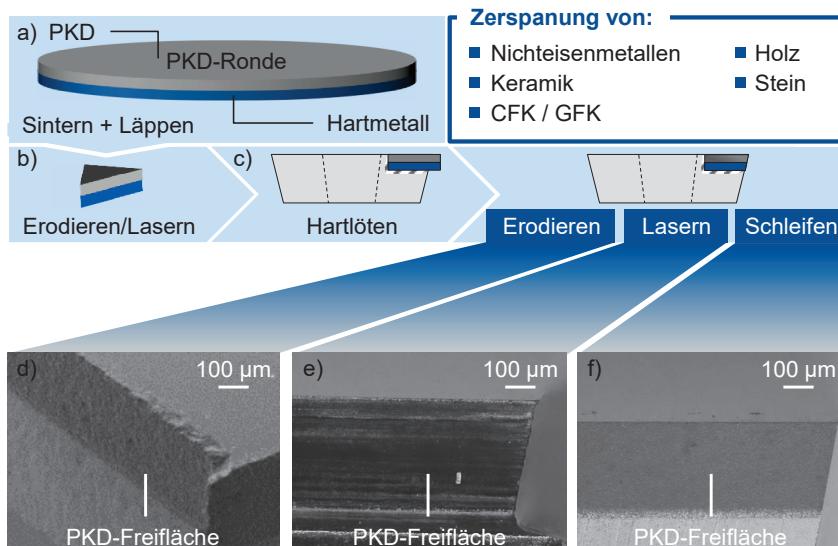


# 1 Einleitung

Diamant ist das härteste bekannte Mineral [MOHS22]. Seine Härte ermöglicht eine vielfältige Verwendung im Bereich der Werkzeugtechnik [FRIE02]. Bereits ca. 3000 v. Chr. verwendeten Ägypter Rohdiamanten als Werkzeug zum Bohren von Gestein [HEIL75]. Für eine Schleifbearbeitung von Gestein wurde Diamantpulver erstmals im 6 Jh. n. Chr. eingesetzt [SCHR31]. Seitdem hat Diamant als Werkzeug für die spanende Fertigung an Bedeutung gewonnen [HEAT11]. Dies ist unter anderem auf die Entwicklung von Verfahren zur Herstellung synthetischer monokristalliner Diamanten im Jahr 1955 durch die Firmen GENERAL ELECTRIC (USA), ASEA (Schweden) und das INSTITUTE FOR HIGH-PRESSURE PHYSICS in der Sowjetunion zurückzuführen [NEUH57].

Im Jahr 1973 wurden erstmals Werkzeuge aus polykristallinem Diamant (PKD) für die Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide vorgestellt [WIDM13]. PKD wird aufgrund seiner hohen Verschleißresistenz als Schneidstoff für eine wirtschaftliche Bearbeitung von siliziumhaltigen Aluminiumlegierungen [GERS81], Titan-Aluminiumlegierungen [UHLM06], Keramiken [SPUR89] sowie Keramikkompositwerkstoffen [PETZ05], faserverstärkten Kunststoffen [BECK11], Holz [LACH81] und Stein [SCHW15] eingesetzt.

Die Herstellung eines Zerspanwerkzeuges mit einer Schneide aus PKD wird in **Bild 1.1** anhand einer Wendeschneidplatte veranschaulicht.



**Bild 1.1:** Herstellung einer PKD-Wendeschneidplatte in Anlehnung an SCHINDLER [SCHI15]

Production of a PCD-indexable-insert following to SCHINDLER [SCHI15]

Zunächst wird in einem Hochdruck-Hochtemperatur-Sinterprozess eine Schicht aus polykristallinem Diamant auf einem rondenförmigen Hartmetallsubstrat erzeugt [BOEM89]. Die Oberfläche des polykristallinen Diamanten wird im Anschluss mittels Läppen feinstbearbeitet (Bild 1.1, a)) [LACH97]. Darauf folgend werden einzelne Schneideinsätze aus der Ronde mittels Erodieren [TSOP02] oder Lasern [ZHAN02] herausgetrennt (Bild 1.1, b)). Anschließend erfolgt ein Fügen der Schneideinsätze mit einem Hartmetallgrundkörper durch Hartlöten (Bild 1.1, c)). Nach dem Fügeprozess ist eine Weiterverarbeitung zur Erzeugung der gewünschten Schneidkantengeometrie erforderlich [SPUR88]. Die hierfür etablierten Fertigungsverfahren sind Schleifen (Bild 1.1, f)) [KENT90], Erodieren (Bild 1.1, d)) [ANTO10] und Laserbearbeitung (Bild 1.1, e)) [JENN03]. Ferner ist eine Kombination der zuvor genannten Fertigungsverfahren für eine wirtschaftliche Fertigung von PKD-Werkzeugen möglich [SCHI15]. In den vergangenen Jahren hat ein zunehmendes Prozessverständnis und eine stetige Weiterentwicklung der Anlagentechnik zu einem vermehrten Einsatz von Erosions- und Laserverfahren bei der Herstellung von PKD-Werkzeugen geführt [HENE13]. Dennoch ist das Schleifen von polykristallinem Diamant besonders für die Endbearbeitung in der Industrie weit verbreitet. Dies ist im Wesentlichen darauf zurück zu führen, dass hohe Anforderungen an die Schneidkanten- und die Oberflächengüte sowie eine geringe thermische Randzonenbeeinflussung des Schneidstoffes eine Schlichtbearbeitung mittels Schleifen erfordern [SCHI15]. Das Schleifen von polykristallinem Diamant ist aufgrund seiner hohen Härte eine Herausforderung. Den zuvor genannten technologischen Vorteilen einer Schleifbearbeitung von PKD stehen geringe Zerspanraten und ein hoher Schleifwerkzeugverschleiß gegenüber [KENT90]. Hieraus resultieren hohe Herstellungskosten, sodass ein Einsatz von PKD als Schneidstoff für viele Anwendungen nicht wirtschaftlich ist [MICH03]. Eine Steigerung der Effizienz des Schleifprozesses ermöglicht eine Reduktion der Herstellungskosten und trägt zu einer weiteren Verbreitung von PKD als Schneidstoff am Markt bei. Hierzu ist ein allgemein zugängliches Prozessverständnis erforderlich. [SCHI15]

KENTER und SCHINDLER untersuchten die Schleifbearbeitung von polykristallinem Diamant. Ihr Ziel war es, ein Prozessverständnis zu schaffen, um den Schleifprozess wissensbasiert auszulegen, sodass unter Gewährleistung einer geforderten Oberflächenqualität der Schleifwerkzeugverschleiß reduziert und die Zerspanrate maximiert werden. KENTER entwickelte eine Methodik für eine effiziente Schleifbearbeitung von PKD durch eine Regelung der Anpresskraft im Schleifprozess [KENT90]. Ferner analysierte KENTER die Schleifscheibenverschleißmechanismen von metallisch gebundenen Diamantschleifscheiben. Die Kenntnis der Verschleißmechanismen von heutzutage überwiegend für das PKD-Schleifen eingesetzten Diamantschleifscheiben mit keramischer Bindung ist jedoch lückenhaft. SCHINDLER leistete einen Beitrag zum Prozessverständnis beim werkzeugbahngesteuerten Schleifen von PKD in Form eines Erklärungsmodells für die Zerspanungsmechanismen beim Schleifen der PKD-Spezifikation CTB010 vom Hersteller ELEMENT SIX. Ferner identifizierte SCHINDLER die Prozessgrenzen für die Schleifbearbeitung dieser PKD-Spezifikation [SCHI15]. Eine Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf die Schleifbearbeitung weiterer PKD-Spezifikationen wurde bisher

---

nicht erforscht. Zudem existieren keine allgemeingültigen Modelle, die die Zusammenhänge zwischen den Prozesseingangsgrößen und den Prozesszustandsgrößen für das PKD-Schleifen quantitativ abbilden. Somit ist eine Vorhersage des Prozessergebnisses beim PKD-Schleifen anhand der existierenden Modelle nur bedingt möglich.

Diese Dissertation liefert einen Beitrag zur Schließung dieser Wissenslücke mit Hilfe einer Betrachtung des tribologischen Systems beim PKD-Schleifen. Gegenstand der Arbeit ist die Entwicklung eines empirisch-analytischen Modells, das in Verbindung mit einer Finite-Elemente-Simulation eine Vorhersage der Prozesskraft und der Prozesstemperatur in Abhängigkeit von den tribologischen Eingangsgrößen Normalkraft und Relativgeschwindigkeit beim Schleifen unterschiedlicher PKD-Spezifikationen ermöglicht. Die gewonnenen Erkenntnisse über die Prozesskraft und die Prozesstemperatur liefern die Grundlage für ein Erklärungsmodell für die Zerspanungsmechanismen und die Schleifscheibenverschleißmechanismen bei der PKD-Schleifbearbeitung. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für eine wirtschaftliche PKD-Schleifprozessauslegung abgeleitet.