

Kuttermesser – unterschiedliche Anschliff- und Gleitwinkel

Chopping knives – different angles of etching and of gliding

G. F. HAMMER und S. STOYANOV

Zusammenfassung

Messer mit Schneiden in Form logarithmischer Spiralen, die Gleitwinkel τ von 20, 45 oder 70° aufwiesen, wurden jeweils so angeschliffen, dass sie Fleisch entweder im Winkel β_1 von 10, 20 oder 30° zerkleinerten. Damit lagen 9 Messersätze vor, die auf ihre Eignung zum Zerkleinern von Brühwurstfeinbrät mit einem Magerfleischanteil aus entweder nur Rindfleisch, aus 50 % Rind- und 50 % Schweinefleisch oder nur aus Schweinefleisch untersucht wurden. Zum Dispergieren der Rohstoffe im Gesamtbrätverfahren bis auf eine Brät-Endtemperatur von 9 °C kamen Zwei-Messersätze, Messer „Kopf an Kopf“ gestellt, bei 4000 UpM der Welle und 24 UpM der Schüssel in einem 45-L Kutter, Chargengröße 25 kg, zum Einsatz. Die Kutterdauer variierte durch Messer- und Rezepturwechsel um etwa 50 %. Mit 70°-Gleitwinkelmessern (τ 70°) gestaltete sich die Zerkleinerungsdauer bis auf 9 °C Brätendtemperatur am längsten. Die Kutterdauer bis auf diese Brättemperatur war mit den τ 20°-Messern kürzer als mit den τ 45°-Messern. Die Dispergierintensität gestaltete sich unter Verwendung von τ 70°-Messern geringer als die nach Einbau von Messern mit Gleitwinkeln von 20 und 45°. Bei diesen beiden Messersätzen fiel sie in Abhängigkeit vom effektiven Anschliffwinkel (β_1) unterschiedlich aus. Mit β_1 von 10° war sie geringer als mit β_1 von 20 und 30°. Beim Kuttern auf 9 °C gestaltete sich der Energieverbrauch für alle Messervarianten gleich groß. Durch die Messer wurden Unterschiede in Helligkeit, Rotton, Bruchfestigkeit, Härte, Dichte oder Geleeabsatz nicht hervorgebracht. Eine „optimale“ Messergeometrie mag zwischen τ 20 und 45° und zwischen β_1 von 20 und 30° liegen.

Summary

Knives with cutting edges in the form of logarithmic spirals with angles of gliding τ of 20, 45 or 70° were sharpened in such a way that they cut the meat in angles β_1 of 10, 20 or 30°. These 9 sets of knives (two knives each) were examined for their ability to finely comminute cooked sausage batter of recipes with a lean meat content of either beef, pork or beef and pork. Chopping was done to a batter temperature of 9 °C in a 45-L-bowl chopper, the size of the batches was 25 kg. Only two knives were used for chopping, they were placed on the shaft “head on head”. Chopping was done with 4000 rpm of the shaft and with 24 rpm of the bowl. The time for chopping varied according to the used type of knife and the recipe. With the knives τ 70° the time for comminution was the longest. This time was shorter when using the knives τ 20° than when using the knives τ 45°. The intensity of comminution of the batters was lower (coarser particles) when using the τ 70° knives than when using the τ 20° or 45°-knives. With these two set of knives the dispersion differed according to the angles β_1 . If β_1 was 10°, the dispersion was less intensive for 20 and 30°. For all sets of knives the energy consumed for chopping the batters to 9 °C was the same. No differences in lightness, redness, hardness, breaking strength or specific gravity of the sausages and no differences in the water separation of conserves were provoked by the different knives. An ‘optimal’ geometry for knives may have a τ between 20 and 45° and a β_1 between 20 and 30°.

Schlüsselwörter

Kuttermesser – Gleitwinkel – Anschliffwinkel – Zerkleinerung

Key Words

chopping knives – angle of gliding – angle of etching – comminution

Einleitung

Zur Kulmbacher Woche 2005 wurde dargestellt, wie die Verwendung verschiedener Messer zum Kuttern von Brühwurstbrät die Eigenschaften von Würsten beeinflusst (1). Sehr gravierende Differenzen wurden nicht festgestellt – auch mit Messern ohne angeschmiedete Schneide kann Brühwurstbrät ausreichender Wasserbindfähigkeit hergestellt werden. Durch einen Nebenbefund während der Arbeiten stießen wir darauf, dass bei dem verwendeten 65 L-Kutter keineswegs alle der 6 Messer, die auf der Welle befestigt waren, Brät vom angelieferten Brätstrang abscherten. Dazu war die Differenz in den Drehgeschwindigkeiten von Schüssel (UpM=14) und Welle (UpM=3000) zu groß. Die 4 Messer, die als zweite und als dritte Ebene auf der Welle standen, bearbeiteten vielmehr an der Schüssel haftendes Restbrät und scherten keine Brätsegmente ab. Auch bereits das zweite Messer der ersten Messerebene scherte nicht durch den gesamten Brätstrang hindurch. Nach Aufarbeiten dieses Befundes (2) wandten wir uns im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Forschungsvorhabens in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg und der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW), Remscheid, wieder der Auswahl von Messern zu.

Nun ist hierüber bereits auch von anderer Seite einiges an Arbeit geleistet worden (etwa: (7) bis (13)). Mit der hier vorgestellten Untersuchung sollte allerdings der Weg verlassen werden, Messer verschiedener Geometrien einfach auszuprobieren. Die unglaubliche Vielfalt der von Messerherstellern vorgehaltenen Messerformen – einen Eindruck kann man sich bei <http://www.be-maschinenmesser.com> verschaffen – lässt eine methodische Auswahl miteinander zu vergleichender Messer kaum zu. Deshalb wurde nach einem Ansatz gesucht, der es erlauben sollte, die Dispergierintensität von Brühwurstbrät mit systematisch variierten geometrischen Eigenschaften der Messerschneide in Zusammenhang zu bringen.

Hierzu bot sich an, den Winkel, welchen die Schneide beim Rotieren des Messers innerhalb der Kutterschüssel zum Fleisch einnimmt, näher zu betrachten. Dieser Winkel, unter welchem die vom Wellenmittelpunkt ausgehenden Radien die Messerschneide treffen, ist der Gleitwinkel τ . In der Praxis werden häufig Messer verwendet, bei welchen er nicht über die Länge der Schneide konstant ist (Abb. 1 links) oder die Schneiden einen deutlich unterbrochenen Schneidenradius besitzen, etwa sogenannte „Emulgiermesser“. Solche Schneidengestaltungen entziehen sich einer systematischen Untersuchung – an welchem Ort oder über welche Länge der Schneide soll welcher Gleitwinkel vor-

Gleitwinkel τ entlang der Schneide nicht konstant

Logarithmische Spirale: **Gleitwinkel τ** entlang der Schneide konstant

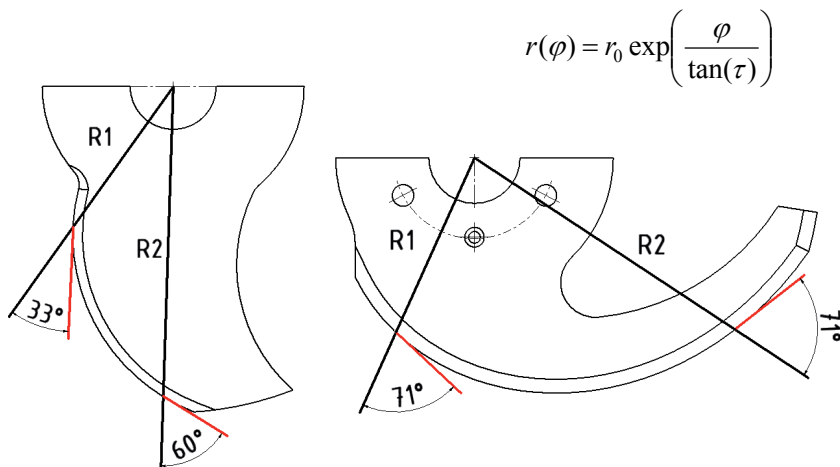


Abb. 1: Messer mit einem über die Schneidenlänge nicht konstantem Gleitwinkel (links) und mit einem konstantem Gleitwinkel (rechts). Der Verlauf seines Schneidradius r lässt sich nach der angegebenen Formel errechnen

liegen und in welchem Ausmaß soll seine Änderung erfolgen?

Es sind allerdings auch solche Messergeometrien konstruierbar, bei denen alle vom Wellenmittelpunkt ausgehenden Radien die Schneide unter dem gleichen Winkel treffen. Sie weisen somit einen konstanten Gleitwinkel τ auf und besitzen die Form einer logarithmischen Spirale. Während des Rotierens mit der Welle steht bei Messern dieser Form jeder Punkt der Schneidkante im gleichen Winkel zum Fleisch (Abb. 1 rechts).

Der Gleitwinkel von Schneiden in Form einer logarithmischen Spirale kann systematisch und so variiert werden, dass einerseits lang ausgezogene Klingen resultieren, dann ist der Gleitwinkel groß, und andererseits kann die Klinge recht steil ausfallen, dann ist der Gleitwinkel klein. Damit war der gesuchte Ansatz zum Prüfen der Dispergierwirkung von Messergeometrien geschaffen und es wurden Messer mit Gleitwinkeln τ von 20, 45 und 70° konstruiert (Abb. 2), ihre Seitenflächen waren gleich dimensioniert.

Eine weitere während der Messerkonstruktion zu lösende Frage war, ob das τ 20°-Messer mit dem gleichen Anschliffwinkel hergestellt werden sollte wie die beiden anderen Messer. Wir entschieden uns dagegen. Der Anschliffwinkel β ist nämlich

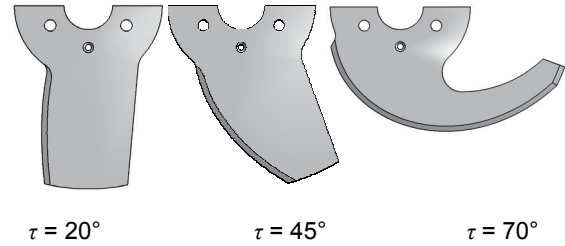


Abb. 2: Verwendete Messer, deren Schneiden die Form einer logarithmischen Spirale aufwiesen. Gleitwinkel von 20, 45 und 70°

keineswegs derjenige Winkel, unter welchem eine Schneide das Fleisch schneidet – wenn die zu prüfenden Messer in gleichen Winkel angeschliffen worden wären, hätte in den Experimenten ein Vergleich zwischen Äpfeln und Birnen stattgefunden. Der Winkel, unter welchem eine Schneide das Fleisch schneidet, wurde effektiver Anschliffwinkel β_1 genannt. Er ergibt sich bei Kenntnis von Gleitwinkel τ des Messer und Vorgabe eines Anschliffwinkels β aus $\tan \beta_1 = \tan \beta \cdot \cos \tau$. Aus diesem Grund wurden die Anschliffe β so gestaltet, dass sowohl das 20 als auch das 45 sowie das 70°-Gleitwinkelmesser das Zerkleinerungsgut in Winkeln β_1 von 10 oder 20 oder 30° schnitten (6). Am Beispiel des τ 45°-Messers sind in Abbildung 3 Anschliffwinkel β und effektiver Anschliffwinkel β_1 dargestellt. Die bei den Messern mit unter-

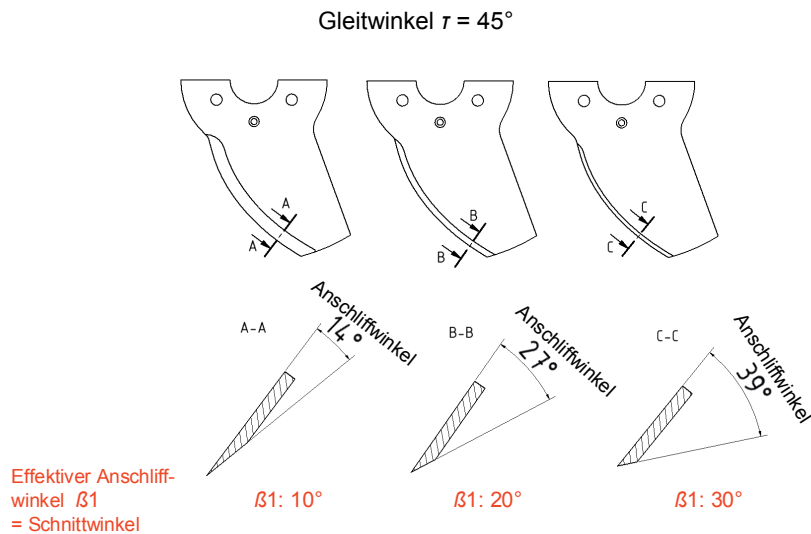


Abb. 3: Am Beispiel des τ 45°- Messers: Unterschied zwischen effektivem Anschliffwinkel und Anschliffwinkel

schiedlichen Gleitwinkeln teilweise erheblichen Differenzen zwischen den Anschliffwinkeln und den effektiven Anschliffwinkeln sind in (4) genannt.

Derartig hinsichtlich der Messergeometrie vorbereitet, stellten wir uns die Frage nicht nur nach der Dispergierleistung dieser Messer und ob sich eine Systematik hinsichtlich der verwendeten Gleit- und effektiven Anschliffwinkel abzeichnet, sondern insbesondere auch danach, ob sich Tendenzen zum Verkürzen der Kutterzeit und zum Einsparen an Energie zu erkennen geben.

Um die experimentellen Untersuchungen auf eine solide Basis zu stellen, gingen ihr eine Reihe den Kutterprozess weiter klärender technologischer Untersuchungen voraus. Aus diesen ergab sich unter anderem, dass Kuttern mit nur zwei Messern (15) auf einer Messerebene (3) und sogar mit nur einem Messer (4) sehr wohl möglich ist. Diese Prüfungen waren nötig, da auf diejenigen Messer verzichtet werden sollte, die bei ihrem Durchtritt durch die viel langsamer als die Welle drehende Schüssel Wärme in das Brät einbringen und mit ihren Spitzen auch durchaus zerkleinernd durch Brätreste treten (1), aber keine Brätsegmente vom Brätstrang abscheren. Denn es wurde davon ausgegangen, dass zusätzlich aufgestellte, nur Brätreste bearbeitende Messer die Zerkleinerungsergebnisse verwischen. Wegen Bedenken hinsichtlich der Stabilität der Wellenlager entschieden wir uns, die Untersuchung nicht mit nur einem, sondern mit zwei Messern auf der Welle durchzuführen. Da weiterhin Untersuchungen zu Zerkleinerungsintensitäten von Brühwurstbräten unter sehr unterschiedlichen Einstellungen von Wellen- und Schüsselgeschwindigkeiten durchführbar sind und wir unter optimalen Bedingungen arbeiten wollten, erfolgte die Klärung auch dieser Zusammenhänge. Es stellte sich heraus, dass eine bessere und raschere Brätzerkleinerung entsteht, wenn die Geschwindigkeiten von Welle und Schüssel höher als wenn sie niedriger sind (5). Es wurde auch festgestellt, dass beim Einhalten des Stopp-Kriteriums Brättemperatur, etwa 12 °C, die verbrauchte Energie nicht

vom Messertyp, von der Anzahl an drehenden Messern (3) oder von der Wellen- und Schüsselgeschwindigkeit abhing (5). Zum Kuttern auf eine bestimmte Brättemperatur, also um eine bestimmte Temperaturzunahme dieses Stoffgemisches aus Fleisch, Salzen, Eis und sonstigen Zutaten zu erreichen, ist nun einmal das Einbringen einer entsprechenden Wärmeenergie in das Brät notwendig. Dies kann entweder innerhalb einer kürzeren Kutterdauer geschehen, dann ist die Momentanleistung des Kutters hoch, oder während einer längeren Kutterdauer, dann fällt die Momentanleistung geringer aus. Zum Erwärmen des Bräts werden stolze 97 % der beim Kuttern verbrauchten Energie verwendet (15). Was das Drehmoment der Welle angeht, so stellten wir fest, dass es beim Kuttern mit zwei oder 6 Messer bei 2500, 3000 und 3750 UpM der Welle konstant war (14). Variationen in der Kutterleistung wurden durch Änderung der Drehzahl der Welle bedingt. Das bedeutet, dass zumindest bei dem für diese Untersuchung verwendeten Kutter (45L K+G Wetter) das Drehmoment der Welle in keiner Beziehung zu Brät- oder Wursteigenschaften stehen kann.

Versuchsdurchführung

Mit 9 Zwei-Messersätzen (Gleitwinkel τ von 20, 45 und 70° mal drei effektive Anschliffwinkel β_1 von 10 oder 20 oder 30°) wurden in drei Versuchswiederholungen Bräte mit drei unterschiedlichen Rezepturen gefertigt (n=81). Bei einer bestand der Magerfleischanteil nur aus Rindfleisch, bei einer zweiten je zur Hälfte aus Rind- und Schweinefleisch und bei einer dritten nur aus Schweinefleisch (Tab. 1).

Tab. 1: Rezepturen (Chargengröße 25 kg)

Zutat	%	%	%
Rinderschulter	56,00	28,00	--
Schweineschulter	--	28,00	56,00
Speck (Rücken)	24,00	24,00	24,00
Scherbeneis	18,30	18,30	18,30
NPS	1,65	1,65	1,65
Na-Ascorbat	0,05	0,05	0,05

Die nach Vorzerkleinerung durch den Vorschneider eines Wolfes (13 mm) über Nacht bei 2 °C gekühlten Gewebe der Tabelle 1 wurden in einem 45 L-Kutter der Fa. K+G Wetter im Gesamtbrätverfahren gekuttert. Das jeweils verwendete Kuttermesserpaar wurde nach Tarieren „Kopf an Kopf“ auf eine Haltescheibe geschraubt und diese so auf die Welle aufgesetzt, dass die Messer so nahe wie möglich am Pilz rotierten (Abb. 4). Weitere Messerebenen kamen nicht zum Einsatz. Um die Ausgangstemperatur der Kutterschüssel bei jeder Charge möglichst gleich zu halten, wurde sie vor jedem Experiment mit Wasser und Eis auf 9 °C temperiert. Entgegen dem sonst üblichen Vorgehen, die Welle nach Beschicken der Schüssel zunächst für einige Runden mit 500 oder 1000 UpM und die Schüssel im Langsamgang drehen zu lassen, wurde bei still stehender Schüssel sofort auf 4000 UpM der Welle geschaltet und nach ihrem Einlaufen, etwa 8 Sekunden, die Schüssel mit 24 UpM zugeschaltet. Das Kuttern wurde beendet, sobald die Brättemperatur bei 9 °C lag.

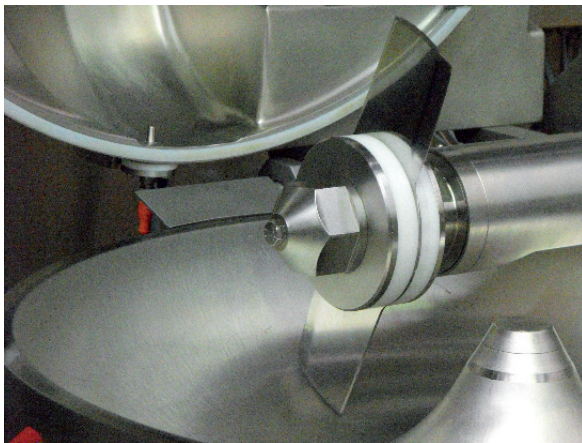


Abb. 4: Aufstellung des Messersatzes τ 20° auf der Welle

Während des Kutterns wurde das Drehmoment der Welle mittels Dehnungsmessstreifen festgestellt. Aus ihm konnte die zur Bewegung der Welle verbrauchte Energie errechnet werden. Wegen Fehlern in der Funkübertragung der Signale zwischen Welle und dem Messwertempfänger konnte ihr Vermessen nur bei einer Versuchsserie – 9 Messer bei drei Rezepturen – erfolgen. Bei der Energie lag also nur

eine Messwiederholung vor. Die Brättemperatur wurde mittels des kuttereigenen Moduls CutVision 10-mal pro Sekunde erfasst. Nach 30 Sekunden des Kutterns und danach im Abstand von 15 Sekunden wurden bis zum Beenden des Prozesses jeweils 4 Brätproben entnommen und diese jeweils 6-mal mittels NIR (Fa. Polytec PSS-Diodenzeilen-Spektrometersystem mit Förderbandmesskopf im Abstand von 21 cm von der Probenoberfläche) vermessen. Die erhaltenen Spektren jeder Charge wurden mit der Hauptkomponenten-Regression auf die sich im Verlauf des Kutterns ergebende Dispergierintensität geprüft. Getrennt für die verschiedenen Rezepturen diente das Ergebnis dieser Analyse jeder Charge abwechselnd als Standard, gegen welchen die Spektren aller anderen Chargen hinsichtlich des Ganges ihrer Dispergierung während des Kutterns geprüft wurden.

Nachdem ein Teil der Bräte in Kunstdärme Kal. 60 gefüllt und bei 75 °C Raumtemperatur auf 70 °C Kerntemperatur erhitzt war, wurden am nächsten Tag an ausgestanzten Proben die Helligkeit, der Rotton (HunterLab), die Bruchfestigkeit und die Härte bestimmt (Instron 1140, Texturprofilanalyse) (16). Die Feststellung der Wurstdichte geschah mit ganzen Würsten als Unterflurmessung (17). Die Fähigkeit der Bräte, das fleischeigene Wasser sowie das in Form von Eis zugesetzte Wasser erhitungsstabil zu immobilisieren, also die Bestimmung der Wasserbindung, konnte natürlich nur aus einem Erhitzungstest abgeleitet werden. Dazu wurden $200 \pm 0,5$ g der Bräte in Konservenbehältnisse (Kal. 99x36) eingewogen und nach dem Verschließen unter Gegendruck auf einen F-Wert von 3 autoklaviert. Im Anschluss an das Abkühlen in einem Kühlraum bei 7 °C wurde innerhalb von 4 Tagen die Geleeseperation der Bräte [g/100 g] präparativ-gravimetrisch festgestellt. Chargen mit höheren Separationen wiesen eine schlechtere Wasserbindung auf als solche mit geringeren. Sensorische Untersuchungen auf Bissfestigkeit erfolgten durch 3 bis 5 Sachverständige mit jahrzehntelanger Erfahrung im sensorischen Prüfen von Brühwurst.

Zur Dokumentation der Zerkleinerungsergebnisse dienen neben der NIR nach 90 Sekunden entnommene Brätproben sowie Anschnitte der auf 70 °C erhitzten Würste. Nach 90 Sekunden Kuttern war die gesamte Brätmasse immerhin 36-mal durch die Messerebene befördert worden und die Messer hatten 12000 Brätsegmente geschert. Hiermit konnte ein Vergleich der Dispergierleistung der Messer nach einer konstanter Anzahl an Messereinwirkungen erfolgen, was nach Kuttern auf Endtemperatur nicht generell möglich ist.

Ergebnisse

Zerkleinerungsintensität. Die Abbildung 5 zeigt Anschnitte der mild, auf 70 °C erhitzten Würste, deren Magerfleischanteil aus Rindfleisch bestand. In der obersten Zeile befinden sich die Wurstscheiben aus Bräten, die mit dem τ 20°-Gleitwinkelmesser

gekuttert wurden, in der zweiten Zeile die Würste aus Brät mit dem τ 45°-Messer und in der dritten Zeile die mit dem τ 70°-Messer gekutterten. Spaltenweise sind die Ergebnisse mit den jeweiligen effektiven Anschliffwinkel β_1 von 10, 20 und 30° angezeigt. An den Würsten ließen sich auf die Gestaltung von Gleit- und effektivem Anschliffwinkel zurückführbare Zerkleinerungsdifferenzen schwerlich ausmachen. Dies traf auch auf die Würste mit den beiden anderen, in Tabelle 1 angegebenen Rezepturen zu, weshalb auf die Darstellung der entsprechenden Wurstanschnitte verzichtet wird.

Die Zerkleinerungsleistung eines Messers bzw. eines Messersatzes ließ sich bei Proben, die nach 90 Sekunden dem Kutter entnommen wurden, visuell besser erkennen. Abbildung 6 zeigt die Brätzerkleinerung, wie sie sich nach 90 Sekunden bei der Rezeptur darstellte, deren Magerfleischanteil Rindfleisch war.

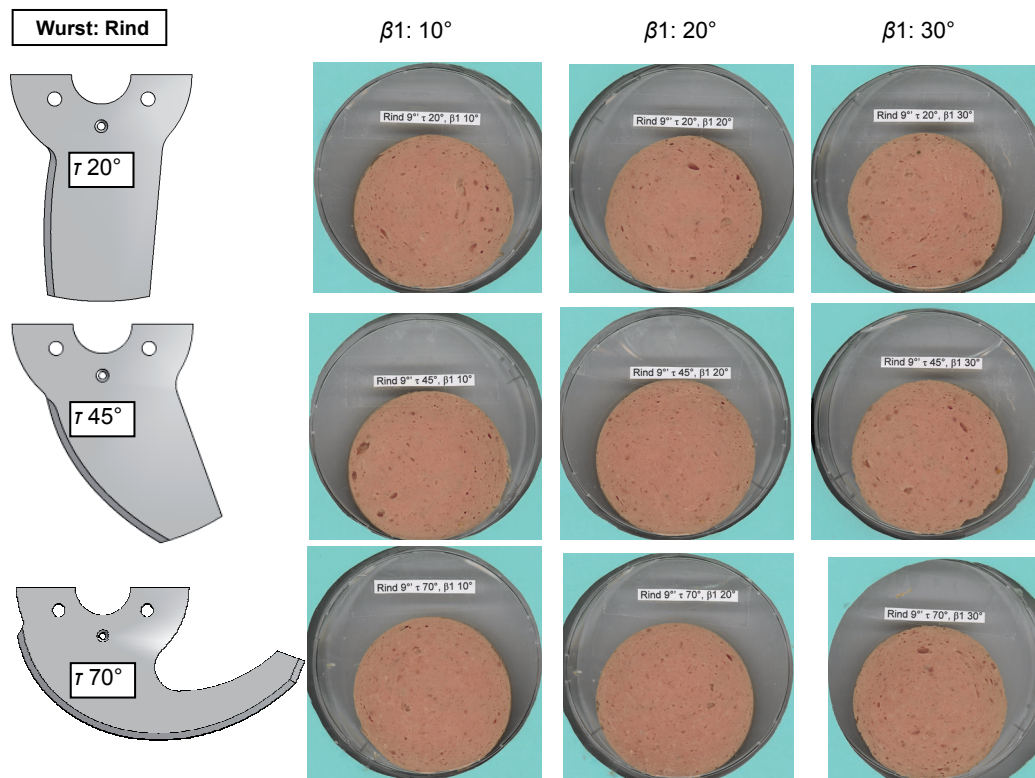


Abb. 5: Durch die Messer mit den verschiedenen Gleit- und effektiven Anschliffwinkeln bedingte Zerkleinerungsintensität von Wurstproben. Fleischanteil der Rezeptur: Rindfleisch

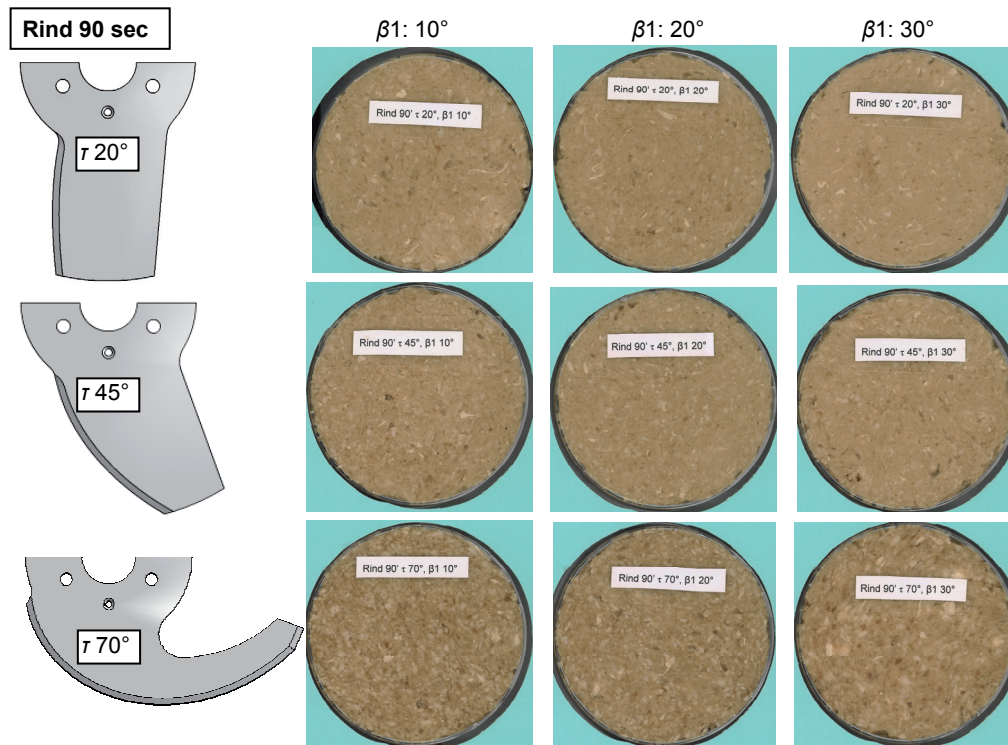


Abb. 6: Durch die Messer mit den verschiedenen Gleit- und effektiven Anschliffwinkeln bedingte Zerkleinerungsintensität von Brätproben nach 90 sec Kuttern. Fleischanteil der Rezeptur: Rindfleisch

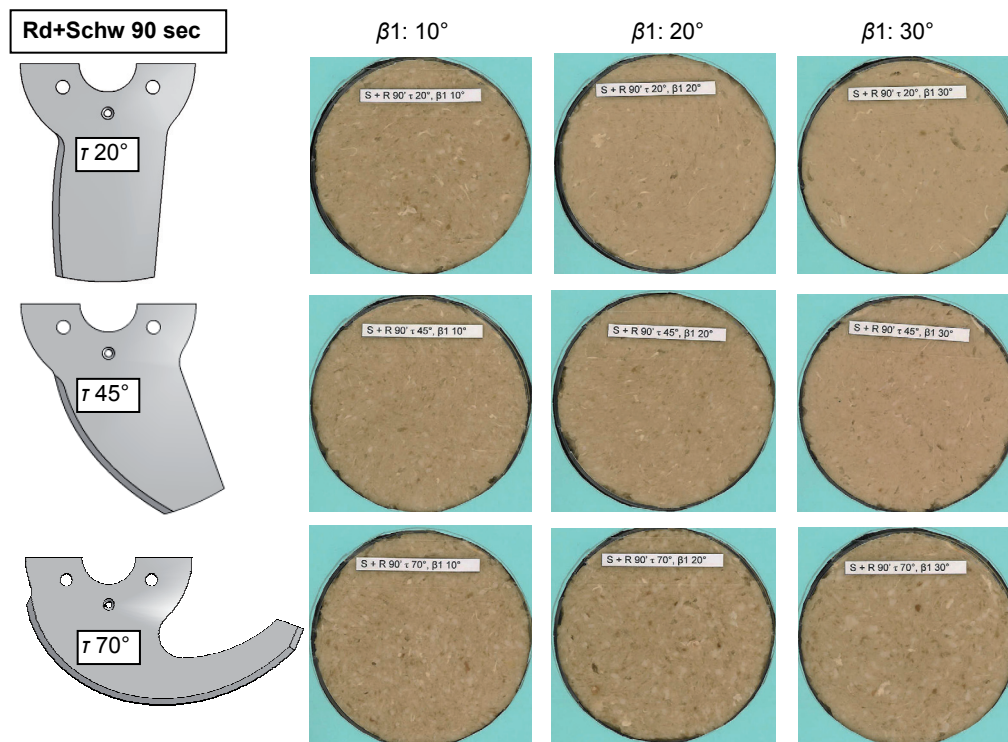


Abb. 7: Durch die Messer mit den verschiedenen Gleit- und effektiven Anschliffwinkeln bedingte Zerkleinerungsintensität von Brätproben nach 90 sec Kuttern. Fleischanteil der Rezeptur: Rind- plus Schweinefleisch

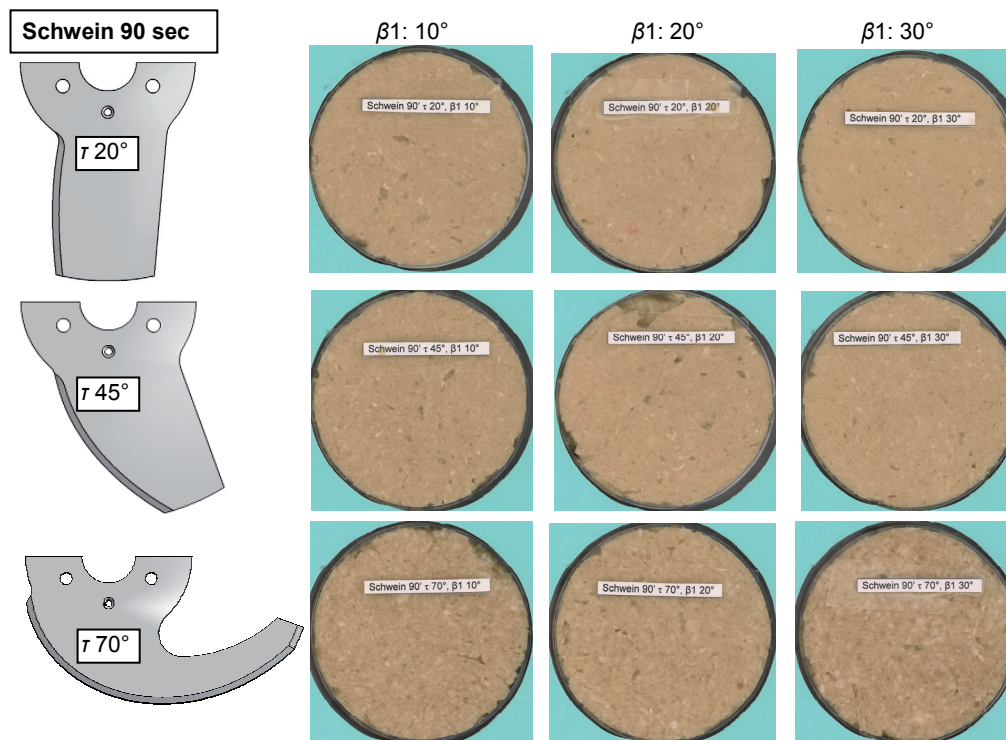


Abb. 8: Durch die Messer mit den verschiedenen Gleit- und effektiven Anschliffwinkeln bedingte Zerkleinerungsintensität von Brätproben nach 90 sec Kuttern. Fleischanteil der Rezeptur: Schweinefleisch

Es ist zu erkennen, dass mit den $\tau 70^\circ$ -Messern zu diesem Zeitpunkt die am wenigsten intensive Zerkleinerung erreicht wurde. Eine deutlich intensivere lag unter Verwendung des Messersatzes $\tau 20^\circ$, $\beta_1 30^\circ$ sowie der beiden $\tau 45^\circ$ -Messersätze mit β_1 von 20 sowie von 30° vor. Bei der Rezeptur mit Rind- und Schweinefleisch stellte sich Ähnliches heraus (Abb. 7). Hier lieferte das $\tau 70^\circ$ -Messer nach 90 Sekunden schlechte Zerkleinerungsergebnisse, die $\tau 20^\circ$ und $\tau 45^\circ$ -Messer mit β_1 von 20 und 30° führten dagegen zu vergleichbar guten Ergebnissen. Gleiches traf auf die Schweinefleischrezeptur zu (Abb. 8). Das $\tau 70^\circ$ -Messer zerkleinerte schlecht, die $\tau 20^\circ$ - und 45° -Messer mit β_1 von 20 und 30° sorgten dagegen für eine ähnlich gute Zerkleinerung.

Es war also so, dass das Messer mit der sehr langen Schneide, $\tau 70^\circ$, nach 90 Sekunden Kuttern die schlechtesten Zerkleinerungsergebnisse lieferte. Weiterhin zerkleinerten bei allen Gleitwinkeln die Messer mit einem effektiven Anschliffwinkel β_1 von 10° wider alle Erwartung weniger gut als die anderen effektiven Anschliffwinkel. Die vermeintlich schärfsten

Messer mit dem kleinen effektiven Anschliffwinkel waren für die rasche Zerkleinerung der Rohstoffe schlechter geeignet als die Messer mit einem größeren, was bereits in einer Vorgängeruntersuchung herauskam (4).

Vergleicht man die Proben der Abbildungen 6, 7 und 8, wird deutlich, dass nach gleicher Einwirkzeit der Messer bei der Rezeptur mit Rindfleisch eine weniger intensive Zerkleinerung erreicht wurde als bei der mit Schweinefleisch, und dass die Kombination 1/2 Rind und 1/2 Schweinefleisch im Zerkleinerungsgrad zwischen den beiden anderen Rezepturen lag.

Produkteigenschaften. Was die Eigenschaften der mild erhitzten Würste und der auf einen F-Wert von 3 autoklavierten Ware (Geleeabsatz) angeht, so wurde innerhalb der Rezepturen, also bei der Rindfleisch-, der Rind- plus Schweinefleisch- und der Schweinefleischrezeptur durch die Verwendung der Messer mit unterschiedlichen Gleit- und Anschliffwinkeln keine Variabilität der Produkteigenschaften hervorgerufen, welche eine zufällige Überschritt ($\alpha = 0,05$).

Tab. 2: Produkteigenschaften

Magerfleischanteil der Rezeptur	L*-Wert	a*-Wert	Bruchfestigkeit [N]	Härte [N]	Dichte [g/cm ³]	Geleeabsatz [g/100 g]
Rindfleisch	64,9 ± 0,63	20,6 ± 0,47	25,0 ± 3,12	36,1 ± 3,80	0,963 ± 0,0065	11,1 ± 4,04
Rind- +Schweinefleisch	69,2 ± 0,84	18,7 ± 0,35	22,3 ± 2,15	34,0 ± 2,49	0,959 ± 0,0030	10,2 ± 3,25
Schweinefleisch	73,9 ± 0,67	15,4 ± 0,39	22,6 ± 2,62	30,2 ± 3,63	0,950 ± 0,0048	7,1 ± 1,76

Tab. 3: Kutterdauer [sec] bis auf 9°C Brättemperatur in Abhängigkeit vom Gleitwinkel τ und vom effektiven Anschliffwinkel β_1 der Messer

τ	β_1	Rind	Rind +Schwein	Schwein	τ, β_1	τ
20	10	140 ± 6,5	155 ^{a)} ± 2,6	155 ± 11,6	150 ± 10,0	141 ^{a)} ± 12,6
	20	141 ± 6,1	146 ^{a), b)} ± 5,7	147 ± 7,1	145 ± 6,2	
	30	119 ± 1,5	131 ^{b)} ± 4,9	137 ± 11,6	129 ± 10,2	
45	10	149 ± 3,5	158 ± 6,0	164 ± 15,0	157 ± 10,5	146 ^{a)} ± 11,3
	20	136 ± 5,8	145 ± 5,1	145 ± 7,0	142 ± 7,1	
	30	133 ± 3,5	140 ± 7,6	143 ± 5,8	139 ± 6,8	
70	10	173 ± 8,7	166 ± 6,4	175 ± 1,0	171 ± 6,7	171 ^{b)} ± 8,9
	20	169 ± 14,6	160 ± 3,6	166 ± 6,4	165 ± 9,1	
	30	174 ± 6,9	172 ± 8,2	181 ± 8,1	176 ± 7,0	
Gesamt		148 ^{a)} ± 19,9	153 ^{a,b)} ± 13,3	157 ^{b)} ± 16,6		

Zellenwerte mit gleichen Buchstaben und solche, denen kein Buchstabe zugeordnet wurde, unterschieden sich nicht statistisch signifikant.

Mit zunehmendem Schweinefleischanteil der Rezeptur (Tab. 2) vermehrte sich die Produkthelligkeit (L*-Wert). Dagegen verminderten sich ihr Rotton (a*-Wert), ihre Bruchfestigkeit und Härte, ihre Dichte sowie die Geleeseperation.

Kutterdauer bis 9 °C. War der Fleischanteil Rindfleisch (Spaltenmittelwerte bei „Gesamt“ in Tab. 3), musste bis zum Erreichen einer Brättemperatur von 9 °C mit 148 Sekunden für die kürzeste Zeit gekutert werden, war der Fleischanteil Schweinefleisch, war statistisch signifikant für die längste Zeit, 157 Sekunden, zu kuttern. Grund ist die unterschiedliche Wärmekapazität von Rind- und Schweinefleisch. Bei Rindfleisch liegt sie niedriger als bei Schweinefleisch.

Mit den Messern mit der kurzen Schneide (τ 20°) war unabhängig vom effektiven Anschliffwinkel mit im Mittel 141 Sekunden für die kürzeste Zeit, mit den Messern τ 45° mit 146 Sekunden statistisch nicht unterschiedlich länger, und den Messern mit lang ausgezogener Schneide (τ 70°) statistisch signifikant für die längste Zeit zu kuttern, bis eine Brättemperatur von 9 °C vorlag. Mit dem τ 70°-Messer mit lang ausgezogener Schneide dauerte dies 171 Sekunden.

Was den Einfluss des effektiven Anschliffwinkels auf die Dauer des Kutters bis auf das Stopp-Kriterium angeht, so war sie nach Verwendung der τ 20°- und der τ 45°-Gleitwinkelmessern am kürzesten, wenn β_1 bei 30° lag, und am längsten, wenn β_1

nur 10° betrug. Bei den τ 70°-Messern verhielt es sich anders, ein effektiver Anschliffwinkel von 20° bedingte die kürzeste, einer von 30° die längste Kutterdauer. Allerdings waren die Zeitspannen zum Kuttern innerhalb der τ 45°- sowie der τ 70°-Messer für die drei effektiven Anschliffwinkeln nicht statistisch unterschiedlich. Bei den τ 20°-Messern lagen signifikant unterschiedliche Kutterzeiten nur bei der Rezeptur mit Rind- plus Schweinefleisch vor. Mit β 1 von 10° war mit 155 Sekunden signifikant länger zu kuttern als mit β 1 von 30°, bei welchem die Kutterdauer im Mittel 131 Sekunden betrug.

Die Zerkleinerungszeiten bis auf eine Brättemperatur von 9 °C variierten zwischen 119 Sekunden bei dem τ 20°-Messer mit einem effektiven Anshliffwinkel von 30° und zwischen 181 Sekunden bei dem τ 70°-Messer mit einem effektiven Anshliffwinkel von ebenfalls 30° (Tab. 3). Sie variierten damit durch Messer- und Rezepturwechsel um etwa 50 %. Es muss hier aber auch festgestellt werden, dass die Kutterdauern wegen des Einstellens von 4000 UpM der Welle und von 24 UpM der Schüssel insgesamt sehr kurz ausfielen.

Geschwindigkeit des Dispergierens. Es war also so, dass die Verwendung von Messern mit unterschiedlichem Gleitwinkel und unterschiedlichem effektiven Anshliffwinkel deutliche Zerkleinerungsunterschiede weder an den auf 9 °C zerkleinerten Bräten noch an den Würsten hervorrief. Allerdings gestaltete sich die Geschwindigkeit, mit welcher die Dispergierung der Gewebe erreicht wurde, also die Kutterdauer, bei Messern mit unterschiedlichen Gleitwinkeln unterschiedlich. Es wurde deshalb versucht, die Dauer des Kutterns bis auf 9 °C zu verknüpfen mit der Geschwindigkeit, mit welcher ein Messer die Rezepturbestandteile dispergierte, also zerkleinerte und vermischte. Hierzu bot sich die NIR- Spektroskopie an.

Nach Anpassen des Dispergiervlaufes einer Referenzcharge, dies war in Abbildung 9 die mit dem Messer τ 20°, β 1 30° gefertigte, konnten alle Chargen gegen diese darauf geprüft werden, wie bei ihnen die Dispergierintensität im Verlaufe des Kutterns ausfiel.

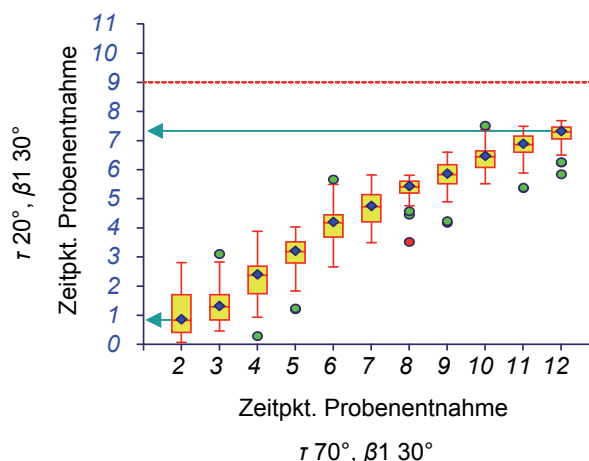


Abb. 9: Rindfleischrezeptur: Vergleich der Dispergierung, welche im Verlauf des Kutterns mit dem Messer τ 70°, β 1 30° im Vergleich zum Messer τ 20°, β 1 30° (Referenz) erreicht wurde

Bei der Referenzcharge wurde zu 9 Zeitpunkten Brät gezogen, bei der Vergleichscharge zu 12 Zeitpunkten. Am Beispiel der Rindfleischrezeptur ist dargestellt, dass das Messer τ 70° β 1 30° zum zweiten Entnahmezeitpunkt im Mittel eine Dispergierung aufwies, wie es bei Verwendung des Messers τ 20° β 1 30° zum ersten Zeitpunkt zu erwarten gewesen wäre und dass das Messer τ 70° β 1 30° zum Ende des Kutterns auf 9 °C, am 12ten Entnahmezeitpunkt, eine Dispergierung bewirkte, wie sie mit dem τ 20° β 1 30° Messer zwischen den Entnahmezeitpunkten 7 und 8 vorlag. Das lang ausgezogene τ 70° Messer erreichte die Dispergierintensität des τ 20°-Messers gar nicht.

Solche Vergleiche der zeitabhängigen Dispergierung einer Charge gegen alle anderen erfolgten, und Tabelle 4 zeigt bei den verschiedenen Rezepturen die Rangfolge der Dispergierintensität, und zwar aufsteigend, der drei Messer-Gleitwinkel in Abhängigkeit vom jeweils der Spaltenüberschrift angegebenen effektiven Anshliffwinkel β 1. Bei keiner Rezeptur und bei keinem effektiven Anshliffwinkel dispergierte das τ 70° Messer besser als das τ 20° oder das τ 45°-Messer. Damit fiel das 70°-Gleitwinkelmesser aus der weiteren Auswahl für das „optimal“ dispergierende Messer heraus. Betrachtet man bei den beiden verbleibenden Geometrien die Dis-

Tab. 4: Dispergierintensität bei den verschiedenen Rezepturen bei den geprüften effektiven Anschliffwinkeln β_1 von 10 oder 20 oder 30° in Abhängigkeit von den Gleitwinkeln τ der Messer

Magerfleischanteil der Rezeptur		β_1 [Grad]		
		10	20	30
Rindfleisch	τ [Grad]	20 > 45 > 70	45 > 20 > 70	20 > 45 > 70
Rind- +Schweinefleisch	τ [Grad]	45 > 20 = 70	20 > 45 > 70	45 > 20 > 70
Schweinefleisch	τ [Grad]	45 > 20 = 70	45 > 20 = 70	20 > 45 = 70

Tab. 5: Dispergierintensität bei den verschiedenen Rezepturen bei Gleitwinkeln τ der Messer von 20 und 45° in Abhängigkeit vom effektivem Anschliffwinkel β_1

Magerfleischanteil der Rezeptur		τ [Grad]	
		20	45
Rindfleisch	β_1 [Grad]	30 > 20 > 10	30 > 20 > 10
Rind- +Schweinefleisch	β_1 [Grad]	20 > 30 > 10	30 > 20 > 10
Schweinefleisch	β_1 [Grad]	20 > 30 > 10	20 > 30 > 10

pergierintensität, die durch verschiedene Gleitwinkel erreicht wurde, ergibt sich, dass ein effektiver Anschliffwinkel von 10° in jedem Fall am ungünstigsten war (Tab. 5).

Damit wurde bei der Schweinefleischrezeptur sowohl mit dem τ 20°- als auch mit dem τ 45°-Messer die beste Brät-dispergierung erreicht, wenn sie einen effektiven Anschliffwinkel β_1 von 20° trugen. Dieser Befund spezifizierte den, der sich beim Abmustern der für 90 Sekunden gekutterten Bräte ergab. Auf das Darstellen des NIR-Vergleiches zwischen den mit den beiden Messersätzen erreichten Dispergierintensitäten wird verzichtet, da die Kutterdauern bis zum Erreichen von 9 °C Brättemperatur mit im Mittel 147 (τ 20°, β_1 20°) bzw. 145 Sekunden (τ 45°, β_1 20°) (siehe Tab. 3) praktisch gleich ausfielen. Bei der Rezeptur mit dem Magerfleischanteil aus Rind- plus Schweinefleisch fiel die Intensität der Dispergierung für die τ 20°-Messer dann am günstigsten aus, wenn sie einen effektiven Anschliffwinkel von 20° besaßen und für die τ 45°-Messer dann, wenn β_1 30° betrug. Auch dies konkretisierte die Ergebnisse der Abmusterung der Brätproben. Da die Kutterzeiten bis auf 9 °C Brättemperatur sehr ähnlich waren (Tab. 3), ergibt sich zwischen beiden Messersätzen hinsichtlich einer möglichen Einsparung an Zeit für das Kuttern kein Vorteil. Bei der Rindfleischrezeptur war es so, dass ein effekti-

ver Anschliffwinkel von 30° sowohl bei den geprüften Messersätzen mit einem Gleitwinkel von 20° als auch bei denen mit einem von 45° die besten Ergebnisse lieferte.

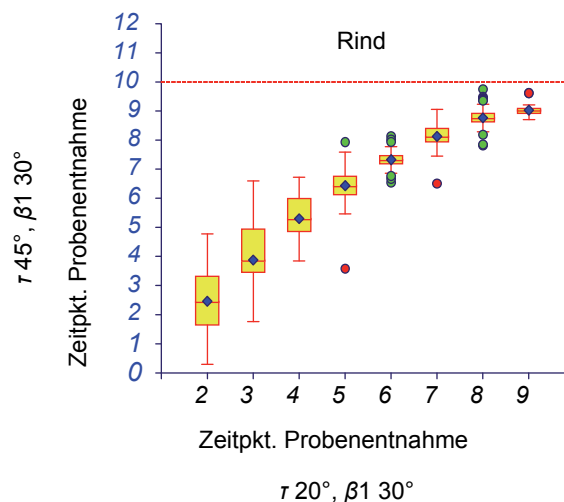


Abb. 10: Rindfleischrezeptur: Vergleich der Dispergierung, welche im Verlauf des Kutterns mit dem Messer τ 20°, β_1 30° im Vergleich zum Messer τ 45°, β_1 30° erreicht wurde

Mit den Messern τ 20°, β_1 30° musste bis zum Erreichen des Stopp-Kriteriums im Mittel für 119 Sekunden, mit den Messern τ 45°, β_1 30° im Mittel für 133 Sekunden und damit länger gekuttert werden (Tab. 3), was durchaus von praktischem Nachteil sein kann. Der Vergleich der NIR-Ergebnisse der mit den beiden Messersätzen erreichten Dispergierung (Abb. 10) ist

nicht eindeutig; mit den τ 45°, β 30°-Messern sind eventuell bessere Dispergierergebnisse erreicht worden als mit dem Messer τ 20°, β 30°.

Als noch zur Verfügung stehendes Entscheidungskriterium, welches das am besten zum Kuttern von Brühwurstfeinbräten verschiedener Rezeptur geeignete Messer ist, bietet sich noch die verbrauchte Energie an. Entsprechende Messungen waren nur bei einem Versuchsdurchgang möglich. Demgemäß wird keine Standardabweichung angegeben. Jedenfalls wurde zum Kuttern der Rezeptur mit dem Magerfleischanteil Rindfleisch mit den beiden Messersätzen τ 20°, β 30° und τ 45°, β 30° die gleiche Energie von 0,39 kWh verbraucht. Bei Kuttern der Rezeptur mit Rind- plus Schweinefleischanteil lag die verbrauchte Energie zwischen 0,42 und 0,44 kWh und war damit für alle Messersätze sehr ähnlich. Dies traf auch für die Rezeptur mit nur Schweinefleisch zu, deren Kuttern zwischen 0,41 und 0,43 kWh benötigte. Dies bestätigt, dass die Messergeometrie dann, wenn auf eine Brättemperatur gekuttert wird, die verbrauchte Energie nicht zu ändern vermag.

Sensorische Ergebnisse. Mit den τ 70°-Gleitwinkelmessern gestaltete sich der Lärm beim Kuttern der Chargen gering. Die τ 20°-Gleitwinkelmesser dispergierten die Bräte sehr laut.

Alle auf 70° Kerntemperatur erhitzten Würste waren ohne Fettseparation, teilweise lag unter den Abbindungen eine geringe Wasserseparation vor.

Im Biss waren die Würste, deren Brät mit den τ 70°-Gleitwinkelmessern hergestellt war, bei allen Rezepturen weicher im Biss als die aus Bräten, die mit den τ 20°- oder τ 45°-Messer gekuttert waren. Die τ 70°-Gleitwinkelmesser lieferten häufig nach dem ersten Biss zerfallende und auch fettige Würste.

Schlussfolgerungen

Es war schon erstaunlich, dass verschiedene Messer, die bei ihrem Drehen mit der Welle über die Länge ihrer Schneiden im gleichen Winkel zum Brät standen und das

Fleisch in vergleichbaren Winkeln schneiden konnten, außer im sensorisch erfassbaren Biss keine unterschiedlichen Produkteigenschaften hervorbrachten, wenn mit ihnen auf die gleiche Endtemperatur des Bräts gekuttert wurde. Dies und die Tatsache, dass das Kuttern auf eine bestimmte Brätendtemperatur, rezepturabhängig, mit allen Messern die gleiche Energie verbrauchte, darf nicht den Blick dafür verstellen, dass sie sich in ihrer Fähigkeit zum Zerkleinern und Dispergieren der Rohstoffe doch unterschieden. Alle Messer mit lang ausgezogener Schneide sowie die Messer, die Fleisch im kleinsten Winkel schnitten, dispergierten weniger gut als Messer mit steiler gestellten Schneiden und mit einem stumpferen Anschliff. Beim Kuttern findet ein Zertrümmern der bindegewebigen Hüllen der Fleischfasern unter Freisetzung ihres Inhaltes und ein Zertrümmern des Fettgewebes durch jedes Messer, auch durch eines ohne Schneide, statt. Die eigentliche Leistung eines Messeranschliffes ist es, das Bindegewebe im Restbrät zu dispergieren. Wir meinen, dass hier bei fein zerkleinerter Brühwurst weniger ein Zerschneiden, als vielmehr ein mehr oder weniger intensives Auflockern des Bindegewebes, insbesondere der Sehnen, durch die Messer zum Dispergiererfolg und zu einem produkttypischen Biss beiträgt. Ein sehr ziehender Schnitt, Messer mit lang ausgezogener Schneide, und/oder ein kleiner Anschliffwinkel besorgen wohl während der ersten Schüsselumdrehungen eine weniger intensive Auflockerung des Bindegewebes als anderen Messer mit weniger lang ausgezogenen Schneiden und stumpferen Anschliffwinkeln. Denn wir stellten unter Verwendung von Messern mit sehr steiler Schneide als Zufallsbefund beim Kuttern von Rinderschulterfleisch für eine halbe Schüsselumdrehung fest, dass Sehnen nach Durchgang durch die Messerebene nicht durchschnitten, sondern durch den erfolgten Schlag derart aufgelockert waren, dass sie manuell leicht auseinandergezogen werden konnten. Deshalb wird vermutet, dass der Zerkleinerungserfolg und insbesondere der Biss der Brühwurst in Zusammenhang mit diesem Zertrümmern/Auflockern des Bindegewebes steht. Nach Zertrümmern mit steileren Messerformen

und stumpferen Anschliffwinkeln ist es leichter zu verteilen und besorgt wohl auch einen festeren Biss als nach unmittelbarer Größenreduktion bzw. Schnitt durch ein Messer mit lang ausgezogener Klinge und einem spitzen Anschliffwinkel. Bei grober gehaltener Brühwurst und bei körnig gehaltener Rohwurst mag sich dies anders verhalten.

Das Forschungsvorhaben (AIF 15 658 N) wurde im Rahmen zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI) gefördert.

Literatur

- (1) Hammer, G. et al. (2006): Unterschiedliche Qualität von Brühwurstbrät – Kuttern mit verschiedenen Messern. *Fleischwirtschaft* 86, 4, 88-92.
- (2) Hammer, G. F. und S. Stoyanov (2009): Schlüsselkutter: Höchstens zwei Messer scheeren Brät intensiv. *Fleischwirtschaft* 89, 4, 87-92.
- (3) Hammer, G. F. und S. Stoyanov (2010): Über das Kuttern von Brühwurstbrät I. *Fleischwirtschaft*, im Druck
- (4) Hammer, G. F. und S. Stoyanov (2010): Kuttern mit nur einem Messer für 3 Minuten bei unterschiedlichem Schlüsselvorschub - Zerkleinerungsgrad des Bräts. *Fleischwirtschaft*, in Vorbereitung
- (5) Hammer, G. F. und S. Stoyanov (2010): Kuttern mit einem und mit zwei Messern bei gleichen Verhältnissen von Wellen- zu Schlüsselgeschwindigkeiten. *Fleischwirtschaft*, in Vorbereitung
- (6) Stoyanov, S. und G. F. Hammer (2010): Zum Anschliff von Kuttermessern. *Fleischwirtschaft*, in Vorbereitung
- (7) Haack O. et al. (2002) Verwirbelungskuttern mit Lochmessern. *Fleischwirtschaft* 9, 77.
- (8) Micklisch I. et al. (2004) Verwendung unterschiedlicher Messerformen im Kutter. *Fleischwirtschaft* 12, 100.
- (9) Dolata W (1999) Bewertung der technologischen Arbeitseffektivität von Kuttermessern Teil 3. *Fleischwirtschaft* 5, 94.
- (10) Schnäckel W. et al. (2004) Gelochte Messer mindern Spannung. *Fleischwirtschaft* 1, 51.
- (11) Micklisch I. et al. (2005) Kuttern mit Messern ohne Schneide. *Fleischwirtschaft* 1 41.
- (12) Schnäckel, W. et al. (2008): Untersuchungen zur Optimierung von Kuttermessern 1. Optimierung der Kuttermesserform in Abhängigkeit vom herzustellenden Produkt. *Fleischwirtschaft* 2, 89.
- (13) Schnäckel, W. et al. (2008): Untersuchungen zur Optimierung von Kuttermessern 3. Optimierung der Kuttermesserform zur Herstellung von Brühwürsten. *Fleischwirtschaft* 6, 96.
- (14) Stoyanov, S und G. F. Hammer (2010): Über das Kuttern von Brühwurstbrät II – Messerbelastung und Drehmoment der Welle während des Kutterns. *Fleischwirtschaft*, in Vorbereitung.
- (15) Hammer, G. und S. Stoyanov (2008): Kuttern mit zwei Messern – Brättemperatur und Kutterleistung. *Fleischwirtschaft* 88, 3, 115-120.
- (16) Klettner, P.-G. (1988): Beziehung zwischen instrumentellen Festigkeitswerten und sensorischem Kaeindruck bei Brühwurst. *Fleischwirtschaft* 68, 1052-1054.
- (17) Klettner, P.-G. und J. Ambrosiadis (1980): Einfluß verschiedener Kutter- und Fülltechniken auf Qualitätsparameter bei Brühwurst. *Fleischwirtschaft* 60, 1950, 1952-1956.