

Merkblatt 985

## **Reflexionseigenschaften von nichtrostendem Stahl**



# 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](http://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/](http://www.edelstahl-rostfrei.de/) Publikationen.

## Impressum

Merkblatt 985  
Reflexionseigenschaften von  
nichtrostendem Stahl  
1. Auflage 2018

### Herausgeber:

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 22 05  
40013 Düsseldorf  
Telefon: 0211 / 67 07-8 36  
Telefax: 0211 / 67 07-3 44  
Internet: [www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)  
E-Mail: [info@edelstahl-rostfrei.de](mailto:info@edelstahl-rostfrei.de)

### Autor:

Alenka Kosmač, Žirovnica (SI)

Herausgeber und Autor danken den Herren Dr. Jörn Teipel und Dr. Dirk Wiemer, Outokumpu Nirosta GmbH (D), sowie Henrik Folkerts, BYK-Gardner GmbH (D), für ihre Beiträge und Anmerkungen sowie die kritische Durchsicht des Manuskripts. Übersetzung der englischen Sprachfassung: Thomas Pauly, Brüssel (B).

### Titelfoto:

Aperam Stainless Services & Solutions  
Poland

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

## Inhalt

		Seite
1	Einleitung	2
2	Spiegelung, Reflexion und Glanz	3
2.1	Wie wird Glanz gemessen?	5
2.2	Hochglanz	5
2.3	Matt bis mattglänzend	5
3	Zusammenhang zwischen Oberflächenrauheit und Glanz	6
4	Begriffe und Definitionen	7
5	Zusammenfassung	9
6	Literaturverzeichnis	10

# 1 Einleitung

Nichtrostende Stähle werden vor allem wegen ihrer glänzenden und korrosionsbeständigen Oberflächen eingesetzt. Sie zu beschreiben, ist allerdings schwierig, weil die Oberflächeneigenschaften nicht in Normen definiert sind. Zwar gibt es Normen über nichtrostenden Stahl, diese können aber hinsichtlich der Oberflächen nur Orientierungen vermitteln, weil die Spezifikationen sehr breit gefasst sind und sich ausschließlich auf die Verarbeitungsprozesse beziehen. Ziel heutiger Methoden der Glanzmessung ist es, von subjektiven Beschreibungen zu objektiven qualitativen Aussagen über den Oberflächenglanz zu gelangen [1].

Die Oberfläche von nichtrostendem Stahl wird von einer dünnen, festhaftenden, transparenten und sehr beständigen Passivschicht bedeckt – einem Oxid. Diese Passivschicht ist nur wenige Nanometer dick (etwa 10 nm), unsichtbar und bildet sich spontan, wenn Sauerstoff an der metallisch sauer-

berenen Oberfläche zur Verfügung steht. Sie reduziert die Korrosionsrate auf vernachlässigbar geringe Werte und ermöglicht es der Oberfläche, sich wie das blanke Metall selbst zu verhalten und auftreffendes Licht zu reflektieren [2]. Die Passivschicht ist unlöslich mit dem Grundwerkstoff verbunden. Wird sie, z.B. im Falle von Kratzern, beschädigt, kommt ihre grundlegende Fähigkeit zum Tragen, sich unter einer Vielzahl von Umgebungsbedingungen selbst wiederherzustellen [3]. Eines der wichtigsten Merkmale von nichtrostendem Stahl ist es zudem, dass sich das Aussehen der Oberfläche mit der Zeit nicht verändert.

Kupfer und Zink, die im Bauwesen oft zum Einsatz kommen, wenn die Glanzwirkung möglichst gering sein soll, bilden demgegenüber eine tiefmatten Patina, wenn sie der Atmosphäre ausgesetzt werden. In ihrem Fall ist die Oxidschicht 3-5 µm dick und kann das Aussehen eines keramischen Materials annehmen, das keinerlei metallischen Glanz aufweist. Das Oxid hat

einen niedrigen Reflexionsgrad und verändert sich im Laufe der Zeit sowie in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen. Es kann ausgewaschen werden und mit dem Ablaufwasser das Grundwasser verunreinigen. Nichtrostender Stahl ist demgegenüber inert, weswegen er auch in sensiblen Umweltbereichen eine gute Wahl ist [4].

Die Oberflächenausführungen von handelsüblichen nichtrostenden Stählen sind in verschiedenen Regelwerken definiert. Zu ihnen gehören die Normen EN 10088-2:2015 und ASTM A480-16b. Beide ähneln sich in der Art, wie sie Oberflächen beschreiben.

In der europäischen Norm **EN 10088-2** [5] werden Oberflächen ausschließlich anhand des jeweiligen Verarbeitungsverfahrens beschrieben. Da keine Akzeptanzkriterien genannt werden, ist es nicht möglich, sie darüber hinaus quantitativ zu definieren. Nachstehend beispielhaft einige Oberflächenbeschreibungen in der Norm:

	Kurzzeichen	Ausführungsart	Oberflächenbeschaffenheit	Anmerkungen
Kaltgewalzt	2B	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, kalt nachgewalzt	Glatt	Häufigste Ausführung, um gute Korrosionsbeständigkeit, Glattheit und Ebenheit sicherzustellen. Auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung.
	2R	Kaltgewalzt, blankgeglüht*	Spiegelnd	Glatter und blanker als 2B. Auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung.
Sonderausführungen	1G oder 2G	Geschliffen**	Siehe Fußnote***	Schleifpulver oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.
	1J oder 2J	Gebürstet** oder mattpoliert**	Glatter als geschliffen, siehe Fußnote***	Bürstenart oder Polierband oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.
	1K oder 2K	Seidenmattpoliert**	Siehe Fußnote***	Über die unter "J" aufgeführten Merkmale hinaus werden weitere Anforderungen gestellt, um eine angemessene Korrosionsbeständigkeit für See- und architektonische Außenanwendungen zu erzielen. Quer-R <sub>a</sub> < 0,5 µm in sauber geschliffener Ausführung.
	1P oder 2P	Blankpoliert**	Siehe Fußnote***	Mechanisch poliert. Verfahren oder Oberflächenrauheit können näher eingegrenzt werden. Ungerichtete Ausführung, reflektierend mit hohem Grad von Bildklarheit.

\* Kann leicht nachgewalzt sein.

\*\* Einseitig, sofern nicht zum Zeitpunkt der Anfrage und des Auftrages anders festgelegt.

\*\*\* Innerhalb der jeweiligen Kategorie können die Oberflächeneigenschaften variieren. Zwischen Hersteller und Verbraucher sollten spezifischere Kriterien (z.B. Körnung oder Oberflächenrauheit) vereinbart werden.

Tabelle 1: Herstellungsverfahren und Oberflächenausführungen von Grob- und Feinblechen sowie Bändern gemäß DIN EN 10088-2 [5]

Oberflächenausführung gemäß ASTM A480	Beschreibung	Glanz / Rauheit	Anmerkungen
Nr. 3	Mittelfein geschliffene Oberfläche, ein- oder beidseitig	Durchschnittliche Oberflächenrauheit ( $R_a$ ) bis zu 40 Micro-Inch*	Oberflächenausführungen Nr. 3 und 4 überlappen
Nr. 4	Geschliffene Oberfläche für allgemeine Anwendungen, ein- oder beidseitig	Durchschnittliche Oberflächenrauheit ( $R_a$ ) bis zu 25 Micro-Inch **	Oberflächenausführungen Nr. 3 und 4 überlappen
Nr. 6	Seidenmatte Oberfläche, ein- oder beidseitig gebürstet		
Nr. 7	Hochglänzende Oberfläche		Schleifriefen sind nicht entfernt
Nr. 8	Spiegelglanz		Sehr schwache Polier- oder Schwabbelspuren können noch sichtbar sein.

\* ca. 1,0  $\mu\text{m}$

\*\* ca. 0,6  $\mu\text{m}$

Tabelle 2: Oberflächenausführungen gemäß ASTM A480/A480M [6]

Auch die amerikanische Norm **ASTM A480** umschreibt im Wesentlichen die Oberflächenausführungen [6]. Die Oberflächen Nr. 3, 4, 6, 7 und 8 gehören zu den geschliffenen, gebürsteten und/oder polierten Ausführungen. Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der glänzenden Oberflächenausführungen, Nr. 7 und 8, ist in der Regel blankgeglüht (BA, *bright annealed*). Es weist bereits eine glatte, spiegelnd glänzende Oberfläche auf. Diese wird üblicherweise durch Kaltwalzen mit anschließendem Glühen unter Schutzgas erzeugt, das Oxidation und Verzunderung während des Glühprozesses verhindert. Das verbleibende leicht wolkige Erscheinungsbild wird anschließend durch mechanisches Polieren und Schwabbeln noch so weit verbessert, dass ein wirklicher Spiegelglanz entsteht.

Die Normen benennen Oberflächen ausführungen stets anhand des Verfahrens. Sie definieren die optischen Eigenschaften nicht quantitativ, sondern beschreiben sie lediglich, z.B. als „richtungslose Oberflächen ausführung, die hochglänzend ist und ein Spiegelbild von guter Klarheit erzeugt“. Normen sind zwar aussagekräftig, können aber leicht darüber hinwegtäuschen, dass zwischen Oberflächen mit gleicher Bezeichnung von Lieferung zu Lieferung deutliche Abweichungen bestehen können [7]. In der Praxis wird daher häufig empfohlen, Muster auszutauschen, weil es schwierig ist, eine Oberfläche eindeutig zu charakterisieren. So können sich

z.B. nominell identische spiegelpolierte Ausführungen von nichtrostendem Stahl von Hersteller zu Hersteller deutlich in Bezug auf Oberflächenmorphologie und optische Eigenschaften unterscheiden, obwohl sie alle den Definitionen der jeweiligen Normen entsprechen [7]. Für bestimmte Anwendungen oder Projekte kann es daher erforderlich sein, die optischen Eigenschaften deutlicher festzuschreiben.

## 2 Spiegelung, Reflexion und Glanz

Optische Eigenschaften wurden lange Zeit im Sinne von spiegelnder Reflexion und Glanz diskutiert. Aktuell werden auch andere Parameter herangezogen, darunter die Spiegelschärfe (*distinctness of image, DoI*)<sup>1)</sup> [7]. Hier auf wird nachstehend noch eingegangen.

Spiegelnde Reflexion und Glanz sind keine spezifischen physikalischen Eigenschaften einer Oberfläche. Sie

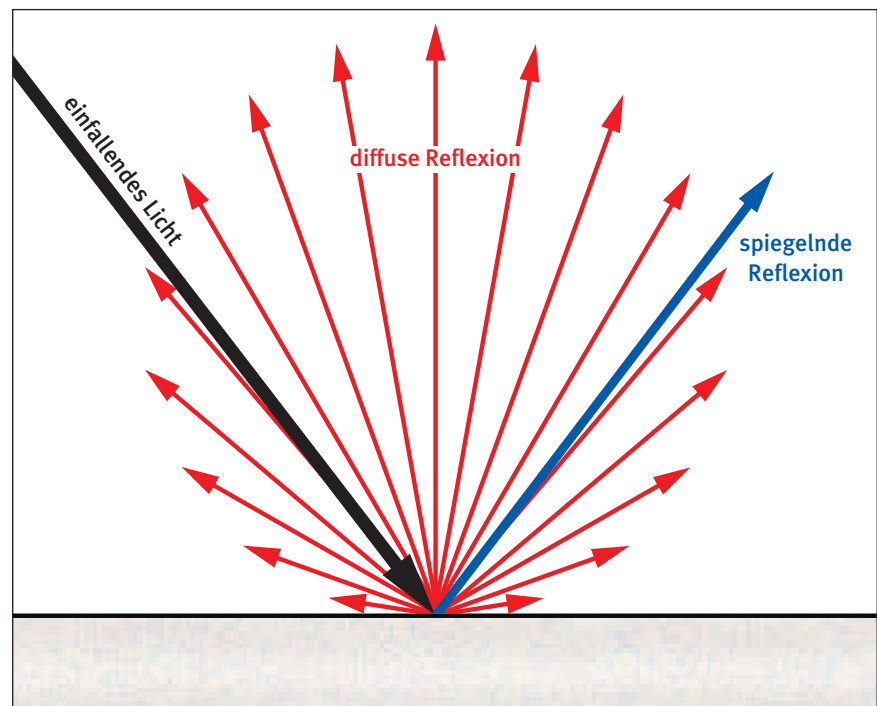


Abbildung 1: Spiegelnde und diffuse Reflexion [9]

<sup>1)</sup> *Distinctness of image (DoI)* wird in der Norm ASTM E430/D5767 definiert.

variieren mit dem Messwinkel und dem Durchmesser des Strahlenbündels des einfallenden bzw. reflektierten Lichts. Derartige Messungen sind also nicht unabhängig von den eingesetzten Geräten. Die spiegelnde Reflexion nimmt bei den meisten Oberflächen mit größer werdendem Messwinkel zu. Aus diesem Grund werden Glanzmessgeräte mit unterschiedlichen Messwinkeln eingesetzt [8].

Hochglanz wird vom Betrachter als spiegelartige Oberfläche wahrgenommen [10]. Glanz entsteht aus der Fähigkeit einer Oberfläche, mehr Licht in Spiegelrichtung abzustrahlen als in andere. Messungen nach diesem Prinzip korrelieren mit optischen Wahrnehmungen bei entsprechenden Betrachtungswinkeln. Glanz wird gemessen, indem man den Spiegelglanz einer Probe mit jenem eines standardisierten schwarzen Glases vergleicht [11].

Das menschliche Auge stellt nach wie vor ein sensibles Werkzeug dar, Glanzunterschiede festzustellen. Gleichwohl kann es Glanz nur schwer quantifizieren. So wird z.B. eine optimal polierte Edelstahloberfläche als sehr glänzend empfunden, obwohl der Reflexionsgrad aus physikalischen Gründen immer unter 70 % liegt. Dagegen wird eine etwas matte Aluminiumoberfläche als weniger glänzend wahrgenommen, auch wenn der Reflexionsgrad  $> 80 \%$  ist. Dies liegt wohl daran, dass in die Beurteilung des Glanzes oft auch z.B. die Spiegelschärfe mit einfließt. So ist die visuelle Beurteilung unzureichend, denn die Bedingungen sind nicht eindeutig definiert, zudem sehen und urteilen Menschen unterschiedlich. Darüber hinaus hängt die subjektive Wahrnehmung auch von persönlichen Vorerfahrungen ab. Glanz wird gemessen, indem man auf einen widergespiegelten Gegenstand scharfstellt, nicht auf die Oberfläche selbst. Sehvermögen und Befindlichkeit haben einen entscheidenden Einfluss auf die visuelle Beurteilung. Zudem ist wichtig, ob das Auge auf die Lichtquelle oder die Oberfläche fokussiert.

Eine Oberfläche wird beurteilt, indem der Betrachter auf das reflektierte Abbild einer Lichtquelle scharfstellt. Um eine praktikable und zuverlässige

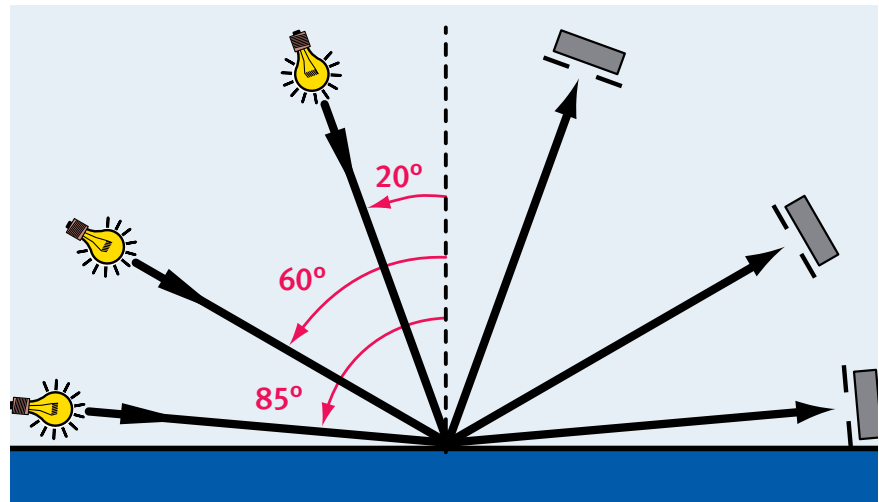


Abbildung 2: Glanzmessungen in bestimmten Winkeln zur Oberfläche [14]



Abbildung 3: Glanzmessgerät [15]

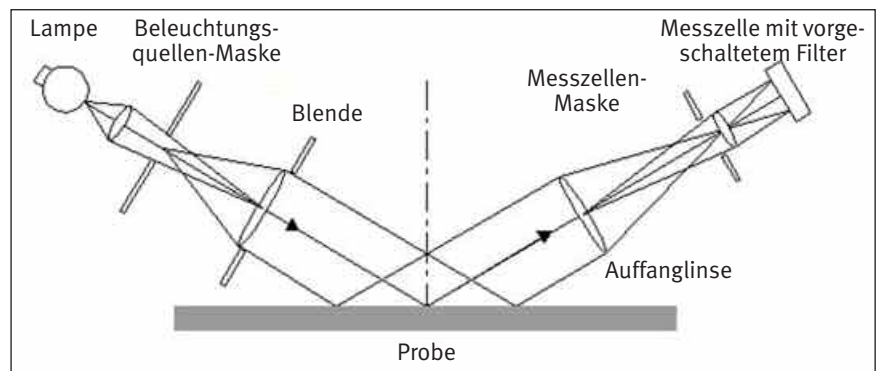


Abbildung 4: Prinzipskizze eines Glanzmessgerätes [16]

Qualitätskontrolle durchzuführen, muss der optische Eindruck mittels objektiver, messbarer Kriterien definiert werden. Eine genaue Charakterisierung des Erscheinungsbildes hilft nicht nur bei der Qualitätssicherung, sondern optimiert auch den Herstellungsprozess [13]. Wenn wahrnehmbare Glanzänderungen auftreten und Produkte mit gleichen Bezeichnungen

nicht gleich aussehen, betrachtet der Kunde dies als Zeichen mangelnder Qualität. Der Einsatz von Glanzmessgeräten und die Einrichtung einer wirksamen Qualitätssicherung verhindern, dass Abweichungen zu einem Problem werden.

## 2.1 Wie wird Glanz gemessen?

Glanz lässt sich messen, indem eine bestimmte Lichtmenge auf eine Oberfläche gestrahlt und deren Reflexion festgestellt wird. Lichteinfallswinkel und Messmethode hängen von der Oberfläche ab.

Zur Bestimmung des Reflexionsgrads werden Glanzmessgeräte eingesetzt. Sie werfen Licht unter einem bestimmten Winkel auf die Testoberfläche und messen den Grad der Reflexion. Die Art der Oberfläche entscheidet darüber, welcher Messwinkel – und damit welches Gerät – gewählt wird. Die Intensität hängt von Material und Beleuchtungswinkel ab. Dabei ist es sinnvoll, bei hohen Glanzwerten einen kleinen Winkel ( $20^\circ$ ) zu wählen und bei einem geringen Glanz einen größeren Winkel (z.B.  $60^\circ$ ), so dass das Messergebnis in einem mittleren Bereich liegt. Oft zu finden sind Glanzmessgeräte, die wahlweise eine Messung von drei Winkeln ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $85^\circ$ ) erlauben.

Ein typisches Glanzmessgerät bildet eine feste bauliche Einheit, bestehend aus einer standardisierten Lichtquelle, die ein paralleles Strahlenbündel auf die zu prüfende Oberfläche projiziert, und einer Messzelle mit vorgeschaltetem Filter, welche die von der Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen aufängt. Dabei gilt die Gesetzmäßigkeit, dass Einfallswinkel und Ausfallswinkel gleich sind.

Bei geeigneter Anordnung von Lichtquelle, Messzelle und Probe lassen sich Messungen in einem schmalen Bereich des Reflexionswinkels vornehmen. Die Messergebnisse des Glanzmessgerätes werden dann zu den Messwerten eines standardisierten schwarzen Glases mit definiertem Brechungsindex in Beziehung gesetzt. Das Verhältnis reflektierten Lichts von Probe und Referenzkörper ergibt den Glanzwert in Glanzeinheiten (*gloss units, GU*). Glanz ist in den Normen EN ISO 2813 und ASTM D523 definiert.

Als Messwinkel gilt der Winkel zwischen dem einfallenden Licht und der Probennormalen. Drei Standard-Messwinkel ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $85^\circ$ ) decken die Mehrzahl der industriellen Anwendungen ab [9]. Für bestimmte Materialien

sind andere Winkel üblich, z.B.  $45^\circ$  für Keramik, Folien, Textilien und anodisiertes Aluminium, oder  $75^\circ$  für Papier und Druckerzeugnisse.

Die GU-Skala ist zwar linear, allerdings gelten für die jeweiligen Winkel unterschiedliche Wertebereiche:  $0\text{--}2000$  GU ( $20^\circ$ ),  $0\text{--}1000$  GU ( $60^\circ$ ) und  $0\text{--}160$  GU ( $85^\circ$ ) [17]. Auf dem Markt gibt es Geräte, die auf die jeweiligen industrienspezifischen Normen ausgelegt sind.

## 2.2 Hochglanz

Abbilder werden von hochglänzenden und glatten Oberflächen wegen der direkten Reflexion deutlich widergespiegelt, d.h. die Reflexion erfolgt nur in Hauptrichtung. Ein- und Ausfallswinkel des Lichtes sind gleich [18].

Hochglänzende Oberflächen können

zufällig verteilte Defekte wie Kratzer oder Grübchen aufweisen, diese sind allerdings oft so klein, dass sie mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar sind [7].

## 2.3 Matt bis mattglänzend

Auf matten bis halbmatten Oberflächen wird das Licht in alle Richtungen gestreut. Das Bild zeichnet sich, wenn überhaupt, nur unscharf ab. Je gleichmäßiger das Licht gestreut wird, desto weniger intensiv ist die Reflexion in Hauptrichtung und desto matter erscheint die Oberfläche [13].

In vielen Anwendungsbereichen von nichtrostendem Stahl und anderen metallenen Werkstoffen soll die Reflexion möglichst gering sein, z.B. wenn starke Blendung die Sicherheit des Straßen- oder Luftverkehrs gefährden

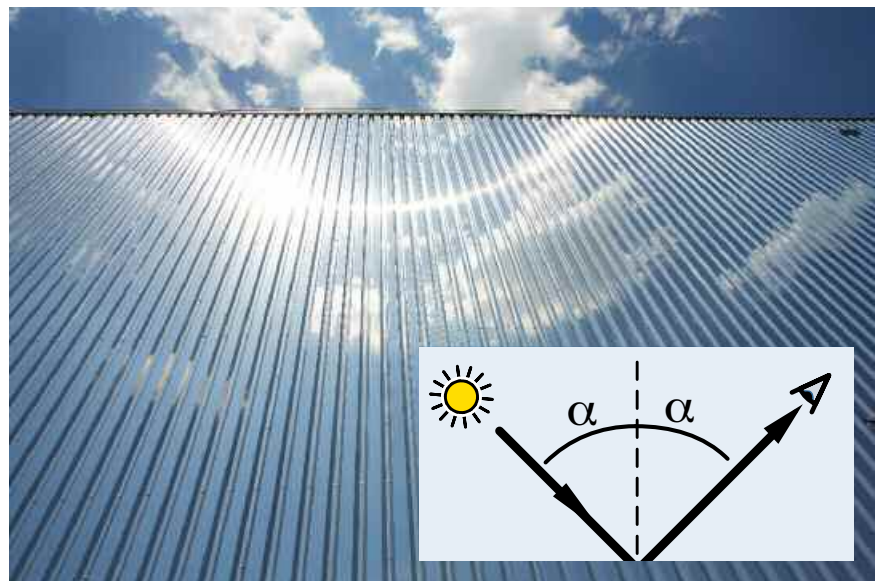


Abbildung 5: Hoher Glanzgrad [33]



Abbildung 6: Hochglänzende Oberflächenausführung der Skulptur 'Cloud Gate' von Anish Kapoor, Millennium Park, Chicago [19]

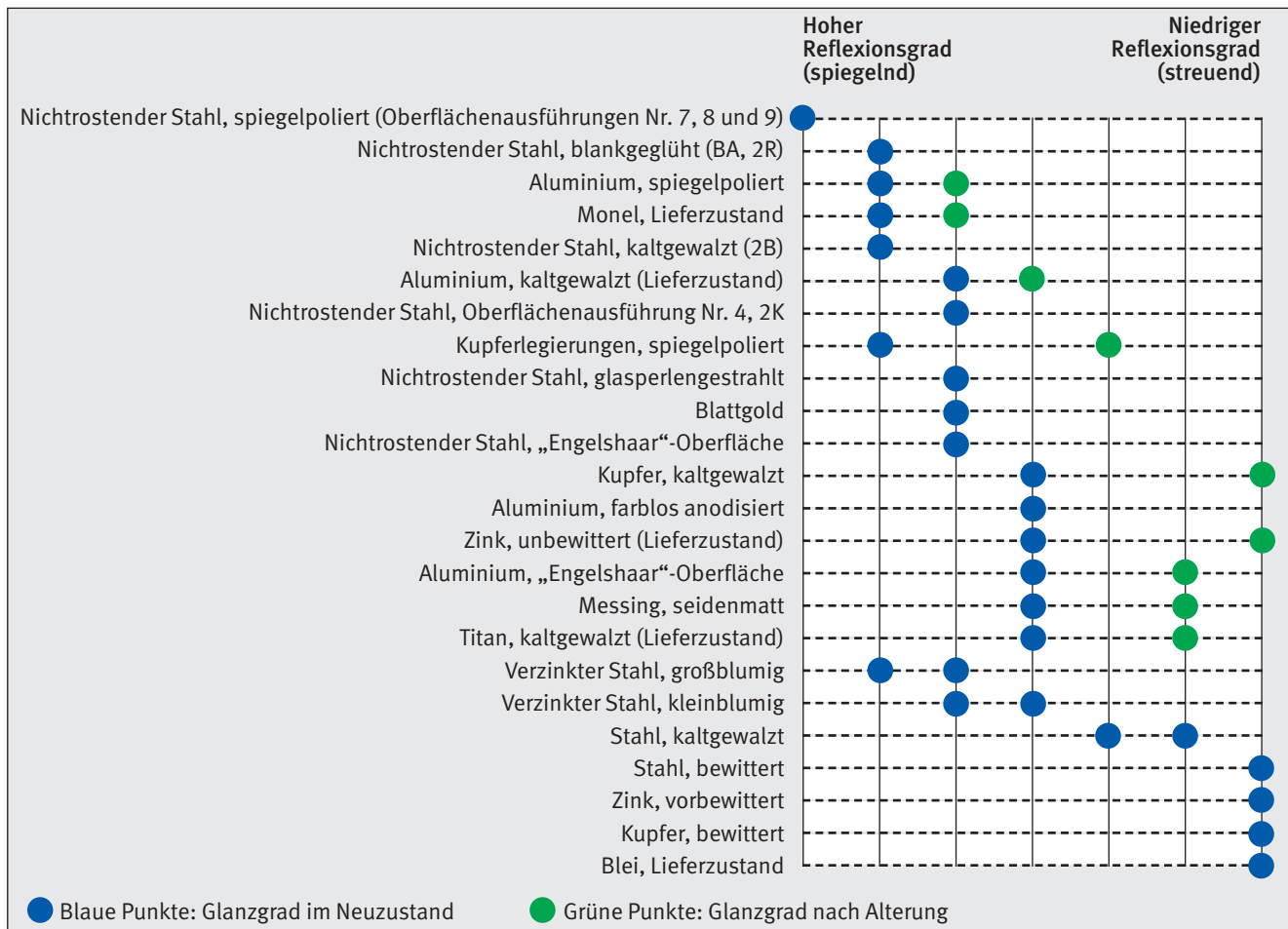


Abbildung 7: Vergleich des Glanzgrades unterschiedlicher metallener Werkstoffe [20]

kann. Häufig werden auch aus gestalterischen Erwägungen matte Oberflächen bevorzugt [1]. Unter ästhetischen Gesichtspunkten liegen derzeit – besonders in der Architektur – Oberflächen im Trend, die reflexionsgemindert sind, jedoch weiterhin eine lebendige metallische Oberflächenwirkung aufweisen [21].

Eine Reihe von Städten, darunter Singapur und Sydney, haben Vorschriften über die Tageslichtreflexion (die Summe gerichtet und diffus reflektierten Lichts im sichtbaren Bereich) von Fassadenwerkstoffen erlassen [21]. Unabhängig von der gewählten Oberfläche reflektiert nichtrostender Stahl stets ungefähr 60 % der im sichtbaren Spektralbereich liegenden Strahlung. Die Bestimmungen wurden im Jahr 2015 überarbeitet und die Begrenzung der Gesamtreflexion

wurde aufgehoben. Bei Fassadenmaterialien wurde das Hauptaugenmerk auf die gerichtete Reflexion gelegt. Für sie wurde bspw. in Singapur ein Grenzwert von 10 % und in Sydney von 20 % festgesetzt. Dabei gilt zu beachten, dass beide Städte unterschiedliche Messprotokolle vorgeben, so dass ein direkter Vergleich der beiden Vorschriften nicht möglich ist. Neuere Lösungen bestehen z.B. darin, einem feinen Muster ein grobes zu überlagern. Derartige doppelt strukturierte Oberflächen sind den Messergebnissen nach matt, erscheinen jedoch optisch glatt, funkelnd und lebhaft [21,22]. Werden verschiedene metallene Werkstoffe für bauliche Anwendungen miteinander verglichen, sind neben der Spiegelwirkung auch die Absorptions- und Emissionseigenschaften der Oberfläche von Bedeutung<sup>2)</sup>.

### 3 Zusammenhang zwischen Oberflächenrauheit und Glanz

Allgemein erhöht sich der Glanz, wenn der  $R_a$ -Wert<sup>3)</sup> geringer wird, und zwar unabhängig von Material und Richtung der Rauheit. Fällt der  $R_a$ -Wert unter ca.  $0,2 \mu\text{m}$ , steigt der Glanz stark an. Der Wellenlängenbereich der Lichtquelle, der zur Glanzmessung verwendet wird, liegt im sichtbaren Spektrum zwischen  $0,38 \mu\text{m}$  und  $0,78 \mu\text{m}$ . Daher entsteht in Bereichen, die einen  $R_a$ -Wert von weniger als ca.  $0,2 \mu\text{m}$  haben, unabhängig von der genauen Rauheit grundsätzlich spiegelnde Reflexion [23].

Über den direkten Zusammenhang

<sup>2)</sup> Bei Sonneneinstrahlung stellt sich auf einer schwarzen Oberfläche eine deutlich höhere Gleichgewichtstemperatur ein als auf einer weißen Oberfläche. Ein Maß dafür ist der SRI-Wert (*solar reflectance index*), der die relative Aufheizung einer Oberfläche wiedergibt, bezogen auf zwei Standardoberflächen: schwarz (SRI = 0) und weiß (SRI = 100). Gemäß einer Formel aus ASTM E 1980 lässt sich der SRI-Wert anhand der Absorptions- und Emissionskoeffizienten der Oberfläche abschätzen. Die herrschenden Windverhältnisse werden durch entsprechende Konvektionskoeffizienten berücksichtigt. Auf den meisten metallenen Werkstoffen bilden sich im Laufe der Zeit Oxide, die zu einer Verschlechterung des SRI führen können. Im Unterschied dazu bleibt der SRI-Wert bei nichtrostendem Stahl dauerhaft konstant. Der SRI-Wert geht im Rahmen nachhaltigen Bauens auch in die LEED-Zertifizierung ein.

<sup>3)</sup> Vgl. auch ISER-Merkblatt 984: Rauheitsmaße bei Oberflächen von nichtrostendem Stahl, [www.edelstahl-rostofffrei.de](http://www.edelstahl-rostofffrei.de)

## 4 Begriffe und Definitionen

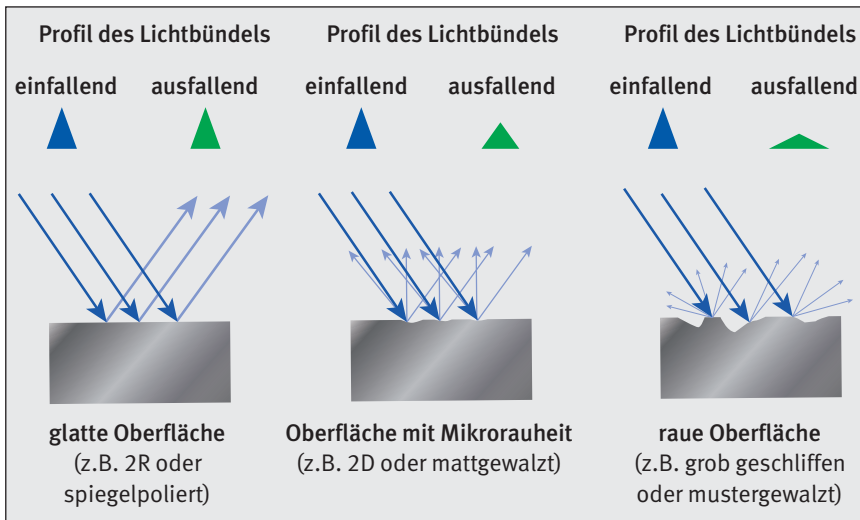


Abbildung 8: Reflexionswirkung unterschiedlicher metallener Oberflächen in Abhängigkeit von der Oberflächenrauheit (schematisch) [1]

zwischen Oberflächenausführung, Oberflächenrauheit und Reflexionseigenschaften gibt es nur wenige Informationen. **Abbildung 9** verdeutlicht die Bedeutung des Lichteinfallswinkels, mit dem der Glanz gemessen wird.

Glänzende Oberflächen werden in vielen Branchen gemessen, angefangen von Papierproduzenten bis zur Automobilindustrie. Zu den Produkten zählen Farben und Lacke, Pulverbe-

schichtungen, Additive, Tinten, Kunststoffe, Holzschutzmittel oder anodierte Metalle; zu den Anwendungsbereichen gehören u.a. Bootsbau, Fahrzeugbau, Luftfahrtindustrie, Glasherstellung, Unterhaltungselektronik usw. [9].

**Glanz** – optische Eigenschaft einer Oberfläche, die durch ihre Fähigkeit charakterisiert ist, Licht spiegelnd zu reflektieren [24]. Glanz lässt sich abstufen in hochglänzend, glänzend, halbmatt, seidenmatt, matt und tiefmatt [25].

**Glanzeinheiten (gloss units, GU)** – Einheit des Glanzwertes. Die Intensität der Reflexion hängt vom Material und vom Einstrahlwinkel ab. Bei Nichtmetallen (Lacken, Kunststoffen) steigt der Anteil der Reflexion mit dem Einstrahlwinkel an (z.B. werden bei 20° etwa 5 % des Lichtes reflektiert, bei 85° dagegen 65 %). Das restliche Licht dringt ins Material ein und wird abhängig vom Farbton absorbiert oder diffus gestreut. Die Messergebnisse der Glanzmessgeräte sind bezogen auf die Reflexion eines schwarzen Glasstandards mit einem definierten Brechungsindex von 1,567. Diesem Standard werden 100 Glanzeinheiten zugeordnet (z.B. bei 20° werden 5 % Reflexion auf 100 GU gesetzt, bei 85° sind 65 % gleich 100 GU). Die Messwerte sind nicht ins Verhältnis gesetzt

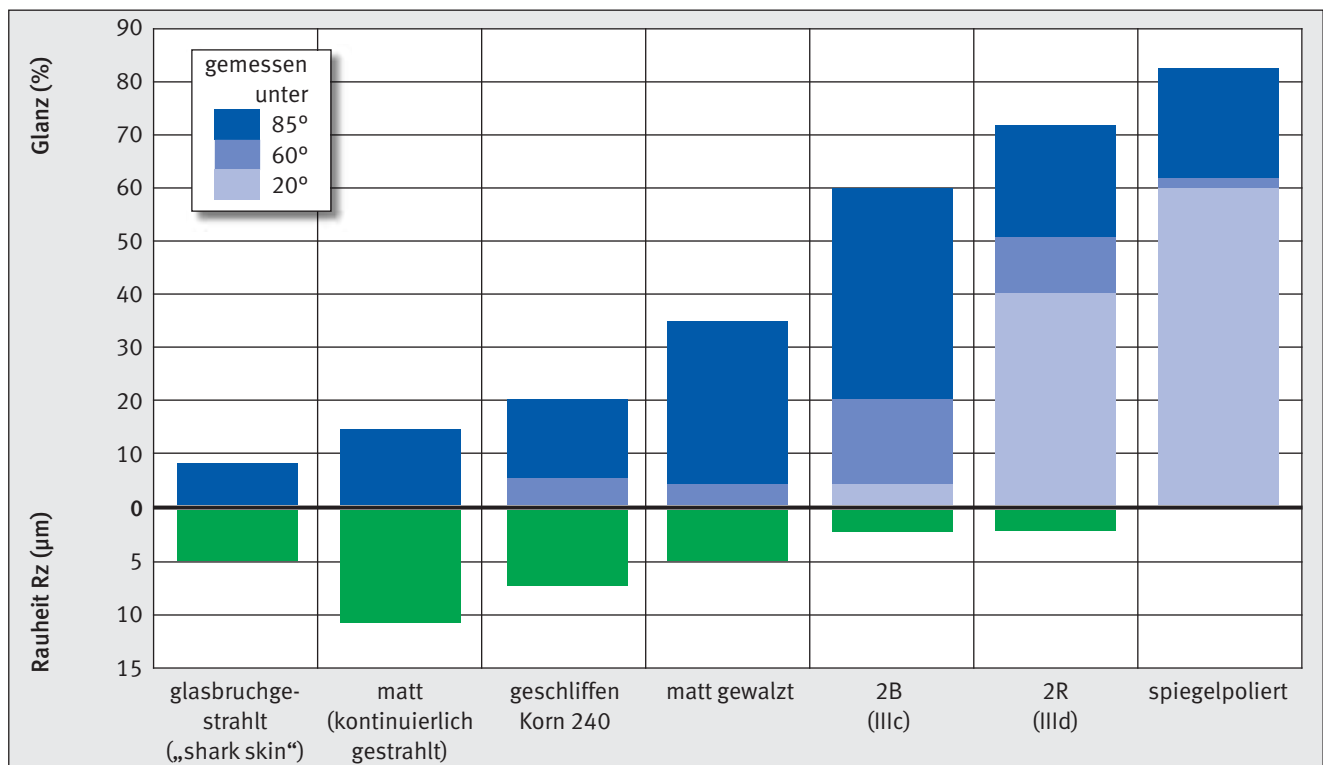


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Oberflächenausführung, Rauheit und Glanz [1]

<sup>4)</sup> Glanzschleier (haze) ist in der Norm ASTM E430 beschrieben.



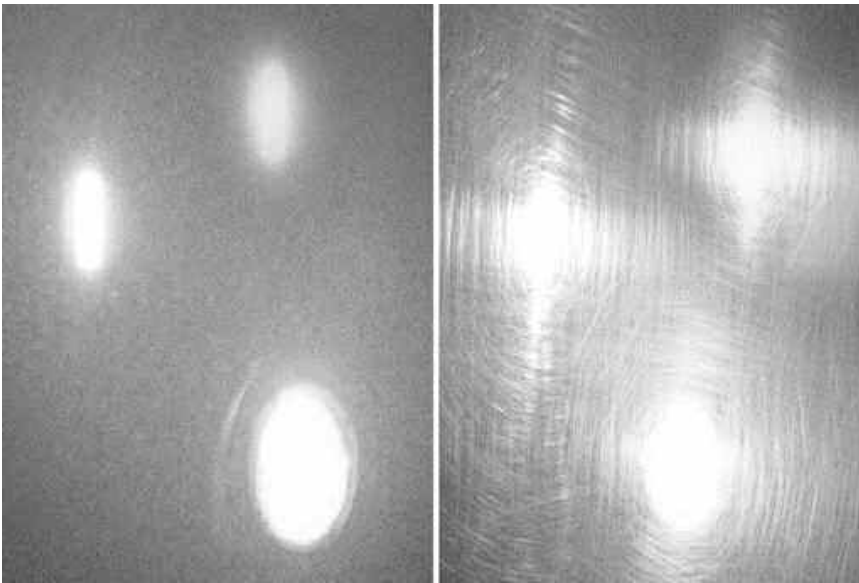


Abbildung 10: Mit zunehmendem Glanzschleier nimmt der Reflexkontrast ab [28]

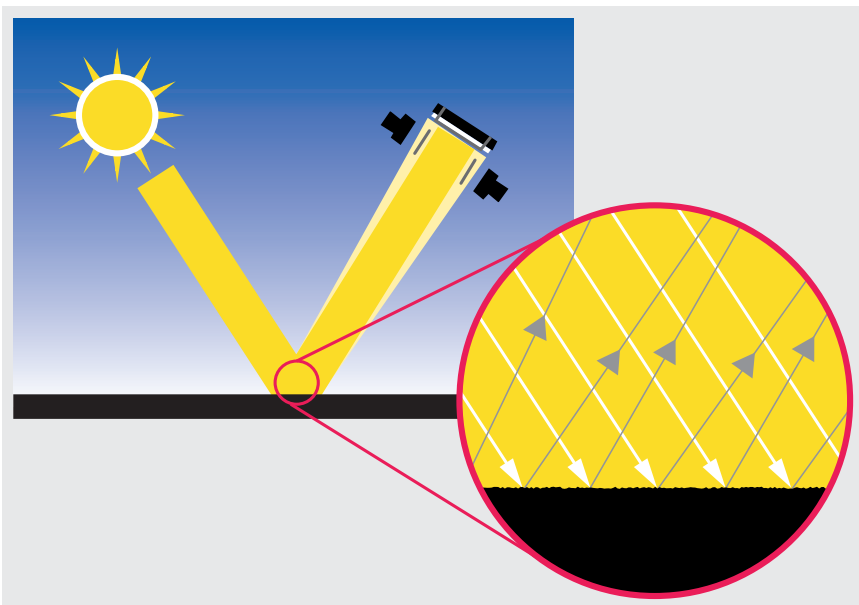


Abbildung 11: Ablenkung des reflektierten Lichts aufgrund mikroskopischer Oberflächenstrukturen [27]

zur prozentualen Reflexion. Metalloberflächen können bis zu 20 x mehr Licht reflektieren als Nichtmetalle. Deshalb sind Glanzmessgeräte mit einem Messbereich bis zu 2000 GU ausgestattet. Bei Metalloberflächen ist es üblich, die Messung auf die eingestrahlte Lichtmenge zu beziehen und in % anzugeben.

**Glanzschleier (haze)<sup>4)</sup>** – führt zu einem Verlust an Kontrast. Rund um die reflektierte Lichtquelle bilden sich „Höfe“, wodurch die Abbildungsqualität deutlich herabgesetzt wird [26]. Die Ursache hierfür liegt in mikroskopischen Oberflächenstrukturen, welche die Richtung des zurückgeworfenen Lichts geringfügig verändern und die Spiegelung der Lichtquelle ausbluten lassen. Die Oberfläche hat einen geringeren Kontrast und ein leicht milchiges Aussehen. Bei polierten Metallen ist ein erhöhter Glanzschleier oft ein Anzeichen für Polierspuren oder chemische Rückstände [27].

**Glanzwert** – der mit 100 multiplizierte Quotient des Lichtstroms, der von einer Probe reflektiert wird, und einer Glasoberfläche mit einem Brechungsindex von 1,567 bei einer Wellenlänge von 587,6 nm in Spiegelrichtung bei einem bestimmten Reflexionswinkel sowie einem bestimmten Öffnungswinkel der Lichtquelle und der Messzelle. Der Glanzwert wird von den Oberflächeneigenschaften, z.B. Rauheit, Muster und Struktur der Probe, bestimmt [30]. Blanke Metallteile, Spiegel usw. können Glanzwerte bis zu 2000 GU erreichen [9,26].



Abbildung 12: Beispiele von Oberflächen mit unterschiedlichen RIQ-Werten [22]

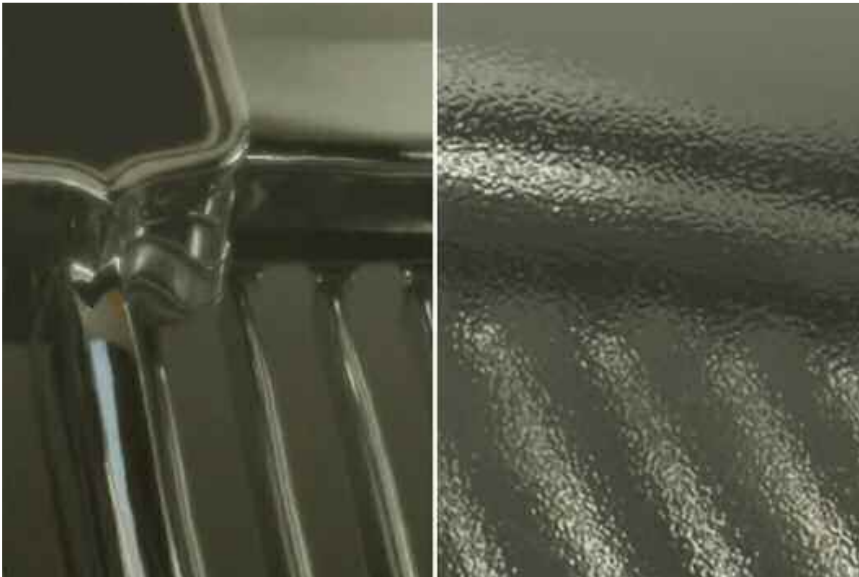


Abbildung 13: Spiegelglanz wird durch Oberflächenstrukturen vermindert [28]

**LRV-Wert (*light reflectance value*)** – ein Farbwert. In der ASTM E1477 98a oder BS8493:2008 wird der Wert auf die Messung des Y-Tristimuluswertes für einen 10°-Normalbeobachter und die D65-Normlichtquelle mit einem Spektrophotometer mit Ulbrichtkugel zurückgeführt. Diese Angabe wird überwiegend von Planern und Designern benutzt, z.B. Farbberatern im Bauwesen, Architekten, Graphikern und Innenarchitekten.

**Messanordnung** – Festlegung einer Methode der Glanzmessung unter einem bestimmten Winkel und bei bestimmten Begrenzungen des Lichtbündels.

**Orangenhaut (*orange peel*)** – Diese orangenschalenartige Verzerrung wird durch eine unregelmäßige Struktur großer Oberflächen verursacht, die das reflektierte Licht ablenkt. Sie ist durch Instrumente wie Glanzmessgeräte nicht zu erfassen [9]. Mögliche Ursachen des Orangenhaut-Effekts sind Rauheit bzw. Welligkeit des Ausgangsmaterials [27].

**Reflected image quality (RIQ)** – ist eine weitere Maßzahl, die angibt, wie klar ein reflektiertes Abbild auf einer Oberfläche erscheint. Eine vollkommen glatte Oberfläche, die ein Bild ohne jegliche Verzerrung ergibt, hat einen RIQ-Wert von 100.

**Spiegelglanz** – gerichtete Reflexion von Licht an einer Oberfläche. Dabei wird jeder einfallende Lichtstrahl so

reflektiert, dass einfallender und ausfallender Strahl mit der Oberfläche denselben Winkel bilden [29]. Das Ergebnis ist eine spiegelartige Reflexion (engl. *specular reflection*, von lat. *speculum* = Spiegel) [30].

**Spiegelschärfe (*distinctness of image, DoI*)** – wird gemessen, um die Abbildungsqualität hochglänzender Oberflächen wie Autolacke oder Spiegel jenseits ihrer Glanzeigenschaften zu beschreiben. Der DoI-Wert reagiert auch auf leichte Streueffekte sehr empfindlich. Je mehr Licht abweichend vom Reflexionswinkel gestreut wird, desto unschärfer ist das Bild und desto mehr Details gehen verloren [31].

## 5 Zusammenfassung

Oberflächen von nichtrostendem Stahl mit derselben Bezeichnung, insbesondere von verschiedenen Herstellern, können sich in Beschaffenheit und optischen Eigenschaften deutlich voneinander unterscheiden, auch wenn sie denselben Normen entsprechen. Messungen der optischen Eigenschaften ermöglichen es, derartige Unterschiede festzustellen und quantitativ zu charakterisieren. Nicht immer besteht ein einfacher Zusammenhang zwischen der Oberflächenrauheit und den optischen Eigenschaften [7]. Die aktuellen Fassungen der Normen für nichtrostenden Stahl [5,6] enthalten keine technischen Informationen über den Oberflächenzustand, sondern sind lediglich beschreibender Natur. Wenn das ästhetische Erscheinungsbild in einer Anwendung von Bedeutung ist, ist es bewährte Praxis, Muster auszutauschen, da es sich als schwierig erwiesen hat, Oberflächen eindeutig zu beschreiben.

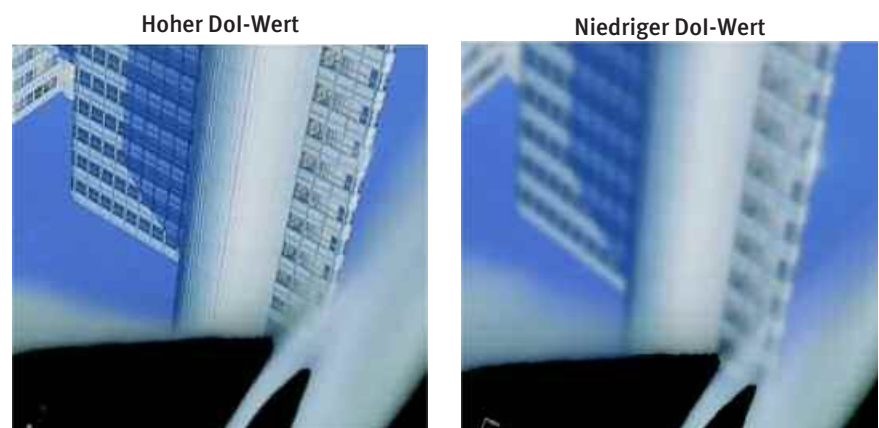


Abbildung 14: Prinzip der DoI-Messung [32]

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Koch, H., Otto, A., Schlump, W.: **Stainless Steel and the Challenge of Time**  
Presentation on the occasion of the conference Stainless Steel for Architectural Visions, Paris, 2001
- [2] McGuire, M.F., Deuschle, F. J.: **Thermal & Solar Reflectance of Stainless Steel**  
<http://www.metalresources.net/index.php/save-energy/244-thermal-solar-reflectance-of-stainless-steel>, January 2017
- [3] Cunat, P.-J.: **Working with Stainless Steels**, Euro Inox, Materials and Application Series, Volume 2
- [4] **Contrarian Metal Resources, Eliminate Biocide Runoff**,  
<http://www.metalresources.net/index.php/save-energy/eliminate-biocide-runoff>, June 2017
- [5] **EN 10088-2:2015 Stainless Steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes**
- [6] **ASTM A480/A480M -16b, ASTM SA480/SA480M** Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet and Strip
- [7] Fletcher, J.: **In Mechanical Finishing, All That Glistens Is...Or Is It?**, article from Products Finishing  
<http://www.pfonline.com/articles/in-mechanical-finishing-all-that-glistens-is-or-is-it>, January 2017
- [8] **ISO 7668:2010** Anodizing of aluminium and its alloys – Measurement of specular reflectance and specular gloss of anodic oxidation coatings at angles of 20 degrees, 45 degrees, 60 degrees or 85 degrees
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/Glossmeter>, February 2017
- [10] Nadal, M.E., Early, E.A., Thompson, E.A.: **NIST Special Publication SP250-70, Specular Gloss**  
<https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/calibrations/sp250-70.pdf>, February 2017
- [11] **ASTM D523-14: Standard Test Method for Specular Gloss**
- [12] Kigle-Boeckler, G.: **Measurement of gloss and reflection properties of surfaces**, Metal Finishing, Volume 93, Issue 5, May 1995, p. 28-31
- [13] **Gloss Meter Introduction / What is Gloss?**  
<http://www.byk.com/en/support/instruments/technical-information.html>
- [14] BYK-Gardner GmbH, **Introduction, Gloss Measurement**  
[http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/appearance/en/Intro\\_Gloss.pdf](http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/appearance/en/Intro_Gloss.pdf), November 2017
- [15] BYK-Gardner GmbH, Geretsried
- [16] Hanson, A. R.: **Measurement Good Practice Guide No. 94**, Good Practice Guide for the Measurement of Gloss, National Physical Laboratory, 2006
- [17] Elcometer 480, **Glossmeters**  
<http://www.elcometer.com/images/stories/PDFs/Datasheets/English/480.pdf>, February 2017
- [18] BYK-Gardner GmbH: **Using Glossmeter to Measure Varying Levels of Gloss**  
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=10628>, January 2017
- [19] T. Pauly, Euro Inox, Brussels
- [20] Zahner. A.: [http://www.azahner.com/resources\\_relative/reflectivity.cfm](http://www.azahner.com/resources_relative/reflectivity.cfm), February 2017
- [21] Teipel, J.: **New Developments on Stainless Steel Façades with Regard to Reflectance, Corrosion and Aesthetics**, CTBUH 2015 New York Conference
- [22] Teipel, J.: **Stainless Steel Façades: Reflectance, Corrosion and Aesthetics**  
<http://global.ctbuh.org/resources/presentations/new-developments-on-stainless-steel-facades-with-regard-to-reflectance-corrosion-and-aesthetics.pdf>, November 2017
- [23] Yonehara, M., Matsui, T., Kihara, K., Isono, H., Kijima, A., Sugibayashi, T.: **Experimental Relationship between Surface Roughness, Glossiness and Colour of Chromatic Colored Metals**, Materials Transactions, Vol. 45, No. 4, 2004, p. 1027-1032
- [24] **ISO 2813:2014** Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees
- [25] **ISO 4618:2014** Paints and varnishes – Terms and definitions
- [26] Elcometer, **How to measure gloss using a gloss meter**  
<http://www.elcometer.co.uk/en/how-to-measure-gloss-using-a-gloss-meter.html>, February 2017
- [27] Rhopoint Instruments,  
<http://www.rhopointinstruments.com/faqs/why-buy-an-iq-not-a-glossmeter/#DOI1>, January 2017
- [28] Elcometer 408 Triple Angle Gloss & DOI Meter,  
<http://www.elcometer.com/en/appearance/distinctiveness-of-image/elcometer-408-triple-angle-gloss-doi-meter.html>, November 2017
- [29] [https://en.wikipedia.org/wiki/Specular\\_reflection](https://en.wikipedia.org/wiki/Specular_reflection), November 2017
- [30] **Specular Reflection – Definition**  
<https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=822>, November 2017
- [31] **Distinctness Of Image**  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Distinctness\\_of\\_image](https://en.wikipedia.org/wiki/Distinctness_of_image), January 2017
- [32] BYK-Gardner GmbH, Geretsried
- [33] Aperam Stainless Services & Solutions Poland



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 22 05  
40013 Düsseldorf  
[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

