

## Titel

# Optimierung des Kreissägeprozesses in Hochleistungsbearbeitungszentren für die Bearbeitung von Holz, Holzwerkstoffen und Kunststoffen

IGF-Nr.: 15497 N

---

## Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe,  
Remscheid (IFW-RS)

Forschungsstelle 2: Institut für Werkzeugmaschinen  
der Universität Stuttgart (IfW-S)



Ansprechpartner beim IFW-Remscheid:

Michael Goebel

02191 / 5921-0

[goebel@fgw.de](mailto:goebel@fgw.de)

Ansprechpartner beim IfW-Stuttgart:

Vincenzo Forcillo

0711 / 685-82397

[vincenzo.forcillo@ifw.uni-stuttgart.de](mailto:vincenzo.forcillo@ifw.uni-stuttgart.de)

---

## Danksagungen

Die Durchführung der vorliegenden Forschungsarbeit wurde dankenswerter Weise vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen - Otto von Guericke - e.V. (AiF) aufgrund eines Beschluss des Bundestags finanziell gefördert.



---

## Ausgangssituation

In Bearbeitungszentren können Werkstücke mittels Bearbeitungsvorgängen wie Fräsen, Bohren, Profilieren etc. in einer Aufspannung komplett bearbeitet werden, während die Fertigung mit herkömmlichen Techniken einen erheblichen logistischen Aufwand erfordert. Das Kreissägeverfahren, das in einem bereits sehr ausgereiften Entwicklungsstand, beispielsweise in Aufteilsägen, Durchlaufmaschinen oder auch in Formatkreissägen zur Anwendung kommt, wird dagegen erst seit kurzer Zeit in Bearbeitungszentren integriert. Ein Grund dafür ist, dass mit einem einzelnen Kreissägewerkzeug beim Trennen von plattenförmigen Werkstücken nicht beidseitig eine saubere, ausbruchfreie Schnittkante erzielbar ist. Besonders kritisch ist z.B. die Bearbeitung von Holzwerkstoffen mit PE-Lack.

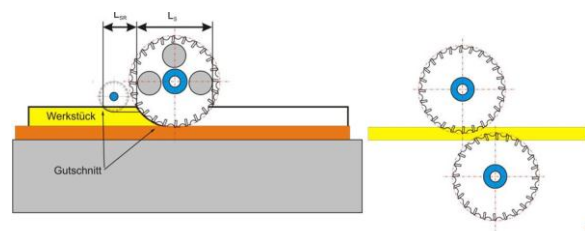


**Bild 1: Kreissägen auf Hochleistungs-Bearbeitungszentren**

---

## Forschungsziel

Ziel des Vorhabens war es, beim Trennschnitt mit einem Kreissägewerkzeug innerhalb von Bearbeitungszentren eine beidseitig gute Schnittqualität bei stabilen Prozessbedingungen zu erzielen. Der Einsatz eines zweiten Werkzeugs als Ritzkreissägeblatt ist prinzipiell nicht neu (Bild 2). Um Ausrisse



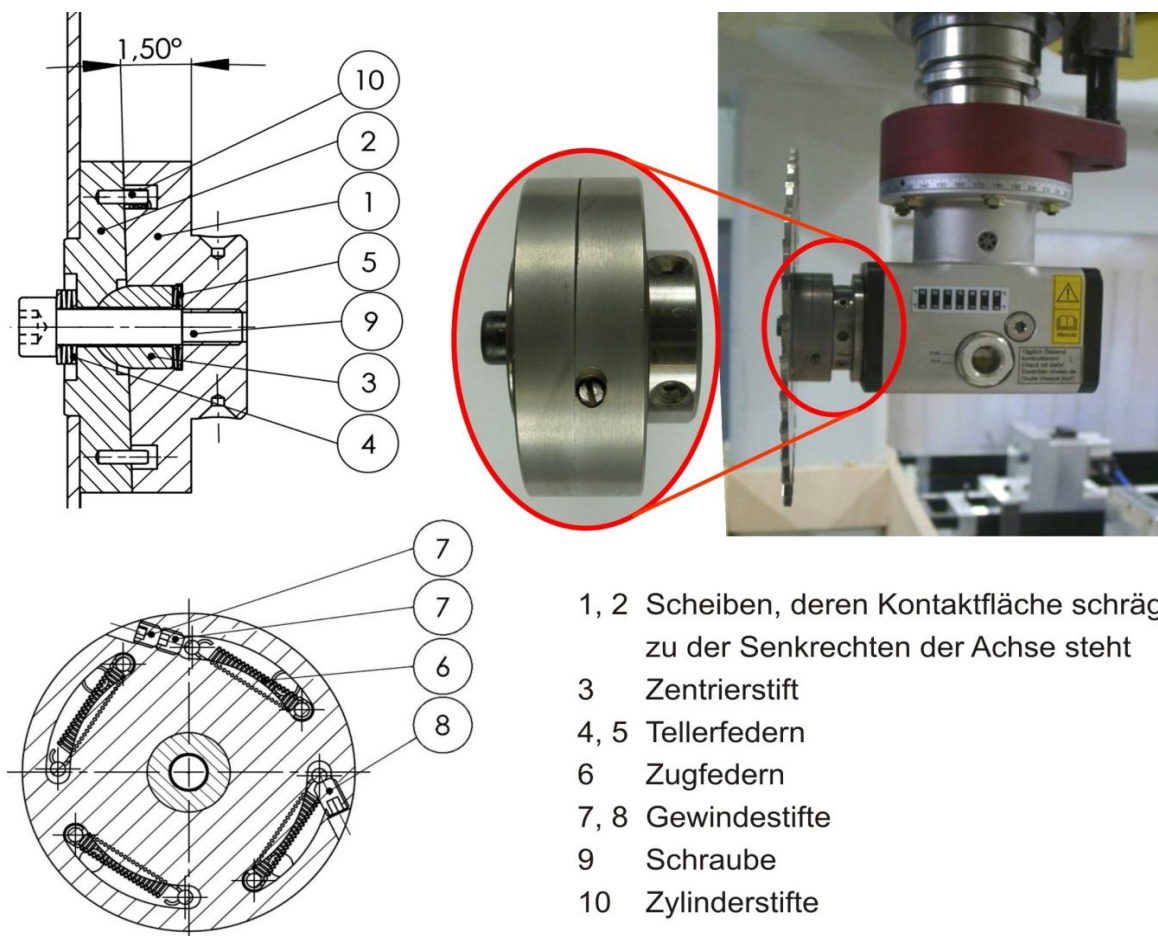
**Bild 2: Vorritz- und Trennsäge**

durch die aus dem Werkstück austretenden Zähne des Hauptkreissägeblatts zu vermeiden, wird ein solches Vorritz-Werkzeug beispielsweise bei Formatkreissägen eingesetzt. Innerhalb von Bearbeitungszentren kann aus Platzgründen ein Ritzwerkzeug, anders als in Formatkreissägen, nur oberhalb des Werkstücks angeordnet werden und muss exakt in der Ebene des Hauptsägeblattes justiert werden. Liegt der Vektor der Vorschubrichtung nicht exakt in der Rotationsebene beider Werkzeuge, berühren die aufsteigenden Zähne des Hauptsägeblattes die durch das Ritzwerkzeug gebildeten Schnittkanten und verletzen diese, wodurch größere Kantenausbrüche entstehen. Die Herausforderung liegt hier in Detektion und Gestaltung der optimalen Übereinstimmung der beiden Werkzeuge sowie die

Übereinstimmung der beiden Werkzeuge mit der Arbeitsebene (Rotationsebene) und der Vorschubrichtung. Diese Übereinstimmung ist prinzipiell auch bei Bearbeitungszentren erzielbar, jedoch muss hier mit größeren Abweichungen gerechnet werden, weil die Genauigkeit, mit der die Vorschubachse verstellt werden kann, begrenzt ist.

## Forschungsergebnisse

Damit der Kreissägeprozess in Hochleistungsbearbeitungszentren (BAZ) effizient und effektiv eingesetzt werden kann, musste ein neuer Lösungsansatz zur Nutzung des Vorritz- und Trennschnitt-Verfahrens entwickelt werden. Beim Einsatz von zwei Werkzeugen (Vorritzer und Trennsäge) wird durch das Vorritzwerkzeug eine etwas breitere Nut erzeugt, so dass die Schneiden der Trennsäge die Schnittkante, die vom Vorritzer erzeugt wurde, nicht berühren. Diesen Prozess mit nur einem Sägeblatt in einem Arbeitsschritt zu realisieren, war ein Ziel des Projektes.



**Bild 3: Funktionsskizze des neu entwickelter Taumel-Flansch (© ATEMAG)**

Dieses wurde unter anderem durch die Entwicklung eines Flansches umgesetzt (Bild 3), der es ermöglicht ohne Werkzeugwechsel durch einen abgestimmten Gleichlaufvorriz- und einen Gegenlauftrennschnitt das Werkstück beidseitig sauber zu trennen. Solange durch den Gleichlauf keine ausreichende Tangentialkraft auf das Sägeblatt einwirkt ist dieses um wenige Grad aus der Vertikalen angestellt, da keine Drehmomente auf den Flansch wirken. Das Sägeblatt wird taumelnd durch das Werkstück als Vorrizwerkzeug geführt. Die etwa 1 cm tiefe Nut ist um circa 0,1 mm breiter als die Zahnbreite des Sägeblattes. Durch den Einsatz des Gegenlaufes beim Trennschnitt entsteht eine Ausrichtung der Flanschteile zueinander, wodurch sich das Sägeblatt senkrecht zur Rotationsachse stellt. Der so durchgeführte Trennschnitt ist somit schmaler als die Vorriznut. Da die Schnittkanten vom Ritzen nicht mehr berührt werden, weisen beide Werkstückseiten eine saubere Schnittkante auf, die mit den Schnittergebnissen einer Formatkreissäge vergleichbar sind.

An den Schnittflächen des Werkstückes entsteht dadurch ein Absatz von circa 50 µm. Dieses ist durchaus tolerierbar, da beim nachfolgenden Prozess des Umleimens eine Klebefuge von 60 µm bis 80 µm aufgebracht wird.

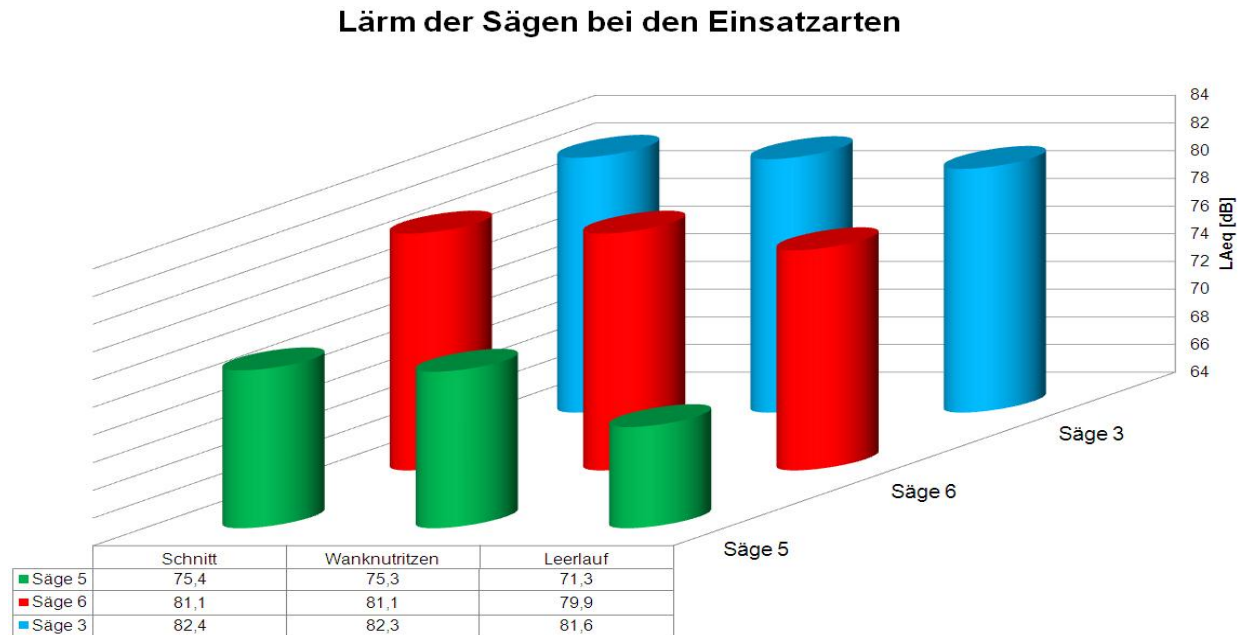
Ein weiteres Ziel des Projektes war es, Sägeblätter zu entwickeln, die für diesen Wanknuteinsatz optimiert sind. Zu optimieren waren hier einerseits das Schwingungsverhalten der Sägeblätter und andererseits die geometrische Auslegung von Werkzeug und Schneidstoff, um die erzeugte Schnittkantenqualität am Werkstück zu steigern.

Die Dicke des Stammblasses wurde bei gleichbleibender Schnittbreite geringfügig erhöht und es wurden veränderte Dämpfungsschlitze eingebracht. Die dadurch erhöhte Steifigkeit der Säge führte zu einer besseren Schwingungsdämpfung und dieses wiederum zu weniger und kleineren Kantenausbrüchen. Für die Werkzeugverzahnung wurde eine Kombination von Zahnformen (Hohlzahn - Dachzahn, Flachzahn - Trapezzahn) gewählt. Die unterschiedliche Höhe der Zahnfolge unterstützt dabei die Schwingungsdämpfung.

Die durchgeführten Standweguntersuchungen zeigen, dass die optimierten Werkzeuge mit den Zahnformkombinationen Flachzahn - Trapezzahn und Hohlzahn - Dachzahn bis zu doppelt so hohe Leistung erbrachten.

Da der Lärmschutz am Arbeitsplatz durch die gesetzlichen Anforderungen immer mehr in den Vordergrund gerückt wird, wurden die Werkzeuge auf ihre Schallemission untersucht. Hierzu wurde der  $LA_{eq}$  – Wert zur Bewertung der Belastung des Bedieners am Arbeitsplatz herangezogen.  $LA_{eq}$  – Werte sind für die drei Einsatzbedingungen Leerlauf, Wanknutritzen und Schnitt in Bild 4 gezeigt. Hier findet der direkte Vergleich zwischen zwei neuentwickelten Kreissägewerkzeugen (Nr. 5 und 6) zu einem handelsüblichen Kreissägeblatt (Säge Nr. 3) statt.

Die Säge 5 mit der Flachzahn – Trapezzahnfolge und einer höheren Zähnezahl weist mit einem ermittelten Wert von unter 80 dB(A) eine deutliche Lärmreduktion gegenüber den beiden anderen Sägeblättern auf.



**Bild 4: Lärmpegel ( $L_{Aeq}$ ) am Arbeitsplatz gemessen**

Durchgeführte Praxisuntersuchungen zeigen, dass durch den Einsatz des neu entwickelten Wanknutflansches und der optimierten Werkzeuge eine Reduzierung des Mittelwerts der Ausbrüche bei Bearbeitung der untersuchten, beschichteten Holzwerkstoffen um ca. 20 % verringert werden konnte. Bei spröden Kunststoffen wurden die Ausbrüche um ca. 40 % reduziert. Im Gegensatz zu den durchgeführten Schnittversuchen bei Bearbeitung von beschichteten Platten haben die Versuche bei Bearbeitung von Weich- und Hartholz eine Erhöhung des Mittelwerts der Ausfaserungen um ca. 30 % ergeben. Dieser Anstieg ist dadurch begründet, dass bei Massivhölzern nach dem Schnitt Faserreste an der Schnittkantestehen bleiben. Die saubere Schnittkante entsteht bei dieser Holzart erst, wenn die nach dem Trennschnitt aufsteigenden Zähne des Sägeblattes die Schnittkanten erneut berühren und somit diese Faserreste abtrennen. Das wird durch die verbreiterte Nut des Wanknutflansches verhindert.

Demzufolge ist das neuentwickelte Funktionsprinzip mit dem Taumel-Flansch in der hier dargestellten Form nicht für die Bearbeitung von Weich- und Hartholz geeignet. Lösungsansätze bieten hier weiter veränderte Zahngeometrien.

---

## Zusammenfassung

Es wurde eine Schrägstelleinrichtung des Sägeblattes („Taumel-Flansch“ / „Wanknutflansch“) entwickelt, aufgebaut und untersucht. Dazu wurden zahlreiche Kreissägeversuche mit verschiedenen Sägeblättern und unterschiedlichen Werkstoffen durchgeführt (drei sehr empfindlich zu bearbeitenden Platten sowie Weich- und Hartholz und der Kunststoff PMMA).

Die mit dem neuentwickelten Taumel-Flansch durchgeführten experimentellen Untersuchungen haben im Vergleich zu dem Einsatz eines konventionellen Flansches eine Reduzierung des Mittelwerts der Ausbrüche bei Bearbeitung der drei beschichteten Holzwerkstoffe um ca. 20 % gezeigt. Bei spröden Kunststoffen wurden die Ausbrüche um 40% reduziert. Unter Einsatz des neuentwickelten Taumel-Flansches ist es somit möglich, die Qualität der Schnitte von beschichteten Platten deutlich zu erhöhen.

Im Gegensatz zu den durchgeführten Schnittversuchen bei Bearbeitung von beschichteten Platten haben die Versuche bei Bearbeitung von Weich- und Hartholz eine Erhöhung des Mittelwerts der Ausfaserungen ergeben, da die austretenden Zahnflanken des Sägeblatts nicht mehr die beim Vorritzen erzeugte Kante berühren. Demzufolge ist das neuentwickelte Funktionsprinzip mit dem Taumel-Flansch mit den bisher entwickelten Zahngeometrien nicht für die Bearbeitung von Weich- und Hartholz geeignet.

In den Labor- und Praxisversuchen zeigte sich, dass aufgrund der erhöhten Prozesspräzision das Werkzeug ein besonders schwingungsarmes Verhalten aufweisen muss. Daher wurden neue Sägeblätter entwickelt, die schwingungsärmer sind und zur verbesserten Schnittqualität beitragen. In Praxisversuchen wurde nachgewiesen, dass die Standwege im Taumeleinsatz mit den optimierten Werkzeugen mehr als verdoppelt werden konnte.

Somit konnte mit verbesserten Werkzeugen und neuer Prozessauslegung eine Optimierung des Kreissägeprozesses in Hochleistungsbearbeitungszentren für die Bearbeitung von Holzwerkstoffen und Kunststoffen erreicht werden.

Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich in direkter Weise durch die höhere Schnittqualität und höhere Vorschubgeschwindigkeiten, die mit dem Taumel-Flansch-System realisiert werden können. Höhere Standwege und geringere Neben- und Rüstzeiten führen zu weiteren Effizienzsteigerungen, die sich auch durch den Wegfall von aufwändigen Justagezeiten von Vorritzwerkzeug zum Trennwerkzeug ergeben. Rüst- und Wartungskosten verringern sich bei vergleichbaren Werkzeugkosten.

---

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, [www.fgw.de](http://www.fgw.de), angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn Dipl.-Phys.Ing. Michael Goebel unter 02191 5921.0.