DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

DSV - Information

Einfluss von Schütt- und Transportvorgängen auf gebräuchliche, kathodisch wirkende Oberflächenschutz-systeme bei mechanischen Verbindungselementen

Stand: September 2018

DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V., MITGLIED IM WIRTSCHAFTSVERBAND WSM STAHL- UND METALLVERARBEITUNG E.V.
Goldene Pforte 1 58093 Hagen-Emst Telefon: 02331/9588-47/49 Telefax: 02331/51044 http//www.schraubenverband.de

Inhalt

1 Anwendungsbereich und Zielstellung 3
2 Verweisungen 3
3 Grundlagen 4
3.1 Grundsätzliches 4
3.2 Mechanische Belastungen 5
3.3 Mögliche Auswirkungen mechanischer Belastungen auf Oberfläche und Bauteil 5
3.4 Klimatische Belastungen während Handling, Transport und Lagerung 5
4 Einflussfaktoren und Auswirkungen 6
4.1 Oberflächenschutzsystem 6
4.2 Belastungsart 9
4.3 Abmessung, Geometrie und Masse der Schraube 10
5 Verbesserungspotentiale und Handlungsempfehlungen 13
5.1 Produktentwicklung und Auswahl des Oberflächenschutzsystems 13
5.2 Beschichtungsprozess 13
5.3 Der Oberflächenbeschichtung nachgeschaltete Prozesse 13
6 Anhang 14
6.1 Allgemeines 14
6.2 Beispiel 1: Rüttel-Abrieb-Test, für Schrauben bis M10 15
6.2.1 Versuchsaufbau 15
6.2.2 Versuchsdurchführung 16
6.3 Beispiel 2: Rüttel-Schlagstellen-Abrieb-Test (RSA-Test), für Schrauben ab M10 17
6.3.1 Versuchsaufbau 17
6.3.2 Versuchsdurchführung 18
6.4 Beispiel 3: Abriebtest Fallrohr + Kreisrüttler 19
6.4.1 Versuchsaufbau 19
6.4.2 Versuchsdurchführung 20

1 Anwendungsbereich und Zielstellung

Dieses Dokument gilt für Verbindungselemente mit Oberflächenschutzsystemen nach gängigen Normen wie DIN EN ISO 4042, DIN EN ISO 10683, DIN EN ISO 19598, VDA 235-104 oder analogen Kundenspezifikationen.

Ziel dieses Dokuments ist es, Einflüsse von Schütt- und Transportvorgängen auf die Oberfläche, den Korrosionsschutz und die Geometrie von Verbindungselementen aufzuzeigen, ihre Wirkungen zu beschreiben und Hinweise für Abhilfemaßnahmen zu benennen. In diesem Dokument werden ausschließlich Einflüsse nach abgeschlossener Korrosionsschutzbeschichtung betrachtet.

Inhaltliche Fragen zu diesem Dokument richten Sie bitte an die
Geschäftsstelle des Deutschen Schraubenverbandes e. V., Hagen
Tel.: +49 (0)2331 958845
E-Mail: sbeyer@schraubenverband.de

2 Verweisungen

- DIN EN ISO 4042
  Verbindungselemente - Galvanische Überzüge
- DIN EN ISO 10683
  Verbindungselemente – Nichtelektrolytisch aufgebrachte Zinklamellenüberzüge
- DIN EN ISO 19598
  Metallische Überzüge – Galvanische Zink- und Zinklegierungsüberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlichen Cr(VI)-freien Behandlungen
- VDA – Prüfblatt 235-104
  Cr(VI)-freie Oberflächenschutzarten für Verbindungselemente mit metrischem Gewinde

3 Grundlagen

3.1 Grundsätzliches

Gegenwärtig erfordert die Herstellung moderner, leistungsstarker Verbindungselemente zwischen 20 und 30 Prozessschritte. Dabei können zwischen 10 und 25 Transport- und Umfüllvorgänge erforderlich werden, die die Oberflächenqualität der Verbindungselemente negativ beeinflussen können.

Nachgeschaltet sind weitere Transport- und Umfüllvorgänge und Lagerungen bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen, bis das Fertigteil an der Montagestelle angelangt ist. In **Abbildung 1** ist ein Beispiel für Prozesse nach Abschluss der Oberflächenveredelung dargestellt:

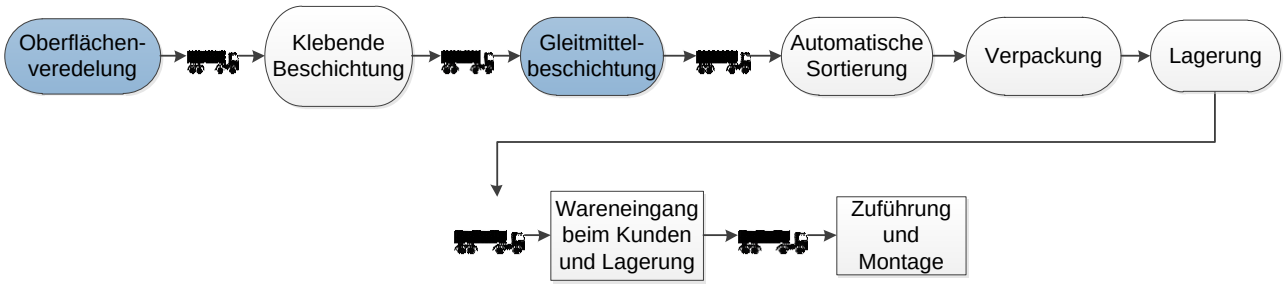


Abbildung 1: Typische Prozessstufen nach Abschluss der Oberflächenveredelung mechanischer Verbindungselemente

Die meisten dieser Vorgänge beinhalten Fallhöhen und damit verbundene Aufschlagimpulse oder Vibrationen durch Transport- und Zuführvorgänge, die zu einer mechanischen Belastung der Oberfläche der Verbindungselemente führen. Bauteil/Bauteil-Kollisionen und Bauteil/Fremdteil-Kollisionen mit unterschiedlichen Amplituden und Frequenzen können eine nachhaltige Schädigung der funktionsrelevanten Oberflächen bewirken. Deshalb müssen besondere Maßnahmen zur Reduzierung mechanischer Beschädigungen getroffen werden.

3.2 Mechanische Belastungen

Mechanische Belastungen im Sinne dieses Dokuments sind impulsartige Krafteinwirkungen, die auf Bauteiloberflächen einwirken und dabei optische und/oder funktionelle Veränderungen erzeugen. Diese können typischerweise erfolgen durch:

1. Umfüllvorgänge
2. Transportvorgänge
3. Zuführprozesse
4. Montageprozesse.

3.3 Mögliche Auswirkungen mechanischer Belastungen auf Oberfläche und Bauteil

Direkt oder indirekt werden folgende optische, montage- und/oder funktionsrelevante Eigenschaften der Verbindungselemente durch Schütt- und Transportprozesse beeinflusst:

- Korrosionsschutz
- Abriebverhalten der Beschichtung
- Reibungszahlen
- Lehrenhaltigkeit
- Montierbarkeit
- Sicherungsverhalten (klebende / klemmende Beschichtungen)
- Optik (optische Veränderungen; siehe hierzu z.B. DSV Richtlinie *Bewertung schwarzer Oberflächen von Schrauben für die Automobilindustrie*).

Hinweis:

Mechanische Belastungen können so stark ausgeprägt sein, dass Schlagstellen im Gewinde entstehen, die die Lehrenhaltigkeit und Montierbarkeit negativ beeinflussen. Bei Leichtmetall-verschraubungen (z. B. in Al- oder Mg-Legierungen) sind Schlagstellen aufgrund der geringeren Festigkeit des Leichtmetalls kritischer zu sehen, als bei Verschraubungen in Bauteilen aus Stahl.

3.4 Klimatische Belastungen während Handling, Transport und Lagerung

Auch durch klimatische Einflüsse können funktionsrelevante Eigenschaften der Verbindungs-elemente verändert werden. Insbesondere sind hier Transport und Lagerung zu betrachten. Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt:

- Kondensatbildung durch Temperaturunterschiede innen/außen bei Transport
- Feuchtigkeit durch Nebel und Regen
- Temperatur und Feuchtigkeit bei der Lagerung der Bauteile
- Witterungsbedingte Einflüsse bei Be- und Entladung
- Seetransport.

4 Einflussfaktoren und Auswirkungen

4.1 Oberflächenschutzsystem

Beschichtungen zeigen unterschiedliches Verhalten unter mechanischer Belastung. Deshalb hat die Auswahl des Oberflächenschutzsystems einen deutlichen Einfluss auf das Verhalten unter Schlagbelastung und auf das Abriebverhalten und damit auf die daraus resultierenden Korrosionseigenschaften, die Technische Sauberkeit und die Wirkung einer Schraubensicherung, siehe Beispiele in **Abbildung 2 und 3**.

Abbildung 2: Beispiel für starken Abrieb in einer Zuführeinrichtung durch mechanische Belastung

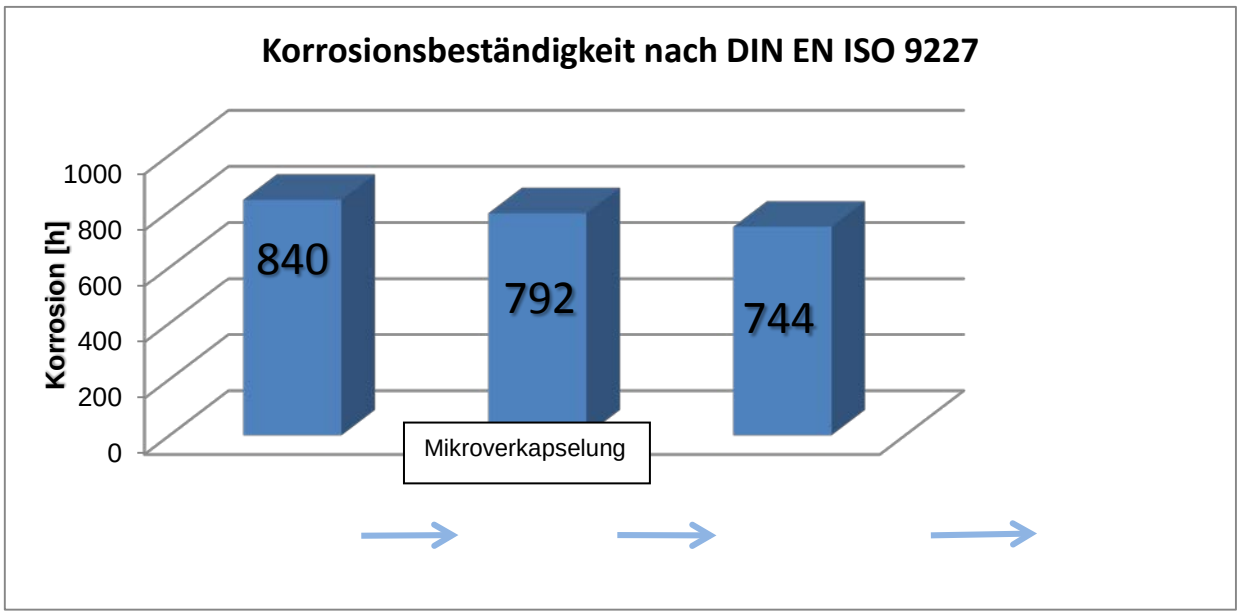


Abbildung 3: Beispiel einer Reduzierung des Korrosionsschutzes im Korrosionstest nach DIN EN ISO 9227 NSS durch mechanische Belastung einer Schraube M6x35

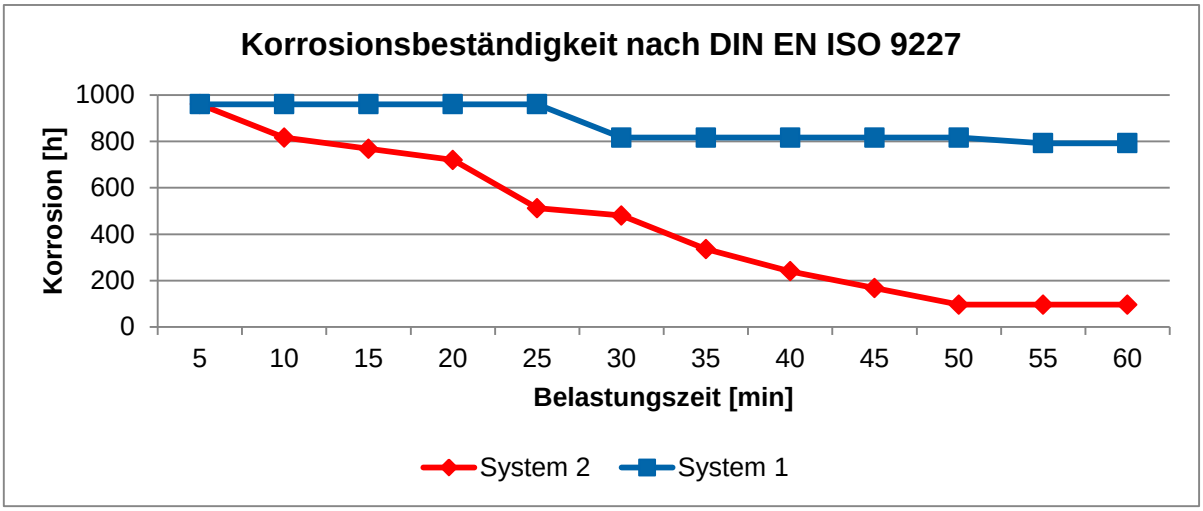


Abbildung 4: Beispiel einer Reduzierung des Korrosionsschutzes im Korrosionstest nach DIN EN ISO 9227 NSS aufgrund von Vibrationsbelastung in einem Abriebprüfstand

In **Abbildung 4** ist schematisch eine Korrosionsschutzminderung aufgrund von Vibrationsbelastung gemäß Beispiel 1 im Anhang für zwei verschiedene Oberflächenschutz-systeme, die in der Praxis typischerweise für eine hohe Korrosionsschutzdauer eingesetzt werden, exemplarisch dargestellt. Es ist ersichtlich, dass verschiedene Systeme bei gleicher mechanischer Belastung unterschiedlich stark geschädigt werden können, was sich entsprechend auch unterschiedlich auf die Reduzierung der Korrosionsschutzdauer auswirkt.

Tabelle 1 zeigt die Auswirkung einer mechanischen Belastung durch eine Kombination aus Fallrohr (Schlagbelastung) und Kreisrüttler (Vibrationsbelastung) auf die Korrosionsbeständigkeit für drei Oberflächenschutzssysteme mit jeweils geometrisch identischen Schrauben der Abmessung M10x1,5x90. Geprüft wurden Schrauben im Zustand der Beschichtung ohne Wärmeauslagerung (WL). Die Prozentangabe gibt den Anteil der Prüfteile mit aufgetretener Grundmetallkorrosion nach der jeweiligen Prüfdauer an. ((es wäre gut zu wissen, wie viele Teile pro Prüfung verwendet wurden))

Prüfzustand	Prüfung nach DIN EN ISO 9227 NSS ohne WL; Prüfzeit in h							
	120	240	360	480	552	600	648	720
Schichtsystem A								
wie beschichtet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fallrohr (1kg/1m/8x1m) + Kreisrüttler (2000cm²/40Hz/10min)	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	30%
Schichtsystem B								
wie beschichtet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fallrohr (1kg/1m/8x1m) + Kreisrüttler (2000cm²/40Hz/10min)	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Schichtsystem C								
wie beschichtet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fallrohr (1kg/1m/8x1m) + Kreisrüttler (2000cm²/40Hz/10min)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabelle 1: Beispiel der Auswirkung gleicher mechanischer Belastung an verschiedenen Schichtsystemen auf die Korrosionsbeständigkeit von Schrauben M10x1,5x90.

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass sich mechanische Belastungen in Form von Fallvorgängen und Vibrationsbelastungen gemäß Beispiel 3 im Anhang bei verschiedenen Schichtsystemen unterschiedlich stark auf die Korrosionsbeständigkeit auswirken.

Durch Fallvorgänge und Vibrationsbelastungen kann ein Abrieb der Korrosionsschutzschicht entstehen. Derzeit kann allerdings kein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen Abriebmenge, kathodischem Korrosionsschutzverhalten und Korrosionsschutzdauer formuliert werden. Dennoch charakterisiert das Abriebverhalten die mechanische Standfestigkeit von Oberflächen. Neben einer möglichen Korrosionsschutzminderung hat der Abrieb aber auch negative Auswirkungen auf die Technische Sauberkeit der beschichteten Produkte. Durch Abrieb können Bauteile kontaminiert werden (siehe hierzu z. B. DSV Richtlinie *Prüfung der Technischen Sauberkeit von Schrauben und Muttern für die Automobilindustrie*). Nachfolgend sind in Abbildungen 5 und 6 beispielhaft Analysefilter vor und nach einer mechanischen Belastung, z.B. durch maschinelles Sortieren, dargestellt. Durch eine solche Methode kann das Abriebverhalten von Oberflächen infolge mechanischer Belastung quantitativ bewertet werden.

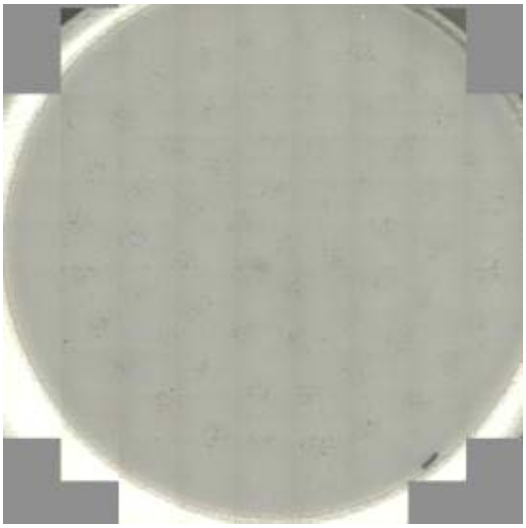


Abbildung 5: Filtermembrane vor mechanischer Belastung

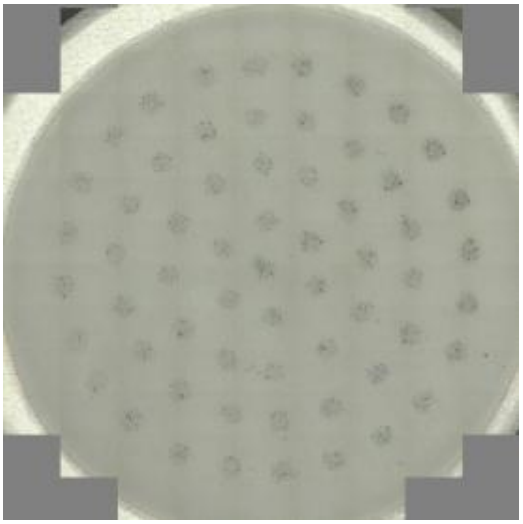


Abbildung 6: Filtermembrane nach mechanischer Belastung

4.2 Belastungsart

Neben Vibrationsbelastungen hat insbesondere die Fallhöhe einen deutlichen Einfluss auf das Ausmaß einer Reduzierung des Korrosionsschutzes.

Die Zusammenhänge zwischen Fallhöhe und Korrosionsschutzminderung wurden beispielhaft ermittelt und sind in **Abbildung 7** grafisch dargestellt.

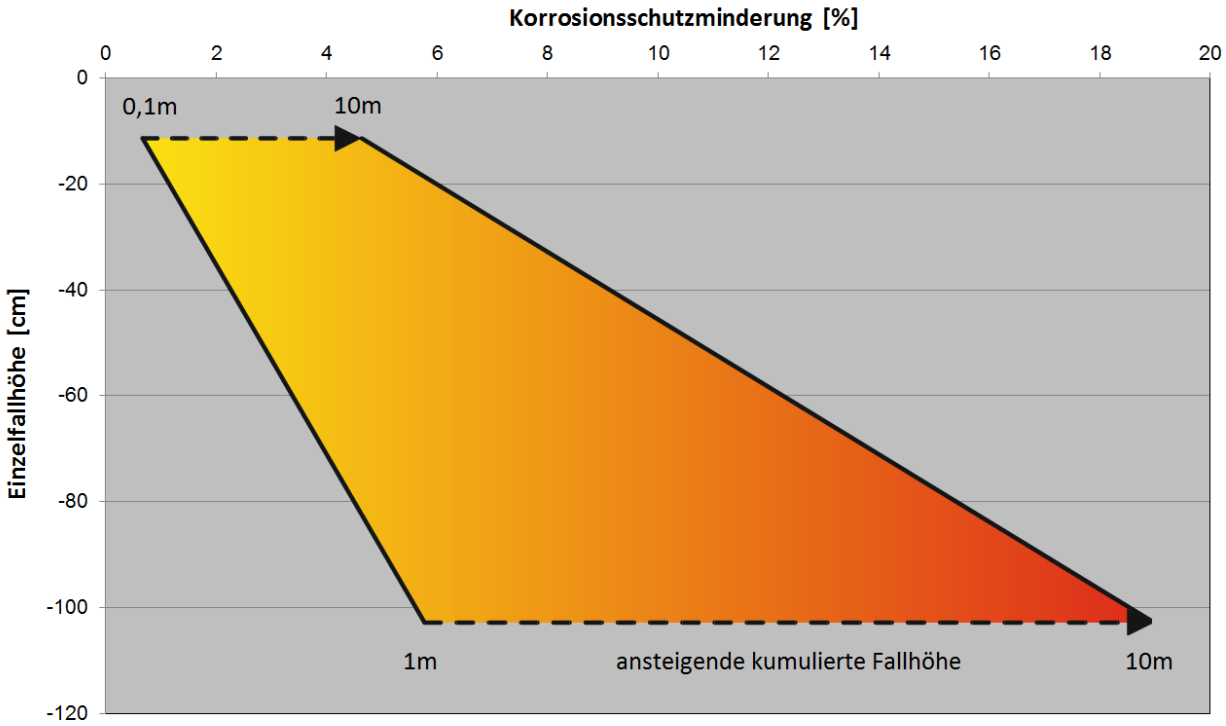


Abbildung 7: Einfluss der Fallhöhe (Einzelfallhöhe und kumulierte Fallhöhe) auf das Ausmaß einer Reduzierung des Korrosionsschutzes (beispielhaft ermittelt)

Abbildung 7 macht deutlich, dass sowohl die Summe aller Fallhöhen im Gesamtprozess, im Diagramm als ansteigend kumulierte Fallhöhe dargestellt, als auch die Einzelfallhöhen einen Einfluss auf eine Korrosionsschutzminderung haben.

Grundsätzlich steigt die mechanische Beeinflussung der Beschichtung mit der Masse des Bauteils. Die Korrosionsschutzminderung ist zudem abhängig von Bauteilgröße und Oberflächenschutzsystem. Die in Abbildung 7 dargestellte Korrosionsschutzminderung ist daher nur exemplarisch zu sehen.

4.3 Abmessung, Geometrie und Masse der Schraube

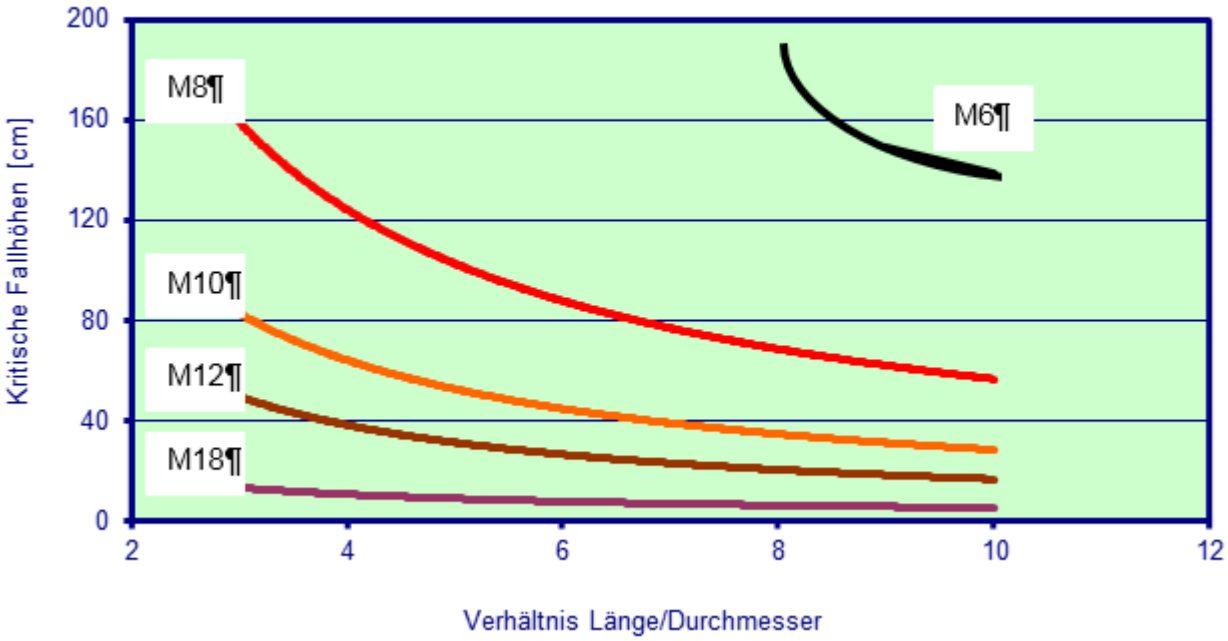


Abbildung 8: Abhängigkeit der kritischen Fallhöhe (Einzelfallhöhe) von der Bauteilabmessung

Abbildung 8 zeigt die Abhängigkeit der kritischen Fallhöhe (definiert als Einzelfallhöhe) von der Bauteilabmessung (Verhältnis Länge/Durchmesser), bei der eine signifikante Reduzierung des Korrosionsschutzes zu erwarten ist. Die Einzelfallhöhen werden insbesondere bei Abmessungen ab M10 relevant.

In Abbildung 9 ist der in Abbildung 8 experimentell dargestellte Zusammenhang zwischen Geometrie und Fallhöhe nochmals theoretisch auf die Bauteilmasse bezogen dargestellt.

Mit zunehmender Bauteilmasse nimmt die kinetische Energie proportional zu. Damit nimmt die kritische Fallhöhe ab, bei der mit einer signifikanten Reduzierung des Korrosionsschutzes zu rechnen ist.

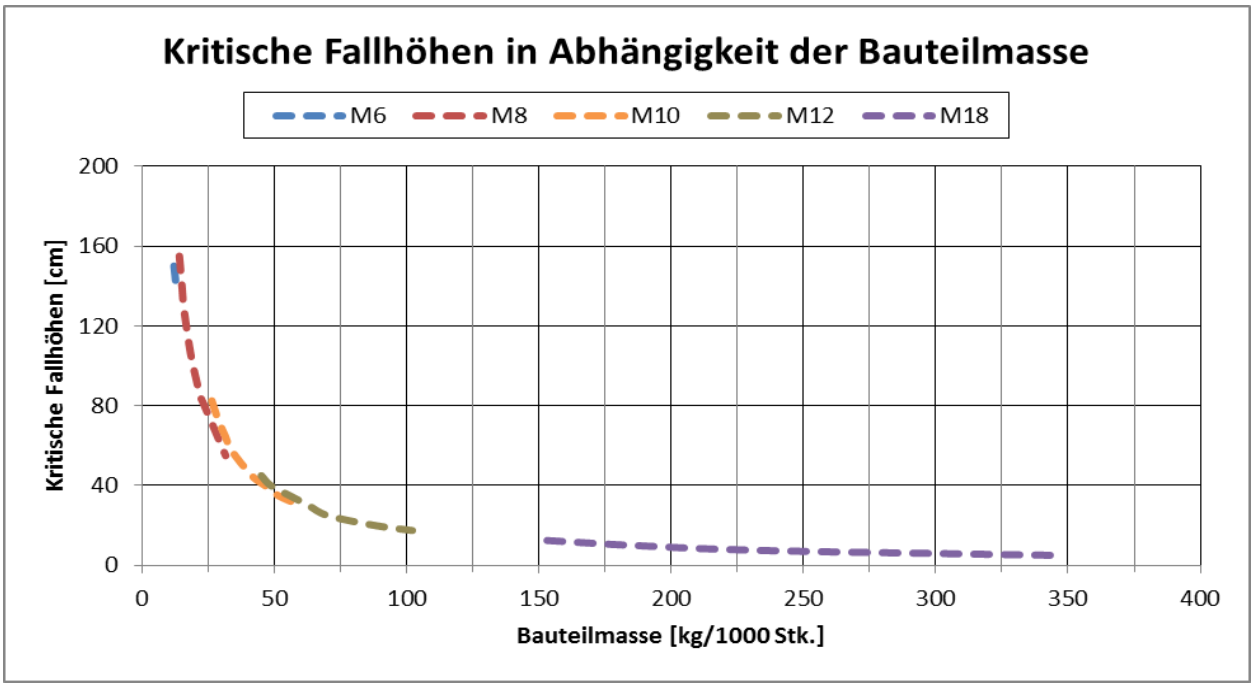


Abbildung 9: Theoretische Darstellung der kritischen Fallhöhen in Bezug zur Bauteilmasse

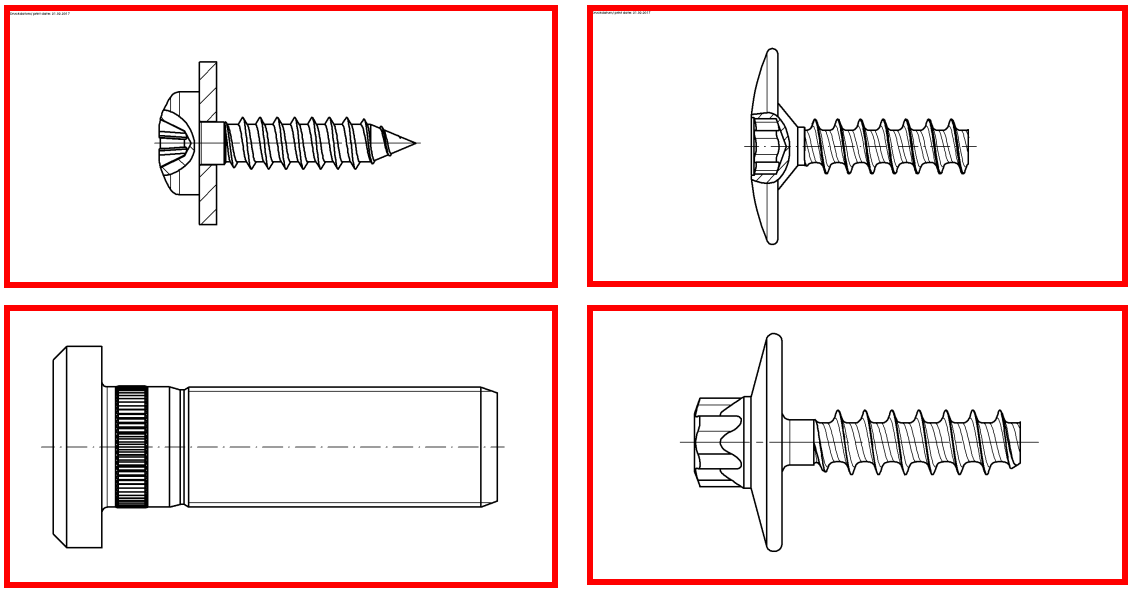
Aus Abbildung 9 kann zum Beispiel entnommen werden, dass bei 50 g Bauteilgewicht bereits Fallhöhen von 40 cm einen kritischen Einfluss auf die Korrosionsschutzdauer haben können.

Der Schraubentyp / die Geometrie hat bei mechanischen Belastungen ebenfalls einen Einfluss auf die Korrosionsschutzminderung eines Oberflächenschutzsystems.

Aufgrund praktischer Erfahrungen lassen sich drei Gefährdungskategorien unterscheiden:

1. Empfindlichkeit hoch

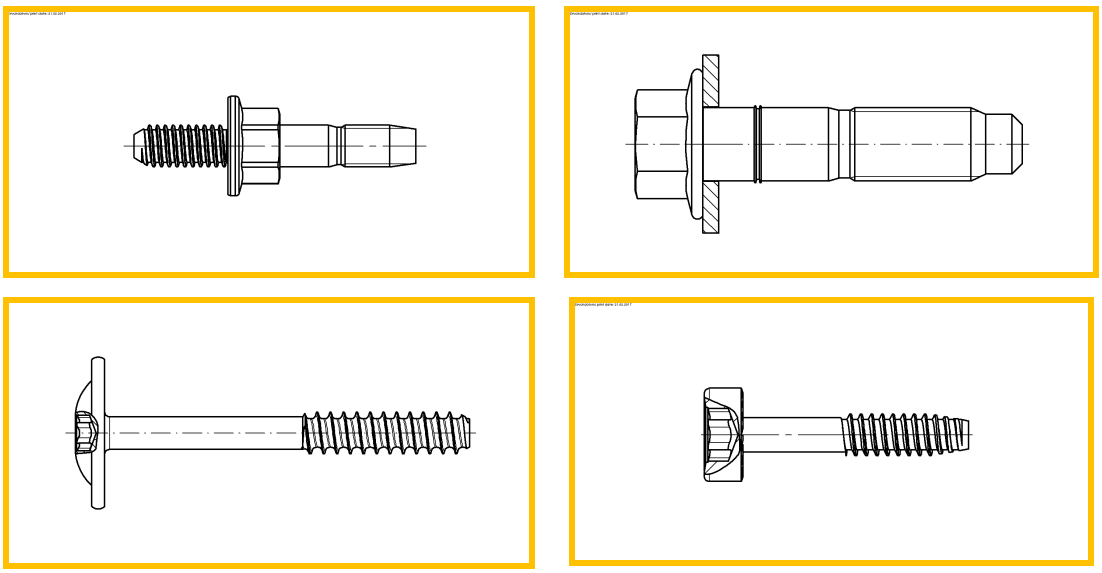
Merkmale:	Durchmesser:	≥ 12 mm
	Länge:	> 80 mm
	Masse:	> 100 g
	Geometrien (Produktbeispiele):	



Bei dieser Kategorie ist mit einer deutlichen Korrosionsschutzminderung bei mechanischen Belastungen zu rechnen. Das Risiko für Gewindebeschädigungen ist erhöht.

2. Empfindlichkeit mittel

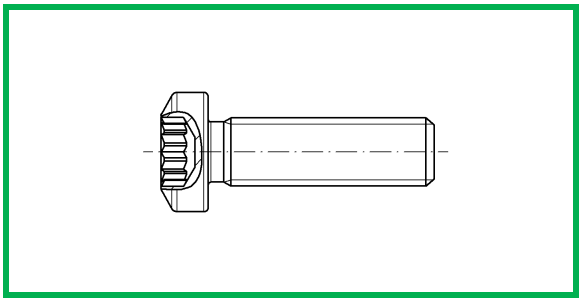
Merkmale:	Durchmesser:	10 - 8 mm
	Länge:	< 50 mm
	Masse:	< 40 g
	Geometrien (Produktbeispiele):	

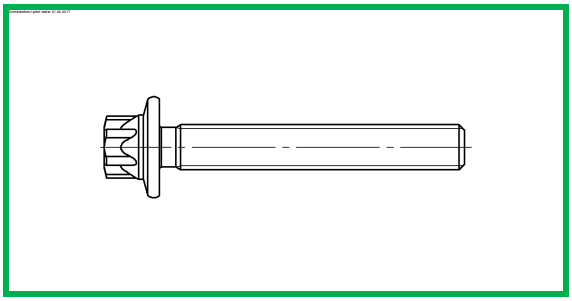


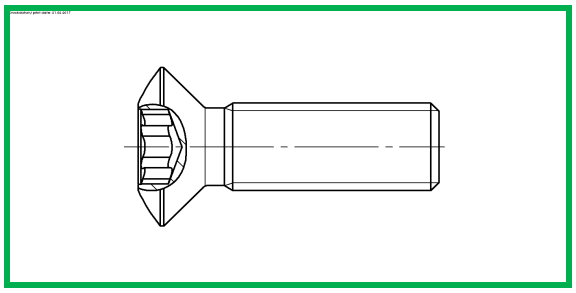
Bei dieser Kategorie ist mit einer Korrosionsschutzminderung bei mechanischen Belastungen zu rechnen. Das Risiko für Gewindebeschädigungen ist vorhanden.

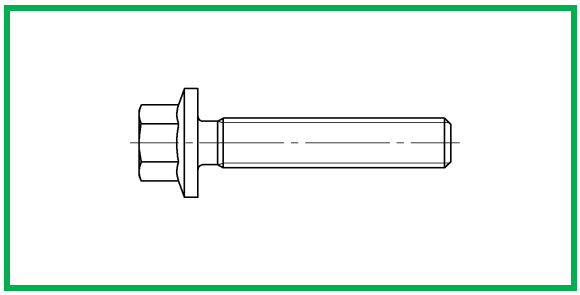
3. Empfindlichkeit gering

Merkmale:	Durchmesser:	≤ 6 mm
	Länge:	< 30 mm
	Masse:	< 10 g
	Geometrien (Produktbeispiele):	









Bei dieser Kategorie ist mit einer geringen Korrosionsschutzminderung bei mechanischen Belastungen zu rechnen. Das Risiko für Gewindebeschädigungen ist gering.

Bei kleineren Abmessungen überwiegt die Schädigung durch Abrieb und Vibrationen, bei größeren Abmessungen überlagern sich zunehmend die negativen Auswirkungen der Fallhöhen.

5 Verbesserungspotentiale und Handlungsempfehlungen

5.1 Produktentwicklung und Auswahl des Oberflächenschutzsystems

Bereits in der Phase der Produktentwicklung sollten die Wechselwirkungen zwischen Funktionsanforderungen, Produktgeometrie, Oberfläche und Montageverfahren erfasst werden. Die notwendigen Prozessschritte sind – soweit möglich – auf diese Anforderungen und Wechselwirkungen abzustimmen.

Grundsätzlich gibt es je nach Oberflächenschutzsystem große Unterschiede hinsichtlich der Abriebbeständigkeit. In der Regel zeigen galvanische Systeme ein etwas günstigeres Verhalten als Zinklamellensysteme. Optimierungen sind durch gezielt ausgewählte Systemkombinationen möglich.

5.2 Beschichtungsprozess

Um das Korrosionsschutzpotential einer Beschichtung möglichst vollständig ausschöpfen zu können, sollten bereits beim Beschichtungsprozess mechanische Belastungen möglichst gering sein. Bei der Konzeptionierung der Anlagen ist auf Fallhöhenminimierung und Auswahl geeigneter Transportsysteme zu achten.
Auch die Vorbehandlung und somit die Beschichtungsfähigkeit der Bauteile hat durch die Beeinflussung der Haftung der Schicht auf dem Substrat einen Einfluss auf einen späteren mechanischen Abrieb. Die Zusammenhänge sind in der DSV-Information *Einfluss des Anlieferzustandes von Verbindungselementen auf die Beschichtungsqualität* beschrieben.

Allgemeine Beispiele:

- Minimierung der Anzahl von Übergabestationen mit Fallstrecken oder Greifoperationen und Verweilzeiten in Fördereinrichtungen sowie auf Ein- und Austragebändern,
- Begrenzung der Fallhöhen in Förder- und Umfüllprozessen auf max. 30 cm - 50 cm,
- Einsatz dämpfender Materialien bei Schütt- und Rutschprozessen,
- Ersatz von Vibrationsrinnen oder -bunkern durch Bandförderanlagen,
- Einsatz von Dämpfungsmatten in Transportbehältern,
- Einsatz einer Nassentleerung in galvanischen Beschichtungsprozessen.

5.3 Der Oberflächenbeschichtung nachgeschaltete Prozesse

Für Prozesse nach dem Aufbringen des Korrosionsschutzsystems (z.B. Aufbringen einer Gewindesicherung, automatisierte Kontroll- und Verpackungsprozesse, etc.) sollte die Zahl von Übergabestationen minimiert und die Verweildauer in Förder- und Zuführeinrichtungen begrenzt werden.

Allgemeine Beispiele:

- Minimierung der Anzahl von Umfülloperationen,
- Minimierung der Anzahl von Übergabestationen mit Fallstrecken oder Greifoperationen und Verweilzeit in Fördereinrichtungen sowie auf Ein- und Austragebändern,
- Einsatz dämpfender Materialien bei Schütt- und Rutschprozessen,
- Ersatz von Vibrationsrinnen oder -bunkern durch Bandförderanlagen,
- Verwendung von Fördertöpfen mit automatischer Füllstandsüberwachung und Vliesauskleidung, Einsatz von Dämpfungsmatten in Transportbehältern,
- Einsatz von Stufenförderern,
- Fallhöhenreduzierung in der gesamten Prozesskette durch geeignete Gestaltung oder Verwendung von Transportbehältern,
- Begrenzung der Einzelfallhöhen in Förder- und Umfüllprozessen auf max. 30 cm - 50 cm.

6 Anhang

Der Anhang zeigt drei mögliche Versuchsaufbauten, mit deren Hilfe die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Zusammenhänge ermittelt werden können.

6.1 Allgemeines

Die Prüfverfahren zur Bewertung der Korrosionsschutzminderung von Oberflächen durch Schütt- und Transportvorgänge greifen auf eine simulierte Belastung durch Kombinationen aus Fallrohrbelastung und Vibrationsbelastung im Schwingförderer oder Kreisrüttler zurück.
Beeinflussende Kenngrößen sind:

Für Fallrohr:

- Fallrohrhöhe,
- Anzahl der Fallvorgänge,
- Ausführungsart der Aufprallfläche.

Für Vibrationsbelastung:

- Frequenz (Drehzahl),
- Amplitude,
- Beschleunigung (Frequenz, Amplitude),
- Leistung (Frequenz, Amplitude, Beladung),
- Auskleidung der Vibrationseinheit,
- Belastungsdauer,
- Füllgrad (Teileanzahl, Beladungsgewicht).

Dabei können folgende Zusammenhänge formuliert werden:

- Bei niedriger Drehzahl/Frequenz bzw. Leistung wird die Beschleunigung/Amplitude von der Teileanzahl/Beladungsgewicht beeinflusst.
- Beschleunigung, Frequenz und Amplitude sind bei eingestellten Leistungen >60 % der maximalen Leistung/Motordrehzahl von der Teilezahl/Beladungsgewicht unabhängig.
- Die Beschleunigung verhält sich nahezu linear zur relativen Motorleistung bzw. die Vibrationsfrequenz nahezu linear zur relativen Motordrehzahl.
- Die Beschleunigung des Vibrationstopfes wird sowohl von der Frequenz als auch von der Amplitude beeinflusst.

Aufgrund der vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten gibt es eine Reihe verschiedener Prüfprozeduren, die nachstehend beschrieben sind.

6.2 Beispiel 1: Rüttel-Abrieb-Test (RA-Test), für Schrauben bis M10

6.2.1 Versuchsaufbau

Die Belastung erfolgt mit einem Wendelförderer, Abbildung 10. Hier werden die Teile mit einer definierten Zeitdauer belastet. Zur Ermittlung des Abriebs werden die Teile anschließend in einer daneben angebrachten Reinigungseinheit von losen anhaftenden Partikeln gereinigt und das Gewicht der Teile vor und nach dem Reinigen ermittelt. Zudem werden Teile für den Korrosionstest entnommen. Im Verlauf der Belastung erfolgt die Ermittlung des Abriebs mehrfach in definierten Zeitabständen, um den Zusammenhang von Abrieb und Korrosionsverhalten über die Belastungszeit zu ermitteln. Der beschriebene Versuch dient zum Vergleich verschiedener Oberflächen hinsichtlich Abriebes und Korrosionsbeständigkeit nach unterschiedlichen Belastungszeiten.

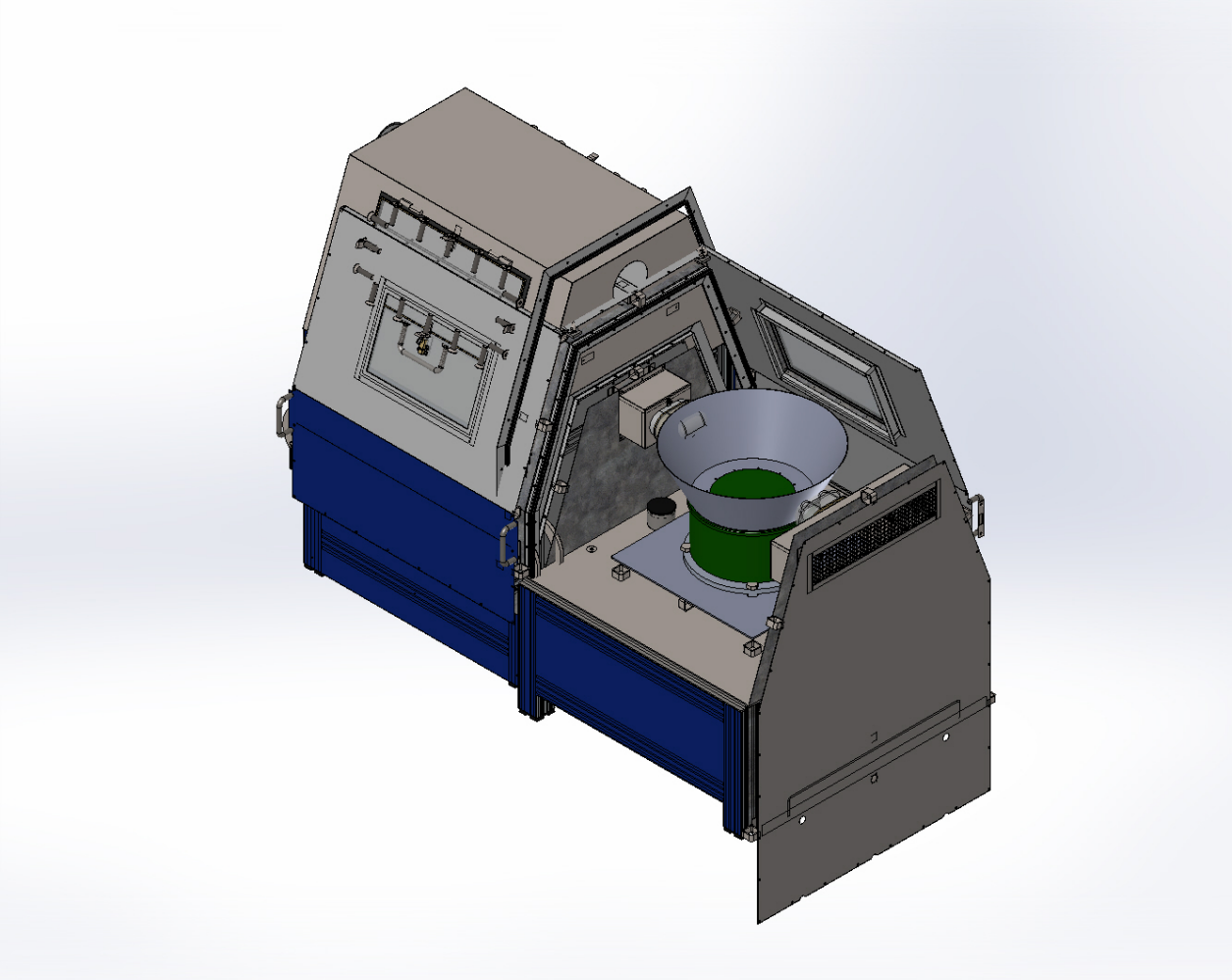


Abbildung 10: Beispielhafte Ausführung eines Rüttel-Abrieb-Tests (RA-Test)

6.2.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch erfolgt in mehreren sich wiederholenden Schritten:

1. Korrosionsprüfung (z.B. DIN EN ISO 9227 NSS) vor der mechanischen Belastung
2. Definition der Teilemenge für die mechanische Belastung
   Empfehlung: Es sollten so viele Teile in den Rundförderer gegeben werden, dass der Boden gänzlich bedeckt ist
3. Vorsichtiges Reinigen der Teile, z.B. mit Alkohol, so dass lose anhaftende Partikel entfernt werden
4. Wiegen der definierten Teilemenge
5. Erzeugung der mechanischen Belastung mit definierter Dauer, z.B. 5 min
6. Vorsichtiges Reinigen der Teile, z.B. mit Alkohol, so dass lose anhaftende Partikel entfernt werden
7. Wiegen der definierten Teilemenge; Ermittlung der Gewichtsdifferenz zu 4.) und somit Ermittlung der Abriebmenge
8. Korrosionsprüfung (z.B. nach DIN EN ISO 9227 NSS) nach der mechanischen Belastung an 5 Teilen.
9. Die Schritte 2-8 so lange wiederholen, bis sich eine deutliche Verringerung des Abriebs zeigt. Aus den bisherigen Erfahrungen zeigt sich, dass 10-12 Belastungszyklen ausreichend sind, um ein Oberflächenschutzsystem zu charakterisieren.

Die Korrosionsprüfungen werden gemäß den vorgegebenen oder geforderten Spezifikationen durchgeführt.

Versuchsbericht

Der Versuchsbericht sollte folgende Angaben enthalten:

- Daten zum Prüflabor (Ort, Datum, Prüfer),
- Teileabmessung,
- Teilenummer und Kundenteilenummer,
- Umfassende Angaben zur Oberfläche,
- Oberflächenbeschichtungseinrichtung,
- Parameter des RA-Tests,
- Angaben gemäß DIN EN ISO 9227 NSS.

6.3 Beispiel 2: Rüttel-Schlagstellen-Abrieb-Test (RSA-Test), für Schrauben ab M10

6.3.1 Versuchsaufbau

Der Versuch wird mit einer Kombination aus Vibrationswendelförderer und einer definierten Fallstrecke nach folgendem Schema durchgeführt, **Abbildung 11 und 12**:

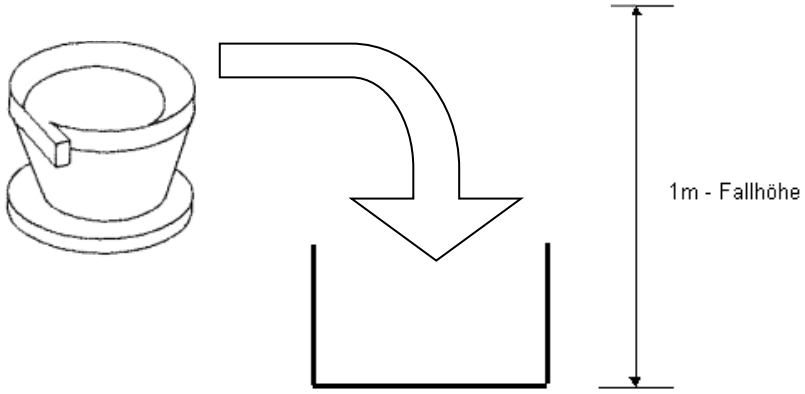


Abbildung 11: Schematischer Versuchsaufbau für einen RSA-Test

Abbildung 12: Beispielhafte Vorrichtung für einen RSA-Test

6.3.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch erfolgt in 3 Stufen:

- Korrosionsprüfung (z.B. nach DIN EN ISO 9227 NSS) vor der mechanischen Belastung,
- Erzeugung der mechanischen Belastung,
- Korrosionsprüfung (z.B. nach DIN EN ISO 9227 NSS) nach der mechanischen Belastung.

Die Korrosionsprüfungen werden gemäß den vorgegebenen oder geforderten Spezifikationen durchgeführt.

Bei der mechanischen Belastung werden die Teile vorsichtig in den Vibrationswendelförderer eingefüllt. Dieser ist für die festgelegte RSA-Zeit nach Tabelle 3 mit den in Abschnitt 2. genannten Parametern zu betreiben. Die Befüllmasse soll ca. 10 kg betragen. Danach erfolgt die Entleerung über den Fallkanal.
Die Teile sind ohne weitere mechanische Belastung der Korrosionsprüfung zuzuführen. Dazu sind jeweils mindestens 5 Teile zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Entleerungsvorganges zu entnehmen.

Versuchsbericht

Der Versuchsbericht sollte folgende Angaben enthalten:

- Daten zum Prüflabor (Ort, Datum, Prüfer),
- Teileabmessung,
- Teilenummer und/oder Kundenteilenummer,
- Umfassende Angaben zur Oberfläche,
- Oberflächenbeschichtungseinrichtung,
- RSA-Parameter,
- Angaben gemäß DIN EN ISO 9227 NSS.

6.4 Beispiel 3: Abriebtest Fallrohr + Kreisrüttler

6.4.1 Versuchsaufbau

Die mechanische Belastung der Schrauben erfolgt mit einer Kombination aus Fallrohr und Kreisrüttler, **Abbildung 13**. Mittels des Fallrohrs (Fallhöhe 1 m) werden die Schrauben durch Schlagstellen vorbelastet. Sowohl Menge der Prüfteile pro Fallvorgang als auch die Einzel- und Gesamtfallhöhe sind eindeutig definiert. Die Gesamtfallhöhe ist die Summe der Einzelfallhöhen und beschreibt somit ein mehrmaliges Durchlaufen des Fallrohrs. Mittels eines Vibrationsförderer (Durchmesserangaben vgl. Bild 4) werden die Schrauben nachfolgend einem Rüttelprozess unterzogen. Dabei werden die Schrauben in einem Kunststoffbehälter aus Polyurethan mit einem Durchmesser von 33 cm auf einem mittleren Durchmesser von 22 cm umlaufend gefördert. Die Vibrationsbelastung ist über Füllmenge, Vibrationsfrequenz, -amplitude, und -dauer definiert. Die Prüffüllmenge für die Vibrationsbelastung wird über die Schraubenoberfläche in der Einheit cm² vorgegeben. Dadurch kann bei verschiedenen Teileabmessungen mit gleichem Oberflächen-schutzsystem eine vergleich-bare Schädigung hinsichtlich des Abriebs erzeugt werden.

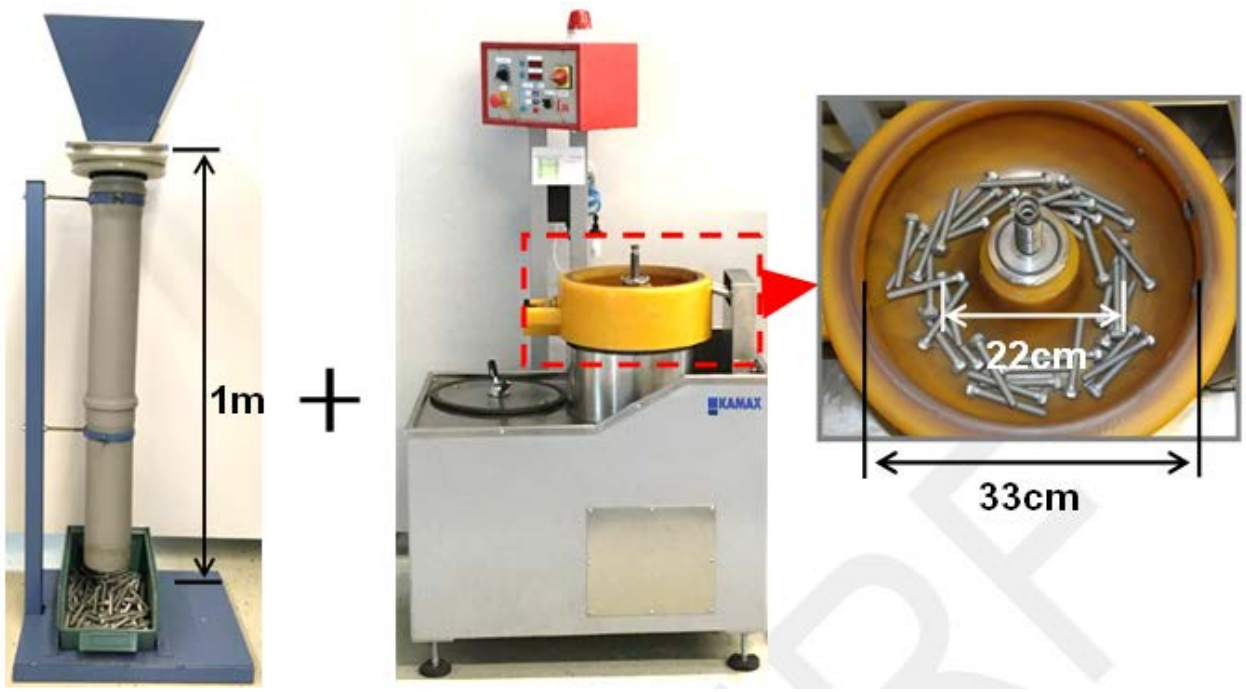


Abbildung 13: Exemplarischer Versuchsaufbau einer mechanischen Belastung mittels Fallrohrs und Kreisrüttler

Die Parameter bezüglich der mechanischen Belastung mittels Fallrohrs und Kreisrüttler/ Vibrationstopf sind **Tabelle 2** zu entnehmen.

Fallrohr	**Kreisrüttler**
jeweilige Fallmenge: 1 kg ± 10 %	Füllmenge: 2000 cm² ± 3 % [1])
Einzelfallhöhe: 1m	Vibrationsfrequenz: 40 Hz ± 5 %
Gesamtfallhöhe: 8m	Amplitude: 1,35 mm ± 10 %
	Dauer: 10 min
Rohrdurchmesser ca. 10cm	Kunststoffbehälter aus Polyurethan, Durchmesser ca. 33 cm

[1]) Füllmenge, bezogen auf die Schraubenoberfläche. In Ausnahmefällen kann die Füllmenge um >3 % abweichen. *Empfehlung:* Die Füllmenge sollte so gering wie möglich von der Angabe abweichen.

Tabelle 2: Parameter der mechanischen Belastung

6.4.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch erfolgt in 5 Stufen:

- Korrosionsprüfung nach DIN EN ISO 9227 NSS vor der mechanischen Belastung (Prüfung mechanisch unbelasteter Teile im Zustand „wie beschichtet“),
- Bereitstellung der Prüfmenge (2000 cm²) im mechanisch unbelasteten Zustand,
- Gewichtsermittlung (Wägung) der Prüfteile vor der mechanischen Belastung,
- Erzeugung der mechanischen Belastung mittels Fallrohr und Kreisrüttler,
- Gewichtsermittlung (Wägung) der Prüfteile nach der mechanischen Belastung,
- Korrosionsprüfung nach DIN EN ISO 9227 NSS nach der mechanischen Belastung (Prüfung mechanisch belasteter Teile),
- Bestimmung des Abriebs anhand Differenzwägung.

Korrosionsprüfung:

Die Korrosionsprüfungen werden entsprechend den vorgegebenen oder geforderten Spezifikationen durchgeführt.

Mechanische Belastung:

Im ersten Schritt der mechanischen Belastung wird eine Menge von jeweils 1 kg ± 10 % einer Einzelfallhöhe von 1 m und einer Gesamtfallhöhe von 8 m unterzogen. Die Anzahl der erforderlichen Versuchsdurchgänge richtet sich nach der erforderlichen „Prüfmenge Kreisrüttler“ zu 2000 cm² ± 3 %. Der Auffangbehälter ist einlagig mit Schrauben gleicher Ausführung auszulegen. Es wird empfohlen, die Schrauben für die Belastung im Kreisrüttler bereits vor dem Falltest zu kennzeichnen, um eine eindeutige Zuordnung bezüglich Wägungen und nachfolgenden Korrosionstests zu gewährleisten.
Im zweiten Schritt werden die Teile mittels Kreisrüttler belastet. Die Prüfteile sind vorsichtig und gleichmäßig im Vibrationstopf auszulegen. Die Belastung erfolgt mit einer definierten Füllmenge von 2000 cm² ± 3 %, einer Vibrationsfrequenz von 40 Hz ± 5 % und einer Vibrationsdauer von 10 min.

Ermittlung des Abriebs:

Der Abrieb wird auf Basis einer gravimetrischen Analyse (Differenzwägung) ermittelt. Hierzu wird die „Prüfmenge Kreisrüttler“ (2000 cm²) sowohl im mechanisch unbelasteten Zustand als auch im mechanisch belasteten Zustand gewogen. Über die Massendifferenz der Prüfmenge ergibt sich der Abrieb. Dieser ist als charakteristischer Abrieb, bezogen auf eine Schraube (arithmetischer Mittelwert) in der Einheit g/m², zu bestimmen.

Versuchsbericht

Der Versuchsbericht sollte folgende Angaben enthalten:

- Daten zum Prüflabor (Ort, Datum, Prüfer)
- Teileabmessung und Oberfläche in cm²
- Teilenummer und/oder Kundenteilenummer
- Umfassende Angaben zur Oberfläche (Oberflächenschutzsystem)
- Oberflächenbeschichtungseinrichtungen
- Belastungsparameter
- Angaben zum charakteristischen Abrieb
- Angaben zum Korrosionstest nach DIN EN ISO 9227 NSS der mechanisch unbelasteten und belasteten Teile.

DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

Inhaltliche Fragen zu diesem Dokument richten Sie bitte an die
Geschäftsstelle des Deutschen Schraubenverbandes e.V.

Erstellt von der AG „Schütt- und Transportvorgänge“ im AK Oberflächenschutzsysteme