

Charakterisierung technischer Bauteiloberflächen

Stand der Oberflächenmesstechnik heute

Prof. Dr.-Ing. J. Seewig¹, Dipl.-Technoinform. C. Wiehr¹,
Dr.-Ing. S. Gröger²

¹Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik,
Technische Universität Kaiserslautern

²Professur Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung,
Technische Universität Chemnitz

Kurzfassung

Optische Messgeräte erlauben eine schnelle und sichere dreidimensionale Erfassung der Oberflächenrauheit. Der industriellen Praxis eröffnet sich, durch eine strukturorientierte Auswertung der Oberfläche, eine neue funktionsgerechte Charakterisierungsmöglichkeit technischer Oberflächen und nicht zuletzt eine umfassende Qualitätssicherung ihrer Produkte. Nach einer kurzen Übersicht über das bestehende Tastschnittverfahren gibt der Beitrag eine Einführung in die 3D-Norm 25178, deren Anspruch es ist, das Potenzial einer Topografieauswertung bestmöglich zu nutzen. Beschrieben wird die Messkette bestehend aus Messdatenerfassung, Messdatenaufbereitung und verfügbaren Kenngrößenoperatoren. Auch die Anwendungsgrenzen der ISO werden betrachtet und alternative Verfahren, wie die Honstrukturbewertung nach MBN 37800, vorgestellt.

1. Das „klassische“ Tastschnittverfahren

Die Charakterisierung der Oberflächenrauheit durch 2D-Profilschnitte ist Stand der Technik und deren Auswertestrategie durch ein umfassendes Regelwerk festgelegt. Bild 1 veranschaulicht die Vorgehensweise zur Auswertung der Oberflächenrauheit im Profilschnitt.

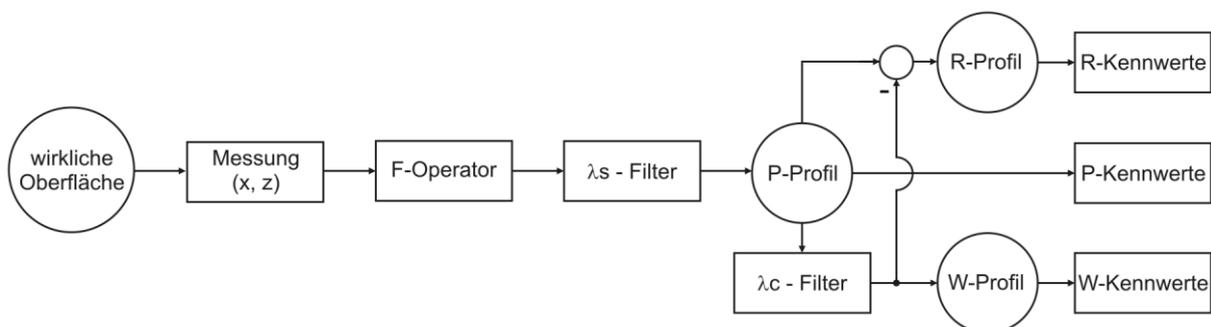


Bild 1: Messkette für die Rauheitsmessung im Profilschnitt.

Messdatenerfassung: Die Messdatenerfassung erfolgt meist mit einem Freitastsystem (auch Bezugsflächentastsystem genannt). Hierbei wird ein Tastsystem entlang einer hoch genauen Bezugsebene verfahren. Kern des Tastsystems bildet eine Diamantspitze, die in Kontakt mit der zu messenden Oberfläche ausgelenkt wird. Ergebnis der Messung ist ein Profilschnitt mit den Koordinaten x, z . Eine gute Übersicht hierzu liefert die VDI in [1].

Datenvorverarbeitung: Anschließend wird aus dem Messdatensatz gemäß ISO 3274 [2] (auch als Gerätenorm bezeichnet) die Nennform durch eine mathematische Einpassung (Total Least Square) eliminiert (F-Operator). Total Least Square bedeutet, dass die Summe der kürzesten Abstandsquadrate zwischen Messpunkt und Nennform ein Minimum annimmt. Das verbleibende Profil wird anschließend mit einem Gaußfilter nach ISO 16610-21 [3] (früher ISO 11562) tiefpassgefiltert (die sogenannte λ_s -Filterung), um so einen definierten Wellenlängenbereich für die weitere Auswertung zu schaffen. Ziel ist z. B. den Einfluss der Tastspitze abzuschwächen. Die Grenzwellenlänge¹ λ_s bezieht dabei nicht nur auf das Tiefpassfilter selbst, sondern berücksichtigt auch das Übertragungsverhalten der Messeinrichtung. D.h., die eingestellte Grenzwellenlänge des Tiefpassfilters ist immer kleiner gleich λ_s ! Für die Einhaltung dieser Bedingung ist der Messgerätehersteller verantwortlich.

Profilfilter: Ergebnis der Datenvorverarbeitung ist das Primärprofil, auch P-Profil genannt, das langwellige als auch kurzwellige Gestaltabweichungen in sich vereint. Durch Anwendung eines Tiefpassfilters mit der Grenzwellenlänge λ_c erhält man aus dem P-Profil das Welligkeitsprofil (W-Profil), das den langwelligen Anteil der Gestaltabweichungen widerspiegelt. Die Subtraktion von P-Profil und W-Profil liefert wiederum das Rauheitsprofil (R-Profil), d. h. die kurzwelligen Anteile der Gestaltabweichungen. Diese Operation entspricht einer Hochpassfilterung des P-Profils. Die heute verfügbaren Filter sind in der Reihe ISO 16610 definiert (bis auf das Sonderfilterverfahren nach ISO13565, Teil 1 [4]). Man unterscheidet grundsätzlich lineare und robuste Filter. Robust bedeutet, dass die Filter kaum auf signifikante Spitzen oder Riefen im Profil reagieren und so die Filterlinie dem langwelligen Anteil weiterhin folgt. Lineare und robuste Filter dürfen auf keinen Fall gegeneinander ausgetauscht werden. Dies führt zu teilweise gravierenden Abweichungen bei der Kennwertberechnung. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die ISO-Filter. Vor- und Nachlaufstrecken treten

¹ Die Amplitude eines sinusförmigen Profils mit einer Wellenlänge die gleich der Grenzwellenlänge des Filters ist, wird auf 50% gedämpft.

nicht mehr auf, d. h. die Messstrecke bleibt vollständig erhalten. Allerdings unterscheiden sich die Filtereigenschaften im Randbereich von denen im mittleren Bereich des Profils.

Nummer	Bezeichnung	Linear	Robust	Formfilterung
16610-21 [3]	Gaußfilter	X	-	-
16610-22 [5]	Splinefilter	X	-	X
16610-31 [6]	Robustes gaußsches Regressionsfilter	X	X	X
16610-32 [7]	Robustes Splinefilter	-	X	X

Tabelle 1: Übersicht über die neuen Filter nach ISO 16610.

Kenngrößen nach ISO 4287: In ISO 4287 [8] sind die „klassischen“ Kenngrößen wie Ra oder Rz definiert. Die Kenngrößen können auf das P-, W- oder R-Profil angewendet werden (in der Norm ersetzt man daher die Profilkennung durch ein „X“). Die Berechnung der Kennwerte erfolgt über sogenannte Einzelmessstrecken „le“. Hiervon ausgenommen ist die Kenngröße Xt sowie die Kenngrößen der Abbott-Kurve. Für das W- und R-Profil werden meist n=5 Einzelmessstrecken verwendet. Das P-Profil enthält eine Einzelmessstrecke. Pro Einzelmessstrecke wird der gewünschte Kennwert berechnet und anschließend wird über die Anzahl der Einzelmessstrecken gemittelt. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die statistisch bedingte Streuung der Kennwerte zu reduzieren. Die resultierende Auswertestrecke wird auch als Messstrecke ln bezeichnet². Damit die Filtereigenschaften im Randbereich der Profile keine Auswirkung auf die Kennwerte haben, ist die Taststrecke grundsätzlich größer als die Messstrecke zu wählen (meist $\geq le/2$, siehe Bild 2). Die Wahl der Einzelmessstrecken (und der Grenzwellenlänge der Filter) ist in ISO 4288 festgelegt. In der Regel ist die Grenzwellenlänge gleich der Einzelmessstrecke.



Bild 2: Zusammenhang zwischen Einzelmessstrecke, Messstrecke und Taststrecke.

² Die Bezeichnung der Messstrecke ist eigentlich „lm“. Ein Schreibfehler in der Norm führte zu dem heute vorliegenden Kürzel „ln“.

Kenngrößen nach ISO 13565, Teil 2 (Rk-Parameter): Die Kenngrößen nach ISO 13565, Teil 2 [10] werden in der Abbott-Kurve definiert und erlauben die Einteilung der Oberfläche in einen Spitzen- (Rpk), Kern- (Rk) und Riefenbereich (Rvk). Hierdurch ist insbesondere eine funktionsgerechte Beschreibung mechanisch hoch beanspruchter Oberflächen möglich (beispielsweise ändert sich der Kennwert Rz nicht, wenn eine plateauartige Oberfläche mit Riefen mathematisch invertiert wird und somit eine völlig andere Funktionsfläche vorliegt). Zur Konstruktion der Abbott-Kurve führt man eine gedachte Schnittlinie durch das gemessene Profil von der höchsten Spitze zum tiefsten Punkt. Für jede gedachte Schnitttiefe berechnet man in Prozent den Anteil des geschnittenen Profils bezogen auf die Messstrecke und bezeichnet diesen als sogenannten Materialanteil (Bild 3).

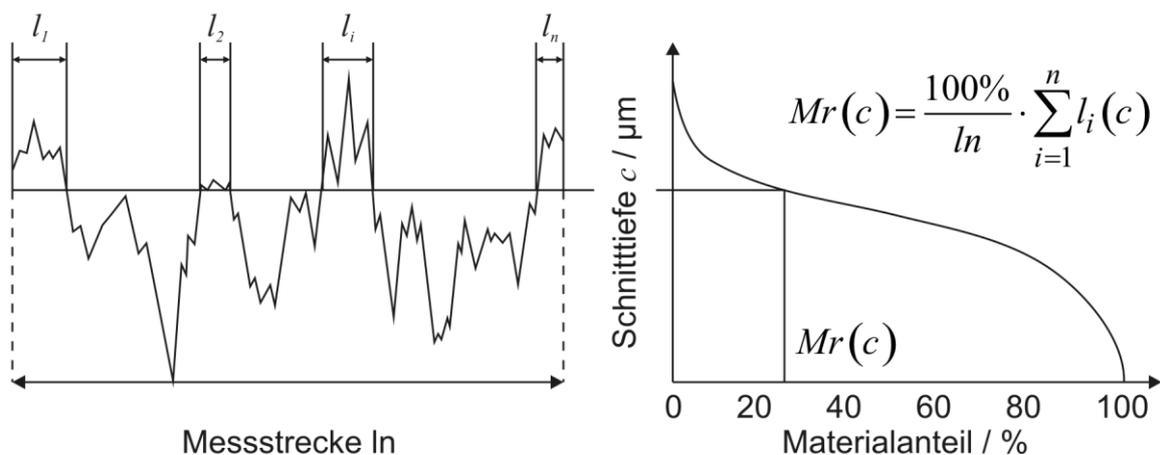


Bild 3: Zur Konstruktion der Abbott-Kurve.

Als Messstrecke wird vorzugsweise $l_n=4\text{mm}$ oder $l_n=12,5\text{mm}$ verwendet. Es ist darauf zu achten, dass alle wesentlichen Merkmale der Oberfläche in einer ausreichenden Anzahl innerhalb der Messstrecke auftreten. Mit dieser Norm werden meist plateauartige Oberflächen mit einem Spitzen- und Riefenanteil ausgewertet. Damit der Riefenanteil keine Auswirkung auf die Filterung hat, ist bis heute das Sonderfilterverfahren nach ISO 13565, Teil 1 vorgeschrieben. In Zukunft werden die robusten Filter nach ISO 16610-31 und ISO 16610-32 Anwendung finden. In vielen Zeichnungen ist schon heute das robuste Gaußfilter nach ISO 16610-31 (siehe auch VDA 2008 [11]) vorgeschrieben.

Zur Berechnung der Kennwerte wird zunächst eine Sekante mit minimaler Steigung über 40% Materialanteildifferenz an die Abbott-Kurve gelegt. Über diese zentrale Region ist anschließend eine Ausgleichsgerade zu berechnen. Der senkrechte Abstand der Schnittpunkte dieser Geraden bei $Mr=0\%$ und $Mr=100\%$ wird als die Kernrautiefe R_k bezeichnet. Das Lot von den Schnittpunkten der Ausgleichsgeraden bei $Mr=0\%$ und $Mr=100\%$ auf die Abbott-

Kurve schneidet diese bei Mr_1 und Mr_2 . Die reduzierte Spitzenhöhe R_{pk} und die reduzierte Riefentiefe R_{vk} werden jeweils als Seitenlänge eines Dreiecks berechnet, das flächengleich mit der Spitzenfläche A_1 bzw. der Riefenfläche A_2 ist (siehe Bild 4).

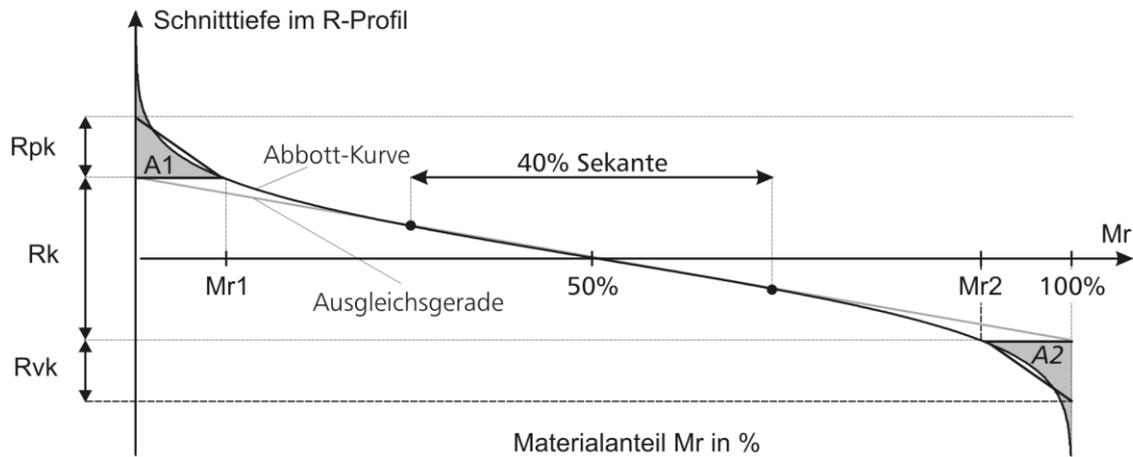


Bild 4: Kenngrößen R_k , R_{pk} , R_{vk} und Mr_1 , Mr_2 der Abbott-Kurve.

2. Motivation zur flächenhaften Erfassung technischer Bauteiloberflächen

Eine sinnvolle Beschreibung der Oberflächenfeinstruktur durch einen Profilschnitt gelingt nur, wenn alle funktionsrelevanten Feinstrukturen der Oberfläche erfasst werden. Dies ist immer dann der Fall, wenn das Fertigungsverfahren (z. B. Drehen oder Schleifen) eine stark anisotrope Oberfläche (eine Oberfläche mit Vorzugsrichtung) hervorruft und ein Profilschnitt orthogonal zu dieser Struktur erfasst wird. Bei Oberflächen mit lokal ausgeprägten Strukturen (z. B. Lasertexturen oder eingebetteten Partikeln) versagt die Auswertung durch einen Profilschnitt, da immer nur ein Teil der Strukturen erfasst wird (siehe Bild 5). Für derartige Oberflächen ist das flächenhafte Messen und die Anwendung flächenhafter Kenngrößen zwingend erforderlich. Hier liegt auch die Rechtfertigung für die Anwendung der ISO 25178.

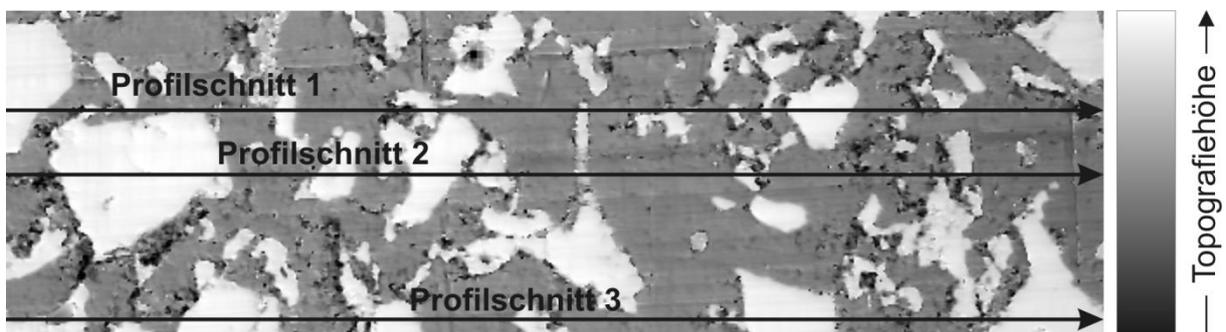


Bild 5: Grenzen des Tastschnittverfahrens. Dargestellt ist eine durch Graustufen kodierte Oberflächentopografie in der „Draufsicht“. Je nach Lage des Profilschnittes (1 bis 3) werden die hervorstehenden Partikelstrukturen mehr oder weniger gut erfasst. Eine Charakterisierung der Oberfläche ist nicht sinnvoll möglich.

3. Charakterisierung technischer Oberflächen nach ISO 25178

Da die bestehenden Charakterisierungsmöglichkeiten nach ISO 4287 und ISO 13565 Teil 2 nur für Profilschnitte anwendbar sind, entstand der Bedarf für neue, passende Methoden, die die flächenhafte Charakterisierung technischer Oberflächen möglich machen. Den Ursprung hierzu bildet das EU-Projekt „Development of Methods for the Characterisation of Roughness in Three Dimensions“ [17], wo die Methoden und Kenngrößen der bestehenden 2D-Messtechnik direkt übernommen und für die dritte Dimension erweitert wurden. Diese waren allerdings zur Charakterisierung der Funktionalität nicht ausreichend, weshalb weitere Methoden und Kenngrößen entwickelt wurden. Zusammengefasst werden diese Erkenntnisse in der Normenreihe EN ISO 25178, die vom Technischen Komitee TC213 der Arbeitsgruppe WG16 der ISO erarbeitet wird. Die Normenreihe besteht aus mehreren Teilen, die sich mit unterschiedlichen Thematiken beschäftigt. Teil 1 legt die Regeln für die Zeichnungseintragung fest, Teil 2 definiert die Kenngrößen zur Charakterisierung der Oberflächen, Teil 3 legt die benötigten Messbedingungen fest, Teil 6 die Spezifikation der Messgeräte, und Teil 7 beschreibt die Kalibrierung und Datenformate zum Austausch der Messdaten.

Folgend wird die in der Norm festgelegte Messkette (siehe Bild 6) beschrieben, anhand der die Charakterisierung von technischen Oberflächen durchgeführt wird. Sie entspricht weitestgehend der oben beschriebenen Messkette für die 2D-Auswertung.

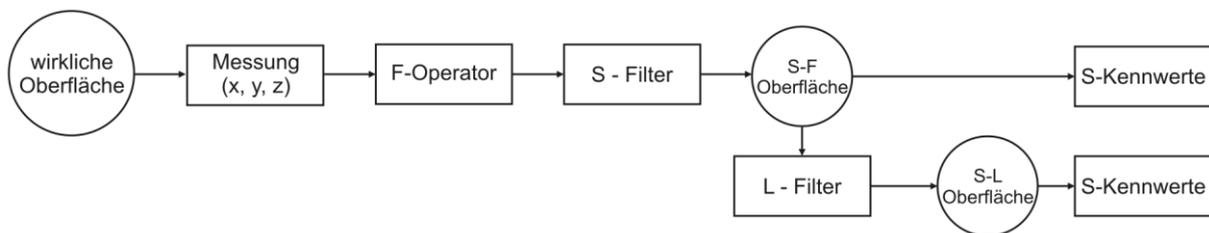


Bild 6: Messkette für die flächenhafte Rauheitsmessung nach ISO 25178.

Die reale Oberfläche wird durch ein Messgerät abgetastet und quantifiziert, hieraus entstehen rohe, digitale Messdaten. Diese beschreiben die Oberfläche, zerlegt in einzelne Punkte, und enthalten neben den Oberflächenfeinstrukturen auch noch die Form, Formabweichungen und kurzweilige Abweichungen. Zur Messdatenaufbereitung wird die Form durch den F-Operator entfernt, sodass eine flache Oberfläche entsteht. Anschließend werden die kurzweiligen Abweichungen mit dem S-Filter, einem Tiefpassfilter, entfernt. Es entsteht eine Oberfläche, die noch die Formabweichungen sowie die Feinstrukturen enthält, die sog. S-F-Oberfläche. Um die Formabweichungen zu entfernen, wendet man den L-Filter, einen Hochpassfilter auf die S-F-Oberfläche an. Es entsteht die S-L-Oberfläche, die nur noch die Fein-

strukturen enthält. Sowohl aus S-F- als auch aus S-L-Oberfläche lassen sich die 3D-Kennwerte zur Oberflächencharakterisierung berechnen. Auf die einzelnen Schritte wird im Folgenden näher eingegangen.

Messdatenaufnahme: Die Messung erfolgt hier optisch, da so die Oberfläche im Vergleich zur taktilen Messung wesentlich schneller abgetastet werden kann. Zur Messdatenaufnahme existieren verschiedene Verfahren, beispielsweise Interferometrie oder konfokale Mikroskopie, jedes mit eigenen Vor- und Nachteilen. Voraussetzung für optische Messverfahren ist, dass die Oberfläche optisch kooperativ ist, da es ansonsten zu Fehlstellen, d.h. ungünstigen Punkten in der abgetasteten Fläche, kommen kann. Starke Steigungen in den Oberflächen können ebenfalls für Fehlstellen sorgen, da durch diese zu wenig Licht in den Sensor zurückgeworfen wird, um es sinnvoll auswerten zu können. In diesem Fall schafft die Vergrößerung der numerischen Apertur Abhilfe, was allerdings die mögliche Messfläche reduziert. In Teil 3 der ISO 25178 [13] ist die Größe des Messfeldes festgelegt. Die Messfläche ist quadratisch und hat als Seitenlänge einen Wert aus der Folge „..., 0.1mm, 0.2mm, 0.25mm, 0.5mm, 0.8mm, 1.0mm, 2.0mm, 2.5mm, 5.0mm, 8.0mm, 10mm, ...“. Wie den Werten zu entnehmen ist, wurden die bekannten Messstrecken aus der „2D- Welt“ mit aufgenommen.

Vorverarbeitung: Mit dem F-Operator, einem assoziativen Operator, wird die Nennform der Oberfläche analog zur 2D-Messtechnik durch eine mathematische Einpassung entfernt. Dies geschieht durch Einpassalgorithmen wie den schon oben genannten „Total Least Square“-Ansatz. Für sinnvolle Ergebnisse muss die Art der Form vorher bekannt sein, um geeignete Algorithmen auswählen zu können. Anschließend werden mittels Tiefpassfilterung mit dem S-Filter kurzweilige Abweichungen entfernt und damit eine Bandbegrenzung durchgeführt. Die Grenzfrequenz des Filters λ_s ist sowohl abhängig von den kurzweiligen Abweichungen im Messdatensatz als auch vom Übertragungsverhalten der Messeinrichtung. Aus der resultierenden Oberfläche (S-F-Oberfläche) lassen sich die Kennwerte zur Charakterisierung der gesamten Oberflächenfeinstruktur ermitteln. Zur Charakterisierung der Rauheit müssen die Formabweichungen und Welligkeiten aus der S-F-Oberfläche entfernt werden. Da diese im Gegensatz zur Rauheit niederfrequente Signale darstellen, wird ein Hochpassfilter (der L-Filter) dazu eingesetzt. Als L-Filter kann ein lineares Gaußfilter eingesetzt werden (definiert in Teil 61), oder ein robustes Gaußfilter, der in Teil 71 beschrieben ist. Die dabei entstehende S-L-Oberfläche lässt sich dann verwenden, um die Rauheitskennwerte zu berechnen.

Kenngrößen: In der ISO 25178, Teil 2 [12] werden Kenngrößen definiert, die sich in verschiedene Kategorien aufteilen lassen. Die aus der Norm ISO 4287 übertragenen und auf das Flächenhafte erweiterten *Amplitudenkenngrößen* beschreiben die Höhenstruktur, z.B. in Form des arithmetischen Mittenrauwerts S_a oder der maximalen Höhe S_z . Allerdings ist es hier nicht sinnvoll, Einzelmessstrecken wie bei der Profilmessung aufzunehmen, daher wird die gesamte Fläche zur Berechnung herangezogen. Mit den *räumlichen Kenngrößen* ist es möglich, Strukturmuster der Oberfläche zu beschreiben, um beispielsweise Vorzugsrichtungen zu finden. Basis für diese Kenngrößen ist die Autokorrelationsfunktion, mit der die Selbstähnlichkeit der Oberfläche bestimmt wird. So können z.B. Riefen oder andere, periodische Strukturen erkannt werden. Dies ist mit den bisher verwendeten Profilschnitten nicht möglich. Über die Autokorrelationslänge S_{al} und dem Textur-Aspekt-Verhältnis S_{tr} lässt sich so feststellen, wie stark die Vorzugsrichtung ausgeprägt ist, und ob die Oberfläche eher isotrop oder anisotrop beschaffen ist. Bei *hybriden Kenngrößen* werden verschiedene Oberflächeneigenschaften in Bezug zueinander gesetzt, um z.B. die Anzahl der Spitzen pro Fläche oder etwa die mittlere Oberflächensteigung zu beschreiben. Mit dem Verhältnis der wahren Fläche zur Messfläche (S_{dr}) lässt sich ein weiteres Maß für die Rauheit definieren, bei rauen Flächen ist die wahre Fläche wesentlich größer als die Messfläche. Allerdings sorgt die Differentiation für die Steigungsberechnung bzw. die Verhältnisbildung für eine Verstärkung der Unsicherheiten dieser Kennwerte. Für die Charakterisierung des Funktionsverhaltens wie etwa Oberflächenreibung oder Schmiermittelverteilung stehen die *funktionsorientierten Kenngrößen* zur Verfügung. Diese basieren auf der Flächenmaterialanteilkurve, die der Abbott-Kurve aus der ISO 13565-2 entspricht, und der daraus abgeleiteten Größen wie etwa die reduzierte Spitzenhöhe S_{pk} , die Kernrauheit S_k und die reduzierte Riefentiefe S_{vk} (siehe Bild 7).

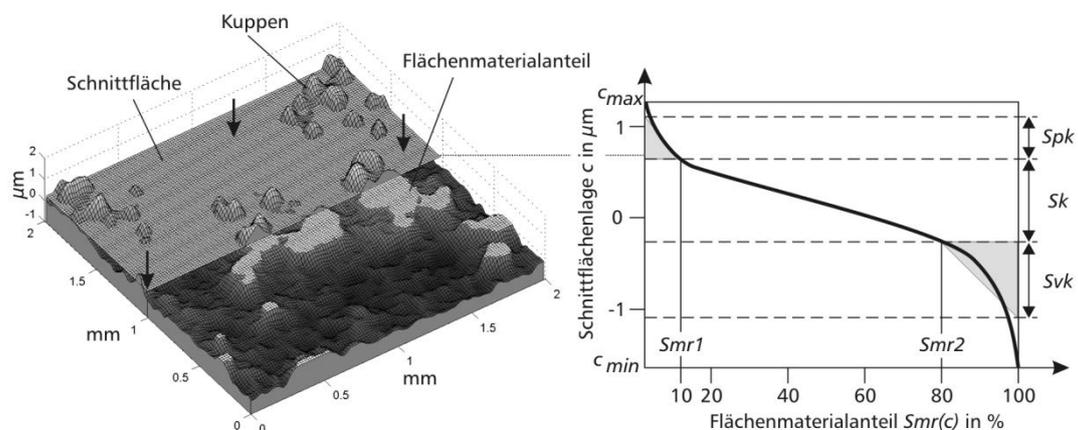


Bild 7: Darstellung einer Oberfläche mit Schittfläche und herausragenden Kuppen (links) und daraus abgeleiteter Abbott-Kurve (rechts)

Mit all diesen Kenngrößen lässt sich die Oberfläche nur als Ganzes charakterisieren (integral), eine detaillierte Beschreibung der Struktur ist nicht möglich. Daher wurden die *strukturorientierten Kenngrößen* eingeführt. Mit diesen lässt sich die Oberfläche als Landschaft darstellen, die Hügel und Täler ausbildet. Würde diese „Landschaft“ berechnet, bilden sich so Abflusslinien und Wasserscheiden aus, die die Spitzen der Hügel und die Tiefpunkte der Täler miteinander verbindet. Diese Verbindungen lassen sich dann als Graph, dem „Change Tree“, darstellen. Dieser lässt sich nach den gewünschten Strukturmerkmalen auswerten, um so beispielsweise die durchschnittliche Höhe der 5 höchsten Spitzen zu erhalten. Der bei diesem Verfahren auftretenden Übersegmentierung der Hügel und Täler begegnet man mit dem Herausschneiden und Zusammenfassen von redundanten Punkten („wolf pruning“). Die einzelnen Phasen sind in Bild 8 dargestellt.

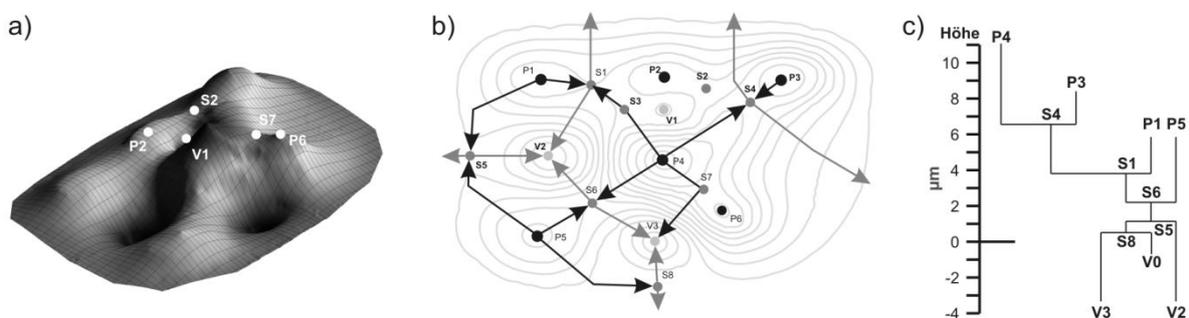


Bild 8: Strukturorientierte Auswertung: Die gemessene Oberfläche als Landschaft in a) wird „berechnet“, es entstehen in b) zwischen den Spitzen (P), Tälern (V) und Sattelpunkten (S) Wasserscheiden (schwarze Pfeile) und Abflusslinien (graue Pfeile). In c) ist der resultierende Change Tree dargestellt.

3.1 Vergleich der Kenngrößen 2D – 3D

Soweit es möglich war, wurden bestehende Kenngrößen aus den ISO-Normen 4287 und 13565-2 übernommen und für die flächenhafte Auswertung erweitert. Allerdings ermöglicht der höhere Informationsgehalt der Topografiemessdaten auch eine detailliertere Charakterisierung, wofür neue Kenngrößen benötigt werden, die diese Daten auch nutzen können. In Tabelle 2 werden die 3D-Kenngrößen ihren entsprechenden 2D-Kenngrößen gegenübergestellt.

	3D	3D – Bezeichnung	2D	2D-Norm
Amplitude	Sa	Arithmetischer Mittenrauwert	Ra	ISO 4287
	Sq	Quadratischer Mittenrauwert	Rq	ISO 4287
	Sz	Maximale Höhe der Oberflächentextur	Rz	ISO 4287
	Ssk	Schiefe	Rsk	ISO 4287
	Sku	Kurtosis	Rku	ISO 4287
Räumlich	Sds	Dichte der Oberflächenspitzen	-	-
	Str	Textur-Aspekt-Verhältnis	-	-
	Sal	Autokorrelationslänge des schnellsten Abfalls	-	-
Hybrid	Sdq	Mittlere quadratische Oberflächensteigung	Rdq	ISO 4287
	Sdr	Relatives Flächenverhältnis von Istoberfläche zur Messfläche	-	-
Flächenmaterialanteil	Sk	Kernrautiefe	Rk	ISO 13565-2
	Spk	Reduzierte Spitzenhöhe	Rpk	ISO 13565-2
	Svk	Reduzierte Riefentiefe	Rvk	ISO 13565-2
	Smr1	Flächenmaterialanteil	Mr1	ISO 13565-2
	Smr2	Flächenmaterialanteil	Mr2	ISO 13565-2
	Vmc	Materialkernvolumen	-	-
	Vmp	Spitzenvolumen	A1	ISO 13565-2
	Vvc	Materialfreies Kernvolumen	-	-
	Vvv	Riefenvolumen	A2	ISO 13565-2

Tabelle 2: Gegenüberstellung der 2D- und der 3D-Kenngrößen

3.2 Grenzen der ISO 25178

Die Erweiterung von zwei auf drei Dimensionen erhöht das Datenvolumen der Messung erheblich, was größere Anforderungen an Hardware und Software stellt. Insbesondere erfordert die flächenhafte Filterung der Topografiedaten eine Mindestanforderung an die Schnelligkeit der Hardware.

Das Potenzial der ISO 25178 liegt in der Bewertung dreidimensionaler Strukturen. Die Berechnung von Sz oder Sa rechtfertigt keine dreidimensionale Erfassung der Oberfläche. Damit konzentriert sich die Auswertung nach ISO 25178 auf räumliche, hybride, funktionsorientierte und insbesondere merkmalsorientierte Kenngrößen. Leider ist die ISO-25178-Serie aber sehr „akademisch“ aufgebaut, was die Umsetzung der Kenngrößen in die Praxis erheblich erschwert. Es fehlen insbesondere Empfehlungen zur Anwendung der unterschiedlichen Auswertetechniken.

Sämtliche Algorithmen der ISO 25178, Teil 2 sind im Ortskontinuierlichen definiert. Z. B. wird die „einfache“ Kenngröße Sa durch den Mittelwert der Absolutwerte der Topografiedaten

über der Messfläche beschrieben und erfolgt damit ortsdiskret. Die Mittelwertbildung wird in der ISO 25178 allerdings als Integral und nicht als Summe dargestellt und ist damit ortskontinuierlich. Die numerische Umsetzung der Kenngrößen nach ISO 25178 durch die Messgerätehersteller, d. h. der Übergang ortskontinuierlich - ortsdiskret, führt unweigerlich zu Abweichungen der Kennwerte. Aus diesem Grund wurde das openGPS Konsortium gegründet [14], um eine frei zugängliche „OpenSource“-Implementierung der ISO-25178-Kenngrößen mit dem Ziel der Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

4 Honstrukturbewertung nach MBN 37800-1

Durch die messtechnische Möglichkeit, Oberflächenstrukturen dreidimensional zu erfassen, sind eine Vielzahl von Charakterisierungstechniken umsetzbar, die durch die ISO 25178 nicht abgedeckt werden. Als Beispiel sei ein mathematisches Verfahren zur Bewertung von Honstrukturen auf Zylinderlaufbahnen genannt, das von der Daimler AG entwickelt wurde [15]. Das Honen von Zylinderlaufbahnen ist ein wichtiger Prozessschritt zum Erreichen eng tolerierter Zylinderformparameter und gleichzeitig zur Schaffung einer tribologisch günstig wirksamen Oberflächenfeingestalt. Wichtig ist dabei die gleichmäßige Ausprägung von Honriefen. Durch das Zusammenspiel verschiedener Signalverarbeitungstechniken wie z. B. der Hough-Transformation und der Spektralanalyse lässt sich die optisch gemessene gehonete Oberfläche in einen Riefenbereich, einen Kontaktbereich und einen Anteil mit unerwünschten funktionskritischen Strukturen aufteilen [16]. In Bild 9 ist die Separation einer typischen Honstruktur nach Riefen, Kontaktbereich und unerwünschten Feinstrukturen wie der Blechmantel (eine Verschmierung der Riefen) dargestellt.

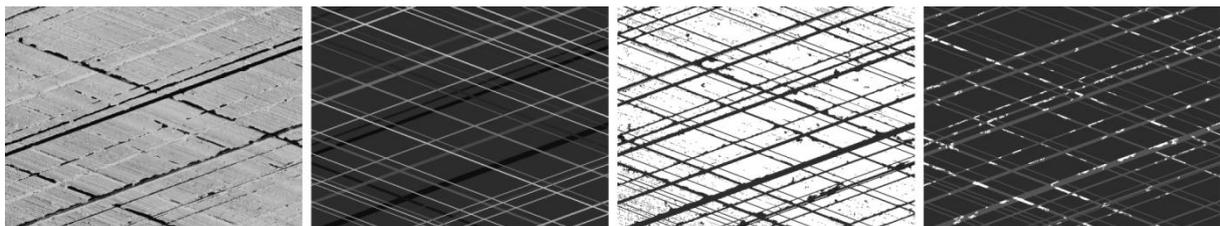


Bild 9: Honstrukturbewertung nach MBN 37800-1. Von links nach rechts: Originaltopografie nach Anwendung des F-Operators, Riefenbild, Kontaktfläche (weiß), unerwünschte Oberflächenstrukturen hier Blechmantel (weiß).

Für jedes Merkmalsbild sind mehrere Kenngrößen verfügbar. Für die Riefen z. B. das Volumen, die Breite, die Lage im Messfeld (Honwinkel). Im Bereich der Kontaktfläche sind die Ausprägung der Rauheit und der prozentuale Anteil des Kontaktes zur Gesamtmessfläche

von Bedeutung. Schließlich können als unerwünschte Strukturen Blechmantel, Marmorisierung, Mikroporen und Ausbrüche identifiziert werden.

Für die praktische Anwendung existieren Zeichnungseintragungen, so dass die vorgestellte Methode in der industriellen Praxis einsetzbar ist.

5. Schrifttum

- [1] VDI 2602, Blatt 2: Oberflächenprüfung - Rauheitsmessung mit Tastschnittgeräten –Tastschnittverfahren – Aufbau, Messbedingungen, Durchführung, Ausgabe 2008-10
- [2] ISO 3274, Geometrical Product Specification (GPS) – Surface Texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments, 1996
- [3] ISO 16610-21, Geometrical product specifications (GPS) – Filtration– Part 21: Linear profile filters: Gaussian filters, 2011
- [4] ISO 13565, Teil 1, Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method; Surfaces having stratified functional properties – Part 1: Filtering and general measurement conditions, 1996
- [5] ISO 16610-22, Geometrical product specifications (GPS) – Filtration – Part 22: Linear profile filters: Spline filters, 2006
- [6] ISO 16610-31, Geometrical product specifications (GPS) -- Filtration -- Part 31: Robust profile filters: Gaussian regression filters, 2010
- [7] ISO 16610-32, Geometrical product specifications (GPS) – Filtration – Part 32: Robust profile filters: Spline filters, 2009
- [8] ISO 4287, Geometrical Product Specification (GPS) – Surface Texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters, 1997
- [9] ISO 4288, Geometrical Product Specification (GPS) – Surface Texture: Profile method – Rules and procedures for the assessment of surface texture, 1997
- [10] ISO 13565, Teil 2, Geometrical Product Specification (GPS) – Surface Texture: Profile method – Surfaces having stratified functional properties, 1996
- [11] VDA 2008 Februar 2007 Geometrische Produktspezifikation, Oberflächenbeschaffenheit, "Robustes Gauß'sches Regressionsfilter" - Definition und Anwendung
- [12] ISO 25178, Teil 2, Geometrical product specifications (GPS) -- Surface texture: Areal -- Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters
- [13] ISO 25178, Teil 3, Geometrical product specifications (GPS) -- Surface texture: Areal -- Part 3: Specification operators
- [14] openGPS, <http://www.opengps.eu>
- [15] MBN 37 800-1, Honen von Zylinder-Laufflächen, Teil1: Klassifizierung, Ausführungen, Merkmale, Kenngrößen, Zeichnungsangaben, Ausgabe 2008-05
- [16] B. Xin: Auswertung und Charakterisierung dreidimensionaler Messdaten technischer Oberflächen mit Riefentexturen, Universitätsverlag Karlsruhe, ISBN 978-3-86644-326-6
- [17] Stout et. al., The Development of Methods for the Characterization of Roughness in three Dimensions, Commission of the European Communities. Publ. No. EUR 15178 EN, 1993, ISBN 0-70441313-2.