



**Hochschule Anhalt (FH)**  
Anhalt University of Applied Sciences

Bernburger Str. 55  
06366 Köthen

Telefon: +49 3496 67-0  
Telefax: +49 3496 21 20 81

## **Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben**

**Entwicklung einer rohstoffadaptierten Kuttermesserserie für die  
Feinbrätproduktion in Hochleistungsmaschinen; Schaffung einer  
wissenschaftlichen Basis zur Wirkung unterschiedlicher Messer bei  
der Fleischbrätproduktion – Ableitung von wissenschaftlichen  
Entwicklungsgrundlagen und Einsatzempfehlungen für  
Industriemesser im Lebensmittelbereich**

**Bearbeitungszeitraum:** 01.03.2005 – 3.10.2006

**Projektleiter:** Prof. Dr. Wolfram Schnäckel  
Fachbereich Landwirtschaft, Ökötrophologie,  
Landschaftsentwicklung

**Fördermittelgeber:** Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

**Förderprogramm:** Förderung der Erhöhung der INNOvationskompetenz  
mittelständischer Unternehmen (PRO INNO II)

**Förderkennzeichen:** KF 0104101PK5

# **Abschlussbericht**

## **Projektthema:**

**Entwicklung einer rohstoffadaptierten Kuttermesserserie für die Feinbrätproduktion in Hochleistungsmaschinen; Schaffung einer wissenschaftlichen Basis zur Wirkung unterschiedlicher Messer bei der Fleischbrätproduktion – Ableitung von wissenschaftlichen Entwicklungsgrundlagen und Einsatzempfehlungen für Industriemesser im Lebensmittelbereich**

## **Bewilligungszeitraum:**

**01.03.2005 – 31.10.2006**

## **Förderkennzeichen:**

**KF0104101PK5**

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Inhaltsverzeichnis</i> .....	2
<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	3
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	3
1 Aufgabenstellung .....	4
2 Abrechnung der Arbeitspakete.....	6
3 Darstellung der erreichten Ergebnisse (einschließlich des Vergleiches der angestrebten und erreichten technischen Parameter).....	7
4 Verwertung der FuE-Ergebnisse .....	8
5 Marktaussichten und erwartete Auswirkungen auf die Unternehmensentwicklung.....	9
6 Form der gemeinsamen, zukünftigen Verwertung.....	9
7 Fortschreibung des mit dem Antrag vorgelegten Konzeptes zur Erfolgskontrolle, insbesondere für die Produktions- und Markteinführung der Entwicklungsergebnisse mit Darstellung der zu erwartenden wirtschaftlichen Ergebnisse.....	11

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Messer Sichelform	4
Abbildung 2: Messer 4cut-Form	4
Abbildung 3: Messer Alpinaform	5
Abbildung 4: Messer Tropfenform	5
Abbildung 5: Wechselschliffmesser	5

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Projektmitarbeiter	6
Tabelle 2: Arbeitspakete, Realisierungszeiträume und Personalaufwand	7

## 1 Aufgabenstellung

Mit dem Kooperationspartner, der Firma ASTOR Schneidwerkzeuge GmbH in Storkow, wurde im Zeitraum vom 01.03.2005 bis 31.10.2006 folgendes Forschungsprojekt bearbeitet:

*„Entwicklung einer rohstoffadaptierten Kuttermesserserie für die Feinbrätproduktion in Hochleistungsmaschinen; Schaffung einer wissenschaftlichen Basis zur Wirkung unterschiedlicher Messer bei der Fleischbrätproduktion – Ableitung von wissenschaftlichen Entwicklungsgrundlagen und Einsatzempfehlungen für Industriemesser im Lebensmittelbereich“*

Für die Wurstwarenherstellung haben sich verschiedene Messergrundformen für die Verwendung in Schneidmischern (Kutter) durchgesetzt. Gründe dafür sind zum einen, dass die Maschinenteknik mit bestimmten Messern ausgestattet angeboten wird und zum anderen erfolgt der Einsatz aufgrund von Erfahrungswerten der Wursthersteller. Eindeutige Empfehlungen für den Einsatz werden nicht wissenschaftlich begründet oder nicht durch die Maschinen- bzw. Messerhersteller angegeben, so dass man bei „bewährten“ Herstellungsverfahren und -parametern verbleibt.

Die Grundformen (Abbildungen 1 bis 5) sind Messer in Sichel- bzw. Fuchsform (propagiert von der Firma Fuchs), in Alpinaform (Fa. Alpina), in Tropfenform und 4cut-Form (4 Kanten innerhalb der Schneide). Wechselschliffmesser, welche für jede andere Messergrundform Anwendung finden können, besitzen einen Wellenschliff in der Schneide.

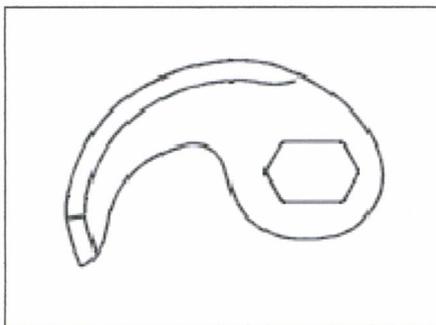


Abbildung 1: Messer Sichelform

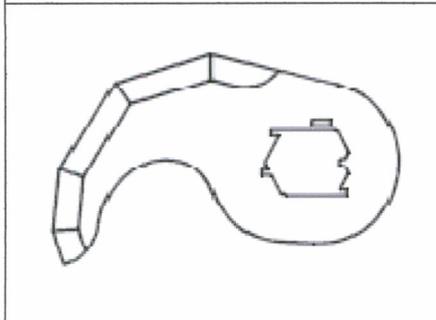


Abbildung 2: Messer 4cut-Form

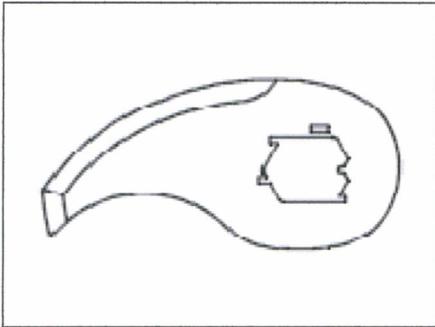


Abbildung 3: Messer Alpinaform

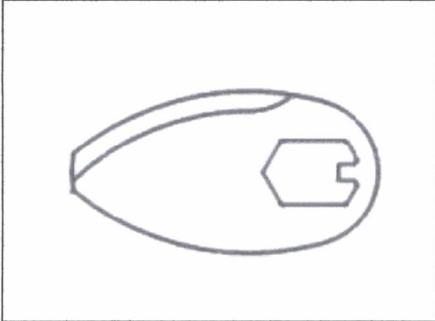


Abbildung 4: Messer Tropfenform

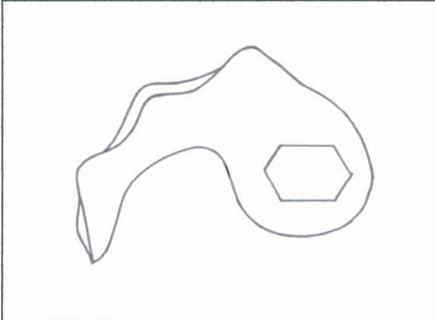


Abbildung 5: Wechselschliffmesser

Jede dieser Grundformen besitzt eine Vielzahl von Abwandlungen. Jedoch fanden über deren Effizienz in Feldversuchen wenige Untersuchungen statt. Die Folgen für die Fleisch verarbeitenden Unternehmen sind meist eingeschworene Verarbeitungspraktiken. Fast ausnahmslos findet auch keine Differenzierung der verwendeten Messer auf die jeweiligen Endprodukte statt.

Das Problem bei der Herstellung von Wurstwaren ist, dass es sich bei dem Ausgangsstoff Fleisch um ein Naturprodukt handelt, das sich in seinen Eigenschaften je nach Herkunft, Aufzuchtbedingungen, Futter, Alter des Schlachttiers usw. unterscheidet. Diese Eigenschaftsschwankungen erschweren eine Standardisierung der Verarbeitungsprozesse. In diesem Projekt sollen deshalb verschiedene Messer systematisch auf ihre Effektivität bei der Herstellung der einzelnen Wurstarten (Brüh-, Roh- und Kochwurst) untersucht werden. Dabei werden heute gebräuchliche Messerformen (Sichel- bzw. Fuchs-, 4cut-, Alpina-, Tropfenform- und Wechselschliffmesser) betrachtet. Als Ziel steht die Angabe von

- a. wissenschaftlich fundierten Einsatzempfehlungen für die verschiedenen Produktgruppen;

- b. wissenschaftlich fundierten Empfehlungen für die Rezepturgestaltung des Bräts in Abhängigkeit vom Zerkleinerungsverfahren;
- c. Definition von Entwicklungs- und Konstruktionsgrundlagen;
- d. Erstellung einer Prototypenserie für den Einsatz bei verschiedenen Produktgruppen.

Deshalb sollen im beantragten Projekt die qualitativen und wirtschaftlichen Wirkungen der einzelnen Messerarten durch Variation des Schliffes, der Fläche sowie der Form (Steilheit) bei der Herstellung der verschiedenen Wurstarten wissenschaftlich untersucht werden. Daraufhin sollen für Endanwender der Kuttermesser produktspezifische Einsatzempfehlungen gegeben werden.

## 2 Abrechnung der Arbeitspakete

Die bei der Projektbearbeitung beteiligten Mitarbeiter sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1: Projektmitarbeiter

Mitarb.nr.	Projektmitarbeiter	PM Projekt
Projektleiter	Prof. Dr. W. Schnäckel, geb. am 22.11.1956	
1	Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Ingo Micklisch, geb. am 01.09.1974	18
2	Dipl.-oec. troph (FH) Janet Krickmeier, geb. am 20.09.1972	12
3	Dipl.-Ing. Dimitrinka Schnäckel, geb. am 22.12.1956	12
4	Petra Neumann, geb. am 02.04.1961	5

In der Tabelle 2 sind die Arbeitspakete, die Realisierungszeiträume sowie der Personalaufwand jedes Projektmitarbeiters dargestellt.

Tabelle 2: Arbeitspakete, Realisierungszeiträume und Personalaufwand

Nr.	Arbeitspaket	Realisierungszeitraum	Aufwand je Mitarbeiter in PM	
			Mitarb.nr.	PM
1	Literaturrecherche	01.05.2005-15.06.2005	1	1,5
1	Literaturrecherche	01.05.2005-15.06.2005	4	1,5
3	Versuchsreihe mit Ersatzmedien/Auswertung	16.06.2005-15.08.2005	1	2
3	Versuchsreihe mit Ersatzmedien/Auswertung	16.06.2005-15.08.2005	4	2
4	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (1)	16.08.2005-15.03.2006	1	7
4	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (1)	01.09.2005-15.03.2006	2	6,5
4	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (1)	01.09.2005-15.03.2006	3	6,5
4	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (1)	16.08.2005-31.09.2005	4	1,5
6	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (2)	16.03.2006-15.09.2006	1	6
6	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (2)	16.03.2006-31.08.2006	2	5,5
6	Versuchsreihe mit Fleisch/Auswertung (2)	16.03.2006-31.08.2006	3	5,5
7	Abschlussbericht	16.09.2006-31.10.2006	1	1,5

### **3 Darstellung der erreichten Ergebnisse (einschließlich des Vergleiches der angestrebten und erreichten technischen Parameter)**

Im Projekt wurden Messeruntersuchungen jeweils in drei Brüh- und Kochwurstserien sowie zwei Rohwurstserien durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sind in einem gesonderten Bericht zusammengestellt (siehe beigefügtem Material „Anlage zum Abschlussbericht“).

#### **4 Verwertung der FuE-Ergebnisse**

Die Ergebnisse dieses Projektes sollen auf verschiedenen Wegen publiziert werden.

Beim seit 1955 jährlich stattfindenden internationalen Kongress für Fleischwissenschaft und Technologie (ICoMST; International Congress of Meat Science and Technology), diesen Jahres in Dublin, wurde ein Fachbeitrag in den Kongressmaterialien veröffentlicht, ein Poster zum durchgeführten Projekt ausgestellt sowie für Anfragen und Diskussionen zur Verfügung gestanden.

An der Hochschule Anhalt (FH) und zwei ihrer Aninstitute fand am 2. und 3. November diesen Jahres die Fachtagung „INNOFOOD 2006“ zu Innovationen in der Lebensmittelwirtschaft statt. Zu dieser Tagung werden nationale sowie internationale Wissenschaftler und Praktiker aus vielfältigen Bereichen der Ernährungswirtschaft zusammengeführt. Seit der ersten INNOFOOD-Veranstaltung im Jahr 2000 ist ein stetig wachsendes Interesse, was sich an deutlich steigenden Besucherzahlen widerspiegelt, festzustellen. In einem Fachvortrag in der Sektion Fleischtechnologie wurden die Ergebnisse des Projektes den Tagungsteilnehmern präsentiert.

In der Vergangenheit wurden schon zahlreiche Fachbeiträge in der branchen-etablierten Fachzeitschrift „Fleischwirtschaft“ veröffentlicht. Es ist angedacht, einen Beitrag im Teil „Fleischforschung und Entwicklung“ dieser Zeitschrift zu veröffentlichen. Des Weiteren könnten die FuE-Ergebnisse in anderen nationalen sowie internationalen Medien publiziert werden.

Zu der im Mai 2007 stattfindenden Fachmesse IFFA, der Leitmesse der fleischwirtschaftlichen Industrie, sollen Informationsmaterialien und Poster am Hochschul- sowie am ASTOR-Stand ausgelegt sowie ausgestellt werden. Die Besucher können sich informieren und natürlich von projektbeteiligten Mitarbeitern beider Institutionen beraten lassen.

An der Hochschule stellen die gewonnenen Ergebnisse die Grundlage für die Akquirierung und Durchführung weiterer Projekte dar.

## **5 Marktaussichten und erwartete Auswirkungen auf die Unternehmensentwicklung**

Die Firma KILIA Fleischerei- und Spezial-Maschinen-Fabrik GmbH stellt seit vielen Jahren unter anderem Schnellkutter, Vakuum- und Vakuum-Koch-Schnellkutter her. Dieser Hersteller kann mit wenigen anderen zu den Marktführern im Kutter-Marktsegment bezeichnet werden. Bei Fachmessen sind KILIA-Kutter durch ausgereifte innovative Technik in Erscheinung getreten. Der Projekt-Kooperationspartner, die Firma ASTOR, ist Erstausrüster für KILIA. Es ist angedacht, dass in Kooperation von KILIA und ASTOR, je nach Kutter-Verwendungszweck beim Kunden, neue Verarbeitungsmaschinen mit den entsprechenden produktspezifischen Messern bzw. Messerkombinationen ausgeliefert werden. Um den Anwendern die Messerwirkungen darlegen zu können, sollen die im Projekt gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst und in Form von Informationsmaterialien veröffentlicht werden.

Durch den Wissenszuwachs aufgrund der Entwicklung rohstoffadaptierter Kuttermesserserien für die Feinbrätproduktion wird sich die Marktposition des Kooperationsunternehmens langfristig verbessern. Besonders auf neuen Märkten, die beispielsweise in Japan, China und Südamerika entstehen, wird der Know-How-Vorsprung einen Vorteil vor Mitkonkurrenten darstellen. Durch die daraus resultierenden Umsatzsteigerungen werden nicht zuletzt neue Arbeitsplätze im Unternehmen entstehen.

## **6 Form der gemeinsamen, zukünftigen Verwertung**

Durch die positiven Wirkungen der Brätverwirbelungen bei der Brüh- und Kochwurstherstellung werden neue Messer mit alternativen Verwirbelungswirkungen konstruiert und hergestellt (Lochmesser sind patentrechtlich geschützt). Diese Messer sollen Anfang 2007 in kostenneutralen Versuchen erprobt werden. Eine weitere Forschung auf diesen Gebieten sowie eine weitere Verwertung der Ergebnisse stellt einen „Step by Step“-Prozess dar. Es werden weitere Partner wie die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH) sowie die Brandenburgische Technische Universität Cottbus für die Durchführung der weiteren Versuche sowie neuer Projekte gewonnen.

Aufgabe war es, wissenschaftlich fundierte Einsatzempfehlungen von Kuttermessern für die Herstellung der verschiedenen Wurstwaren abzuleiten. Dabei wurden unterschiedliche Messerformen und -flächen, Schliffgestaltungen sowie Schneidensteilheiten bei Brüh-, Koch- und Rohwürsten untersucht. Nach jeder einzelnen Herstellungsserie wurden neue Messer konstruiert sowie gefertigt, so dass die jeweiligen Teilergebnisse direkt zu einem neuen Entwicklungsstand führten. Aus der Gesamtheit der Resultate konnten rohstoffadaptierte Messercharakteristika definiert werden. Aufbauend auf den gewonnenen Ergebnissen können je nach den entsprechenden Bedürfnissen des Endanwenders produktangepasste Kuttermesser konstruiert und gefertigt werden.

Mit den Ergebnissen und den daraus abgeleiteten Empfehlungen soll es dem Kooperationspartner möglich sein, seine Marktsituation nachhaltig zu verbessern. Letztendlich profitieren damit die Messeranwender und die Verbraucher durch qualitativ hochwertigere Lebensmittel.

Aus der Bearbeitung dieses Projektes ergeben sich neben dem wissenschaftlichen Erkenntniszuwachs auch Erfahrungen und Know-How des Antragstellers, die dessen Akzeptanz vor allem in der Fleisch verarbeitenden Industrie, aber auch im Bereich der Maschinenbauunternehmen weiter erhöhen und damit seine Drittmittelfähigkeit verbessern wird.

Die Hochschule Anhalt (FH) ist mit dem Fachgebieten Lebensmitteltechnik und -technologie sowie allgemein der Ökotrophologie eine der führenden Hochschulen, die bedeutende Erfolge auf dem Spezialgebiet Forschung und Entwicklung bei der (Fein-)Zerkleinerung von Fleisch aufweisen kann. Neben nationalen sind auch zunehmend internationale Anfragen (z.B. aus Irland, Norwegen, Spanien und Bulgarien) zu Möglichkeiten bei Prozessoptimierungen, zur Verbesserung von Qualitätssicherungsmaßnahmen sowie zur Durchführung von Kooperationsprojekten zu verzeichnen.

**7 Fortschreibung des mit dem Antrag vorgelegten Konzeptes zur Erfolgskontrolle, insbesondere für die Produktions- und Markteinführung der Entwicklungsergebnisse mit Darstellung der zu erwartenden wirtschaftlichen Ergebnisse**

Die im Projektantrag dargestellten Arbeitspakete und deren zeitliche Planung wurden eingehalten. In den Arbeitspaketen 4 und 6 waren jeweils Versuchsserien mit Brüh-, Koch- und Rohwurst geplant. Um die Ergebnisse noch weiter zu präzisieren, wurde zusätzlich zu den geplanten Versuchen im Arbeitspaket 6 noch je eine weitere Brüh- und Kochwurstserie durchgeführt. Die entsprechende Messerherstellung erfolgte kurzfristig zwischen Ende Juli und Anfang September. Zusammenfassend kann gesagt werden, zu jeder Zeit der Projektbearbeitung war der Zeit- und Arbeitsplan erfüllt. Die erhofften wissenschaftlichen Ergebnisse wurden erreicht.

# **Anlage zum Abschlussbericht**

## **Projektthema:**

**Entwicklung einer rohstoffadaptierten Kuttermesserserie für die Feinbrätproduktion in Hochleistungsmaschinen; Schaffung einer wissenschaftlichen Basis zur Wirkung unterschiedlicher Messer bei der Fleischbrätproduktion – Ableitung von wissenschaftlichen Entwicklungsgrundlagen und Einsatzempfehlungen für Industriemesser im Lebensmittelbereich**

## **Bewilligungszeitraum:**

**01.03.2005 – 31.10.2006**

## **Förderkennzeichen:**

**KF0104101PK5**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Inhaltsverzeichnis</i> .....	2
<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	4
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	5
1 Aufgabenstellung .....	6
1.1 Ziel der Untersuchung .....	6
1.2 Material und Methoden .....	7
1.2.1 Allgemeines Versuchsdesign .....	7
1.2.2 Bestimmung technologischer Parameter .....	8
1.2.2.1 Kenngrößen Rohstoff .....	8
1.2.2.2 Online im Kutterprozess aufgenommen Kenngrößen .....	8
1.2.2.3 Kenngrößen Brätproben .....	12
1.2.2.4 Qualitätseigenschaften der Endprodukte .....	13
1.3 Stand der Technik .....	14
<i>Literaturverzeichnis</i> .....	15
2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	16
2.1 Versuchsserie Ersatzmedien .....	16
2.1.1 Einzelversuchsziele .....	16
2.1.2 Versuchsergebnisse .....	16
2.2 Versuchsserien Brühwurst .....	17
2.2.1 Versuchsziel und Durchführung .....	17
2.2.2 Vorversuch Brühwurst (Untersuchung Messergrundformen) .....	18
2.2.2.1 Versuchsplanung .....	18
2.2.2.2 Ergebnisse Vorversuch .....	19
2.2.3 Hauptversuch Brühwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff) .....	22
2.2.3.1 Versuchsplanung .....	22
2.2.3.2 Ergebnisse Hauptversuch .....	23
2.2.4 Folgeversuch Brühwurst (Untersuchung Perforation und Schliff) .....	25
2.2.4.1 Versuchsplanung .....	25
2.2.4.2 Ergebnisse Folgeversuch .....	26
2.2.5 Fazit Brühwurst .....	28
2.3 Versuchsserien Kochwurst .....	29
2.3.1 Versuchsziel und Durchführung .....	29
2.3.2 Vorversuch Kochwurst (Untersuchung Messergrundformen) .....	29
2.3.2.1 Versuchsplanung .....	29
2.3.2.2 Ergebnisse Vorversuch .....	31
2.3.3 Hauptversuch Kochwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff) .....	32

2.3.3.1	Versuchsplanung .....	32
2.3.3.2	Ergebnisse Hauptversuch .....	34
2.3.4	Folgeversuch Kochwurst (Untersuchung Perforation und Schliff).....	36
2.3.4.1	Versuchsplanung .....	36
2.3.4.2	Ergebnisse Folgeversuch .....	37
2.3.5	Fazit Kochwurst .....	39
2.4	Versuchsserien Rohwurst .....	40
2.4.1	Versuchsziel und Durchführung .....	40
2.4.2	Vorversuch Rohwurst (Untersuchung Messergrundformen).....	40
2.4.2.1	Versuchsplanung .....	40
2.4.2.2	Ergebnisse Vorversuch.....	42
2.4.3	Hauptversuch Rohwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff).....	44
2.4.3.1	Versuchsplanung .....	44
2.4.3.2	Ergebnisse Hauptversuch .....	45
2.4.4	Fazit Rohwurst.....	47
	<i>Anlagen</i> .....	48

## Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abbildung 1:	Messer Sichelform	6
Abbildung 2:	Messer 4cut-Form	6
Abbildung 3:	Messer Alpinaform	6
Abbildung 4:	Messer Tropfenform	6
Abbildung 5:	Wechselschliffmesser	6
Abbildung 6:	Im Kutter eingebautes Viskosimeter	9
Abbildung 7:	PTMass- und LabView-Daten (Beispielcharge)	9
Abbildung 8:	LabView-Daten (Beispielcharge)	10
Abbildung 9:	Im Kutter eingebaute Elektroden zur Leitfähigkeitsmessung	11
Abbildung 10:	Penetrometer	12
Abbildung 11:	Messaufbau Penetrationshärte	12
Abbildung 12:	Texturanalyser (Guillotine)	13
Abbildung 13:	Onlinedaten Vorversuchsserie Brühwurst (I)	19
Abbildung 14:	Onlinedaten Vorversuchsserie Brühwurst (II)	20
Abbildung 15:	Endprodukt bei Verwendung der Alpinamesser	21
Abbildung 16:	Endprodukt bei Verwendung der Sichelmesser A	21
Abbildung 17:	Onlinedaten Hauptversuchsserie Brühwurst (I)	23
Abbildung 18:	Onlinedaten Hauptversuchsserie Brühwurst (II)	24
Abbildung 19:	Onlinedaten Folgeversuchsserie Brühwurst (I)	26
Abbildung 20:	Onlinedaten Folgeversuchsserie Brühwurst (II)	27
Abbildung 21:	Emulsionsstabilität Brätproben Folgeversuchsserie Brühwurstserie	27
Abbildung 22:	Brühwurst Alpinamesserkombination M4dcc	28
Abbildung 23:	Brühwurst Alpinamesser M4	28
Abbildung 24:	Onlinedaten Vorversuchsserie Kochwurst (I)	31
Abbildung 25:	Onlinedaten Vorversuchsserie Kochwurst (II)	31
Abbildung 26:	Endprodukt bei Verwendung der 4cut-Messer	32
Abbildung 27:	Endprodukt bei Verwendung der Wechselschliffmesser	32
Abbildung 28:	Onlinedaten Hauptversuchsserie Kochwurst (I)	34
Abbildung 29:	Onlinedaten Hauptversuchsserie Kochwurst (II)	35
Abbildung 30:	Kochwurst 4cut-Messer Variation b (M2b)	35
Abbildung 31:	Kochwurst Alpinamesser Variation b (M4b)	35
Abbildung 32:	Onlinedaten Folgeversuchsserie Kochwurst (I)	37
Abbildung 33:	Onlinedaten Folgeversuchsserie Kochwurst (II)	38
Abbildung 34:	Kochwurst 4cut-Messerkombination M2ddd	38
Abbildung 35:	Kochwurst 4cut-Messerkombination M2bbb	38
Abbildung 36:	Onlinedaten Vorversuchsserie Rohwurst (I)	42
Abbildung 37:	Onlinedaten Vorversuchsserie Rohwurst (II)	42
Abbildung 38:	Endprodukt bei Verwendung der Sichelmesser (Queranschnitt)	43
Abbildung 39:	Endprodukt bei Verwendung der 4cut-Messer (Queranschnitt)	43
Abbildung 40:	Onlinedaten Hauptversuchsserie Rohwurst	45
Abbildung 41:	Rohwurst Sichelmesser C (M5)	46
Abbildung 42:	Rohwurst Sichelmesser B, Variation b (M3b)	46

## Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tabelle 1:	Nenn- und Leerlaufdaten des Messerantriebes	8
Tabelle 2:	Rezeptur Brühwurst (Chargengröße 10 kg)	17
Tabelle 3:	Erhitzungsregime für Kal. 28/32-Ware in der Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung	17
Tabelle 4:	Erhitzungsregime Kal. 60-Ware in der Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung	18
Tabelle 5:	Verwendete Messer der Vorversuchserie Brühwurst	18
Tabelle 6:	Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Brühwurst	19
Tabelle 7:	sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))	20
Tabelle 8:	sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Brühwurst (Aufschnittware Kal. 60 (kalt))	21
Tabelle 9:	Verwendete Messer der Hauptversuchserie Brühwurst	22
Tabelle 10:	Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Brühwurst	23
Tabelle 11:	sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))	24
Tabelle 12:	Verwendete Messer der Folgeversuchserie Brühwurst	25
Tabelle 13:	Bestückung Messerkopf Folgeversuchserie Brühwurst	26
Tabelle 14:	sensorische Bewertung der Endprodukte Folgeversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))	27
Tabelle 15:	Rezeptur Kochwurst (Chargengröße 10 kg)	29
Tabelle 16:	Verwendete Messer der Vorversuchserie Kochwurst	30
Tabelle 17:	Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Kochwurst	30
Tabelle 18:	sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Kochwurst (900 ml Gläser)	32
Tabelle 19:	Verwendete Messer der Hauptversuchserie Kochwurst	33
Tabelle 20:	Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Kochwurst	34
Tabelle 21:	sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Kochwurst (900 ml Gläser)	35
Tabelle 22:	Verwendete Messer der Folgeversuchserie Kochwurst	36
Tabelle 23:	Bestückung Messerkopf Folgeversuchserie Kochwurst	37
Tabelle 24:	sensorische Bewertung der Endprodukte Folgeversuch Kochwurst (720 ml Gläser)	38
Tabelle 25:	Rezeptur Rohwurst (Chargengröße 10 kg)	40
Tabelle 26:	Verwendete Messer der Vorversuchserie Rohwurst	41
Tabelle 27:	Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Rohwurst	41
Tabelle 28:	sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Rohwurst (Kal. 40)	43
Tabelle 29:	Verwendete Messer der Hauptversuchserie Kochwurst	44
Tabelle 30:	Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Kochwurst	45
Tabelle 31:	sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Rohwurst (Kal. 40)	46

# 1 Aufgabenstellung

## 1.1 Ziel der Untersuchung

Für die Wurstwarenherstellung haben sich verschiedene Messergrundformen für die Verwendung in Schneidmischern (Kutter) durchgesetzt. Gründe dafür sind zum einen, dass die Maschinenteknik mit bestimmten Messern ausgestattet angeboten wird und zum anderen erfolgt der Einsatz aufgrund von Erfahrungswerten der Wursthersteller. Eindeutige Empfehlungen für den Einsatz werden nicht wissenschaftlich begründet oder nicht durch die Maschinen- bzw. Messerhersteller angegeben, so dass man bei „bewährten“ Herstellungsverfahren und -parametern verbleibt.

Die Grundformen (Abbildungen 1 bis 5) sind Messer in Sichel- bzw. Fuchsform (propagiert von der Firma Fuchs), in Alpinaform (Fa. Alpina), in Tropfenform und 4cut-Form (4 Kanten innerhalb der Schneide). Wechselschliffmesser, welche für jede andere Messergrundform Anwendung finden können, besitzen einen Wellenschliff in der Schneide.

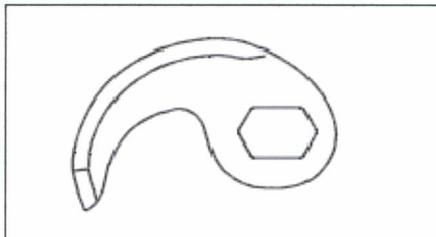


Abbildung 1: Messer Sichelform

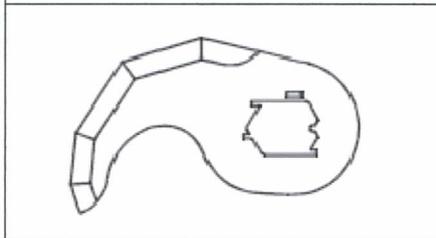


Abbildung 2: Messer 4cut-Form

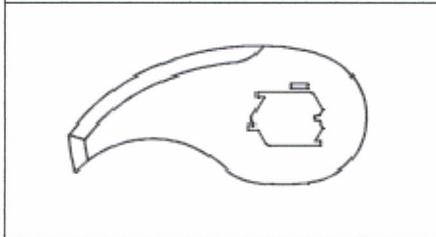


Abbildung 3: Messer Alpinaform

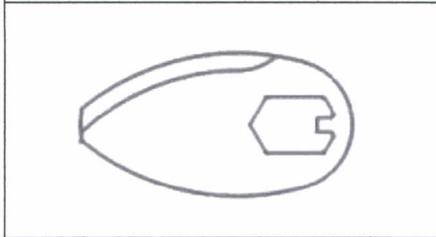


Abbildung 4: Messer Tropfenform

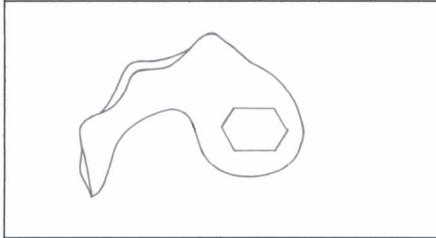


Abbildung 5: Wechselschliffmesser

Jede dieser Grundformen besitzt eine Vielzahl von Abwandlungen. Jedoch fanden über deren Effizienz in Feldversuchen wenige Untersuchungen statt. Die Folgen für die Fleisch verarbeitenden Unternehmen sind meist eingeschworene Verarbeitungspraktiken. Fast ausnahmslos findet auch keine Differenzierung der verwendeten Messer auf die jeweiligen Endprodukte statt.

Das Problem bei der Herstellung von Wurstwaren ist, dass es sich bei dem Ausgangsstoff Fleisch um ein Naturprodukt handelt, das sich in seinen Eigenschaften je nach Herkunft, Aufzuchtbedingungen, Futter, Alter des Schlachttiers usw. unterscheidet. Diese Eigenschaftsschwankungen erschweren eine Standardisierung der Verarbeitungsprozesse. In diesem Projekt sollen deshalb verschiedene Messer systematisch auf ihre Effektivität bei der Herstellung der einzelnen Wurstarten (Brüh-, Roh- und Kochwurst) untersucht werden. Dabei werden heute gebräuchliche Messerformen (Sichel- bzw. Fuchs-, 4cut-, Alpina-, Tropfenform- und Wechselschliffmesser) betrachtet. Als Ziel steht die Angabe von

- a. wissenschaftlich fundierten Einsatzempfehlungen für die verschiedenen Produktgruppen;
- b. wissenschaftlich fundierten Empfehlungen für die Rezepturgestaltung des Bräts in Abhängigkeit vom Zerkleinerungsverfahren;
- c. Definition von Entwicklungs- und Konstruktionsgrundlagen;
- d. Erstellung einer Prototypenserie für den Einsatz bei verschiedenen Produktgruppen.

Deshalb sollen im beantragten Projekt die qualitativen und wirtschaftlichen Wirkungen der einzelnen Messerarten durch Variation des Schlifffes, der Fläche sowie der Form (Steilheit) bei der Herstellung der verschiedenen Wurstarten wissenschaftlich untersucht werden. Daraufhin sollen für Endanwender der Kutmesser produktspezifische Einsatzempfehlungen gegeben werden.

## **1.2 Material und Methoden**

### **1.2.1 Allgemeines Versuchsdesign**

In Versuchen soll festgestellt werden, ob durch Verwendung der fünf zur Brätherstellung verwendeten Messergrundformen (siehe Abbildungen 1 bis 5 Seite 6 bzw. Tabelle 5 Seite 18), charakteristische Eigenschaften bei der Verarbeitung der Einsatzmedien gefunden werden können.

Innerhalb der gesamten Serie wurden verschiedene Einsatzmedien untersucht. Aufgrund der hohen Kosten der Fleischrohstoffe sowie dem hohen Aufwand bei der Brätherstellung, Abfüllung und thermischen Behandlung wurden teilweise Ersatzmedien (Luft, Favor Pac 300 und Wasser bzw. Eis) verwendet. In weiteren Versuchsserien wurden Brüh-, Koch- und Rohwürste mit Standardrezepturen hergestellt.

Im Anfangsstadium des Projektes sollten verschiedene Messerformen auf ihre Eignung zur Brätbearbeitung bei der Herstellung der einzelnen Wurstarten untersucht werden. Die Ergebnisse flossen bei der Neukonstruktion der Messer für die folgenden Verarbeitungsserien ein. Die einzelnen Versuchsserien können dabei wie folgt charakterisiert werden:

1. Auswahl der optimalen Messergrundformen
2. Untersuchung der Einflüsse von Fläche und Schliff auf Kutterprozess und Produktqualität
3. Untersuchung des Einflusses von Perforation und Schliff

Die bei der Herstellung jeder Wurstart verwendeten Messer sind in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

## 1.2.2 Bestimmung technologischer Parameter

### 1.2.2.1 Kenngrößen Rohstoff

Vor dem Zerkleinerungsprozess im Kutter wurden folgende Kenngrößen aufgenommen:

- Temperatur

Am gewolften Rohstoff wurde kurz vor der Verarbeitung im Kutter die Temperatur (Durchschnittstemperatur durch mehrfaches Messen) ermittelt.

- pH-Wert

Durch das Wolfen erfolgte eine relativ schlechte Vermischung der einzelnen Gewebe. Deshalb wurde für die Messung am Anfang des Kuttervorganges eine Probe entnommen und an dieser der pH-Wert ermittelt. Dabei wurde das Messgerät Multiline (Elektrode SenTix Sp Einstabmesskette) der Firma WTW benutzt.

### 1.2.2.2 Online im Kutterprozess aufgenommen Kenngrößen

Innerhalb der Verarbeitung im Kutter wurden folgende Kenngrößen aufgenommen:

- elektrische Messgrößen des Messerantriebes

Der Energiebedarf wurden mittels eines im Schaltschrank eingebauten Leistungsmessgerätes (NANOVIP-PLUS 303W) sowie der Software PTMass (Entwicklung HTWK Leipzig) aufgezeichnet. Dieses Programm stellt ein Prozessverarbeitungssystem zur Drehmoment- und Leistungsermittlung von Drehstromasynchronmaschinen dar. Online im Prozess wurden die elektrische Leistung, Spannung, Strom und die Frequenz gemessen (Messintervall 2 s).

Aus diesen zyklischen Messdaten sowie den Nenn- und Leerlaufdaten des Messerantriebes sind die mechanische Leistungsabgabe, Motordrehzahl, Wirkungsgrad und das Drehmoment über die Zeit darstellbar. Die Kenndaten der verwendeten Asynchronmaschine (VEM, K21RL4-2F) sind in der Tabelle 1 zusammengefasst (Polpaarzahl 2, in Klammern Polpaarzahl 1).

Tabelle 1: Nenn- und Leerlaufdaten des Messerantriebes

Nenndaten		Leerlaufdaten	
$P_{\text{mech}}$ [kW]	18,5 (22)	$P_0$ [kW]	0,85
$n$ [1/min]	1465 (2935)	$U_0$ [V]	400
$U$ [V]	400 (400)	$I_0$ [A]	8,2
$I$ [A]	35 (40,5)	$f_0$ [Hz]	50
$f$ [Hz]	50 (50)		
$\cos \varphi$	0,85 (0,89)		
$M_k/M$	2,2		

- Rheologische Bräteeigenschaften

Im Schüsselbereich des Kutters wurde ein Kugelviskosimeter angebracht (Abbildung 6). Durch die Schüsseldrehung und die Brätviskosität wird eine Kraft auf die Kugel ausgeübt, welche über Dehnmessstreifen registriert wird. Über einen angeschlossenen Rechner und die entsprechende Software wurden, zusätzlich zu den ermittelten Viskositätsmesswerten, online die Brät-Temperatur an der Kugel, die Messerwellendrehzahl und der aufgenommene Strom des Hauptantriebes aufgezeichnet.

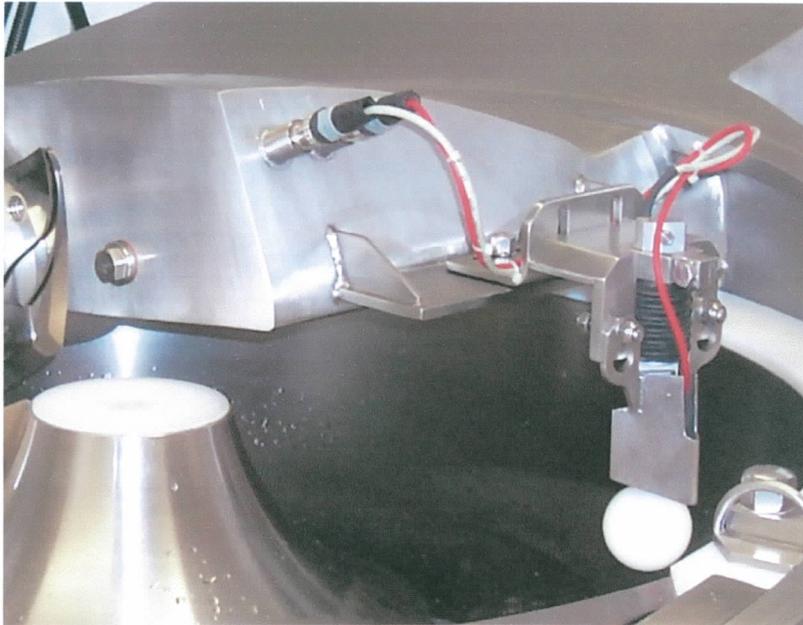


Abbildung 6: Im Kutter eingebautes Viskosimeter

Am Beispiel eines Kutterversuches unter Verwendung der Messer 2 mit einem Ersatzmedium (Favor Pac 300 und Wasser im Mischungsverhältnis von 1:70, Messerdrehzahl 2500 1/min, 7 min Kutterdauer) sind in den Abbildungen 7 und 8 die Verläufe der Strom- und Leistungsaufnahme des Hauptantriebes, der Viskosität und der Temperatur über die Verarbeitungszeit dargestellt.

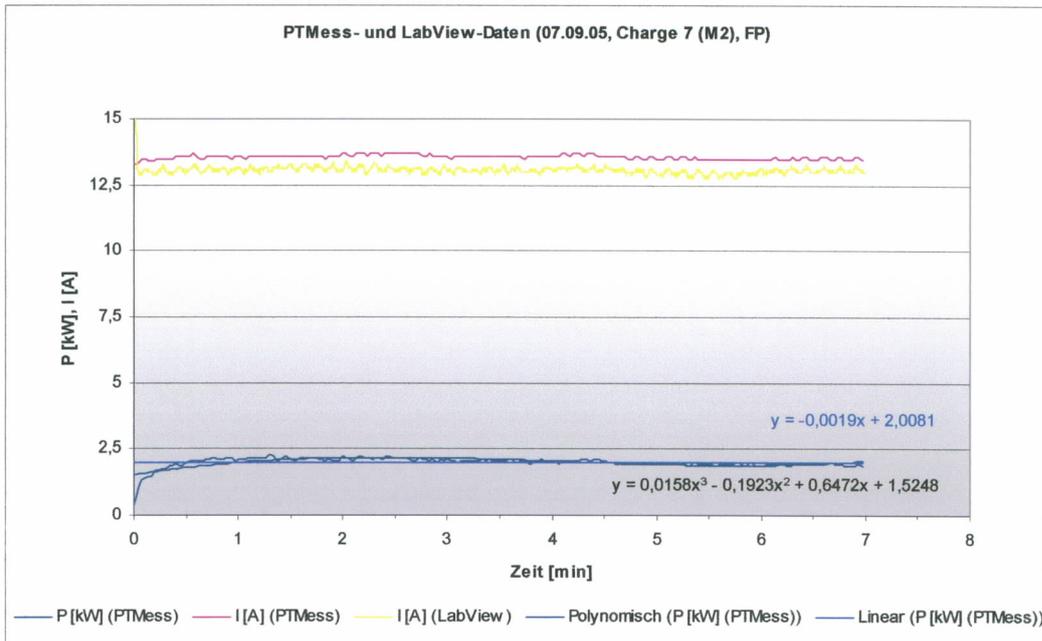


Abbildung 7: PTMess- und LabView-Daten (Beispielcharge)

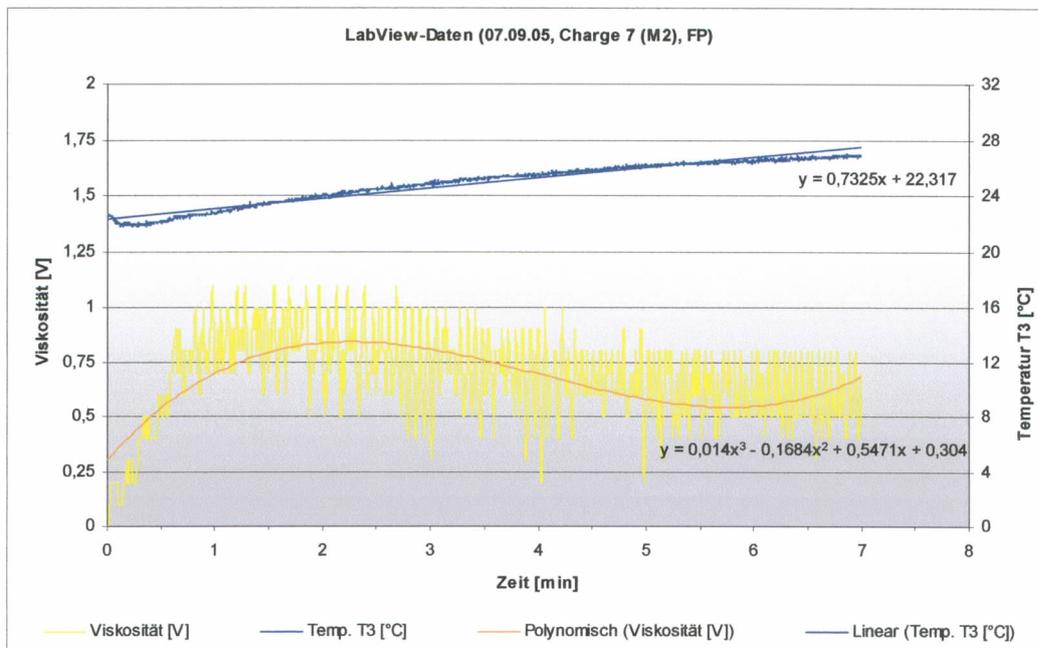


Abbildung 8: LabView-Daten (Beispielcharge)

An der Stromaufnahme- bzw. Leistungskurve im Diagramm (Abbildung 7) sind relativ konstante Verläufe über die gesamte Verarbeitungsdauer festzustellen. Die Temperaturkurve (Abbildung 8) zeigt einen nahezu linearen Anstieg. Zum Vergleich der einzelnen Chargen wurden deshalb die Effektivwerte (Mittelwertbildung der Messgrößen über die gesamte Kutterdauer) der einzelnen Größen errechnet und gegenübergestellt.

Die PTMass- sowie LabView-Daten der Messungen werden später in Abbildungen dargestellt. In den Balken-Diagrammen werden jeweils die Effektivwerte dargestellt. Diese bedeuten dabei im Einzelnen:

#### Diagramm „Wel [Wh]“

Es wurde die Größe der aufgenommenen elektrischen Arbeit jeder Charge dargestellt.

#### Diagramm „Wirkungsgrad $\eta$ [%]“

Durch Verrechnung der zyklischen PTMass-Messdaten und den Motorkennwerten konnten mechanische Größen des Hauptantriebes berechnet werden. Der angegebene Wirkungsgrad ist der Mittelwert aller zyklisch ermittelten Wirkungsgrade der jeweiligen Charge.

#### Diagramm „ $\Sigma$ Messer-n“

Durch Messung der augenblicklichen Messerdrehzahl mittels LabView wurden die verrichteten Messerumdrehungen über die gesamte Kutterdauer errechnet und im Diagramm dargestellt.

#### Diagramm „Messerdrehzahl [1/min]“

Für dieses Diagramm wurden die verrichteten Messerumdrehungen auf eine Minute umgerechnet.

#### Diagramm „MW Viskosität [V]“

Die Größe des Viskosimetersignals ist abhängig von der Drehgeschwindigkeit der Kutterschüssel. Für dieses Diagramm wurde der Durchschnitt der ermittelten zyklischen Viskositätsmesswerte (LabView) auf eine Schüsseldrehzahl von 14 Umdrehungen pro Minute umgerechnet.

#### Diagramm „MW $\Delta T/t$ [K/min]“

In Diagrammen zur Darstellung des Kurvenverlaufes der Temperatur (T3) ist erkennbar, dass bis zur halben Gesamtkutterdauer die Brättemperatur durch die Eiszugabe abfällt und anschließend kontinuierlich ansteigt. Für dieses Diagramm wurde der durchschnittliche Anstieg

der Temperatur über die halbe Kutterdauer (zweite Hälfte der Bearbeitungszeit) errechnet und über die Zeit dargestellt.

Diagramm „MW  $\Delta T/1000U$  [K/1000U]“

Ähnlich wie im „MW  $\Delta T/t$  [K/min]“-Diagramm wurde hier der Temperaturanstieg in der zweiten Hälfte der Bearbeitungszeit zu Grunde gelegt. Dieser Anstieg ist dann über die erfolgte Messerdrehzahl in dieser Zeit dargestellt.

Diagramm „MW Drehmoment [Nm]“

Durch Analyse der PTMass-Daten konnte zu jedem zyklischen Messwert auch das Drehmoment errechnet werden. Im Diagramm wurden die Mittelwerte jeder Charge dargestellt.

Diagramm „Kutterdauer t [s]“

Im Diagramm wurden die Kutterzeiten dargestellt. Diese ergaben sich durch Analyse der Lab-View-Daten.

#### - Infrarot-Thermografie

Die Hochschule Anhalt (FH) verfügt über eine Thermokamera vom Typ VarioTHERMTM des Herstellers Jenoptik Jena. Bei der Aufnahme wird die Infrarotenergie (Wärme) eines Objekts berührungslos detektiert und in elektronische Signale umgewandelt. Diese werden anschließend zu Videobildern aufbereitet. Anhand dieser Bilder lassen sich erwärmte Schneidenbereiche lokalisieren sowie die tatsächlichen Temperaturen bestimmen.

#### - Leitfähigkeit

Während des Zerkleinerungsprozesses wurde durch ein im Kutter eingebautes Messegerät (Gerät LFStar; Hersteller Ingenieurbüro Rudolf Matthäus/Noblitz) die Leitfähigkeit gemessen. In der Abbildung 9 ist die Elektrodenhalterung dargestellt. Mittels Software „LFStar“ werden seriell im 1 s-Intervall die Messdaten aufgenommen und weiterverarbeitet.



Abbildung 9: Im Kutter eingebaute Elektroden zur Leitfähigkeitsmessung

### 1.2.2.3 Kenngrößen Brätproben

Innerhalb der Verarbeitung wurden Brätproben entnommen, im Labor wurden kurz darauf folgende Kenngrößen ermittelt:

#### - Penetrationshärte

Die Penetrationshärte wurde mit Hilfe eines Penetrometers Typ 4/3 der Firma OFD (vergleichbares Penetrometer siehe Abbildung 10) ermittelt. Zur Bestimmung wurde als Prüfkörper eine Halbkugel genutzt.



Abbildung 10: Penetrometer

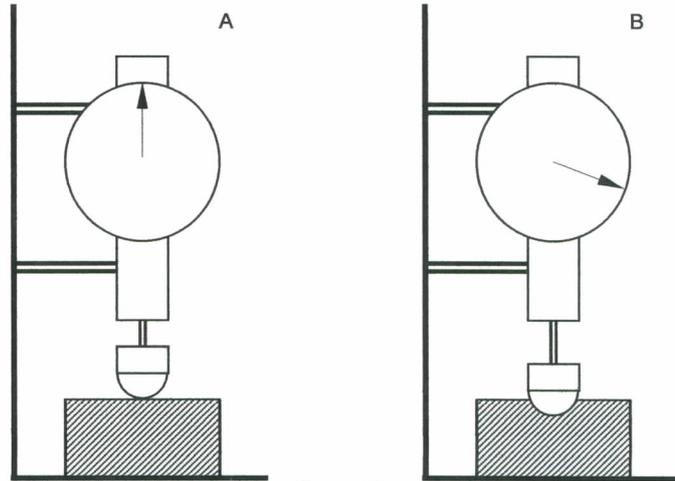


Abbildung 11: Messaufbau Penetrationshärte

Der Prüfkörper wurde auf der ebenen Brätoberfläche aufgesetzt (Abbildung 11, Bild A). Die Probe wurde anschließend mit der Gewichtskraft des Prüfkörpers und der Aufnahme belastet und nach 10 s die Eindringtiefe abgelesen (Bild B). Je Probe wurden min. 3 Messungen durchgeführt. Über eine Formel wurde anschließend die Penetrationshärte berechnet.

Die Berechnung der Penetrationshärte erfolgte nach der Formel:

$$PH = \frac{G}{d \cdot \pi \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot h}$$

- PH.. Penetrationshärte in N/m<sup>2</sup>
- G.. Gewichtskraft des Fallsystems in N
- d.. Durchmesser des Prüfkörpers in m
- α.. Kegelwinkel in °
- h.. Eindringtiefe in m

#### - Emulsionsstabilität

Von jeder Probe wurden zwei mal 20 g Brät (mit einer Genauigkeit von ±0,1 g) in Zentrifugenröhrchen abgewogen. Die Proben wurden bei 3000 1/min über eine Zeit von 20 min zentrifugiert. Anschließend wurden die Probenröhrchen in einem Wasserbad (90 °C) bis zu einer Kerntemperatur von 72 °C erhitzt. Die Proben wurden erneut bei 3000 1/min und 5 min zentrifugiert. Die abgetrennte flüssige Phase der beiden Arbeitsschritte wurde jeweils in einen Messzylinder gegeben und verwogen. Über die Menge der abgetrennten flüssigen Phase konnte auf die Stabilität der Emulsion geschlossen werden. Die Berechnung erfolgte nach der Formel:

$$\text{Emulsionsstabilität} = 100\% - (a/b \cdot 100)$$

- a.. abgetrennte flüssige Phase
- b.. Einwaage

### 1.2.2.4 Qualitätseigenschaften der Endprodukte

Nach dem Abfüllen des Bräts sowie der (rauch-)thermischen Weiterverarbeitung bzw. des Reifungsprozesses wurden folgende Kenngrößen an den Fertigprodukten aufgenommen:

- pH-Wert

Nach der rauchthermischen Behandlung sowie dem Abkühlen im Wasserbad wurde von einer Probewurst (Kal. 60) jeder Charge der pH-Wert ermittelt. Dazu wurde das Multi-Messgerät Multiline (Elektrode SenTix Sp Einstabmesskette) der Firma WTW benutzt.

- Farbmessung

Mittels CIE-Lab-System wurden die L-Werte (Helligkeit) sowie die Farbtöne a (rot-grün) und b (gelb-blau) ermittelt. Dazu wurde das Farbmessgerät spectro-color der Firma Dr. Lange verwendet. Es wurde die Lichtart D<sub>65</sub> (Messgeometrie d/8) angewendet. Die Messung wurde 5-mal wiederholt und der Mittelwert errechnet. Zusätzlich wurde der Farbtonwinkel und die Sättigung bestimmt.

Berechnung des Farbtonwinkels h: 
$$h = \arctan \frac{b}{a}$$

Berechnung der Sättigung C: 
$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

- Penetrationshärte

Bei der Penetrationshärtemessung des Fertigproduktes wurde als Prüfkörper ein Spitzkegel (57,57 g; 30,8°; Ø 24 mm) in einer Aufnahme (74,58 g) verwendet. Die Kegelspitze wurde auf einer 2 cm dicken Scheibe einer Kal. 60-Wurst aufgesetzt und für 10 s mit der Gewichtskraft belastet. Anschließend wurde die Eindringtiefe abgelesen und über die entsprechende Formel die Penetrationshärte errechnet (siehe Penetrationshärteermittlung am Brät). Je Probe wurden min. 3 Messungen durchgeführt.

- Texturanalyse

Für die Texturanalyse wurde das Gerät TA-XT-Plus (Abbildung 12) der Firma Stable Micro Systems verwendet.



Abbildung 12: Texturanalyser (Guillotine)

Mit Hilfe der Textur-Messmethode werden charakteristische Parameter bei der mechanischen Beanspruchung in ihren Hauptmerkmalen wiedergegeben. Dadurch wird den auf sensorischen Erfahrungen beruhenden Messgrößen Textur, Konsistenz und Biss eine objektiv messbare Eigenschaft zugeordnet. Die Messung beruht im Prinzip auf einer Kraft-Weg-Messung, welche die Textur und das Festigkeits- und Verformungsverhalten darstellt. Über verschiedene Beanspruchungsarten der Kraft-Weg-Messung können die unterschiedlichsten Aussagen über die Beschaffenheit von Fleisch und Wurstwaren gemacht werden.

Bei der Durchführung der Messung wurde mit einer Guillotine und einer festgelegten Geschwindigkeit die Produktprobe zerschnitten. Dabei wurde die erforderliche Kraft über den Weg aufgezeichnet.

Für den Scherversuch (Guillotine) wurden Produktstreifen der Kal. 60-Würste mit dem Querschnitt von 2 x 2 cm verwendet.

Bei der Auswertung der Messkurven wurden folgende Kenngrößen ermittelt:

- mittlere Kraft (N),
- maximale Kraft (N),
- Scherzeit (s) bzw. Scherweg (m),
- zu verrichtende Arbeit (Fläche) (Nm).

#### - Sensorische Auswertung der Endprodukte

Von 5 geschulten Prüfpersonen wurden die einzelnen Endprodukte (kalte und warme Kal. 28/32- sowie kalte Kal. 60-Brühwürste, Kochwurstproben sowie Kal. 40-Rohwürste) in einer beschreibenden Gruppenprüfung verglichen. Augenmerk war dabei die äußere Beschaffenheit, das Aussehen im Anschnitt, Farbe, Zusammensetzung, Konsistenz, Geruch und Geschmack. Die Eindrücke wurden für jeden Versuch tabellarisch gegenübergestellt.

### 1.3 Stand der Technik

Der Stand der Technik zu Entwicklungen von Industriemessern für Schneidmischer bzw. Kutter wurde in der Antragstellung zum vorliegenden Projekt skizziert. In die nachfolgenden Betrachtungen wurden deshalb ausschließlich Veröffentlichungen aus den Jahren 2005 und 2006 berücksichtigt. Besondere Beachtung fanden dabei die Fachzeitschriften Fleischwirtschaft (Deutscher Fachverlag GmbH Frankfurt/Main), Fleischerei (Holzmann Verlag Bad Wörrishofen) und das Internet mit einschlägigen Suchbegriffen.

Die durchgeführten Recherchen bestätigten die bereits im Antrag herausgearbeiteten Trends bei der Weiterentwicklung von Feinzerkleinerungsprozessen für Fleisch:

- Veränderungen in der Rezeptur und damit Zusammensetzung von Brühwürsten,
- Optimierung des technischen Aufbaus der Zerkleinerungsmaschinen - Suche nach alternativen Verfahren,
- Online-Erfassung der Brätqualität und automatische Prozesssteuerung.

Bei der Optimierung des technischen Aufbaus von klassischen Kuttermaschinen spielen nachfolgende Aspekte eine Rolle:

- Aufbau der Zerkleinerungsapparatur bzw. des Kutters (Schneidraumgestaltung, Schüsselform),
- unterschiedliche Kuttermesserformen,
- Anzahl und Anordnung der Messer im Kutter,
- Messer- und Schüsseldrehzahl im Kutter,
- Schärfe sowie unterschiedliche Schliffformen der Messer.

Wirklich neue Informationen zu Kuttermessern sind spärlich und werden von nur sehr wenigen Autoren bzw. Messerherstellern publiziert.

Offensichtlich weitet sich der harte Wettbewerb in der Fleischwarenindustrie inzwischen auch auf deren Zulieferer, konkret die Hersteller von Messern, aus. So werden beispielsweise Wege gesucht, insbesondere für die Brühwurstherstellung, den Zerkleinerungsprozess zu verkürzen sowie Energie zu sparen /2/. Dabei werden empirisch Veränderungen an Messern vorgenommen. Dazu zählt beispielsweise der Einsatz von so genannten:

- Hackmessern bzw. Lochhackmessern /5/,
- Blockmessern (3 Messer in einer Schneidebene),
- „rotierende dynamische Stauwandmesser“ /1/.

Erfahrungen zum Einsatz derartiger Messer bei der Herstellung von Koch- oder Rohwürsten liegen offensichtlich nicht vor. Selbst bei der Herstellung von Brühwürsten beruhen die publizierten Ergebnisse offensichtlich nicht auf dem Dauereinsatz entsprechender Messer.

Untersuchungen mit Blockmessern zeigten, dass bei sehr geringem Kutterschüsselfüllungsgrad zwar sehr gute Zerkleinerungsergebnisse erzielt werden, dass aber mit steigendem Kutterschüsselfüllungsgrad das Brät nicht mehr transportiert werden kann und ein Brätückstau bzw. partiell starke Erwärmungen entstehen /1/.

In Untersuchungen verschiedener Kuttermesser (Standard- (Alpinaform), Hack- und Lochmesser sowie Messer ohne Schneide) bei der Brühwurstherstellung zeigte sich, dass die Verarbeitung mit den untersuchten Messern zu verzehrfähigen Würsten führt /5/. Das Kuttern mit stumpfen Messern führt zu einer deutlich „fleischigen“ Konsistenz. Eine Feinzerkleinerung von Sehnen findet mit diesen Messern jedoch nicht statt. Präzise Messer-Einsatzempfehlungen für Brühwürste können nicht getroffen werden.

Zusammenfassend kann folgendes Fazit gezogen werden:

- Die Optimierung von Kuttermessern bzw. des Schneidprozesses in Kuttermaschinen ist ein hochaktuelles Problem an dem verschiedenorts gearbeitet wird /1, 2/.
- Die bisher publizierten Optimierungsversuche sind wenig systematisch und beziehen sich vor allem auf Brühwürste /1, 4/.
- Die Komplexität von Schneidprozess, Werkzeug (Form, mit oder ohne Löcher, Anschlag), Messerwerkstoff bzw. Oberflächenvergütung wird in den publizierten Ergebnissen nicht ausreichend betrachtet /3, 5/.

## Literaturverzeichnis

1. Haack, E.; Ehrle, E.; Kallweit, D.  
Es gibt noch viele unbekannte Größen. Die Rohstoffbearbeitung im Kutter mit Hochleistungsmessern. In: Fleischwirtschaft 1/2006, S. 47-51
2. N. N.  
Technik für die feine Masse. Neue Verfahren, mehr Bedienungskomfort und variablere Nutzungsmöglichkeiten kennzeichnen die Entwicklung in der Kuttertechnik. In: Die Fleischerei 3/2003, S. 28-36
3. Gebert, A.  
GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V./Institut für Physikalische und Mechanische Technologien  
Beschichten von Kuttermessern mit Korrosionsbeständigen Verschleißschutzwerkstoffen ([www.gfe-net.de](http://www.gfe-net.de))
4. Haack, E.  
Details entscheiden über Qualität. Kuttermaschinen, Kuttermesser und Wolfwerkzeuge - IFFA - Bericht Teil 3, In: Fleischwirtschaft 1/2005, S. 49-52
5. Hammer, G. F.; Haack, E.; Stoyanov, S.  
Unterschiedliche Qualität von Brühwurstbrät – Kuttern mit verschiedenen Messern. In Fleischwirtschaft 4/2006, S. 88-92

## **2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

### **2.1 Versuchsserie Ersatzmedien**

#### **2.1.1 Einzelversuchsziele**

In der Versuchsserie sollte über die Betriebsdauer festgestellt werden, ob mittels Thermokamera Temperaturänderungen an den Messern dargestellt werden können. Ebenfalls wurden dabei energetische Kennwerte über die Zeit aufgenommen. Bei allen Chargen wurden die Bedingungen der Thermokameraaufnahme möglichst konstant gehalten. Die optimale Betriebsführung wäre gewesen, einen sofortigen Stillstand der Messer nach Erreichen der Endkutterzeit zu erzwingen (Messerwellenstillstand in Sekundenbruchteilen durch Notaus). Jedoch führt das zu außerordentlichen Belastungen und damit zu starken Verschleißerscheinungen des Bremssystems. Aus diesen Gründen wurden die Messer nach Erreichen der jeweiligen Endkutterzeit definiert verzögert (z.B. Notaus bei Erreichen einer Messerdrehzahl von 1000 1/min oder 10 s nach Kutterende). Nach Stillstand der Messerwelle wurden die Messer für eine einheitliche Bildaufnahme noch positioniert. Dies bedeutet, ca. 20 bis 30 s nach Erreichen des Kutterabbruches wurden die Messer per Thermokamera fotografiert.

#### **2.1.2 Versuchsergebnisse**

Aussagen zu den Versuchsbedingungen, den verwendeten Ersatzmedien, der Auswertung der Onlinedaten sowie der Thermototos sind im Zwischenbericht dieses Projektes ausführlich dargestellt, deshalb soll an dieser Stelle darauf verzichtet werden.

Aus den Untersuchungen lässt sich schlussfolgern, dass charakteristische Erwärmungsbereiche an den Messern bei den einzelnen verwendeten Ersatzmedien nicht festzustellen sind. Durch die Reibung findet zwar eine Erwärmung der Messer statt, wobei diese Wärme jedoch schnell wieder an das Ersatzmedium abgegeben wird. Auftretende hohe Temperaturänderungen durch den Betrieb im Kutter wären auch bei guter Wärmeleitung des Stahls sowie der Auslöseverzögerung der Thermokamera feststellbar. Es lässt sich schlussfolgern, dass keine signifikanten Temperaturdifferenzen in den Messern auftreten. Höher belastete Bereiche (hervorgerufen durch Biegung oder Reibung durch die Medienströmung), die zu geringen Temperaturspannungen führen, sind durch die Methodik der Thermokameraaufnahme nach Stillstand und Ausrichtung der Messer nicht darstellbar.

An der Tropfenerwärmung ist eine Zeitabhängigkeit zwischen Beginn des Ausdrehens der Messer bis zur Aufnahmeauslösung festzustellen. Diese Zeit kann jedoch nicht konstant gehalten bzw. verkürzt werden. Aufgrund manueller Messerpositionierung sowie Starten der Serienbildfunktion der Thermokamera sind Verzögerungen von mehreren Sekunden unumgänglich, wodurch sichergestellte Aussagen zu etwaigen Temperaturunterschieden auf den Messern ausgeschlossen sind. Ein sofortiger „Notaus“ mit Blockieren der Messerwelle ist zwar möglich, jedoch ist dieser Schutzmechanismus nur für Gefahrensituationen konstruiert. Die dabei auftretenden Belastungen können nicht über ganze Versuchsserien abgefangen werden. Durch die Vielzahl der Tests mit mehreren Versuchsmedien kann gesagt werden, dass die auftretenden Temperaturunterschiede an den Messern zu klein sowie der Zeitverzug bis zur Auslösung der Thermokamera zu groß ist.

## 2.2 Versuchsserien Brühwurst

### 2.2.1 Versuchsziel und Durchführung

In den Brühwurstversuchen sollte festgestellt werden, ob durch Verwendung unterschiedlicher Kuttermesser Brühwürste mit unterschiedlichen Eigenschaften entstehen. Dabei wurden Fleisch und Fettgewebe verwendet, die auf 3 mm vorgewolft wurden und Eis geschüttet. Die Kutterendtemperatur wurde auf 12 °C festgesetzt.

Gerätschaften:

1. Fleischwolf Firma ADE Typ FL 82, Lochscheibe 3 mm
2. 45 l Laska-Kutter (KU45V) mit 6-Messerkopf
3. Füllmaschine Firma MADO MWF 591
4. MAURER Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung

Tabelle 2: Rezeptur Brühwurst (Chargengröße 10 kg)

	%	g
Schulter ohne dickes Bugstück, ohne Speck (S2)	36,8	3680
Schweinefleisch (S3)	5,3	530
Fettbacke (S6)	21,2	2120
Nackenspeck (S7)	15,6	1560
Eis	19,05	1905
NPS	1,6	160
Ascorbinsäure	0,05	5
Gewürz	0,4	40

Im ersten Verfahrensschritt wurden alle Gewebe gewolft und chargiert. Die anschließende Lagerung bis zur Weiterverarbeitung erfolgte im 5 °C-Kühlraum. Am Versuchstag wurden die vorzerkleinerten Gewebe zusammen mit Scherbeneis, NPS, Ascorbinsäure, Gewürz im Kutter mittels Gesamtbrätverfahren bei einer Messerdrehzahl von 2500 1/min und einer Schüssel-drehzahl von 14 1/min (zu Kutterbeginn 30 s bei einer Schüsseldrehzahl von 7 1/min) auf eine Endtemperatur von 12 °C zerkleinert. Innerhalb der Verarbeitung im Kutter wurde für die Brät-Messungen/Analysen im Intervall von 30 s Brät entnommen. Das Endbrät jeder Charge wurde in unpigmentierte Tripan-Kunststoffdärme (Kal. 60) sowie in Schweinedünndarm (Kal. 28/32) abgefüllt. Anschließend wurden die Würste auf Spieße gehängt und zur rauchthermischen Behandlung bereitgestellt (gemeinsames Erhitzen der Würste eines Kalibers). In den Tabellen 3 und 4 sind die jeweiligen Erhitzungsregime dargestellt.

Tabelle 3: Erhitzungsregime für Kal. 28/32-Ware in der Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung

	Prozesszeit (min)	Temperatur (°C)
Röten	10	40
Trocknen	25	55
Räuchern	20	55
Kondensieren	1	55
Trocknen	5	58
Räuchern	20	58
Kondensieren	1	58
Kochen	30	76
Trocknen	2	40

Tabelle 4: Erhitzungsregime Kal. 60-Ware in der Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung

	Prozesszeit (min)	Temperatur (°C)
Röten	15	40
Trocknen	30	55
Räuchern	15	55
Kondensieren	1	55
Trocknen	5	58
Räuchern	15	58
Kondensieren	1	58
Brühen	60	76
Trocknen	2	40

## 2.2.2 Vorversuch Brühwurst (Untersuchung Messergrundformen)

### 2.2.2.1 Versuchsplanung

Im Brühwurst-Vorversuch wurden die 5 Grundformmesser verwendet. Die entsprechenden Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 5: Verwendete Messer der Vorversuchserie Brühwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M1		Form: Sichelmesser A (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2		Form: 4cut-Messer (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3		Form: Sichelmesser B (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4		Form: Alpinmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

WSM		Form: Wechselschliffmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
-----	---	--

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 6: Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Brühwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M1	M1 – M1 – M1
2	M2	M2 – M2 – M2
3	M3	M3 – M3 – M3
4	M4	M4 – M4 – M4
5	WSM	WSM – WSM – WSM

### 2.2.2.2 Ergebnisse Vorversuch

In der Abbildung 13 sind die Kutterdauer sowie die Effektivwerte der Kenndaten des Messerantriebes über die Zeit gegenübergestellt.

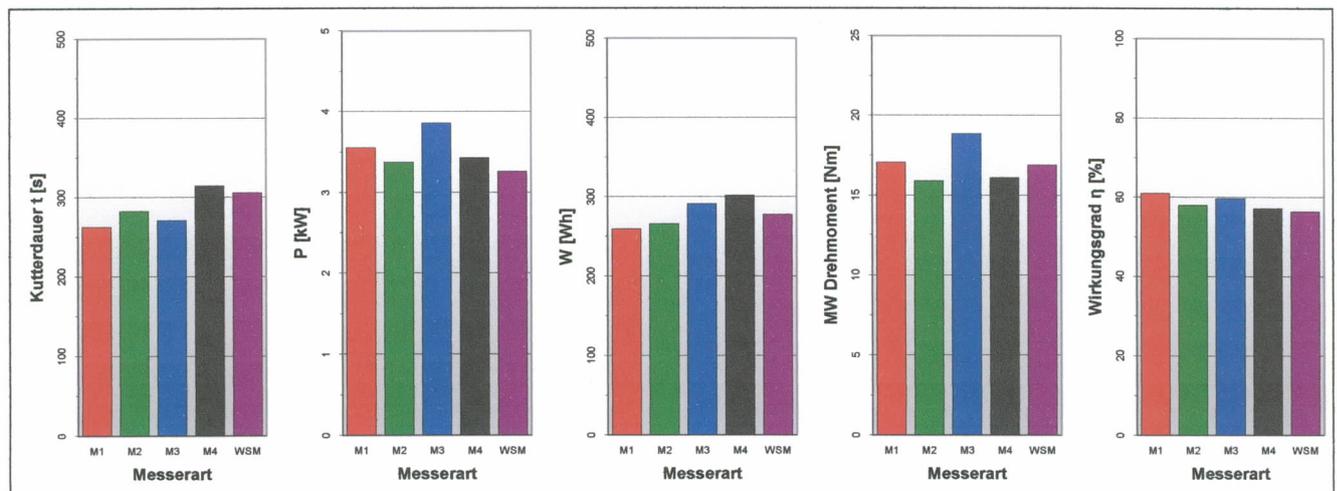


Abbildung 13: Onlinedaten Vorversuchserie Brühwurst (I)

Im Diagramm der Kutterdauer sind für die 4cut- (M2), die Alpina- (M4) und die Wechselschliffmesser (WSM) höhere Verarbeitungszeiten erkennbar. Die Motorleistung liegt bei Verarbeitung der Sichelmesser A und B deutlich über den Werten der anderen Messer. Bei der Darstellung der Energie relativiert sich die Abstufung.

Im Diagramm  $\Delta T/t$  in Abbildung 14 zeigt sich ein höherer Anstieg der Temperatur bei den Sichelmessern A (M1) und B (M3). Die Folgen sind die angesprochene Verkürzung der Kutterzeit sowie die Reduzierung der Gesamtmesserwellendrehzahl. Bei den 4cut-, den Alpina- und den Wechselschliffmessern fand eine intensivere Zerkleinerung durch höhere Schnitтарbeit statt (hohe Werte der Messer im Diagramm  $\Sigma$  Messerumdrehungen). Durch die insgesamt höhere Reibung findet bei diesen Messern eine stärkere Emulgierung statt.

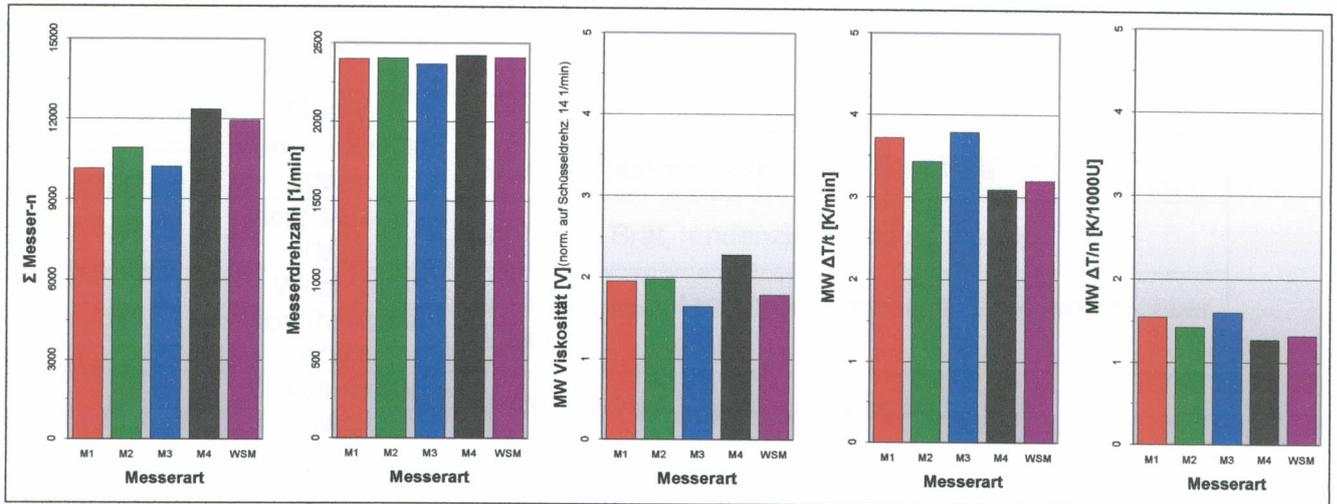


Abbildung 14: Onlinedaten Vorversuchsserie Brühwurst (II)

Die Emulsionsstabilitätswerte pegeln sich bei allen verarbeiteten Chargen unabhängig der verwendeten Messer bei ca. 92-93 % ein. Ab ca. der halben bis 2/3 Kutterdauer werden schon die jeweiligen Maximalwerte erreicht.

Zu Kutterbeginn sind bei der Brät-Penetrationshärte stark sinkende Werte zu beobachten. Dies liegt einerseits an den noch groben Bestandteilen sowie am Untermischen des Schüttmediums (Eis). Ab 60 s Kutterdauer ist eine leicht ansteigende Tendenz festzustellen. Berücksichtigt man alle 5 verarbeiteten Chargen, so zeigen sich bei Verwendung der 4cut-, der Alpina- und der Wechselschliffmesser die höchsten Werte beim Endbrät.

Die Alpina- und die Wechselschliffmesser erreichten die höchsten Penetrationshärtewerte. Beim Kriterium maximale Schneidkraft der Textur wurden bei den 4cut-, den Alpina- sowie bei den Wechselschliffmessern die höchsten Werte erzielt.

Beim sensorischen Vergleich wurden bei den Brühwürsten die beiden hergestellten Wurstarten (Bockwurst Kal. 28/32 im warmen (Tabelle 7) sowie Fleischwurst Kal. 60 im kalten Zustand (Tabelle 8)) unterschieden.

Tabelle 7: sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))

Rangfolge	Messer	Eigenschaften
1 (gut)	4cut-Messer (M2)	qualitativ bestes Produkt, fester Biss, gute Zerkleinerung, nur ganz geringe Oberflächenfeuchtigkeit des Anschnittes
2	Wechselschliffmesser (WSM)	homogen, saftig, vergleichbar Messer 2
3	Alpinamesser (M4)	feucht im Oberflächenanschnitt, leicht wasserlässig und schwammig
4	Sichelmesser A (M1)	feucht im Oberflächenanschnitt, wasserlässig und leicht schwammig, weich
5 (schlecht)	Sichelmesser B (M3)	extrem weich, zerfällt beim Kauen, sehr saftig

Gesamtbetrachtung Bockwurst: Zwischen den Proben der 4cut-, der Wechselschliff- und der Alpinamesser sind nur geringe Unterschiede festzustellen.

Fazit: Die Verarbeitung mit den 4cut-, den Wechselschliff- und den Alpinamessern (gegenüber den Sichelmessern A und B kleinere Flächen) erzielten zwar etwas längere Kutterzeiten, erreichten aber bei der Sensorischen Betrachtung die besten Ergebnisse. Größere Messer tendierten zu wasserlässigen und weichen Endprodukten.

Tabelle 8: sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Brühwurst (Aufschnittware Kal. 60 (kalt))

Rangfolge	Messer	Eigenschaften
1 (gut)	Alpinamesser (M4)	qualitativ beste Variante, sehr feines Brät
2	4cut-Messer (M2)	sehr feines Brät, tendenziell leicht schmalzig
3	Wechsel- schliffmesser (WSM)	sehr feines Brät, tendenziell leicht schmalzig, vergleichbar Messer 2
4	Sichelmesser (M3)	sehr feines Brät, etwas schmalzig und weich
5 (schlecht)	Sichelmesser (M1)	feines Brät, aber ungleichmäßig in der Zerkleinerung, tendenziell leicht schmalzig

In den Abbildungen 15 (beste Ergebnisse) und 16 (schlechteste Ergebnisse in der Serie) sind die Endprodukte Kal. 60 dargestellt.



Abbildung 15: Endprodukt bei Verwendung der Alpinamesser



Abbildung 16: Endprodukt bei Verwendung der Sichelmesser A

Die Feinheit der Endprodukte war bei allen Chargen sehr fein bis fein. Entsprechend sind im Schnittbild kaum Unterschiede festzustellen. Sensorisch wurde nur eine zunehmende Schmalzigkeit bzw. Weichheit festgestellt, was auf eine schlechtere Emulgierung schließen lässt.

Zwischen den Fleischwurst-Proben der Alpina-, der 4cut- sowie den Wechselschliffmessern sind nur geringe Unterschiede festzustellen. Auch bei der Bockwurstherstellung wurden bei Verwendung der Alpina-, der 4cut- sowie der Wechselschliffmesser die besten Ergebnisse erzielt. Diese Messer besitzen eine vergleichbare Masse und Form. Die Schneidewirkung ist bei diesen Messern ein Hackschnitt. Die Sichelmesser A und B führten zu weichen Endprodukten mit etwas schlechteren Zerkleinerungseigenschaften. Durch die Konstruktion dieser Messer findet ein gezogener Schnitt statt. Ebenfalls liegen die Messermasse und -fläche deutlich über den entsprechenden Werten der Alpina-, der 4cut- und der Wechselschliffmesser.

In der Hauptversuchsserie Brühwurst wurden deshalb Variationen der 4cut- und der Alpinaform untersucht.

## 2.2.3 Hauptversuch Brühwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff)

### 2.2.3.1 Versuchsplanung

In der Brühwurst-Vorversuchsserie wurden die Grundform-Messer verwendet. In der Hauptversuchsserie sind Ergebnisse der ersten Serie für eine Neukonstruktion verwendet worden. Die angepassten Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 9: Verwendete Messer der Hauptversuchserie Brühwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M2		Form: 4cut-Messer (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2a		Form: 4cut-Messer (Ausführung a) Spezifikation: zweiseitiger Schliff; Grundformfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein
M2b		Form: 4cut-Messer (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4		Form: Alpinmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4a		Form: Alpinmesser (Ausführung a) Spezifikation: zweiseitiger Schliff, Grundformfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein

M4b		Form: Alpinamesser (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
-----	---	---

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 10: Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Brühwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M2	M2 – M2 – M2
2	M2a	M2a – M2 – M2
3	M2b	M2b – M2b – M2b
4	M4	M4 – M4 – M4
5	M4a	M4a – M4 – M4
6	M4b	M4b – M4b – M4b

### 2.2.3.2 Ergebnisse Hauptversuch

In der folgenden Abbildung sind die Effektivwerte der Onlinedaten jeder verwendeten Messerart dargestellt.

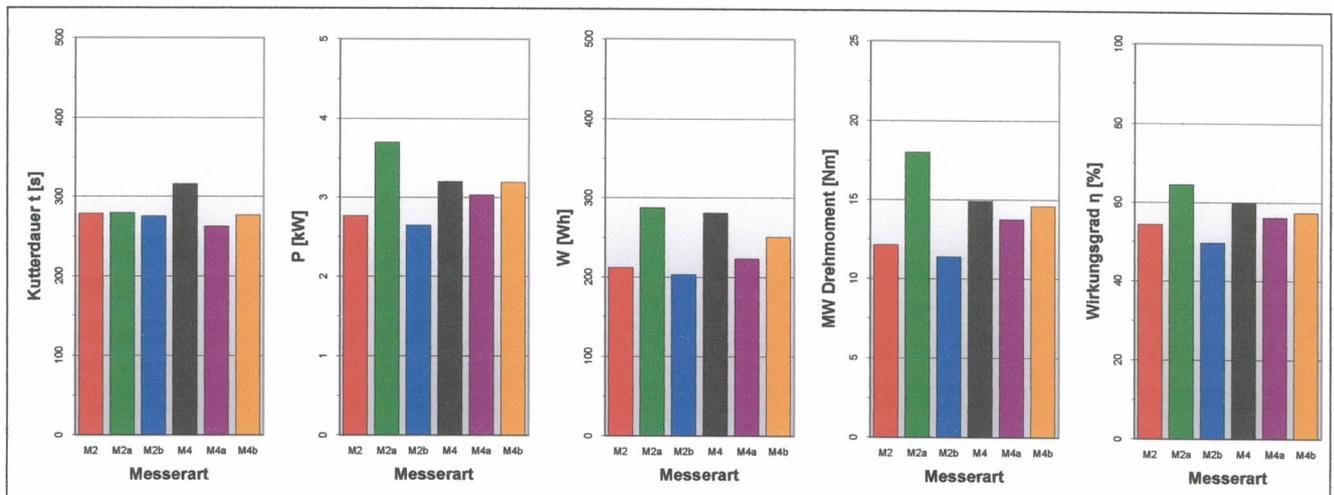


Abbildung 17: Onlinedaten Hauptversuchserie Brühwurst (I)

Bei allen untersuchten Chargen wurden nahezu die gleichen Kutterdauern erreicht. Nur bei den Alpinamessern in der Grundformausführung (M4) war eine etwas längere Zerkleinerungszeit bis zum Erreichen der Abschalttemperatur erforderlich. Größere Seitenflächen der Messer (b-Varianten) zeigen keine signifikanten Einflüsse auf die Kutterdauer.

Beim Vergleich der elektrischen Leistung der 4cut- und Alpinamesserserien zeigen sich keine signifikanten Einflüsse (die Leistung der 4cut-Messer (Versionen der Messer 2) ist bei der a-Variante am höchsten und bei der Alpinaform (Versionen der Messer 4) die a-Variante am niedrigsten). Durch die relativ gleichen Kutterdauern der Messer 4cut-Messer (M2, M2a und M2b) sowie die Variationen a und b der Alpinamesser (M4a und M4b) wirken sich die Verhältnisse der elektrischen Leistung auf die Energie aus (ähnliche Abstufungen). Bei Verwendung

der Alpina-Grundformmesser ist aufgrund der längeren Kutterdauer eine etwas erhöhte Energie festzustellen.

In der folgenden Abbildung sind Diagramme der Messerwellenumdrehungen, der Messerdrehzahl, der Brät-Viskosität und der Temperaturanstiege zusammengestellt. Die längere Kutterdauer bei der Alpinamessercharge wirkt sich natürlich auf die Summe der Messerwellenumdrehungen aus. Demnach ist in diesem Diagramm eine ähnliche Charakteristik wie bei der Kutterdauer festzustellen.

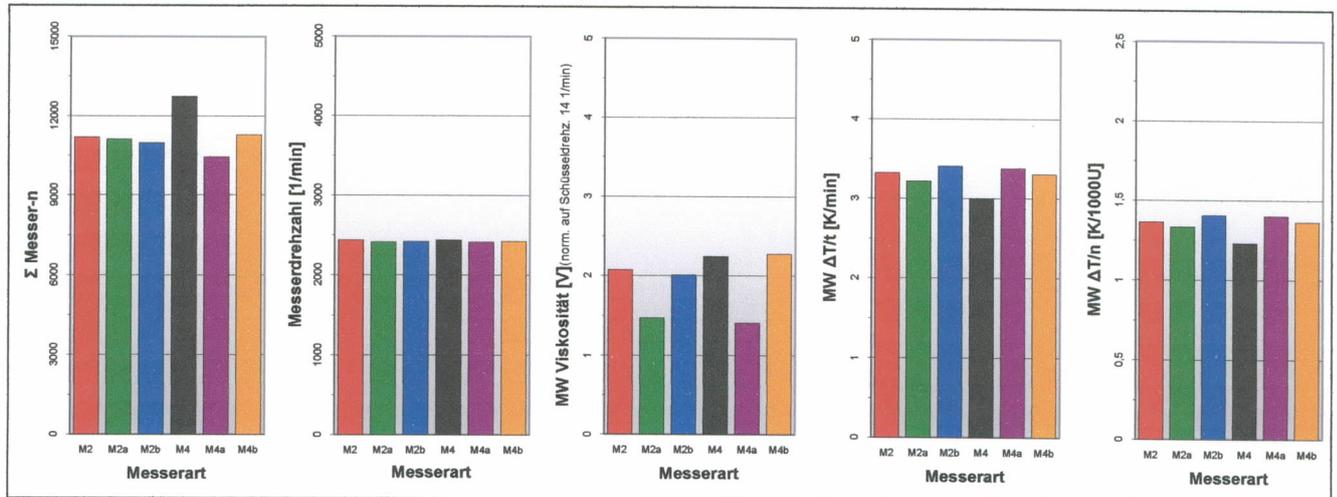


Abbildung 18: Onlinedaten Hauptversuchsserie Brühwurst (II)

Bei den b-Messervarianten sind schnellere bis mittlere Bräterwärmungen festzustellen. Deutliche Auswirkungen einer größeren Messerfläche auf eine schnellere Erwärmung sind jedoch nicht erfassbar.

In der Tabelle 11 ist die Rangfolge der sensorischen Endprodukt-Untersuchung dargestellt.

Tabelle 11: sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))

Rangfolge	Messerbezeichnung/Bestückung	Eigenschaften
1 (gut)	M4 (M4 – M4 – M4)	qualitativ beste Variante, feines Brät, saftig, feste Konsistenz
2	M2a (M2a – M2 – M2)	Biss und Bindung gut, saftige Konsistenz
3	M2b (M2b – M2b – M2b)	Feines Brät, etwas weich und teigig
4	M4b (M4b – M4b – M4b)	Feines Brät, einzelne grobe Stücke, weich im Biss
5	M4a (M4a – M4 – M4)	Feines Brät, weiche Konsistenz und teigig
6 (schlecht)	M2 (M2 – M2 – M2)	Weiche Konsistenz, teigig, etwas schaumig

Es lässt sich schlussfolgern, die Herstellung sensorisch deutlich besser bewerteter Produkte wurde bei Verwendung der Alpinamesser in der Grundform und der 4cut-Messer in der Ausführung a (beidseitiger Anschliff) erreicht.

Fazit Hauptversuchserie Brühwurst:

- Bedeutende sensorische und physikalische Unterschiede sind bei den einzelnen Endprodukten nicht festzustellen. Alle Produkte sind arttypisch.
- Die sensorisch besten Bewertungen der Aufschnittware Kaliber 60-Endprodukte (feines Brät mit saftiger Konsistenz) werden bei Verwendung der Alpinamesser (M4) erreicht.
- Ein zweiseitiger Schliff sowie eine größere Fläche bewirken tendenziell eine kürzere Kutterdauer bzw. eine geringere Summe der Messerwellenumdrehungen.

- Bei Betrachtung der 4cut- und der Alpinamesserserie sind keine signifikanten Einflüsse der Messervariation auf die Leistung des Hauptantriebes und damit auch auf den Energieverbrauch festzustellen.
- Eine größere Messerfläche führt tendenziell zu einer bedingt weicheren Konsistenz des Endproduktes (dargestellt an der Penetrationshärte).

## 2.2.4 Folgeversuch Brühwurst (Untersuchung Perforation und Schliff)

### 2.2.4.1 Versuchsplanung

Die angepassten Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 12: Verwendete Messer der Folgeversuchserie Brühwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M4		Form: Alpinamesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4a		Form: Alpinamesser (Ausführung a) Spezifikation: zweiseitiger Schliff, Grundformfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein
M4c		Form: Alpinamesser (Ausführung c) Spezifikation: einseitiger Schliff, Grundformfläche, Lochmesser Verwendung in Ebene: E1: nein E2: ja E3: ja
M4d		Form: Alpinamesser (Ausführung d) Spezifikation: zweiseitiger Schliff, Grundformfläche, Lochmesser Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 13: Bestückung Messerkopf Folgeversuchserie Brühwurst

Charge	Chargen-/ Messerbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M4	M4 – M4 – M4
2	M4a	M4a – M4 – M4
3	M4dcc	M4d – M4c – M4c

### 2.2.4.2 Ergebnisse Folgeversuch

In der Abbildung 19 sind die Kutterdauer sowie die Effektivwerte der Kenndaten des Messerantriebes über die Zeit gegenübergestellt.

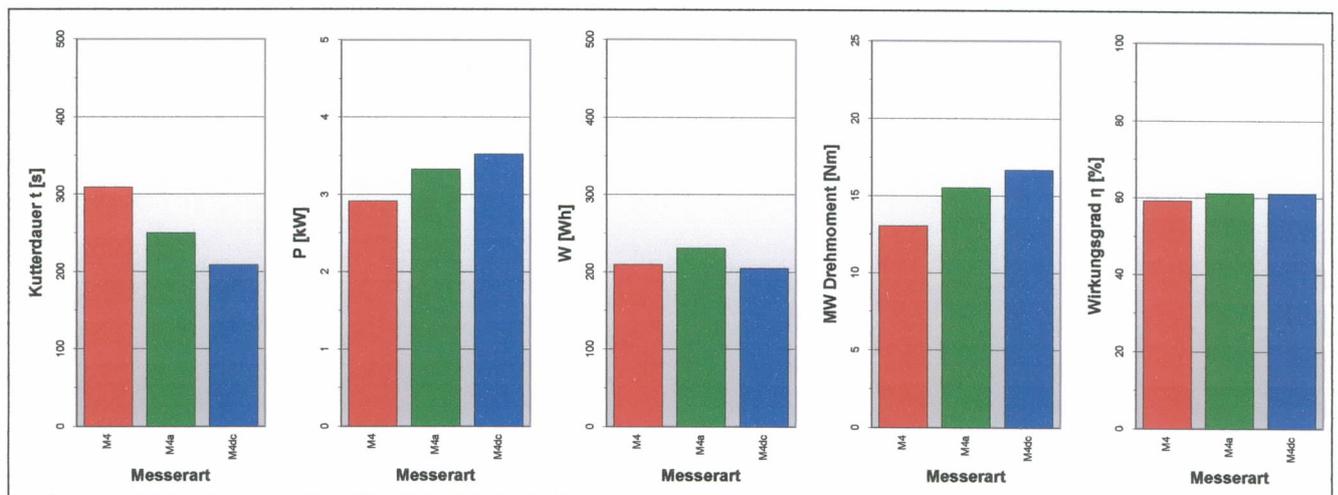


Abbildung 19: Onlinedaten Folgeversuchserie Brühwurst (I)

Im Brühwurst-Hauptversuch erreichten die Alpinamesser in der a-Ausführung gegenüber der Alpina-Standardform eine deutlich kürzere Kutterzeiten (263 s gegenüber 316 s), d.h. Reduzierung um ca. 17 %. Auch bei dieser Versuchsserie wurde bei der Betrachtung dieser beiden Messerarten eine Verkürzung um 19 % ermittelt (M4 309 s und M4a 250 s). Die Kutterdauer bei Verwendung der Alpina-Lochmesser (M4d und M4c) lag mit 209 s nochmals unter diesen Werten.

Durch eine entgegengesetzte Abstufung der Leistung gegenüber den Kutterzeiten wurden bei der Arbeit relativ gleiche Werte ermittelt, nur bei den Lochmessern wurde eine geringfügig niedrigere Arbeit errechnet.

Wie im Wirkungsgraddiagramm dargestellt, liegen die Werte der verwendeten Messer und Messerkombinationen auf konstanter Höhe zwischen 59 und 61 %.

In der Abbildung 20 sind Diagramme der Messerwellenumdrehungen, der Messerdrehzahl, der Brät-Viskosität und der Temperaturanstiege zusammengestellt. Durch vergleichbare Schnittgeschwindigkeiten (Messerdrehzahl) spiegeln sich die erreichten Kutterzeiten bei den Summen der Messerdrehzahlen wieder. Die Löcher in den Messern bewirken intensivere Brätverwirblungen wodurch die Reibung und damit der Wärmeeintrag steigt (erkennbar an den Temperaturanstiegen über die Zeit sowie der Messerumdrehungen). Die Folge ist eine kürzere erforderliche Kutterzeit bis zum Erreichen des Abschaltkriteriums (12 °C Brättemperatur).

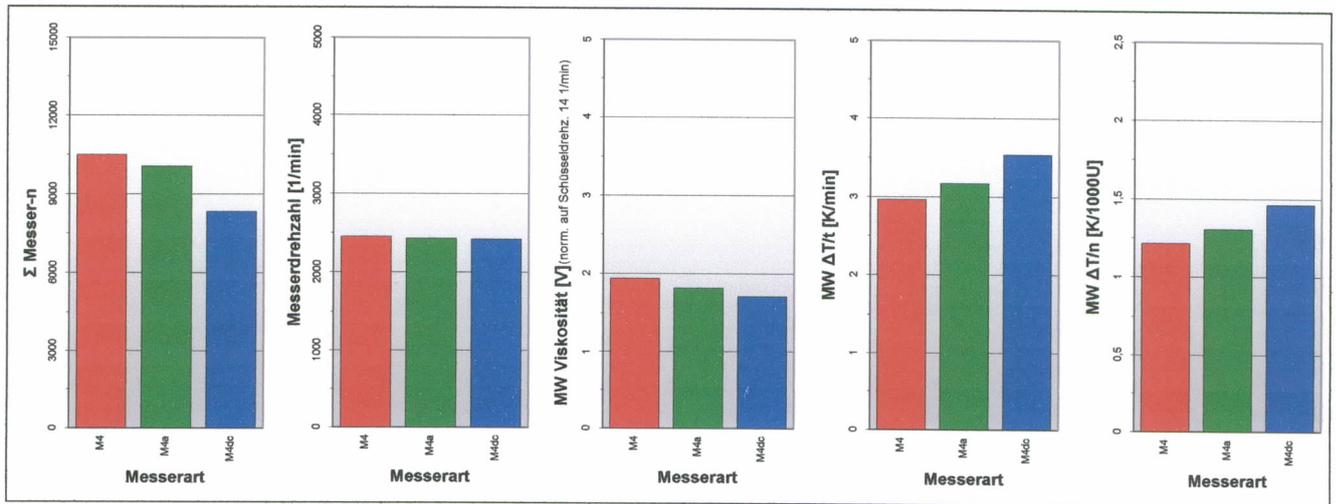


Abbildung 20: Onlinedaten Folgeversuchsserie Brühwurst (II)

Während des Zerkleinerungsprozesses im Kutter wurden Brätproben entnommen. In der Abbildung 21 sind die dabei ermittelten Werte der Emulsionsstabilität als Punkte dargestellt. Um den Verlauf der Emulsionsstabilitätsentwicklung zu verdeutlichen, wurden die Messwerte durch polynomische Trendlinien in 3. Ordnung verbunden.

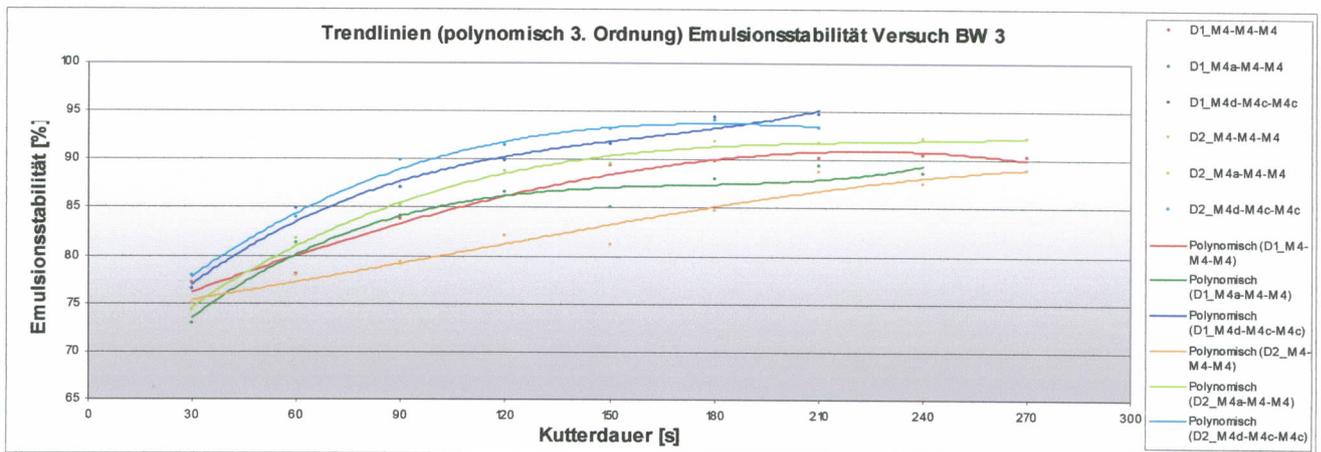


Abbildung 21: Emulsionsstabilität Brätproben Folgeversuchsserie Brühwurstserie

Es zeigt sich, dass die Proben bei Verwendung der Lochmesser (Messerkombinationen M4d – M4c – M4c) schon ab der ersten Entnahme die höchsten Emulsionsstabilitätswerte aufweisen.

Tabelle 14: sensorische Bewertung der Endprodukte Folgeversuch Brühwurst (Bockwurst Kal. 28/32 (warm))

Rangfolge	Messerbezeichnung/Bestückung	Eigenschaften
1 (gut)	M4dcc (M4d – M4c – M4c)	qualitativ beste Variante, sehr feines Brät, tendenziell etwas feucht, feste Konsistenz
2	M4a (M4a – M4 – M4)	geringfügig ungleichmäßige Zerkleinerung, porig, etwas weich im Biss
3 (schlecht)	M4 (M4 – M4 – M4)	wasserlässig, weiche und kurze Konsistenz, mangelhafter Biss

In den beiden folgenden Abbildungen sind Proben, d.h. erwärmte Bockwürste, der am besten (Brühwurst Lochmesserkombination M4dcc) und am schlechtesten (Brühwurst Alpinmesser M4) bewerteten Endprodukte gegenübergestellt.



Abbildung 22: Brühwurst Alpinamesserkombination M4dcc



Abbildung 23: Brühwurst Alpinamesser M4

Es lässt sich schlussfolgern, die Herstellung sensorisch deutlich besser bewerteter Produkte wurde bei Verwendung der Lochmesser (Kombination der Varianten M4d und M4c) erreicht.

Fazit Folgeversuchserie Brühwurst:

- Bedeutende sensorische und physikalische Unterschiede sind bei den einzelnen Endprodukten nicht festzustellen. Alle Produkte sind arttypisch.
- Aufgrund eines erhöhten Wärmeeintrages bei Verwendung der Lochmesser werden kürzere Kutterzeiten erreicht.
- Bei der Untersuchung sind keine signifikanten Einflüsse der Messervariation auf den Energieverbrauch des Hauptantriebes festzustellen (Relation der höheren Leistung durch eine reduzierte Kutterdauer bei den Lochmessern).
- Die Brätherstellung mit Lochmessern führte zu guten sensorischen Bewertungen der Fertigprodukte.
- Ein zweiseitiger Schliff der M4a-Variante der Einzugsmesser bei der Messerkonfiguration „M4a – M4 – M4“ bewirkt gegenüber der Alpinamesser-Standardkonfiguration „M4 – M4 – M4“ eine kürzere Kutterdauer bzw. eine geringere Summe der Messerwellenumdrehungen.

## 2.2.5 Fazit Brühwurst

Aus den Ergebnissen der Vor-, Haupt- und Folgeversuchsserie hat sich folgendes gezeigt:

- **keine bedeutenden** sensorischen und physikalischen **Unterschiede**
- die **sensorisch besten Ergebnisse** wurden bei den **Alpinamesser-Chargen** erreicht
- ein **zweiseitiger Schliff** sowie **größere Messerfläche** bewirken **tendenziell kürzere Kutterzeiten**
- **keine signifikanten Einflüsse** der **4cut- und Alpinamesserserie** auf **Leistung und Energieverbrauch**
- **größere Messerfläche** führt tendenziell zu einer **weicheren Konsistenz**
- Die Brätherstellung mit **Lochmessern** führt zu **guten sensorischen Bewertungen** der Fertigprodukte (gute Emulgierung)

## 2.3 Versuchsserien Kochwurst

### 2.3.1 Versuchsziel und Durchführung

In den Kochwurstversuchen sollte festgestellt werden, ob durch Verwendung unterschiedlicher Kutmesser Kochwürste mit unterschiedlichen Eigenschaften entstehen. Dabei wurden Fleischrohstoffe verwendet, die auf 4 mm vorgewolft wurden (Leber einen Tag vor der Zerkleinerung im Kutter, restliches Fleisch am Versuchstag gegart). Die Kutterendtemperatur wurde je nach Rohstoffausgangsbedingungen auf 22 bis 24 °C festgesetzt.

Gerätschaften:

1. Fleischwolf Firma ADE Typ FL 82, Lochscheibe 4 mm
2. 45 l Laska-Kutter (KU45V) mit 6-Messerkopf
3. Autoklav/Kochkessel

Tabelle 15: Rezeptur Kochwurst (Chargengröße 10 kg)

	%	g
Schulter ohne dickes Bugstück, ohne Speck (S 2)	28,8	2880
Frische Schweineleber	24	2400
Schweinewamme (S 10)	43,2	4320
NPS	1,91	191
Pfeffer	0,19	19
Zwiebel	1,9	190

Am Versuchstag wurden die vorzerkleinerten Gewebe zusammen mit Pfeffer und Zwiebeln im Kutter bei einer Messerdrehzahl von 2500 1/min und einer Schüsseldrehzahl von 14 1/min (zu Kutterbeginn 30 s bei einer Messerdrehzahl von 1800 1/min und einer Schüsseldrehzahl von 7 1/min) bis zu einer Brätendtemperatur von 24 (Durchgang 1) bzw. 22 °C (Wiederholungsversuch; Durchgang 2) zerkleinert. Bei allen Chargen wurde für die Brätmessungen/Analysen bei den Temperaturen 21, 23 und 24 °C (DG1) bzw. 20, 21 und 22 °C (DG2) Brätproben entnommen.

Nach Kuttern aller Chargen wurde das Brät in Gläser gefüllt. Anschließend erfolgte die thermische Behandlung im Autoklav/Kochkessel bei einer Wassertemperatur von 92 °C bis zu einer Kerntemperatur von 75 °C.

### 2.3.2 Vorversuch Kochwurst (Untersuchung Messergrundformen)

#### 2.3.2.1 Versuchsplanung

In der Kochwurst-Vorversuchsserie wurden die 5 Messergrundformen untersucht. Die entsprechenden Messer sind in der Tabelle 16 zusammengestellt.

Tabelle 16: Verwendete Messer der Vorversuchserie Kochwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M1		Form: Sichelmesser A (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2		Form: 4cut-Messer (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3		Form: Sichelmesser B (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4		Form: Alpinmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
WSM		Form: Wechselschliffmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt (Tabelle 17).

Tabelle 17: Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Kochwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M1	M1 – M1 – M1
2	M2	M2 – M2 – M2
3	M3	M3 – M3 – M3
4	M4	M4 – M4 – M4
5	WSM	WSM – WSM – WSM

### 2.3.2.2 Ergebnisse Vorversuch

In der Abbildung 24 sind die Kutterdauer sowie die Effektivwerte der Kenndaten des Messerantriebes über die Zeit gegenübergestellt.

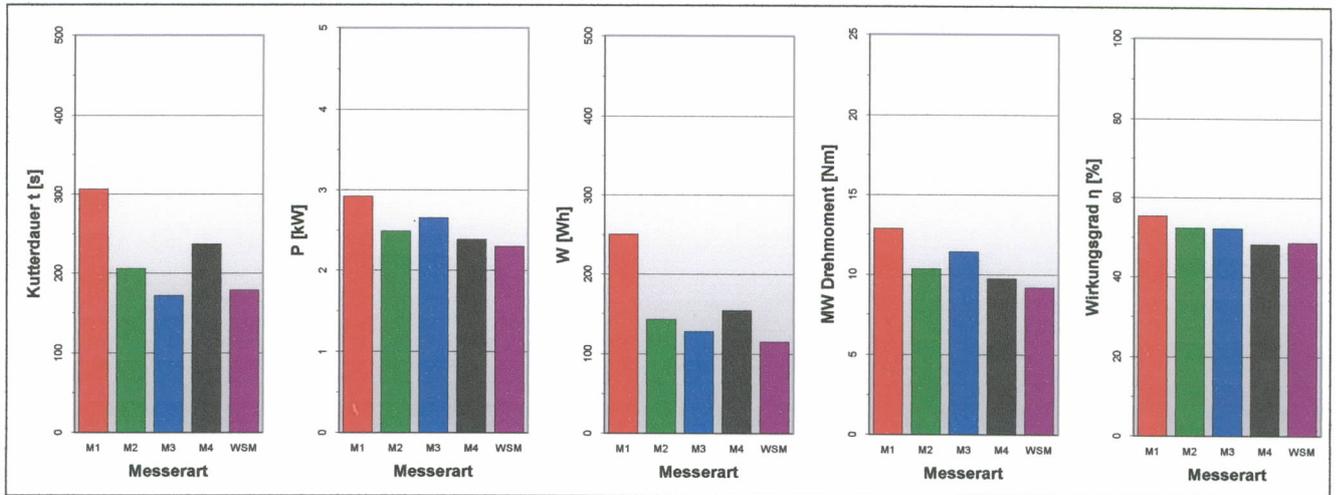


Abbildung 24: Onlinedaten Vorversuchsserie Kochwurst (I)

Die Kutterzeiten waren bei Verwendung der 4cut- (M2), der Alpina- (M4) sowie der Sichelmesser A (M1) am längsten. Da die Messerdrehzahl bei allen Chargen konstant bei ca. 2480 1/min lag, ergeben sich vergleichbare Abstufungen bei der Summe der Messerwellenumdrehungen (Abbildung 25). Demzufolge fand bei diesen Messern eine intensivere Zerkleinerung statt. Bei den Messern mit den kleineren Seitenflächen (4cut-, Alpina- und Wechselschliffmesser) wurden geringere Werte als bei den anderen Messern errechnet. Bei der Verrechnung der Kutterdauer und der Leistung werden im Energiediagramm relativ gleiche Werte für die Sichelmesser A, die 4cut-, die Alpina- und die Wechselschliffmesser ermittelt.

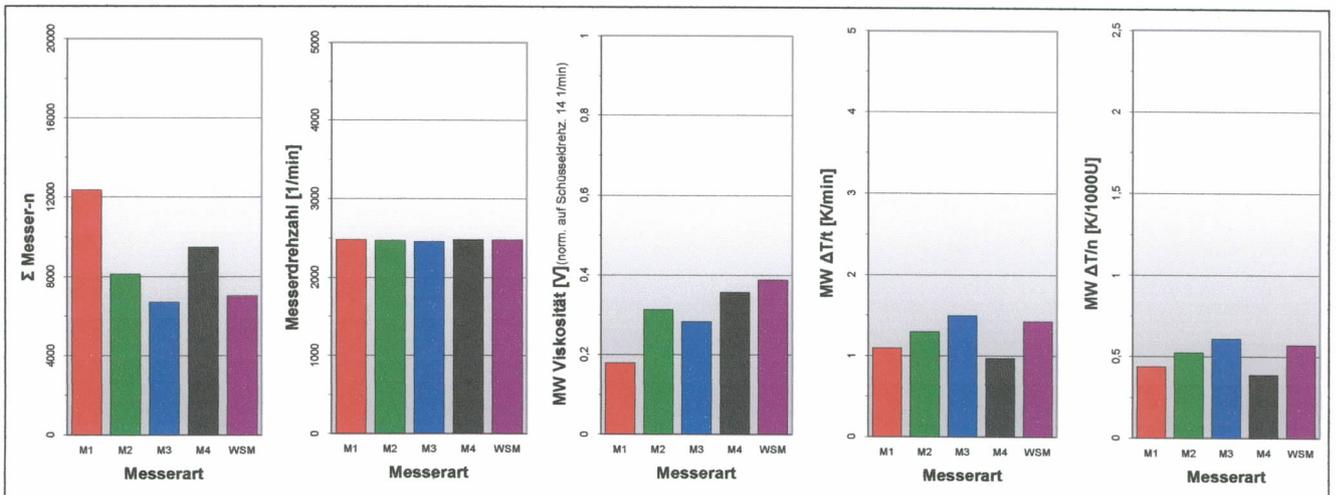


Abbildung 25: Onlinedaten Vorversuchsserie Kochwurst (II)

Die Diagramme (DeltaT/t- sowie das DeltaT/n-Diagramm) zeigen keine Abhängigkeiten von der Messerform bzw. -fläche.

Bei den Brätanalysen wurden unter anderen die Stabilitätswerte der Brätproben ermittelt. Es zeigt sich, die Stabilitätseigenschaften der Endbräte bei Verwendung der 4cut-, der Alpina- sowie der Sichelmesser A sind am besten. Die ebenfalls untersuchten Endbrät-Penetrationshärten liegen bei Verwendung der Alpina- sowie der Wechselschliffmesser am höchsten.

In der Tabelle 18 ist die Rangfolge der sensorischen Endprodukt-Untersuchung dargestellt.

Tabelle 18: sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Kochwurst (900 ml Gläser)

Rangfolge	Messer	Eigenschaften
1 (gut)	4cut-Messer (M2)	qualitativ bestes Produkt, cremig, saftig, mild
2	Alpinamesser (M4)	saftig, cremig, aber leicht sandig, vereinzelt gröbere Partikel
3	Sichelmesser A (M1)	weich, cremig, leicht sandig, vereinzelt gröbere Partikel
4	Sichelmesser B (M3)	cremig, leicht sandig, Zerkleinerung nicht ausreichend
5 (schlecht)	Wechsel- schliffmesser (WSM)	Zerkleinerung nicht ausreichend, weniger cremig und saftig als die anderen Proben

In den Abbildungen 26 und 27 sind deutliche Unterschiede beim Fettabsatz der Kochwürste festzustellen.



Abbildung 26: Endprodukt bei Verwendung der 4cut-Messer



Abbildung 27: Endprodukt bei Verwendung der Wechselschliffmesser

Fazit Vorversuchserie Kochwurst:

Zwischen den Proben der 4cut- und der Alpinamesser sind nur geringe Unterschiede festzustellen (Messermasse und -form sowie die Schnittführung sind bei diesen Messern vergleichbar). Die Qualität der Proben bei Verwendung der Wechselschliffmesser ist abfallend. Wie bei der Bock- und Fleischwurstherstellung (Brühwurst) wurden bei Verwendung der 4cut- und Alpinamesser die besten Ergebnisse erzielt.

### 2.3.3 Hauptversuch Kochwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff)

#### 2.3.3.1 Versuchsplanung

Im Kochwurst-Vorversuch wurden die Grundform-Messer verwendet. In der zweiten Versuchserie sind Ergebnisse der ersten Serie für eine Neukonstruktion verwendet worden. Die angepassten Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 19: Verwendete Messer der Hauptversuchserie Kochwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M2		Form: 4cut-Messer (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2a		Form: 4cut-Messer (Ausführung a) Spezifikation: zweiseitiger Schliff; Grundformfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein
M2b		Form: 4cut-Messer (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4		Form: Alpinmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4a		Form: Alpinmesser (Ausführung a) Spezifikation: zweiseitiger Schliff, Grundformfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein
M4b		Form: Alpinmesser (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Kochwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M2	M2 – M2 – M2
2	M2a	M2a – M2 – M2
3	M2b	M2b – M2b – M2b
4	M4	M4 – M4 – M4
5	M4a	M4a – M4 – M4
6	M4b	M4b – M4b – M4b

### 2.3.3.2 Ergebnisse Hauptversuch

In der folgenden Abbildung sind die Kutterdauer, die elektrische Leistung sowie die Energie jeder verwendeten Messerart dargestellt.

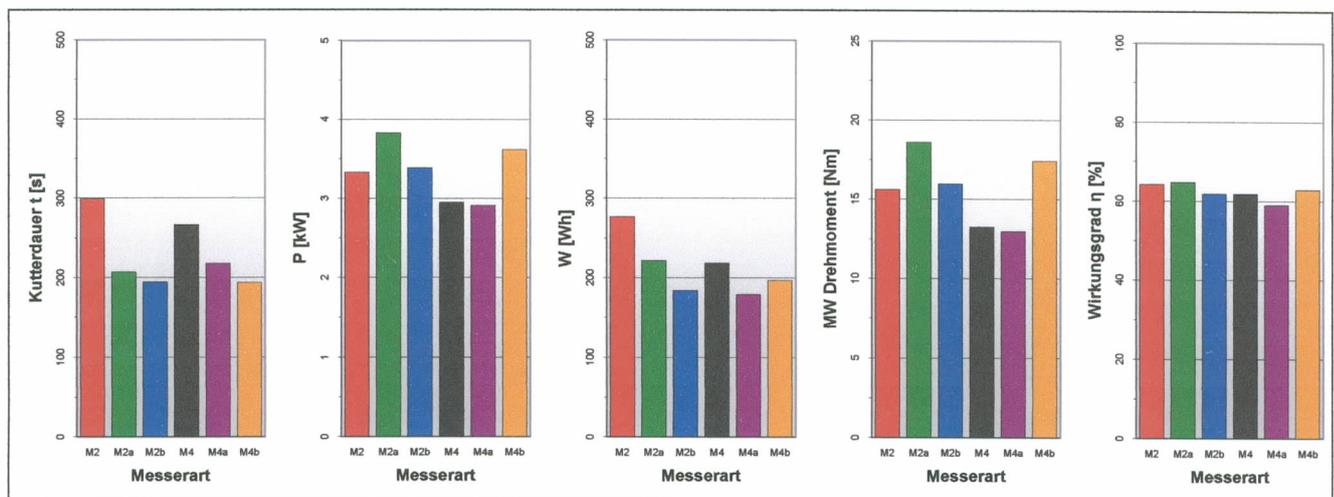


Abbildung 28: Onlinedaten Hauptversuchsserie Kochwurst (I)

Im Diagramm der Kutterdauer sind die Bearbeitungszeiten bei Verwendung der Grundform-Messersätze deutlich länger. Gegenüber den a-Varianten der Messer sind die Zeiten bei den Messern mit größerer Seitenfläche (b-Varianten) noch einmal etwas geringer. Werden die Variationen a und b der 4cut- sowie der Alpinmesser verglichen, zeigen sich keine signifikanten Abhängigkeiten der Kutterzeiten.

Vergleicht man die Leistungswerte der beiden Messerserie, so zeigen sich deutlich höhere Werte bei Verwendung der 4cut-Messer. Im Vergleich der Messerausführung sind jedoch keine eindeutigen Abhängigkeiten feststellbar. Durch die deutlich längeren Kutterzeiten der Grundformmesser relativieren sich die Energien. Die entsprechenden Werte der Messer sind somit am höchsten.

In der Abbildung 29 sind Diagramme der Messerwellenumdrehungen und der Temperaturanstiege zusammengestellt. Durch eine vergleichbare Messerdrehzahl pro Minute liegen die Summen der Messerwellendrehzahlen auf vergleichbaren Niveaus ähnlich der Kutterdauern.

Deutliche Unterschiede der Messer sind bei der Bräterwärmung festzustellen. Die Variation a mit beidseitigem Schliff und im Besonderen die b-Version mit größerer Fläche bewirken eine deutlich schnellere Erwärmung. Bei dieser Wurstart sorgt eine größere Seitenfläche für höhere Reibung und damit einen intensiveren Wärmeeintrag.

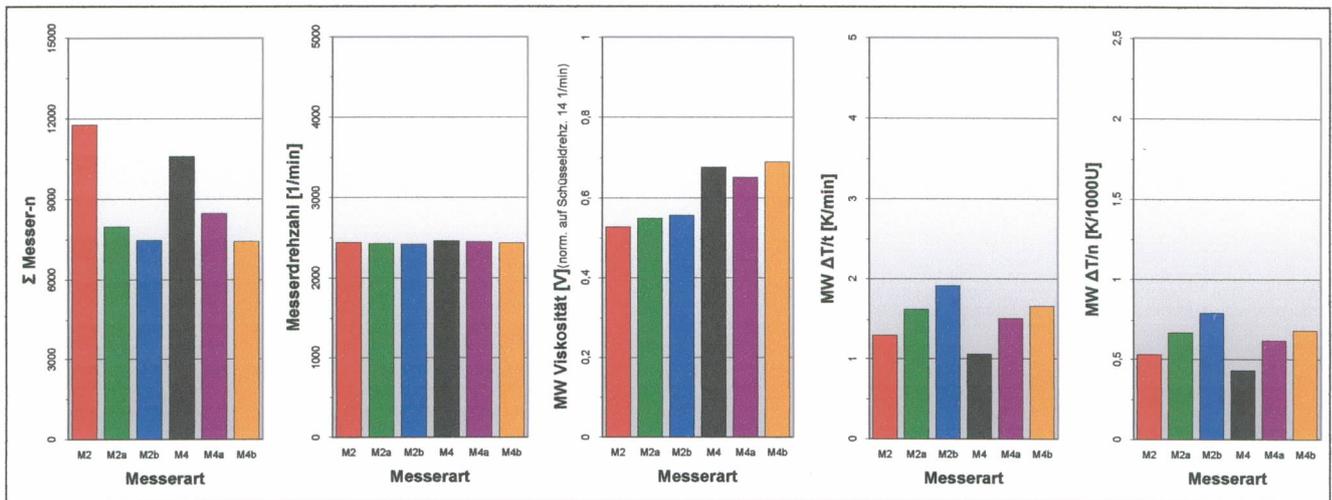


Abbildung 29: Onlinedaten Hauptversuchsserie Kochwurst (II)

In der Tabelle 21 ist die Rangfolge bei der sensorischen Untersuchung der Endprodukte dargestellt.

Tabelle 21: sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Kochwurst (900 ml Gläser)

Rangfolge	Messerbezeichnung/Bestückung	Eigenschaften
1 (gut)	4cut-Messer Variation b M2b (M2b – M2b – M2b)	qualitativ beste Variante, cremige und weiche Konsistenz, sehr feine Zerkleinerung
2	4cut-Messer Variation a M2a (M2a – M2 – M2)	Sehr feine Zerkleinerung, leicht sandig
3	Alpinmesser Variation a M4a (M4a – M4 – M4)	Noch cremig, etwas grießig und sandig
4	4cut-Messer M2 (M2 – M2 – M2) und Alpinmesser M4 (M4 – M4 – M4)	Grießig, trocken, Fettabsatz an der Oberfläche und am Glasboden
5 (schlecht)	Alpinmesser Variation b M4b (M4b – M4b – M4b)	Deutlicher Fett- und Geleeabsatz, nicht cremig, trocken, grob und grießig

In den beiden folgenden Abbildungen sind Proben der am besten und am schlechtesten bewerteten Endprodukte gegenübergestellt.



Abbildung 30: Kochwurst 4cut-Messer Variation b (M2b)



Abbildung 31: Kochwurst Alpinmesser Variation b (M4b)

Zusammenfassend der sensorischen Bewertung lässt sich feststellen, die Endprodukte, die mit den 4cut-Messern in den Variationen a und b (M2a und M2b) sowie den Alpinmessern in der Variation a (M4a) hergestellt wurden, waren bei allen Durchgängen vergleichbar und qualitativ angenehm.

**Fazit Hauptversuchserie Kochwurst:**

- Bedeutende sensorische und physikalische Unterschiede sind bei den einzelnen Endprodukten nicht festzustellen. Alle Produkte sind arttypisch.
- Sensorisch erreichten die Endprodukte, die mit den 4cut-Messern in den Variationen a und b (M2a und M2b) sowie den Alpinmessern in der Variation a (M4a) hergestellt wurden, die besten Ergebnisse. Ein zweiseitiger Anschliff wirkt sich tendenziell positiv aus.
- Wie in der Vorversuchserie Kochwurst sind etwas höhere Leistungen und Energien des Hauptantriebes bei Verwendung der 4cut-Messerserie sowie tendenziell bei den Grundform-Messersätzen festzustellen.
- Messervariationen führen zu einer schnelleren Bräterwärmung (besonders bei Verwendung der b-Messer mit vergrößerter Fläche).
- Einflüsse einer größeren Fläche auf die Endproduktqualität sind nicht feststellbar (M2b → Rang 1; M4b → Rang 6).

**2.3.4 Folgeversuch Kochwurst (Untersuchung Perforation und Schliff)**

**2.3.4.1 Versuchsplanung**

Die angepassten Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 22: Verwendete Messer der Folgeversuchserie Kochwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M2b		Form: 4cut-Messer (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche als M2-Grundform Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2c		Form: 4cut-Messer (Ausführung c) Spezifikation: zweiseitiger Schliff, größere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: nein E3: nein
M2d		Form: 4cut-Messer (Ausführung d) Spezifikation: einseitiger Schliff, größere Fläche, Löcher in der Seitenfläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 23: Bestückung Messerkopf Folgeversuchserie Kochwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M2bbb	M2b – M2b – M2b
2	M2cbb	M2c – M2b – M2b
3	M2ddd	M2d – M2d – M2d

### 2.3.4.2 Ergebnisse Folgeversuch

In der Abbildung 32 sind die Kutterdauer sowie die Effektivwerte der Kenndaten des Messerantriebes über die Zeit gegenübergestellt.

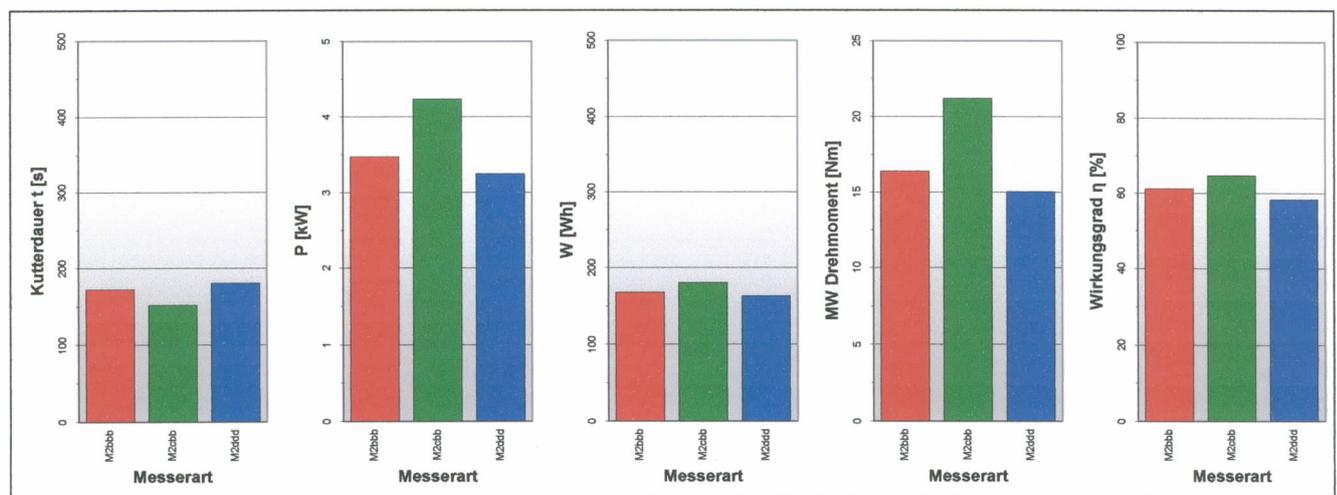


Abbildung 32: Onlinedaten Folgeversuchserie Kochwurst (I)

Die Verwendung von Messern mit beidseitigem Schliff (M2c) in der ersten Ebene des Messerkopfes führt zu einer reduzierten Kutterdauer. Der Vergleich der Messer in der Hauptversuchserie Kochwurst zeigt ähnliche Einflüsse. Im Hauptversuch wurde bei der 4cut-Messerform mit einseitigem Anschliff in der Grundform (M2) eine Kutterzeit von 299 s bzw. der Messerform M2a mit beidseitigem Anschliff, ebenfalls in der Grundform, 207 s erreicht (reduzierte Kutterdauer um ca. 31 %). Die Messer mit größerer Fläche dieser Versuchsserie haben Kutterzeiten von 173 s beim einseitigen Schliff sowie 152 s beim zweiseitigen Schliff erreicht (12 % geringere Kutterdauer). Die Kutterzeiten der Lochmesser liegen auf vergleichbarem Niveau wie die M2b-Messer.

Wie im vorhergegangenen Kochwurstversuch bewirkt ein zweiseitiger Schliff der Messer (Form M2c gegenüber der Form M2b mit einseitigem Schliff) eine höhere Antriebsleistung, siehe Diagramm P in Abbildung 32. Die Leistungsdaten der Lochmesser sind bei den betrachteten Messerkonfigurationen am geringsten.

Trotz der kürzesten Kutterdauer errechnet sich aufgrund der deutlich höheren Leistung des Antriebsmotors bei Verwendung der Messer M2c eine etwas höhere Energie. Die Werte der Lochmesser-Chargen (M2d) liegen mit 163,4 Wh in etwa auf gleicher Höhe wie die Energien bei Verwendung der 4cut-Messer in der Variation b mit größerer Fläche (M2b) mit 168 Wh.

In der Abbildung 33 sind Diagramme der Messerwellenumdrehungen, der Messerdrehzahl, der Brät-Viskosität und der Temperaturanstiege zusammengestellt.

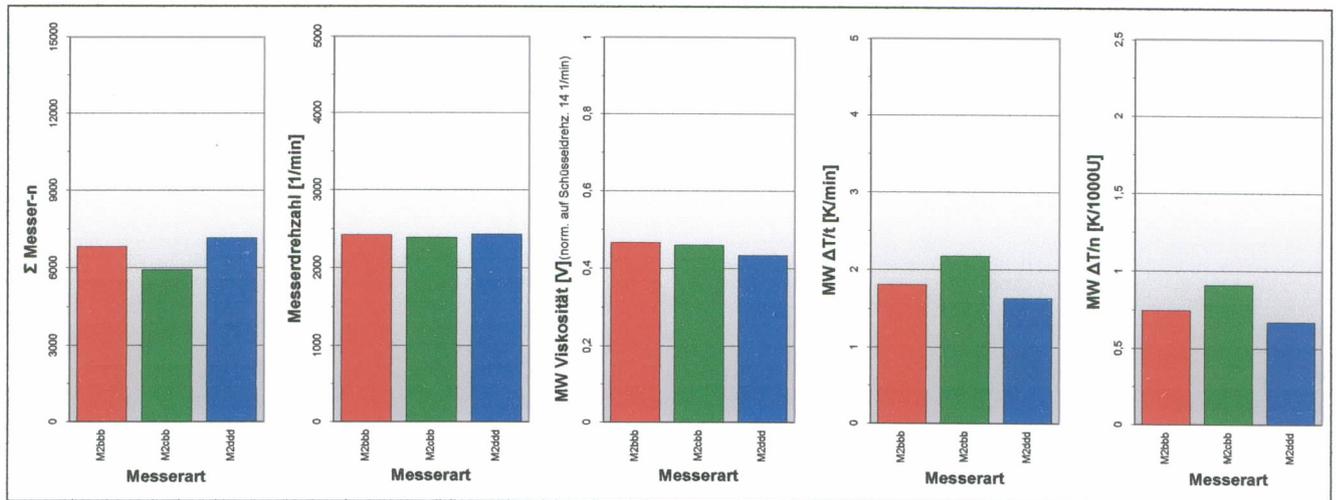


Abbildung 33: Onlinedaten Folgeversuchsserie Kochwurst (II)

Durch die relativ konstante Messerdrehzahl um 2410 1/min ist die gleiche Charakteristik der Kutterzeiten auch bei den Summen der Messerdrehzahlen gegeben. Wie die geringe Kutterdauer bei Verwendung der Messerkombination M2c – M2b – M2b vermuten lässt, liegen die Temperaturanstiege über die Drehzahl sowie über die Zeit über den Werten der anderen beiden Messerkonfigurationen.

In der Tabelle 24 ist die Rangfolge der sensorischen Endprodukt-Untersuchung dargestellt.

Tabelle 24: sensorische Bewertung der Endprodukte Folgeversuch Kochwurst (720 ml Gläser)

Rangfolge		Messerbezeichnung/Bestückung	Eigenschaften
1 (gut)	in etwa gleich	M2ddd (M2d – M2d – M2d)	weiche und cremige Konsistenz, Geschmacklich gut, leichter Fettabsatz
2		M2cbb (M2c – M2b – M2b)	fest, dennoch cremige Konsistenz, gelegentlich feste Bestandteile, Fett- aber kein Geleeabsatz
3 (schlecht)		M2bbb (M2b – M2b – M2b)	Fett- und leichter Geleeabsatz, feste Konsistenz, schmalziger unangenehmer Geschmack, riecht nach Fett

In den beiden folgenden Abbildungen sind Proben der am besten (Kochwurst M2ddd) und am schlechtesten (Kochwurst M2bbb) bewerteten Endprodukte gegenübergestellt.



Abbildung 34: Kochwurst 4cut-Messerkombination M2ddd



Abbildung 35: Kochwurst 4cut-Messerkombination M2bbb

Zusammenfassend der sensorischen Bewertung lässt sich feststellen, die Endprodukte, die mit den Lochmesserkombinationen M2ddd (M2d – M2d – M2d) und den Messerkombinationen M2cbb (M2c – M2b – M2b) hergestellt wurden, waren qualitativ gut bis sehr gut. Eine etwas abfallende Tendenz war bei den Fertigprodukten, die mit den 4cut-Messern M2b hergestellt wurden, festzustellen.

Fazit Folgeversuchserie Kochwurst:

- Bedeutende sensorische und physikalische Unterschiede sind bei den einzelnen Endprodukten nicht festzustellen. Alle Produkte sind arttypisch.
- Durch einen schnelleren Wärmeeintrag bei Verwendung beidseitig geschliffener Messer als Einzugsmesser (Ebene 1) wurden kürzere Kutterzeiten erreicht.
- Bei Verwendung der Messer mit beidseitigen Schliff wurden etwas höhere Effektivwerte der Leistung ermittelt
- Sensorisch erreichten die Endprodukte, die mit den Lochmesserkombinationen M2ddd (M2d – M2d – M2d) und den Messerkombinationen M2cbb (M2c – M2b – M2b) hergestellt wurden, die besten Ergebnisse. Lochmesser wirkt sich positiv auf die Endproduktqualität aus.

### 2.3.5 Fazit Kochwurst

Aus den Ergebnissen der Vor-, Haupt- und Folgeversuchserie hat sich folgendes gezeigt:

- **keine bedeutenden** sensorischen und physikalischen **Unterschiede**
- ein **zweiseitiger Anchliff** der Messer wirkt sich tendenziell **positiv** aus
- etwas **höhere Leistungen und Energieverbräuche** bei Verwendung der **4cut-Messerserie** sowie tendenziell bei den **Grundform-Messersätzen**
- **zweiseitiger Anchliff** sowie **größere Messerfläche** führen zu **schnellerer Bräterwärmung**
- Einflüsse einer **größeren Fläche** auf die **Endproduktqualität nicht feststellbar**
- Sensorisch erreichten die Endprodukte, die mit **Lochmesserkombinationen** hergestellt wurden, die **besten Ergebnisse**. **Lochmesser** wirkt sich positiv auf die **Endproduktqualität** aus.

## 2.4 Versuchsserien Rohwurst

### 2.4.1 Versuchsziel und Durchführung

In den Versuchen sollte festgestellt werden, ob durch Verwendung unterschiedlicher Kuttermessern Rohwürste mit unterschiedlichen Eigenschaften entstehen.

Gerätschaften:

1. 45 l Laska-Kutter (KU45V) mit 6-Messerkopf
2. Füllmaschine Firma MADO MWF 591
3. MAURER Brüh- und Rauchanlage mit Klimasteuerung

Tabelle 25: Rezeptur Rohwurst (Chargengröße 10 kg)

	%	g
Rindfleisch, mager (R 2)	57,62	5762
Schweinefleisch S2	19,22	1922
Rückenspeck, fest	19,21	1921
NPS	1,92	192
Zucker	0,96	96
Wacholder	0,192	19,2
Knoblauchpulver	0,144	14,4
Senfkörner	0,096	9,6
Schwarzer Pfeffer, grob	0,192	19,2
Kümmel	0,096	9,6
Weinbrand	0,35	35

Im ersten Verfahrensschritt wurden alle Gewebe etwa faustgroß geschnitten und chargiert. Die Lagerung bis zum Kuttern erfolgte über Nacht im 5 °C-Kühlraum.

Am Versuchstag wurden Rückenspeck und Schweinefleisch vor dem Kuttervorgang für 1,5 - 2 Stunden angefrosten (Zwischenlagerung im -20 °C-Kühlraum). Nach dieser Zeit wurden die Gewebe zusammen mit den Zusatzstoffen im Kutter (Gesamtbrätverfahren) bei einer Messerdrehzahl von 1500 1/min und einer Schüsseldrehzahl von 7 1/min bis zur gewünschten Feinheit zerkleinert. Die Kutterdauer der ersten Charge war maßgebend für die Verarbeitung der weiteren Chargen. Das Füllen des Bräts jeder Charge erfolgte in Hucki-Rohwurstdärme Kal. 40. Anschließend fand die Räucherung/Reifung über einen Zeitraum von 3 Wochen nach einem industrieüblichen Programm statt.

### 2.4.2 Vorversuch Rohwurst (Untersuchung Messergrundformen)

#### 2.4.2.1 Versuchsplanung

In der Rohwurst-Vorversuchsserie wurden die 5 Messergrundformen untersucht. Die entsprechenden Messer sind in der Tabelle 26 gegenübergestellt.

Tabelle 26: Verwendete Messer der Vorversuchserie Rohwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M1	A curved metal blade with a single bevel and two mounting holes.	Form: Sichelmesser A (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M2	A metal blade with a curved edge and a straight edge, featuring a single bevel and two mounting holes.	Form: 4cut-Messer (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3	A curved metal blade with a single bevel and two mounting holes, similar to M1 but with a different curvature.	Form: Sichelmesser B (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M4	A metal blade with a curved edge and a straight edge, featuring a single bevel and two mounting holes.	Form: Alpinmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
WSM	A metal blade with a curved edge and a straight edge, featuring a single bevel and two mounting holes.	Form: Wechselschliffmesser (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 27: Bestückung Messerkopf Vorversuchserie Rohwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M1	M1 – M1 – M1
2	M2	M2 – M2 – M2
3	M3	M3 – M3 – M3
4	M4	M4 – M4 – M4
5	WSM	WSM – WSM – WSM

## 2.4.2.2 Ergebnisse Vorversuch

In der Abbildung 36 sind die Kutterdauer sowie die Effektivwerte der Kenndaten des Messerantriebes über die Zeit gegenübergestellt.

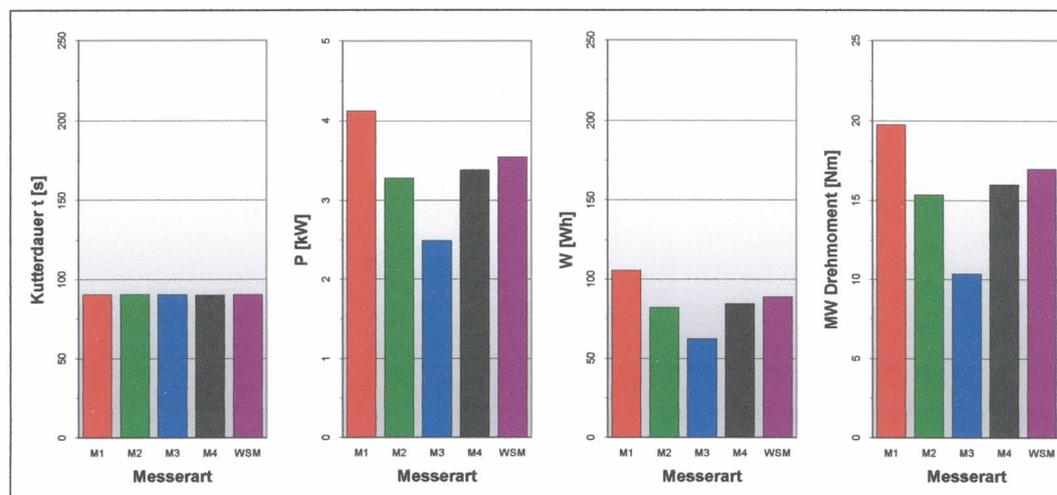


Abbildung 36: Onlinedaten Vorversuchsserie Rohwurst (I)

Aus den Kutter- und Abschaltbedingungen ergeben sich für die einzelnen Chargen gleiche Kutterzeiten. Durch die relativ gleichen Messerdrehzahlen (zwischen 1618 und 1642 1/min) ergeben sich auch vergleichbare Summen der Messerwellenumdrehungen (Diagramme in Abbildung 37).

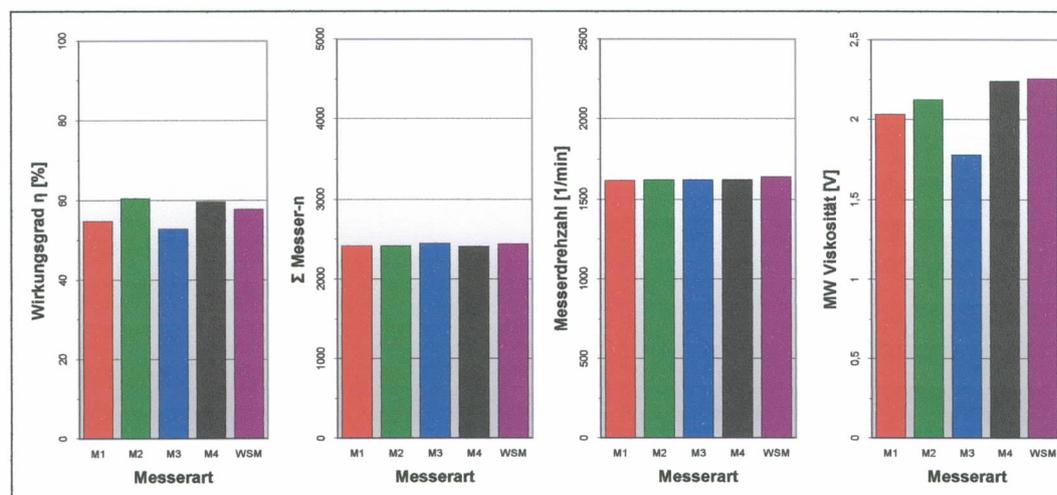


Abbildung 37: Onlinedaten Vorversuchsserie Rohwurst (II)

Bei Betrachtung der Leistung und der Energie zeigen sich relativ gleiche Werte bei Verwendung der 4cut-, der Alpina- und der Wechselschliffmesser. Die von der Grundform (gezogener Schnitt und größte Fläche) vergleichbaren Messer erreichten jedoch stark unterschiedliche Messwerte (Sichelmesser A (M1) 4,13 bzw. Sichelmesser B (M3) 2,49 kW).

Die höchsten Penetrationshärtewerte der Endbräte wurden bei Verarbeitung mit den Sichelmessern B und den Alpinamessern erreicht. Jedoch lag die Standardabweichung sehr hoch. Aufgrund der sehr groben Konsistenz der Bräte wurden bei der Untersuchung stark schwankende Messwerte ermittelt. Charakteristische Zusammenhänge sollten deshalb nicht prognostiziert werden.

Nach der Rohwurstbrätherstellung und Abfüllung schließt sich ein mehrwöchiger Reifungs- und Räucherprozess an. Innerhalb der Brätherstellung können die Grobheit und die Schmiereigenschaften der Bestandteile durch die Messerwirkung beeinflusst werden. Weitere sensorische Eigenschaften wie beispielsweise Trockenrandbildung oder Festigkeit werden maßgeblich durch die Reifung beeinflusst.

Bei der Penetrationshärteermittlung bestand bei den Fertigprodukten das gleiche Problem wie bei den Bräten (hohe Standardabweichung aufgrund sehr grober Konsistenz). Demzufolge ist zur Ermittlung der Festigkeit die Texturanalyse effektiver. Dabei liegen die Werte der erforderlichen Maximalkraft zum Zerschneiden der Proben bei den Endprodukten, die mit den Sichelmessern A und B sowie den Wechselschliffmessern hergestellt wurden, am höchsten. Diese Ergebnisse zeigen eine Unabhängigkeit gegenüber der Messerfläche.

In der Tabelle 28 ist die Rangfolge bei der sensorischen Untersuchung der Endprodukte dargestellt.

Tabelle 28: sensorische Bewertung der Endprodukte Vorversuch Rohwurst (Kal. 40)

Rangfolge	Messer	Eigenschaften
1 (gut)	Sichelmesser B (M3)	gleichmäßige, aber etwas grobe Körnung, klares Schnittbild
2	Sichelmesser A (M1)	gleichmäßige, aber etwas grobe Körnung, klares Schnittbild
3	Alpinamesser (M4)	Körnung ungleichmäßig, leichte Schmiereffekte
4	Wechselschliffmesser (WSM)	Körnung nicht gleichmäßig, einige grobe Bestandteile, leichte Schmiereffekte
5 (schlecht)	4cut-Messer (M2)	Körnung sehr ungleichmäßig, einige sehr grobe Partikel, klares Schnittbild

Der gezogene Schnitt der Sichelmesser B und A führt zu den besten Ergebnissen. In Abbildung 38 ist eine gleichmäßige Körnung und ein klares Schnittbild erkennbar (im Gegensatz zum angeschnittenen Endprodukt bei Verarbeitung mit den 4cut-Messern; siehe Abbildung 39).



Abbildung 38: Endprodukt bei Verwendung der Sichelmesser (Queranschnitt)

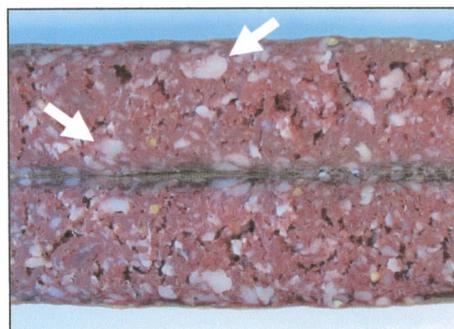


Abbildung 39: Endprodukt bei Verwendung der 4cut-Messer (Queranschnitt)

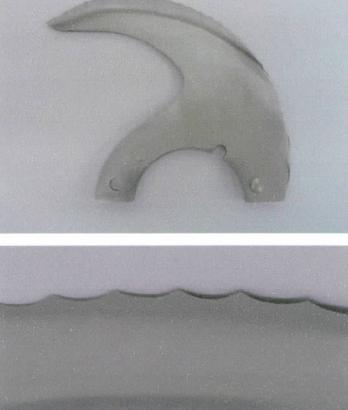
Zwischen den Proben der Sichelmesser B und A sind nur sehr geringe und zwischen den Proben der Alpina- und der Wechselschliffmesser geringe Unterschiede festzustellen. Die Endprodukte der 4cut-Messer sind qualitativ abfallend. Bei der Bock- und Fleischwurstherstellung (Brühwurst) sowie der Kochwurstherstellung wurden bei Verwendung der 4cut- und Alpinamesser die besten Ergebnisse erzielt. Bei der Rohwurstherstellung erreichten jedoch die Würste, die mit den Sichelmessern B und A (gezogener Schnitt) hergestellt wurden, die besten Eigenschaften. Deshalb wurden Variationen der Sichelmesser A und B sowie ein Sichelmesser C für die Hauptversuchsserie konstruiert.

## 2.4.3 Hauptversuch Rohwurst (Untersuchung Messerfläche und Schliff)

### 2.4.3.1 Versuchsplanung

Im Rohwurst-Vorversuch wurden die Grundform-Messer verwendet. In der Hauptversuchsserie sind Ergebnisse der ersten Serie für eine Neukonstruktion verwendet worden. Die angepassten Messer sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Tabelle 29: Verwendete Messer der Hauptversuchserie Kochwurst

Messerbezeichnung	Abbildung	Eigenschaften
M1		Form: Sichelmesser A (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M1a		Form: Sichelmesser A (Ausführung a) Spezifikation: einseitiger Schliff; kleinere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3		Form: Sichelmesser B (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3a		Form: Sichelmesser B (Ausführung a) Spezifikation: einseitiger Schliff; kleinere Fläche Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
M3b		Form: Sichelmesser B (Ausführung b) Spezifikation: einseitiger Schliff, Grundformfläche; Wellenanschliff (Kullen; siehe unteres Bild) Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja

M5		Form: Sichelmesser C (Grundform) Spezifikation: einseitiger Schliff Verwendung in Ebene: E1: ja E2: ja E3: ja
----	---	--

In der Versuchsserie wurde der Kutter-Messerkopf wie folgt bestückt.

Tabelle 30: Bestückung Messerkopf Hauptversuchserie Kochwurst

Charge	Chargenbezeichnung	Bestückung Ebene 1, 2 und 3 (je Ebene 2 Messer)
1	M1	M1 – M1 – M1
2	M1a	M1a – M1a – M1a
3	M3	M3 – M3 – M3
4	M3a	M3a – M3a – M3a
5	M3b	M3b – M3b – M3b
6	M5	M5 – M5 – M5

### 2.4.3.2 Ergebnisse Hauptversuch

In der Abbildung 40 sind die Onlinedaten (Effektivwerte über die Kutterdauer) der Rohwurstherstellung zusammengestellt.

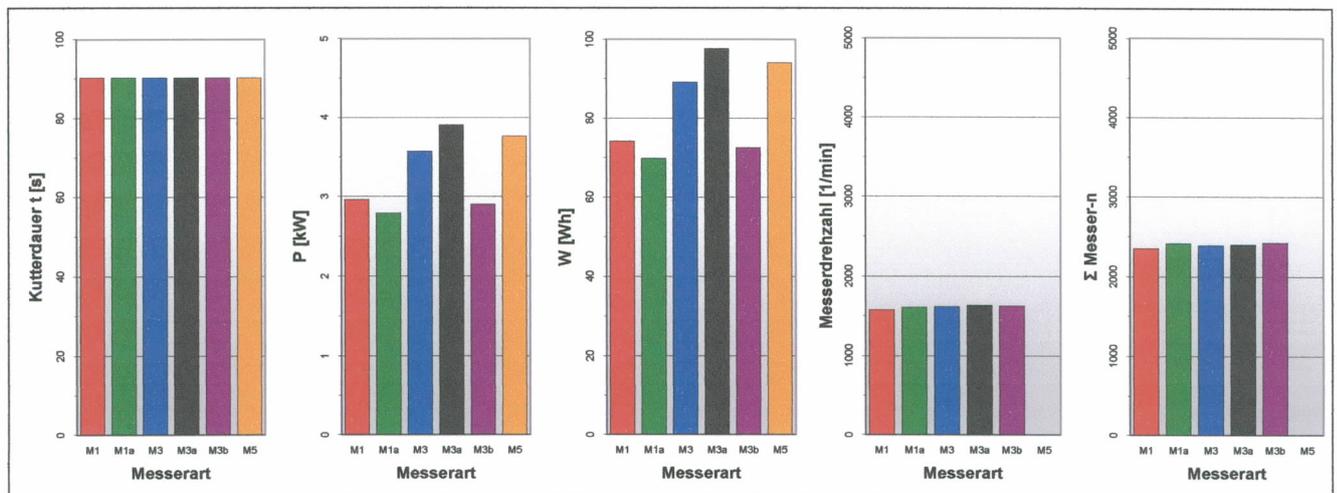


Abbildung 40: Onlinedaten Hauptversuchserie Rohwurst

Die Kutterdauern sind nach der Versuchsplanung einheitlich (Verarbeitung der ersten Charge bis zum gewünschten Feinheitsgrad, alle anderen Chargen haben eine entsprechend gleiche Kutterdauer).

Werden bei der elektrischen Leistung die einzelnen Messerserien verglichen, so zeigt sich, dass die Serie der Sichelmesser A (M1 und M1a) die geringste Leistung, die Serie Sichelmesser B (M3, M3a und M3b) die mittlere Leistung und das Sichelmesser C (M5) die höchste Leistung erreicht hat. Es lässt sich schlussfolgern, dass durch eine verlängerte Schneidkante (gezogener Schnitt) die elektrische Leistung zunimmt. Die Leistungen der a-Ausführungen der Messer (kleinere Messerfläche als bei der Grundform) liegen auf sehr unterschiedlichen Niveaus.

Das Diagramm der Arbeit ist durch die einheitliche Kutterdauer direkt mit der Charakteristik des Leistungsdiagramms vergleichbar. Demzufolge liegen die Summen der Messerwellenumdrehungen bei allen Chargen um 2400 Umdrehungen (zwischen 2355 und 2426 Umdrehungen).

In der Tabelle 31 ist die Rangfolge der sensorischen Untersuchung der Endprodukte dargestellt.

Tabelle 31: sensorische Bewertung der Endprodukte Hauptversuch Rohwurst (Kal. 40)

Rangfolge		Messer	Eigenschaften
1 (gut)	In etwa gleich	Sichelmesser C (M5)	gleichmäßige und ausreichende Zerkleinerung, kaum bröckelig, kaum Trockenrand
2		Sichelmesser B, Variation a (M3a)	Gleichmäßige Zerkleinerung, sehr fein, leicht bröckelig, leichter Trockenrand
3		Sichelmesser A, Variation a (M1a)	Feine und gleichmäßige Zerkleinerung, leicht porig, leicht bröckelig, leichter Trockenrand
4	In etwa gleich	Sichelmesser A (M1)	Klares Schnittbild aber leicht ungleichmäßige Zerkleinerung, etwas bröckelig, leichter Trockenrand
5		Sichelmesser B (M3)	Etwas ungleichmäßige Zerkleinerung, teilweise zu grobe Fettbestandteile, leicht porig, leichter Trockenrand
6 (schlecht)		Sichelmesser B, Variation b (M3b)	Sehr hohe Zerkleinerung, etwas schmierig, unscharfe/unklare Partikel, leicht bröckelig, merkliche Trockenrandbildung

In den beiden folgenden Abbildungen sind Proben der am besten und am schlechtesten bewerteten Endprodukte gegenübergestellt.

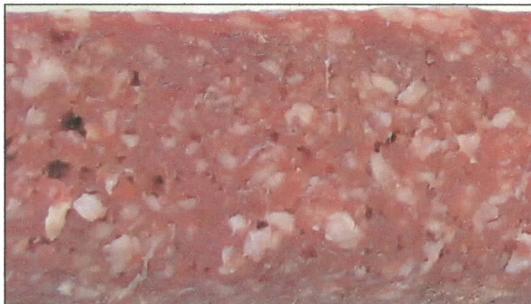


Abbildung 41: Rohwurst Sichelmesser C (M5)



Abbildung 42: Rohwurst Sichelmesser B, Variation b (M3b)

Die Abbildung der M5-Rohwurst zeigt deutlich abgegrenzte und feine Partikel. Bei der Abbildung der Rohwurst M3b sind deutliche verschmierte Fettpartikel erkennbar.

Zusammenfassend der sensorischen Bewertung lässt sich feststellen, bei Verwendung der Sichelmesser C (M5) und B in der Variation a (M3a) waren eine sehr gleichmäßige und ausreichende Zerkleinerung sowie kaum erkennbare Trockenränder festzustellen.

#### Fazit Hauptversuchserie Rohwurst:

- Bedeutende sensorische und physikalische Unterschiede sind bei den einzelnen Endprodukten nicht festzustellen. Alle Produkte sind arttypisch.
- Eine längere Schnittkante und demzufolge ein lang gezogener Schnitt der Messer wirkt sich günstig auf die Endproduktqualität aus (beste Ergebnisse bei Verwendung der Sichelmesser C).
- Kleinere Messerflächen bewirken geringfügig bessere sensorische Bewertungen der Endprodukte.
- Messer mit Wellenschliff (Kullen) führen zu einer intensiveren Zerkleinerung sowie einem Verschmieren der Fettpartikel (schlechte sensorische Bewertung).

#### 2.4.4 Fazit Rohwurst

Aus den Ergebnissen der Vor- und Hauptversuchsserie hat sich folgendes gezeigt:

- **keine bedeutenden** sensorischen und physikalischen **Unterschiede**
- eine **längere Schnittkante** der Messer bewirkt eine **bessere Endproduktqualität**
- **kleineren Messerflächen** bewirken geringfügig bessere **sensorische Bewertungen**
- **Messer mit Wellenschliff** führen zu einer **intensiveren Zerkleinerung** sowie einem **Verschmieren der Fettpartikel** und sind deshalb für die Rohwurstherstellung ungeeignet

# Anlagen

## Inhaltsverzeichnis Anlagen

	Seite
Tabellen Chargen-Gegenüberstellung	
1. Vorversuch Brühwurst	49
2. Hauptversuch Brühwurst	50
3. Folgeversuch Brühwurst	51
4. Vorversuch Kochwurst	52
5. Hauptversuch Kochwurst	53
6. Folgeversuch Kochwurst	54
7. Vorversuch Rohwurst	55
8. Hauptversuch Rohwurst	56

# 1. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Vorversuch Brühwurst

	Versuch BW1														
	D1						D2								
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
Messerart:	M1	M2	M3	M4	EM	M1	M2	M3	M4	EM	M1	M2	M3	M4	EM
Schlüftungsmessung:	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kutterzeit [s]:	244,25	269,25	269,5	306,5	299	280,5	296	272,25	323	280,5	296	272,25	323	313,5	313,5
Schlüsselumdrehungen:	52	57	55	68	66	62	66	60	72	62	66	60	72	70	70
el. Daten															
Mittelwert el. Leistung [kW]:	3,4613	3,253	3,6332	3,0547	3,3064	3,6507	3,4969	4,0809	3,8124	3,6507	3,4969	4,0809	3,8124	3,2103	3,2103
Mittelwert Energie [Wh]:	234,598	243,977	272,488	261,346	275,532	283,944	287,524	310,603	343,117	283,944	287,524	310,603	343,117	280,012	280,012
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	16,527	15,164	17,454	13,837	17,454	17,586	16,614	20,233	18,359	17,586	16,614	20,233	18,359	14,809	14,809
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	60,664	58,044	56,304	53,857	56,967	61,3	58,054	63,139	60,34	61,3	58,054	63,139	60,34	55,828	55,828
Summe Messerumdrehungen:	9388,8	10286,2	10015,4	11987,1	11624,2	10903	11536,3	10419,6	12741,3	10903	11536,3	10419,6	12741,3	12254,5	12254,5
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2396,6	2400,8	2365,4	2419	2407,2	2401,3	2409	2369,6	2424,7	2401,3	2409	2369,6	2424,7	2412,2	2412,2
Mittelw. Viskosität [V]:	1,7566	1,6939	1,3713	2,0352	1,6617	1,8828	2,0137	1,6346	2,3054	1,8828	2,0137	1,6346	2,3054	1,7372	1,7372
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	1,9131	1,8597	1,5626	2,151	1,7619	1,9892	2,1025	1,7299	2,406	1,9892	2,1025	1,7299	2,406	1,8154	1,8154
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	3,926	3,524	3,74	3,132	3,291	3,508	3,329	3,838	3,046	3,508	3,329	3,838	3,046	3,1	3,1
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	1,638	1,468	1,581	1,295	1,367	1,461	1,382	1,62	1,256	1,461	1,382	1,62	1,256	1,285	1,285
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	4873,1	5401,8	5322,2	6178,4	5998	5613	5631	5376,1	6526,6	5613	5631	5376,1	6526,6	6301,9	6301,9
Temperatur	8,55	8,54	8,02	8,04	7,8	5,65	5,56	5,74	5,9	5,65	5,56	5,74	5,9	5,9	5,9
Gewebe Ausgangsstoffe [°C]:	11,64	11,48	11,68	11,54	11,47	11,53	11,51	11,53	11,52	11,53	11,51	11,53	11,52	11,54	11,54
Brät nach Kuttern (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	5,75	5,89	5,89	5,98	5,89	5,93	5,89	5,93	5,96	5,93	5,89	5,93	5,96	5,94	5,94
pH-Wert															
Gewebe Ausgangsstoffe:															
Brät nach Kuttern:															
Fertigprodukt Kal. 60 (nach th. Behandlung):															
Penetrationshärte															
Endbrät [N/m²]:	1527,12	1813,57	2075,77	1723,97	1742,81	1685,2	1554,55	1529,46	1682,9	1685,2	1554,55	1529,46	1682,9	1603,68	1603,68
Fertigprodukt Kal. 60 [N/m²]:	7176,62	7014,12	6958,53	7965,33	7714,82	6922,82	7215,86	7819,31	7808,00	6922,82	7215,86	7819,31	7808,00	7285,52	7285,52
Emulsionsstabilität Endbrät [%]:	90,73	91,53	90,53	90,1	90,83	93	93,18	92,95	92,88	93	93,18	92,95	92,88	92,8	92,8
Farbe Endbrät (CIE-Lab-System):															
L (Helligkeit):	71,31	70,96	71,17	70,93	71,37	69,59	70,58	69,92	69,94	69,59	70,58	69,92	69,94	70,01	70,01
a (rot-grün):	4,50	4,91	4,63	4,63	4,56	5,27	4,75	5,26	4,69	5,27	4,75	5,26	4,69	4,49	4,49
b (gelb-blau):	16,90	17,22	16,98	17,20	16,87	17,89	17,54	17,99	17,60	17,89	17,54	17,99	17,60	17,27	17,27
c (Sättigung):	17,49	17,91	17,60	17,81	17,48	18,66	18,17	18,75	18,22	18,66	18,17	18,75	18,22	17,85	17,85
h (Farbtonwinkel):	75,11	74,10	74,76	74,94	74,88	73,61	74,85	73,69	75,06	73,61	74,85	73,69	75,06	75,44	75,44
Farbe EP (CIE-Lab-System)															
L (Helligkeit):	67,54	68,58	68,32	67,85	67,35	67,26	68,17	67,4	66,61	67,26	68,17	67,4	66,61	67,52	67,52
a (rot-grün):	8,95	8,42	8,42	8,44	8,7	8,8	8,55	9,05	9,12	8,8	8,55	9,05	9,12	8,57	8,57
b (gelb-blau):	13	12,37	12,57	12,66	12,75	12,73	12,78	12,8	12,83	12,73	12,78	12,8	12,83	12,85	12,85
c (Sättigung):	15,78	14,96	15,13	15,22	15,43	15,48	15,37	15,67	15,74	15,48	15,37	15,67	15,74	15,44	15,44
h (Farbtonwinkel):	55,44	55,74	56,2	56,3	55,69	55,33	56,2	54,73	54,58	55,33	56,2	54,73	54,58	56,28	56,28
Textur Fertigprodukt Kal. 60															
max. Kraft [N]:	6,055	5,533	5,472	5,987	6,389	5,573	6,3	5,611	5,924	5,573	6,3	5,611	5,924	5,74	5,74
mittl. Kraft [N]:	3,945	3,651	3,529	3,915	4,387	3,614	3,965	3,806	3,562	3,614	3,965	3,806	3,562	3,725	3,725
Arbeit [N·m]:	0,094	0,084	0,083	0,092	0,1	0,081	0,091	0,087	0,08	0,081	0,091	0,087	0,08	0,087	0,087

## 2. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Hauptversuch Brühwurst

	Versuch BW2											
	D1						D2					
Messerart:	Ch1*	Ch2*	Ch3*	Ch4	Ch5	Ch6	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
1. Messerebene:	M2	M2a	M2b	M4	M4a	M4b	M2	M2a	M2b	M4	M4a	M4b
2. Messerebene:	M2	M2	M2b	M4	M4	M4b	M2	M2	M2b	M4	M4	M4b
3. Messerebene:	M2	M2	M2b	M4	M4	M4b	M2	M2	M2b	M4	M4	M4b
Schüttungsmedium:	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kutterzeit [s]:	353,75	354	354,25	312,5	252,75	255,5	278,25	279,75	275,25	320	273	297,75
Schüsselumdrehungen:	(41)	(41)	(41)	69	55	56	60	60	59	70	59	65
el. Daten												
Mittelwert el. Leistung [kW]:	2,844	3,021	2,693	3,512	2,830	3,457	2,767	3,701	2,651	2,895	3,245	2,932
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	279,652	297,041	264,841	304,349	199,702	257,373	212,104	287,845	203,223	257,293	246,957	244,337
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	12,557	13,789	11,734	16,888	12,584	16,080	12,134	18,022	12,907	12,907	14,924	13,123
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	59,3	59,0	55,5	67,0	57,4	60,4	54,3	64,5	49,6	52,8	54,9	54,4
Summe Messerumdrehungen:	14332,2	14262,4	14355,9	12564,4	10006,2	10615,2	11205,7	11116,2	10976,1	12923,4	10877,3	11953,1
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2466,2	2445,7	2455,4	2435,9	2410,8	2421,3	2436,4	2413,9	2420,4	2440,8	2412,4	2424,2
Mittelw. Viskosität [V]:	1,537	1,000	1,538	2,093	1,276	2,092	1,952	1,382	1,890	2,157	1,365	2,189
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	---	---	---	2,210	1,365	2,236	2,075	1,469	2,010	2,274	1,453	2,317
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	2,376	2,508	2,539	3,072	3,374	3,422	3,324	3,220	3,404	2,925	3,385	3,187
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	0,964	1,026	1,034	1,261	1,400	1,413	1,364	1,334	1,406	1,198	1,403	1,314
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	7270,2	7214,7	7248,7	6343,4	5077,8	5377,3	5649,4	5629,4	5551,7	6508,7	5488,2	6015,1
Temperatur	6,7	6,5	5,8	6,2	7,4	6,6	5,5	5,5	5,7	5,5	5,5	5,5
Brät nach Kutterm (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	11,41	11,35	11,41	11,47	11,56	11,48	11,51	11,54	11,51	11,51	11,51	11,45
pH-Wert												
Gewebe Ausgangsstoffe:												
Brät nach Kutterm:												
Fertigprodukt Kal. 60 (nach th. Behandlung):	5,71	5,77	5,85	5,81	5,79	5,77	5,68	5,69	5,53	5,75	5,66	5,68
Endbrät [N/m²]:	6,08	6,1	6,16	6,13	6,13	6,1	6,09	6,08	6,11	6,11	6,06	6,07
Penetrationshärte												
Fertigprodukt Kal. 60 [N/m²]:	1697,5	1516,2	1420,4	1470,2	1589,4	1507,5	1535,4	1503,5	1587,2	1669,2	1543,6	1573,4
Emulsionsstabilität Endbrät [%]:	7067,2	6591,0	7074,9	7526,0	7264,8	6826,0	7886,7	8188,1	7542,0	7489,5	7600,6	6622,0
Farbe Endbrät (CIE-Lab-System):												
L (Helligkeit):	89,82	92,68	94,52	92,71	92,75	90,58	92,21	89,79	93,06	89,60	87,51	87,99
a (rot-grün):	71,46	74,08	72,25	71,63	71,72	71,75	73,20	74,88	73,00	72,65	73,42	74,16
b (gelb-blau):	3,44	3,15	4,49	4,14	4,52	4,26	3,71	4,09	4,10	3,82	3,76	3,90
c (Sättigung):	16,36	15,41	16,83	16,84	16,70	16,59	16,38	15,83	16,32	16,35	16,18	16,14
h (Farbtonwinkel):	16,72	15,73	17,42	17,34	17,30	17,13	16,79	16,35	16,82	16,79	16,61	16,60
Farbe EP (CIE-Lab-System)												
L (Helligkeit):	78,13	78,44	75,06	76,18	74,87	75,61	77,24	75,51	75,88	76,85	76,92	76,40
a (rot-grün):	65,99	68,72	68,41	68,07	68,35	68,24	68,72	68,92	68,75	66,65	68,70	67,78
b (gelb-blau):	9,29	8,47	8,59	8,80	8,63	8,36	8,41	8,28	8,05	9,05	8,29	8,77
c (Sättigung):	12,55	12,22	12,26	12,57	12,41	12,44	12,81	12,51	12,32	12,82	12,50	12,83
h (Farbtonwinkel):	15,62	14,87	14,97	15,35	15,12	14,99	15,32	15,00	14,71	15,69	15,00	15,54
max. Kraft [N]:	53,49	55,25	54,99	55,01	55,19	56,11	56,72	56,52	56,84	54,77	56,45	55,68
mittl. Kraft [N]:	5,463	5,920	4,875	6,142	5,972	5,730	6,161	5,930	6,798	6,432	6,734	6,396
Arbeit [N·m]:	3,632	3,926	3,512	4,049	4,280	4,070	4,022	4,096	4,553	4,193	4,591	4,493
Sensorikrangfolge (=beste Bewertung):	6	2	3	1	4	5	5	2	4	1	4	3

\* D1\_Ch1 bis 3 Schüsseldrehzahl 7 1/min über die gesamte Kutterdauer

### 3. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Folgeversuch Brühwurst

Messerart:	Versuch BW3										MW Ch3 & 6	
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	MW Ch1 & 4	MW Ch2 & 5				
1. Messerebene:	M4	M4a	M4d	M4	M4a	M4d	M4	M4a	M4d	M4	M4a	M4d
2. Messerebene:	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c
3. Messerebene:	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c	M4	M4	M4c
Schüttungsmedium:	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis	Eis
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Schüsselumdrehungen:	283,25	243,75	210,77	255	256,25	206,5	259,125	250	250	250	208,635	
el. Daten	57	53	45	55	55	43	56	54	54	54	44	
Mittelwert el. Leistung [kW]:	2,996	3,730	3,546	2,837	2,930	3,512	2,917	3,330	3,330	3,330	3,529	
Mittelwert Energie [Wh]:	218,028	252,799	206,824	201,757	208,372	202,926	209,893	230,585	230,585	230,585	204,875	
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	13,539	17,821	17,012	12,566	13,175	16,346	13,047	15,498	15,498	15,498	16,679	
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	59,9	63,4	62,8	58,4	59,0	59,3	59,1	61,2	61,2	61,2	61,1	
Summe Messerdrehungen:	10690,3	9829,8	8393,0	10312,6	10302,2	8276,4	10501,5	10066,0	10066,0	10066,0	8334,7	
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2455,7	2433,9	2411,1	2441,8	2429,8	2429,4	2448,8	2431,9	2431,9	2431,9	2420,2	
Mittelw. Viskosität [V]:	---	1,714	1,636	1,826	1,704	1,543	1,826	1,709	1,709	1,709	1,590	
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	---	1,826	1,761	1,940	1,810	1,664	1,940	1,818	1,818	1,818	1,713	
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	---	3,105	3,648	2,965	3,234	3,429	2,965	3,170	3,170	3,170	3,539	
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	---	1,276	1,513	1,214	1,331	1,411	1,214	1,303	1,303	1,303	1,462	
Summe Messerdrehungen 2. Kutterhälfte:	5387,3	4943,8	4234,5	5188,8	5188,7	4180,5	5288,0	5066,3	5066,3	5066,3	4207,5	
Temperatur	9	8	8	8	8	8	8,5	8	8	8	8	
Brät nach Kutmern (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	11,7	11,66	11,62	11,54	11,63	11,65	11,62	11,645	11,645	11,645	11,635	
pH-Wert	S2 5,73 ; S3 5,84; S6 6,02; S7 6,28											
Brät nach Kutmern:	5,71	5,74	5,79	5,74	5,79	5,84	5,73	5,76	5,76	5,76	5,82	
Fertigprodukt Kal. 60 (nach th. Behandlung):	6,03	6,09	6,15	6,11	6,18	6,19	6,07	6,14	6,14	6,14	6,17	
Penetrationshärt	1465,0	1455,2	1482,2	1546,7	1592,6	1471,1	1505,8	1523,9	1523,9	1523,9	1466,7	
Emulsionsstabilität Endbrät [%]:	7523,4	6863,6	6720,4	7539,6	6885,6	7056,7	7531,5	6874,6	6874,6	6874,6	6888,6	
Farbe Endbrät (CIE-Lab-System):	90,39	88,61	94,66	88,91	92,16	93,36	89,65	90,38	90,38	90,38	94,01	
L (Helligkeit):	70,96	70,81	71,51	70,91	71,65	70,34	70,93	71,23	71,23	71,23	70,92	
a (rot-grün):	5,32	5,73	5,30	5,38	5,08	5,48	5,35	5,40	5,40	5,40	5,39	
b (gelb-blau):	17,08	16,93	16,78	17,10	16,51	16,84	17,09	16,72	16,72	16,72	16,81	
c (Sättigung):	17,89	17,87	17,60	17,93	17,28	17,71	17,91	17,57	17,57	17,57	17,65	
h (Farbtonwinkel):	72,69	71,31	72,49	72,53	72,90	72,00	72,61	72,11	72,11	72,11	72,24	
Farbe EP (CIE-Lab-System)	66,49	66,56	67,96	65,99	66,93	66,09	66,2365	66,743	66,743	66,743	67,022	
a (rot-grün):	8,69	8,56	8,83	8,79	8,81	8,72	8,739	8,6825	8,6825	8,6825	8,7745	
b (gelb-blau):	12,54	12,57	12,54	12,61	12,68	12,46	12,5705	12,6225	12,6225	12,6225	12,496	
c (Sättigung):	15,25	15,21	15,34	15,37	15,44	15,21	15,312	15,324	15,324	15,324	15,271	
h (Farbtonwinkel):	55,29	55,76	54,86	55,11	55,22	55,02	55,199	55,486	55,486	55,486	54,9395	
max. Kraft [N]:	6,192	7,081	5,583	5,842	7,307	5,930	6,017	7,194	7,194	7,194	5,757	
mittl. Kraft [N]:	4,068	4,502	3,804	4,271	4,765	4,031	4,169	4,633	4,633	4,633	3,917	
Arbeit [N·m]:	0,088	0,109	0,093	0,103	0,124	0,102	0,101	0,117	0,117	0,117	0,097	
Sensorikrangfolge (1=beste Bewertung):	5	3	1	3	4	2	4	3,5	3,5	3,5	1,5	

#### 4. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Vorversuch Kochwurst

	Versuch KW1														
	D1							D2							
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
Messerart:	M1	M2	M3	M4	EM	M1	M2	M3	M4	EM	M1	M2	M3	M4	EM
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kutterzeit [s]:	460	258	219	317,5	223,5	307	154	124,75	157	134,5	68	32	25	33	28
Schüsselumdrehungen:	104	56	48	71	47	68	32	25	33	28	68	32	25	33	28
el. Daten															
Mittelwert el. Leistung [kW]:	2,5918	2,5325	2,7872	2,2453	2,3738	2,926	2,449	2,5292	2,5259	2,2263	2,926	2,449	2,5292	2,5259	2,2263
Mittelwert Energie [Wh]:	331,174	181,497	168,781	198,337	147,704	250,337	104,757	87,117	110,861	82,868	250,337	104,757	87,117	110,861	82,868
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	11,057	10,577	12,197	8,815	9,622	12,864	10,118	10,635	10,627	8,779	12,864	10,118	10,635	10,627	8,779
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	54,639	52,922	56,982	48,094	52,027	55,442	51,831	47,484	48,38	45,194	55,442	51,831	47,484	48,38	45,194
Summe Messerumdrehungen:	18700,5	10275,8	8651,4	12822,6	8800,7	12363,7	5991,4	4747,9	6171,5	5218	12363,7	5991,4	4747,9	6171,5	5218
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2488	2475,8	2468,3	2492,2	2486,9	2487,8	2474,4	2452	2483,1	2473,8	2487,8	2474,4	2452	2483,1	2473,8
Mittelw. Viskosität [M]:	0,28668	0,28614	0,25479	0,29858	0,34698	0,17058	0,28799	0,25752	0,36226	0,3524	0,17058	0,28799	0,25752	0,36226	0,3524
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	0,2967	0,3051	0,2736	0,3129	0,382	0,18	0,3214	0,2941	0,4005	0,3966	0,18	0,3214	0,2941	0,4005	0,3966
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	0,365	1,031	1,26	0,643	1,235	1,094	1,568	1,735	1,299	1,606	1,094	1,568	1,735	1,299	1,606
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	0,147	0,417	0,511	0,258	0,497	0,44	0,63	0,708	0,523	0,649	0,44	0,63	0,708	0,523	0,649
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	9537,2	5364,2	4504,7	6593,8	4631,9	6364,6	3175,5	2549,1	3248,7	2772,8	6364,6	3175,5	2549,1	3248,7	2772,8
Temperatur															
Brät nach Küttern (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	18	18	18	18	18	16,17	15,67	16,1	16,58	16,68	16,17	15,67	16,1	16,58	16,68
pH-Wert	23,88	23,91	24,04	23,83	24,02	21,98	21,93	21,93	21,98	22,03	21,98	21,93	21,93	21,98	22,03
Gewebe Ausgangsstoffe außer Leber:															
Leber:															
Brät nach Küttern:	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07	6,16	6,37	6,26	6,25	6,19	6,16	6,37	6,26	6,25	6,19
Fertigprodukt (nach th. Behandlung):	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,92	5,92	5,90	5,91	5,91	5,92	5,92	5,90	5,91	5,91
Penetrationshärte	6,11	6,1	6,11	6,1	6,09	6,12	6,16	6,13	6,16	6,15	6,12	6,16	6,13	6,16	6,15
Endbrät [N/m²]:	1157,01	1386,87	1397,93	1615,14	1799,33	1284,98	1452,81	1471,27	1544,10	1613,56	1284,98	1452,81	1471,27	1544,10	1613,56
Fertigprodukt [N/m²]:	1909,04	1882,32	2055,08	2075,48	2107,37	2113,01	2280,72	2355,94	2020,74	2293,22	2113,01	2280,72	2355,94	2020,74	2293,22
Emulsionsstabilität															
Endbrät kalt [%]:	89,33	91,1	86,23	90,68	87,95	90,73	95,93	96,38	92,25	97,7	90,73	95,93	96,38	92,25	97,7
Endbrät kalt + warm [%]:	87,23	83,95	84,53	83,33	84,6	83,35	81,58	79,83	77,05	77,05	83,35	81,58	79,83	77,05	77,05
Fertigprodukt kalt [%]:	88,43	87,10	89,33	88,90	92,10	99,58	97,33	97,25	97,53	97,95	99,58	97,33	97,25	97,53	97,95
Fertigprodukt kalt + warm [%]:	82,10	79,35	80,90	81,18	80,38	78,20	75,10	76,55	74,25	74,58	78,20	75,10	76,55	74,25	74,58
Farbe EP (CIE-Lab-System)															
L (Helligkeit):	54,88	56,57	54,94	55,93	54,24	57,36	57,54	58,47	57,47	58,11	57,36	57,54	58,47	57,47	58,11
a (rot-grün):	10,51	10,46	10,49	10,26	11,11	10,14	10,06	10,31	10,23	10,33	10,14	10,06	10,31	10,23	10,33
b (gelb-blau):	15,62	15,29	15,33	15,32	15,91	15,41	15,43	15,43	15,64	15,54	15,41	15,43	15,43	15,64	15,54
c (Sättigung):	18,83	18,53	18,57	18,44	19,4	18,45	18,56	18,68	18,68	18,66	18,45	18,56	18,68	18,68	18,66
h (Farbtonwinkel):	56,07	55,61	55,61	56,2	55,07	56,65	56,26	56,81	56,81	56,38	56,65	56,26	56,81	56,81	56,38

5. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Hauptversuch Kochwurst

Messgerät:	Versuch KW2											
	D1						D2					
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
1. Messerebene: 2. Messerebene: 3. Messerebene:	M2 M2 M2	M2a M2 M2	M2b M2b M2b	M4 M4 M4	M4a M4 M4	M4b M4b M4b	M2 M2 M2	M2a M2 M2	M2b M2b M2b	M4 M4 M4	M4a M4 M4	M4b M4b M4b
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kutterzeit [s]:	286,25	188,25	189	249,25	201,5	175,75	312,25	225,75	200,5	284,75	234,25	212,5
Schüsselumdrehungen:	63	40	41	55	44	37	69	49	43	63	51	46
el. Daten												
Mittelwert el. Leistung [kW]:	3,1970	3,5679	3,0745	2,8738	2,5104	3,6335	3,4542	4,0948	3,7002	3,0254	3,3100	3,6022
Mittelwert Energie [Wh]:	253,98	186,32	162,26	197,97	140,86	179,65	299,37	257,06	205,57	238,67	216,99	214,13
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	14,76	17,10	13,97	12,76	10,45	17,46	16,41	20,10	17,91	13,75	15,52	17,34
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	62,13	62,71	58,21	59,60	54,57	59,11	66,20	66,75	65,35	64,01	63,39	66,49
Summe Messerumdrehungen:	11257	7200	7229	9897	7765	6593	12273	8765	7719	11312	9198	8255
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2441,3	2420,2	2411,8	2464,9	2452,2	2434,3	2445,5	2429,3	2423,4	2458,2	2451,7	2437,7
Mittelw. Viskosität [V]:	0,5639	0,5220	0,5701	0,6993	0,6249	0,6785	0,4389	0,4968	0,4567	0,5773	0,5887	0,5929
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	0,5951	0,5672	0,6193	0,7441	0,6752	0,7419	0,4611	0,5321	0,4937	0,6095	0,629	0,638
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	1,2168	1,6552	2,0952	1,1543	1,5484	1,6364	1,3824	1,5929	1,7357	0,9684	1,4840	1,6941
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000UJ]:	0,4984	0,6839	0,8688	0,4683	0,6314	0,6722	0,5653	0,6557	0,7162	0,3940	0,6053	0,6950
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	5829	3792	3794	5115	4112	3560	6358	4565	4044	5850	4781	4312
Temperatur												
Gewebe Ausgangsstoffe [°C]:	14,85	16,81	16,34	17,25	17,08	17,93	14,28	16,08	16,60	16,90	16,76	16,81
Brät nach Kutmern (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	22,91	22,95	23,01	22,94	22,95	22,95	23,01	23,05	22,89	22,95	22,94	22,98
pH-Wert												
Gewebe Ausgangsstoffe außer Leber:												
Leber roh:	5,85	6,00	5,94	5,60	5,65	5,59	6,14	6,40	6,17	6,20	6,07	6,11
Brät nach Kutmern:	5,91	5,91	6,18	6,20	6,18	6,19	6,15	6,14	6,13	6,15	6,14	6,12
Fertigprodukt (nach th. Behandlung):	6,1	6,13	6,13	6,11	6,12	6,08	6,08	6,09	6,11	6,11	6,1	6,11
Penetrationshärte												
Endbrät [N/m²]:	1244,32	1274,57	1552,97	1781,02	1510,48	1628,31	1031,88	1071,49	1113,08	987,18	1240,57	1104,01
Fertigprodukt [N/m²]:	2874,33	3363,71	2707,75	3013,08	2586,12	2821,29	2557,20	1999,56	1915,07	2232,99	2337,52	2547,22
Emulsionsstabilität												
Endbrät kalt [%]:	88,13	86,95	87,2	87,68	86	88,48	81,61	85,42	79,08	81,03	78,48	79,16
Endbrät kalt + warm [%]:	87,3	85,73	86,58	86,85	85,58	86,95	76,72	76,64	76,38	77,42	77,44	78,13
Fertigprodukt kalt [%]:	89,85	91,60	91,45	92,00	91,25	92,65	86,67	83,78	83,70	84,62	85,78	86,01
Fertigprodukt kalt + warm [%]:	79,80	78,80	79,30	80,55	81,40	81,70	72,71	70,79	69,07	72,07	72,32	72,35
Farbe EP (CIE-Lab-System)												
L (Helligkeit):	55,15	55,12	56,64	57,08	56,44	57,23	58,59	59,01	59,06	58,29	58,73	59,21
a (rot-grün):	5,39	5,38	5,56	4,59	4,63	4,50	3,91	3,95	3,81	3,89	3,74	3,73
b (gelb-blau):	18,08	17,98	18,34	18,40	18,11	18,06	17,33	17,64	17,64	17,71	17,65	17,74
c (Sättigung):	18,87	18,77	19,17	18,97	18,69	18,61	17,77	18,08	18,04	18,13	18,05	18,13
h (Farbtonwinkel):	73,41	73,35	73,15	76,00	75,67	76,00	77,30	77,39	77,82	77,61	78,04	78,11
Sensorikrangfolge (1=beste Bewertung):	3	2	1	4	2	5	5	2	1	4	3	5

6. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Folgeversuch Kochwurst

	Versuch KW3											
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	MW Ch1 & 4	MW Ch2 & 5	MW Ch3 & 6			
Messerart:	M2b	M2c	M2d	M2b	M2c	M2d	M2b	M2c	M2d	M2b	M2c	M2d
1. Messerebene:												
2. Messerebene:												
3. Messerebene:												
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kutterzeit [s]:	359,75	156	186,75	172,5	148,25	174,5	266,125	152,125	180,625			
Schüsselumdrehungen:	80,4	32,9	40,1	36,8	31,1	37,2	56,6	32,0	38,6			
el. Daten												
Mittelwert el. Leistung [kW]:	2,9766	4,5966	3,2896	3,4750	3,8784	3,2072	3,2258	4,2375	3,2484			
Mittelwert Energie [Wh]:	296,00	199,19	171,79	167,96	161,60	155,01	231,98	180,39	163,40			
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	13,29	23,49	15,25	16,39	18,91	14,79	14,84	21,20	15,02			
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	54,22	68,41	58,60	61,18	60,97	57,92	57,70	64,69	58,26			
Summe Messerumdrehungen:	14458	6078	7415	6817	5761	6898	10637	5919	7157			
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	2473,3	2392,1	2432,9	2420,2	2383,9	2428,6	2446,7	2388,0	2430,7			
Mittelw. Viskosität [V]:	0,3278	0,3772	0,3985	0,4252	0,4511	0,3979	0,3765	0,4142	0,3982			
normierter Mittelw. Viskosität auf 14 1/min [V]:	0,3421	0,4174	0,4333	0,4657	0,5019	0,4353	0,4039	0,4596	0,4343			
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	3,9388	2,0769	1,5442	1,8087	2,2703	1,7192	2,8737	2,1736	1,6317			
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	1,5926	0,8683	0,6347	0,7473	0,9523	0,7079	1,1700	0,9103	0,6713			
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	7415	3110	3786	3479	2945	3532	5447	3027	3659			
Temperatur							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
Brät nach Kutterm (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	25,9	25,99	25,85	25,95	26,01	25,92	25,925	26	25,885			
pH-Wert												
Leber roh:												
Brät nach Kutterm:	6,19	6,19	6,16	6,17	6,17	6,16	6,18	6,18	6,16			
Fertigprodukt (nach th. Behandlung):	6,21	6,29	6,28	6,28	6,27	6,29	6,25	6,28	6,29			
Penetrationshärte	1037,50	1145,74	989,70	1093,81	1113,93	1003,76	1065,66	1129,83	996,73			
Fertigprodukt [N/m²]:	3723,87	2995,23	2583,29	3279,41	3469,95	3177,48	3501,64	3232,59	2880,38			
Emulsionsstabilität												
Endbrät kalt [%]:	95,415	88,84	98,57	94,71	94,12	97,17	95,0625	91,48	97,87			
Endbrät kalt + warm [%]:	83,22	82,225	80,405	82,595	83,36	79,08	82,9075	82,7925	79,7425			
Fertigprodukt kalt [%]:	79,36	79,06	81,07	81,71	79,66	79,63	80,535	79,36	80,35			
Fertigprodukt kalt + warm [%]:	77,50	77,18	79,20	79,33	79,66	79,07	78,415	78,42	79,135			
Farbe Brät (CIE-Lab-System)												
L (Helligkeit):	50,19	50,13	50,33	50,59	51,10	50,39	50,39	50,61	50,36			
a (rot-grün):	10,03	9,99	10,16	10,08	10,09	10,76	10,05	10,04	10,46			
b (gelb-blau):	21,83	22,40	22,09	22,66	22,53	23,19	22,25	22,47	22,64			
c (Sättigung):	24,02	24,53	24,32	24,80	24,69	25,56	24,41	24,61	24,94			
h (Farbtonwinkel):	65,32	65,96	65,24	66,03	65,87	65,12	65,67	65,91	65,18			
Farbe EP (CIE-Lab-System)												
L (Helligkeit):	54,28	54,69	54,67	55,67	55,60	54,49	54,971	55,146	54,579			
a (rot-grün):	6,01	6,12	6,51	5,83	5,68	5,83	5,92	5,8985	6,168			
b (gelb-blau):	18,17	18,40	19,20	17,88	18,88	17,81	18,026	18,6365	18,5045			
c (Sättigung):	19,14	19,39	20,28	18,81	19,71	18,73	18,9775	19,5515	19,5055			
h (Farbtonwinkel):	71,72	71,59	71,28	71,93	73,26	71,87	71,8205	72,426	71,575			
Sensorikrangfolge (=beste Bewertung):	3	2	1	3	2	1	3	2	1			

## 7. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Vorversuch Rohwurst

	Versuch RW1				
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
Messerart:	M1	M2	M3	M4	EM
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	1500	1500	1500	1500	1500
Kuttermessung:	90,25	90,5	90,25	90	90,25
Schüsselumdrehungen:	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
el. Daten					
Mittelwert el. Leistung [kW]:	4,1282	3,2811	2,4922	3,3864	3,548
Mittelwert Energie [Wh]:	105,489	82,028	62,305	84,659	88,699
Mittelwert Drehmoment [Nm]:	19,783	15,351	10,373	16,008	16,989
Mittelwert Wirkungsgrad (%):	54,87	60,644	52,844	59,778	57,867
Summe Messerumdrehungen:	2413,2	2416,8	2443,9	2410	2435,7
Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	1617,5	1622,5	1622,5	1625,4	1642,2
Mittelw. Viskosität Schlüsselreiz. 7 1/min [V]:	2,0335	2,1243	1,782	2,2417	2,2571
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	-4,11	-1,856	-0,928	-0,667	0,133
Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000U]:	-2,541	-1,144	-0,572	-0,41	0,081
Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	1219,9	1220,2	1223,6	1225,8	1238,5
Temperatur					
Brät nach Kuttern (MW letzte 10 Messwerte) [°C]:	6,77	4,86	5	4,97	5,39
pH-Wert					
Gewebe Ausgangsstoffe:					
Brät nach Kuttern:	5,47	5,49	5,48	5,52	5,53
Fertigprodukt (nach Reifung):					
Penetrationshärte					
Endbrät [N/m²]:	2667,49	2503,80	2918,91	3372,96	2922,34
Fertigprodukt [N/m²]:	21790,32	20225,89	15275,53	11321,17	13394,23
Farbe Endbrät (CIE-Lab-System):					
L (Helligkeit):	34,90	40,01	40,68	42,38	36,72
a (rot-grün):	15,25	13,13	12,90	11,99	13,96
b (gelb-blau):	17,49	17,78	16,11	15,97	17,54
c (Sättigung):	23,22	22,12	20,69	19,98	22,43
h (Farbtonwinkel):	48,76	53,76	51,62	53,34	51,37
Farbe EP (CIE-Lab-System)					
L (Helligkeit):	38,719	33,68	36,068	32,41	34,731
a (rot-grün):	14,883	15,618	15,045	16,204	17,747
b (gelb-blau):	8,302	8,858	8,58	8,288	10,635
c (Sättigung):	17,044	17,961	17,34	18,193	20,691
h (Farbtonwinkel):	29,33	29,621	29,84	27,044	30,939
Textur Fertigprodukt Kal. 60					
max. Kraft [N]:	22,944	20,26	25,454	19,368	27,94
mittl. Kraft [N]:	15,54	12,867	15,698	13,282	17,293
Arbeit [N·m]:	0,36	0,291	0,365	0,309	0,391

## 8. Tabelle Chargen-Gegenüberstellung Hauptversuch Rohwurst

	Versuch RW2						Ch6
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	
Messerart:	M1	M1a	M3	M3a	M3b	M5	M5
1. Messerebene:	M1	M1a	M3	M3a	M3b	M5	M5
2. Messerebene:	M1	M1a	M3	M3a	M3b	M5	M5
3. Messerebene:	M1	M1a	M3	M3a	M3b	M5	M5
eingestellte Messerdrehzahl [1/min]:	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Kutterzeit [s]:	90,25	90,25	90,25	90,25	90,25	90,25	90,25
Schüsselumdrehungen:	11	11	11	11	11	11	11
el. Daten	Mittelwert el. Leistung [kW]:	2,9638	2,7893	3,5688	3,9070	2,9021	3,7634
	Mittelwert Energie [Wh]:	74,10	69,73	89,22	97,68	72,55	94,08
	Mittelwert Drehmoment [Nm]:	13,24	12,14	16,98	19,27	12,96	18,34
	Mittelwert Wirkungsgrad (%):	53,04	56,09	57,27	60,78	53,73	58,09
	Summe Messerumdrehungen:	2355	2414	2392	2402	2426	2426
	Mittelw. Drehzahl/min 2. Kutterhälfte [1/min]:	1577,6	1605,3	1614,2	1632,8	1624,6	1624,6
	Mittelw. Viskosität Schlüsselrehz. 7 1/min [V]:	1,2546	1,8053	1,6086	2,0681	2,2748	2,2748
	Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/min]:	-5,8343	-2,6519	-1,1934	0,6630	0,5304	0,5304
	Mittelw. Temperaturanstieg 2. Kutterhälfte [K/1000UJ]:	-3,6982	-1,6520	-0,7393	0,4060	0,3265	0,3265
	Summe Messerumdrehungen 2. Kutterhälfte:	1183	1204	1211	1225	1218	1218
Temperatur	Gewebe Ausgangsstoffe [°C]:	ungleiche Temperaturverteilung durch Anfrosten (Mittelwert ca. 4 °C)					
	Brät nach Kuttern [°C]:	8,7	5,9	7	6,6	6,6	6,5
pH-Wert	Gewebe R II und S II:	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
	Rückenspeck:	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62
	Brät nach Kuttern:	5,5	5,55	5,54	5,56	5,56	5,56
	Fertigprodukt (nach Reifung):	4,82	4,78	4,75	4,76	4,75	4,81
Penetrationshärte	Endbrät [N/m²]:	2808,6	2426,4	2776,7	3709,1	3964,8	5550,5
	Fertigprodukt [N/m²]:	12659,0	11976,1	12286,5	11295,8	13024,8	11515,4
Farbe Endbrät (CIE-Lab-System):	L (Heelligkeit):	33,14	35,01	40,49	41,68	44,66	40,72
	a (rot-grün):	12,02	11,97	9,09	9,71	9,46	9,91
	b (gelb-blau):	18,64	18,40	15,73	17,36	18,11	17,69
	c (Sättigung):	22,19	21,96	18,26	19,96	20,43	20,29
	h (Farbtonwinkel):	57,32	57,11	60,71	61,53	62,42	61,00
Farbe EP (CIE-Lab-System)	L (Heelligkeit):	43,32	34,43	34,98	37,23	37,19	37,10
	a (rot-grün):	12,08	15,36	14,72	14,33	15,56	14,70
	b (gelb-blau):	8,21	8,83	9,21	9,75	10,10	8,95
	c (Sättigung):	14,61	17,72	17,36	17,34	18,56	17,21
	h (Farbtonwinkel):	34,28	29,88	32,02	34,20	32,99	31,30
Textur Fertigprodukt	max. Kraft [N]:	15,910	15,736	22,238	13,683	14,772	17,677
	mittl. Kraft [N]:	10,757	11,039	14,262	9,586	10,579	12,757
	Arbeit [N*cm]:	0,252	0,259	0,334	0,228	0,256	0,304
Sensorkrangfolge (1=beste Bewertung):		4	3	5	2	6	1