernen und Eichelmehl

	rohe Eichelnkerne	Eichelmehl
Farbe	hellbraun hellgelb leicht dunkelbraune Flecken	hellgelb
Geruch	nach Eichenholz	nach Eichenholz
Geschmack	stark bitter typische Eichelnote	leicht bitter bis mild milde Eichelnote
Mundgefühl	stark adstringierend	leicht adstringierend bis mild
Textur	hart leicht spelzig	weich „flockig“

4.9.2 Plätzchen

Die sensorische Beurteilung der Plätzchen erfolgte einen Tag nach deren Fertigstellung. Die Plätzchen besitzen eine dunkelbraune Farbe. Ihr Geruch weist einen Charakter von frisch gebackenen Plätzchen auf. Der Geschmack der Plätzchen ähnelt Vollkornplätzchen und hat wenig des typischen Eichelgeschmackes an sich. Sie sind sehr süß und weisen keine Bitternote auf. Die Textur ist sehr bröselig und im inneren sind die Plätzchen hohl. Beim Kauen fallen sie gleich auseinander.

5 Diskussion

Anhand der Ergebnisse ist zu sehen, dass es nicht weiter schwer ist aus Eicheln ein vollwertiges Mehl herzustellen, welches als Grundlage für verschiedene Lebensmittel dienen soll. Zunächst ist es wichtig, gute Eicheln zu finden. Wie sich während der Arbeit herausstellte, war das Jahr 2013 wohl kein Vollmastjahr an Eichensaatgut. Lediglich die Bäume im Kulturpark Neubrandenburg zeigten eine gute Ausbeute. Dennoch wurden in 12 Stunden ca. 30 kg Eicheln gesammelt. Von diesen blieb am Ende eine Ausbeute von 46 % an brauchbarem Material übrig. Der meiste Ausschuss an Eicheln wurde schon während der Reinigung erlangt. 10 kg der Eicheln waren von vornherein madig und wurmstichig. Selbst während der Trocknung trat neuerlicher Madenbefall ein. Dies ist als kritischer Punkt zu betrachten, denn die Larven der Maden sind auf den gesunden Eicheln nicht zu sehen. Sie können jederzeit während der Lagerung schlüpfen und somit den ganzen Vorrat vernichten. Deshalb ist es wichtig die Eicheln immer durchzuschauen. Dies erweist sich natürlich bei größeren Mengen als schwierig. Es muss eine Lösung gefunden werden, wie die Maden bzw. schon die Larven auf einem günstigen Wege beseitigt werden können. Das Ablösen der Schalenbestandteile von den Eichelkernen erwies sich mit Hilfe der Küchenmaschine als gute Lösung. Nachteilig ist hierbei nur, dass die Kerne zum Teil komplett zerstört werden und kaum ganze Kerne übrig bleiben. Des Weiteren ist diese Methode eher eine Variante für den Haus- und Kleinhandwerkgebrauch. Zur großtechnischen Umsetzung wären zum Beispiel Mühlsteine geeigneter, wie sie bei der Verarbeitung von Haselnüssen Einsatz finden. Hierbei werden die Schalen gelöst ohne dass die Kerne zerstört werden. Somit kann auch das Aussortieren der Schalenbestandteile von den Kernen leichter stattfinden. Hierfür könnte zum Beispiel ein Windsichter Anwendung finden. Dieser trennt die unterschiedlichen Partikel aufgrund ihrer unterschiedlichen Schwerkraft mit Hilfe eines Gasstromes voneinander. Die in dieser Arbeit angewandte Methode, mittels der Dichteabtrennung der Partikel durch Wasser mit einer 3%igen Salzlösung, führte zwar zum Erfolg, brachte dennoch nicht die beste Lösung. Am Ende blieben immer noch 10% der

Schalenbestandteile vorhanden. Außerdem ist diese Methode mit einem erhöhten Wasserverbrauch verbunden, der möglichst umgangen werden sollte. Denn schon das anschließende Wässern der Eicheln bringt einen hohen Wasserverbrauch mit sich. Dieser Schritt ist nicht zu vermeiden, da das Wässern der Eicheln einen wichtigen Faktor zur Genießbarkeit des Mehles bietet. Die Eicheln müssen genügend gewässert werden, damit die vorhandenen Gerbstoffe verloren gehen. Wenn noch zu viele Gerbstoffe im Mehl vorhanden sind, könnte es zu Unbekömmlichkeiten, wie zum Beispiel Durchfall, kommen. Auch schmecken die Spieße eher bitter und besitzen einen adstringierenden Charakter. Das Wässern der Eicheln braucht mindestens 20 Stunden, um einen gewünschten, nicht mehr bitteren, Geschmack der Eichelkerne zu erlangen. Vielleicht könnte dies mit einem passenden Lösemittel schneller von statten gehen. Die Trocknung der Eichelkerne erfolgte in den Versuchen am besten bei Raumtemperatur. Das daraus gemahlene Mehl wies am Ende ein Feuchtegehalt von 15,7 % auf und war gut lagerfähig. Kritisch zu sehen ist dabei der Zeitaufwand, denn während der Trocknung vergeht ein ganzer Tag. Vielleicht ist auch eine schonende Trocknung mit Hilfe von Warmluftzufuhr besser geeignet. Dies wird zum Beispiel bei der Haselnussverarbeitung angewandt. Hierbei werden die Nüsse in Silos gelagert und bei einer schonenden Warmluftzufuhr auf den geeigneten Feuchtegehalt herunter getrocknet. Das am Ende entstandene Eichelmehl, der durchgeführten Versuche, wies sich als gut lagerfähig, genießbar und bekömmlich. Ein weiterer Schritt wäre es, eine geeignete Verarbeitung des Mehles zu finden. Da das Eichelmehl nicht sehr gut bindet, muss nach einer passenden Lösungen Ausschau gehalten werden, für welche Lebensmittel das Mehl besonders gut geeignet ist und mit welchen anderen Zutaten es gut harmoniert.

6 Zusammenfassung

Hauptziel der Arbeit war es, aus Eicheln ein bekömmliches und verzehrfertiges Mehl herzustellen. Hierzu wurden zunächst Eicheln gesammelt, gereinigt und aussortiert. Sodass 15 kg brauchbares Material zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stand. Anschließend wurden die Eicheln gut getrocknet, so dass leicht die Schalen abgetrennt werden können. In der Arbeit wurde nach geeigneten Methoden und Varianten zur weiteren Verarbeitung der Eicheln gesucht. Das Schalenabtrennen Erfolgte dann mit Hilfe einer Küchenmaschine. Hierzu wurde der ganz grobe Aufsatz verwendet. Wenn die Eicheln getrocknet sind, dann platzen die Schalen und Häute durch das zerkleinern der Eicheln ganz leicht ab. Anschließend wurden mit heißem Wasser und einer 3 %igen Salzlösung die Schalenteile von den Eicheln entfernt. Da die Eichelkerne einen stark bitteren Geschmack aufweisen, weil sie einen hohen Gehalt an

Gerbstoffen in sich tragen, wurde nach einer geeigneten Lösung zur Entfernung dieser Bitterstoffe gesucht. Als eine geeignete Methode erwies sich das Wässern der Eichelkerne. Hierbei werden die Gerbstoffe im Verfahren der Fest-Flüssig Extraktion aus den Eichelkernen gelöst. Wird das Wasser nicht mehr braun, so kann davon ausgegangen werden, dass der größte Teil an Gerbstoffen entfernt wurde. Nun müssen die Eicheln wieder getrocknet werden. Wenn die Kerne gut trocken sind, können sie mit Hilfe einer Mühle, in dieser Arbeit mit einer elektrischen Mühle, vermahlen werden. Anschließend liegt ein leicht gelbliches, lockeres und wohlriechendes Eichelmehl vor.

7 Literaturverzeichnis

Beyrer M., John T.: Mechanische Verfahrenstechnik: Praktikumsanleitung Teil 1, Fassung 10/2010, Hochschule Neubrandenburg Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Biendl M.: Polyphenole: Pflanzeninhaltsstoffe mit Vermarktungspotential, Hopsteiner Hallertauer Hopfenveredlungsgesellschaft, Mainburg. 2005

BML: Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Berlin. 1998

BWI: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Deutschland. 2003

Die Landwirtschaft: Waldwirtschaft, 5. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft, München 1998

Golling K.: Phenolische Inhaltsstoffe in Eicheln (Früchte von *Quercus* spp.) sowie im Harn von Schweinen bei Nutzung von Eicheln als Futtermittel. Tierärztliche Hochschule Hannover Zentrum für Lebensmittelschaften, 2008

Hübner E.: Faszination Baum und seine Heilkräfte, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2005

Hunnius C.: pharmazeutisches Wörterbuch, 9. Auflage, de Gruyter, Berlin. 2004

Klingler R.: Grundlagen der Getreidetechnologie, 1. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg. 1995

Landesinstitut für Lehrbildung und Schulentwicklung (li-hamburg): Grüne Schule: im Botanischen Garten der Universität Hamburg, Newsletter Nr. 9, Hamburg 2010

Lindner E.: Toxikologie der Nahrungsmittel, 4. Auflage, Thieme, Stuttgart. 1990

Lüders E.: 10 Pfund Eicheln sind 7 Pfund Eichelmehl: Ein Eichelkochbuch, Alfred H. Linde, Berlin. 1946

Nehring K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, 9. Auflage, Neumann, Radebeul. 1972

proQuercus: Das forstliche Vermehrungsgut der Eiche: Die Samenernte bei der Eiche, 2. Auflage, Bern. 2010

Polley H., Kroihner F.: Arbeitsbericht: Struktur und regionale Verteilung des Holzvorrates und des potentiellen Rohholzaufkommens in Deutschland im Rahmen der Clusterstudie Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Eberswalde. 2006

Raki S.: Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. Journal of food engineering 2006 Heft Nr. 74, S. 416-423

Rapunzel Warenkunde Kompakt: Harte Schale – gesunder Kern: Das Powerpaket Haselnuss

Sabine K., Haas J. N.: Indizien für den Gebrauch von mitteleuropäischen Eicheln als prähistorische Nahrungsressource, Tübinger Monographien für Urgeschichte 11, 1996: S. 429-435

Strasburger E., Sitte P., Ziegler H.: Lehrbuch der Botanik, 34. Auflage, Fischer, Stuttgart. 1998

Strumpf F.L.: Die Fortschritte der angewandten Chemie, 2. Auflage, Enslin, Berlin. 1853

Wulf A., Schröder T.: Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut: Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten, Heft 329, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Forst, Berlin 1997

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzentration des Holzvorrates für Eiche (Vorrat je ha Wald/Nichtwald) in den Regionen (Polley H.; Kroihner F., 2006)

Abbildung 2: Zusammensetzung der Eicheln (Golling K., 2008)

Abbildung 3: Mengen- und Spurenelemente in Eicheln; Gehalt in g/kg TS (Golling K., 2008)

Abbildung 4: Fettsäurezusammensetzung in Eicheln (Golling K., 2008)

Abbildung 5: Fließschema Verfahrensschritte von der Eichel zum Mehl

Abbildung 6: Maschinelle Ernte mit Sauggerät „Tonutti“ (proQuercus, 2010)

Abbildung 7: Küchenmaschine zum Brechen der Schalenteile

Abbildung 8: Ertrag der Ernte von Eicheln

Abbildung 9: Ausbeute an Eicheln nach Reinigung, Sortierung und Trocknung

Abbildung 10: vorliegen der Schalen- und Kernteile nach Behandlung der Eicheln mittels Küchenmaschine

Abbildung 11: Schwimmen der Schalenteile auf dem Wasser

Abbildung 12: Herauslösen der Gerbstoffe beim Wässern der Eichelkerne

Abbildung 13: Wasserbilanz

Abbildung 14: Eichelmehl

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptnährstoffzusammensetzung in Eicheln

Tabelle 2: Bilanz der Schalen- und Kernaussbeute

Tabelle 3: Ausbeute Mehl nach der Mahlung

Tabelle 4: Gegenüberstellung der sensorischen Beurteilung von rohen Eichelkernen und Eichelmehl

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die Vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Ort, Datum

Unterschrift