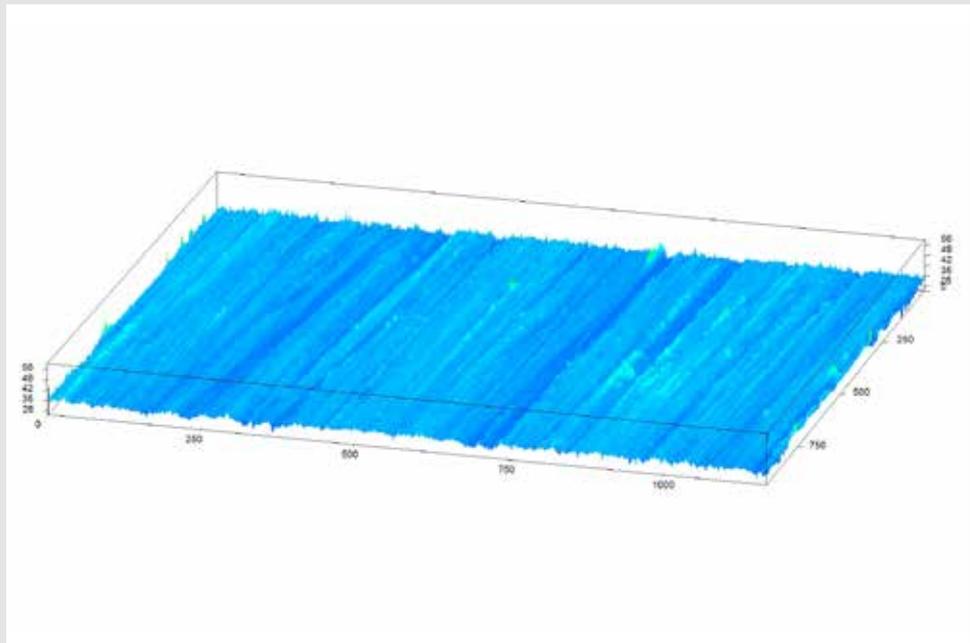




Merkblatt 984

Rauheitsmaße bei Oberflächen von nichtrostendem Stahl



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Die Informations- stelle Edelstahl Rostfrei

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) ist eine Gemeinschaftsorganisation von Unternehmen und Institutionen aus den Bereichen

- Edelstahlherstellung,
- Edelstahlhandel und Anarbeitung,
- Edelstahlverarbeitung,
- Oberflächenveredelung,
- Legierungsmittelindustrie,
- Marktforschung und Verlage für nichtrostende Stähle.

Die Aufgaben der ISER umfassen die firmenneutrale Information über Eigenschaften und Anwendungen von Edelstahl Rostfrei. Schwerpunkte der Aktivitäten sind

- praxisbezogene, zielgruppenorientierte Publikationen,
- Online-Informationsplattform unter www.edelstahl-rostfrei.de,
- Pressearbeit für Fach- und Publikumsmedien,
- Messebeteiligungen,
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen,
- Errichtung von Kompetenzzentren „Edelstahl-Rostfrei-Verarbeitung“,
- Informationen über Bezugsmöglichkeiten von Produkten aus Edelstahl Rostfrei,
- individuelle Bearbeitung technischer Anfragen.

Ein aktuelles Schriftenverzeichnis ist einsehbar unter www.edelstahl-rostfrei.de/Publikationen.

Impressum

Merkblatt 984
Rauheitsmaße bei Oberflächen von nichtrostendem Stahl
1. Auflage 2016

Herausgeber:
Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 10 22 05
40013 Düsseldorf
Telefon: 0211 / 67 07-8 35
Telefax: 0211 / 67 07-3 44
Internet: www.edelstahl-rostfrei.de
E-Mail: info@edelstahl-rostfrei.de

Autorenschaft:
Euro Inox, Brüssel (B)

Herausgeber und Autorenschaft danken Herrn Benedikt Henkel, Henkel Beiz- und Elektropolieretechnik GmbH & Co. KG, Neustadt-Glewe (D), für die kritische Durchsicht des Manuskripts und Hinweise zu seiner Ausgestaltung.

Titelfoto:
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Nachdrucke aus dieser Dokumentation bzw. Veröffentlichungen im Internet, auch auszugsweise, sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und mit deutlicher Quellenangabe gestattet.

Inhalt

	Seite
Einleitung	2
Der Ra-Wert	2
Der Rz-Wert	3
Der Rq-Wert	3
Information zu Herstellprozessen und Gründe für die Begrenzung der Rauigkeit	5
Zusammenfassung	5
Normen	6
Literatur	7

Einleitung

Die Oberflächenrauheit stellt ein Maß für die Struktur der Oberfläche dar. Sie bemisst sich als vertikale Abweichung der realen Oberfläche von ihrer idealen Form. Sind diese Abweichungen groß, ist die Oberfläche rau; ist der Wert klein, ist die Oberfläche glatt. Rauheit wird typischerweise als die hochfrequent, kurzwellige Komponente der Oberflächenmaße betrachtet. In der Praxis müssen häufig sowohl die Amplitude als auch die Frequenz bekannt sein, um zu entscheiden, ob eine Oberfläche den gestellten Anforderungen entspricht [1].

Der Ra-Wert

Üblicherweise wird die Rauheit mit einer Nadel ermittelt, die eine Oberfläche abtastet. Die Auslenkungen der Nadel werden verstärkt und die Messwerte aufgezeichnet. Der Ra-Wert, zumeist ausgedrückt in Mikrometern (μm), entspricht dem arithmetischen Mittel der Abweichungen von der Mittellinie nach oben und nach unten (**Abb. 1**). In den ISO-Normen wird hierfür der Begriff „CLA“ (centre line average) benutzt. Beide Begriffe sind gleichbedeutend [2].

Zwar ist der Ra-Wert eine nützliche Angabe, doch unterscheidet er nicht zwischen Erhebungen und Vertiefungen. Völlig unterschiedliche Oberflächenprofile können rechnerisch denselben Ra-Wert ergeben (**Abb. 2**). In Spezifikationen wird zumeist nur der obere Grenzwert dieses Parameters angegeben, der bei der Abnahme einzuhalten ist. Werden solche oberen Grenzwerte angesetzt (z.B. $R_a \leq 0,6 \mu\text{m}$), gelten die Anforderungen

als erfüllt, wenn (bei einer vorgegebenen Messstrecke) nicht mehr als 16 % der Messwerte den Grenzwert überschreiten. Eine in diesem Sinne definierte Parameter-Obergrenze wird also ohne tiefgestelltes „max“ geschrieben.

Lautet die Anforderung dagegen, dass der obere Wert auf der Messstrecke in keinem einzelnen Fall überschritten werden darf, ist der Parameter durch „max“ zu kennzeichnen (also z.B. $R_{a\text{max}} 0,6 \mu\text{m}$). Ein schnelles und anwenderfreundliches vereinfachtes Messverfahren zur Bestimmung der Rauheit ist in EN ISO 4288, Anhang A, beschrieben [5,6].

Meist wird nur ein oberer Grenzwert der Rauigkeit angegeben. Es gibt jedoch Ausnahmen, bei denen auch ein Mindest-Rauigkeitswert erforderlich ist und somit eine Spanne vorgegeben wird. Beispiele hierfür sind zum einen Zylinderbohrungen, bei denen die Wandungen von Öl benetzt werden, wozu eine gewisse Mindest-Rauigkeit er-

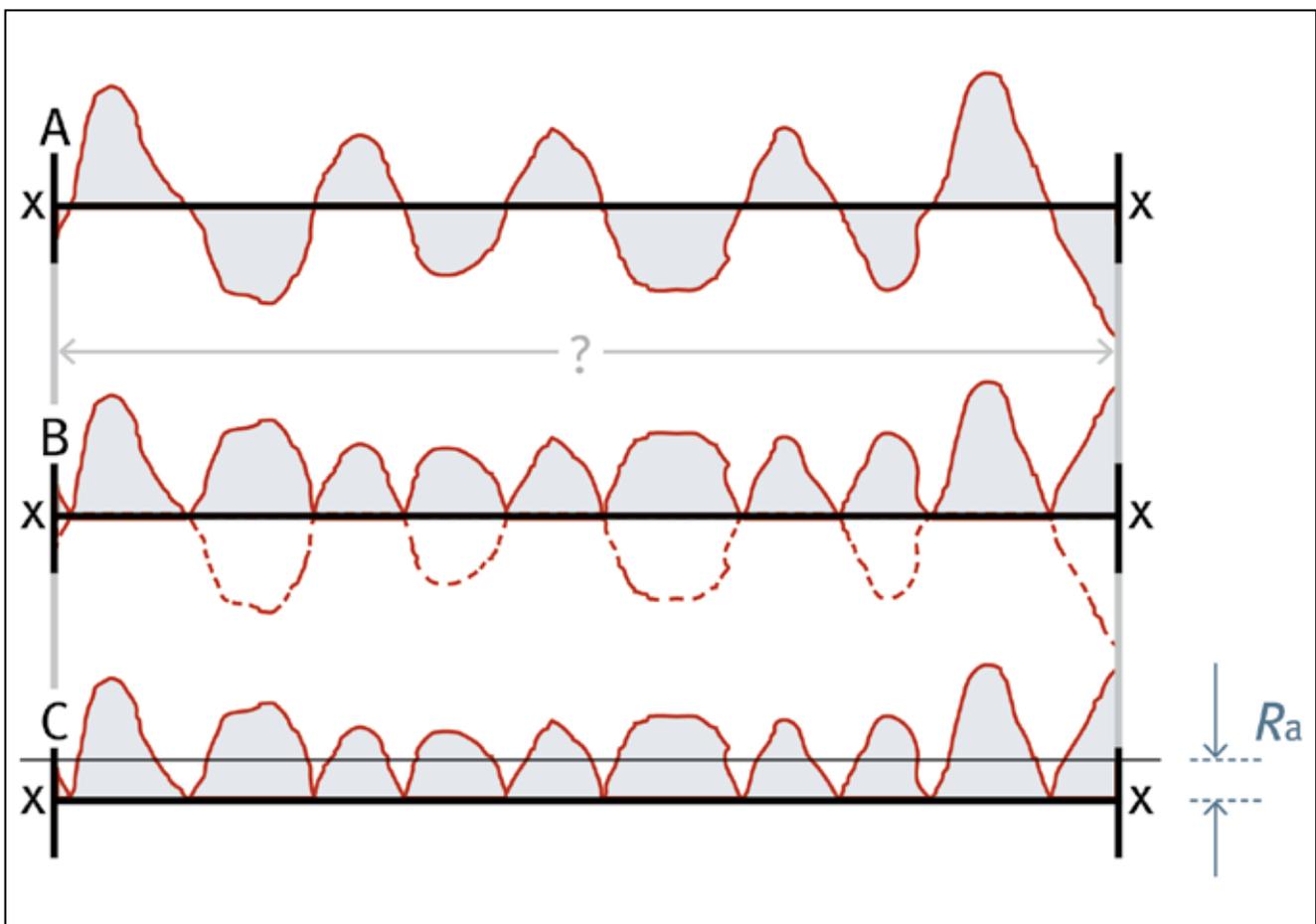


Abb. 1: Prinzip der Bestimmung des arithmetischen Mittelwertes der Rauheit (R_a) [3]

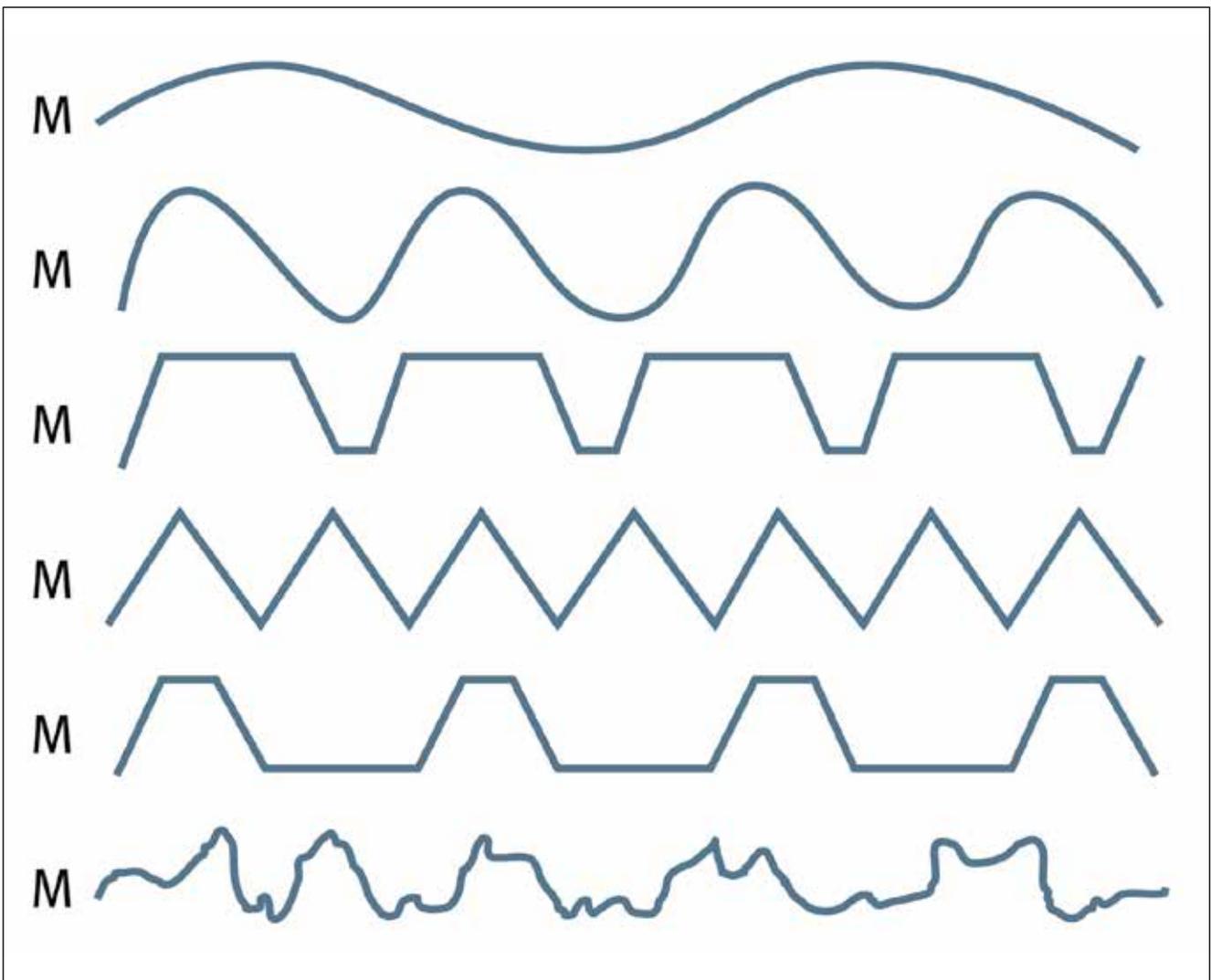


Abb. 2: Unterschiedliche Oberflächenprofile mit gleichem Ra-Wert [4]

forderlich ist, als auch Blankstahl zum Elektro-Stauchen.

Der Rz-Wert

Ein anderes Rauheitsmaß ist der Rz-Wert. ISO 4287-1:1997 [7] definiert Rz als größte Profilhöhe. Ältere Unterlagen beziehen sich häufig noch auf den R_z -Wert gemäß der Fassung von 1984 dieser Norm, worin diese Zahl durch die zehn maximalen Abweichungen definiert war. Die Schreibweise ist also wichtig: Rz bezieht sich auf die aktuelle, R_z auf die ältere Fassung der Norm.

Zwischen Rz- und Ra-Werten besteht kein direkter mathematischer Zusammenhang. Erfahrungsgemäß gilt allgemein $R_z = 6-10 \times R_a$ [14].

Der Rq-Wert

Eine weitere – wenngleich weniger gebräuchliche – Kennzahl, R_q (oft auch als root mean square, RMS, bezeichnet), ist der quadratische Mittelwert der Abweichungen von der Mittellinie (Abb. 3). Auch hierfür findet sich die Definition in der Norm EN ISO 4287:1998 [7].

Die in Tabelle 1 genannten Werte sind Richtwerte und können je nach Hersteller und Prozessvariante schwanken. Im Geschäftsverkehr sollten bestimmte Ra-Werte explizit festgeschrieben werden, da die normgerechten Bezeichnungen lediglich das Verfahren benennen (z.B. im Falle von 2B kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt und leicht nachgewalzt) und die Ra-Werte her-

stellerabhängig variieren können.

Die in Tabelle 2 genannten Werte sind grobe Näherungswerte und können bei gleicher Korngröße erheblich variieren, da unter anderem die Schleifmittelwahl, Schleifmittelabnutzung, Anpressdruck etc. sowie die Messrichtung quer oder längs zum Schliff das Messergebnis erheblich beeinflussen.

Oberflächenbezeichnung gemäß EN 10088-2	Ausführungsart	Oberflächenrauheit gemäß EN 10088-2	Anmerkungen
1D	Warmgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt		Typische Ra-Werte 3,50 bis 5,50 µm
2D	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt		
2B	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, kalt nachgewalzt		Typische Ra-Werte 0,30 bis 0,50 µm
2G	Geschliffen		
2R	Kaltgewalzt, blankgeglüht		
2J	Gebürstet oder mattpoliert		
2K	Seidenmattpoliert	Quer Ra < 0,5 µm	
2P	Blankpoliert		

Oberflächenbezeichnung gemäß ASTM A 480/480A	Ausführungsart	Anmerkungen
3	Geradlinige Struktur, die durch Schleifen oder Walzen erzeugt wird. Ein geübter Verarbeiter kann diese Oberfläche im allgemeinen wiederherstellen.	Der durchschnittliche Ra-Wert kann im allgemeinen bis zu 1 µm betragen*
4	Geradlinige Struktur, die durch Schleifen oder Walzen erzeugt wird. Ein geübter Verarbeiter kann diese Oberfläche im allgemeinen wiederherstellen.	Der durchschnittliche Ra-Wert kann im allgemeinen bis zu 0,6 µm betragen*
5	Architekturoberflächen; Sonderkategorie, die genaue Ausführung ist zwischen Anbieter und Kunde zu vereinbaren, da es weltweit eine Vielzahl von Varianten gibt.*	Die Rauigkeitstiefe in Querrichtung darf 0,5 µm nicht überschreiten.
6	Diese Oberflächenausführung hat ein seidenmattes Erscheinungsbild und wird üblicherweise durch Bürsten der Oberfläche 4 erzielt.	
8	Hierbei handelt es sich um eine hochglänzende und glatte Oberfläche, die durch mechanisches Polieren mit sukzessiv feiner werdenden Schleifmitteln und anschließendem Schwabbeln erzielt wird. Minimale Schleifspuren können nach dem letzten Arbeitsgang noch sichtbar sein. Eine Wiederherstellung ist durch erneutes Schwabbeln möglich.	

* Rauheitswerte können je nach Messinstrument, Labor oder ausführender Person variieren. Die Rauheitswerte für die Oberflächen 3 und 4 können sich auch überlappen.

Oberflächenbehandlungsverfahren	Durchschnittliche Rauheitstiefe in µm
schlussgebeizt	2,0-12,0
glasperlengestrahlt	1,00-6,00
zerspanend bearbeitet	0,40-6,00
elektropoliert in Abhängigkeit vom Vorzustand	0,10-0,80
mechanisch hochglanzpoliert	0,10-0,50

Tabelle 1: Oberflächenrauheit verschiedener Ausführungsarten von Blechen und Bändern aus nichtrostendem Stahl [9,10,11,12,14]

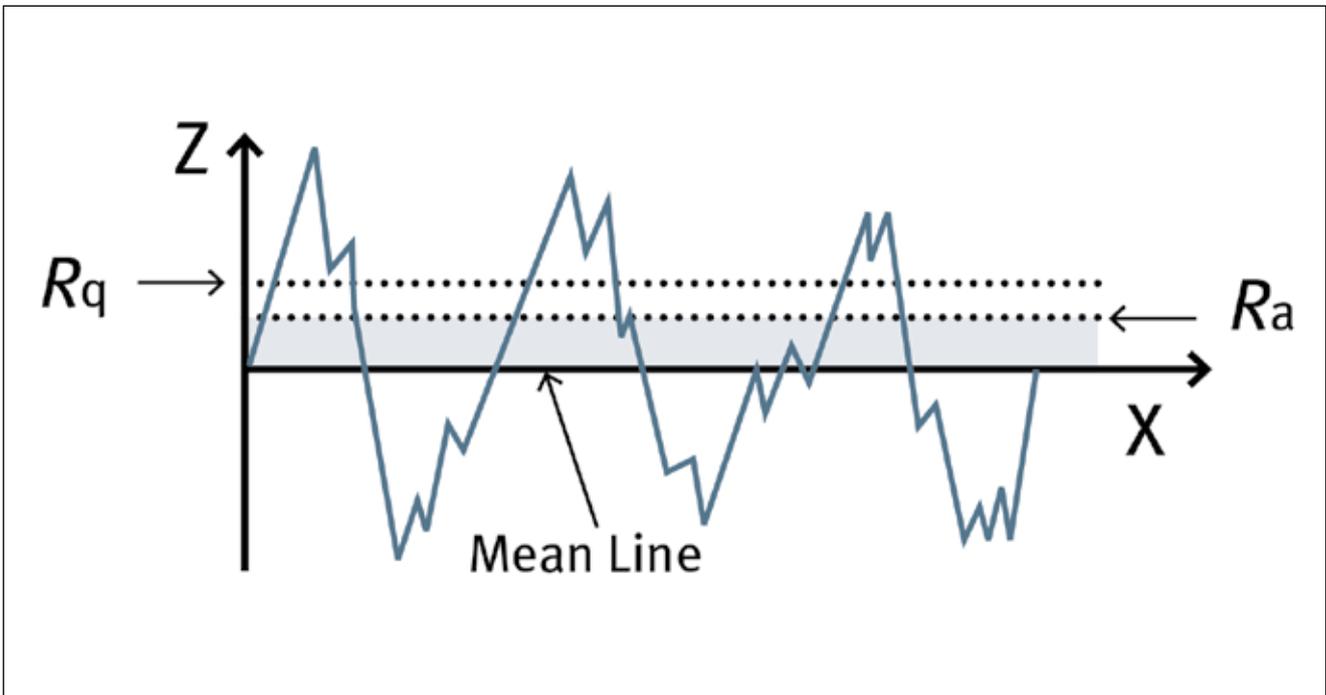


Abb. 3: Arithmetischer (Ra) und quadratischer Mittelwert (Rq) im Vergleich

Information zu Herstellprozessen und Gründe für die Begrenzung der Rauigkeit

Die verschiedenen Herstellprozesse nichtrostender Stähle ergeben grundsätzlich unterschiedliche Produktoberflächen, die durch vorgenannte Rauigkeitsprüfung in ihrer Oberflächenstruktur erfasst werden können. Durch intensives Beizen (z.B. erhöhte Prozesstemperatur) hergestellte Oberflächen weisen

unter Umständen große Rauigkeit auf, durch Glasperlenstrahlen werden die höchsten gemessenen Erhebungen der Rauigkeit geglättet. Eine mikrotopographische Glättung erfolgt durch fachgerechtes Elektropolieren.

Kaltumformprozesse glätten die Oberfläche auch, hinterlassen aber eine schattige Struktur. Durch Schleifen mit unterschiedlichen Rauigkeiten wird eine gleichmäßige, gebürstet aussehende Oberfläche erreicht.

Die Oberflächenrauigkeit ist bei nichtrostenden Stählen unter Kor-

rosionsgesichtspunkten sehr wichtig. Je niedriger die Rauigkeitswerte sind, d.h. je glatter die Oberfläche ist, desto weniger gibt es Ansatzpunkte für eine mögliche Korrosion. Das gilt generell für elektropolierte Oberflächen, nicht aber notwendigerweise für mechanisch geschliffene und/oder mechanisch polierte Oberflächen [14].

Zusammenfassung

Auch wenn Ra-, Rz- und Rq-Werte gebräuchliche Kennzahlen für die Charakterisierung von Oberflächen

Korn	Rq in μm	Ra in μm
80	2,02	1,80
120	1,47	1,32
150	1,20	1,06
180	0,86	0,76
240	0,43	0,38
320	0,36	0,30
500	0,20	0,18
600	0,15	0,13

Tabelle 2: Vergleichswerte von Korngrößen und Rauheitswerten (Näherungswerte) [13]

sind, sollten die Grenzen ihrer Aussagefähigkeit beachtet werden. Sie erlauben aus mikrogeometrischer Sicht keine exakte Aussage betreffend singulären Untiefen und der wahren Oberfläche. Die im Praxisverhalten bezüglich Korrosion, Reinigung oder Hygiene etc. geforderten Oberflächeneigenschaften werden maßgeblich von der wahren Topographie, der Morphologie und dem energetischen Zustand der Oberfläche bestimmt, wozu die Oberflächenrauheits-Werte nur eine relativ untergeordnete Aussage zulassen [14].

Auch die Schreibweise ist wichtig: „ $R_a \leq 0,5 \mu\text{m}$ “ hat beispielsweise nicht genau dieselbe Bedeutung wie „ $R_{a\text{max}} 0,5 \mu\text{m}$ “. Bezeichnungen wie „2B“ nach Euronorm oder „no 4 finish“ nach ASTM umfassen eine vergleichsweise große Bandbreite der Rauheit. Daher können Produkte unterschiedlicher Lieferanten und selbst aus unterschiedlichen Produktionsdurchgängen merklich verschiedene Oberflächenrauheits-Werte aufweisen.

Auch in der Architektur, wo das optische Erscheinungsbild besonders wichtig ist, reichen Rauheitswerte allein nicht aus, um eine Oberfläche eindeutig zu beschreiben. In solchen Fällen wird empfohlen, zwischen Lieferant und Abnehmer Muster auszutauschen und sie zu einem Vertragsbestandteil zu machen, um spätere Unstimmigkeiten zu vermeiden.

Normen

ISO 1302:2002

Geometrical Product Specifications (GPS) – Indication of surface texture in technical product documentation

EN ISO 3274:1997

Geometrische Produktspezifikationen (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten (ISO 3274:1996); Deutsche Fassung EN ISO 3274:1997

DIN EN ISO 4287:2010-07

Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997 + Cor 1:1998 + Cor 2:2005 + Amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998 + AC:2008 + A1:2009

DIN EN ISO 4287/A2:2013-04

Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit - Änderung 2: Kenngrößen X_{sm} und X_c (ISO 4287:1997/DAM 2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1997/prA2:2013N

Literatur

- [1] **Surface roughness**
Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_roughness
- [2] **Surface Roughness Finish (Review) and Equations**
http://www.engineersedge.com/surface_finish.htm
- [3] Boen, P.
Abrasieve voorbereiding van metaal oppervlakken voor verlijming
3M, company documentation
- [4] Rodriguez, V.; Sukumaran, J.; Ando, M.; De Baets, P.
Roughness measurement problems in tribological testing
Sustainable Construction and Design 2011
- [5] **EN ISO 4288:1997**
Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Rules and procedures for the assessment of surface texture (ISO 4288:1996)
- [6] Frantsen, J. E.; Mathiesen, T.
Specifying Stainless Steel Surfaces for the Brewery, Dairy and Pharmaceutical Sectors
Nace Corrosion, 2009, Paper 09573
- [7] **EN ISO 4287:1998**
Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 4287:1997)
- [8] **Roughness Parameters**
<http://www.rubert.co.uk/Ra.htm>
- [9] **Surface Textures of Stainless Steels, Technical Focus**
<http://airprocesssystems.com/pdf/eirich/surfacetextures.pdf>
- [10] **ASTM A 480/480M**
Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip
- [11] **EN 10088-2:2014**
Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steel for general purposes
- [12] **SSINA**
<http://www.ssina.com/finishes/sheetsamples.html>
- [13] **Surface Roughness Measurements**
KEPCO, http://www.kepcoinc.com/downloads/Electro_Polishing/
- [14] Henkel, G.; Rau, J.; Henkel, B.
Topographie und Morphologie funktionaler Edelstahloberflächen
Band 691 Kontakt und Studium, 2. Auflage, Expert Verlag, Renningen 2015



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 102205
40013 Düsseldorf
www.edelstahl-rostfrei.de

