

Technik

Probleme, Ursachen und Lösungen

Grundlagen und Vorgänge bei der Fleischbearbeitung mit Maschinen der Wolfstechnologie – 1. Teil

von Eberhard Haack, Wolfram Schnäckel und Oliver Haack

Was nach neuestem Forschungs- und Entwicklungsstand der Vorgang des „Wolfens“ in qualitativer Hinsicht beinhaltet, ist für viele Anwender „ein Buch mit sieben Siegeln“. Den Problemen des „Wolfens“, deren Ursachen und Lösungen wird in der hier stardenden Artikelserie auf den Grund gegangen.



Dr.-Ing. Eberhard Haack ist Geschäftsführer der Inofex GmbH in Halle/Saale und beschäftigt sich mit unterschiedlichen technologischen Problemstellungen im Bereich der Fleischverarbeitung.



Dr. Wolfram Schnäckel ist Professor für Lebensmitteltechnologie an der Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Landwirtschaft/Ökologie/Landwirtschaft/Ökologie/Landwirtschaft.



Dipl.-Ing. Oliver Haack hat an der FH Merseburg Wirtschaftsingenieurwesen studiert und ist seit Ende 2001 am Institut für Lebensmitteltechnik und Qualitätssicherung der Hochschule Anhalt beschäftigt.

Das Grundlagenwissen beruht auf einer 30-jährigen Forschungs- und Entwicklungsarbeit an vielen Wolfmaschinen, für die auch der Praxisbeweis erbracht wurde. Mehr als 1000 t Rohstoff wurden dazu unter Praxisbedingungen von Forschungspersonal

in der täglichen Produktion mit Maschinen gefahren, die mit spezieller Messtechnik ausgerüstet wurden. Die so gewonnenen Ergebnisse wurden auf mehrere Versuchsmaschinen verschiedenster Baugrößen übertragen und geprüft, um die Allgemeingültigkeit der Aussagen zu beweisen.

Im Rahmen der Forschung sind auf der Basis des Grundlagenwissens in der Wolfstechnologie für die Keramikindustrie Schneckenpressen mit Durchmesser von 800 mm für Mauersteine, Dachziegel und anderes mehr entwickelt worden. Umfangreiche Ergebnisse der Wolftechnik-Forschung standen auch Pate bei der Verarbeitung von Rohstoffen, die in Biogasanlagen (z. B. Einstreustroh, Grünmassen und Klärschlamm) eingesetzt werden.

Aus dieser Anwendungsbreite leitet sich ein Großteil der Erfahrungen und Praxisbeweise für die wissenschaftlichen Untersuchungen ab. Durch die Anwendung eines ganzheitlichen Konzeptes als Verbindung zwischen dem Rohstoff, den Werkzeugen und ihren Wirkprinzipien, den Maschinenbaugruppen und den maschinentechnischen Parametern ist ein festes Wissensfundament entstanden. In die Arbeiten zu den Vorgängen des Wolfens flossen Untersuchungen zur Wirkung des Druckaufbaus durch die Schnecken und das Schneckengehäuse, die Kraftübertragung sowie die Wirkung der Schneidwerkzeuge ein, um begründete Parameter für die Fleischbearbeitung zu bestimmen.

Der Beginn der Forschungen zu den hier präsentierten Daten

liegt in den 80er-Jahren und wurden vom Institut für Fleischwirtschaft der DDR – heute Inofex GmbH – an über 60 Wolfmaschinen mit Schneidsatzbaugrößen von 70 mm bis 600 mm bis heute kontinuierlich fortgeführt. Die Fragen zur Beurteilung der vorgestellten Entwicklungen orientieren sich an den in den Punkten 1 bis 9 (siehe Übersicht) zusammengefassten Aspekten.

Der Rohstoff als Werkstoff bzw. Gegenstand der Bearbeitung

Um den Rohstoff Fleisch, insbesondere Muskelgewebe, technisch besser zu verstehen, ist es Voraussetzung, seine Funktion als Element der Krafterzeugung

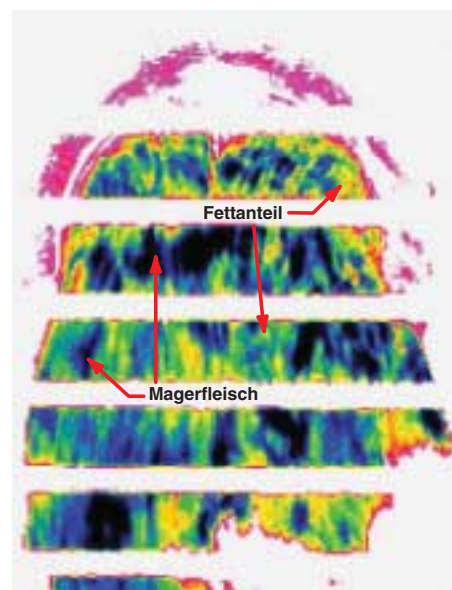


Abb. 1: Temperaturunterschiede im Produktstrom

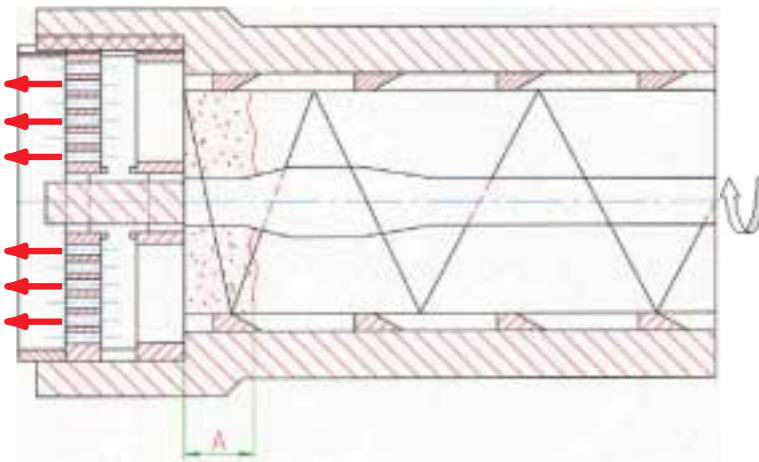


Abb. 2: Darstellung des Zerkleinerungswiderstandes auf den Rohstoff in Abhängigkeit der Größe der Endlochscheibe

und Kraftübertragung am Tierkörper für die Bewegungs- und Lebenstätigkeit zu betrachten. Der Einsatzzweck ist die Krafterzeugung, Speicherung und Weiterleitung an das Tierskelett. Damit erklärt sich eindeutig die Zusammensetzung des Fleisches als absolut differenzierter, hochspezifischer und für viele Funktionen tauglicher Werkstoff. Die Bearbeitung eines solchen Stoffes setzt, wie in allen Gebieten der Werkstoffbearbeitung, die detaillierte Kenntnis über die Stoffeigenschaften voraus, um die richtigen technischen Mittel für die Bearbeitung, Umformung, Umwandlung oder Zerkleinerung auszuwählen.

Über die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Rohstoffes Fleisch als Eiweiß-, Fett- und Collagenträger sowie die chemisch-analytische Zusammensetzung, die Rezepturen zur Herstellung von Fleisch- und Wurstprodukten gibt es weltweit unendlich viele erforschte Daten. Über die technischen Daten Zugfestigkeit, Fließfähigkeit, Scherfestigkeit, Druckresistenz oder Verformungseigenschaften liegen hingegen wenig technisch verwertbare Informationen vor. Um zu verstehen, was zwischen

Grundlagen der Wolftechnik – die Themen

1. Charakterisierung des Rohstoffes Fleisch als Bearbeitungsgegenstand
2. Definition des Wirkungsgrades einer Wolfmaschine

Folgende Kapitel:

3. Charakterisierung der Bewegungsvorgänge zwischen Schnecke, Schneckengehäuse und Druckhaltung
4. Charakterisierung des notwendigen Pressvorganges als Grundlage der Verformung für den Rohstoff im Schneidsatz mit gleichmäßiger Druckverteilung
5. Untersuchung und Darstellung wie ein Stück Fleisch in die Bohrung einer Lochscheibe gelangt
6. Abläufe in den einzelnen Schneideebenen eines Schneidsatzes und Aspekte, die dabei beachtet werden müssen
7. Energieaufwand für einzelne Vorgänge im Gesamtprozess
8. Konstruktive Gestaltung stabiler Schneidwerkzeuge
9. Ableitungen für zukünftige Entwicklungen aus den Forschungsergebnissen

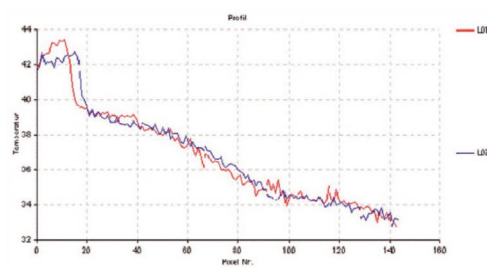
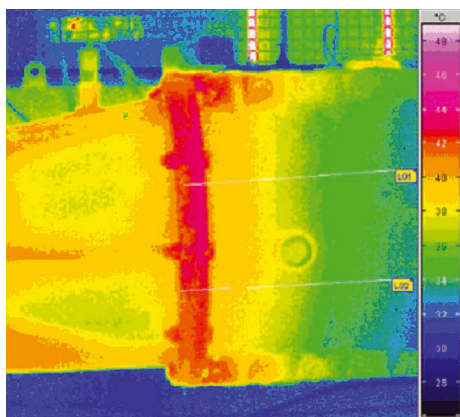


Abb. 3a und 3b: Thermobild und Temperaturverlaufskurve eines guten Materialabflusses

dem Rohstoff und den Bauteilen der Wolftechnik abläuft, wurden sehr umfangreiche Untersuchungen mit klarer praktischer Zielstellung durchgeführt. Untersucht wurden Fragen wie:

- Bei welchem Druck und welcher Bohrungsgröße verformt sich der Rohstoff auf der Lochscheibe?
- Wie viel Druck oder Kraft wird benötigt, um Rohstoff in die Bohrung einer Lochscheibe zu pressen?
- Wie viel Zeit wird für das Ausformen eines Fleischzäpfchens in der Bohrung benötigt?

Dicke?

- Fließt oder strömt der Rohstoff Fleisch durch die Bohrungen der Lochscheibe?
- Welche Funktion hat das Messer?

Die Schneidtechnologie entspricht dem Scherschnitt: Der Rohstoff ist in der Scheibenöffnung eingespannt und wird vom rotierenden Messer abgeschnitten. Durch die Vorspannung zwischen Messer und Lochscheibe entsteht der saubere Schnitt und die Scheibenreinigung von kollagenen Stoffen. Zur Drucksteigerung im Rohstoff wird die Steigung des letzten Schneckenangewindes

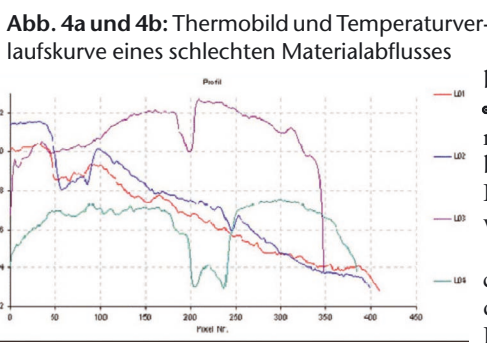
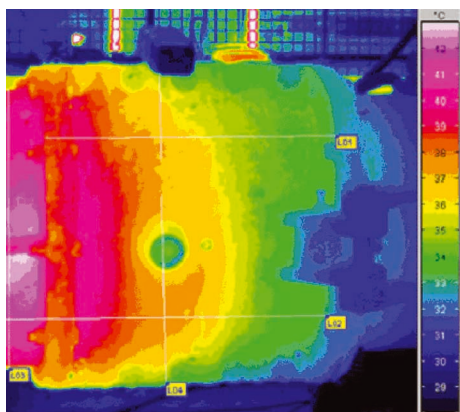


Abb. 4a und 4b: Thermobild und Temperaturverlaufskurve eines schlechten Materialabflusses

zum Schneidsatz eingesetzt. Um zu verhindern, dass sich das Material mit der Schnecke

dreht, sind in der Wand des Schneckengehäuses Windungen installiert, die die Kraftverbindung zwischen Rohstoff, Schnecke und den Zügen nach dem Schraube-Mutter-Prinzip ermöglichen. Durch die Drehbewegung der Schnecken entsteht die Rohstoffförderung. Die Zugangsordnung bestimmt neben der Schnecke die Förderleistung und den Druckaufbau. Die Förderung wird damit durch das Wandreibungsprinzip realisiert.

Bei der Rohstoffzerkleinerung kommt es zu einer relativ starken Temperaturzunahme im Material. Man kann davon ausgehen, dass sich die Wärmeentwicklung und damit der Energieverbrauch verteilt:

- Förderung und Druckaufbau: 10 bis 30 % Energieverbrauch,
 - Zerkleinerung: 70 bis 90 % Energieverbrauch.
- Tatsache ist, dass die Reibarbeit

von Messern und Lochscheiben die größte Wärmequelle darstellt. Daraus ergibt sich, dass ein Wolf mit einer hohen Mengenleistung die Wärme gut abführt und die Maschinen mit geringerem Wirkungsgrad durch zunehmende Rohstoffwärmerückführung charakterisiert sind. Das heißt, dass mit der Menge der zerkleinerten Fleischmasse auch die Wärme aus dem Schneidsatz abgeführt wird.

Ein weiteres wichtiges Element der Erwärmung ist der Rohstoff selbst. Die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung des Rohstoffes bestimmen im starken Maße die

Rohstoffwärmerückführung. So erklärt sich, dass bei der Zerkleinerung von Fett mit 5- bis 6-fach höherer Zerstörungsfestigkeit und einem Wassergehalt von 2 bis 5 % mehr Wärme nachweisbar ist, als bei Magerfleisch mit einem Wasseranteil von 70 bis 80 % und nur 20 % der Festigkeit. Es ist verblüffend, dass die fetten und kollagenen Fleischbestandteile selbst bei zügiger Zerkleinerung auf der 4 mm-Endlochscheibe einen Temperaturanstieg von $\Delta t = 6$ bis 8°C machen. Magerfleisch hingegen bleibt ohne relevante Temperaturerhöhung (Abb. 1).

Anzeige

Füller

Kontinuierliches Füllen unter Vakuum. Konzipiert für den mittleren Fleischereibetrieb.

Füller, Kutter, Wölfe in Kooperation mit **KILIA**

REX – Die Fleischmaschinen
D-63844 Laufach
Tel. 0 60 93 / 87-265, Fax 0 60 93 / 87-304
miw@dueker.de

0601

Ganz allgemein ist festzustellen, dass der Rohstoff Fleisch eine mechanische, hochfeste, sehr belastbare, kompakte Werkstoffkombination aus Fleischfasern, Fetten, kollagenen Stoffen und Wasser darstellt. Er ist ein sehr elastischer, beweglicher und plastischer Druckspeicher mit Verformungseigenschaften. Diese Eigenschaften wirken immer im Zusammenhang und beeinflussen sich gegenseitig als Schutz gegen die Zerstörung in der Rohstoffbearbeitung. Spezielle Untersuchungen zur Schneidfähigkeit, den Kraftverläufen und dem Verhalten im Zusammenwirken mit Werkzeugen zeigen, dass jede Rohstoffart, Qualität und Zustandsform eigene Maschinenparameter und Werkzeugkombinationen erforderlich macht, weil sonst Qualitätsverluste die Folge wären. Die guten Verarbeitungseigenschaften für Magerfleisch liegen im relativ niedrigem Druckbereich. Hohe Drücke führen zu keiner Leistungssteigerung, sondern nur zur Zerstörung

der Zellstruktur mit Fleischsaftaustritt und damit zu Qualitätseinbußen.

Bei Bohrungsdurchmessern zwischen 2 und 3 mm sind folgende Eindringtiefen in die Bohrungen der Lochscheibe gemessen worden:

Rohstoff Schwein III

- Magerfleisch 2,0 bis 3,0 mm
- kollagene Gewebe 0,5 bis 0,8 mm
- Sehnen 0,3 bis 0,6 mm
- Knorpel 0,2 bis 0,4 mm
- Haut 0,1 bis 0,2 mm

Um einen konstanten Massendurchsatz beim Wolfen zu erzielen, werden folgende Drücke benötigt:

- Magerfleisch 6 bis 8 bar
- kollagene Gewebe 25 bis 30 bar
- Sehnen 40 bis 45 bar
- Knorpel 38 bis 42 bar
- Haut 52 bis 65 bar
- Fett 32 bis 35 bar

teilweise Rohstoffzerstörung im Rohr und an den Zügen = Materialrückfluss

Fördervorgang mit Rohstoffabstützung

Rohstoffübernahme von den Zubringerschnecken

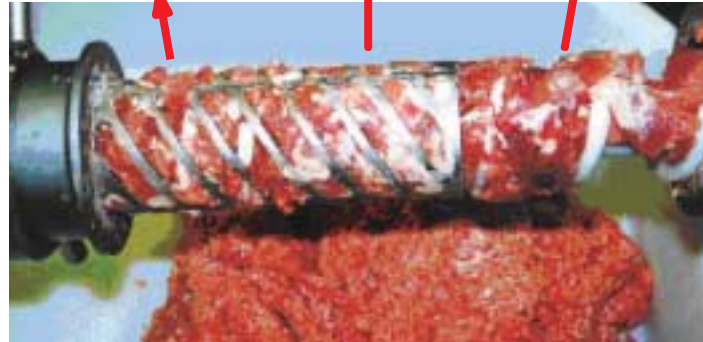


Abb. 5: Rohstoffverhalten während des Fördervorganges in einer Testmaschine

Fazit: Der Rohstoff verformt sich im Bohrbild durch den Druckanstieg im Messerraum. Er lässt sich aber nicht unendlich mit

Kräften belasten, um eine hohe Förderleistung zu erreichen. Wenn der Rohstoff nicht zum richtigen Zeitpunkt abgeschnit-

ten wird, zerstört er sich durch seinen strukturellen Aufbau selber oder blockiert jedes weitere Eindringen in die Bohrungen der Lochscheibe.

Die Untersuchungen haben eine große Anzahl von Stoffwerten hervorgebracht, die sich für den praktischen Anwendungsfall in der Wolftechnik nutzen lassen, wenn sie in technischen Parametern umgesetzt werden. Diese sind die Druckhaltung im Schneidsatz und die Schneidzyklen der Messer. Ein Schneidzyklus umfasst die Zeit, bis der Rohstoff die Verformung in die Bohrungen der Lochscheibe durch Druckerhöhung abschließt und dann das notwendige Abschneiden an der Bohrungskante durch die Messer erfolgt. Mit dem Durchtrennen der Fleischzapfen an der Bohrungskante ent-

spannt sich der Rohstoff wieder und kann erneut in die Bohrungen eingepresst werden.

Definition des Wirkungsgrades einer Wolfmaschine

Der Wirkungsgrad von Wolfmaschinen drückt sich eigentlich nur in der Austragsmenge des Schneckenförderolumens über den Schneidsatz aus. Er ist ein Gradmesser für die Förderqualität, das Druckhaltevermögen der Schnecke und die Zerkleinerungsleistung der angewandten Schneidsatzkombinationen.

Unter Förderqualität versteht man das Volumen aller Schneckengänge multipliziert mit der Drehzahl und der mittleren Roh-

stoffdichte als Austragsmenge. Das Ergebnis ist die reine Schneckenleistung. Vereinfacht lässt sie sich auch über das Volumen des kleinsten Schneckenanges berechnen. Es sollte mit Schneidsatz gemessen werden. Das Fahren gegen den Schneidsatz gibt Auskunft über das Druckhaltevermögen der Schnecke und des Schneckengehäuses. Der Druck ist dafür verantwortlich, dass der Rohstoff bei drehenden Messern in sehr kurzer Zeit durch Volumenverschiebung und schlagartiges Zerspringen der Muskelfaser in die Bohrungen eindringt. Bei den Untersuchungen des Wirkungsgrads wurden sehr viele Wolfmaschinen von verschiedensten Herstellern vermessen. Die Bedingungen waren fast immer die gleichen. Als Rohstoff wurde R III bei einer Temperatur von t = 3 bis 4 °C mit der 3 mm-Lochscheibe als Endlochscheibe mit einem 5-teiligen Schneidsatz genutzt. Als Ergebnis wurde festgestellt:

$$\eta_{\text{Förder}} = \frac{\text{praktische Fördermenge}}{\text{theoretische Fördermenge}}$$

• Bei Normalwölfen lag der Förderwirkungsgrad im Durch-

schnitt bei $\eta_{\text{Förder}} = 0,3$ bis $0,4$.

- Sehr gute Maschinen erreichten $\eta_{\text{Förder}} = 0,7$ bis $0,85$ und
- Pumpwölfe mit Schnecken $\eta_{\text{Förder}} = 0,93$ bis $0,98$.

Bedeutend einfacher ist die Ermittlung der „theoretischen Förderleistung“ durch den praktischen Vergleich von realer Fördermenge mit dem Füllvolumen eines Schneckenanges. Man füllt einen Schneckenangang unter üblichem Wolfdruck mit zerkleinertem Fleisch und wiegt alles insgesamt. So wird die Fördermenge einer Umdrehung ermittelt. Diese Masse wird multipliziert mit der Maschinendrehzahl.

Wird die aus der Lochscheibe austretende Fördermenge für die Zeit einer Minute gewogen, sind die „theoretische und praktische Fördermenge“ miteinander vergleichbar, und es lässt sich so der Förderwirkungsgrad feststellen. Diese Methode reicht zur Einschätzung der Arbeitsqualität der Maschine völlig aus.

$$\eta_{\text{Förder}} = \frac{m_{\text{prakt.}}}{m_{\text{theor.}}} = \text{Förderwirkungsgrad}$$

Die Förderwirkungsgrade stehen im direkten Zusammenhang mit der Förderleistung einer Bohrung. Mit der Bohrungsleistung und der Anzahl der Bohrungen im Bohrbild lässt sich schließlich die erreichbare Fördermenge errechnen. Die angegebene Bohrungs- und Zerkleinerungsleistung wurden in der Praxis nachgewiesen (Tab. 1).

In Abhängigkeit der erreichten Wirkungsgrade steigt die Qualität des geschnittenen Rohstoffes gegen $\eta = 1$ an, der Energieverbrauch sinkt und die Rohstoff-

wärmung nimmt bedeutend ab, weil die größere, abgeförderte Fleischmasse die Wärme besser abtransportiert (Abb. 2). In der Abbildung 2 ist der Rückstau (A) als Maß für die Rohstoffzerstörung durch den Widerstand des Schneidsystems bei der Zerkleinerung gekennzeichnet. Das Rohstoffrückstaumaß verkürzt die wirksame Länge Rohr/Schnecke als Stützsyste. Damit sinkt der Druckaufbau und der Wirkungsgrad der Maschine. Die Angaben zur verbleibenden Restmenge in der Schnecke werden als Wirkung des Schneidteilwiderstandes dargestellt, den der Rohstoff überwinden muss (Tab. 2). Das Thermobild (Abb. 3a) und die Temperaturverlaufskurve (Abb. 3b) zeigen einen guten Materialabfluss, der für eine gute Druckhaltung der Schnecke steht. Im Gegensatz dazu zeigt die Abbildung 4 große Anteile vom Schneidsatz nicht abgenommener Rohstoffmengen. Hier ist der

Wirkungsgrad schlecht. Es entsteht ein unklares

Schnittbild. Das Rohstoffverhalten während eines Förderanges und somit der komplette Materialabfluss werden in einer Testmaschine in der Abbildung 5 dargestellt.

Wird fortgesetzt

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Eberhard Haack und Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Oliver Haack, Inofex GmbH, Martha-Brautzsch-Str. 8, D-06108 Halle; Prof. Dr. Wolfram Schnäckel, Hochschule Anhalt (FH) Fachbereich Landwirtschaft/Ökotrophologie/Landespflege, Strenzfelder Allee 28, D-06406 Bernburg

Tab. 1: In der Praxis nachgewiesene Bohrungsförder- und Zerkleinerungsleistungen

Bohrung Endloch-scheibe [mm]	Fördermenge [g/Bohrung/min]
2	30 bis 40
3	80 bis 100
3,2	100 bis 110 (geschätzt)
4	140 bis 210

Tab. 2: Angaben zur verbleibenden Restmenge in der Schnecke als Wirkung des Schneidteilwiderstandes den der Rohstoff überwinden muss.

BG130		
Bauteil	Körnung [mm]	Rückstaumaß in der Schnecke [mm]
Vorschneider	30 x 30	0
Lochscheibe 13 mm	10 x 10	10
Lochscheibe 5 mm	4 x 4	30
Lochscheibe 3 mm	2,5 x 2,5	40
Lochscheibe 2 mm	1,8 x 1,8	60
Lochscheibe 1,5 mm	1,2 x 1,2	80