

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-05-87
Datum der Einreichung: 27.02.2026
Datum der Annahme: 20.04.2026
Datum der Veröffentlichung: 24.06.2026

Spanlose Oberflächenschlichtbearbeitung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen

Glattdrücken als wirtschaftliche Finishingstrategie

E. Uhlmann, J. Polte, T. Hocke, C. Lahoda

ZUSAMMENFASSUNG Diese Arbeit analysiert die prozessseitigen Einflussgrößen beim Glattdrücken mit monokristallinen Diamantsphären der Aluminiumlegierung EN AW-5083 zur gezielten Optimierung der Oberflächeneigenschaften. Im untersuchten Parameterbereich konnte die Eingriffsbreite a_g als maßgebliche Einflussgröße identifiziert werden, während Vorschubgeschwindigkeit v_f und Zustelltiefe a_z einen untergeordneten Einfluss aufwiesen. Der arithmetische Mittenrauwert konnte insgesamt um mehr als 80 % auf $R_a = 14 \text{ nm}$ reduziert werden.

STICHWÖRTER

Oberflächentechnik, Aluminium, Umformtechnik

Economical surface finishing using diamond slide burnishing

ABSTRACT This article examines the influence of key process parameters on surface finishing during diamond slide burnishing of the aluminum alloy EN AW-5083. The engagement width a_g proved to be the dominant influencing factor, while feed velocity v_f and penetration depth a_p showed only a minor influence in the investigated parameter range. Overall, the surface roughness was reduced by over 80 % to $R_a = 14 \text{ nm}$ compared to the pre-milled initial state.

1 Einleitung

Die steigenden Anforderungen an die Oberflächenqualität metallischer Bauteile sind für eine Vielzahl an Branchen eine zentrale technologische Herausforderung. Ein Beispiel ist der Einsatz der Aluminiumlegierung EN AW-5083, welche aufgrund ihrer Kombination aus moderater Festigkeit im umgeformten Zustand sowie gesteigerter Korrosionsbeständigkeit unter anderem für die Fertigung von Beleuchtungskomponenten etabliert ist. Typische Anwendungen umfassen etwa Diffusorgeometrien, wobei geringe Oberflächenrauheitskennwerte mit arithmetischen Mittenrauwerten von $R_a \leq 20 \text{ nm}$ angestrebt werden [1, 2]. Die Erzeugung derartiger Oberflächen durch hochpräzise spanende Fertigungsverfahren ist aber aufgrund der Spanbildungsmechanismen sowie der Prozess- und Maschinencharakteristika erheblich limitiert. Die theoretische Oberflächenrauheit R_{th} sowie die resultierende reale Oberflächenrauheit werden maßgeblich durch den Zahnvorschub f_z , die Werkzeuggeometrie sowie die verwendete Werkzeugmaschine bestimmt, sodass zur Erreichung niedriger Oberflächenrauheitskennwerte geringe Zahnvorschübe f_z nötig sind. Dies führt zu erheblich verlängerten Bearbeitungszeiten t_B und einer verminderten Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses [3].

Als Finishingstrategie für technische Oberflächen mit geringen Oberflächenrauheitskennwerten haben sich Umformprozesse, wie das Glattwalzen und das Glattdrücken etabliert, bei denen die Reduzierung der Oberflächenrauheit durch eine plastische Umformung der oberflächennahen Rauheitsspitzen erfolgt [4, 5]. Beim Glattwalzen wird ein abrollender Wälzkörper eingesetzt, wodurch

ein Wälzreibungszustand vorliegt. Demgegenüber basiert das Glattdrücken auf dem Gleiten eines fixierten Werkzeugs entlang der Werkstückoberfläche, sodass ein Gleitreibungszustand vorherrscht. Nach DIN 8583-5 [6] ist das Glattdrücken als „Eindrücken mit Gleiten“ klassifiziert. Die dabei notwendige Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche kann umlaufend in Form einer rotatorischen Kinematik, zum Beispiel durch Werkstückrotation beim Drehen oder geradlinig durch eine translatorische Kinematik, etwa durch die Vorschubbewegung auf Fräsmaschinen erzeugt werden [6]. In der Literatur wird der Begriff „burnishing“ dabei nicht einheitlich verwendet, weshalb eine klare begriffliche und verfahrenstechnische Abgrenzung zwischen Glattwalzen und Glattdrücken erforderlich ist [7].

Für das Glattwalzen werden üblicherweise Hartkörper aus Hartmetallen oder keramischen Werkstoffen eingesetzt. Aufgrund der vergleichsweise hohen Oberflächenrauheit dieser Hartkörper sind die erzielbaren Oberflächenrauheitskennwerte der bearbeiteten Bauteile erheblich limitiert [8]. Eine Herstellung von Oberflächen mit arithmetischen Mittenrauwerten von $R_a \leq 20 \text{ nm}$ ist mit diesen Werkzeugwerkstoffen nicht möglich, da die Oberflächenstrukturen der Hartkörper die erreichbare Oberflächenqualität der Bauteile begrenzen [9].

Dagegen bieten superharte Schneidstoffe, wie der monokristalline Diamant ein deutlich erweitertes Potenzial für das Glattdrücken [10]. Insbesondere die Möglichkeit, Glattdrückkörper mit Sphären aus monokristallinem Diamanten und arithmetischen Mittenrauwerten R_a im Nanometerbereich herzustellen, eröffnet neue Anwendungsfelder in der hochpräzisen Oberflächenbearbeitung [1, 2].

Werkzeug:
Diamantglättwerkzeug
 $r_K = 2 \text{ mm}$

Messgerät:
MiniDyn 9256B1
KISTLER INSTRUMENTE AG

Werkstückwerkstoff:
Aluminium EN AW-5083

Messparameter:
 $f = 10.000 \text{ Hz}$

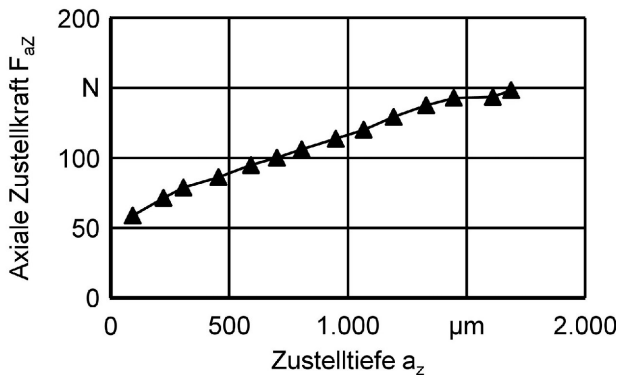


Bild 1 Weg-Kraft-Verläufe des Dämpferelements für den Werkstückwerkstoff in Form der Aluminiumlegierung EN AW-5083. Grafik: TU Berlin

Für Anwendungen mit translatorischer Werkstückbewegung auf Fräsmaschinen liegen bislang nur begrenzte wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse vor [11, 12]. In rotatorischen Glattdruckprozessen wird die Relativbewegung durch die Rotation des Werkstücks erzeugt. Demgegenüber erfolgt beim translatorischen Glattdrücken die Relativbewegung ausschließlich über lineare Achsbewegungen der Werkzeugmaschine. Die hieraus resultierenden Unterschiede in Kontaktzeitverteilung, Bahnüberlagerung und dynamischem Systemverhalten führen dazu, dass Erkenntnisse aus rotatorischen Prozessen nicht unmittelbar auf translatorische Anwendungen übertragen werden können [13]. Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es daher, den Einfluss der relevanten Prozessparameter auf die resultierenden Oberflächenrauheitskennwerte systematisch zu untersuchen.

2 Experimenteller Aufbau und Versuchsdurchführung

Die experimentellen Untersuchungen zum Glattdrücken mit Sphären aus monokristallinen Diamanten mit translatorischer Werkstückbewegung wurden auf der 5-Achs-Hochpräzisionsfräsmaschine des Typs "PFM 4024-5D" der Firma Primacon GmbH durchgeführt. Als Werkzeug kamen Diamantglättwerkzeuge mit sphärisch ausgeprägtem Glättkörper mit einem Sphärenradius $r_s = 2 \text{ mm}$ aus monokristallinem Diamanten der Firma Mössner GmbH zum Einsatz. Das Werkzeug wurde ohne Rotation betrieben und war mit einem Dämpferelement ausgestattet, um die axiale Zustellkraft F_a gezielt einstellen und begrenzen zu können.

Zur Vermeidung einer Überlastung der Frässpindel wurde vor den eigentlichen Glattdruckversuchen ein Versuchsstand zur Ermittlung der Weg-Kraft-Verläufe des eingesetzten Dämpferelements entwickelt. Hierbei wurde das Diamantglättwerkzeug in einer axial gleitgelagerten Vorrichtung eingespannt und über eine definierte Zustellbewegung auf den Werkstückwerkstoff gedrückt. Durch diese Vorgehensweise konnten die Zustelltiefe a_z und die resultierende axiale Zustellkraft F_a einander eindeutig zugeordnet werden. Zur experimentellen Ermittlung der axialen Zustellkräfte F_a kam das 3-Komponenten-Dynamometer "Minidyn 9256B1" der Firma Kistler Instrumente AG zum Einsatz. Die damit ermittelten axialen Zustellkräfte F_{az} in Abhängigkeit der Zustelltiefe a_z sind in **Bild 1** dargestellt.

2.1 Versuchswerkstoff und Probenvorbereitung

Alle experimentellen Untersuchungen wurden an ebenen Versuchswerkstücken aus der Aluminiumlegierung des Typs „EN AW-5083“ durchgeführt. Zur Sicherstellung eines reproduzierbaren Ausgangszustands wurden alle Werkstücke vor dem Glattdruckprozess durch Fräsen spanend vorbearbeitet. Die Fräsbearbeitung erfolgte mit Vollhartmetall-Schaftfräsern mit einem Werkzeugdurchmesser von $d_w = 5 \text{ mm}$ und einer Schneidenanzahl von $z = 2$. Zusätzlich wurden zwei verschiedene Prozessparametersätze für die Fräsbearbeitung mit einer Schnittgeschwindigkeit von $v_c = 250 \text{ m/min}$, einer seitlichen Zustellung von $a_e = 800 \text{ µm}$ sowie einer Schnitttiefe von $a_p = 0,05 \text{ mm}$ verwendet. Insgesamt kamen für die Oberflächenvorbereitung zwei verschiedene Zerspanungsparametersätze mit einem Zahnvorschub von $f_z = 0,10 \text{ mm}$ sowie $f_z = 0,20 \text{ mm}$ zum Einsatz. Die vorgefrästen Oberflächen wiesen durch diese Vorbereitung reproduzierbare und definierte Oberflächenrauheitskennwerte mit den in der **Tabelle** dargestellten Oberflächenrauheitskennwerten R_a und R_z auf.

2.2 Prozessparameter und Versuchsplanung

Die Versuchsplanung erfolgte nach dem „One Factor At a Time“ (OFAT)-Prinzip, sodass jeweils ein Parameter variiert wurde, während die übrigen Parameter konstant gehalten wurden. Betrachtet wurden die drei zentralen Prozessparameter Eingriffsbreite a_e , Vorschubgeschwindigkeit v_f sowie die Zustelltiefe a_z . Die Eingriffsbreite wurde auf Grundlage der theoretischen kinematischen Oberflächenrauheit R_{th} abgeleitet und im Bereich von $4,0 \text{ µm} \leq a_e \leq 35,8 \text{ µm}$ variiert. Die Vorschubgeschwindigkeit wurde in einem Bereich von $200 \text{ mm/min} \leq v_f \leq 2000 \text{ mm/min}$ sowie die Zustelltiefe in einem Bereich von $2,5 \text{ µm} \leq a_z \leq 40,0 \text{ µm}$ variiert. Bei der Wahl der Prozessparameter wurde sich an üblichen Parametersätzen für die Schlichtbearbeitung von Aluminiumwerkstoffen orientiert, sodass eine gute Vergleichbarkeit des Glattdrückens als Ersatz für bestehende Schlichtoperationen ge-

Tabelle Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z in Abhängigkeit der Fräsparameter.

Oberflächenrauheitskennwerte	Zahnvorschub f_z in mm	
	0,100	0,200
Arithmetischer Mittenrauwert R_a in µm	0,067	0,077
Gemittelte Rautiefe R_z in µm	0,254	0,336

zeigt werden konnte. Die Spindeldrehzahl betrug bei allen Versuchen $n = 0,1$ /min. Die Versuchsplanung erfolgte teilfaktoriell jeweils unter Variation eines Prozessparameters, während alle weiteren eingesetzten Prozessparameter konstant gehalten wurden. Auf diese Weise konnten die Einflüsse der einzelnen Prozessparameter auf die erreichbaren Oberflächenrauheitskennwerte in Form des arithmetischen Mittenrauwerths R_a sowie der gemittelten Rautiefe R_z isoliert untersucht werden.

Die Bestimmung der Oberflächenrauheitskennwerte erfolgte nach Abschluss des Glattdruckprozesses entsprechend der Norm DIN EN ISO 21920-2 [14] mit einem Weißlichtinterferometer des Typs "NewView 5010" der Firma ZygoLOT GmbH. Das Messsystem verfügte dabei über eine vertikale Auflösung von $a_h = 0,1$ nm. Die Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z wurden aus den gemessenen Oberflächenprofilen ermittelt. Zur Reduktion lokaler Streuungen wurden jeweils drei Messungen innerhalb der geglätteten Fläche A_G durchgeführt und gemittelt. Zusätzlich wurden alle Parametereinstellungen an unterschiedlichen Stellen des Bauteils an jeweils drei Stellen durchgeführt, sodass sich für jede Versuchseinstellung jeweils 9 Messpunkte ergaben.

3 Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Einfluss der Eingriffsbreite auf die Oberflächenausbildung beim Glattdruckprozess

Zur Untersuchung des Einflusses der Eingriffsbreite a_e auf die Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z wurde beim Glattdrücken der Versuchswerkstücke aus der Aluminiumlegierung EN AW-5083 für den verwendeten Zahnvorschub von $f_z = 10 \mu\text{m}$ eine konstante Zustelltiefe von $a_z = 10 \mu\text{m}$ und für den Zahnvorschub von $f_z = 20 \mu\text{m}$ eine konstante Zustelltiefe von $a_z = 20 \mu\text{m}$ verwendet. Die Vorschubgeschwindigkeit betrug für alle Versuche $v_f = 200$ mm/min. Die Prozessparameter wurden entsprechend der theoretischen kinematischen Oberflächenrauheit im Bereich von Eingriffsbreiten zwischen $4,0 \mu\text{m} \leq a_e \leq 35,8 \mu\text{m}$ variiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in **Bild 2** dargestellt.

Die Ergebnisse der Oberflächenrauheitsmessungen zeigen, dass sowohl der arithmetische Mittenrauwert R_a als auch die gemittelte Rautiefe R_z durch das Glattdrücken gegenüber dem vorgefrästen Ausgangszustand signifikant reduziert werden konnten. Die Entwicklung der Oberflächenrauheitskennwerte in Abhängigkeit der Eingriffsbreite a_e wies dabei einen nichtlinearen Verlauf auf.

Bis zu einer Eingriffsbreite $a_e = 17,9 \mu\text{m}$ war zunächst eine Verringerung der Oberflächenrauheitskennwerte zu beobachten. Mit zunehmender Eingriffsbreite a_e nahm der Überdeckungsgrad der Glattbahnen ab, wodurch die Frässtruktur der Vorbearbeitung partiell erhalten blieb. Infolgedessen stiegen die Oberflächenrauheitskennwerte ab einer Eingriffsbreite $a_e = 31,0 \mu\text{m}$ wieder an. Für die mittleren Eingriffsbreiten von $17,9 \mu\text{m} \leq a_e \leq 31,0 \mu\text{m}$ wurde somit ein Minimum der Oberflächenrauheitskennwerte erreicht, wobei arithmetische Mittenrauwerte von $R_a = 14$ nm realisiert werden konnten. Bei kleineren Eingriffsbreiten a_e kam es zu einem deutlichen Anstieg der Oberflächenrauheitskennwerte. In diesem Fall führte das mehrmalige Übergleiten zu einer verstärkten plastischen Materialverdrängung. Die dadurch entstehenden lokalen Materialaufhäufungen wirkten sich unmittelbar auf die gemessenen Oberflächenrauheitskennwerte aus. Die Ergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der Eingriffsbreite a_e verdeutlichen, dass die Eingriffsbreite a_e beim Diamantglätten mit trans-

Werkzeug:	Vorfräsparameter:
Diamantglättwerkzeug	$f_{v_c} = 250,00$ m/min
$r_k = 2$ mm	$v_{f1} = 2.652,00$ mm/min
Werkstückwerkstoff:	$v_{f2} = 5.305,00$ mm/min
Aluminium EN AW-5083	$f_{z1} = 0,10$ mm
	$f_{z2} = 0,20$ mm
Prozessparameter:	$a_e = 800,00$ μm
$v_f = 200$ mm/min	$a_p = 0,05$ mm
$n = 0,1$ /min	

▲ Ausgangsrauheit 1: $R_a = 67$ nm, $R_z = 253$ nm

□ Ausgangsrauheit 2: $R_a = 77$ nm, $R_z = 336$ nm

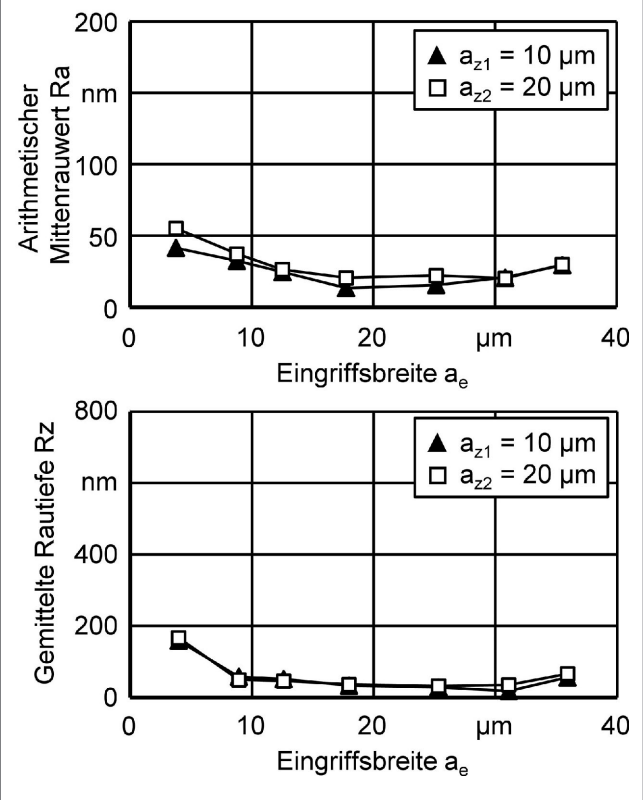


Bild 2 Arithmetischer Mittenrauwert R_a und gemittelte Rautiefe R_z des Werkstücks aus der Aluminiumlegierung EN AW-5083 in Abhängigkeit der Eingriffsbreite a_e . Grafik: TU Berlin

latorischer Werkstückbewegung einen maßgeblichen Einfluss auf die erreichbare Oberflächenqualität besitzt. Insgesamt zeigte sich eine im betrachteten Prozessparameterbereich optimale Bearbeitung bei mittleren Eingriffsbreiten a_e , was die Eignung als wirtschaftliche Schlichttechnologie für hochpräzise gefräste Oberflächen unterstreicht.

3.2 Einfluss der Vorschubgeschwindigkeit auf die Oberflächenausbildung beim Glattdruckprozess

Zur Analyse des Einflusses der Vorschubgeschwindigkeit v_f auf die resultierenden Oberflächenrauheitskennwerte wurde bei der Versuchsdurchführung eine konstante Eingriffsbreite von $a_e = 12,6 \mu\text{m}$ verwendet. Die Vorschubgeschwindigkeit wurde im Bereich von 200 mm/min $\leq v_f \leq 2000$ mm/min systematisch variiert. Die Ergebnisse der Variation der Vorschubgeschwindigkeit v_f sind in **Bild 3** dargestellt.

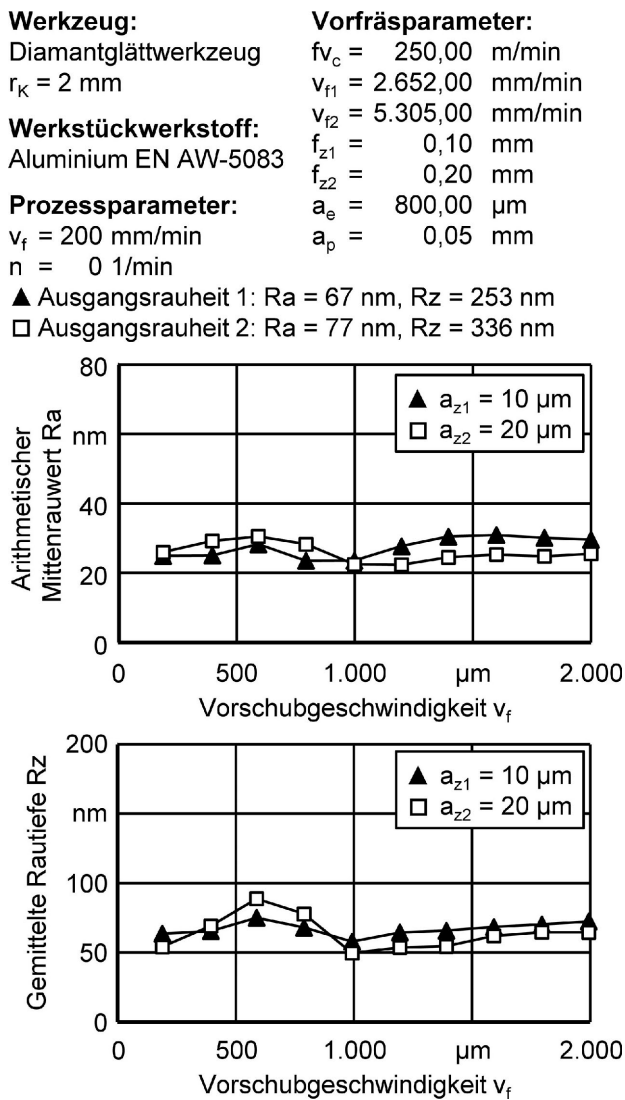


Bild 3 Arithmetischer Mittenrauwert R_a und gemittelte Rautiefe R_z des Werkstücks aus der Aluminiumlegierung EN AW-5083 in Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit v_f . Grafik: TU Berlin

Die Ergebnisse der Oberflächenrauheitsmessungen zeigen, dass sowohl der arithmetische Mittenrauwert R_a als auch die gemittelte Rautiefe R_z durch das Glattdrücken signifikant für alle untersuchten Vorschubgeschwindigkeiten v_f gegenüber dem gefrästen Ausgangszustand um etwa 70 % reduziert werden konnten. Bei einer mittleren Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 1000 \text{ mm/min}$ konnte so ein arithmetischer Mittenrauwert von $R_a = 21 \text{ nm}$ erzielt werden.

Im Gegensatz zur Variation der Eingriffsbreite a_e war für die Variation der Vorschubgeschwindigkeit v_f ein konstanter Verlauf der Oberflächenrauheitskennwerte feststellbar. Die weitgehend konstanten Oberflächenrauheitskennwerte bei höheren Vorschubgeschwindigkeiten v_f lassen darauf schließen, dass im untersuchten Parameterbereich die zur plastischen Umformung der Oberflächenrauheitsspitzen erforderliche Kontaktzeit t_K zwischen Werkzeug und Werkstück ausreichend ist, um eine effektive Glättung zu erzielen. Gleichzeitig deutet das Ergebnis darauf hin, dass das Glattdrücken mit monokristallinen Diamantsphären mit translatorischer Werkstückbewegung auch bei vergleichsweise

hohen Vorschubgeschwindigkeiten v_f prozessstabil durchgeführt werden kann, ohne dass eine signifikante Verringerung der Oberflächenqualität auftritt.

3.3 Einfluss der Zustelltiefe auf die Oberflächenentwicklung beim Glattdrückprozess

Zur Untersuchung des Einflusses der Zustelltiefe a_z auf die resultierenden Oberflächenrauheitskennwerte wurde das Glattdrücken unter gleichbleibender Eingriffsbreite von $a_e = 17,9 \text{ }\mu\text{m}$ sowie konstanter Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 1000 \text{ mm/min}$ durchgeführt. Die Auswahl dieser Prozessparameter basierte auf den vorangegangenen Untersuchungen zum Einfluss der Eingriffsbreite a_e und der Vorschubgeschwindigkeit v_f . In der Variation der Eingriffsbreite wurde für $a_e = 17,9 \text{ }\mu\text{m}$ ein Minimum der Oberflächenrauheitskennwerte ermittelt, wodurch dieser Wert im untersuchten Prozessparameterbereich als geeignet identifiziert wurde. Gleichzeitig zeigte die Variation der Vorschubgeschwindigkeit v_f , dass im untersuchten Bereich nur geringe Änderungen der Oberflächenrauheitskennwerte auftreten und somit eine Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit v_f unter Beibehaltung einer prozesssicheren Bearbeitung möglich ist. Vor diesem Hintergrund wurde die Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 1000 \text{ mm/min}$ gewählt, um die Untersuchungen zur Zustelltiefe a_z bei gleichzeitig wirtschaftlicher Prozessführung durch reduzierte Bearbeitungszeiten t_B durchzuführen. Die Zustelltiefe des Glattdruckwerkzeugs wurde im Bereich von $2,5 \text{ }\mu\text{m} \leq a_z \leq 40,0 \text{ }\mu\text{m}$ variiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in **Bild 4** dargestellt.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Zustelltiefe a_z innerhalb des untersuchten Parameterbereichs und für die betrachtete Aluminiumlegierung EN AW-5083 mit definierter Oberflächenrauheit im Ausgangszustand einen begrenzten Einfluss auf die erreichbaren Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z besitzt. Bereits moderate Zustelltiefen a_z führten unter den gewählten Randbedingungen zu einer signifikanten Reduktion der Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z . Dies deutet darauf hin, dass die zur plastischen Einebnung der dominierenden Rauheitsspitzen erforderliche wirkende Flächenpressung σ_A bereits bei vergleichsweise geringen Eindringtiefen t_E erreicht wurde. Aus kontaktmechanischer Sicht bestimmt die Zustelltiefe a_z die Größe der plastisch beanspruchten Kontaktzone sowie die maximale Flächenpressung σ_A zwischen Diamantsphäre und Werkstückoberfläche. Mit zunehmender Zustelltiefe a_z steigt sowohl die effektive Eindringtiefe t_E als auch das Volumen des plastisch verformten Werkstücks V_W .

Für die untersuchte Aluminiumlegierung EN AW-5083 mit einer geringen Fließspannung $R_p = 110 \text{ N/mm}^2$ reichte bereits eine moderate Zustelltiefe von $a_z = 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ aus, um die fräsbedingten Oberflächenrauheitsspitzen vollständig plastisch umzuformen. Eine weitere Erhöhung der Zustelltiefe a_z bewirkte keine zusätzliche Verbesserung der Oberflächentopographie, da die maßgeblichen geometrischen Unebenheiten bereits eingeebnet wurden. In diesem Fall trat ein Sättigungseffekt der Oberflächenverbesserung ein. Die zusätzliche plastische Verformung wirkte primär in die Tiefe der Randschicht t_K und weniger auf die makroskopisch messbaren Oberflächenrauheitskennwerte. Die Oberflächenqualität wurde somit nicht weiter gesteigert, obwohl die Prozesskräfte F_p mit zunehmender Zustelltiefe a_z weiter anstiegen. Es ist jedoch ausdrücklich hervorzuheben, dass diese Beobachtungen ausschließlich für den untersuchten Werkstoff, die ge-

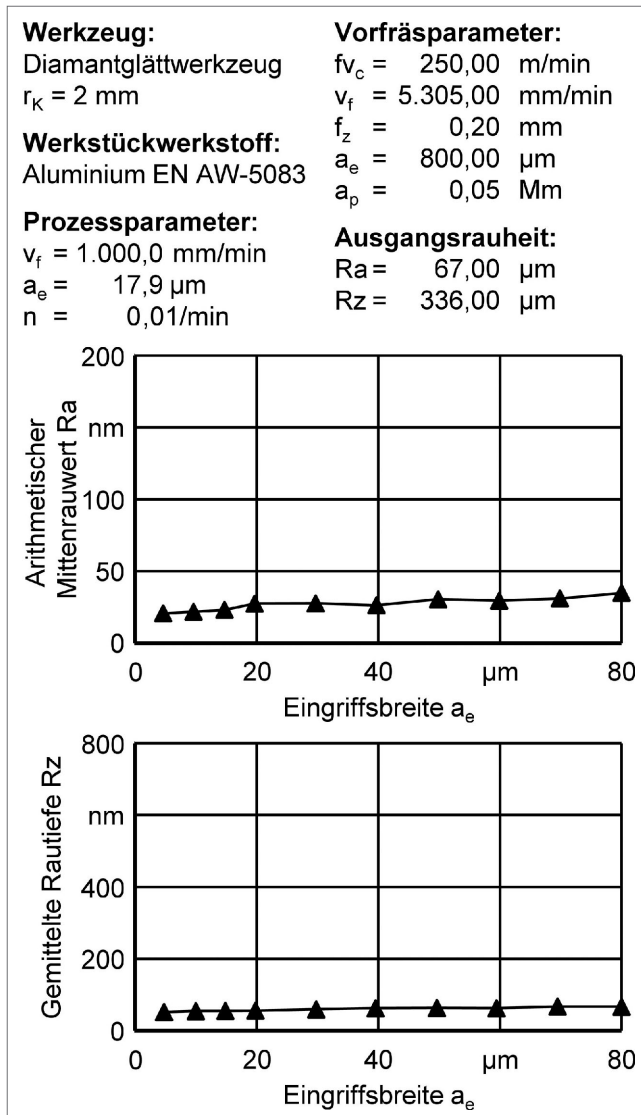


Bild 4 Arithmetischer Mittenrauwert R_a und gemittelte Rautiefe R_z des Werkstücks aus der Aluminiumlegierung EN AW-5083 in Abhängigkeit der Zustelltiefe a_z . Grafik: TU Berlin

wählten initialen Oberflächenrauheitskennwerte R_a und R_z sowie den betrachteten Parameterbereich gelten. Für Werkstoffe mit höherer Fließspannung R_p , ausgeprägter fräsinduzierter Topographie oder abweichender Prozesskinematik kann eine größere Zustelltiefe a_z erforderlich sein, um eine vergleichbare plastische Einebnung zu erzielen. Ebenso kann bei stark ausgeprägten Oberflächenrauheitsstrukturen oder gehärteten Werkstoffen die Zustelltiefe a_z eine dominierende Einflussgröße darstellen. Vor diesem Hintergrund lässt sich feststellen, dass die Zustelltiefe a_z im vorliegenden Versuchsrahmen keine primär bestimmende Einflussgröße zur Reduzierung der Oberflächenrauheitskennwerte darstellt, jedoch als notwendige Voraussetzung für die Initiierung der plastischen Überformung anzusehen ist.

4 Fazit und Ausblick

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurde der Einfluss zentraler Prozessparameter auf die Oberflächenqualität beim Glattdrücken mit monokristallinen Diamantsphären mit

translatorischer Werkstückbewegung für die Aluminiumlegierung EN AW-5083 systematisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass mit dem eingesetzten Verfahren eine signifikante Reduktion der Oberflächenrauheitskennwerte gegenüber dem vorgefrästen Ausgangszustand erzielt werden kann. Arithmetische Mittenrauwerte von $14 \text{ nm} \leq R_a \leq 22 \text{ nm}$ konnten reproduzierbar realisiert werden, was eine Reduktion der Oberflächenrauheitskennwerte gegenüber dem gefrästen Ausgangszustand um mehr als 80 % darstellt. Als maßgebliche Einflussgröße auf die Oberflächenentstehung wurde die Eingriffsbreite a_e identifiziert. Diese bestimmt den Überdeckungsgrad der Bearbeitungsbahnen und damit die Homogenität der resultierenden Oberflächen.

Demgegenüber zeigten die Vorschubgeschwindigkeit v_f und die Zustelltiefe a_z innerhalb der untersuchten Prozessparameterbereiche nur einen untergeordneten Einfluss auf die erreichbaren Oberflächenrauheitskennwerte. Vor allem konnte nachgewiesen werden, dass auch bei vergleichsweise hohen wirkenden Vorschubgeschwindigkeiten v_f eine hohe Oberflächenqualität erzielt werden kann, was ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Bearbeitungszeit t_b und damit einer wirtschaftlichen Anwendung des Glattdrückens mit Sphären aus monokristallinem Diamanten eröffnet. Zusammenfassend belegen die durchgeführten experimentellen Untersuchungen, dass die Glattdrucktechnologie mit monokristallinen Diamantsphären ein leistungsfähiges und prozessstabiles Verfahren zum hochpräzisen Oberflächenfinishing darstellt. Die Ergebnisse liefern eine belastbare Grundlage für die Ableitung geeigneter Prozessbereiche und bilden zugleich die Basis für weiterführende Untersuchungen.

Zukünftige Arbeiten werden sich insbesondere mit randschichtmechanischen Effekten wie Kaltverfestigung, Eigenspannungen σ_E und mikrostrukturellen Veränderungen befassen, um das Prozessverständnis weiter zu vertiefen und das Anwendungspotenzial des Verfahrens umfassend zu erschließen.

Literatur

- [1] Uhlmann, E.; Polte, M.; Polte, J. et al.: PKD-Glattdruckwerkzeuge für den Formen- und Werkzeugbau. *Diamond Business* (2018) 4, S. 26–34
- [2] Uhlmann, E.; Polte, J.; Yabroudi, S. et al.: Präzisionsnachbearbeitung metallischer Bauteile für Anwendungen im Werkzeug- und Formenbau. *Mikroproduktion* 5–6 (2020), S. 3642
- [3] Klocke, F.: *Fertigungsverfahren 4: Umformen..* Heidelberg: Springer 2017
- [4] Magalhães, F.C.; Abrão, A.M.; Denkena, B. et al.: Analytical Modeling of Surface Roughness, Hardness and Residual Stress Induced by Deep Rolling. *Journal of Materials Engineering and Performance* 26 (2016), pp. 876–884, doi.org/10.1007/s11665-016-2486-5
- [5] Denkena, B.; Grove, T.; Maiss, O.: Surface texturing of rolling elements by hard ball-end milling and burnishing. *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology* 93 (2017), pp. 3713–3721, doi.org/10.1007/s00170-017-0809-9
- [6] DIN 8583-5: *Fertigungsverfahren Druckumformen – Teil 5: Eindringen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe.* Ausgabe 09/2003
- [7] Sommer, K.; Heinz, R.; Schöfer, J.: *Verschleiß metallischer Werkstoffe.* Wiesbaden: Springer 2018
- [8] Hiegemann, L.: *Glattwalzen beschichteter Oberflächen.* Dortmunder Umformtechnik, Band 92. Aachen: Shaker Verlag 2017
- [9] Klocke, F.: *Fertigungsverfahren 1: Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide.* Heidelberg: Springer 2018
- [10] Polte, J.: Kubisch-kristallines Bornitrid ohne Bindephase als Schneidstoff in der Ultrapräzisions-Zerspanung. Hrsg.: Uhlmann, E.: *Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum.* Stuttgart: Fraunhofer-Verlag 2016
- [11] Polte, J.; Polte, M.; Hocke, T. et al.: Nachbearbeitung additiv gefertigter Titan-Bauteile mit höchster Präzision. *Diamond Business* 3 (2020), S. 56–62

- [12] Polte, J.; Polte, M.; Lahoda, C. et al.: Additive Manufacturing of precision cemented carbide parts. euspen's 21st International Conference & Exhibition, Copenhagen, DK, 2021, pp. 91–92
- [13] Denkena, B.; Grove, T.; Maiss, O.: Surface texturing of rolling elements by hard ball-end milling and burnishing. International Journal of Advanced Manufacturing and Technology 93 (2017), pp. 3713–3721, doi.org/10.1007/s00170-017-0809-9
- [14] DIN EN ISO 21920-2: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Profile – Teil 2: Begriffe und Kenngrößen für die Oberflächenbeschaffenheit. Deutsche Fassung, Ausgabe 06–2022

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Prof. Dr.-Ing. Julian Polte

Toni Hocke, M.Sc.

Christian Lahoda, M.Sc.

christian.lahoda@iwf.tu-berlin.de

Technische Universität Berlin
Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF
Pascalstr. 8–9, 10587 Berlin
www.tu.berlin/iwf

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Prof. Dr.-Ing. Julian Polte

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Pascalstr. 8–9, 10587 Berlin
www.ipk.fraunhofer.de

LIZENZ



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)