

An aerial photograph of a city skyline at sunset. The sky is a mix of blue and orange, with the sun low on the horizon. A prominent skyscraper with a blue glass facade and a curved top is the central focus. Other buildings of various heights and colors are visible in the background. The foreground shows green trees and a road with some traffic.

Alterung und Prüftechnik

3M Deutschland GmbH
Marcus Sauerborn

Remaking the world of making things
Industrial Adhesives & Tapes Division

An aerial photograph of a complex multi-level highway interchange in a city, likely Shanghai, during the 'blue hour' of dusk. The sky is a mix of grey and blue, and the city lights are beginning to glow. The highway is filled with cars, their lights creating long, blurred streaks of red and white. In the background, a dense skyline of skyscrapers is visible, including the prominent, pointed Shanghai Tower. A large, white, stylized '3' is overlaid on the left side of the image, partially overlapping the highway and the city buildings.

3M Science.
Applied to Life.™

Alterung

Remaking the world of making things
Industrial Adhesives & Tapes Division
Marcus Sauerborn

Alterung

Alterung:

Die Veränderung der Eigenschaften eines Stoffes während der Lagerung oder bei Gebrauch

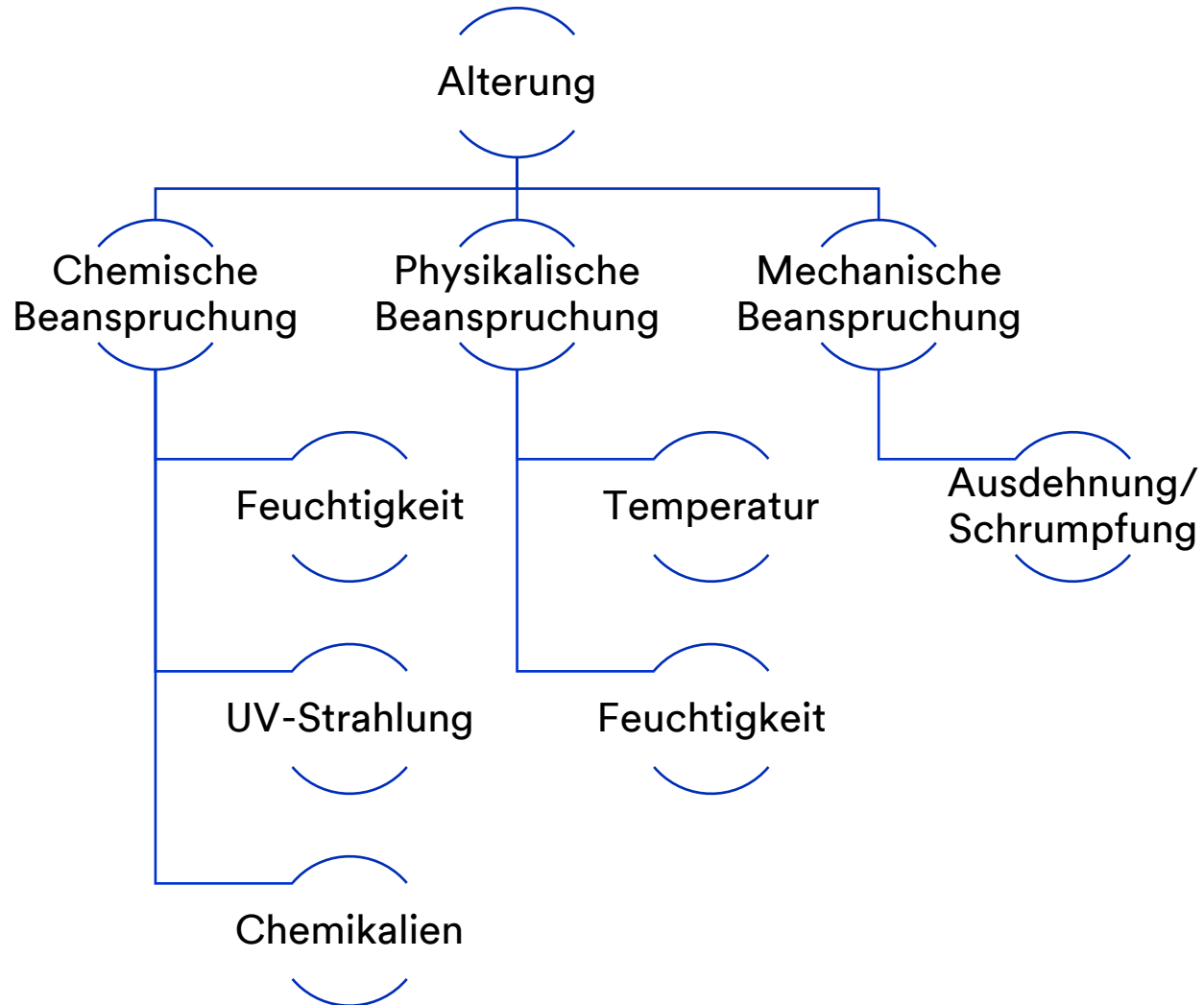
Alterung

- Klebebänder und gehärtete Klebstoffe sind Kunststoffe
- Kunststoffe altern durch äußere Umwelteinflüsse
- Alterung kann zur Aushärtung von Klebebändern führen
- Alterung kann dazu führen das Flüssigklebstoffe nicht mehr härten

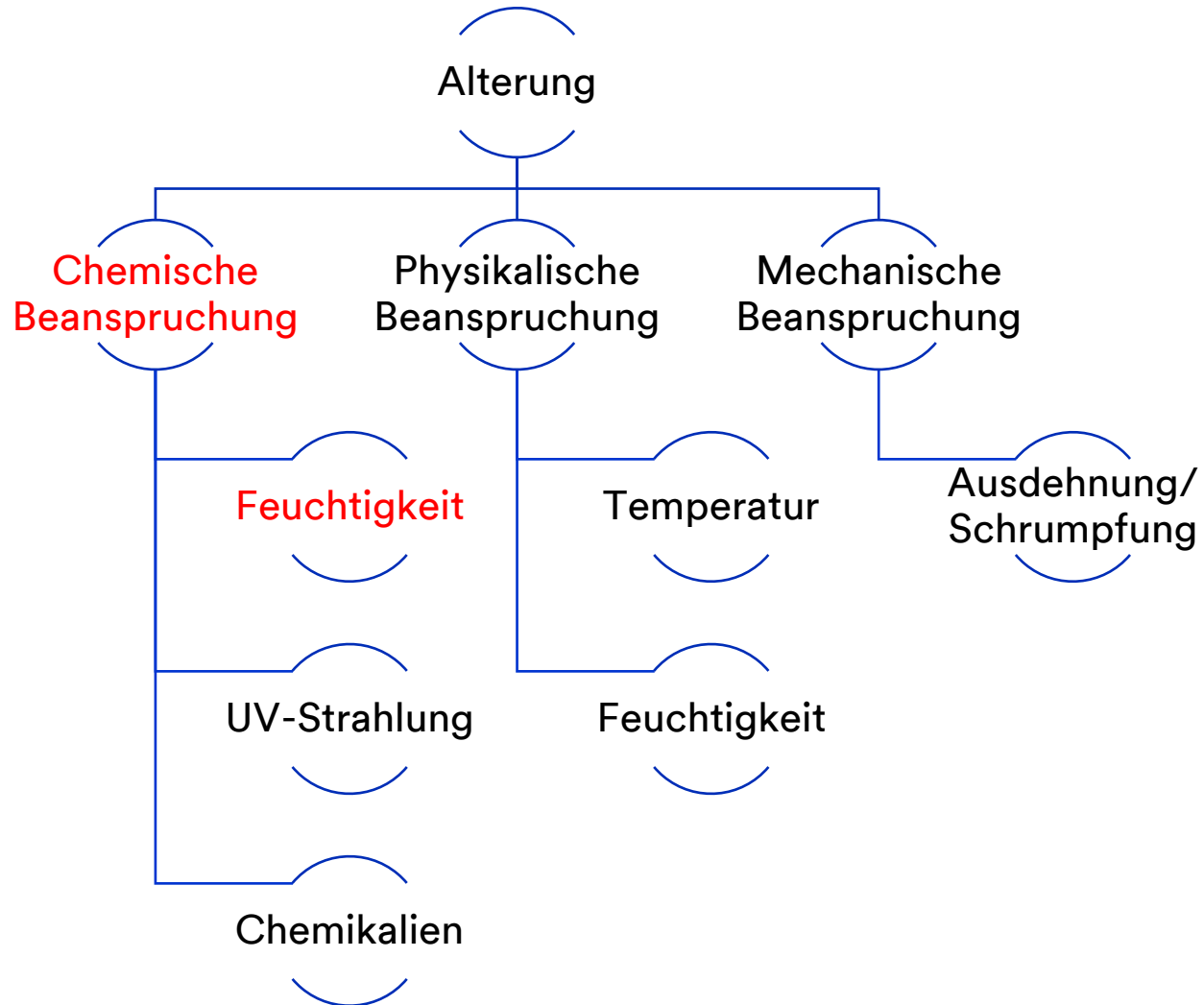


Chemische Alterung

Alterung



Alterung



Alterung

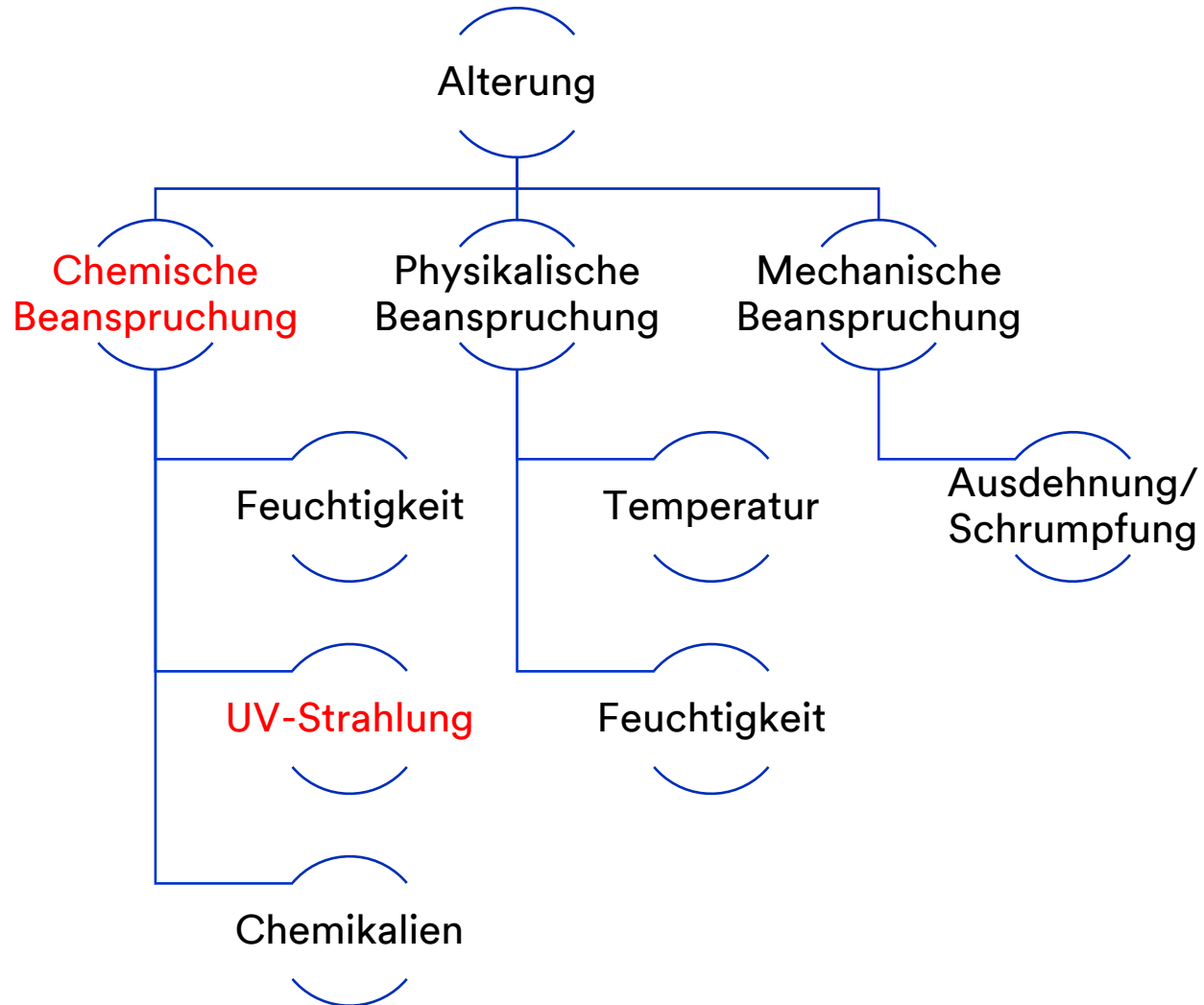
- Chemische Beanspruchung: Feuchtigkeit
 - Feuchtigkeit aus der Luft kann die chemischen Verbindungen innerhalb der Klebverbindung angreifen (Hydrolyse bei Cyanacrylaten)
 - Der gleichzeitige Einfluss von Temperatur beschleunigt den Prozess
 - Diffusionsgeschwindigkeit ist abhängig von:
 - Umgebungsfeuchtigkeit
 - Temperatur
 - Durchlässigkeit (Permeabilität) der Fügeteile
 - Wasseraufnahmefähigkeit des Klebstoffs



Alterung

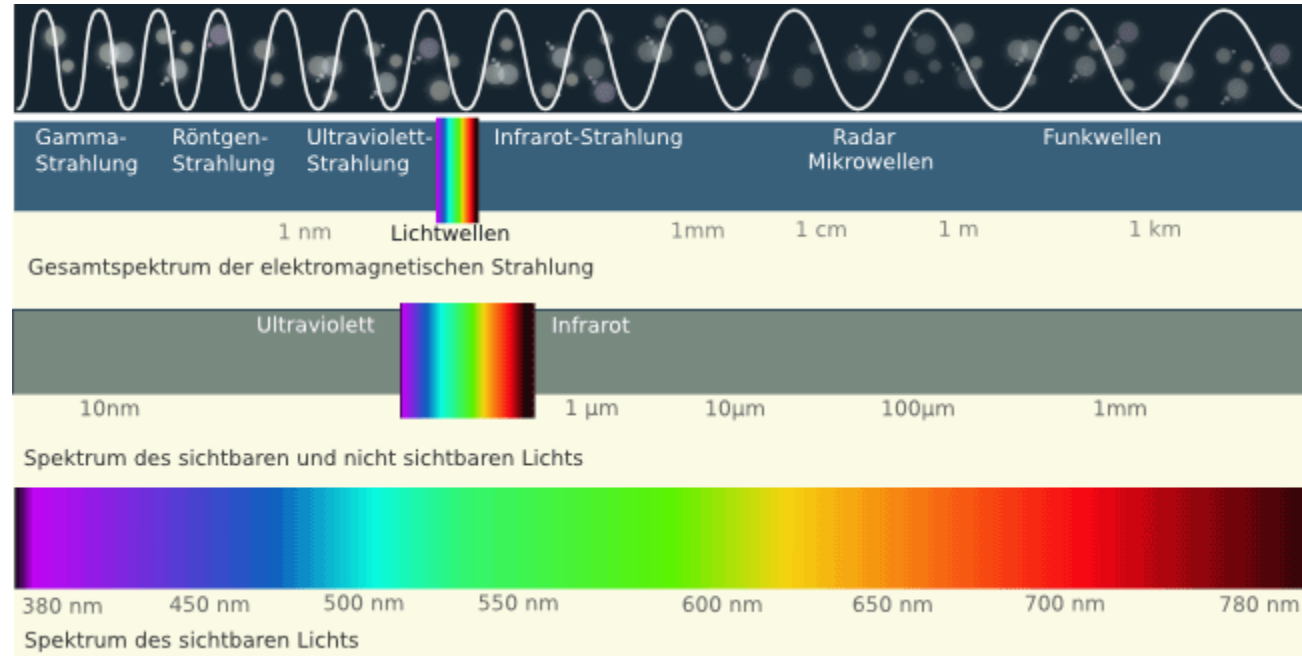
- Chemische Beanspruchung: Feuchtigkeit
 - Künstliche Alterung Feuchtigkeit:
 - Lagerung bei erhöhter Temperatur und rel. Feuchtigkeit:
 - +38°C/ 98 % r.F.
 - +70°C/ 98 % r.F.

Alterung



Alterung

Chemische Beanspruchung: UV- Strahlung



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-NC](#)



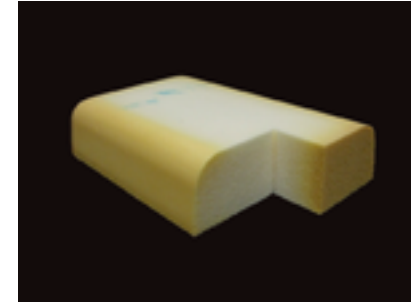
Energiegehalt der Strahlung

Alterung

Chemische Beanspruchung: UV- Strahlung

- UV- Strahlung führt zu
 - Verfärbungen
 - Brüchigkeit
 - Chemische Umwandlung innerhalb des Klebstoffs

- Die UV- Strahlung kann bei Klebebänder beide Bestandteile beeinflussen:
 - Trägermaterial
 - Haftklebstoff
- Beispiel: Kreppklebeband auf der Fensterscheibe



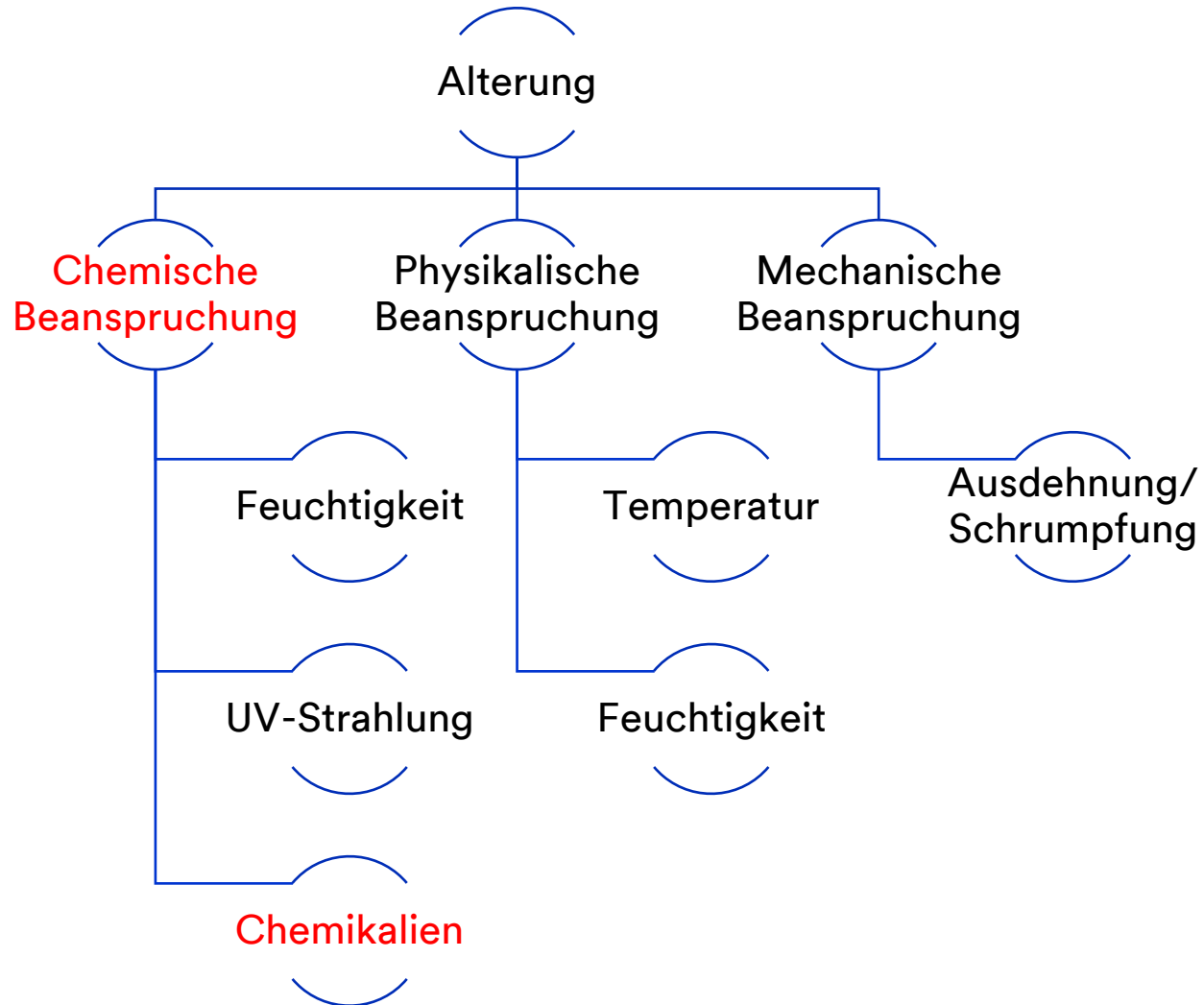
"Dieses Foto" von Unbekannter
Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-SA](#)

Alterung

Chemische Beanspruchung: UV- Strahlung

- Künstliche Alterung mit UV- Strahlung:
 - Quick- UV
 - Zyklus nach DIN EN ISO 4892-3:2013-06 Zyklus Nr. 1:
8 h UVA- Strahlung mit $0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{nm})$ bei 340 nm
4 h Betauung bei $+50^\circ\text{C}$

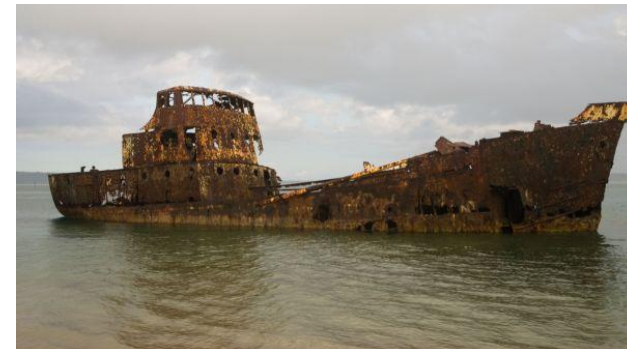
Alterung



Alterung

Chemische Beanspruchung: Chemikalien

- Chemikalien können auch Reinigungsmittel sein:
 - Glasreiniger enthalten Alkohole
 - Scheuermittel wirken alkalisch
 - Essig wirkt als Säure
- Salz in Verbindung mit Feuchtigkeit wirkt korrosiv (Streusalz im Winter)
- Chemikalien greifen die Oberfläche und den Klebstoff an
- Chemikalien können zur Zerstörung der Adhäsion (Unterwanderung) oder der Kohäsion führen
- Temperatur beschleunigt den Prozess



Alterung

Chemische Beanspruchung: Chemikalien

- Künstliche Alterung:
 - Salzsprühtest nach DIN EN ISO 9227:2012-09:
 - pH Wert: 6,5 bis 7,2
 - Konzentration der Salzlösung: 50 +/- 5 g/l
 - Temperatur der Kammer: 35°C
 - Temperatur des Luftbefeuchters: 49,5°C
 - Druck beim Versprühen: 112 kPa (1,12 bar)

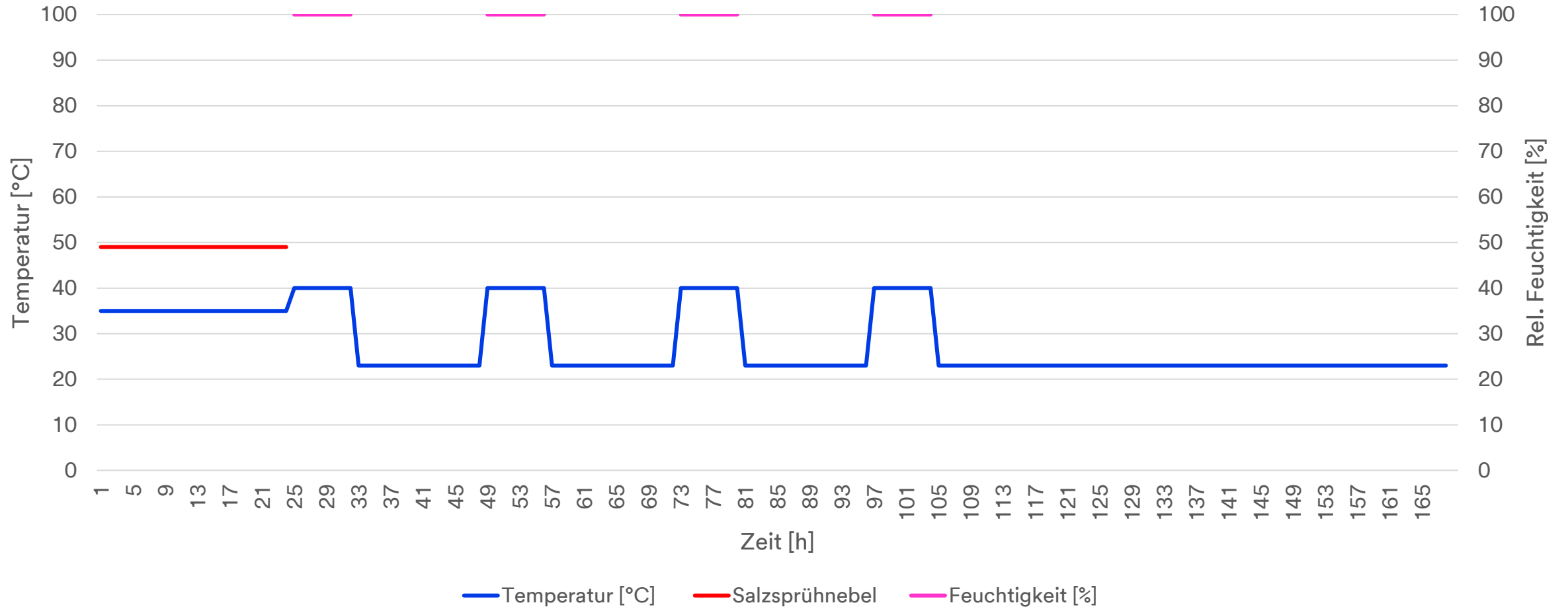
Alterung

Chemische Beanspruchung: Chemikalien

- Testzyklus nach VDA 621-415:
 - Abschnitt 1: 24 h Salznebelprüfung SS nach DIN 50 021
 - Abschnitt 2: 4 Zyklen Kondenswasser- Wechselklima KFW nach DIN 50 017
 - Abschnitt 3: 48 h Raumtemperatur 18 bis 28°C nach DIN 50 014

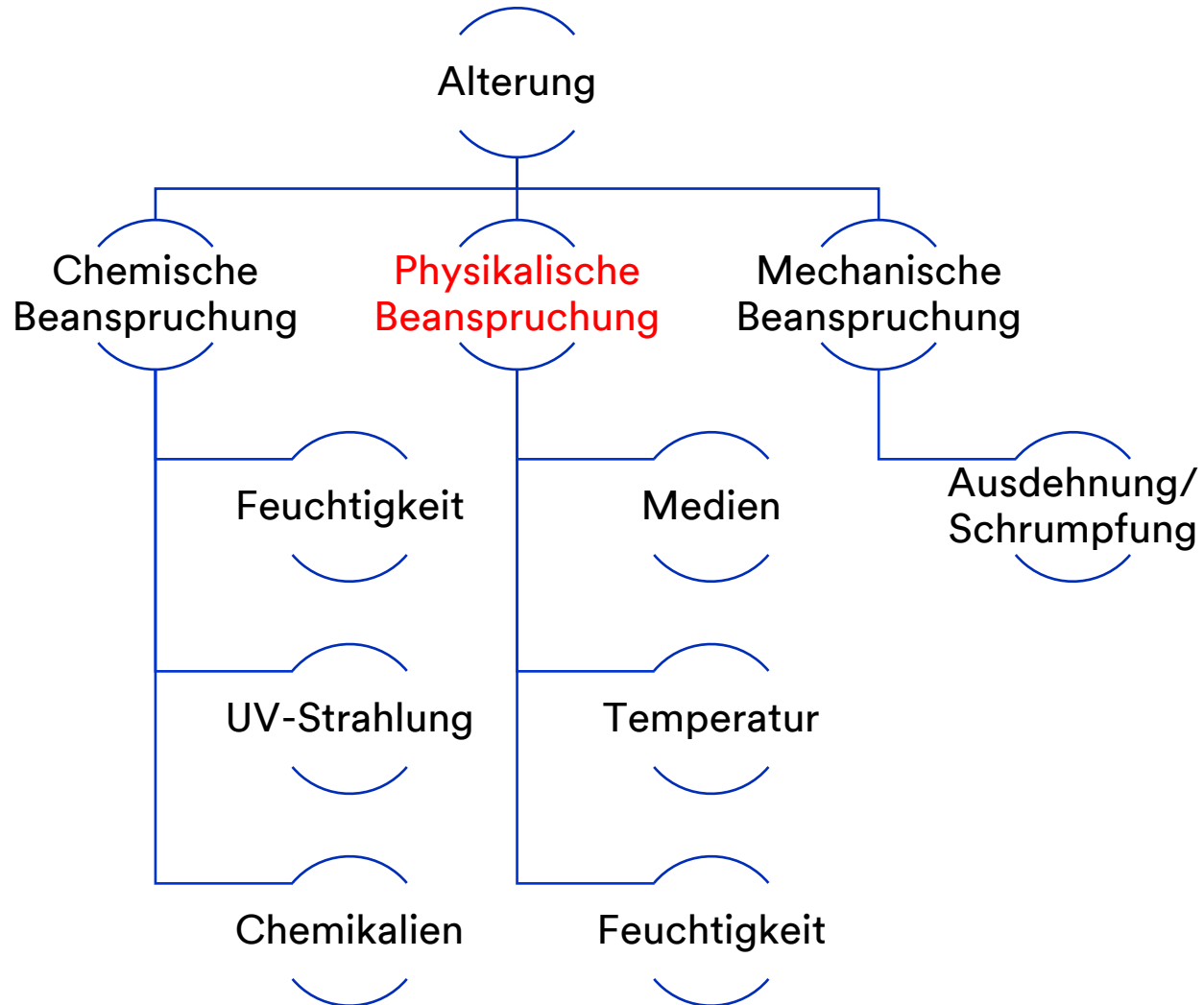
Alterung

VDA 621-415



Physikalische Alterung

Alterung



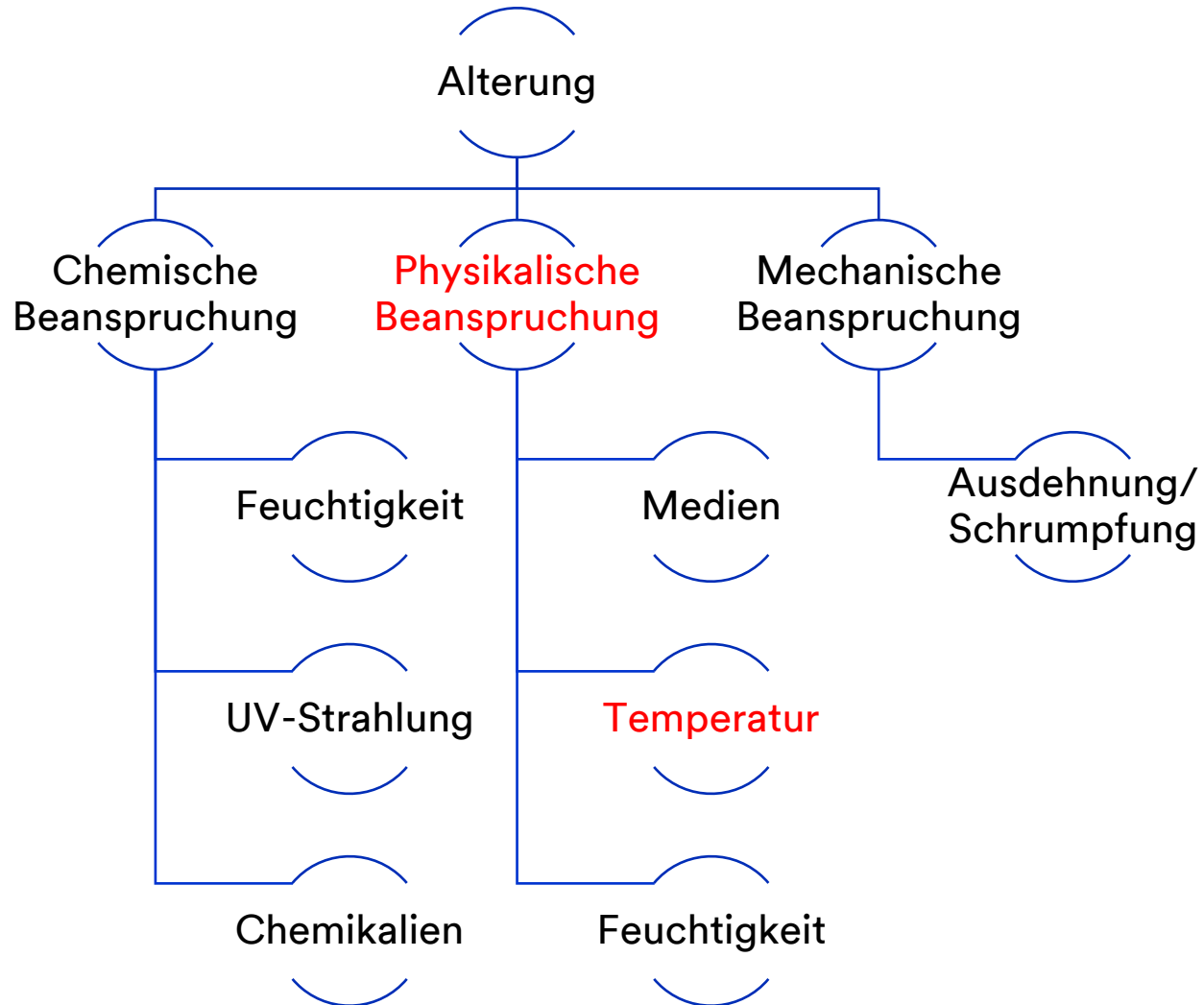
Alterung

Physikalische Alterung:

- Temperatur in Kombination mit:
 - Luftsauerstoff: Oxidation der Klebverbindung (Verbrennen des Polymers)
 - Feuchtigkeit: Weichmachereffekt (reversibel)
Zerstörung der chemischen Bindungen im Polymer (irreversibel)
- **Medien:** Einlagerung in Motoröl, Hydrauliköl, Laugen, Säuren usw. verursachen eine chemische Abbaureaktion



Alterung

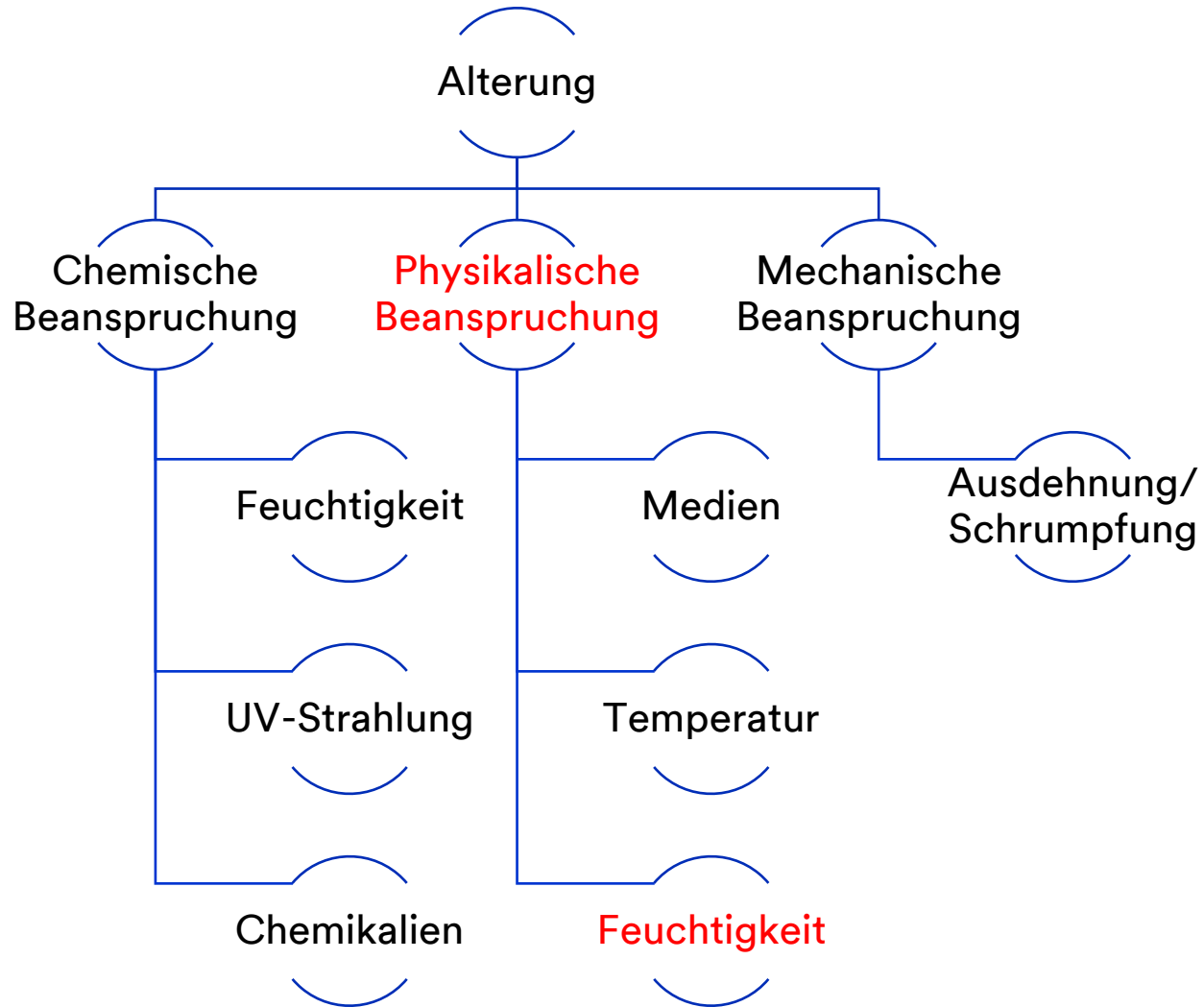


Alterung

Physikalische Alterung: Temperatur

- Künstliche Alterung Temperatur:
 - Lagerung bei erhöhter Temperatur im Ofen:
 - +50°C
 - +70°C
 - +120°C

Alterung



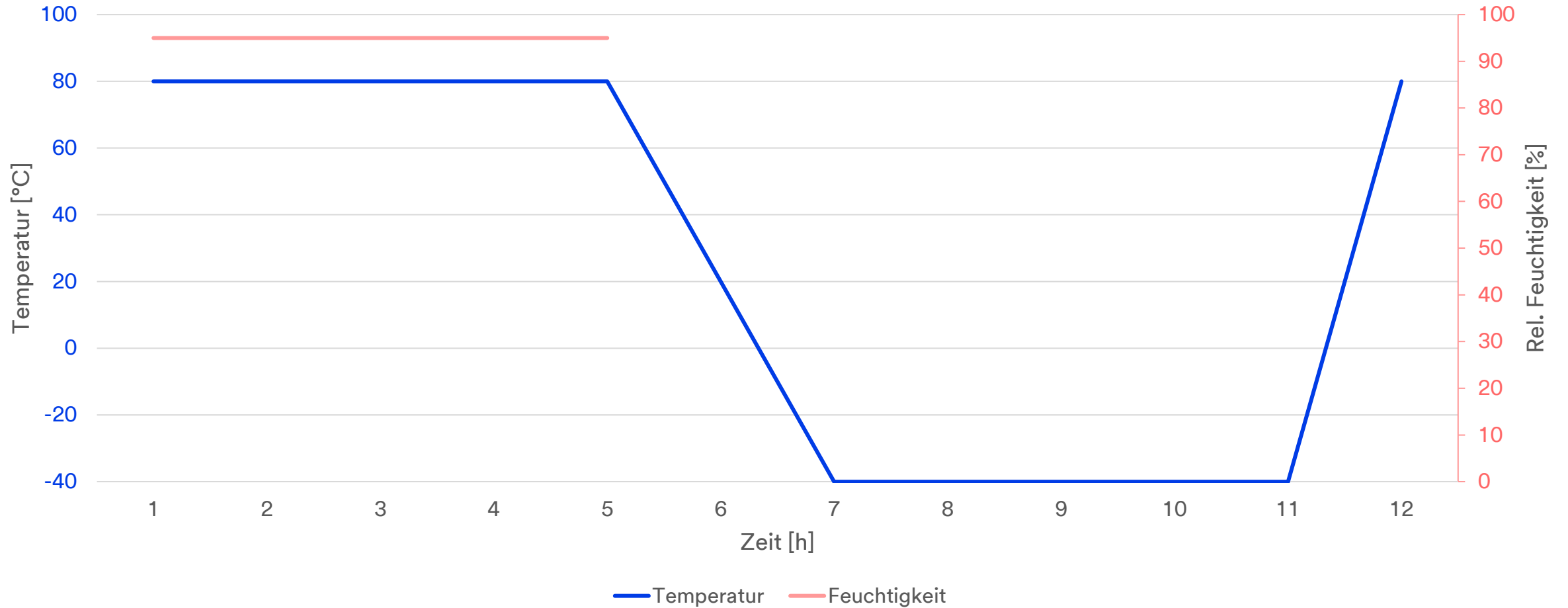
Alterung

Physikalische Alterung: Feuchtigkeit

- Künstliche Alterung Feuchtigkeit:
 - Lagerung bei erhöhter Temperatur und rel. Feuchtigkeit:
+38°C/ 98 % r.F.
+70°C/ 98 % r.F.
 - In Kombination mit Temperatur in Klimawechselzyklen:
 - VW PV 1200
 - BMW 308.2
 - 3M Standardzyklus TMAE 61

Alterung

VW PV 1200



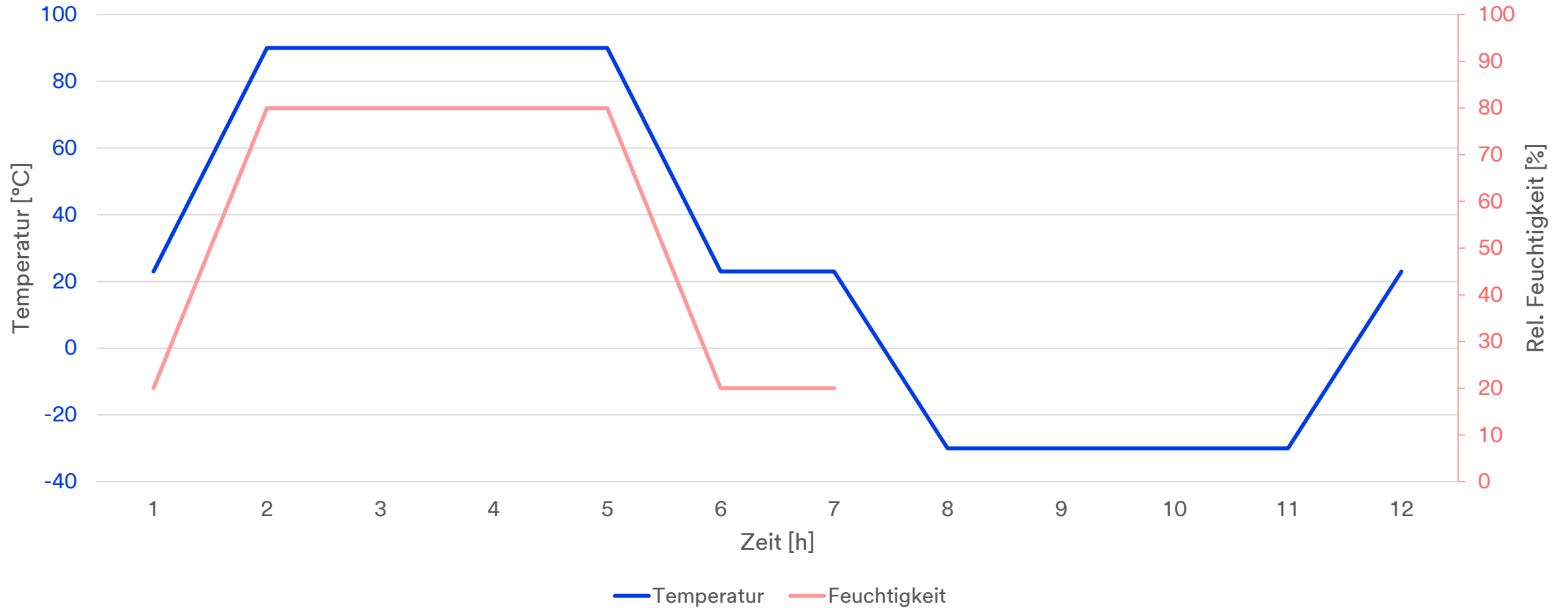
Alterung

VW PV 1200

Programmabschnitt	Temperatur [°C]	Rel. Feuchtigkeit [%]	Zeit [h]	Bemerkung
1	80	95	4	
2	-40	/	2	Kühlen und entfeuchten in 2 Stunden ohne Zwischenschritt
3	-40	/	4	
4	80	95	2	Aufheizen in 2 Stunden

Alterung

BMW PR 308.2



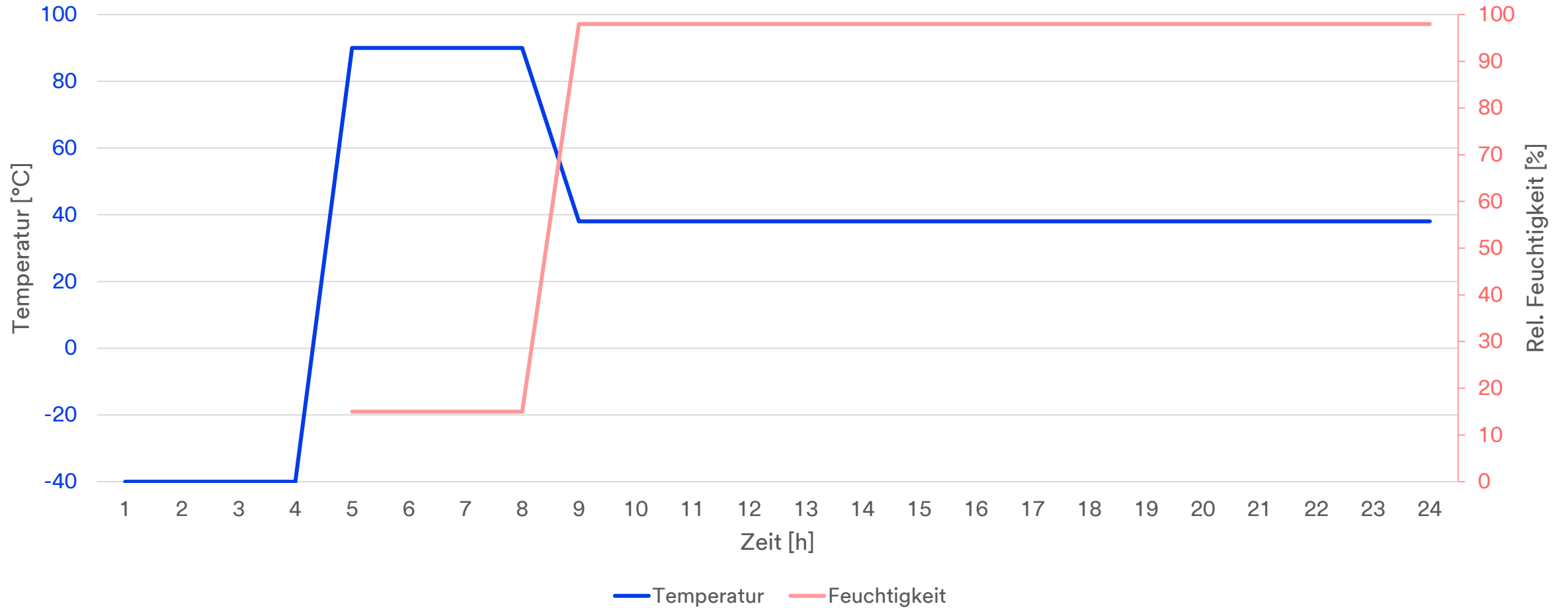
Alterung

BMW PR 308.2

Programmabschnitt	Temperatur [°C]	Rel. Feuchtigkeit [%]	Zeit [h]	Bemerkung
1	23	20	/	Startbedingung
2	/	/	1	Aufheizen und befeuchten in 1 Stunde ohne Zwischenschritt
3	90	80	4	
4	/	/	1	Kühlen und entfeuchten in 1 Stunde ohne Zwischenschritt
5	23	20	1	Feuchte aus bei 23°C und 20 % rel. Feuchte
6	-30	/	4	
6	/	/	1	Aufheizen in 1 Stunde
7	23	20	/	

Alterung

3M Standardzyklus



Alterung

3M Standardzyklus

Programmabschnitt	Temperatur [°C]	Rel. Feuchtigkeit [%]	Zeit [h]	Bemerkung
1	-40	/	4	
2	90	15	4	Aufheizen und befeuchten ohne Zwischenschritt
3	38	98	16	

Alterung

- Vergleich von natürlicher und künstlicher Alterung
- **Ein Vergleich zwischen künstlicher und natürlicher Alterung ist nicht möglich**



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-SA](#)

Natürliche Alterung (21 Tage 38°C)



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-SA](#)

Künstliche Alterung (10 Minuten +100°C)

An aerial photograph of a complex multi-level highway interchange in a city, likely Shanghai, during the 'blue hour' of dusk. The sky is a mix of light blue and grey, and the city buildings in the background are illuminated with lights. The highway is filled with traffic, with light trails from cars and trucks. A large white 3M logo is overlaid in the top left corner, and a white geometric shape, resembling a stylized '3' or a triangle, is overlaid on the right side of the image.

3M Science.
Applied to Life.™

Prüftechnik

Remaking the world of making things
Industrial Adhesives & Tapes Division

Zerstörende Prüfungen

Zerstörende Prüfverfahren erlauben Aussagen über die Klebung zum Zeitpunkt der Prüfung

Prüftechnik

- AFERA
 - Zusammenschluss der europäischen Klebebandhersteller
- FINAT
 - Zusammenschluss der europäischen Labelhersteller
- ASTM International
 - Früher ASTM (**A**merican **S**ociety of **T**esting and **M**aterials)
 - Internationale Standardisierungsorganisation
- BSI
 - Britische Standardisierungsorganisation
- DIN
 - Deutsches Standardisierungsorganisation

Prüftechnik

Harmonisierte Testmethoden

	Nord- & Lateinamerika	Europa	Global
Winkelschälversuch	ASTM D3330-04	AFERA 5001	ISO 29862
Stat. Scherfestigkeit	ASTM D3654-06	AFERA 5012	ISO 29863
Bruchlast/ -dehnung	ASTM D3759-05	AFERA 5004	ISO 29864
Dicke	ASTM D3652	AFERA 5006	EN 1942
Dyn. Zugscherfestigkeit	DIN EN 1465	DIN EN 1465	/

- Der Vergleich mit anderen Testmethoden und anderer Testmethoden untereinander ist nicht möglich
- Ergebnisse ohne Einheit oder Angabe der Testmethode sind nicht verwendbar
- Beim Vergleich verschiedener Messwerte immer auf die Einheiten achten.

Prüftechnik

- Bruchbilder
 - Bruchbilder sind sehr aussagekräftig für die Beurteilung einer Klebung:
 - Adhäsionsbruch zur Oberfläche
 - Der Klebstoff/ das Klebeband löst sich rückstandsfrei von der Oberfläche
 - Kohäsionsbruch im Klebstoff/ im Klebeband
 - Klebstoff-/ Klebebandrückstände auf beiden Seiten
 - Mischbruch
 - Kombination aus Kohäsionsbruch im Klebstoff und Adhäsionsbruch zur Oberfläche



Adhäsionsbruch zur Oberfläche



Kohäsionsbruch im Klebstoff/ Klebeband









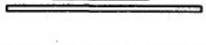
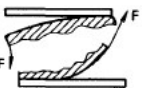
Mischbruch

Prüftechnik

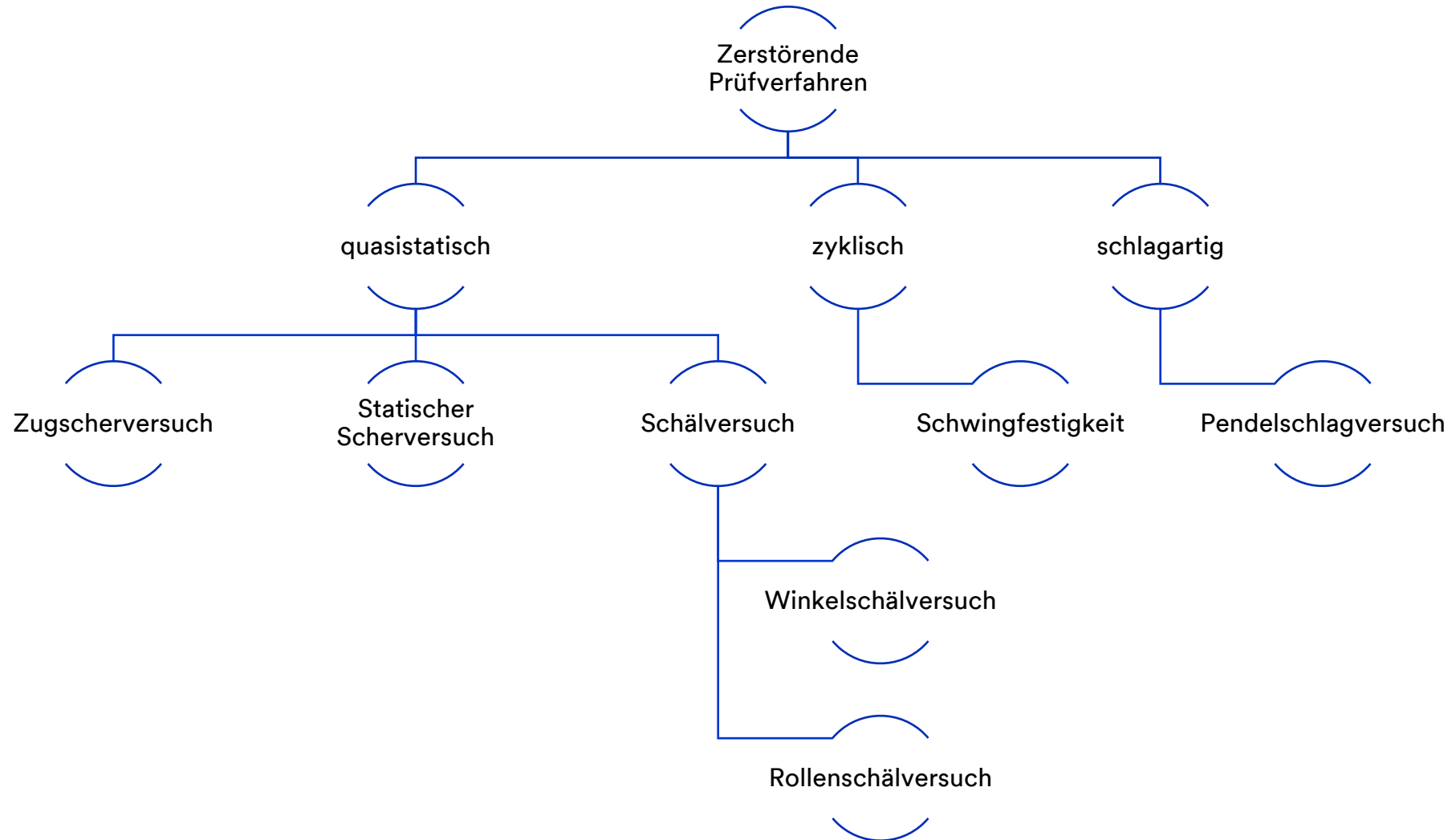
- Bruchbilder nach DIN EN ISO 10365:1995

Seite 3
EN ISO 10365:1995

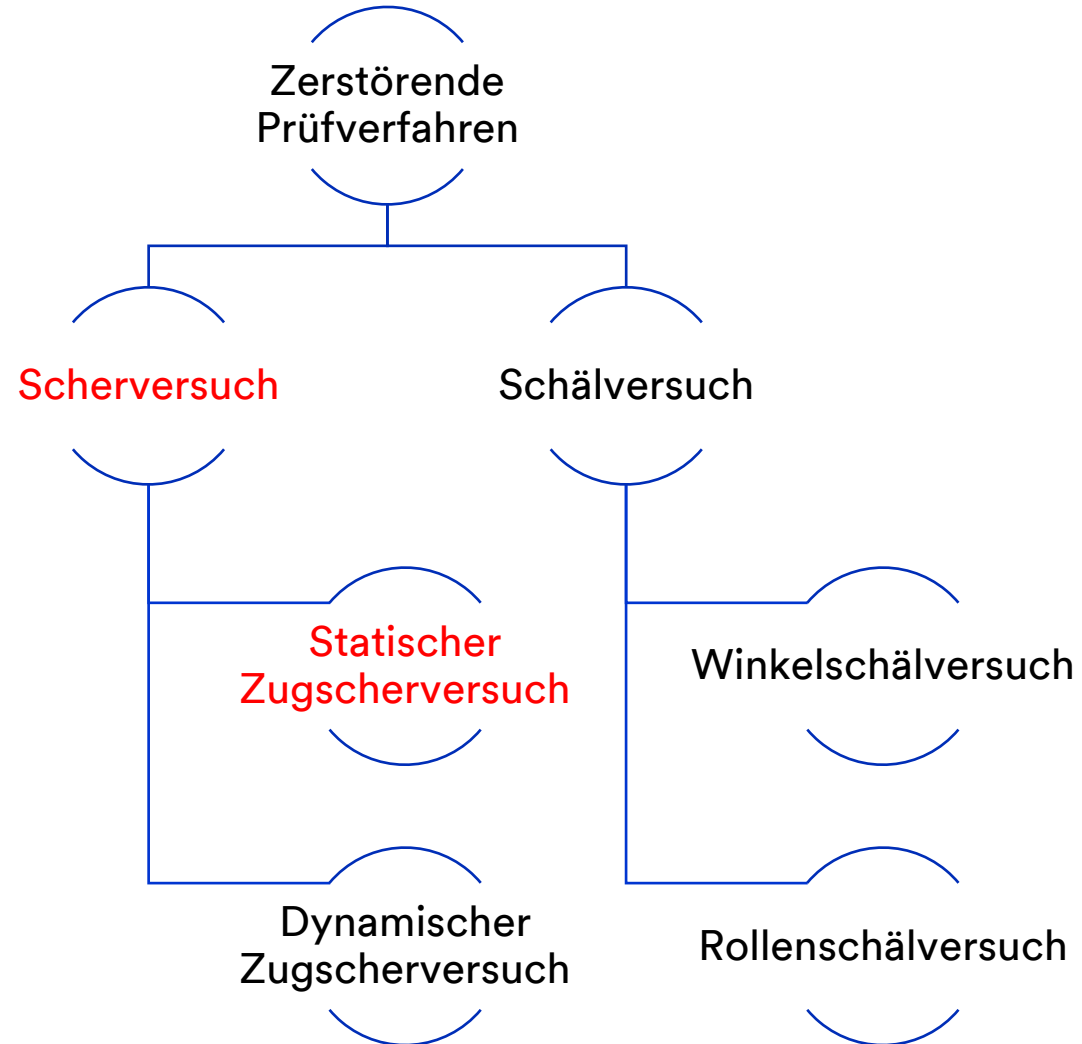
Tabelle 1: Bezeichnung von Bruchbildern

	Bruchbilder	Bezeichnung
Fügeteilwerkstoff	 Bruch eines oder beider Fügeteile (Fügeteilbruch)	SF
	 Bruch eines Fügeteils (kohäsives Fügeteilversagen)	CSF
	 Bruch durch Delaminieren (Delaminierbruch)	DF
Klebstoff	Arten des Kohäsionsbruches  Kohäsionsbruch	CF
	 Substratnaher spezieller Kohäsionsbruch	SCF
	  Adhäsionsbruch	AF
	 Adhäsions- und Kohäsionsbruch mit Schälung	ACFP

Zerstörende Prüfungen



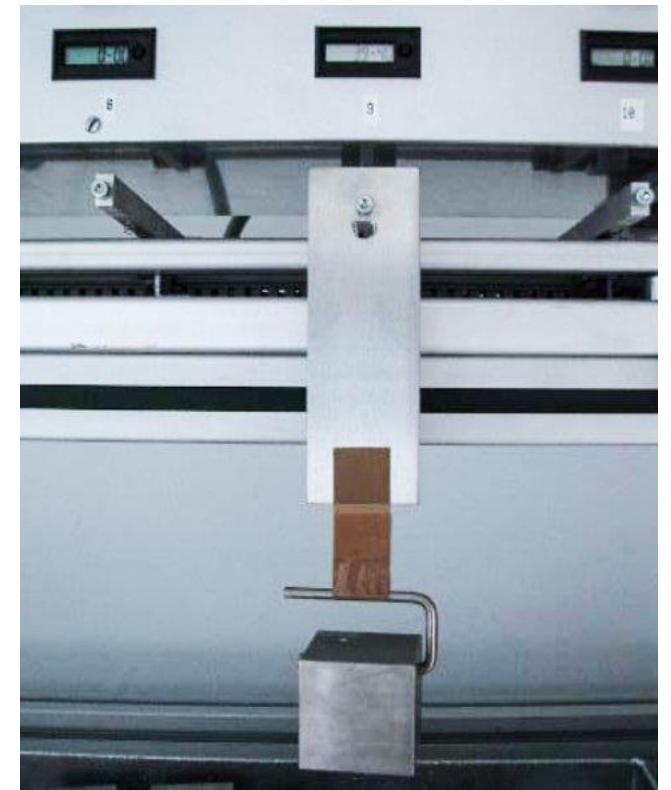
Zerstörende Prüfungen



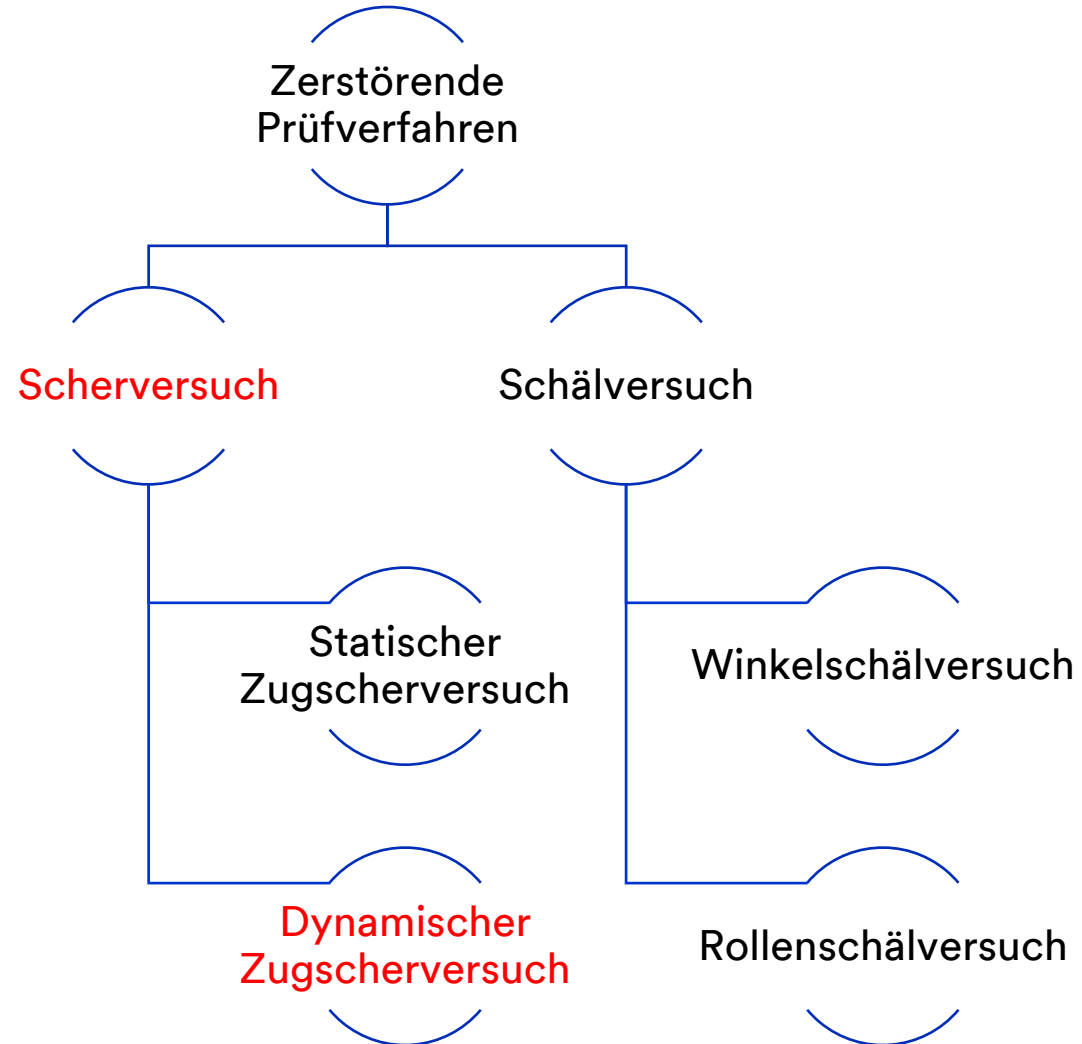
Prüftechnik

Zerstörende Prüfmethoden: statische Zugscherfestigkeit

- Messung der inneren Festigkeit von Haftklebstoffen
 - Konstante Fläche
 - Konstante Temperatur
 - Konstanter Andruck
 - Konstantes Gewicht
 - Zeit bis zum Abfallen des Gewichtes wird gemessen
 - Nach 10.000 Minuten wird der Test abgebrochen und das Rutschverhalten wird beurteilt
 - Ergebnis: Minuten
 - Rutschverhalten (falls vorhanden)
 - Bruchbild (falls vorhanden)



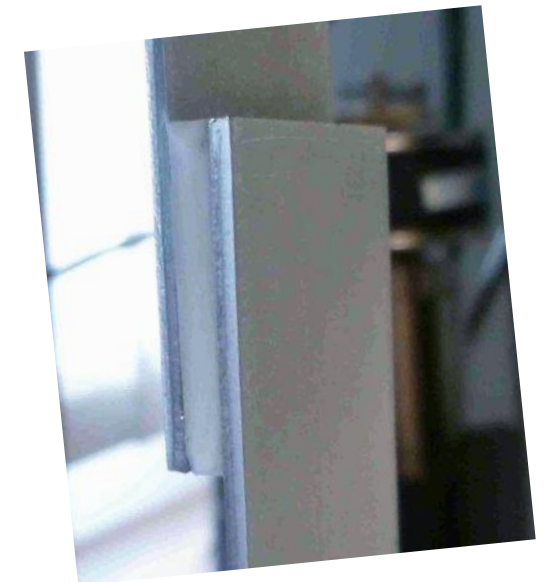
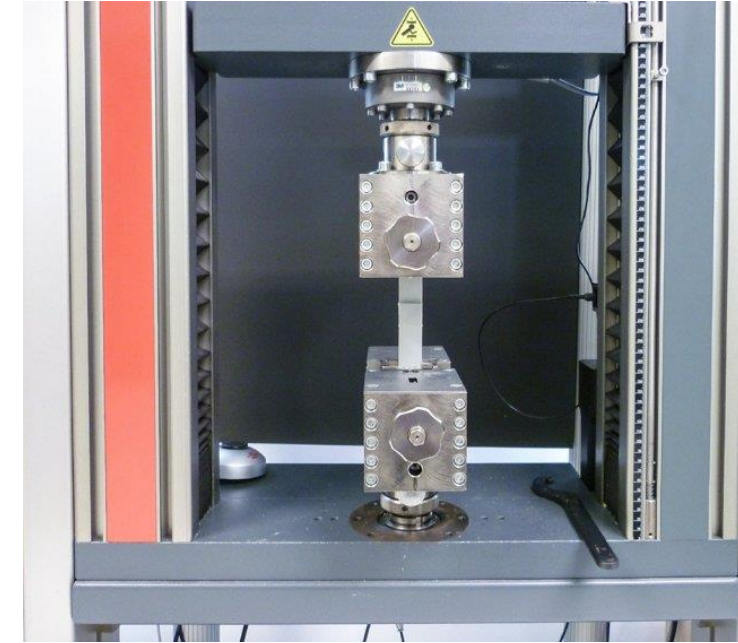
Zerstörende Prüfungen



Prüftechnik

Zerstörende Prüfmethoden: dynamische Zugscherfestigkeit

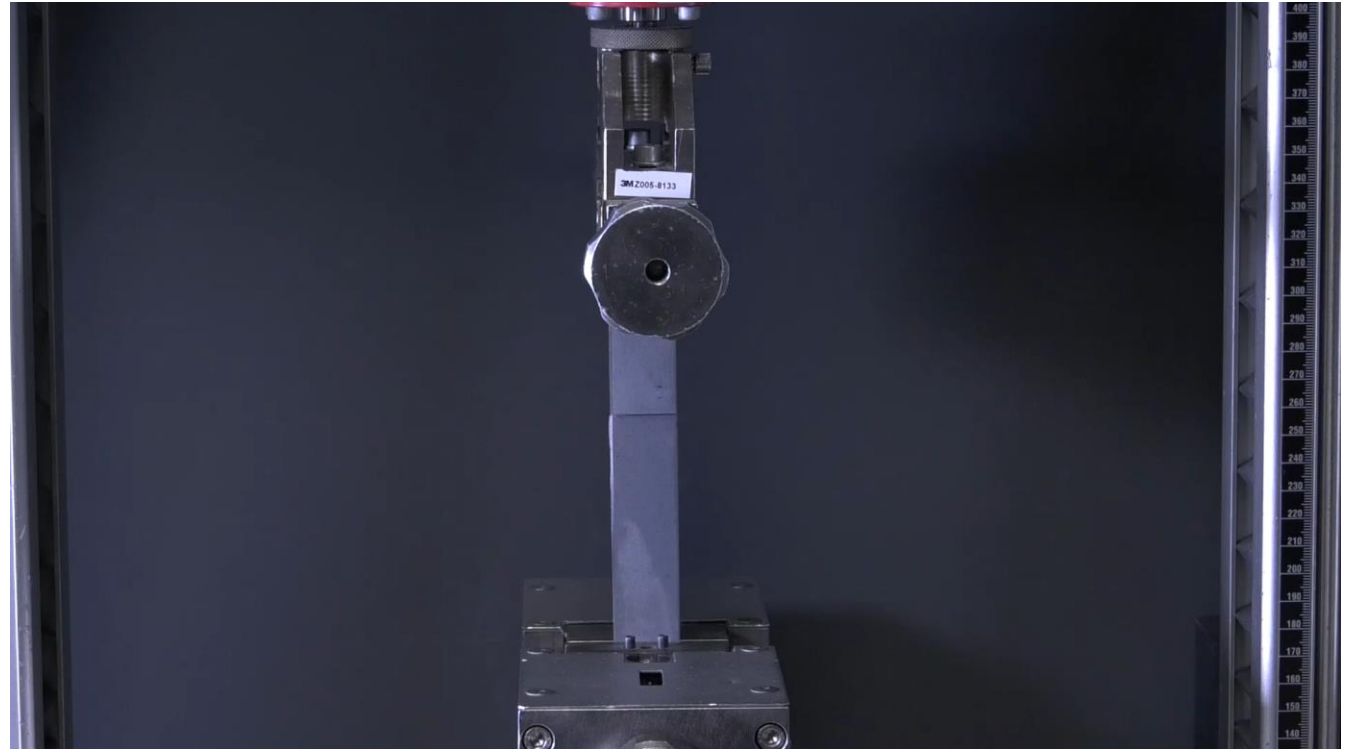
- Messung der inneren Festigkeit von Haft- und Flüssigklebstoffen
 - Konstante Fläche
 - Konstante Temperatur
 - Konstanter Andruck
 - Konstante Geschwindigkeit
 - Kraft bis zur Zerstörung der Probe wird gemessen und auf die Klebfläche umgerechnet
 - Ergebnis: Spannung in MPa
Dehnung bei der maximalen Kraft
Bruchbild



Prüftechnik

Zerstörende Prüfmethoden: dynamische Zugscherfestigkeit

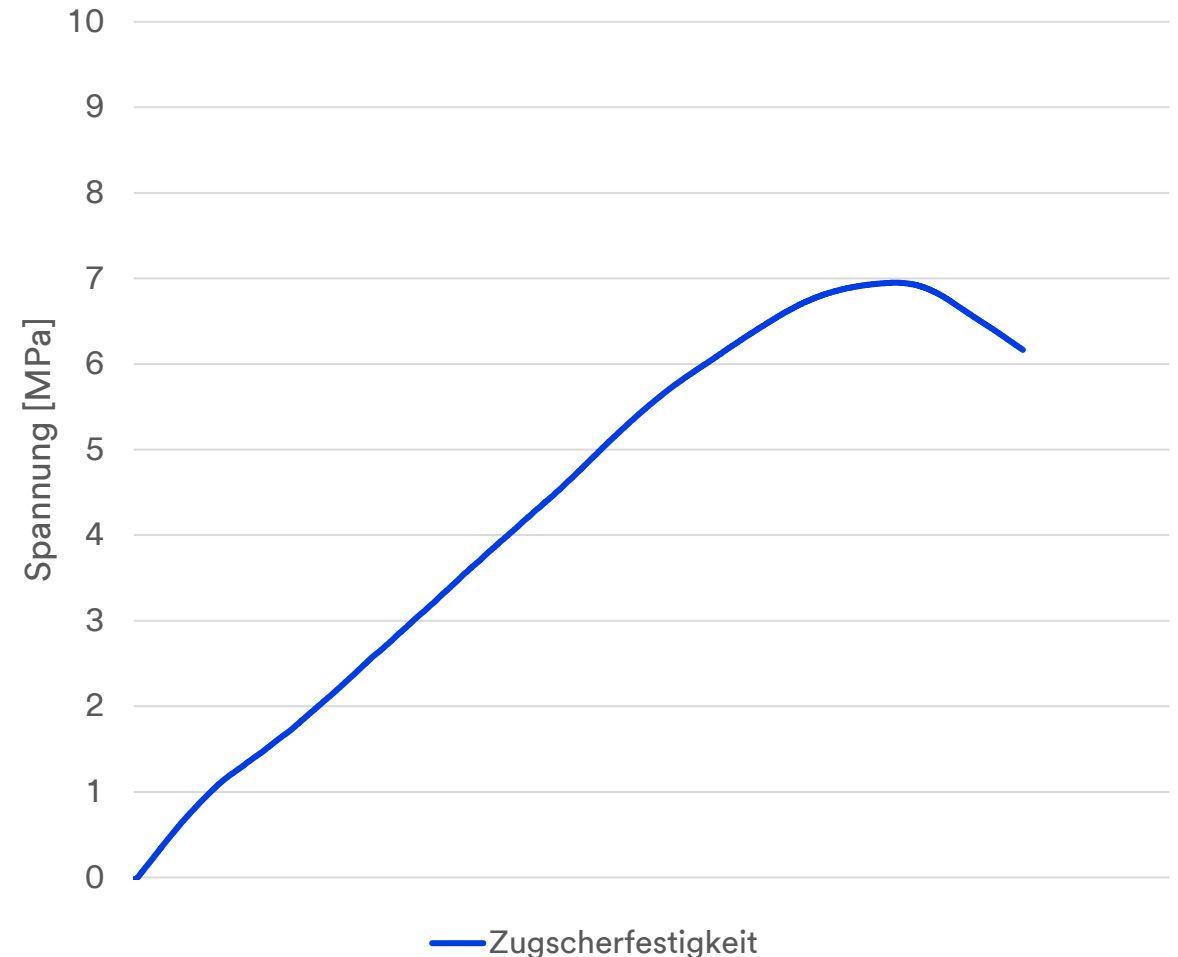
- Kraft bis zur Zerstörung der Probe wird gemessen und auf die Klebfläche umgerechnet
- Ergebnis: Spannung in MPa



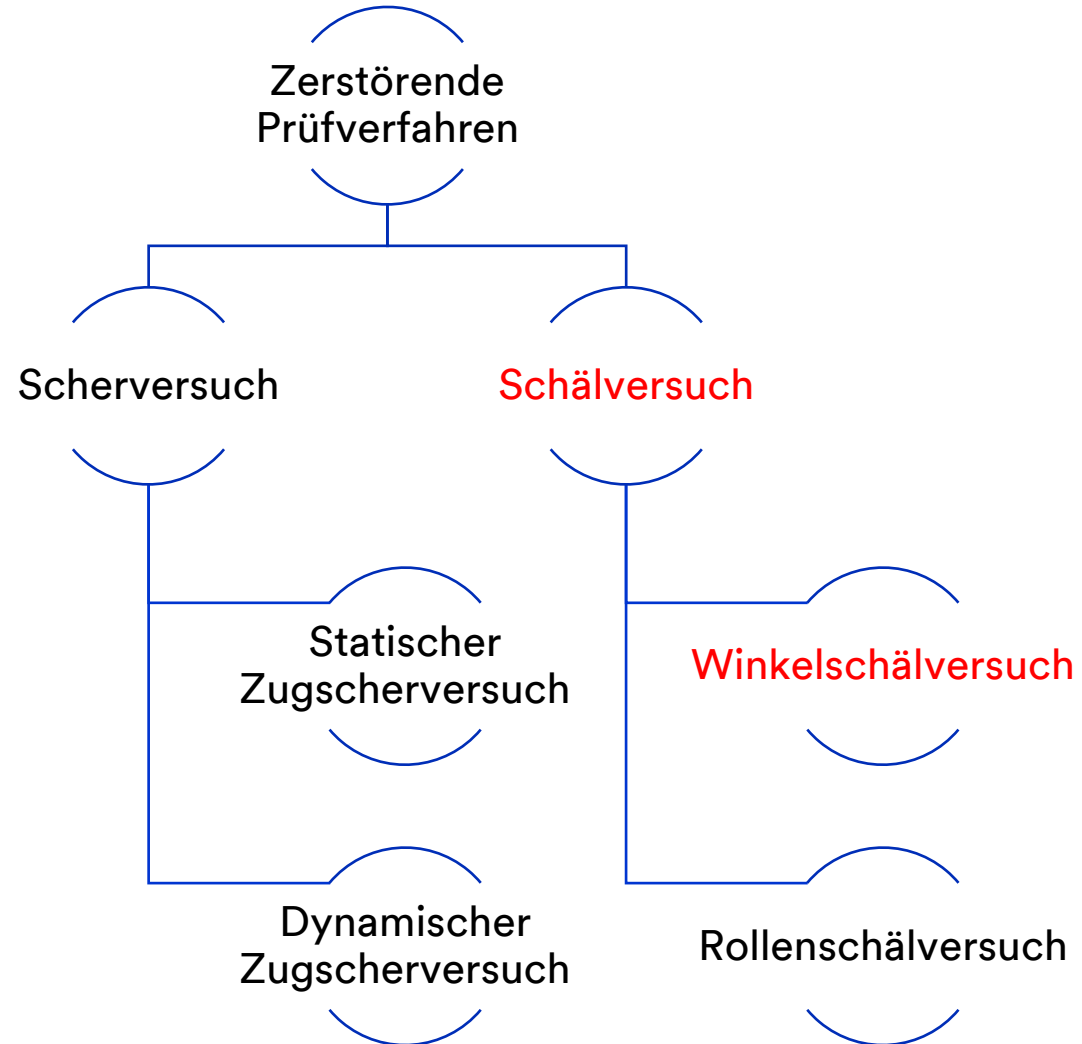
Prüftechnik

Zerstörende Prüfmethoden: dynamische Zugscherfestigkeit

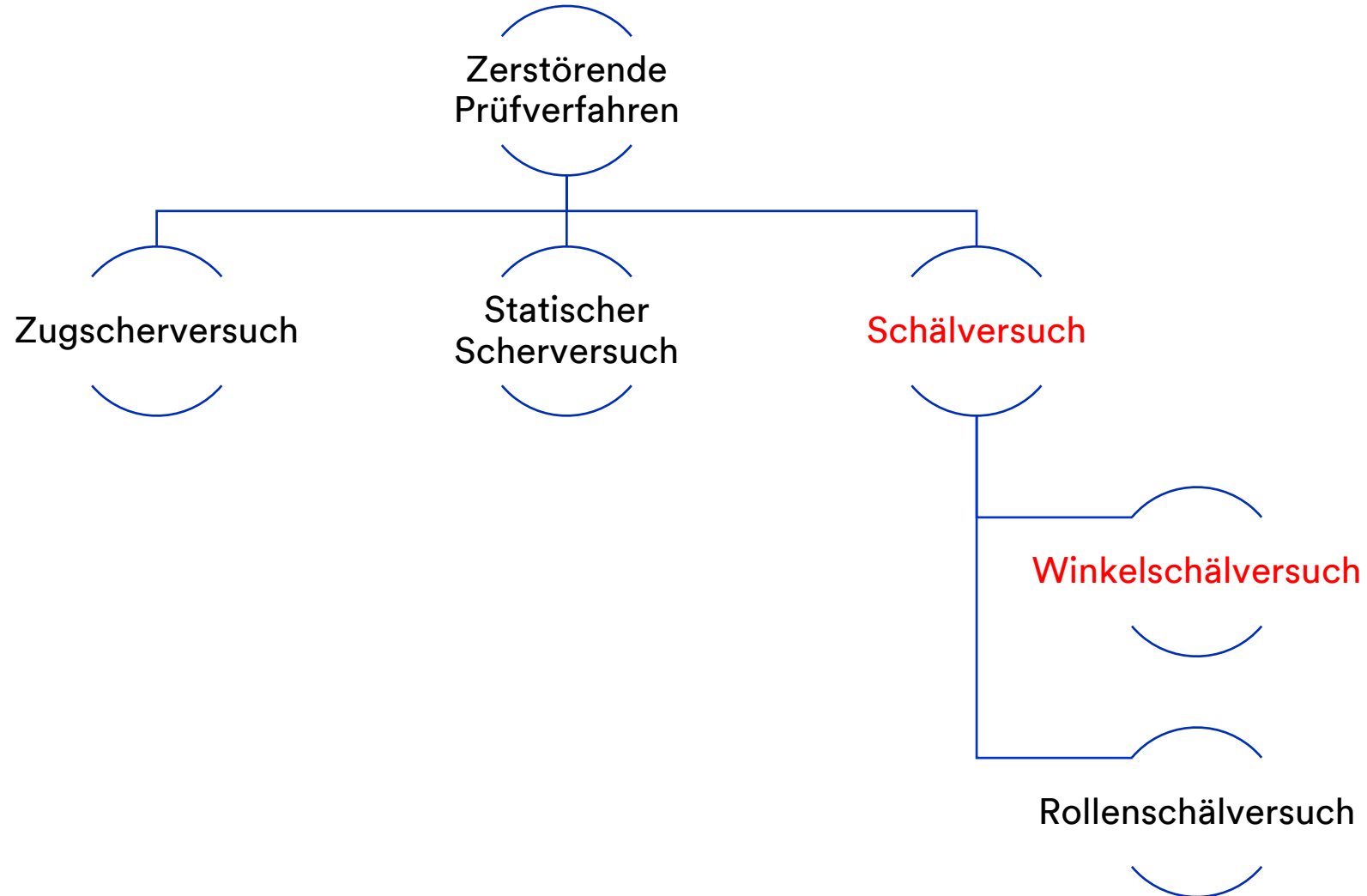
- Kraft bis zur Zerstörung der Probe wird gemessen und auf die Klebfläche umgerechnet
- Ergebnis: Spannung in MPa



Zerstörende Prüfungen



Zerstörende Prüfungen



Prüftechnik

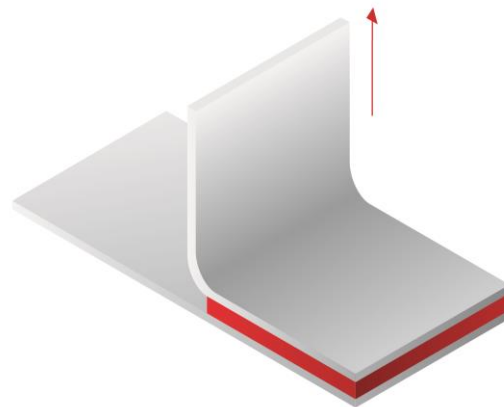
Winkelschälversuch

- Wird auch als
 - Schälversuch
 - Klebkraft
 - Peel
 - Messung der Adhäsion bezeichnet

Prüftechnik

Winkelschälversuch

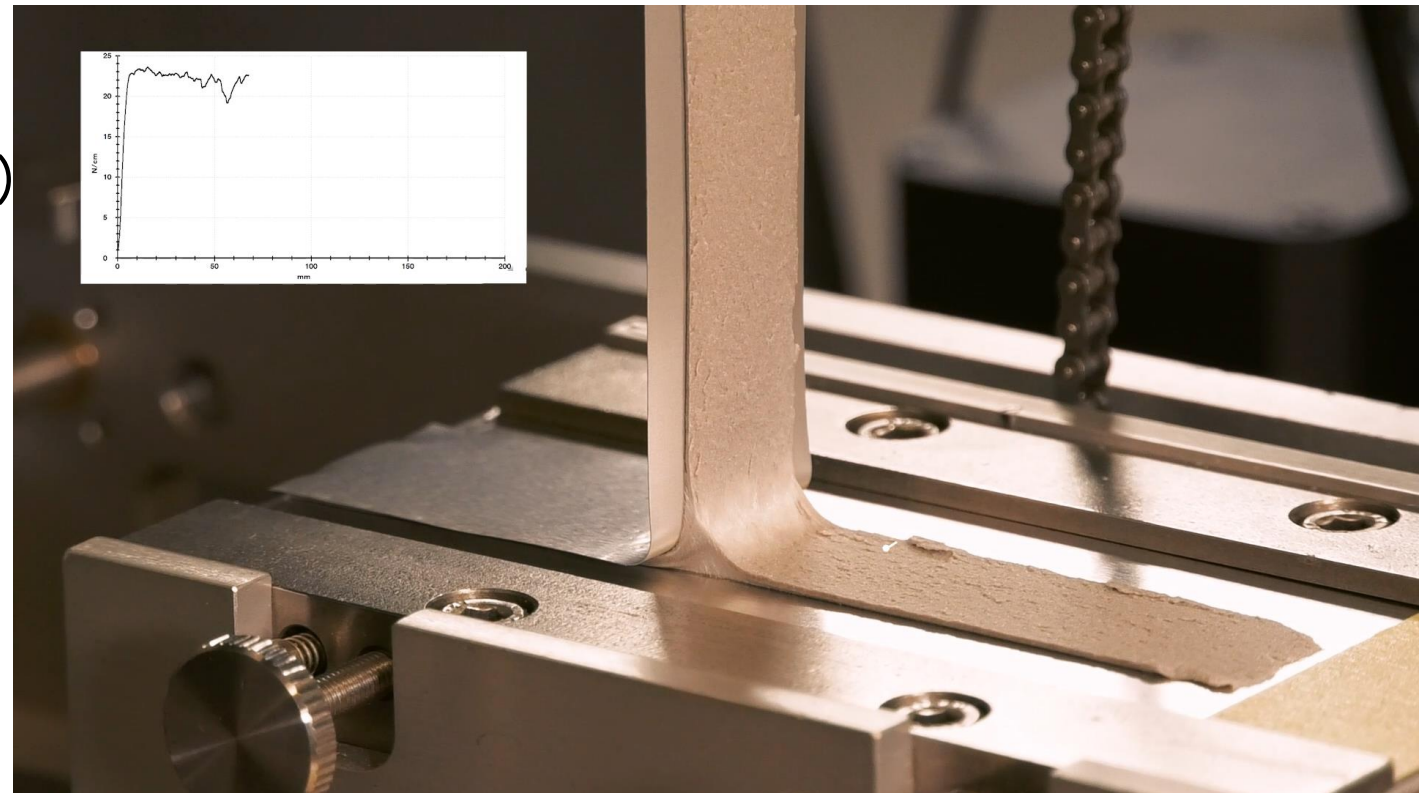
- wird beeinflusst von
 - Art des Klebstoffs
 - Dicke der Klebfuge
 - Oberfläche (Material, Rauigkeit, Kontur)
 - Temperatur
 - Andruck
 - Verweilzeit
 - Abzugswinkel (90° oder 180°)
 - Abzugsgeschwindigkeit



Prüftechnik

Winkelschälversuch

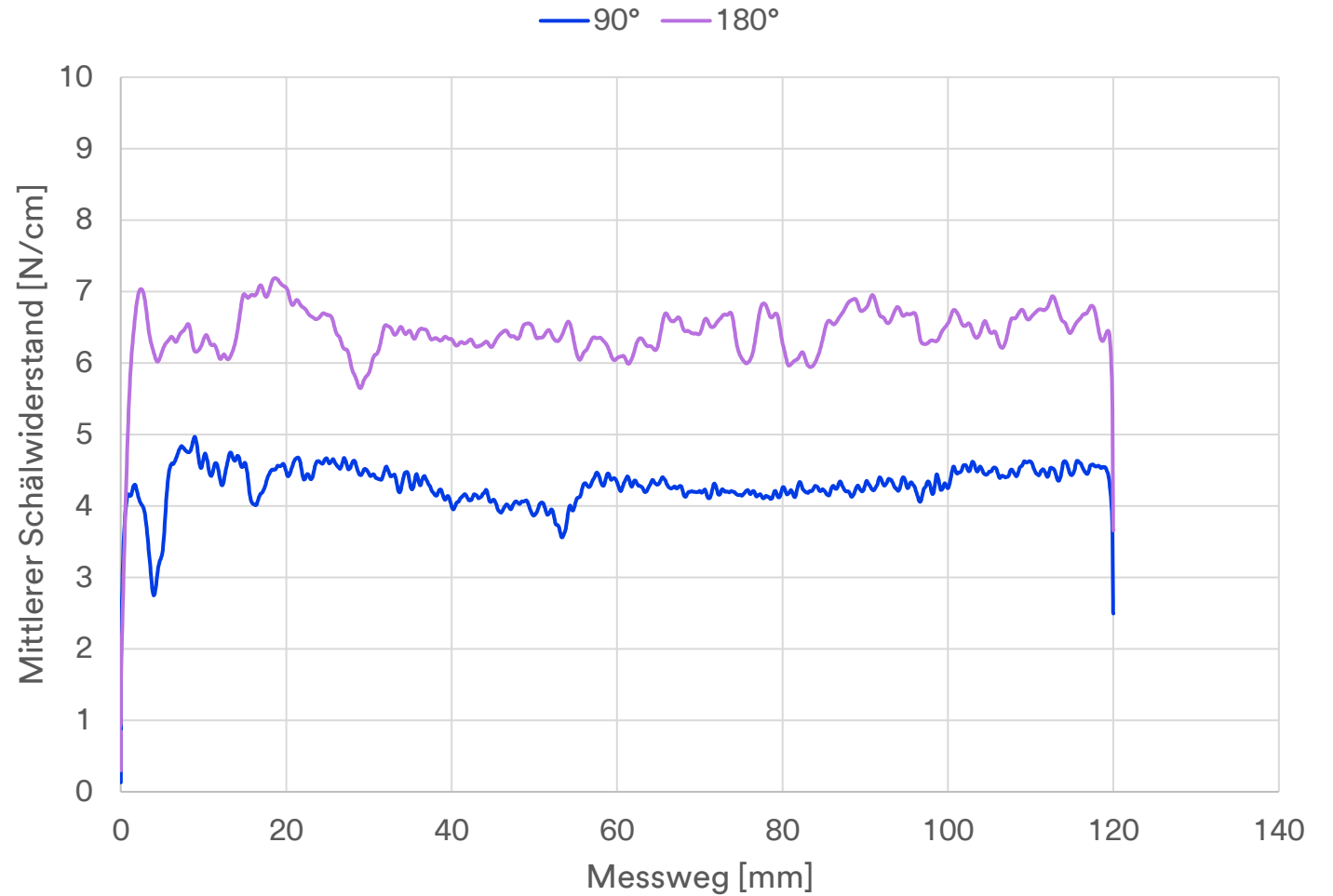
- wird beeinflusst von
 - Art des Klebstoffs
 - Dicke der Klebfuge
 - Oberfläche (Material, Rauigkeit, Kontur)
 - Temperatur
 - Andruck
 - Verweilzeit
 - Abzugswinkel (90° oder 180°)
 - Abzugsgeschwindigkeit



Prüftechnik

Winkelschälversuch

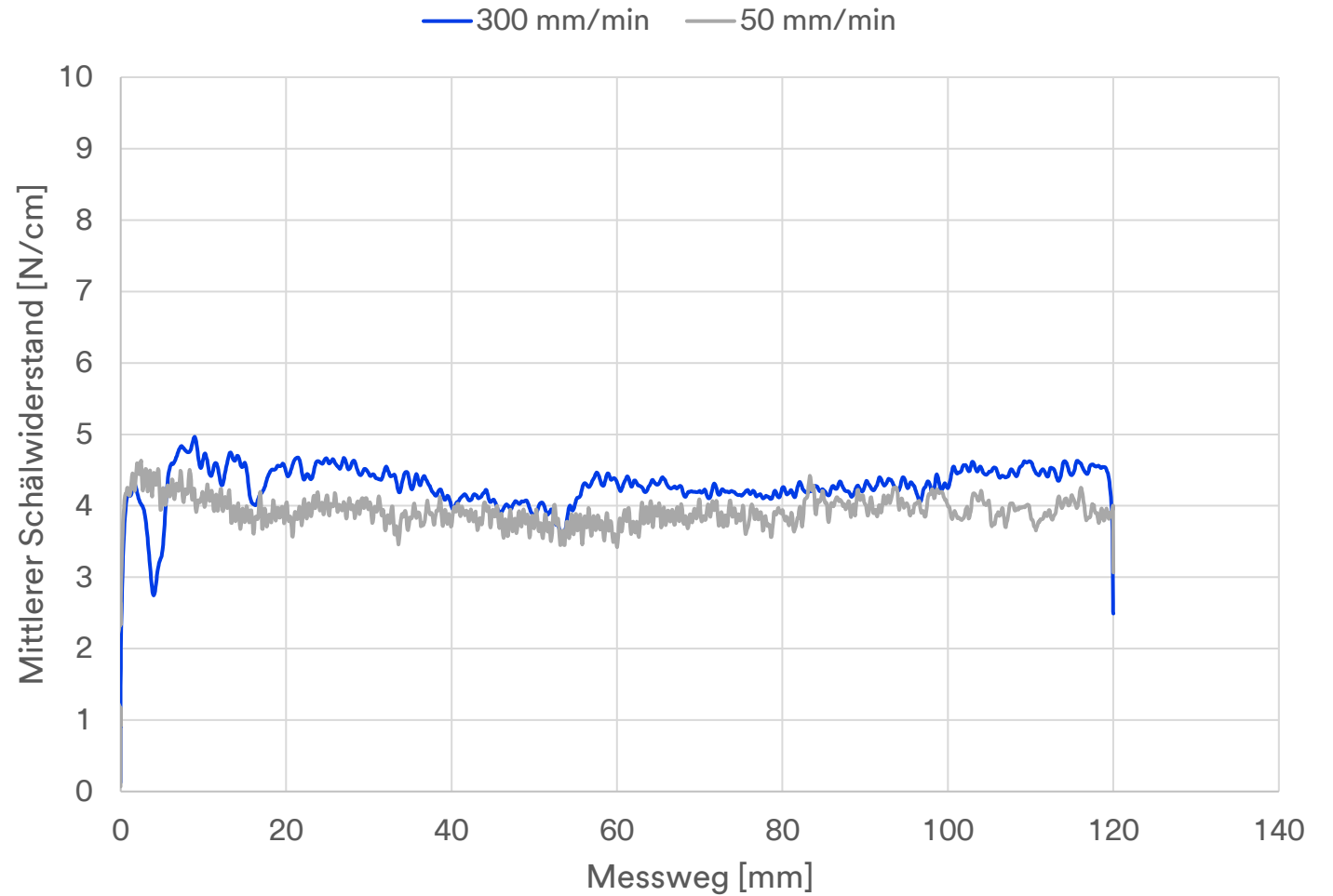
- wird beeinflusst von
 - Abzugswinkel (90° oder 180°)



Prüftechnik

Winkelschälversuch

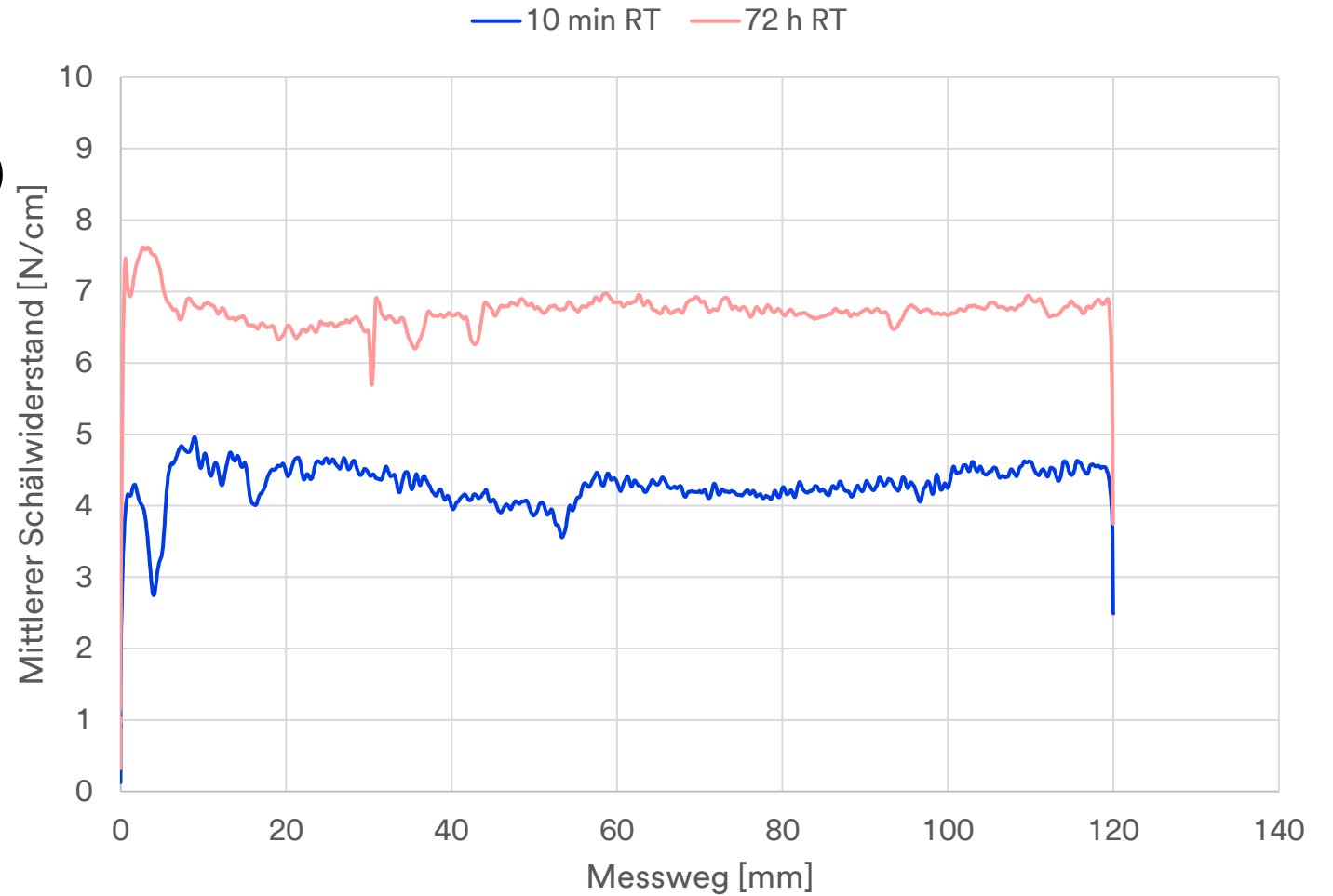
- wird beeinflusst von
 - Abzugsgeschwindigkeit (50 mm/min oder 300 mm/min)



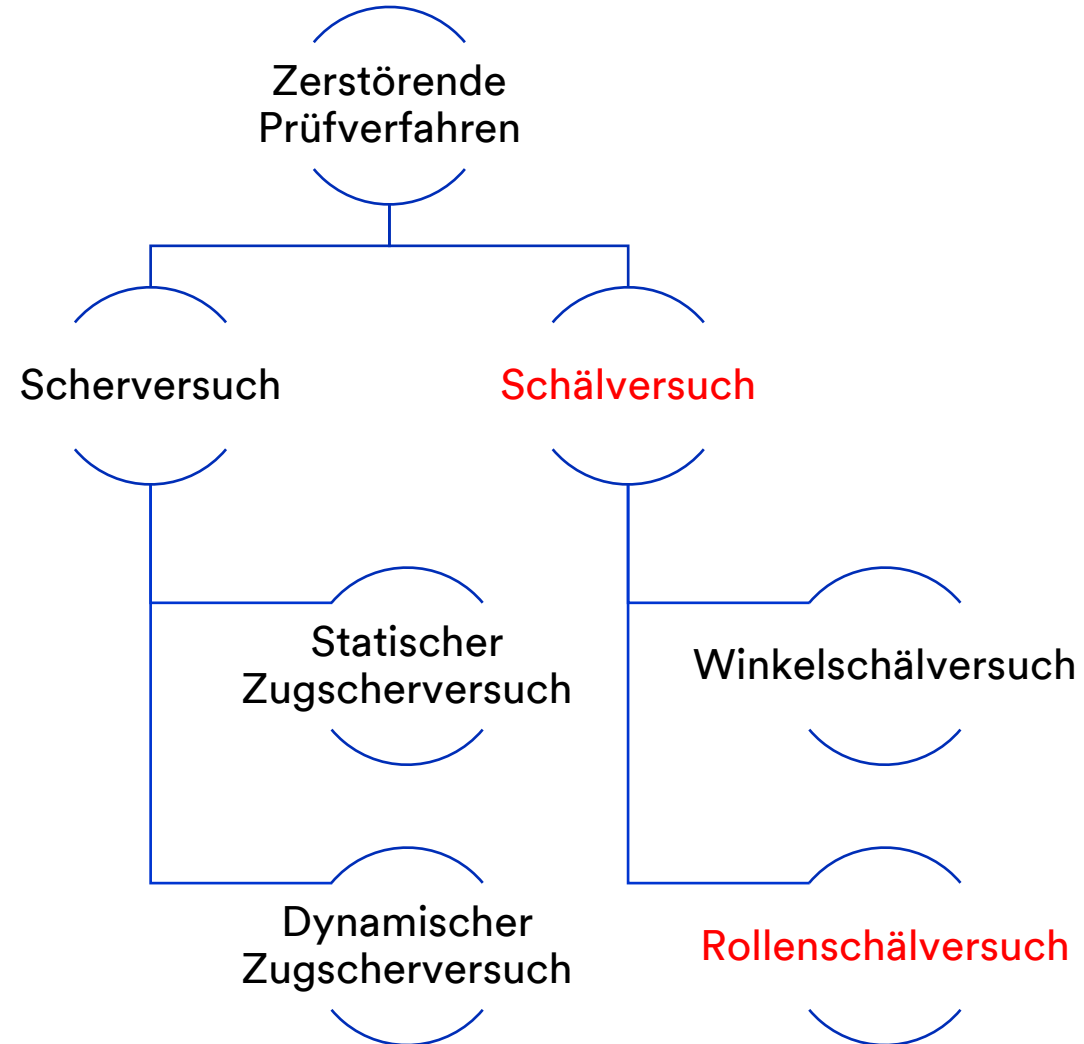
Prüftechnik

Winkelschälversuch

- wird beeinflusst von
 - Verweilzeit (10 min oder 72 h RT)



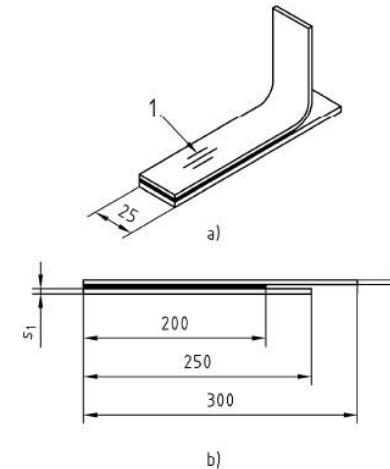
Zerstörende Prüfungen



Prüftechnik

Rollenschälversuch

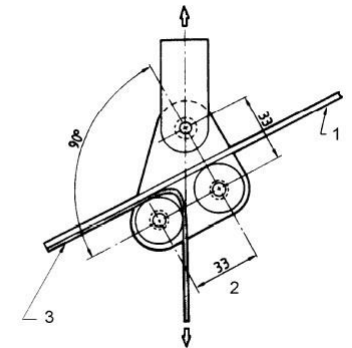
- Genormt in der DIN EN 1464
- Häufig für Flüssigklebstoffe eingesetzt
- Abzugsgeschwindigkeit: 100 mm/min



Legende

- a) angewinkelt
- b) nicht angewinkelt
- 1 Bewegungsrichtung der Rollen
- s_1 Dicke des starren Fügeteils
- s_2 Dicke des flexiblen Fügeteils

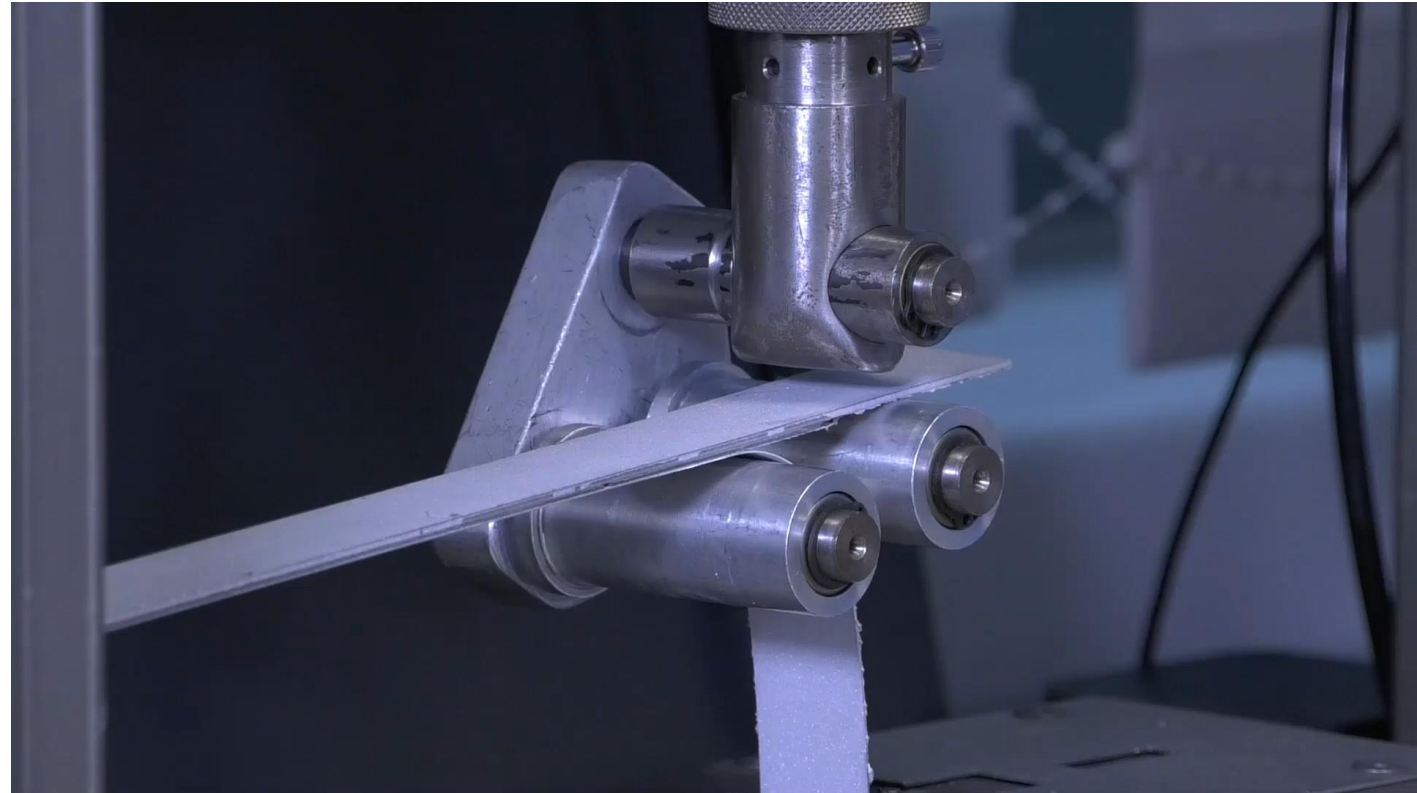
Maße in Millimeter



Prüftechnik

Rollenschälversuch

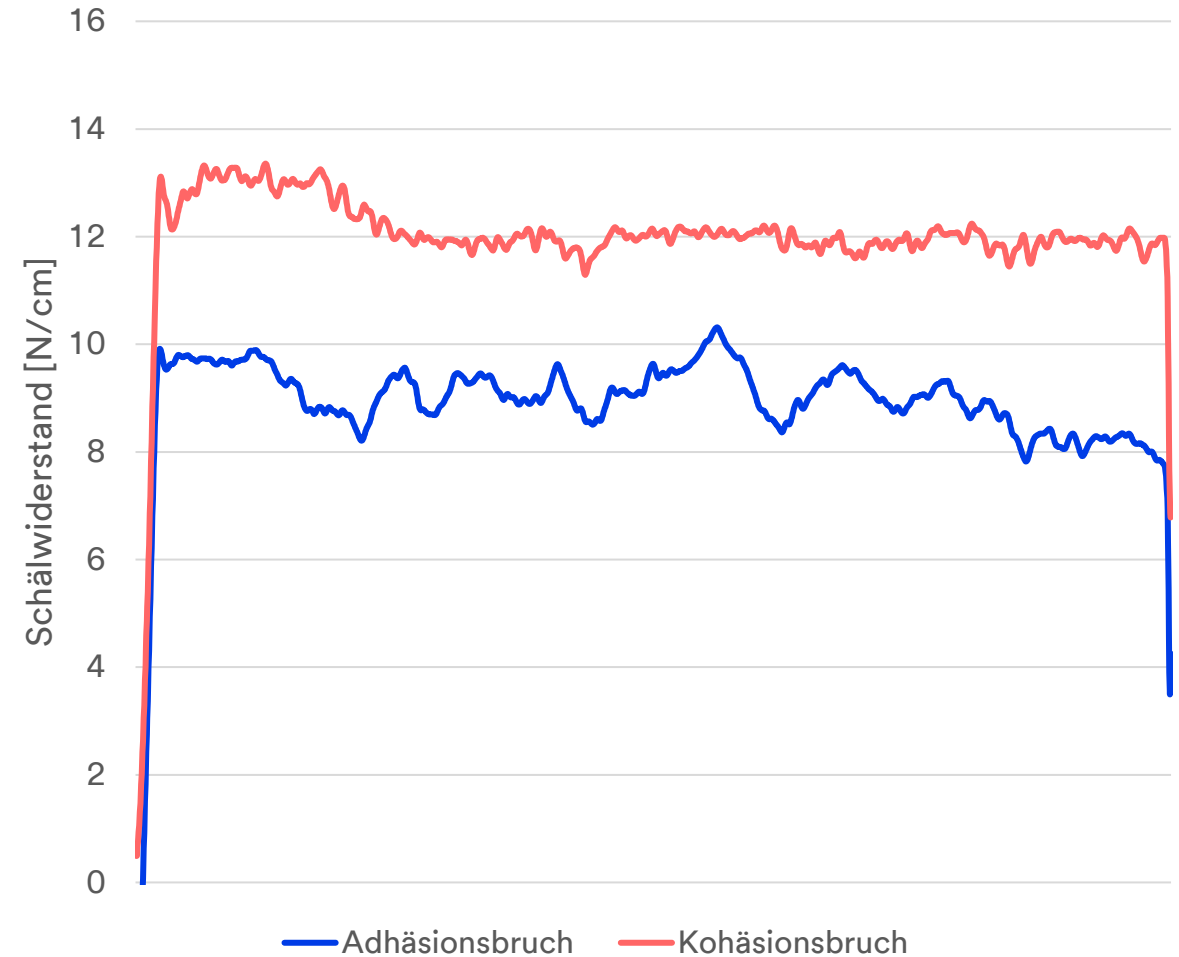
- Genormt in der DIN EN 1464
- Häufig für Flüssigklebstoffe eingesetzt
- Abzugsgeschwindigkeit: 100 mm/min



Prüftechnik

Rollenschälversuch

- Kraft zur Zerstörung der Kleblinie wird gemessen und auf die Breite umgerechnet
- Ergebnis: N/cm



Prüftechnik

Norm	Probengeometrie	Ergebnis	Aussage/ Information	Prüfgeschwindigkeit	Einheit
Rollenschäl (DIN EN 1464)	Breite: 25 mm	Adhäsion des Klebstoffs zur Oberfläche	Wie gut haftet der Klebstoff auf dem Substrat	100 mm/min	[N/cm] oder [N/10 mm]
	Länge: 200 mm				
	Dicke: 2,5 mm				
Winkelschäl (AFERA 5001) (ISO 29862)	Breite: 50 mm			300 mm/min	
	Länge: 100 mm				
	Dicke: 2 mm				

Prüftechnik

Norm	Probengeometrie	Ergebnis	Aussage/ Information	Prüfgeschwindigkeit	Einheit
Zugscher (DIN EN 1465)	Breite: 25 mm	Kohäsion des Verbundes	Wie hoch ist die innere Festigkeit und Dehnbarkeit des Klebverbunds?	Die Probe muss innerhalb von (65 ± 20) sec zerstört sein. Näherungswert: (2,5) mm/min	[MPa]
	Länge: 100 mm	Dehnung des Verbunds			%
	Dicke: 2 mm				
Zugversuch (DIN EN ISO 527)	Breite: 10 mm	Kohäsion des Klebstoffs	Wie hoch ist die innere Festigkeit des Klebstoffs	(1) mm/min (besser (1) %/ min)	[MPa]
	Länge: 60 mm	Max. Dehnung des Klebstoffs	Wie hoch ist die Dehnbarkeit des Klebstoffs		%
		E- Modul	Wo ist die Grenze zwischen elastischer und plastischer Verformung		M[Pa]
	Dicke: 4 mm	Poissonzahl	Verhältnis zwischen Dehnung und Einschnürung		

Prüftechnik

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**