

DIN CEN/TS 17629

ICS 07.120

**Nanotechnologien –
Nano- und Mikro-skalige Ritzprüfung;
Deutsche Fassung CEN/TS 17629:2021**

Nanotechnologies –
Nano- and micro- scale scratch testing;
German version CEN/TS 17629:2021

Nanotechnologies –
Essais de rayure aux échelles nano- et micro métriques;
Version allemande CEN/TS 17629:2021

Gesamtumfang 39 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (CEN/TS 17629:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 352 „Nanotechnologien“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterarbeitsausschuss NA 062-08-17-02 UA „Prüfverfahren“ des Arbeitsausschusses NA 062-08-17 AA „Nanotechnologien“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Eine Technische Spezifikation ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens von DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Technischen Spezifikation sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nmp@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Deutsche Fassung

Nanotechnologien — Nano- und Mikro-skalige Ritzprüfung

Nanotechnologies —
Nano- and micro- scale scratch testing

Nanotechnologies —
Essais de rayure aux échelles nano- et micro métriques

Diese Technische Spezifikation (CEN/TS) wurde vom CEN am 9. Mai 2021 als eine künftige Norm zur vorläufigen Anwendung angenommen.

Die Gültigkeitsdauer dieser CEN/TS ist zunächst auf drei Jahre begrenzt. Nach zwei Jahren werden die Mitglieder des CEN gebeten, ihre Stellungnahmen abzugeben, insbesondere über die Frage, ob die CEN/TS in eine Europäische Norm umgewandelt werden kann.

Die CEN-Mitglieder sind verpflichtet, das Vorhandensein dieser CEN/TS in der gleichen Weise wie bei einer EN anzukündigen und die CEN/TS verfügbar zu machen. Es ist zulässig, entgegenstehende nationale Normen bis zur Entscheidung über eine mögliche Umwandlung der CEN/TS in eine EN (parallel zur CEN/TS) beizubehalten.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Kurzbeschreibung	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Reibung	9
5.3 Faktoren, die die kritischen Kräfte beeinflussen	10
5.4 Test mit mehrfachem Durchlauf	11
6 Prüfeinrichtung und Materialien	13
6.1 Prüfeinrichtung	13
6.2 Eindringkörper	15
6.3 Testumgebung	17
7 Vorbereitung der Proben	17
7.1 Rauheit	17
7.2 Reinigung der Probe	18
8 Testverfahren	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Nullpunktbestimmung	19
8.3 Prüfkraft	19
8.4 Prüfprofile	19
8.5 Prüfverfahren	20
9 Analyse der Ergebnisse	25
9.1 Allgemeines	25
9.2 Einfacher Durchlauf mit kontinuierlich ansteigender Kraft	25
9.3 Einfacher Durchlauf mit konstanter Kraft	28
9.4 Mehrfacher Durchlauf mit kontinuierlich ansteigender Kraft	28
9.5 Mehrfacher Durchlauf mit konstanter Kraft	28
10 Vergleichpräzision, Wiederholpräzision und Grenzen der Prüfung	29
11 Prüfbericht	30
Anhang A (normativ) Verfahren zur Bestimmung der Flächen- oder Radiusfunktion des Eindringkörpers	31
A.1 Allgemeines	31
A.2 Direkte Messverfahren	31
A.3 Indirekte Messverfahren	32
Literaturhinweise	36

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (CEN/TS 17629:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 352 „Nanotechnologien“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Technische Spezifikation anzukündigen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Das Prüfverfahren soll andere Normen ergänzen, in denen die Ritzbeständigkeit von Werkstoffen behandelt wird. Dieses Verfahren erweitert die Anwendung der Nano- und Mikro-Ritzprüfung mit einmaligen Durchlauf auf unbeschichtete und beschichtete Werkstoffe und deckt zusätzlich die Anwendung der Nano- und Mikro-Ritzprüfung mit mehrfachem Durchlauf ab.

Das beschriebene Verfahren ist nicht dafür vorgesehen, angewendet zu werden, um zu definieren, wie Teilchen bei dieser Art der Beschädigung von einer Oberfläche freigesetzt werden.

Es werden mehrere Messverfahren mit den folgenden Vorgehensweisen beschrieben:

— Ritzprüfung mit konstanter Kraft

Einfache Bewegung eines senkrecht zur Oberfläche belasteten Eindringkörpers (konstante Kraft) auf eine Probe; Reibungskraft und Weg des Eindringkörpers (relativ zur Probe) werden entlang der Ritzstrecke gemessen.

— Ritzprüfung mit kontinuierlich ansteigender Kraft

Einfache Bewegung eines senkrecht zur Oberfläche kontinuierlich belasteten Eindringkörpers (kontinuierlich ansteigende Kraft) auf eine Probe; Reibungskraft und Weg des Eindringkörpers (relativ zur Probe) werden entlang der Ritzstrecke gemessen.

— Ritzprüfung mit unidirektionaler konstanter Kraft und mehrfachem Durchlauf

Wiederholte Bewegung eines senkrecht zur Oberfläche belasteten Eindringkörpers (konstante Kraft) auf eine Probe, derselben Spur folgend; die Variation der Reibungskraft und der Weg des Eindringkörpers (relativ zur Probe) werden entlang der Ritzstrecke gemessen. Erstmalig von Bull und Rickerby [1] erwähnt, wird dieser Test bei Anwendung im Nano-Ritzbereich auch als „Nano-Verschleiß“-Test (en: nanowear) bezeichnet und stellt als effektive Ermüdungsprüfung bei niedriger Lastspielzahl Informationen zum Ermüdungsverhalten der Probe bereit.

— Ritzprüfung mit fortschreitender Kraft und drei Abtastungen

Drei wiederholte unidirektionale Bewegungen eines senkrecht zur Oberfläche belasteten Eindringkörpers auf einer Probe entlang derselben Spur. Die erste Bewegung des Eindringkörpers wird bei konstanter Kraft (geringer Kraft) und als Topographieabtastung der Oberfläche einer nicht geritzten Probe ausgeführt. Die zweite Bewegung des Eindringkörpers erfolgt mit einer kontinuierlich ansteigenden Normalkraft auf die Probe (von geringer zu großer Kraft). Die dritte Bewegung des Eindringkörpers gleicht der ersten Bewegung mit geringer Kraft, um eine Topographie des in der Probe erzeugten Ritzes zu erhalten. Dieser Test wird auch als „Ritztopographieprüfung mit mehrfachem Durchlauf“ (en: Scratch Topography Multi-Pass Test) bezeichnet und wurde das erste Mal von Wu und Mitarbeitern [2] [3] erwähnt; er ermöglicht die Erkennung von Versagensmechanismen und liefert weitere Einzelheiten bezüglich des Einflusses von Spannung auf diese, wie die kritische Kraft für das Einsetzen der nichtelastischen Verformung und der Fließdruck (berechnet aus dem mittleren Druck bei kritischer Kraft).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren zur Messung der Ritzbeständigkeit und des Versagensverhaltens von modernen Werkstoffen und Beschichtungen mithilfe von nano- und mikroskaligen Ritzversuchen fest. Das Verfahren stellt sowohl Daten zur physischen Beschädigung an Proben als auch zur Reibung, die zwischen Eindringkörper und Probe bei einfachem oder mehrfachem Durchlauf erzeugt wird bereit. Der Kraftbereich dieser Prüfungen reicht von 1 μ N bis zu 2 N.

Das Testverfahren ist nicht auf Beschichtungen nach EN ISO 4618 [18] anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Nanomaßstab

nanoskalig

Größenbereich zwischen etwa 1 nm und 100 nm

Anmerkung 1 zum Begriff: Eigenschaften, die nicht von einer größeren Größe extrapoliert sind, zeigen sich vorwiegend in diesem Größenbereich.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der untere Grenzwert in dieser Definition (etwa 1 nm) wird eingeführt, um zu vermeiden, dass einzelne und kleine Gruppen von Atomen als Nanoobjekte oder Elemente von Nanostrukturen bezeichnet werden, was ohne einen unteren Grenzwert angenommen werden könnte.

Anmerkung 3 zum Begriff: EN ISO 14577-1 definiert den Nanobereich für Eindringtiefen kleiner als 200 nm und legt ein Kraftkriterium für Prüfungen im Mikrobereich fest.

[QUELLE: CEN ISO/TS 80004-1:2015, 2.1 [17], modifiziert]

3.2

Mikrobereich

Größenbereich zwischen 100 nm und 100 μ m

3.3

topographisches Profil

für die Erstellung eines topographischen Profils durchgeführte Abtastungen (z. B. bei einer Ritzprüfung mit dreifachem Durchlauf: Vorabtastung und Nachabtastung bei minimaler Kraft) mit dem Ziel, das topographische Profil der Oberfläche vor und nach der Ritzprüfung zu messen

Anmerkung 1 zum Begriff: Um eine plastische Verformung zu vermeiden, sollte die Belastung bei der Abtastung minimal gehalten werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Abtastungen müssen in derselben Richtung erfolgen, um Unsicherheiten bei der Aufzeichnung des Weges zu vermeiden; Abtastbewegungen müssen länger als Ritzbewegungen sein, um den Beginn und das Ende des Ritzes abzudecken und um nicht verformte Bereiche für die Überprüfung der Drift des Gerätes bereitzustellen. Die Kraft während der Abtastbewegungen muss klein genug sein, um sicherzustellen, dass jegliche Verformungen elastischer Natur sind.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Radius des Eindringkörpers muss klein genug sein, um eine ausreichende Auflösung für die Analyse des Profils der Oberfläche bereitzustellen.

3.4

kritischer Punkt auf der Ritzspur

Punkte auf der Ritzspur, an denen ein neuer Schadensvorgang in Abhängigkeit von der Spurlänge, der Normalkraft oder anderen gemessenen Signalen (z. B. Tangentialkraft, Schallemission) beginnt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Vorgänge können als Merkmale der Ritzspur selbst oder als Merkmal der aufgezeichneten Spuren (Abtastung — Ritzvorgang — Nachabtastung) identifiziert werden.

3.4.1

Einsetzen der plastischen Verformung

Punkt auf der Ritzspur, an dem die Nachabtastung der Spur deutlich tiefer ($4 \times$ Grundrauschen des Weges des Gerätes) als die Vorabtastungsspur wird, wenn notwendig nach der Korrektur der thermischen Drift

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Normalkraft an diesem Punkt ist der Schwellwert der Kraft für das Einsetzen der plastischen Verformung (L_y).

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn der Zweck der Prüfungen die Bestimmung der Schichteigenschaften ist, muss gesichert sein, dass das Fließen in der Beschichtung vorliegt.

3.4.2

Einsetzen der Rissbildung

kritischer Punkt beim Ritzversuch, an dem die erste Rissbildung erfolgt, nachgewiesen durch anschließende bildliche Darstellung der Ritzstrecke oder durch Analyse der Reibungskraft, der Schallemission [4] oder der Wegedaten (L_{c1})

3.4.3

Einsetzen des teilweisen Schichtversagens

kritischer Punkt beim Ritzversuch, an dem der Beginn des Abtrags von Material innerhalb oder außerhalb der Ritzspur festgestellt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Regel ist das abgetragene Material kleiner als die Schichtdicke. Dieser kritische Punkt wird mit L_{c2} bezeichnet. Der mit L_{c2} verbundene Versagensmodus tritt nicht immer ein. In diesem Fall sollte L_{c2} nicht angegeben werden.

3.4.4

Einsetzen des schwerwiegenden Schichtversagens

kritischer Punkt beim Ritzversuch, an dem ein deutlicher Materialabtrag durch anschließende bildliche Darstellung der Ritzstrecke oder durch den Unterschied der Tiefe bei Vor- und Nachabtastung festgestellt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Ist der Materialabtrag größer oder gleich der Schichtdicke, kann eine Schichtablösung aufgetreten sein. Dieser kritische Punkt wird mit L_{c3} bezeichnet. Ist der Unterschied in der Tiefe der Vor- und Nachabtastung geringer als die Schichtdicke, kann der Versagensmodus kohäsiv sein.

3.5

Flächenfunktion des Eindringkörpers

geometrische Beziehung zwischen der projizierten Normalfläche des Eindringkörpers und dem Abstand vom Ende des Eindringkörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Flächenfunktion des Eindringkörpers sollte in regelmäßigen Abständen überprüft werden, um die Form der Spitze zu bestimmen (siehe Anhang A).

3.6

effektiver Radius eines kugelförmigen Eindringkörpers

Radius eines idealen kugelförmigen Eindringkörpers, der dieselbe Tiefe wie ein unvollkommener Eindringkörper hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei anderen Eindringkörpern mit anderen nominellen Formen, wie pyramidenförmigen Eindringkörpern, gibt es immer einige Unvollkommenheiten der Form der Spitze, sodass die Spitze einen effektiven Radius aufweist.

3.7

Ritztiefe

h_t ist die Ritztiefe unter Kraft und h_r ist die verbleibende Tiefe, die anhand eines nachfolgend erstellten topographischen Profils durch Subtraktion des Vorabtastungsprofils vom Nachabtastungsprofil bestimmt wird

3.8

Reibungskraft

tangential zur Grenzfläche zwischen zwei Körpern wirkende Kraft, wenn sich bei Einleitung einer äußeren Kraft ein Körper relativ zum anderen bewegt oder dazu neigt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch „Reibungskoeffizient“.

[QUELLE: ASTM G40-17:2017]

4 Symbole und Abkürzungen

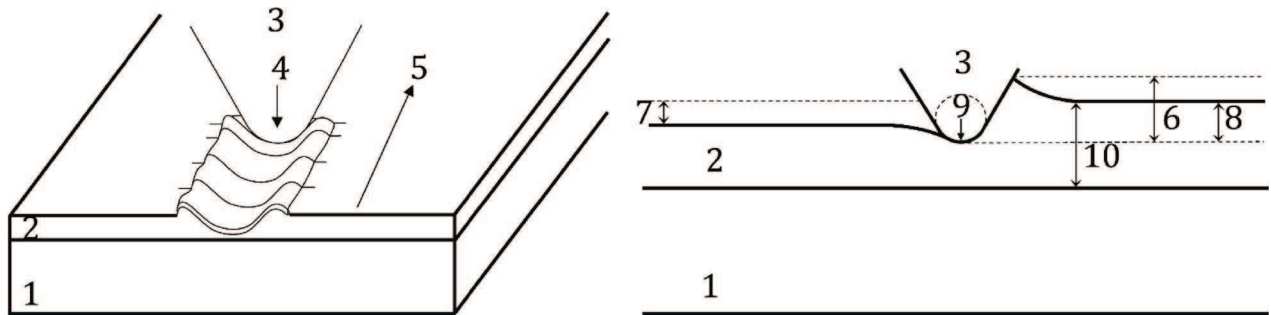
Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen in Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol	Definition	Einheit
h_t	Ritztiefe unter Kraft	mm
h_c	Kontakttiefe	mm
h_0	Ausgangstiefe (Vorabtastung)	mm
h_r	Verbleibende Tiefe (nach Ritzvorgang)	mm
t_f	Schichtdicke	mm
R_a	arithmetisches Mittel der Rauigkeit	mm
S	Effektive Adhäsionskraft	GPa
R	Spitzenradius	mm
A_c	Kontaktfläche der Spitze	mm ²
x	Ritzdistanz	mm
t	Ritzzeit	s
F_N	Normalkraft	N

Symbol	Definition	Einheit
F_S	Abtastkraft	N
F_T	Tangentialkraft	N
P_m	Kontaktdruck	GPa
L_y	Anfängliche Fließkraft	N
L_{c1}	Kraft, bei der die erste Rissbildung auftritt	N
L_{c2}	Kraft, bei der ein teilweises Versagen auftritt	N
L_{c3}	Kraft, bei der ein vollständiges Versagen auftritt	N
L_c	Kritische Kraft	N
μ_{tot}	Reibungskoeffizient	
$\mu_{\text{Grenzfläche}}$	Grenzflächenkomponente der Reibung	
μ_{Furchung}	Furchungskomponente der Reibung	
C	Kontaktnachgiebigkeit	nm/mN
C_f	Rahmennachgiebigkeit	nm/mN
E	Elastizitätsmodul	GPa
E_i	Elastizitätsmodul des Eindringkörpers	GPa
E_s	Elastizitätsmodul der Probe	GPa
E_r	Reduzierter Elastizitätsmodul	GPa
H	Härte	GPa
ν_i	Poissonzahl des Eindringkörpers	
ν_s	Poissonzahl der Probe	
a	Kontaktradius des Eindringkörpers	mm
ε	Epsilon-Faktor	

Einige der oben aufgeführten Abkürzungen sind in Bild 1 schematisch dargestellt.



Legende

- | | | | |
|---|--------------------|----|--|
| 1 | Substrat | 6 | Kontakttiefe, h_c |
| 2 | Beschichtung | 7 | Verbleibende Tiefe (nach Ritzvorgang), h_r |
| 3 | Eindringkörper | 8 | Ritztiefe unter Kraft, h_t |
| 4 | Normalkraft, F_N | 9 | Spitzenradius, R |
| 5 | Ritzdistanz, x | 10 | Schichtdicke, t_f |

Bild 1 — Schematische Darstellung einer Ritzprüfung und ihr Querschnitt

5 Kurzbeschreibung

5.1 Allgemeines

Bei der Prüfung wird ein Eindringkörper mit bekannter Geometrie gegen eine Probe belastet und über die Probe hinweg bewegt. Es wird die Eindringtiefe des Eindringkörpers in die Probe gemessen, um die Beschädigung der Probe während der Durchführung der Prüfung in Echtzeit zu messen, und es wird die Kraft gemessen, die durch den Widerstand der Bewegung erzeugt wird, um Informationen zur Reibung zu erhalten. Um das Verhalten des Werkstoffs infolge wiederholter Kontakte zu ermitteln, können Versuche mit mehrfachem Durchlauf durchgeführt werden. Diese können sowohl mit konstanter Belastung als auch mit kontinuierlich ansteigender Belastung durchgeführt werden.

Ein wesentlicher Parameter dieser Prüfungen ist die Messung und Prüfung der Geometrie des bei der Durchführung der Versuche verwendeten Eindringkörpers.

5.2 Reibung

Die bei der Nano- und Mikro-Ritzprüfung gemessene Reibung variiert in der Regel in Abhängigkeit von der aufgetragenen Kraft. Wenn eine harte Oberfläche über eine weichere Oberfläche gezogen wird, entsteht ein Teil des Reibungswiderstands aufgrund der Kraft, die benötigt wird, um Rauheitsspitzen der härteren Oberfläche durch die weichere zu furchen. Der Reibungskoeffizient (Reibungskraft/Normalkraft) kann deshalb in seine Grenzflächen- und seine Furchungskomponenten aufgeteilt werden, sodass der Grenzflächenreibungskoeffizient wie folgt angegeben werden kann:

$$\mu_{\text{total}} = \mu_{\text{Grenzfläche}} + \mu_{\text{Furchung}} \quad [5] \quad (1)$$

Die Grenzflächenreibung entsteht aufgrund der Adhäsionskraft, die üblicherweise zwischen zwei sich berührenden Flächen auftritt. Dieser Effekt verursacht keine Veränderung der Oberfläche. Die Grenzflächenreibung kann mithilfe verschiedener Ansätze ermittelt werden:

- 1) Durchführung einer Reibungsprüfung mit konstanter Kraft bei sehr geringer Kraft, wobei der Kontakt vollelastisch ist und der Furchungsbeitrag gleich null ist;
- 2) Durchführung wiederholter Ritzvorgänge zur Beseitigung des Furchungsbeitrags;

- 3) Durchführung eines Ritzvorgangs mit fortschreitender Kraft und Extrapolation der Reibungsdaten bei geringer Kraft auf eine Kraft von null.

In der Regel liegt der Reibungskoeffizient an der Fließgrenze in einem Größenbereich von 0,05 und steigt bei Versagen auf etwa 0,2 bis 0,5 an. Der Einfluss der Furchung auf die Reibung hat einen komplexen Mechanismus und hängt stark von den mechanischen Eigenschaften der Probe ab.

Obwohl von Reibungsmessungen oft berichtet wird, dass sie bei verschiedenen Längenmaßstäben unterschiedlich ausfallen, zeigt sich eine viel größere Übereinstimmung, wenn das Ausmaß der Verformung berücksichtigt wird [6] [8].

5.3 Faktoren, die die kritischen Kräfte beeinflussen

5.3.1 Allgemeines

Zusätzlich zu der Stärke der Adhäsion zwischen einer vorhandenen Beschichtung und dem Substrat kann die kritische Kraft durch eine Reihe von extrinsischen und intrinsischen Faktoren [9] sowie durch die mechanischen Eigenschaften der Probe (E und H) und die Seitensteifigkeit des Gerätes [10] [11] beeinflusst werden. Zu den intrinsischen Faktoren gehören die Ritzgeschwindigkeit, die Belastungsgeschwindigkeit und der Spitzenradius; extrinsische Faktoren können die mechanischen Eigenschaften sowohl der Beschichtung als auch des Substrats sowie die Rauheit, die Dicke und die Reibungskraft, die bei Kontakt des Eindringkörpers mit der Oberfläche der Probe erzeugt wird, einschließen. Des Weiteren können die Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Druck, relative Luftfeuchte und Gaszusammensetzung, einen bedeutenden Einfluss auf die Prüfergebnisse haben.

5.3.2 Eindringkörperradius

Bei beschichteten Proben wird die Möglichkeit der Prüfung die Merkmale der Struktur, wie die Grenzfläche zwischen Beschichtung und Substrat, zu untersuchen durch den Betrag der aufgebrachten Kraft und das Verhältnis des Eindringkörperradius zur Schichtdicke R/t_f bestimmt. Dieses Verhältnis ist viel kleiner als das bei Makro-Ritzprüfungen verwendete Verhältnis. Bei Beschichtungen kann der Eindringkörperradius so ausgewählt werden, dass oberhalb, an oder unterhalb einer Grenzfläche eine maximale Spannung erzeugt wird, je nachdem, welche Information für die Anwendung am kritischsten ist. Die Unterschiede im Verhältnis von R/t_f können mit verschiedenen Spannungsfeldern verbunden sein, was es ermöglicht, sich auf kohäsives oder adhäsives Versagen von Beschichtungen zu konzentrieren.

Bei Verwendung größerer Eindringkörperradien (geringe Spannungen) werden höhere kritische Kräfte beobachtet. Für den Fall, dass die plastische Verformung im Substrat beginnt, kann eine grobe Abschätzung zu einer Abhängigkeit der kritischen Kraft vom Eindringkörperradius nach einem Potenzgesetz [7] des in Gleichung (2) gezeigten Typs vorgenommen werden, wobei S ein Parameter ist, der der effektiven Adhäsionskraft in der Ritzprüfung entspricht. Der Exponent m liegt üblicherweise im Bereich zwischen 1 bis 2, wenn kugelförmige Eindringkörper verwendet werden.

$$L_c = SR^m [10] \tag{2}$$

Sind Beschichtungen vorhanden, kann deren Dicke die kritische Kraft beeinflussen, da

- a) dickere Schichten, die härter als das darunterliegende Substrat sind, eine größere Last aufnehmen können und somit den Beginn der Substratverformung verzögern, die vor dem Versagen der Schicht auftreten kann (höhere kritische Kraft);
- b) dickere Schichten höheren Spannungen ausgesetzt werden können und bei Verformung leichter reißen und sich leichter ablösen (geringere kritische Kraft), weil die treibende Kraft für das Abplatzen zur Reduzierung gespeicherter elastischer Energie größer ist.