

# Durch Forschung Sägeprozesse optimieren

Anforderungen an die Produktivität und Bearbeitungsqualität erfordern eine kontinuierliche und ganzheitliche Optimierung des gesamten Sägeprozesses einschließlich der Werkzeuge und Maschinen. Das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart hat hierzu zahlreiche Forschungsaktivitäten sowohl im Grundlagen- wie auch industrienahen Forschungsbereich zur Optimierung des Sägeprozesses von Leichtmetallen, Holz- und Holzwerkstoffen sowie Kunststoffen durchgeführt. Es konnten fundierte Erkenntnisse erarbeitet werden, die zu einer Verbesserung des Fertigungsprozesses Sägen, der Kreis- und Bandsägewerkzeuge sowie der Sägemaschinen selbst geführt haben. **PROF. DR.-ING. PROF. H.C. MULT. DR. H.C. MULT UWE HEISEL, DR.-ING. THOMAS STEHLE, DIPL.-ING. CHRISTOPH BIRENBAUM, DIPL.-ING. PAT.-ING. MICHAEL GROSSMANN.**<sup>1)</sup>

**Zerspanungstechnologie und Werkzeuggestaltung** Mit der Optimierung der Schneidengeometrie von Kreissägewerkzeugen befasst sich das Institut bereits seit mehreren Jahrzehnten. Durch eine gezielte Veränderung der Schneidengeometrie und insbesondere der Nebenschneidengeometrie kann sowohl die Oberflächenqualität bei Massivholz als auch die Kantenqualität bei beschichteten Span- und Faserplatten erheblich gesteigert werden. Eine Fase zwischen der Haupt- und Nebenschneide beispielsweise verbessert die Oberflächenqualität, indem der Einstellwinkel und damit die Spandicke im Bereich der Qualitätsbildung reduziert werden /Bic05/. Eine weitere Verbesserung der Bearbeitungsqualität kann durch den Einsatz von balligen Nebenschneidengeometrien erreicht werden /Trö03, Trö99, Hei98a, Hei99a/. Während bei herkömmlichen Zahngeometrien der von der Schneidenecke erzeugte Kantenausbruch sich im Abstand des Zahnvorschubes wiederholt und nicht mehr von den nachfolgenden Schneiden abgetragen wird, werden die beim Einsatz von balligen Nebenschneiden an der Schneidenecke entstandenen Ausbrüche durch die nachfolgenden Zähne abgetragen (Abb. 1). Auch im Hinblick auf die Gratbildung und das Schwingungsverhalten liefern ballige Nebenschneiden Vorteile gegenüber herkömmlichen Schneidengeometrien /Hei99c, Hei98e, Trö04, Dül07, Hei97a-c, Hei00/.

Um dieses Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Oberflächengüte auch bei Blockbandsägen zu nutzen, wurde ein weiteres Forschungsvorhaben durchgeführt. Die experimentellen Untersuchungen wurden durch Praxistests auf einer Blockbandsäge ergänzt. Es zeigte sich, dass auch beim Bandsägen durch Einsatz von balligen Nebenschneidengeometrien die Oberflächenqualität gesteigert wird und gleichzeitig die Schnittkraft ansteigt /Hei11e/.

In einem weiteren Forschungsvorhaben wurde das Jointen von hartmetallbestückten Kreissägeblättern für die Holzbe- und -verarbeitung untersucht. Aufgrund der nach dem Jointen erreichten Egalisierung der axialen Planlauf- und der radialen Rundlaufab-

<sup>1)</sup> Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. mult. Dr. h.c. mult. Uwe Heisel ist Ordinarius und Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart, Dr.-Ing. Thomas Stehle ist Oberingenieur desselben Institutes, Dipl.-Ing. Christoph Birenbaum ist Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Michael Großmann ist als akademischer Angestellter in der Forschungsgruppe Holzbearbeitung des IfW tätig

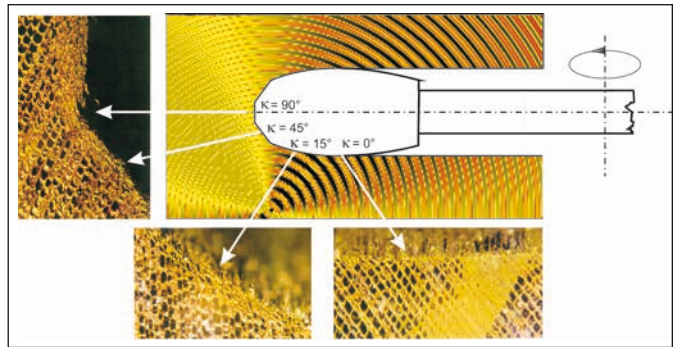


Abb. 1: Verminderung der Deformation durch den Einsatz von balligen Nebenschneiden (Fotos und Grafiken: IfW Stuttgart)

weichung werden qualitätsbestimmende Kantenausbrüche reduziert. Bei den Jointversuchen an verschiedenen Kreissägeblättern wurden sowohl unterschiedliche Materialien für die Jointvorrichtung als auch diverse Läppmittel auf ihre Wirksamkeit überprüft. Dabei zeigte sich Graphit als ideales Jointkörpermaterial. Darüber hinaus sind zweistufige Jointregime zielführend, bei denen mit einem hochabrasiven Läppmittel in kurzer Zeit geforderte Abtragsvolumina erreichbar sind und in einer zweiten Stufe entsprechende Oberflächenqualitäten erreicht werden können. Letztendlich zeigte sich das sehr gute Potenzial einer Jointfase, wobei sich hinsichtlich des Zeitbedarfs für das Jointen noch wissenschaftlicher Handlungsbedarf ergab /Dül09, Hei11a, Hei11b/.

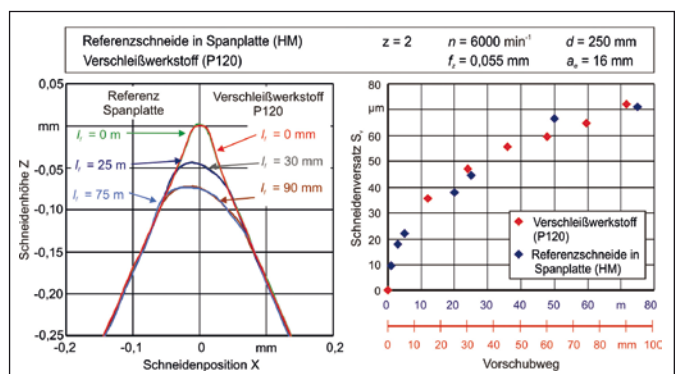


Abb. 2: Vergleich zwischen Schnellverschleißtest und realem Verschleiß

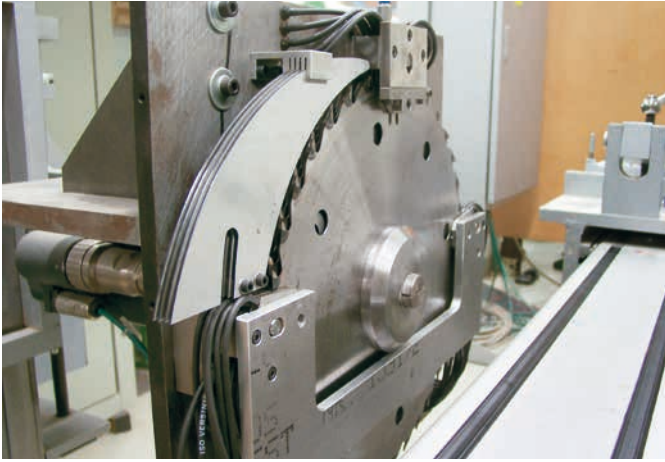


Abb. 3: Versuchsaufbau zur Untersuchung von dünnen, geführten Vielblattkreissägen

In /Hei11d/ wird ein wirtschaftliches Prüfverfahren zur schnellen Beurteilung des Verschleißverhaltens von Kreissägeblättern vorgestellt. Sowohl Hartmetall- als auch PKD-Schneiden neigen infolge ihrer hohen Sprödigkeit beim Kontakt mit silikatischen Partikeln zum Ausbrechen. Eine Optimierung der Schneidengeometrie hinsichtlich deren Standzeit verursacht aufwändige und lang andauernde Verschleißuntersuchungen. Zur Realisierung eines derartigen beschleunigten Verschleißverfahrens wurden unterschiedliche Werkstoffe mit erhöhter abrasiver Wirkung entwickelt und hergestellt. Anhand des Vergleichs von Schneidenrückgang und Scharftigkeit zwischen Referenz- und Versuchsschneiden ist es möglich, einen geeigneten Verschleißwerkstoff zu identifizieren, welcher ein der Realität entsprechendes Verschleißbild an der Schneide in sehr kurzer Zeit hervorruft (Abb.2).

**Maschinentechnik und Prozessauslegung** Werkzeuge, Spindeln und deren Schnittstellen sind bei der Hochleistungsbearbeitung hohen Belastungen ausgesetzt. Um sie und die Maschine als solche hinreichend sicher zu dimensionieren und schwingungsarm zu gestalten, sind Kenntnisse über die spezifischen Schnittkräfte notwendig. Es wurde untersucht, wie mittels Kenn- bzw. Korrekturgrößen auch der Einfluss der Werkzeugparameter für eine Reihe diverser Schaftfräser und Kreissägeblätter berücksichtigt werden kann /Hei06/.

Fronius vertiefte und ergänzte die existierenden Kenntnisse bezüglich der Beeinflussung der Werkzeug- und Maschinendynamik beim Zerspanprozess durch Untersuchungen mit besonders dünnen und geführten Kreissägewerkzeugen (Abb. 3). Unter Berücksichti-

gung der Werkstoffausbeute und der Bearbeitungsqualität wurden die Betriebszustände in Abhängigkeit von deren Einflussgrößen ermittelt und Hinweise für den Produktionsbetrieb erarbeitet /Fro06/.

Ein quantitativer Vergleich des Dämpfungsverhaltens in Bezug auf die Nebenschneide bestätigt, dass Schneiden mit balligen oder polygonal gestalteten Nebenschneiden dynamisch am stabilsten sind. Grundsätzlich liefert die Arbeit Stabilisierungsstrategien von Kreissägeblättern für die Bearbeitung von Holz und Holzwerkstoffen. Unabhängig von der Betrachtungsweise sind die kritischen Drehzahlen hier kleiner ausgefallen als bei seither veröffentlichten Arbeiten. Dennoch konnte eine gute Übereinstimmung des entwickelten numerischen Modells mit dem gewählten analytischen Ansatz erreicht werden.

Ein weiteres Projekt befasste sich mit der Optimierung des Kreissägeprozesses in Hochleistungs-Bearbeitungszentren für die Bearbeitung von Holz, Holzwerkstoffen und Kunststoffen. Hierbei wurde für ein Bearbeitungszentrum ein Kreissägeaggregat mit integrierter Schrägstelleneinrichtung des Sägeblattes entwickelt, aufgebaut und untersucht. Die mit dem neu entwickelten Taumel-Flansch durchgeführten Untersuchungen wiesen im Vergleich zu einem konventionellen Flansch eine Reduzierung des Mittelwerts der Ausbrüche um 19 Prozent nach. Bei manchen Schnittversuchen wurde der Mittelwert der Ausbrüche sogar um bis zu 61 Prozent vermindert. Das neu entwickelte BAZ-Kreissägeaggregat mit Taumel-Flansch kann die Qualität der Schnitte deutlich erhöhen, da die Kantenausbrüche teilweise um mehr als die Hälfte reduziert werden konnten /Dül10, Hei10b/.

Dem Hochgeschwindigkeitskreissägen von Metallen widmet sich /Hei10c/. Experimentelle Versuche belegen, wie beim Kreissägen die Schnittgeschwindigkeit unter konstantem Zahnvorschub erhöht werden kann. Beurteilungsgröße ist die Bearbeitungsqualität der Werkstücke. Mit den Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, dass die Oberflächengüte bei gleichbleibendem Zahnvorschub durch hohe Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 500 m/min verbessert werden kann. Die Versuche ergaben hierbei um bis zu 45 Prozent geringere Prozesskräfte. Bei Schnittgeschwindigkeiten von etwa 1000 m/min entstanden Schwingungen, die sich deutlich auf der Werkstückoberfläche abzeichneten. Die prinzipielle Eignung von hohen Schnittgeschwindigkeiten beim Kreissägen von Metall wird somit durch diese Analysen belegt.

In /Hei96/ wird eine modulare FE-Bibliothek vorgestellt, welche in der Lage ist, ein parametrisches Modell eines Kreissägewerkzeug-Spindel systems aufzubauen und zu berechnen. Die möglichen Kombinationen aus Werkstoffeigenschaften, geometrischen Ab-

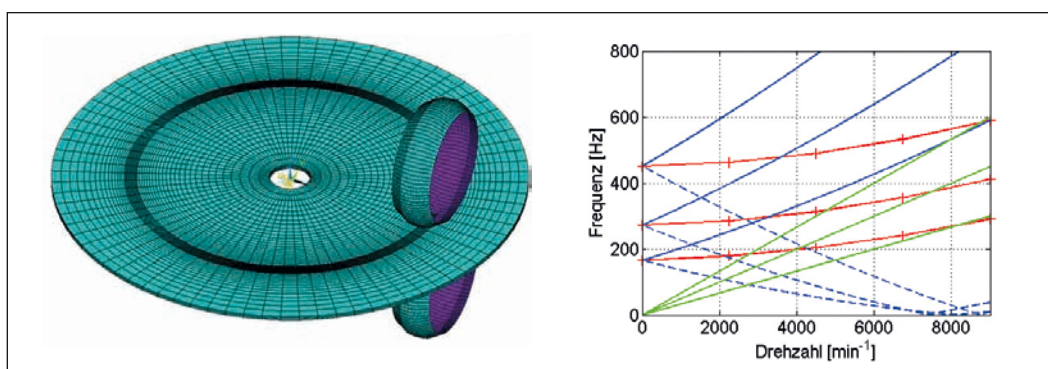


Abb. 4: FE-Modell des Spannungswalzvorgangs und daraus ermitteltes Frequenz-Drehzahl-Diagramm

messungen und weiteren Einflussfaktoren sind dabei die Parameter. Mit Hilfe des erarbeiteten Modells können schnell und einfach simulative Modalanalysen durchgeführt werden, aus welchen die Eigenfrequenzen und -schwingformen extrahiert werden können, welche die wesentlichen Auslegungsgrößen für ein Kreissägewerkzeug darstellen.

**Stamtblattauslegung und -optimierung** In einem anderen Projekt wurde ebenfalls die Thematik des Kreissägens behandelt /Hei10a/. Mit einer neuartigen Dämpfungsschlitzgeometrie bei Kreissägenblättern zur Aluminiumbearbeitung konnten die geometrischen Abmessungen mittels simulativer und experimenteller Methoden optimiert werden. In /Hei11c/ wird der Stand der Technik hinsichtlich der Berechnungsmöglichkeiten und -modelle zusammengefasst. Es werden FE-Berechnungen zum Einfluss von Temperaturgradienten, der Rotation und dem Spannungswalzvorgang durchgeführt und gezeigt, dass die erhaltenen Ergebnisse mit den bestehenden analytischen Ansätzen übereinstimmen.

Das aktuelle Vorhaben /Hei12/ setzt sich mit der Berechnung und experimentellen Ermittlung des Spannungswalzvorgangs auseinander. In diesem Projekt wird ein nichtlineares Finite-Elemente-Modell für den Spannungswalzvorgang entwickelt. Die Ergebnisse werden durch experimentelle Spannungsanalysen validiert. Mit Hilfe der FE-Methode können optimale Spannungswalzparameter berechnet und so bereits in der Konzeptionsphase Aussagen hinsichtlich des zu erwartenden statischen und dynamischen Verhaltens

der Kreissägewerkzeuge getroffen werden (Abb. 4). Der Entwickler von Kreissägeblättern wird in die Lage versetzt, bereits in der Konzeptionsphase optimal an die Bearbeitungsaufgabe angepasste Fertigungs- und Konstruktionsparameter abzuleiten.

**Schallemission** Weitergehend zur Zerspanleistung als ökonomisches Kriterium stellt die Geräuschemission als ökologische Eigenschaft für die Arbeitssicherheit ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal dar. Daher beschäftigt sich das IfW im Bereich der Arbeitssicherheit an spanenden Werkzeugmaschinen ebenfalls mit der Lärminderung von Kreissägemaschinen und Werkzeugen /Fis85/. In dieser Arbeit wurden Auswirkungen der Lärminderungsmaßnahmen an Kreissägeblättern und Baustellenkreissägemaschinen bewertet. Unter anderem werden zur Vermeidung von Pfeiftönen im Leerlauf sich berührende Materialunterbrechungen vorgeschlagen. Hiermit konnten im Leerlauf Pegelminderungen von bis zu 20 dB und während der Bearbeitung bis zu 3 dB erreicht werden.

In /Hei08a/ werden mit Hilfe messtechnischer Analysen nach ISO 7960 Anhang A die maßgeblichen Einflussparameter auf die Geräuschemission von Formatkreissägen bestimmt. Auf einer Maschine wurden Kreissägewerkzeuge im Leerlauf und beim Bearbeiten unterschiedlicher Werkstoffe (OSB, MDF, Spanplatte, Kiefer, Fichte und Multiplex) analysiert sowie unterschiedliche Werkzeuge (Zähnezahlen) und Werkstückgeometrien (Plattendicke) untersucht. Eine Beurteilungsgröße war der Emissions-Schalldruckpegel LpA. Als Ergebnis der Experimente wurde die Werkzeugdrehzahl

**Feiern Sie mit uns !**

**HOB** DIE HOLZBEARBEITUNG

*60 Jahre*

**Ausgabe 9/2013 - September**

**Anzeigenschluss: 13.09.2013**

**Erscheinungstermin: 27.09.2013**

**DANKKÉ!**

© styleneed - Fotolia.com



als maßgeblicher Parameter identifiziert, was u.a. in die Überarbeitung der ISO-Norm 7960 mit einfluss.

Kuolt erarbeite ebenfalls Ansätze zur Lärminderung an Kreissägemaschinen. Um zu ermitteln, wie weit entsprechende Maßnahmen bereits umgesetzt sind, wurden im Rahmen des Projekts Untersuchungen zur Geräuschemission und Schallquellenortung an zerspanenden Holzbearbeitungsmaschinen eine Marktübersicht über Ein- und Mehrblattkreissägemaschinen durchgeführt /Kuo03/. In /Kuo06/ wurden an ausgewählten Maschinen Lärmquellen messtechnisch lokalisiert. Resümiert kann werden, dass für die Geräuschemission spanender Holzbearbeitungsmaschinen hauptsächlich der direkte Luftschall verantwortlich ist, der durch den Bearbeitungsprozess bzw. durch das Werkstück und das Werkzeug entsteht. Körperschallabstrahlung im Bereich von Maschinenverkleidungen spielt bei seinen Analysen demnach keine Rolle. Er leitet Maßnahmen zur Lärminderung an spanenden Holzbearbeitungsmaschinen ab. Dabei optimiert er unter anderem Werkzeugaufnahmen, analysiert Entkopplungsmaßnahmen anregender Bauteile von abstrahlenden Flächen und verbessert Absaug- und Schutzeinrichtungen hinsichtlich der Geräuschemission. Als weitere Maßnahmen werden unnötige Öffnungen mit schalldämmenden

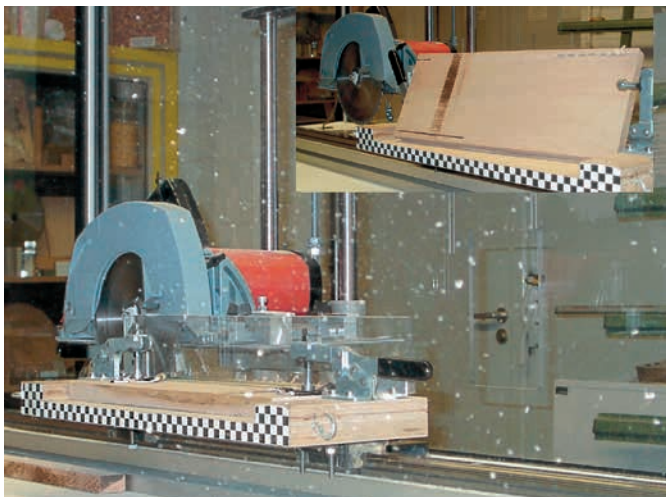


Abb. 5: Versuchsaufbau zur Untersuchung des Rückschlagverhaltens an Handkreissägen

Materialien verschlossen, flexible Lösungen zum Verschluss von Nutz-Öffnungen erarbeitet und dominante Lärmquellen durch Isolierung und Kapselung vermindert.

Ebenso wurde am Institut für Werkzeugmaschinen ein Verfahren entwickelt und untersucht, das zur wesentlichen Minderung des Schallpegels von rotierenden Werkzeugen durch Einsatz eines gerichteten Druckluftstrahls führt /SD12/. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden stationäre und transiente Simulationen mit ANSYS CFX von Kreissägeblättern und Hobelköpfen unter verschiedenen Randbedingungen durchgeführt /SD11/. Ergebnisse zeigen, wie eine zusätzlich über eine Düse eingefügte Luftmenge das Verhalten des Luftfeldes ändern kann. Die akustischen Simulationen mit FLUENT beweisen eine Auswirkung der Luftströmung auf den von einer Kreissäge erzeugten Schallleistungspegel. Der berechnete Spitzenwert der Schallleistung kann um 3 bis 4 dB reduziert werden. Die experimentelle Untersuchung des Lärminderungspotenzials der neuen Methode erfolgte auf einem Rotati-

onsprüfstand im Schallmessraum. Versuchsergebnisse bestätigen die durch die Simulation gewonnenen Erkenntnisse.

**Sicherheitstechnik** Als weiterem Themenkomplex widmete sich das Institut in wissenschaftlichen Untersuchungen und Projekten der Sicherheitstechnik von Kreissägemaschinen. Hierfür wurde eine Vorrichtung prototypisch umgesetzt, welche nach der Detektion einer Gefahrensituation das schnell drehende Kreissägewerkzeug in einer hinreichend kurzen Zeitspanne zum Stillstand bringt /Sch10/. Dazu wurde ein Bremssystem entwickelt, welches die Kreissägewerkzeuge je nach Durchmesser und Drehzahl innerhalb von 7 bis 38 Millisekunden zum Stillstand bringt. Mit entsprechender Messtechnik und Algorithmen zur Detektion der Gefahrensituation wurde ein praxistaugliches System, auch zur späteren Implementierung an bereits bestehenden Kreissägemaschinen, realisiert /Kie07/.

Weitere Veröffentlichungen publizierte das IfW zum Thema Vermeidung des Rückschlagverhaltens von Kreissägewerkzeugen. Dabei wurden durch experimentelle Analysen die Mechanismen des Rückschlagverhaltens handgeführter Kreissägen identifiziert und zwei grundlegende Wirkmechanismen aufgedeckt. Einerseits kommt es zu einem Rückschlag durch ein Einhaken des Sägeblattes im Werkstück, vorzugsweise im Gleichlauf oder beim Einsetzen der Handkreissägemaschine. Andererseits kann es zu einem Festklemmen des Kreissägeblattes infolge seitlicher Kräfte kommen. Besonders schnell rotierende und leichte Handkreissägemaschinen reagieren bei nicht vorhandenem Spaltkeil sehr heftig auf einen Rückschlag, wodurch die Unfallgefahr dramatisch ansteigt.

Im Rahmen der Arbeiten wurden zwei Konzepte zur Vermeidung entwickelt, wobei der erste Ansatz die Entwicklung einer schnell auslösenden Schaltkupplung und die zweite Komponente des Sicherheitskonzeptes der Einsatz von rückschlagarmen Kreissägewerkzeuggeometrien darstellt. Durch die Realisierung dieser Maßnahmen konnte die Rückschlagneigung von Kreissägewerkzeugen drastisch verringert werden /Hei98b-d, Hei99b, Hei99d, Ste05, Bic05, Hei03. In /Hei91/ wird die bei Handkreissägen generierte Staub- und Späneemission analysiert.

Die vollständigen Veröffentlichungen und Berichte der im Rahmen des Artikels erwähnten Literaturstellen können bei Interesse über das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW) bezogen werden. Unter [www.hob-magazin.com](http://www.hob-magazin.com) finden Sie eine ausführliche Fassung dieses Berichtes.

► [www.ifw.uni-stuttgart.de](http://www.ifw.uni-stuttgart.de)

► [www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

## Stuttgarter Kompetenzzentrum Sägen

**SÄGEN**  
KOMPETENZZENTRUM  
STUTTGART

Durch die zuvor dargestellten Forschungsaktivitäten wurden u. a. in enger Kooperation mit Industriepartnern wissenschaftlich fundierte

Erkenntnisse erarbeitet, die zu einer nachweislichen Fortentwicklung des Sägeprozesses, der Sägemaschinen und der Sägewerkzeuge führten. Das Stuttgarter Kompetenzzentrum Sägen ist ein kompetenter Partner für die Analyse und die Optimierung der dynamischen, statischen, thermischen, akustischen und zerspanungstechnologischen Eigenschaften von Sägemaschinen, -werkzeugen und -prozessen.