

1. Einleitung und Motivation

Holz ist ein Werkstoff, den die Menschheit seit Jahrtausenden zur Herstellung von Werkzeugen und Erschaffung von Wohnraum einsetzt. Eben solange arbeitet die Menschheit an der Weiterentwicklung von Werkzeugen, um die Holzverarbeitung effizienter zu gestalten. [FIN87, S. 10] [EG04, S. 5]

Auch in der Gegenwart hat das Holz seine Bedeutung nicht verloren und erfreut sich durch seine Nachhaltigkeit und vielseitige Anwendbarkeit hoher Beliebtheit. Die Entwicklung von Werkzeugen zur Verarbeitung von Holz hat mit Beginn der industriellen Entwicklung Ende des 18. Jahrhunderts eine neue Effizienz erreicht, die bis dato unvorstellbar war. Die Prozesse wurden zunehmend standardisiert, industrialisiert und haben sich mit der Globalisierung im 20. Jahrhundert über die gesamte Welt verteilt. Dies führte dazu, dass u. a. holzverarbeitende Unternehmen mit internationalem Wettbewerb und zunehmendem Preisdruck konfrontiert werden. [Deu19] Die Leistungssteigerung bestehender Verarbeitungsprozesse ist für betreffende Unternehmen ein geeignetes Optimierungspotential, um mit bestehender Anlagentechnik mehr Holz pro Zeiteinheit zu verarbeiten und dem Preisdruck zu begegnen. Ein weiteres Optimierungspotential ist die Reduzierung der Schnittfugenbreite im Sägeprozess, sodass der Anteil an Sägespänen und -mehl reduziert und die Wirtschaftlichkeit der Holzverarbeitungsprozesse gesteigert wird.¹ Die beschriebenen Optimierungspotentiale können durch die Reduzierung der Schnittkräfte am Sägezahn realisiert werden, sodass zum einen ein höheres Zeitspanvolumen und zum anderen eine Reduzierung der Sägeblattstärke erreicht werden.² [Bun2020] [FIS89, S. 130] [FIS96, S. 65] [FRO06, S. 125-131] [Kiv50, S. 63-66] [PAH66, S. 591]

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Untersuchungen [Kiv50], [KOL55], [PAH66], [TRO90], [SIT97], [KM09], [GOW10a] durchgeführt, um Schneidengeometrien zur Holzbearbeitung zu verbessern und auftretende Schnittkräfte zu reduzieren. Hierbei wurden u. a. auch Insekten als biologische Vorbilder und Impulsgeber untersucht, um deren evolutionäre Entwicklung zu nutzen und geeignete Schneidengeometrien zu identifizieren, zu abstrahieren und zu adaptieren.³ Diese Untersuchungen eint, dass die Kinematik der biologischen Vorbilder zweidimensional betrachtet und auf Werkzeuge übertragen wurde. Die Abstraktion und Adaption (kurz Übertragung) ausgewählter Strukturen erfolgte nicht dreidimensional, sodass vorhandenes Potential der Schneidenstrukturen biologischer Vorbilder nicht vollständig übertragen wurde und somit ungenutzt blieb.⁴

Vor dem beschriebenen Hintergrund werden in der folgenden Arbeit biologische Strukturen von Insekten auf Sägezähne zur Holzbearbeitung übertragen. Dies umfasst die dreidimensionale Untersuchung und Beschreibung der Analogie zu einem Sägezahn sowie darauf aufbauend die Vermessung, die Abstraktion sowie die Adaption identifizierter Geometrielemente auf Sägezähne zur Holzbearbeitung. Die adaptierten Schneidengeometrien werden im Labormaßstab mittels empirischer Zerspanversuche untersucht und die Effizienz zur Reduzierung der Schnittkraft bei der Sägebearbeitung im Vergleich zu einem Referenzsägezahn bestimmt. Abschließend erfolgt die Validierung ausgewählter Schneidengeometrien in einem industriellen Holzverarbeitungsprozess.

In Deutschland werden überwiegend vier Holzarten geschlagen und verarbeitet, wobei Fichtenholz in den vergangenen Jahren den größten Anteil einnimmt, siehe Abbildung 1. Um dies zu berücksichtigen, erfolgt

¹ Weitere Zielgrößen zur Optimierung der spanenden Bearbeitung von Holz sind u.a. *Fischer* [FIS89, S. 127] zu entnehmen.

² Ergänzend wird auf *Fronius* [FRO06] verwiesen, der in seiner Dissertation u. a. Effekte zur Kosteneinsparung durch die Reduzierung der Schnittbreite untersucht hat.

³ Der Trend zur Verwendung biologischer Vorbilder zur Inspiration in Wissenschaft und Forschung kann dem Anhang 14.1 entnommen werden. Hier ist der Anstieg wissenschaftlicher Publikationen im Themenfeld der *Bionik* in den vergangenen 70 Jahren dargestellt.

⁴ Die Auflistung der Untersuchungen ist Tabelle 2 zu entnehmen, die Detailbeschreibung dem Unterabschnitt 2.4.2.

die Eingrenzung zur Auswahl biologischer Vorbilder sowie die Auswahl eines Referenzsägezahns zur Generierung von Vergleichswerten auf Fichten- bzw. Weichholz.

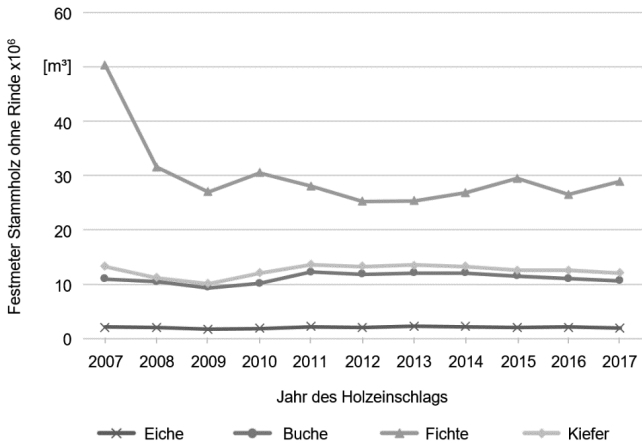


Abbildung 1: Holzeinschlag in Deutschland nach Holzart und Festmeter [Bun17]

Vor genanntem Hintergrund und Motivation wird zu Beginn der vorliegenden Arbeit im Kapitel 2 der Stand der Erkenntnisse beschrieben. Nach der Einführung in die werkstoffphysikalischen Eigenschaften von Holz folgen die Grundlagen der Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide, welche anschließend auf die spanende Bearbeitung von Holz vertieft werden. Unter Berücksichtigung biologischer Vorbilder zur Abstraktion werden das Themenfeld der *Bionik* detailliert vorgestellt und bisherige Untersuchungen beschrieben. Darauf aufbauend erfolgt im Kapitel 3 die Zusammenfassung der Ausgangssituation, die Identifikation der Forschungslücke und die Beschreibung der Zielsetzung. Anschließend wird die gewählte Vorgehensweise vorgestellt und erforderliche Arbeitsinhalte zur Zielerreichung skizziert.