



Beständigkeits- und Funktionalitätsprüfung von Displays oder Oberflächen, Werkstoffen oder Produkten in der Umgebung von Displays

Durability and functionality testing of displays or surfaces, materials or products in the vicinity of the display

VDE SPEC 90017 V1.0

Beständigkeits- und Funktionalitätsprüfung von Displays oder Oberflächen, Werkstoffen oder Produkten in der Umgebung von Displays

Vorwort

Veröffentlichungsdatum dieser VDE SPEC: 17. Dezember 2021.

Zur vorliegenden VDE SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Für diese VDE SPEC ist die VDE SPEC Projektgruppe „Displaytests“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Diese VDE SPEC wurde nach dem VDE SPEC-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von VDE SPEC 90017 V1.0 erfolgt in Projektgruppen und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

Diese VDE SPEC ist **nicht** Bestandteil des VDE-Vorschriftenwerks oder des Deutschen Normenwerks. Diese VDE SPEC ist insbesondere auch **keine** Technische Regel im Sinne von § 49 EnWG.

An dieser Stelle herzlichen Dank an alle Experten für ihre wertvollen Inputs.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann die VDE SPEC-Projektgruppe weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass die VDE SPEC-Projektgruppe für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Im Zuge der Herstellung und/oder Einführung von Produkten in den Europäischen Binnenmarkt muss der Hersteller eine Risikoanalyse durchführen, um zunächst festzustellen, welche Risiken das Produkt möglicherweise mit sich bringt. Nach Durchführung der Risikoanalyse bewertet er diese Risiken und ergreift gegebenenfalls geeignete Maßnahmen, um die Risiken wirksam zu eliminieren oder zu minimieren (Risikobewertung). Die vorliegenden VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von dieser Verantwortung.

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

Inhalt

1	Anwendungsbereich	1
2	Normative Verweisungen	1
3	Begriffe und Abkürzungen	1
3.1	Begriffe	1
3.2	Abkürzungsverzeichnis	2
4	Prüfmethoden	2
4.1	Übersicht	2
4.2	Hintergrund und Funktionsprinzip der einzelnen Prüfungen	3
4.2.1	Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung	3
4.2.2	Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz	4
4.2.3	Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität	4
4.2.4	Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-Fouling-Eigenschaften	5
4.2.5	Dynamische Kratz- und Rillprüfung basierend auf der Humanphysiologie	5
4.2.6	Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung	5
4.2.7	Desinfektionsprüfungen: Flüssige Desinfektionsmittel und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	6
4.2.8	Alterungsprüfungen: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung	6
4.2.9	Haptische Prüfungen	6
5	Geeignete Prüfgeräte für die verschiedenen Prüfungen	6
5.1	Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung	6
5.2	Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz	8
5.3	Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität	8
5.4	Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-fouling-Eigenschaften	9
5.5	Dynamische Kratz- und Rillprüfung basierend auf der Humanphysiologie	9
5.6	Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung	10
5.7	Desinfektionsprüfung: Flüssige Desinfektionsmittel und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	10
5.7.1	Desinfektion durch soft-chemo-mechanische Reinigung	10
5.7.2	Desinfektion durch Strahlung	10
5.8	Alterungsprüfung: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung	10
5.9	Haptische Prüfungen	10
6	Prüfparameter	11
6.1	Standardumgebungsbedingungen	11
6.2	Probenpräparation	12
6.3	Vorgeschlagene Prüfbedingungen	12
6.3.1	Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung	12
6.3.2	Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz	14
6.3.3	Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität	14
6.3.4	Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-fouling-Eigenschaften	15
6.3.5	Kratz- und Rillprüfungen basierend auf der Humanphysiologie	15
6.3.6	Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung	16
6.3.7	Desinfektionsprüfung: Flüssigdesinfektion und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	16

6.3.8	Alterungsprüfung: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung	17
6.3.9	Haptische Prüfungen	17
7	Evaluation	18
7.1	Evaluation und Dokumentationsintervall	18
7.1.1	Initiale Evaluation	18
7.1.2	Zyklische Zwischenevaluation	19
7.1.3	Abschließende Evaluation	19
7.2	Evaluationsmethoden	19
7.2.1	Visuelle Evaluationen	19
7.2.2	Wasserkontaktwinkelmessungen	19
7.2.3	Optische Messungen	20
7.2.4	Dokumentation der Topografie	21
7.2.5	Taktile Dokumentation	21
7.2.6	Messtechnische Evaluation der Anschmutz- und Fingerabdruckaffinität	22
8	Relevante Informationen des Prüfberichts	22
Anhang A Typische Parameter für die vorgeschlagenen Testbedingungen		24
Anhang B Größen der Prüfstempel für Abriebprüfungen		27
Anhang C Gewebevarianten		28
Anhang D Desinfektionsmittel		29
Anhang E Historische Entwicklung		30
Literaturhinweise		31
Bilder		
	Bild 1 – Drei Bewegungsarten des menschlichen Fingers auf einem Display: Touch, Swipe und Zoom	3
	Bild 2 – Abriebzonen (nach Prof. Dr. Weinhold)	4
	Bild 3 – Skizze eines Prüfgeräts zur Simulation des soft-chemo-mechanischen Abriebs (QUELLE: Innowep GmbH)	8
	Bild 4 – Schema einer geeigneten Zug-Druck-Prüfmaschine (QUELLE: ZwickRoell GmbH & Co. KG)	9
	Bild 5 – Schematische Darstellung eines geeigneten Prüfgeräts für dynamisches Kratzen und Rillen (QUELLE: Innowep GmbH)	9
	Bild 6 – Schematische Darstellung eines geeigneten Prüfgerätes für die dynamische Abriebprüfung (QUELLE: Innowep GmbH)	10
	Bild 7 – Darstellung eines geeigneten Prüfgeräts für die haptischen Prüfungen (QUELLE: Innowep GmbH)	11
	Bild 8 – Schematische Darstellung eines geeigneten optischen Prüfgeräts für haptische Prüfungen (QUELLE: Innowep GmbH)	11
	Bild 9 – Kontaktwinkelmessgerät (QUELLE: Innowep GmbH)	19
	Bild 10 – Skizze eines geeigneten Prüfgeräts zur Analyse der 3D-Topografie	21
	Bild 11 – Universal Surface Tester UST® zur taktilen Untersuchung der Oberflächentopografie und lokalen Deformationseigenschaften (QUELLE: Innowep GmbH)	22

Tabellen

Tabelle 1 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Touch-Belastung	12
Tabelle 2 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Swipe-Belastung	13
Tabelle 3 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Zoom-Belastung	13
Tabelle 4 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Partikelabrasion	14
Tabelle 5 – Parameter für Prüfungen der Anschmutz- und Fingerabdruckaffinität	14
Tabelle 6 – Parameter für die Evaluation der Easy-to-Clean-Eigenschaften	15
Tabelle 7 – Parameter für Kratzprüfungen basierend auf der Humanphysiologie	15
Tabelle 8 – Prüfparameter der dynamischen Abrieb- und Verschleißprüfung	16
Tabelle 9 – Prüfparameter der soft-chemo-mechanischen Reinigung	16
Tabelle 10 – Prüfparameter zur Desinfektion mit UVGI bei einer Wellenlänge von 254 nm	17
Tabelle 11 – Prüfparameter zum künstlichen Bestrahlen oder Bewittern in Geräten (nach DIN EN ISO 4892-2, Verfahren B Zyklus 2) unter Verwendung eines isolierten Schwarztafel-Sensor	17
Tabelle 12 – Prüfparameter zur Bestimmung der Oberflächenstruktur und der Deformationseigenschaften der Probe	18
Tabelle 13 – Prüfparameter zur Bestimmung der gefühlten Mikroreibung zwischen Finger und Probenoberfläche	18
Tabelle 14 – Relevante Informationen des Prüfberichts	23
Tabelle 15 – Typische Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Touch, Swipe und Zoom-Prüfungen	24
Tabelle 16 – Typische Prüfparameter für Partikelabriebprüfungen auf Displays	24
Tabelle 17 – Typische Prüfparameter zur Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-Fouling-Eigenschaften	25
Tabelle 18 – Typische Prüfparameter für die dynamische Kratzprüfung	25
Tabelle 19 – Typische Prüfparameter für die dynamische Abriebprüfung	25
Tabelle 20 – Typische Prüfparameter zum Einfluss von Desinfektionsmitteln beim soft-chemo-mechanischen Reinigen	26
Tabelle 21 – Typische Parameter zur Desinfektionsprüfung mittels Bestrahlung	26
Tabelle 22 – Typische Prüfparameter für Indoor-Alterungsprüfungen , (nach DIN EN ISO 4892-2, Verfahren B Zyklus 2)	26
Tabelle 23 – Übliche Größen der Prüfstempel und ihre Maße	27
Tabelle 24 – Formulierung für Desinfektionsmittel nach WHO	29

1 Anwendungsbereich

Ziel dieser VDE SPEC ist die Beschreibung einer Reihe von Prüfmethode zur Evaluierung der Haltbarkeit und Funktionalität eines Displaysystems, bestehend aus einem Display oder Touchscreen und einem integrierten Rahmen, mit oder ohne Knöpfen oder Schaltern, befindlich in der unmittelbaren Umgebung des Displaysystems.

Diese VDE SPEC bietet eine Richtlinie für Entwickler, Hersteller und Anwender jedes Produktes, das ein Display beinhaltet. Sie ist anwendbar für Entwickler und Hersteller von Displays, Filmen oder Beschichtungen, elektrischer Schalter und Knöpfe, Integrationsanbieter und OEM (Original Equipment Manufacturer, de: Originalgerätehersteller) des Gesamtproduktes. Diese Spezifikation stellt die Beständigkeit des Produktes hinsichtlich Qualität und Performance, die Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse und gegen die alltäglichen Belastungen während der bestimmungsgemäßen Verwendung für den kompletten Produktzyklus im Anwendungsfeld und der Umweltumgebung des jeweiligen Produktes sicher.

Die Oberfläche und deren Beschichtung oder Schutzfilm, wie z. B. Anti-Gloss (AG), Anti-Reflexion (AR) und Anti-Fingerprint (AFP) Beschichtungen werden zerrüttet, verändert, abgerieben oder kaum wahrnehmbar in deren Funktion geschädigt und führen somit zu einem negativen Eindruck der Gesamterscheinung, der Lesbarkeit oder der Sichtbarkeit des Displays. Die bestimmungsgemäße Verwendung zeichnet sich meist aus durch variable, dynamische Fingerbewegungen, die soft-chemo-mechanischen Abrieb und Beschädigungen erzeugen. Zusätzlich wirken Schmutz und Partikel wie Staub, Ruß, Sand, natürliche und künstliche Fette, ölige Substanzen, wie auch Schweiß, Desinfektionsmittel und andere Flüssigkeiten auf das Display und dessen Umgebung ein. Hierdurch kann die Oberflächenzerrüttung weiter fortschreiten und die Oberfläche weitere chemische und/oder mechanische Belastung erfahren. Je nach Anwendungsgebiet kann das Produkt weiteren Umwelteinflüssen wie Feuchte, Hitze und natürlicher oder künstlicher Strahlung ausgesetzt sein, insbesondere UVC.

Die Anwendbarkeit dieser VDE SPEC ist nicht auf Displaysysteme beschränkt, sondern kann auf alle Oberflächen, Werkstoffe oder Produkte angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Nachfolgende Veröffentlichungen bilden die Grundlage dieser auf modernste Prüfmethode und aktueller Parameterauswahl aufbauenden Spezifikation.

DIN EN 60456 (VDE 0705-456), *Waschmaschinen für den Hausgebrauch - Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaften*

DIN EN ISO 105-D01:2010-10, *Textilien - Farbechtheitsprüfungen - Teil D01: Bestimmung der Trockenreinigungsechtheit mit Perchlorethylen-Lösemittel (ISO 105-D01:2010); Deutsche Fassung EN ISO 105-D01:2010*

DIN EN ISO 4892-1, *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 1: Allgemeine Anleitung*

DIN EN ISO 4892-2:2021-11, *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2013 + Amd 1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:2013 + A1:2021*

DIN EN ISO 12947-1, *Textilien - Bestimmung der Scheuerbeständigkeit von textilen Flächengebilden mit dem Martindale-Verfahren - Teil 1: Martindale-Scheuerprüfgerät*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

In diesem Dokument werden keine Begriffe aufgeführt.

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

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

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

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

3.2 Abkürzungsverzeichnis

AFP	Anti-Fingerabdruck	en: Anti-fingerprint
AG	Blendschutz	en: Anti-glare
AR	Antireflexion	en: Anti-reflection
BRDF	Bidirektionale Reflexionsverteilungsfunktion	en: Bi-directional reflectance distribution function
BSDF	Bidirektionale Richtungsstreuungsfunktion	en: Bi-directional directional scatter function
DUT	Display in Prüfung	en: Display under test
FHD	Full High Definition	en: Full High Definition
MTF	Modulationsübertragungseinheit	en: Modulation transfer unit
SCE	Spiegelkomponente ausgeschlossen	en: Specular component excluded
SCI	Spiegelkomponente enthalten	en: Specular component included
SFE	Freie Oberflächenenergie	en: Surface free energy
RGB	Rot/Grün/Blau	en: Red/green/blue
UV (C)	Ultraviolette Strahlung (Typ C)	en: Ultraviolet radiation (type C)
UVGI	UV-keimtötende Bestrahlung	en: Ultraviolet Germicidal Irradiation
WCA	Wasserkontaktwinkel	en: water contact angle

4 Prüfmethoden

4.1 Übersicht

Zur Prüfung der Oberflächenbeständigkeit stehen eine Reihe verschiedener Prüfmethoden zur Auswahl. Abhängig vom Anwendungsbereich der Probe müssen einige oder alle der nachfolgenden Prüfungen durchgeführt werden:

- 1) soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung (siehe 4.2.1);
- 2) Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz (siehe 4.2.2);
- 3) Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität (siehe 4.2.3);
- 4) Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-Fouling-Eigenschaften (siehe 4.2.4);
- 5) dynamische Kratz- und Rillprüfung basierend auf der Humanphysiologie (siehe 4.2.5);
- 6) dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung (siehe 4.2.6);

- 7) Desinfektionsprüfungen: Flüssige Desinfektionsmittel und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation) (siehe 4.2.7);
- 8) Alterungsprüfungen: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung (siehe 4.2.8);
- 9) haptische Prüfungen (siehe 4.2.9);

4.2 Hintergrund und Funktionsprinzip der einzelnen Prüfungen

4.2.1 Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung

Das Prinzip der soft-chemo-mechanischen Fingerabriebprüfung basiert auf der historischen Norm IEC 60068-2-70 von 1995. Für die vorliegende VDE SPEC wurden die Prozeduren jedoch erweitert und angepasst, um dem aktuellen Stand der Technik der Proben, Werkstoffe und Produkte gerecht zu werden. Für eine detaillierte Übersicht zur historischen Entwicklung siehe Anhang E. Die Bewegungen der menschlichen Finger und Hand sind in der Realität dynamisch, viskoelastisch und nichtlinear, was die Verwendung eines pneumatischen Antriebs bedingt. Dieser Sachverhalt ist in vielen medizinischen, naturwissenschaftlichen oder ingenieurwissenschaftlichen Studien bestätigt worden [1][5][9][10][11][12][13].

Diese Prüfmethode beschreibt soft-chemo-mechanische Oberflächenzerrüttung und -abrieb durch Touch, Swipe- oder Zoombewegungen unter mechanischem und chemischem Stress der Fingerspitze und -beere auf dem Display. Beim Touchen, Swipen und Zoomen auf einem Display drückt der menschliche Finger auf und reibt über die Oberfläche. Im Allgemeinen werden dabei drei unterschiedliche Bewegungsarten des menschlichen Fingers bei der Betätigung eines Displays unterschieden (siehe Bild 1).

1. Touch-Bewegung: Kurze Fingerspitzen- oder -beerenbewegung, während der Finger auf die Oberfläche auftrifft, kurz über diese gleitet und dann abhebt – zyklisch wiederholt.
2. Swipe-Bewegung: Die Bewegung des Fingers über die Oberfläche bei höherer Geschwindigkeit, aber geringerer Kraft, z. B. beim Blättern auf dem Bildschirm.
3. Zoom-Bewegung: Typisches Beispiel für die Zoom Bewegung ist das Vergrößern einer Ansicht mit zwei Fingern. Die Bewegung wird mit moderater Geschwindigkeit und niedriger Kraft ausgeführt.

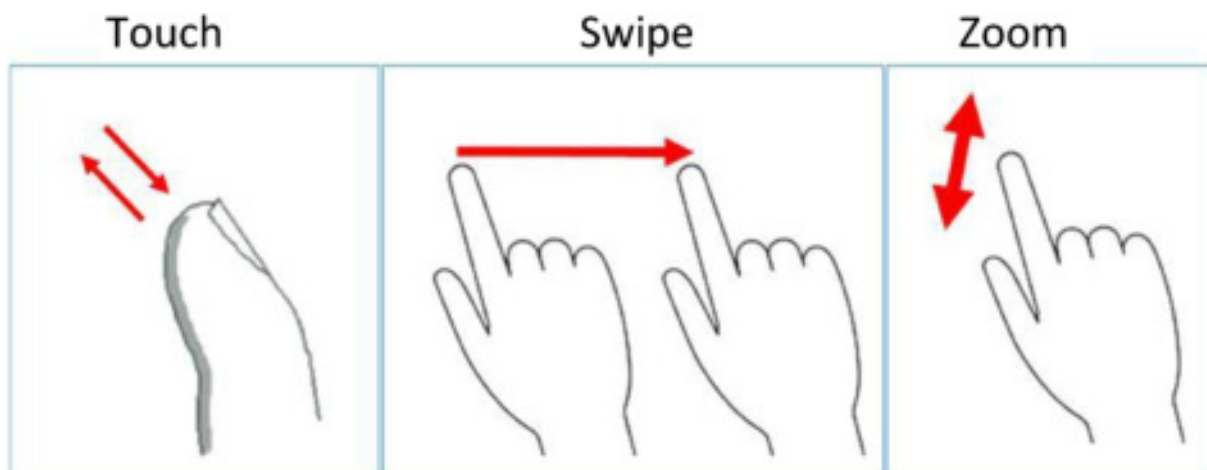
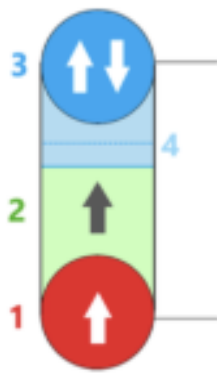


Bild 1 – Drei Bewegungsarten des menschlichen Fingers auf einem Display: Touch, Swipe und Zoom

Der komplexe soft-chemo-mechanische Finger- und Handabrieb erzeugt ein spezielles Abriebbild über den Reibweg (siehe Bild 2). Dieses Abriebbild muss mit der Prüfung erzeugt werden.



Zone 1: Einschlag auf der Probenoberfläche unter einem 45° Winkel = Aufsetzen des Fingers = **kurze Touch-Bewegung**

Zone 2: Reibweg mit definierter Kraft und Geschwindigkeit / Übergang zwischen Haft- und Gleitreibung = **Swipe-Bewegung**

Zone 3: Erreichen des Umkehrpunktes der Reibbewegung; der Abriebstempel bewegt sich zurück in die Ausgangsposition = **Finger beendet Swipe-Bewegung**

Zone 4: Kurzer Bereich in der sich der Abriebstempel bidirektional auf der Oberfläche zurückzieht = **Rückzug der Hand**

Bild 2 – Abriebzonen (nach Prof. Dr. Weinhold)

Die Prüfung läuft zyklisch ab, ein vollständiger Prüfzyklus besteht aus Annäherung an die Probe, Aufschlag und Reibbewegung, sowie Umkehr, Abheben und Rückkehr zur Ausgangsposition. Der Prüfstempel muss sich, angetrieben von einem pneumatischen Zylinder und einer Geschwindigkeit von 60 mm/s \pm 5 mm/s an die Prüffläche annähern, sofern nicht in den Prüfparametern anderweitig gefordert. Im Gegensatz dazu ist die Bewegungsgeschwindigkeit auf der Probe hochgradig nichtlinear und eine Zyklusbeschreibung durch die Frequenz vorzuziehen [1]. Dies liegt u. a. darin begründet, dass die Geschwindigkeit auf der Probe durch deren Werkstofflichkeit, Mikro- und Makrotopografie, Krümmung oder verwendete Prüfmedien beeinflusst werden kann. Im Fall von reiner Gleitreibung (kein Stick-slip, kein Springen usw.) resultiert bei einer Last von 1 N und einem Reibweg von 4 mm eine Zyklusfrequenz von 2,0 Hz \pm 0,2 Hz. Alle drei dieser Parameter sollten regelmäßig kalibriert werden.

Ein Abriebgewebe befindet sich im Allgemeinen entweder frei hängend zwischen Prüfstempel und Prüffläche oder wird direkt am Prüfstempel fixiert. Im frei hängenden Fall erfasst der Prüfstempel das Gewebe und bewegt es reibend über die Prüffläche. In beiden Fällen schlägt der Prüfstempel auf der Probe auf, zerrüttet diese und walkt Abrieb, Partikel oder Prüfmedien in die Probe ein. Der Prüfstempel trifft mit einer den Prüfparametern entsprechenden statisch ermittelten Last auf die zu prüfende Oberfläche auf. Der Prüfstempel schleift das Gewebe für den in den Prüfparametern geforderten Reibweg über die Prüffläche, entgegen der Schwerkraft von unten nach oben, und kehrt nach Erreichen des oberen Endes des Reibweges die Bewegungsrichtung um. In Abhängigkeit der Last bewegt sich der Prüfstempel einen kurzen Weg in umgekehrter Richtung auf der Prüffläche, bevor er vollständig von dieser abhebt und zur Ausgangsposition zurückkehrt (siehe Bild 2). Hiermit ist ein Prüfzyklus vollendet und ein neuer beginnt.

4.2.2 Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz

Diese Prüfung ist eine Erweiterung der Prüfung aus 4.2.1 bei der ein Dreikörperverschleiß auftritt. Durch gewöhnliche Umwelteinflüsse bleiben Staub, Schmutz oder feiner Sand auf Displayssystemen bzw. Produkten im Allgemeinen zurück. Bei der Bewegung des menschlichen Fingers über das Display verhalten sich diese Partikel wie aggressive Schleifmittel zwischen dem menschlichen Finger und dem Display und führen dadurch zu feinen Kratzern und soft-chemo-mechanischem Abrieb. Die Schmutzpartikel werden in der Prüfung mittels eines Prüfgewebes aufgebracht. Um die Anzahl dieser Partikel auf der Oberfläche konstant zu halten, müssen zurückgebliebene Partikel im Prüfbereich durch automatische Reinigung mittels Druckluft entfernt werden.

4.2.3 Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität

Während der alltäglichen Betätigung durch Finger und Hände haften Partikel, natürliche und künstliche Fette, wie auch Schweiß und andere Abdrücke, auf dem Produkt an und hinterlassen unerwünschte Verschmutzungen auf der Oberfläche. Diese Prüfung simuliert die Anschmutzung der Oberfläche mit Verunreinigungen wie Sebum oder Prüfmedium mit fluoreszierenden Partikeln. Es ist entscheidend, einen standardisierten und wiederholbaren Fingerabdruck zu erzeugen. Dies wird durch den Einsatz eines universellen Zug-Druck-Prüfgeräts zur Gewährleistung reproduzierbarer Bedingungen bei der Übertragung des Fingerabdrucks auf die Oberfläche sichergestellt. Zur Evaluierung wird das Verhältnis zwischen angeschmutzter und nicht angeschmutzter Oberfläche analysiert.

4.2.4 Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-Fouling-Eigenschaften

Die auf der Oberfläche verbleibenden Verschmutzungen mindern die Produktqualität und führen zu einer verstärkten Oberflächenbeschädigung. Daher müssen diese Verschmutzungen entfernt werden. Um die Verschmutzungen zu entfernen, wird bei einem Reinigungsprozess typischerweise ein Tuch verwendet, mit dem ein hoher manueller Druck ausgeübt wird. Zur Simulation dieses Verfahrens und um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen, muss der Reinigungsprozess mit einem soft-chemo-mechanischen Prüfgerät durchgeführt werden. Zunächst wird analog zu 4.2.3 eine definierte Kontamination bzw. ein reproduzierbarer Fingerabdruck erzeugt. Das anschließende Reinigungsverfahren prüft, wie einfach der Fingerabdruck entfernt werden kann und bewertet zusätzlich, ob aufgrund des Reinigungsverfahrens ein erhöhter Abrieb vorliegt. Der Reinigungsbereich wird bewertet, einschließlich des Verhältnisses von verschmutzter zu nicht verschmutzter Oberfläche. Um zu verhindern, dass sich am Ende des Reinigungswegs Verunreinigungen ansammeln, sollte dieser Bereich nach jedem Reinigungszyklus mit einer automatischen Druckluftreinigungsfunktion gereinigt werden.

4.2.5 Dynamische Kratz- und Rillprüfung basierend auf der Humanphysiologie

Das Prinzip der mechanischen Prüfung basiert auf der Norm IEC 63211-3-5. Für die dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Muster, Materialien und Produkte wurden die Prüfverfahren und die Anforderungen erweitert und entsprechend angepasst. Für eine realistische physiologische Simulation der Nutzung eines Produkts durch den Menschen wird ein hochdynamisches Prüfgerät benötigt, welches Prüfgeschwindigkeiten von bis zu 150 cm/s realisieren kann. Realistische Kratz- und Rill-Bewegungen sind hochdynamisch, uni- oder bidirektional und nichtlinear.

Diese Prüfmethode dient als Protokoll für die allgemeinen Kratz- und Rillprüfungen, die häufig während des menschlichen Gebrauchs eines Produkts mit integriertem Display auftreten können. Diese Fingernagel-, Schlüssel- und Stiftkratzer erscheinen als feine und tiefe Schäden, die sowohl bei geringer als auch bei hochdynamischer Beanspruchung erzeugt werden müssen.

Die Oberfläche muss einmal oder wiederholt durch eine Kratz- und Rillprüfspitze unter einem Winkel von 90° belastet werden. Die Spitze muss entsprechend der Anwendung der Probe ausgewählt werden und kann eine der folgenden sein, muss sich jedoch nicht darauf beschränken: eine Metallspitze, ein Digitalisierungsstift, Kunststoffspitzen, die bspw. menschliche Fingernägel, Leder oder Textilien simulieren.

Die Kratz- und Rillbewegung muss mit einer Vorpositionierung beginnen. Diese beinhaltet das gedämpfte Absenken der Prüfspitze auf die Probenoberfläche und das Verfahren der Prüfspitze entlang einer kurzen Strecke hin zur Startposition, um eine Beeinflussung des tatsächlichen Prüfbereichs auszuschließen. Von der Startposition ausgehend, muss sich die Prüfspitze in einer horizontalen Gleitbewegung in eine Richtung bewegen. Am Ende der Prüfstrecke wird die Prüfspitze angehoben und bewegt sich, ohne die Probenoberfläche zu berühren, zurück zur Startposition. Diese sich wiederholende Bewegung wird für eine bestimmte Anzahl von Zyklen durchgeführt. Die Anzahl der Zyklen, die aufgebrachte Last, die Verfahrensgeschwindigkeit und die Prüfstrecke sind entsprechend der simulierten Prüfung zu bestimmen. Um einen Dreikörperverschleiß zu verhindern, müssen sich ansammelnde Partikel und Staub regelmäßig mit einer automatischen Druckluftreinigung entfernt werden.

4.2.6 Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung

Analog zu den Kratz- und Rillprüfungen (siehe 4.2.5), basiert dieses mechanische Testprinzip auf der Norm IEC 63211-3-5. Die Prüfverfahren und -anforderungen wurden jedoch erweitert und den dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Mustern, Materialien und Produkten angepasst. Realistische Abrieb- und Verschleißbewegungen sind hochdynamisch, uni- oder bidirektional und nichtlinear und erfordern daher auch ein hochdynamisches Prüfgerät, das Prüfgeschwindigkeiten von bis zu 150 cm/s realisieren kann.

Diese Prüfmethode dient als Protokoll für die allgemeinen Abriebprüfungen unter sowohl geringen als auch hochdynamischen Beanspruchungen. Die Displayoberfläche des Prüfobjekts muss einmal oder wiederholt einer Beanspruchung durch eine Abriebbewegung unter einem 90°-Winkel unterzogen werden. Die Spitze muss entsprechend der Anwendung der Probe ausgewählt werden und kann eine der folgenden sein, muss sich jedoch nicht darauf beschränken: eine Metallspitze, ein Digitalisierungsstift, Kunststoffspitzen, die bspw. menschliche Fingernägel, Leder oder Textilien simulieren.

Die Abriebbewegung muss mit einer Vorpositionierung beginnen. Diese beinhaltet das gedämpfte Absenken der Prüfspitze auf die Probenoberfläche und das Verfahren der Prüfspitze entlang einer kurzen Strecke hin zur Startposition, um eine Beeinflussung des tatsächlichen Prüfbereichs auszuschließen. Von der Startposition ausgehend muss sich die Prüfspitze in einer horizontalen Gleitbewegung zwischen Start- und Endpunkt bewegen. Diese Hin- und Herbewegung wird für eine bestimmte Anzahl von Zyklen wiederholt. Ein Zyklus bezeichnet hierbei eine vollständige Hin- und Herbewegung. Die Anzahl der Zyklen, die Verfahrensgeschwindigkeit und die Prüfstrecke sind entsprechend der simulierten Prüfung zu bestimmen. Um einen Dreikörperverschleiß zu verhindern, müssen sich ansammelnde Partikel und Staub regelmäßig mit einer automatischen Druckluftreinigung entfernt werden.

4.2.7 Desinfektionsprüfungen: Flüssige Desinfektionsmittel und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

Die Desinfektion hat sich zu einer der wichtigsten Reinigungsmethoden von Oberflächen entwickelt. Sie kann entweder durch Bestrahlung oder durch soft-chemo-mechanische Reinigung erfolgen. Bei der Desinfektion mit Strahlung werden typischerweise UVGI-Geräte mit einer bei 254 nm zentrierten spektralen Leistung verwendet. Diese Art von Strahlung beschädigt die DNA schädlicher Mikroorganismen. Sie stört deren Reproduktionszyklus, wodurch die Ausbreitung verhindert wird, aber auch Material und Oberfläche geschädigt werden.

Während der soft-chemo-mechanischen Reinigung wird Desinfektionsgel oder Spray auf Oberflächen und Gegenstände aufgetragen, die sichtbar oder unsichtbar verschmutzt sind, und mit der in 4.2.1 beschriebenen Methode reproduzierbar gereinigt werden. Für allgemeine Prüfungen wird, sofern nicht anders angegeben, Desinfektionsmittel nach dem Rezept der WHO (siehe Anhang D) empfohlen. Bei Bedarf dürfen auch andere handelsübliche Desinfektionsmittel verwendet werden.

4.2.8 Alterungsprüfungen: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung

Alterungsprüfungen basierend auf Witterungseinflüssen (Outdoorbedingungen) und Lichtechtheitsprüfungen (Indoorbedingungen) werden in vielen Branchen durchgeführt, um die Lebensdauer von Produkten und Komponenten in der jeweiligen Umgebung abzuschätzen. Diese Prüfungen sind auch für ein integriertes Anzeigesystem erforderlich, z. B. die zentrale Steuereinheit mit Display im Auto, da diese Oberflächen täglich Luftfeuchte, Strahlung und Temperatur ausgesetzt sind. Zur Untersuchung der Beständigkeit der Oberfläche wird eine kombinierte Bewitterungsprüfung mit allen drei Formen von Umweltbelastung nach DIN EN ISO 4892-2 verwendet. Je nach Anwendungsbereich muss die entsprechende Bewertungsmethode gewählt werden. Der jeweilige Prüfparameter muss vor und nach der Prüfung ermittelt werden. Als Erweiterung können Alterungsprüfungen zur Beschleunigungsverwitterung, wie in SAE J 2412 beschrieben, durchgeführt werden.

Um die Beständigkeit gegenüber Lösungsmitteln und anderen Chemikalien (Lotionen, Alkali, Säuren usw.) zu überprüfen, ist eine chemische Alterungsprüfung erforderlich. In diesem Fall wird die Probe für einen definierten Zeitraum der Flüssigkeit ausgesetzt (geflutet oder eingetaucht).

4.2.9 Haptische Prüfungen

Die Haptik einer Oberfläche ist ein wesentliches Kriterium für die subjektive Wahrnehmung eines Produktes, insbesondere für einen Touchscreen. Für diese Prüfung wird das Qualitätsempfinden in verschiedene Messparameter übersetzt und quantifiziert. Diese bestehen aus Strukturen auf Oberflächen und wahrgenommener Rauheit, Härte und Elastizität sowie Reibung auf der Oberfläche. Zur Bewertung werden diese Parameter relativ im Verhältnis zu einer Vergleichsoberfläche gemessen. Wenn möglich, können die Werte auch mit subjektiven Bewertungen der Oberfläche verglichen werden, z. B. durch eine Probandenstudie.

5 Geeignete Prüfgeräte für die verschiedenen Prüfungen

5.1 Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung

Zur Simulation der Bewegungen der menschlichen Fingerspitze (Touch, Swipe, Zoom) auf dem Display muss, aufgrund der natürlichen viskoelastischen Eigenschaften der menschlichen Fingerspitze und ihrer dynamischen sowie nichtlinearen Bewegung, eine Prüfvorrichtung mit einem Pneumatikzylinder verwendet werden. Das pneumatische Antriebssystem übt eine definierte Prüfkraft für eine definierte Zyklenzahl auf das Display aus. Das Prüfgerät muss die Möglichkeit für folgende Komponenten mit kontrollierten Parametern vorweisen: Prüfstempel, Prüfgewebe, Prüfflüssigkeit. Es

wird empfohlen regelmäßig eine Kalibrierung für dieses Gerät durchzuführen, üblicherweise einmal im Jahr.

Der Prüfstempel muss mit einer genau definierten Geometrie und Viskoelastizität hergestellt werden, sodass ein reproduzierbarer Aufprall und eine Walkbewegung auf der Probenoberfläche erzeugt werden. Der Prüfstempel muss eine eindeutige Kennung haben, um die Rückverfolgbarkeit dieser Parameter zu gewährleisten. Die Lebensdauer des Prüfstempels beträgt entweder 2 Millionen Testzyklen oder ein Jahr, je nachdem, was zuerst eintritt.

Das Prüfgewebe muss mit kontrollierten geometrischen Eigenschaften hergestellt werden, einschließlich optischer Rauheit, Flächengewicht und Lakunendichte. Das Prüfgewebe muss eine eindeutige Kennung haben, um die Rückverfolgbarkeit dieser Parameter zu gewährleisten. Es wird lose zwischen dem Prüfstempel und der Displayprobe gehängt, durch ein Gewicht oder vergleichbare Vorrichtung gestrafft und periodisch mit einem automatischen Gewebevorschub zugeführt, wodurch eine definierte Reibung auf der Oberfläche sichergestellt wird. Alternativ kann das Prüfgewebe direkt mit einem Gummi-O-Ring am Prüfstempel befestigt werden. Die Abriebseite des Gewebes ist markiert.

Die Prüfflüssigkeiten dürfen verwendet werden, um zusätzlich zur mechanischen Belastung auch eine chemische bzw. sogar eine chemo-mechanische Belastung zu simulieren. Die Prüfflüssigkeit kann periodisch mit einer automatischen Zufuhrfunktion zugeführt oder direkt auf das Prüfgewebe aufgebracht werden. Die Lebensdauer der Prüfflüssigkeit ist auf der Verpackung angegeben.

Ein Schema der Prüfvorrichtung ist in Bild 3 gezeigt.

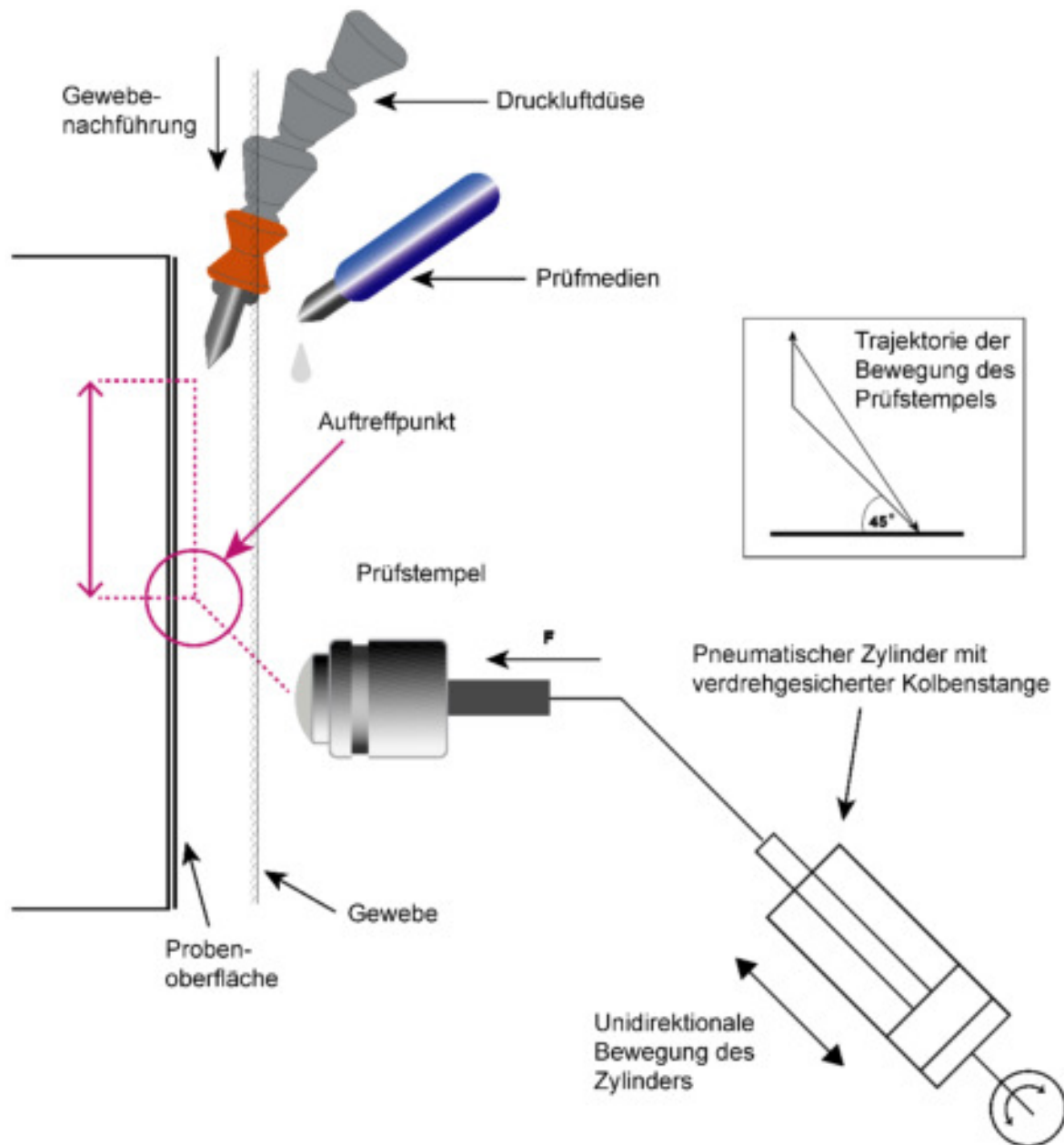


Bild 3 – Skizze eines Prüfgeräts zur Simulation des soft-chemo-mechanischen Abriebs
(QUELLE: Innowep GmbH)

5.2 Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz

Das Prüfgerät muss analog zu dem in 5.1, Bild 3 sein.

5.3 Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität

Die gesamte Fingerabdruckaffinitätsprüfung wird mit einer Zug-Druck-Prüfmaschine mit verstellbarem Kraftanschlag durchgeführt. Ein Beispiel eines geeigneten Prüfgerätes ist in Bild 4 gezeigt. Weiterhin muss ein 40 mm Silikonstempel mit einer Rillenstruktur, die der menschlichen Papillarstruktur nachempfunden ist, für die Erzeugung reproduzierbarer Fingerabdrücke verwendet werden.

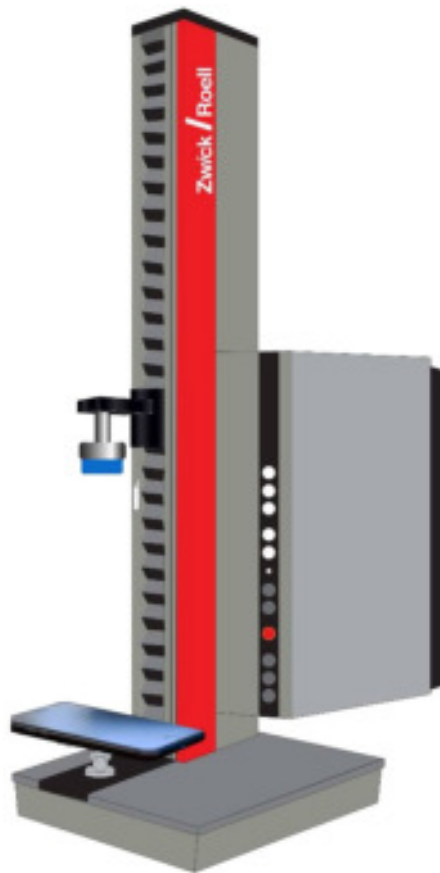


Bild 4 – Schema einer geeigneten Zug-Druck-Prüfmaschine
(QUELLE: ZwickRoell GmbH & Co. KG)

5.4 Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-fouling-Eigenschaften

Die Reinigung der Verschmutzung muss entweder mit dem Prüfgerät nach Bild 3, Bild 5 oder Bild 6 erfolgen.

5.5 Dynamische Kratz- und Rillprüfung basierend auf der Humanphysiologie

Ein geeignetes Prüfgerät ist in der schematischen Darstellung in Bild 5 gezeigt. Das Gerät muss die Kratz-, Rill- oder Schlagprüfspitze horizontal unter einem Winkel von $90^\circ \pm 5^\circ$ zur Probenoberfläche bewegen. Die Prüfspitze muss sich mit einer definierten Geschwindigkeit unidirektional auf einer definierten Strecke zwischen 15 mm und 120 mm auf der Probe bewegen. Diese Prozedur muss zyklisch wiederholt werden, indem die Spitze angehoben, zur Startposition bewegt, dort abgesetzt und die unidirektionale Bewegung erneut durchgeführt wird.

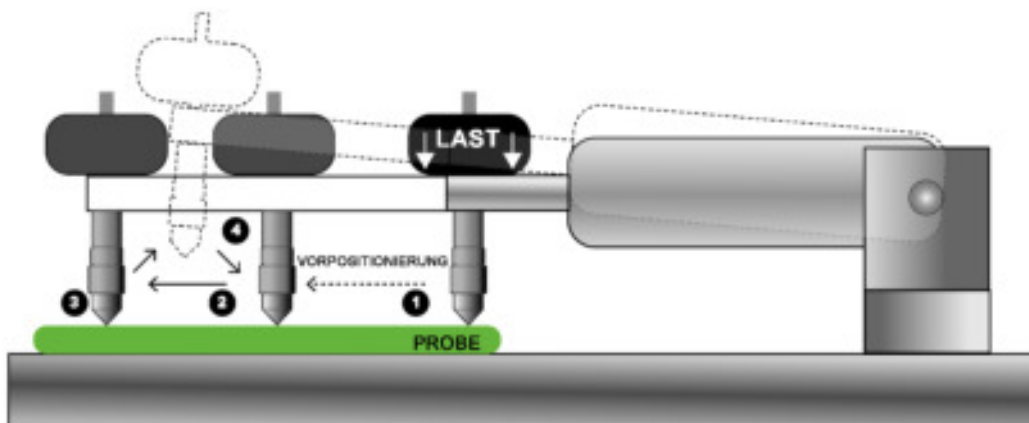


Bild 5 – Schematische Darstellung eines geeigneten Prüfgeräts
für dynamisches Kratzen und Rillen (QUELLE: Innowep GmbH)

5.6 Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung

Ein geeignetes Prüfgerät ist in der schematischen Darstellung in Bild 6 gezeigt. Das Gerät muss die Kratz-, Reib- oder Schlagprüfspitze horizontal unter einem Winkel von $90^\circ \pm 5^\circ$ zur Probenoberfläche bewegen. Für die Abrieb- und Verschleißprüfung darf die Spitze nicht angehoben werden, sondern muss nach dem Anfahren der Startposition in einer wiederkehrenden Bewegung für eine definierte Zyklenzahl über die Probe reiben.

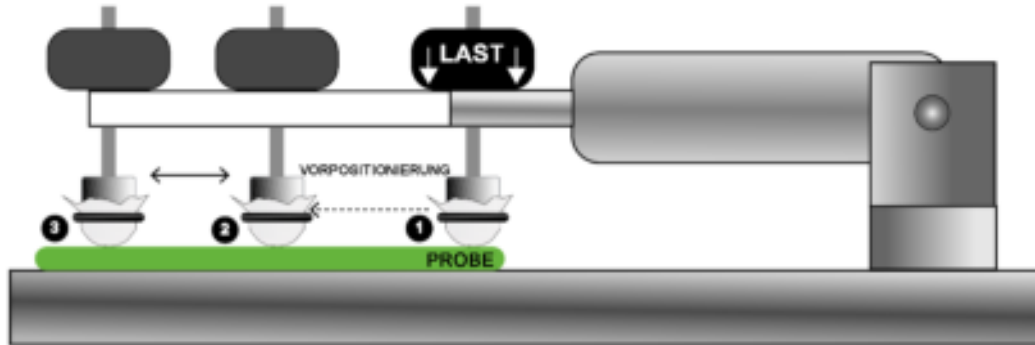


Bild 6 – Schematische Darstellung eines geeigneten Prüfgerätes für die dynamische Abriebprüfung (QUELLE: Innowep GmbH)

5.7 Desinfektionsprüfung: Flüssige Desinfektionsmittel und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

5.7.1 Desinfektion durch soft-chemo-mechanische Reinigung

Das Prüfgerät zur Beständigkeitsprüfung mit Flüssigdesinfektion muss analog zu dem in 5.1 sein, wie in Bild 3 gezeigt.

5.7.2 Desinfektion durch Strahlung

Ein geeignetes Prüfgerät zur Strahlungsdesinfektion muss in der Lage sein, eine kontinuierliche spektrale Bestrahlungsintensität im Bereich von $2,0 \text{ mW/cm}^2$ bis $6,0 \text{ mW/cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 254 nm zu erzeugen. Das Gerät muss Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz vor austretender UV-Strahlung wie angemessene Dichtungen und Zugangspunkte zur Kalibrierung der Bestrahlungsintensität aufweisen. Da eine Überwachung der Oberflächentemperatur von einzelnen Proben nicht praktikabel ist, muss ein spezieller Schwarztafel-Sensor zur Messung und Kontrolle der Temperatur in der Prüfkammer verwendet werden.

5.8 Alterungsprüfung: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung

Die Prüfung muss mit einer Klimatestkammer, Bewitterungsanlage oder einem Lichtechtheitsprüfgerät, welches eine optisch gefilterte Xenonlampe mit einer kontrollierten Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 400 nm besitzt, durchgeführt werden. Die Bestrahlung muss Globalstrahlung simulieren. Die spektrale Bestrahlungsintensität sowie die Gleichmäßigkeit der Bestrahlungsstärke und Temperatur muss den Anforderungen nach DIN EN ISO 4892-1 und DIN EN ISO 4892-2 entsprechen. Die Proben müssen periodisch umgesetzt werden, um eine gleichmäßige Bestrahlung zu erzielen. Weiterhin müssen die Kammer- und Schwarz-Standardtemperatur sowie die relative Luftfeuchte im Innern der Kammer während der Prüfung gemessen und kontrolliert werden.

Zur Prüfung der chemischen Beständigkeit sollte ein Behältnis verwendet werden, das nicht durch die Prüflüssigkeit angegriffen wird und groß genug zur Aufnahme der Probe ist.

5.9 Haptische Prüfungen

Ein geeignetes Prüfgerät muss in der Lage sein, mit einer taktilen Prüfspitze die Oberflächenstrukturen, Verformungen und dynamische Mikroreibung zwischen der Prüfspitze und der Oberfläche innerhalb des gleichen Messbereichs und einem ähnlichen Aufbau zu messen. Die Höhengauflösung in der z-Achse muss kleiner als 100 nm betragen. Ein geeignetes Gerät ist in Bild 7 dargestellt.

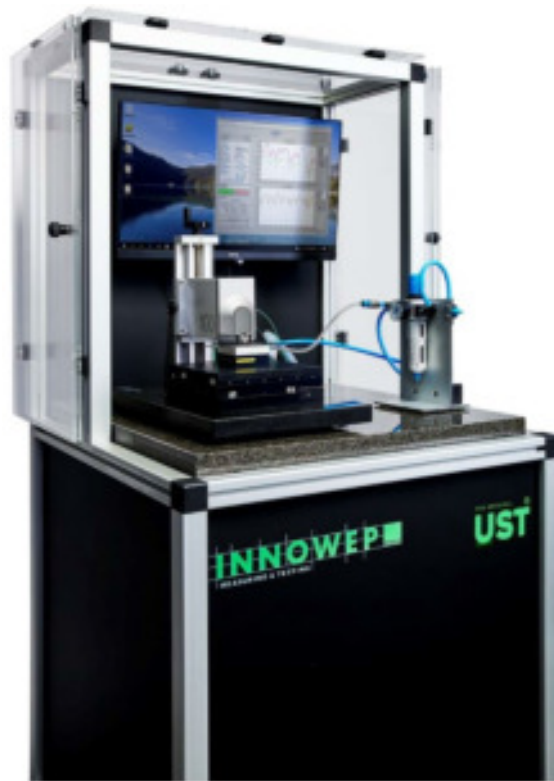


Bild 7 – Darstellung eines geeigneten Prüfgeräts für die haptischen Prüfungen
(QUELLE: Innowep GmbH)

Für nicht transparente Oberflächen, z. B. die Lünette, den Rahmen oder die Funktionstasten, ist ein zusätzliches optisches Prüfgerät geeignet. Das Gerät muss in der Lage sein, die 3D-Topografie nach dem Shape-from-Shading-Verfahren und den visuellen Eindruck mit einer lateralen Auflösung von weniger als 5 µm und einer Messfläche von mindestens 5 mm × 5 mm optisch zu messen. Ein Beispiel für ein geeignetes Gerät ist in Bild 8 dargestellt.

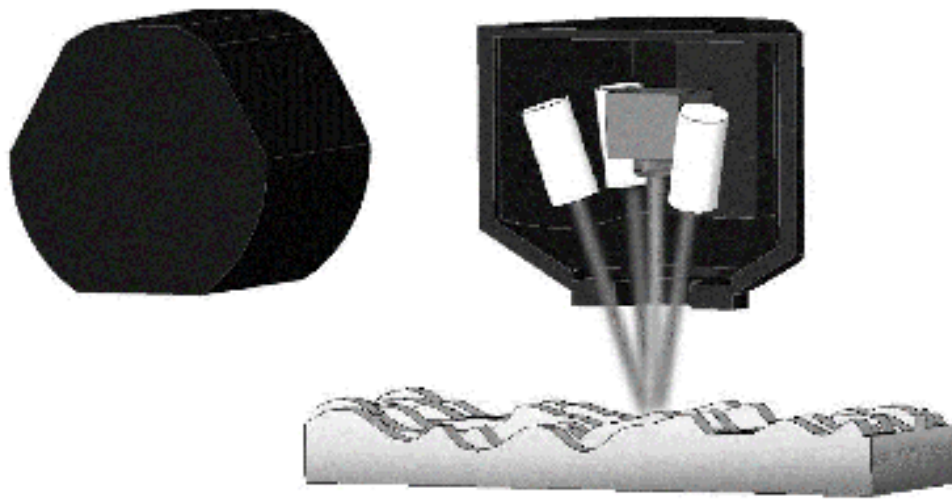


Bild 8 – Schematische Darstellung eines geeigneten optischen Prüfgeräts für haptische Prüfungen (QUELLE: Innowep GmbH)

6 Prüfparameter

6.1 Standardumgebungsbedingungen

Alle Messungen sollten unter standardisierten Umgebungsbedingungen entsprechend folgender Parameter durchgeführt werden:

- Temperatur: 23 °C ± 3 °C
- relative Luftfeuchte: 50 % ± 10 %
- Atmosphärendruck: 86 kPa bis 106 kPa

Falls abweichende Bedingungen verwendet werden, müssen diese im Prüfbericht angegeben sein.

6.2 Probenpräparation

Die Prüfungen sollten nach Möglichkeit auf dem finalen Produkt durchgeführt werden, inklusive Gehäuse des Displays.

Vor der Prüfung müssen die Proben für 24 Stunden unter Standardumgebungsbedingungen konditioniert werden (siehe 6.1).

Bevor eine Prüfung durchgeführt wird, müssen die Proben ohne Druck mit einem standardisierten Mikrofasertuch, angefeuchtet mit Laborreinigungslösung (30%-Lösung von Isopropyl-Alkohol in destilliertem Wasser) oder einem anderen geeigneten Reinigungsmedium, gereinigt werden. Das Tuch darf nur einmal verwendet werden.

6.3 Vorgeschlagene Prüfbedingungen

6.3.1 Soft-chemo-mechanische Touch-, Swipe-, Zoom-Oberflächenzerrüttung und Abriebprüfung

Tabelle 1 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Touch-Belastung

Parameter	Wert
Reibweg	4 mm ± 0,4 mm
Last	3,5 N ± 0,35 N
Prüfgeschwindigkeit	6 cm/s ± 0,5 cm/s
Prüfstempeldurchmesser	20 mm
Prüfgewebe	Sebum Wolle
Gewebenachführung	6 mm (± 0,6 s) / 250 Prüfzyklen
Prüfflüssigkeit	Kunstschweiß pH 6,5 oder trocken
Flüssigkeitsnachführung	0,5 ml (± 0,5 s) / 250 Prüfzyklen
Luftdruckreinigung	1 s / 250 Prüfzyklen
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

Tabelle 2 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Swipe-Belastung

Parameter	Wert
Reibweg	20 mm ± 2 mm
Last	2 N ± 0,2 N
Prüfgeschwindigkeit	20 cm/s ± 2,0 cm/s
Prüfstempeldurchmesser	20 mm
Prüfgewebe	Sebum Wolle
Gewebenachführung	6 mm (\pm 0,6 s) / 250 Prüfzyklen
Prüfflüssigkeit	Kunstschweiß, pH 6,5 oder trocken
Flüssigkeitsnachführung	0,5 ml (\pm 0,5 s) / 250 Prüfzyklen
Luftdruckreinigung	1 s / 250 Prüfzyklen
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

Tabelle 3 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Zoom-Belastung

Parameter	Wert
Reibweg	20 mm ± 2 mm
Last	2 N ± 0,2 N
Prüfgeschwindigkeit	6 cm/s ± 0,5 cm/s
Prüfstempeldurchmesser	20 mm (Art.-Nr.: ABR-2061-01)
Prüfgewebe	Sebum Wolle
Gewebenachführung	6 mm (\pm 0,6 s) / 250 Prüfzyklen
Prüfflüssigkeit	Kunstschweiß, pH 6,5 oder trocken
Flüssigkeitsnachführung	0,5 ml (\pm 0,5 s) / 250 Prüfzyklen
Luftdruckreinigung	1 s / 250 Prüfzyklen
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

6.3.2 Partikelabrieb hervorgerufen durch Sand, Staub, Ruß oder Schmutz

Tabelle 4 – Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Partikelabrasion

Parameter	Wert
Reibweg	20 mm ± 2 mm
Last	2 N ± 0,2 N
Prüfgeschwindigkeit	6 cm/s ± 0,5 cm/s
Prüfstempeldurchmesser	20 mm
Prüfgewebe	Sandabrieb-Gewebe Ruß-Gewebe Standard Baumwoll-Anschmutz-Gewebe
Gewebenachführung	6 mm (\cong 0,6 s) / 250 Prüfzyklen
Prüfflüssigkeit	trocken
Luftdruckreinigung	1 s / 250 Prüfzyklen
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

6.3.3 Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität

Tabelle 5 – Parameter für Prüfungen der Anschmutz- und Fingerabdruckaffinität

Parameter	Wert
Prüflast ¹	40,0 N ± 4,0 N
Prüfgeschwindigkeit ¹	40 mm/min ± 1 mm/min
Anpressdauer ¹	5,0 s ± 0,5 s
Silikonstempel	40 mm Durchmesser Silikonstempel mit Rillenstruktur
Übertragungsgewebe	Standardisierte Mikrofasertücher
Prüfmedium	Standardisiertes Sebum Standardisiertes angeschmutztes Sebum
¹ Für beides verwendet – Aufbringen des Prüfmediums auf den Stempel und Übertragung des Prüfmediums von dem Stempel auf die Probenoberfläche.	

6.3.4 Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-fouling-Eigenschaften

Tabelle 6 – Parameter für die Evaluation der Easy-to-Clean-Eigenschaften

Parameter	Wert
Reinigungszyklen	10
Reibweg	40 mm ± 4 mm
Last	10,0 N ± 1,0 N
Prüfgeschwindigkeit	6 cm/s ± 0,5 cm/s
Reinigungsstempel	20 mm Durchmesser
Reinigungsgewebe	Standardisiertes Mikrofaser Tuch
Prüfflüssigkeit	trocken
Luftdruckreinigung	1 s / Zyklus
Evaluation	Nach jedem Zyklus

6.3.5 Kratz- und Rillprüfungen basierend auf der Humanphysiologie

Tabelle 7 – Parameter für Kratzprüfungen basierend auf der Humanphysiologie

Parameter	Wert
Prüfstrecke	50 mm bis 100 mm
Last	5 N ± 0,5 N
Prüfgeschwindigkeit	70 cm/s ± 5 cm/s
Prüfspitze	PMMA-Scheibe Leder-Scheibe Kratzspitze, Stahlkegel
Bewegungsart	Zyklisch, unidirektional
Zyklusanzahl	Siehe Anhang A

6.3.6 Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung

Tabelle 8 – Prüfparameter der dynamischen Abrieb- und Verschleißprüfung

Parameter	Wert
Prüfstrecke	50 mm ± 5 mm
Last	5 N ± 0,5 N
Prüfgeschwindigkeit	20 cm/s ± 2 cm/s
Haltezeit nach jedem Zyklus	0,5 s
Luftdruckreinigung	1 s / 10 Prüfzyklen
Prüfspitze	Standard Prüfstempel Schuhsohle schwarz Fingernagelkratzttest
Bewegungsart	Reziprok, bidirektional
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

6.3.7 Desinfektionsprüfung: Flüssigdesinfektion und UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

6.3.7.1 Desinfektion durch soft-chemo-mechanische Reinigung

Tabelle 9 – Prüfparameter der soft-chemo-mechanischen Reinigung

Parameter	Wert
Reibweg	10 mm ± 1 mm
Last	3,5 N ± 0,35 N
Prüfgeschwindigkeit	6 cm/s ± 0,5 cm/s
Prüfstempeldurchmesser	20 mm
Prüfgewebe	Sebum-Wolle
Gewebenachführung	6 mm (± 0,6 s) / 250 Zyklen
Prüfflüssigkeit	Desinfektionsmittel nach WHO, siehe Anhang D
Flüssigkeitsnachführung	0,5 ml (± 0,5 s) / 250 Zyklen oder manuelle Nachführung / 250 Zyklen
Zyklenzahl	Siehe Anhang A

6.3.7.2 Desinfektion durch Bestrahlung mit UVC

Tabelle 10 – Prüfparameter zur Desinfektion mit UVGI bei einer Wellenlänge von 254 nm

Parameter	Wert
Bestrahlungsintensität (@254nm)	2,0 mW/cm ² ± 0,2 mW/cm ²
Schwarztafeltemperatur	63 °C ± 3 °C
Prüfdauer	Siehe Anhang A

Die Bestrahlungsintensität darf höher gewählt werden, wenn die Prüfdauer entsprechend reduziert wird.

6.3.8 Alterungsprüfung: Luftfeuchte, Temperatur, Chemikalien und Strahlung

Alterungstests sollten mit Parametern durchgeführt werden, die der realen Umgebung und dem Verwendungszweck der Probe entsprechen. Sie sollten so gewählt werden, dass sie eine typische Lebensdauer des Produkts simulieren.

Tabelle 11 – Prüfparameter zum künstlichen Bestrahlen oder Bewittern in Geräten (nach DIN EN ISO 4892-2, Verfahren B Zyklus 2) unter Verwendung eines isolierten Schwarztafel-Sensor

Parameter	Wert
Bestrahlungsintensität (300 nm bis 400 nm)	5,0 mW/cm ² ± 0,2 mW/cm ²
Schwarztafeltemperatur	65 °C ± 3 °C
Temperatur der Prüfkammer	38 °C ± 3 °C
Relative Luftfeuchte	50 % ± 10 %
Prüfdauer	Siehe Anhang A

Typische Prüfzeiten zur Untersuchung der Beständigkeit gegenüber Lösungsmitteln oder anderen Chemikalien, sowie die verwendeten Flüssigkeiten selbst, hängen vom realistischen Verwendungszweck der Probe ab und sollten entsprechend gewählt werden.

6.3.9 Haptische Prüfungen

Da haptische Eigenschaften nicht mit einer einzelnen Prüfung ermittelt werden können, werden verschiedene Aspekte in getrennten Prüfungen untersucht.

Tabelle 12 – Prüfparameter zur Bestimmung der Oberflächenstruktur und der Deformationseigenschaften der Probe

Parameter	Wert
Modul	2D-Deformationsmessung
Prüfspitze	90° Diamantkegel
Minimallast	1 mN
Prüflast	10 mN
Prüfstrecke	20 mm
Prüfgeschwindigkeit	0,3 mm/s

Tabelle 13 – Prüfparameter zur Bestimmung der gefühlten Mikroreibung zwischen Finger und Probenoberfläche

Parameter	Wert
Modul	Messung der dynamischen Mikroreibung
Prüfspitze	Standard-Leder-Taster
Minimallast	1 mN
Prüflast	80 mN
Prüfstrecke	5 mm
Prüfgeschwindigkeit	0,1 mm/s

Bei der optischen Prüfmethode zur haptischen Analyse werden der durch die Shape-from-Shading-Messung ermittelte Rauheitswert R_z [μm] und die Partikeldichte P_a [%] zueinander in Beziehung gesetzt und mit den in den Prüfparametern angegebenen Werten verglichen.

7 Evaluation

7.1 Evaluation und Dokumentationsintervall

Vor und nach der Prüfung müssen ordnungsgemäße Dokumentations- und Evaluationsverfahren durchgeführt werden. Für einige Prüfungen wird auch eine Zwischenevaluation empfohlen. Je nach Prüfung können unterschiedliche Evaluationsmethoden eingesetzt werden. Im Allgemeinen gibt es zwei Methoden, die hauptsächlich zur Charakterisierung verwendet werden: die visuelle Prüfung und die Bestimmung des Wasserkontaktwinkels. Die empfohlenen Methoden sind nicht als ausschließlich zu betrachten, für verschiedene Anwendungen können andere Methoden verwendet werden, um zusätzliche Daten zu sammeln. So können z. B. Beschädigungen am Gehäuse mit einem optischen Profilometer (siehe 7.2.4) oder Kratzer mit einer taktilen Messung (siehe 7.2.5) analysiert werden. Details finden Sie in den jeweils vorgeschlagenen Prüfparametern und im Anhang A.

7.1.1 Initiale Evaluation

Vor jeder Prüfung muss auf beschichteten Proben eine Überprüfung der Homogenität mittels WCA-Methode (Wasserkontaktwinkel) durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Beschichtung homogen ist. Diese Prüfung erfolgt mit mindestens 20 Tropfen, je nach Probengröße, welche über die Probenoberfläche verteilt werden. Für den gemessenen WCA sollte die Standardabweichung

ausgewertet werden. Dies hilft, die Homogenität der Beschichtung zu erkennen und einen Prüfbereich mit konstanten Eigenschaften auf der Displayprobe zu definieren.

Je nach Prüfung müssen die jeweils vorgeschlagenen Auswerteverfahren verwendet werden. Wenn nicht anders angegeben, muss die Probe vorher nach 6.2 gereinigt werden.

7.1.2 Zyklische Zwischenevaluation

Je nach Prüfung kann eine Zwischenevaluation der Probe sinnvoll sein. Diese Evaluation sollte möglichst ohne Demontage der Probe erfolgen oder es sollte durch zusätzliche Mittel, z. B. einen Winkelanschlag zur korrekten Positionierung, sichergestellt werden, dass an der gleichen Position weitergeprüft werden kann.

7.1.3 Abschließende Evaluation

Nach der Prüfung müssen die jeweils vorgeschlagenen Evaluationsmethoden angewendet werden. Wenn nicht anders erwähnt, sollte die Probe vorher nach 6.2 gereinigt und die Evaluation an der gleichen Stelle wie die Erstbewertung durchgeführt werden.

7.2 Evaluationsmethoden

7.2.1 Visuelle Evaluationen

Die Probe muss zuerst nach 6.2. gereinigt werden. Die Evaluation erfolgt unter einer genormten und spezifizierten Beleuchtungsquelle (z. B. D65, Beleuchtungsquelle mit einer korrelierten Farbtemperatur CCT von 6 500 K). Ausgehend von einem frontalen Betrachtungspunkt wird der Betrachtungswinkel variiert, bis ein maximaler Kontrast erkannt und dokumentiert werden kann.

7.2.2 Wasserkontaktwinkelmessungen

Eine quantitative Methode zur Beurteilung der Beschichtung von Displayoberflächen ist die Messung des Kontaktwinkels oder wahlweise der freien Oberflächenenergie (SFE) mit ihren polaren und dispersen Anteilen. Für die Auswertung des Kontaktwinkels ist ein handelsübliches Kontaktwinkelmessgerät mit XY-Tisch und reproduzierbarer Probenpositionierungsfunktion zu verwenden. Vor der Auswertung muss die Probe nach 6.2. gereinigt werden.

Zur Bestimmung der SFE müssen mindestens zwei verschiedene Prüfmedien verwendet werden, z. B. Diiodmethan und destilliertes Wasser. Das Prüfmedium wird mittels einer Spritze äquidistant und linear entlang des Reibweges tropfenweise auf die Probenoberfläche aufgetragen. Die Tropfen werden von einem Kamerasystem aufgenommen. In den Bildern wird der Kontaktwinkel an den Schnittpunkten der Tropfenkontur mit der Probenoberfläche gemessen. Für die Kontaktwinkelmessung müssen mindestens 3 unabhängige Tropfen des gewählten Prüfmediums auf der Reibstrecke aufgebracht werden. Zuerst muss der Kontaktwinkel für Wasser auf der Mittellinie der Reibstrecke gemessen werden. Nach einem Reinigungsschritt entsprechend 6.2. kann der Kontaktwinkel für die anderen Medien, z. B. Diiodmethan, auf der Mittellinie der Reibstrecke gemessen werden.

Die SFE lässt sich nach dem Modell von Owens, Wendt, Rabel und Kaelble (OWRK) berechnen und in einen polaren und einen dispersiven Teil aufteilen. Der polare Teil der SFE gibt Aufschluss über die Hydrophobie, während der disperse Teil der SFE Aufschluss über die Hydrophilie der Oberfläche gibt.



Bild 9 – Kontaktwinkelmessgerät (QUELLE: Innowep GmbH)

7.2.3 Optische Messungen

Das **optische Erscheinungsbild** von technischen Geräten wie z. B. Smartphones ist ein wichtiger Aspekt der Benutzererfahrung und -zufriedenheit.

Die wiederholte Nutzung von Geräten, die mit einer Kombination aus elektronischem Bildschirm und berührungsempfindlichem Eingabebildschirm (auch Touchscreen genannt) ausgestattet sind, kann zu Abnutzungserscheinungen führen und damit die Oberfläche (insbesondere die Vorderseite des Geräts, oft auch Deckglas oder Deckschicht genannt) verändern und zu einer Veränderung des optischen Erscheinungsbildes des Produkts führen. Bildschirme mit ursprünglich glänzender Oberfläche können durch wiederholtes Berühren und Wischen an bestimmten Stellen matt und stumpf werden, während ursprünglich matte Oberflächen an bestimmten Stellen ihre streuenden Blendschutzeigenschaften verlieren und so ein unvorteilhaftes, fleckiges Erscheinungsbild zeigen können.

Ein wichtiger Aspekt für die Charakterisierung der Produktlebensdauer und der zu erwartenden Akzeptanz durch den Benutzer ist daher das visuelle Erscheinungsbild der Kombination aus Display und Touchscreen (DTS) und die Variationen und Veränderungen, die es bei Tausenden oder Millionen von Fingerberührungen und Wischbewegungen durch wiederholte Nutzung erfährt.

Die Auswirkung lokaler mechanischer Beanspruchung auf das visuelle Erscheinungsbild der Kombination aus elektronischer Sichtanzeige und berührungsempfindlichem Eingabegerät (Touchscreen) sollte unter Berücksichtigung zweier Hauptaspekte bewertet werden:

1. Das **Aussehen der Oberfläche** der Kombination aus Anzeige und Touchscreen (DTS), wie es durch Reflexion von Lichtquellen wahrgenommen wird. Da der Prozess der Reflexion und die daraus resultierende Richtungsverteilung des reflektierten Lichts sehr empfindlich auf kleinste Veränderungen der Oberflächeneigenschaften reagiert, sind Reflexionsmessungen ein geeigneter Sensor für Oberflächeneigenschaften und deren Veränderungen [6][7].
2. Die **Qualität und das Aussehen der visuellen Informationen, die dem Betrachter präsentiert werden sollen**. Alle optischen Komponenten, die sich zwischen den Subpixeln, die die visuellen Informationen durch Transmission oder Emission von Licht erzeugen, und dem Betrachter befinden, sollten sich sowohl auf die laterale Auflösung der visuellen Informationen als auch auf ihre Richtungsverteilung nur unmerklich auswirken. Diese seitliche Auflösung wird häufig als *Bildschärfe* oder *Detailauflösung* bezeichnet (z. B. ASTM D5767).

Alle optischen Messungen müssen so konzipiert sein, dass sie ohne Demontage des zu prüfenden elektronischen Geräts (DUT) durchgeführt werden können. Die Messungen müssen nach der geforderten Aussagekraft, ihrer Anwendbarkeit im industriellen Umfeld, ihrer Robustheit und Wiederholbarkeit ausgewählt werden.

7.2.3.1 Messung von reflektiertem Licht

Die umfassendste Charakterisierung des Reflexionsgrads undurchsichtiger Oberflächen wird durch die **BRDF** (bidirektionale Reflexionsverteilungsfunktion) [8] gegeben. Die BRDF ist eine Funktion der Richtung des einfallenden und empfangenen Lichts, der Wellenlänge und des Polarisationszustands des Lichts. Die Messung der BRDF erfordert entweder sperrige motorisierte Richtungsabtastrmechanismen, komplexe Linsen- und/oder Spiegelsysteme oder sie kann alternativ auf der Analyse der lateralen Verteilung des gestreuten Lichts, d. h. der Streufunktion einer Punkt- oder Linienlichtquelle, beruhen [2]. Der letztgenannte Ansatz eignet sich gut für den industriellen Einsatz und hat sich bei der Charakterisierung der Streueigenschaften von Anti-Glare-Schichten (AG) für Anzeigergeräte bewährt. Die Methode erfordert keine motorisierte Abtastung und ist robust, da sie die Lichtquelle immer in jede Messung einbezieht. Darüber hinaus bietet sie eine hohe Richtungsauflösung, typischerweise im Bereich von $0,1^\circ$ und mehr [3][4].

7.2.3.2 Messung von transmittiertem Licht

Die umfassendste Charakterisierung der Streueigenschaften von durchlässigen Schichten liefert die **BTDF** (bidirektionale Transmissionsverteilungsfunktion). Die BTDF ist eine Funktion der Richtung des einfallenden und empfangenen Lichts, der Wellenlänge und des Polarisationszustands des Lichts. Die Messung der BTDF erfordert entweder sperrige motorisierte Aufbauten zur Richtungsabtastung, komplexe Linsen- und/oder Spiegelsysteme oder sie kann alternativ auf der Analyse der lateralen Verteilung des gestreuten Lichts, d. h. der Streufunktion einer Punkt- oder Linienlichtquelle, beruhen [4]. Der letztgenannte Ansatz eignet sich gut für den industriellen Einsatz und hat sich für die Charakterisierung der Streueigenschaften von Anti-Glare-Schichten (AG) für Displays bewährt. Die Methode erfordert keine motorisierte Abtastung und ist robust, da sie die Lichtquelle immer in jede

Messung einbezieht. Darüber hinaus bietet sie eine hohe Richtungsauflösung, typischerweise im Bereich von $0,1^\circ$ und mehr [5][6].

Da diese Methoden eine punkt- oder linienförmige Lichtquelle **hinter** der zu charakterisierenden Schicht erfordern, sind sie nicht auf untrennbare Kombinationen aus Display und Touchscreen anwendbar.

Eine einfache und robuste Methode zur Charakterisierung des Unschärfeneffekts von Streuschichten stellt die direkte Auswertung der Kontrastübertragungsfunktion (CTF) dar, wobei das Display selbst das Test- und Referenzmuster (Pixel-Linien-gitter, horizontal und vertikal) bildet [5].

Die Modulationsübertragungsfunktion (MTF) von streuenden Oberflächen kann direkt durch Fourier-Transformation aus den jeweiligen Richtungsverteilungsfunktionen BRDF und BTDF gewonnen werden.

7.2.4 Dokumentation der Topografie

Diese Methode erlaubt eine visuelle Dokumentation und eine Analyse der 3D-Topografie, siehe Bild 10. Mit dieser Methode können Oberflächen und Schadensbilder von Bedruckungen, Tasten oder Rahmen schnell erfasst, quantifiziert und dokumentiert werden. Für die Charakterisierung von transparenten Displays und Beschichtungen muss die optische Charakterisierung und Kontaktwinkelanalyse verwendet werden.

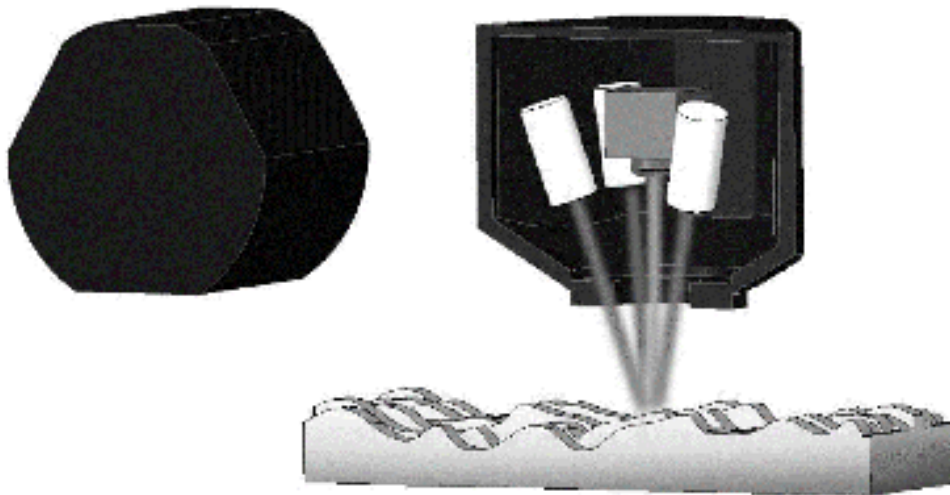


Bild 10 – Skizze eines geeigneten Prüfgeräts zur Analyse der 3D-Topografie

7.2.5 Taktile Dokumentation

Kratzer oder Veränderungen in der Oberflächentopografie können mit einer taktilen Messung an der jeweiligen Probenposition dokumentiert werden. Da es sich hierbei um eine zerstörende Form der Prüfung handelt, sollte diese erst nach Erreichen der endgültigen Prüfdauer durchgeführt werden. Ein geeignetes Gerät muss in der Lage sein, die Oberflächentopografie mit einer z-Auflösung unter 100 nm zu dokumentieren. Eine Prüfvorrichtung für diese Art der Auswertung ist in Bild 11 dargestellt.



Bild 11 – Universal Surface Tester UST® zur taktilen Untersuchung der Oberflächentopografie und lokalen Deformationseigenschaften (QUELLE: Innowep GmbH)

7.2.6 Messtechnische Evaluation der Anschmutz- und Fingerabdruckaffinität

Die messtechnische Evaluation der Anschmutz- und Fingerabdruckaffinität wird mit einem entsprechenden System zur Auswertung des Flächenanteils der verschmutzten Oberfläche durchgeführt. Dieses System muss aus Folgendem bestehen: Kamera, Beleuchtungsaufbau und Auswertesoftware. Die Kamera muss den Fingerabdruck auf der Oberfläche unter einem Betrachtungswinkel von 90° aufnehmen. Die Lichtquelle(n) muss(müssen) derart platziert sein, dass die Verschmutzung homogen ausgeleuchtet wird, aber aus Sicht der Kamera keine Reflexionen diese verdecken.

7.2.6.1 Anschmutzverhalten und Fingerabdruckaffinität

Das Anschmutzverhalten wird evaluiert, indem nur der angeschmutzte Bereich (z. B. Kreis mit Radius 40 mm) ausgewählt wird und mithilfe der Software der Anteil verschmutzter zu sauberer Oberfläche in diesem Bereich bestimmt wird.

7.2.6.2 Evaluation der Easy-to-clean- und Anti-fouling-Eigenschaften

Zur Evaluation der Reinigungsfähigkeit wird nur der gereinigte Streifen in der Mitte der Anschmutzung betrachtet. Dafür wird nach fünf Reinigungszyklen der Bereich definiert und rückwirkend auf die anderen Reinigungsschritte angewendet. Der Anteil an verschmutzter zu sauberer Oberfläche wird für diesen Bereich bestimmt und auf den Anteil vor der ersten Reinigung normiert.

8 Relevante Informationen des Prüfberichts

Der Prüfbericht muss mindestens die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Informationen enthalten, um ein nachvollziehbares und vergleichbares Ergebnis zu ermöglichen.

Tabelle 14 – Relevante Informationen des Prüfberichts

Zeile	Information	Auszufüllen mit
A	Kunde	Name und Adresse
B	Prüflabor	Name und Adresse
C	Prüfer	Name
D	Datum der Prüfung	JJJJ-MM-TT
E	Art der Prüfung(en)	1), 2), ... 7)
F	Prüfzweck	Entwicklung, QM usw.
G	Bezeichnung der Prüflabortechnik (Anleitung)	Anzahl und Auflage
H	Bezeichnung des Prüfgeräts	Hersteller, Bezeichnung des Modells, Gerätenummer usw.
I	Bezeichnung der verwendeten Verbrauchsmaterialien	eindeutige Kennung von Prüfstempel, Textil; verwendete Medien
J	Beschreibung des Prüfteils	Abbildung, Menge, Konstruktionsstand
K	Prüfparameter	alle Parameter und ihre Werte werden, wie in Abschnitt 6 aufgeführt, verwendet
L	Prüfbedingungen	Temperatur; LF % relative Luftfeuchte
M	Vorbehandlung	Art der Vorbehandlung
N	Eingangsbewertung	verwendete Prüfmethode
O	Zwischenbewertung	verwendete Prüfmethode
P	Abschließende Bewertung	verwendete Prüfmethode
Q	Zusammenfassung	Prüfergebnis

Anhang A

Typische Parameter für die vorgeschlagenen Testbedingungen

Tabelle 15 – Typische Prüfparameter für soft-chemo-mechanische Touch, Swipe und Zoom-Prüfungen

Bewegungsart	Größe Prüfstempel (nach Tabelle 23)	Prüfgewebe	Prüfflüssigkeit	Zyklen	Evaluation
Touch	2	Sebum Wolle	Trocken	4 000	WCA alle 1 000
	2	Sebum Wolle	Kunstschweiß pH 6,5	1 000	WCA alle 250
Swipe	2	Sebum Wolle	Trocken	4 000	WCA alle 1 000
	2	Sebum Wolle	Kunstschweiß pH 6,5	1 000	WCA alle 250
Zoom	2	Sebum Wolle	Trocken	4 000	WCA alle 1 000
	2	Sebum Wolle	Kunstschweiß pH 6,5	1 000	WCA alle 250

Tabelle 16 – Typische Prüfparameter für Partikelabriebprüfungen auf Displays

Prüfung	Größe Prüfstempel (nach Tabelle 23)	Prüfgewebe	Prüfflüssigkeit	Zyklen	Evaluation
Partikelabrieb	2	Sandabrieb-Gewebe	trocken	10 000	visuell alle 1 000
	2	Ruß-Gewebe	trocken	10 000	visuell alle 1 000

Tabelle 17 – Typische Prüfparameter zur Evaluation der Easy-to-Clean- und Anti-Fouling-Eigenschaften

Prüfung	Größe Prüfstempel (nach Tabelle 24)	Prüfgewebe	Prüfflüssigkeit	Zyklen	Evaluation
Easy-to-Clean	2	Mikrofasertuch	trocken	10 / 20	visuell nach jedem Zyklus

Tabelle 18 – Typische Prüfparameter für die dynamische Kratzprüfung

Prüfung	Prüfspitze	Prüfgeschwindigkeit cm/s	Last N	Zyklen	Evaluation
Dynamische Kratz- und Rillprüfung	PMMA-Scheibe	20	5	1	visuell
	Leder-Scheibe	70	5, 10, 15, 20	1	visuell
	Kratzspitze, Stahlkegel	20, 70, 120, 150	5	1	visuell

Tabelle 19 – Typische Prüfparameter für die dynamische Abriebprüfung

Prüfung	Prüfspitze	Prüfgeschwindigkeit cm/s	Last N	Zyklen	Evaluation
Dynamische Abrieb- und Verschleißprüfung	Fingernagelschab-Prüfspitze	20	5	100 bis 1 000	visuell
	Kratzspitze, Stahlkegel	20	5	10	visuell
	Abriebprüfstempel Schuhsohle schwarz	20	5, 10	100 bis 1 000	visuell

Tabelle 20 – Typische Prüfparameter zum Einfluss von Desinfektionsmitteln beim soft-chemo-mechanischen Reinigen

Prüfung	Größe Prüfstempel (nach Tabelle 23)	Prüfgewebe	Prüfflüssigkeit	Zyklen	Evaluation
Desinfektionsprüfung: Flüssige Desinfektionsmittel	2	Sebum Wolle	Desinfektionsmittel nach WHO	1 000	WCA alle 250

Tabelle 21 – Typische Parameter zur Desinfektionsprüfung mittels Bestrahlung

Prüfung	Bestrahlungsintensität mW/cm ²	Prüfdauer h
Desinfektionsprüfung: UVGI-Geräte (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	2,0	500

Tabelle 22 – Typische Prüfparameter für Indoor-Alterungsprüfungen (nach DIN EN ISO 4892-2, Verfahren B Zyklus 2)

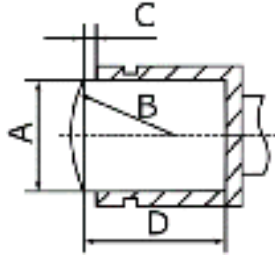
Prüfung	Bestrahlungsintensität mW/cm ²	Prüfdauer h
Alterungsprüfung	5,0	1 000

Anhang B Größen der Prüfstempel für Abriebprüfungen

Der Prüfstempel für den soft-chemo-mechanischen Abrieb muss nach den vorgeschlagenen Prüfparameter ausgewählt werden. Wenn aufgrund der Probengeometrie oder des Anwendungsbereichs eine andere Größe für die Prüfung besser geeignet ist, sollte diese aus den in Tabelle 23 aufgeführten Prüfstempeln ausgewählt werden. Jeder zur Prüfung verwendete Prüfstempel muss vom Hersteller auf seine Qualifikation als dynamischer Verschleißkörper geprüft werden. Dies umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein, die Messung der Shore-A-Härte und des Verformungsverhaltens unter Last.

Tabelle 23 – Übliche Größen der Prüfstempel und ihre Maße

Größe	Maße mm			
	A 0/-0,50	B ±1,0	C ±0,50	D 0/-0,50
1	10	20	1	32
2	20	20	3	35
3	30	20	2	32



Anhang C

Gewebevarianten

Das Textil für die Prüfung des soft-chemo-mechanischen Abriebs muss entsprechend der vorgeschlagenen Prüfparametern ausgewählt werden. Wenn aufgrund des Anwendungsbereichs oder der Einsatzumgebung ein anderes Textil besser zum Testen geeignet ist, sollte es aus den im Folgenden aufgeführten Textilien ausgewählt werden. Jedes zur Prüfung verwendete Textil muss vom Hersteller auf seine Eignung als dynamischer Verschleißkörper geprüft werden. Dies umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein, die optische Messung der Topografie und der Lakunendichte.

Geeignete Textilien zum Testen der Beständigkeit gegen Handabrieb sind:

- a) Standardgewebe Feine Wolle
- b) Standardgewebe B8 nach DIN EN ISO 12947-1
- c) Schmutzgewebe rau nach DIN EN 60456 (VDE 0705-456)
- d) Schmutzgewebe fein
- e) Sebum Wolle
- f) Sebum Baumwolle
- g) Wollfilz H1
- h) Jeansstoff nach DIN EN ISO 105-D01:2010-10
- i) Abriebpad S1000 hochabrasiv
- j) Abriebpad MS1000 hochabrasiv
- k) Abriebpad M44 Scheuerbeanspruchung
- l) Mikrofasertuch

Anhang D Desinfektionsmittel

Tabelle 24 – Formulierung für Desinfektionsmittel nach WHO ¹

Formulierung 1	Volumen	Konzentration
Ethanol 96%	8333 ml	80 %
Wasserstoffperoxid 3%	417 ml	1,45 %
Glycerol 98%	145 ml	0,125 %

Formulierung 2	Volumen	Konzentration
Isopropylalkohol 96%	7515 ml	75 %
Wasserstoffperoxid 3%	417 ml	1,45 %
Glycerol 98%	145 ml	0,125 %

¹ <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1277325/retrieve>. Zugriff am 30.03.21

Anhang E

Historische Entwicklung

Das Prinzip des so genannten Soft-chemo-mechanischen Fingerabriebs basiert auf der historischen Norm IEC 60068-2-70, erstellt im Jahr 1996. Eine technische Revolution der damaligen Zeit verlangte nach einer Norm für eine Beständigkeitsprüfung: Das bis zu diesem Zeitpunkt gebräuchliche Telefon mit Wählscheibe wurde durch das Tastentelefon abgelöst, deren Druckflächen mit Zahlen und Symbolen versehen waren. Man hat schnell erkannt, dass die klassische langsame Bewegung und konstante Geschwindigkeit der elektrischen Abriebprüfgeräte nicht die reale Belastung und Reibbewegung der Fingerspitze auf einem solchen elektrischen Schalter simulieren konnte. Um die Interaktion der menschlichen Fingerspitze mit einer bedruckten Kunststoffoberfläche eines Knopfes zu verstehen und im Labor nachzustellen, wurde eine Arbeitsgruppe unter der Leitung von Professor Dr. Bögel von der Universität der angewandten Wissenschaften in Darmstadt gegründet. Mit der Unterstützung diverser medizinischer Universitäten und Institute konnte die humanphysiologische Bewegung und deren Auswirkung auf die Taste schließlich nachvollzogen werden.

Mit diesem Wissen über den humanphysiologischen Bewegungsapparat wurde eine Methode zur labortechnischen Simulation entwickelt und standardisiert. Diese Norm wurde zuerst in Deutschland veröffentlicht und später in eine internationale Norm umgewandelt. Die Grundlage für die weltweit vergleichbare Prüfung elektrischer Schalter, Tasten und Knöpfe auf Telefonen gegen die manuelle Beanspruchung und Charakterisierung der Beständigkeit eines solchen Gerätes inklusive des Materials, der Beschichtung, Bedruckung oder Markierung war somit geschaffen.

Die IEC-Norm beschreibt einen Belastungsfall mit einem klaren Angriffswinkel, einem viskoelastischen Kontakt und Belastungselement, das die Materialeigenschaften und geometrischen Aspekte der Fingerspitze nachbildet, sowie einem Reibweg von 4 mm. Es zeigte sich, dass diese Bewegung eine kombinierte Bewegung und keine lineare mit konstanter Geschwindigkeit ist. Deshalb wird das dynamische System durch Frequenzen definiert. Die reale Belastung der mit der Oberfläche interagierenden Fingerspitze wurde ermittelt und ergab sich zu 3,5 N. Die festgelegte Last wurde dagegen im Prüfstandard auf 5 N festgesetzt, „um auf Nummer sicher zu gehen.“

Ein Abriebgewebe wurde im so genannten Martindale-Abriebstandard (DIN EN ISO 12947-1) gefunden. Dieses wurde zwischen dem Stempel und der zu prüfenden Taste platziert, um die Mikrostruktur der menschlichen Hand zu simulieren. Das Textil verhält sich als abrasiv, ähnlich einem Schleifpapier, auf der Oberfläche, während der Stempel als Transfererelement dient, um die Last auf das Textil und damit auch auf die Probenoberfläche zu übertragen. Das Gewebe war zu dieser Zeit das einzig verfügbare und geeignete. Heute stehen einige, besser geeignete unbehandelte oder mit Fetten, Schmutz und anderen Substanzen behandelte Textilien für die exakte und reproduzierbare Simulation von realen Umweltbedingungen auf derartigen Produkten zur Verfügung.

Mehrere Jahrzehnte später wurde das Touchdisplay erfunden und bei Betrachtung des Stands der Technik wurde offensichtlich, dass diese IEC-Norm nicht für die Oberflächenbeständigkeitsprüfung von Touchdisplays geeignet ist.

Humanphysiologische Bewegungen, Lastszenarien, unterschiedliche Abriebgewebe, Gewebenachführung, Druckluftabreinigung von Abrasionspartikeln zwischen den Abrievorgängen, all das muss geklärt und spezifiziert werden, um die Nutzung eines Touchdisplays so realitätsnah wie möglich – dem Stand der Technik entsprechend – zu simulieren und gleichzeitig die Belange der Industrie und Forschung auf einfache und erschwingliche Art zu erfüllen. Es wurde außerdem festgestellt und gezeigt, dass ein elektrischer Antrieb mit konstanter Geschwindigkeit den Bewegungsablauf des menschlichen Fingers und die Wirkung, die dieser auf die Oberfläche ausübt, nicht in angemessener Weise nachbilden kann. Stattdessen gewährleistet ein einfacher, preiswerter pneumatischer Zylinder den für die Simulation der realen Bewegung der menschlichen Fingerspitze notwendigen viskoelastischen Antrieb nach derzeitigem Stand der Technik am besten.

Literaturhinweise

- [1] Andrikopoulos, G., & Nikolakopoulos, G. (2018). HUmanoid Robotic Leg via pneumatic muscle actuators: implementation and control. Meccanica. doi: <https://doi.org/10.1007/s11012-017-0738-6>
- [2] Becker, M. E. (2005). Measurement and evaluation of display scattering. JSID(1).
- [3] Becker, M. E. (2016). High-Resolution Scatter Analysis of Anti-Glare Layer Reflection. SID Digest, S. 368-371.
- [4] Becker, M. E., Fink, T., & Krüger, U. (2016). Image Blurring Induced by Scattering Anti-Glare Layers. SID Digest, S. 372-375.
- [5] Deimel, R., Radke, M., & Brock, O. (2016). Mass Control of Pneumatic Soft Continuum Actuators with Commodity Components. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), S. 774-779. doi:10.1109/IROS.2016.7759139.
- [6] Harvey, J. E. (2011). Linear systems formulation of scattering theory for rough surfaces with arbitrary incident and scattering angles. JOSA(6), S. 1121-1138.
- [7] Harvey, J. E. (2012). Total integrated scatter from surfaces with arbitrary roughness, correlation widths, and incident angles. Optical Engineering(1), S. 1-11. von <https://stars.library.ucf.edu/facultybib2010/2723> abgerufen
- [8] Kelley, E. (1998). Display Reflectance Model Based on the BRDF. Displays.
- [9] Mori, S., Tanaka, K., Nishikawa, S., Niiyama, R., & Kuniyoshi, Y. (2019). High-Speed Humanoid Robot Arm for Badminton Using Pneumatic-Electric Hybrid Actuators. IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, 4(4), S. 3601-3608.
- [10] Noritsugu, T. (2005). Pneumatic Soft Actuator for Human Assist Technology. Proceedings of the 6th JFPS International.
- [11] Senac, T., Lelevé, A., Moreau, R., Novales, C., Nouaille, L., Pham, M., & Vieyres, P. (2019). A Review of Pneumatic Actuators Used for the Design of Medical Simulators and Medical Tools. Multimodal Technologies and Interaction, MDPI.
- [12] Song, K., Kim, S. H., Jin, S., Kim, S., Lee, S., Kim, J.-S., . . . Cha, Y. (2019). Pneumatic actuator and flexible piezoelectric sensor for soft virtual reality glove system. Scientific Reports, 9(1), S. 2045-2322. doi:10.1038/s41598-019-45422-6
- [13] Xu, Z., Bai, Y., Ni, R., Yang, N., Sun, Y., & Qi, P. (2018). Anthropomorphic Soft Pneumatic Fingers Towards Full Dexterity of Human Hand. IEEE-RAS 18th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), 386. doi:10.1109/HUMANOIDS.2018.8625023

ASTM, *International Standards on Color and Appearance Measurement: 8th Edition*

ASTM D1044, *Standard Test Method for Resistance of Transparent Plastics to Surface Abrasion*

ASTM D1003, *Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics*

ASTM D3928, *Test Method for Evaluation of Gloss or Sheen Uniformity*

ASTM D4039, *Test Method for Reflection Haze of High-Gloss Surfaces*

ASTM D523, *Test Method for Specular Gloss*

ASTM D5767, *Test Methods for Instrumental Measurement of Distinctness-of-image Gloss of Coating Surfaces*

DFF Top Surface Durability Spec V1.0, Abschnitt I: Touch, Swipe, Zoom

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe - Normalklimate für Konditionierung und Prüfung*

IEC 60068-2-70, *Environmental testing - Part 2: Tests - Test Xb: Abrasion of markings and letterings caused by rubbing of fingers and hands*

IEC 63211-3-5, *Durability test methods for electronic displays - Part 3-5: Mechanical tests - Surface durability*

SAE J 2412, *Accelerated Exposure of Automotive Interior Trim Components Using a Controlled Irradiance Xenon-Arc Apparatus*

Durability and functionality testing of displays or surfaces, materials or products in the vicinity of the display

Foreword

Publication date of this VDE SPEC: 17. December 2021.

For the present VDE SPEC document no draft was released.

This document was prepared by the VDE SPEC project group “Displaytests” of the VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (www.vde.com).

Responsible for this VDE SPEC is the VDE SPEC project group “Displaytests” of the DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies (www.vde.com).

This VDE SPEC was developed according to the VDE SPEC rules. The development of VDE SPEC 90017 V1.0 is done in project groups and not mandatory under comprehension of all interested parties.

This VDE SPEC is **not** part of the VDE regulations or the German regulations. This VDE SPEC is especially also **not** a Technical Specification in the sense of § 49 EnWG.

At this point many thanks to all experts for their valuable contributions and inputs.

In spite of big efforts to ensure correctness, reliability and precision of technical and non-technical descriptions the VDE SPEC project group is not able to take over neither an explicit nor an implicit guarantee for the correctness of the content of the document. The usage of this document occurs with the awareness, that the VDE SPEC project group cannot be made legally liable for any kind of damage or loss. The usage of the present VDE SPEC does not relieve the user from the responsibility for own action and happens thereby at one's own risk.

In the course of the production and/or introduction of products at the European market the manufacturer must execute a risk analysis to determine first of all what risks which the product possibly can cause. After execution of the risk analysis the manufacturer evaluates these risks and if necessary takes appropriate measures to eliminate the risks effectively or to minimize them (risk assessment). The present VDE SPEC does not relieve the user from this responsibility.

Herewith the possibility is pointed out, that some elements of this document can refer to patent rights. VDE is not responsible for the identification of some or all patent rights in this regard.

Content

1	Scope	1
2	Normative references	1
3	Terms and abbreviated terms	1
3.1	Terms	1
3.2	Abbreviated terms	2
4	Test methods	2
4.1	Overview	2
4.2	Background and test principle of each test	3
4.2.1	Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion	3
4.2.2	Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling	4
4.2.3	Soiling behavior and fingerprint affinity	4
4.2.4	Easy-to-clean and anti-fouling evaluation	4
4.2.5	Human physiology based dynamic scratch and mar testing	4
4.2.6	Dynamic abrasion and wear testing	5
4.2.7	Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	5
4.2.8	Ageing test: Humidity, temperature, chemicals and radiation	5
4.2.9	Haptics test	6
5	Suitable test apparatus for the different tests	6
5.1	Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion test	6
5.2	Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling	7
5.3	Soiling behavior and fingerprint affinity	7
5.4	Easy-to-clean and anti-fouling evaluation	8
5.5	Human physiology based dynamic scratch and mar testing	8
5.6	Dynamic abrasion and wear testing	9
5.7	Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	9
5.7.1	Disinfection by soft chemo-mechanical cleaning	9
5.7.2	Disinfection by radiation	9
5.8	Ageing test: Humidity, temperature, chemicals and radiation	9
5.9	Haptics test	9
6	Test parameter	10
6.1	Standard environmental conditions	10
6.2	Sample preparation	11
6.3	Suggested Testing Conditions	11
6.3.1	Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion	11
6.3.2	Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling	13
6.3.3	Soiling behavior and fingerprint affinity	13
6.3.4	Easy-to-clean and anti-fouling evaluation	14
6.3.5	Human physiology based dynamic scratch and mar testing	14
6.3.6	Dynamic abrasion and wear testing	15
6.3.7	Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	15
6.3.8	Ageing test: humidity, temperature, chemicals and radiation	16
6.3.9	Haptics test	16

7	Evaluation	17
7.1	Evaluation and documentation interval	17
7.1.1	Initial evaluation	17
7.1.2	Cyclical intermediate evaluation	17
7.1.3	Final evaluation	17
7.2	Evaluation methods	17
7.2.1	Visual evaluation	17
7.2.2	Water contact angle measurement	18
7.2.3	Optical measurements	18
7.2.4	Topographical documentation	19
7.2.5	Tactile documentation	20
7.2.6	Metrological assessment	20
8	Relevant information to be given in the test report	21
	Annex A Typical parameters for the suggested test conditions	22
	Annex B Test piston sizes for abrasion testing	25
	Annex C Textile variants	26
	Annex D Disinfection Formulation	27
	Annex E Historical Summary	28
	Bibliography	29
	Figures	
	Figure 1 – Three different motion types of the human finger on displays: Touch, Swipe and Zoom	3
	Figure 2 – Abrasion area (acc. to Prof. Dr. Weinhold)	3
	Figure 3 – Scheme of test apparatus for simulating soft chemo-mechanical abrasion (SOURCE: Innowep GmbH)	7
	Figure 4 – Sketch of a suitable universal compression test machine (SOURCE: ZwickRoell GmbH & Co. KG)	8
	Figure 5 – Sketch of a suitable test apparatus for dynamic scratch and mar testing (SOURCE: Innowep GmbH)	8
	Figure 6 – Sketch of a suitable test apparatus for dynamic abrasion testing (SOURCE: Innowep GmbH)	9
	Figure 7 – Suitable test apparatus for the haptics test (SOURCE: Innowep GmbH)	10
	Figure 8 – Suitable optical test device for haptic evaluation	10
	Figure 9 – Contact angle measurement device (SOURCE: Innowep GmbH)	18
	Figure 10 – Sketch of a suitable testing device for 3D topographical analysis	20
	Figure 11 – Universal Surface Tester UST® for tactile analysis of surface topography and local deformation properties (SOURCE: Innowep GmbH)	20

Tables

Table 1 – Test parameters for soft chemo-mechanical touch abrasion	11
Table 2 – Test parameters for soft chemo-mechanical Swipe abrasion	12
Table 3 – Test parameters for soft chemo-mechanical Zoom abrasion	12
Table 4 – Test parameters for soft chemo-mechanical particle abrasion	13
Table 5 – Test parameters for contamination/fingerprint affinity tests	13
Table 6 – Test parameter for cleanability testing	14
Table 7 – Test parameter for human physiology based dynamic scratch testing	14
Table 8 – Test parameter for human physiology based dynamic scratch testing	15
Table 9 – Test parameter for soft chemo-mechanical disinfection testing	15
Table 10 – Test parameter for disinfection testing UVGI at 254 nm	16
Table 11 – Test parameter exposure to laboratory light sources (ref DIN EN ISO 4892-2, method B cycle 2) using insulated black standard sensor	16
Table 12 – Test parameters for determining the surface structure and deformation of the sample	16
Table 13 – Test parameters for determining the felt microfriction between the finger and the sample	17
Table 14 – Relevant information to be given in the test report	21
Table 15 – Typical test parameter for soft chemo-mechanical touch, swipe zoom testing	22
Table 16 – Typical test parameter for particle abrasion testing on displays	22
Table 17 – Typical test parameter for easy-to-clean and anti-fouling evaluation	23
Table 18 – Typical test parameter for dynamic scratch testing	23
Table 19 – Typical test parameter for dynamic abrasion	23
Table 20 – Typical test parameter for disinfection testing by soft chemo-mechanical cleaning	23
Table 21 – Typical test parameter for disinfection testing by radiation	24
Table 22 – Typical test parameter for indoor lightfastness testing (ref DIN EN ISO 4892-2, method B cycle 2)	24
Table 23 – Common test piston sizes and their dimensions used for testing	25
Table 24 – Formulations for disinfection according to WHO	27

1 Scope

The goal of this VDE specification is to describe a series of testing methods to evaluate the durability and functionality of a display system, which includes a display or touchscreen and integrated frame with or without push buttons or switches built-in in the vicinity of the display system.

This specification provides a general guidance for the manufacturers of any product, which contains a display. It is applicable for the developer and producer of displays, films and coatings and electric switches or buttons, the integration provider and the overall product OEM. This specification ensures that the durability of their products is consistent in quality and performance, withstanding environmental and regular usage stress during the entire lifetime in its application and specific environment.

The surface and its coatings or protective films, such as anti-glare / anti-gloss (AG), anti-reflection (AR) and anti-fingerprint (AFP) coatings, are deteriorated, changed, abraded, or damaged barely noticeable in functionality and will bring a negative impression on the appearance, legibility and visibility of the display. The usage for such a product is characterized by variable, dynamic finger movements creating a soft chemo-mechanical impact and abrasion scenario. Additionally, dirt and particles like dust, carbon black and sand, natural and artificial fats, oily substances as well as sweat, disinfections and other fluids will interact with the surface of the inseparable unit of display and touchscreen and its vicinity and can further impact degradation due to their chemical and/or mechanical stress. The product depending on its application can be also exposed to further environmental stress like moisture, heat, and natural or artificial radiation, especially UVC.

The use of this specification is not limited to a display system but can be also applied to any surfaces, materials or products.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

They serve as a foundation on which this specification builds on due to updating to state-of-the-art testing and parameter selection.

DIN EN 60456 (VDE 0705-456), *Waschmaschinen für den Hausgebrauch - Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaften*

DIN EN ISO 105-D01:2010-10, *Textilien - Farbechtheitsprüfungen - Teil D01: Bestimmung der Trockenreinigungsechtheit mit Perchlorethylen-Lösemittel (ISO 105-D01:2010); Deutsche Fassung EN ISO 105-D01:2010*

DIN EN ISO 4892-1, *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 1: Allgemeine Anleitung*

DIN EN ISO 4892-2:2021-11, *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2013 + Amd 1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:2013 + A1:2021*

DIN EN ISO 12947-1, *Textilien - Bestimmung der Scheuerbeständigkeit von textilen Flächengebilden mit dem Martindale-Verfahren - Teil 1: Martindale-Scheuerprüfgerät*

3 Terms and abbreviated terms

3.1 Terms

No terms and definitions are listed in this document.

DIN and DKE maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- DIN-TERMinologieportal: available at <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: available at <http://www.dke.de/DKE-IEV>

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online Browsing Platform: available at <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org>

3.2 Abbreviated terms

AFP	Anti-fingerprint
AG	Anti-glare
AR	Anti-reflection
BRDF	Bi-directional reflectance distribution function
BSDF	Bi-directional directional scatter function
DUT	Display under test
FHD	Full High Definition
MTF	Modulation transfer unit
SCE	Specular component excluded
SCI	Specular component included
SFE	Surface free energy
RGB	Red/green/blue
UV (C)	Ultraviolet radiation (type C)
UVGI	Ultraviolet Germicidal Irradiation
WCA	Water contact angle

4 Test methods

4.1 Overview

A series of different test methods are available for testing surface durability. Depending on the application of the sample, some or all of the following tests shall be conducted:

- 1) soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion (see 4.2.1)
- 2) particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling (see 4.2.2),
- 3) soiling behavior and fingerprint affinity (see 4.2.3),
- 4) easy-to-clean and anti-fouling evaluation (see 4.2.4),
- 5) human physiology based dynamic scratch and mar testing (see 4.2.5),
- 6) dynamic abrasion and wear testing (see 4.2.6),
- 7) disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation) (see 4.2.7),
- 8) ageing test: Humidity, temperature, chemicals and radiation (see 4.2.8),
- 9) haptics test (see 4.2.9).

4.2 Background and test principle of each test

4.2.1 Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion

The soft chemo-mechanical finger abrasion test principle is based on the historical IEC 60068-2-70 standard of 1995. However, to comply with the current state-of-the-art samples, materials, products, the test procedures and the requirements have been extended and adopted accordingly. For a detailed background on the historical development of the standard see Annex E. Human finger and hand movements in reality are dynamic, viscoelastic and non-linear, as described in many medical, scientific and engineering publications [1][5][9][10][11][12][13]. Therefore, a pneumatic drive system is needed.

This test method describes soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion of the display under the mechanical and chemical stress of human fingertips and hands. The human finger exerts pressure and rubs across the surface when touching, swiping, and zooming on a display. In general, there are three major motion types of the human fingers on a display during usage. (See Figure 1).

1. Touch motion: A short fingertip or finger pad movement, in which the finger hits the surface, slides slightly over it, and then lifts off – Repeated cyclically.
2. Swiping motion: The movement of the finger along the surface with a higher speed but less force. For example, scrolling on the screen, is performed under this movement.
3. Zooming motion: Typical example of zooming motion is to enlarge a view with two fingers. This is carried out with a moderate speed and low force.

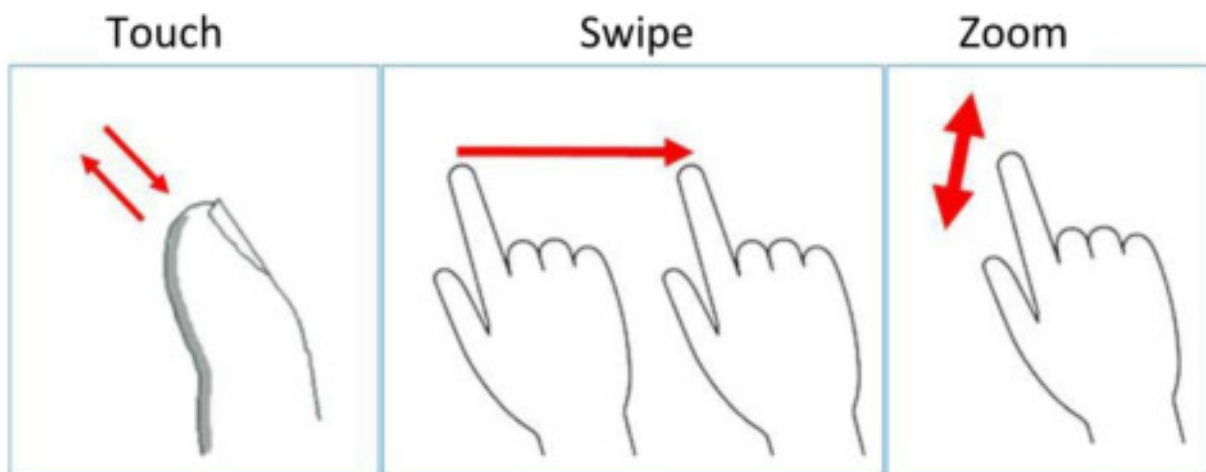


Figure 1 – Three different motion types of the human finger on displays: Touch, Swipe and Zoom

The complex soft chemo-mechanical abrasion generates a specific pattern of the abrasion path (see Figure 2). This abrasion pattern shall be generated with the test.

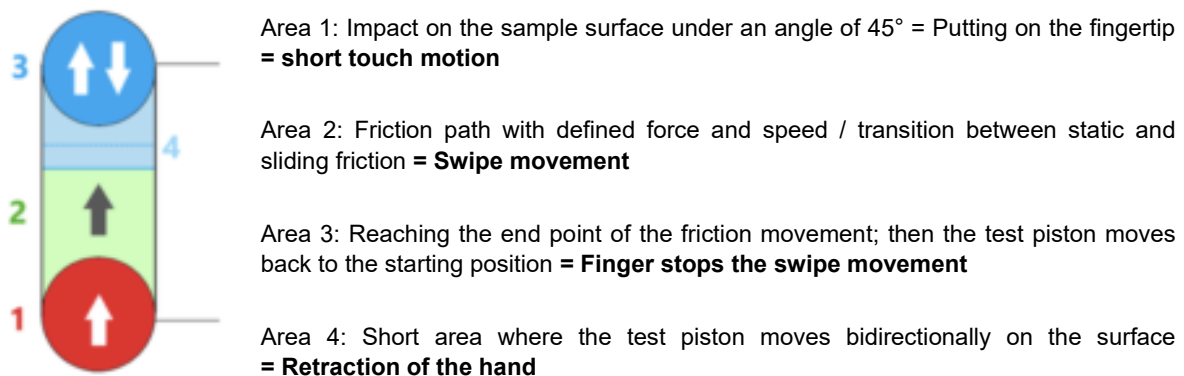


Figure 2 – Abrasion area (acc. to Prof. Dr. Weinhold)

The test runs cyclically, a complete test cycle consists of approaching the specimen, impact and friction movement, as well as reversal, lift-off and return to the starting position. The test piston shall approach the specimen driven by a pneumatic cylinder at a speed of 60 mm/s \pm 5 mm/s, unless otherwise required in the test specification. In contrast, the speed of motion on the specimen is highly nonlinear and a cycle description by frequency is preferable [1]. The sliding velocity on the specimen can be influenced by its material properties, micro- and macro topography, curvature, or test media applied. Upon pure sliding friction (no stick-slip, no bouncing, etc.), a load of 1 N and a friction path of 4 mm result in a cycle frequency of 2.0 Hz \pm 0.2 Hz. All those three parameters have to be calibrated routinely.

An abrasion cloth is generally either hanging between the test piston and the test specimen or is directly fixed to the test piston. In the case of hanging, the test piston grips the abrasion cloth and slides over the specimen. In both cases, the piston impacts on the surface, creates surface deterioration, and presses any debris, particles or test media into the specimen. The test piston impacts onto the specimen with a statically determined load corresponding to the test parameters. It abrades the fabric over the specimen for the friction path required in the test parameters, against gravity from bottom to top, and reverses the direction of movement after reaching the upper end of the friction path. Depending on the load, the test piston retracts a certain distance on the specimen before it lifts off completely and returns to the starting position. See Figure 2. This completes one test cycle and a new one begins.

4.2.2 Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling

This test is an extension from the test shown in 4.2.1 where three-body abrasion occurs. Due to the normal environmental effects, dust, dirt and fine sand often stay on the display system or product. During the human finger movement on the display, these particles act as an aggressive abrasive between human finger and display, and this will lead to fine scratches and soft chemo-mechanical abrasion. The dirt particles are applied for testing with the test fabric. To keep the number of particles on the surface constant, additional particles shall be cleaned off the test area with an automatic air blow function.

4.2.3 Soiling behavior and fingerprint affinity

During regular use of human fingers and hands, the particles, natural and artificial fat as well as sweat and other imprints easily adhere to the product and leave unnecessary contamination imprints on the surface. This test simulates the soiling of a surface with contaminants like sebum or test gel with fluorescent particles. It is crucial to generate a standardized and reproducible fingerprint. This can be achieved by using a universal compression tester for reproducible conditions to stamp a fingerprint onto the surface. Evaluation contains the analysis of the fraction of soiled to unsoiled surface by this fingerprint.

4.2.4 Easy-to-clean and anti-fouling evaluation

The contamination imprints left over on the surface reduce the product quality and lead to increased surface degradation. Therefore, this residual material needs to be cleaned off. To remove these marks, the cleaning process involves usage of a cloth and high manual pressure. To simulate this procedure and generate reproducible results, the cleaning process shall be conducted with a soft chemo-mechanical test apparatus. First a defined contamination or rather a reproducible fingerprint is produced analog to 4.2.3. The subsequent cleaning procedure tests how easily the fingerprint can be removed and additionally evaluates whether there is any increased abrasion due to the cleaning procedure. The cleaning area is evaluated including the ratio of soiled to unsoiled surface. To keep the contaminants from accumulation at the end of the cleaning path, this area should be blown off with an automatic air blow function after each cleaning cycle.

4.2.5 Human physiology based dynamic scratch and mar testing

The mechanical test principle is based on the IEC 63211-3-5 standard. However, for the current state-of-the-art samples, materials and products, the test procedures and the requirements have been extended and adopted accordingly. For a realistic human physiological simulation, a highly dynamic tester capable of adjustable test velocities up to at least 150 cm/s is needed. Realistic scratch and mar movements are highly dynamic, uni- or bidirectional and non-linear.

This test method serves as a protocol for the general scratch and mar tests which occur often during human usage of any product with integrated display. Fingernail scratches, key scratches and stylus mar appear as fine and deep damage which shall be created under both low and high load.

The surface shall be stressed once or repeatedly by a scratch and mar tip under an angle of 90°. The tip shall be selected according to the application of the sample and can be one of the following but not limited to: A metal tip, a digital writing instrument, plastic tips simulating e. g. human fingernails, leather, or textiles.

The scratch and mar movement shall start with a prepositioning. This includes slowly lowering the test tip onto the sample surface and moving the test tip a short distance to the start position to avoid influencing the actual test area. From the start position, the test tip shall move in a horizontal sliding motion with one direction, at the end of the test path the test tip is lifted and moved back to the initial position without touching the sample surface. This cyclic motion is repeated for a certain number of cycles. The number of cycles, applied load, sliding speed and length shall be determined according to the test which is simulated. To prevent three-body abrasion, accumulating particles and dust shall be cleaned off periodically with an automated air blow function.

4.2.6 Dynamic abrasion and wear testing

Analog to the scratch and mar test (see 4.2.5), this mechanical test principle is based on the IEC 63211-3-5 standard, but the test procedures and requirements have been extended and adopted accordingly for the current state-of-the-art samples, materials, and products. Realistic abrasion and wear movements are highly dynamic, uni- or bidirectional and non-linear and therefore also require a highly dynamic tester capable of adjustable test velocities up to at least 150 cm/s.

This test method serves as a protocol for the general abrasion tests under both low and high dynamics. The surface of the display under test shall be once or repeatedly stressed by an abrasion movement with a reciprocating motion under an angle of 90°. The tip shall be selected according to the application of the sample and can be one of the following but not limited to: A metal tip, a digital writing instrument, plastic tips simulating e. g. human fingernails, leather, or textiles.

The abrasion movement shall start with a prepositioning. This includes slowly lowering the test tip onto the sample surface and moving a short distance to the start position to avoid influencing the actual test area. From the start position the test tip shall move in a horizontal sliding motion between the start and point of the test. This reciprocating movement is repeated for a certain number of cycles. One cycle consists of one full movement back and forth. The number of cycles, sliding speed and length shall be determined according to the test which is simulated. To prevent three-body abrasion, accumulating particles and dust shall be cleaned off periodically with an automated air blow function.

4.2.7 Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

Disinfection has become one of the most important cleaning methods for surfaces. Disinfection of a surface can be achieved either by radiation or soft chemo-mechanical cleaning. When disinfecting with radiation, UVGI devices with spectral output centered at 254 nm are typically used. This type of radiation damages the DNA of harmful microorganisms. It disrupts their ability to reproduce thereby eliminating the spread but also damaging material and surface.

During the soft chemo-mechanical method disinfectant gel or spray is applied on surfaces and objects that are visibly or invisibly soiled and cleaned reproducible with the method described in 4.2.1. For general purpose, testing liquid according to the WHO recipe (see Annex D) is recommended, if not otherwise specified. Other commercial disinfections can be used if required.

4.2.8 Ageing test: Humidity, temperature, chemicals and radiation

Ageing testing based on weathering (outdoor conditions) and lightfastness (indoor conditions) testing is conducted in many industries to estimate the lifetime of products and components in its respective environment. These tests are also necessary for integrated display system, e. g. the central control unit with display in a car, since these surfaces have to endure humidity, radiation and temperature on a daily basis. To investigate the reliability of the surface a combined weathering test with all three forms of environmental stress based on DIN EN ISO 4892-2 is used. Depending on the field of application the method of evaluation shall be chosen. The respective parameter shall be measured before and after testing. As extension, acceleration weathering ageing tests like described in SAE J 2412 can be performed.

To test the robustness of aggression to solvents and other chemicals (lotions, alkali, acid etc.), a chemical ageing test is necessary. In this case, the sample is exposed (flooded or immersed) to the liquid for a defined period of time.

4.2.9 Haptics test

The haptics of a surface is a main criterium for subjective reception of a product, especially for a touchscreen. For this test the feeling of quality is translated into different measuring parameters to quantify. These consist of structures on surfaces and perceived roughness, hardness and elasticity, and friction on the surface. For evaluation these parameters are measured relatively, in comparison to a benchmark surface. If possible, the values can also be compared to subjective ratings of the surface produced e. g. by a panel test.

5 Suitable test apparatus for the different tests

5.1 Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion test

A test apparatus with a pneumatic cylinder shall be used for the simulation of the human fingertip movements (touch, swipe and zoom) on the display due to the natural viscoelastic feature of human fingertip and its dynamic and non-linear movement. The pneumatic cylinder drive system applies a defined test force towards the display sample for a defined amount of test cycles. The test apparatus shall contain the option for the following components with controlled parameters: test piston, test fabric, test liquid. A calibration for this apparatus is recommended to be done regularly, typically once a year.

The test piston shall be supplied with a controlled geometry and viscoelasticity so that a reproducible impact and flexing movement is generated on the sample surface. The test piston shall have a unique identifier to ensure traceability of these parameter. The lifetime of the test piston is either 2 million test cycles or one year, whichever comes first.

The test fabric shall be produced with controlled geometrical properties including optical roughness, mass per unit area and lacuna density. The test fabric shall have a unique identifier to ensure traceability of these parameter. It is placed loosely hanging between the test piston and the display sample and straightened by a weight or similar functionality. The test fabric can be fed periodically with an automatic fabric feed function or directly attached to the test piston with a rubber O-ring, generating a defined friction on the surface. The abrasion side of the fabric is marked.

The test liquids may be applied to simulate a chemical load besides the mechanical load. The test liquid can be fed periodically with an automatic feed function or directly applied to the test fabric. Lifetime of the test liquid is marked on the package.

A scheme of the test apparatus is shown in Figure 3.

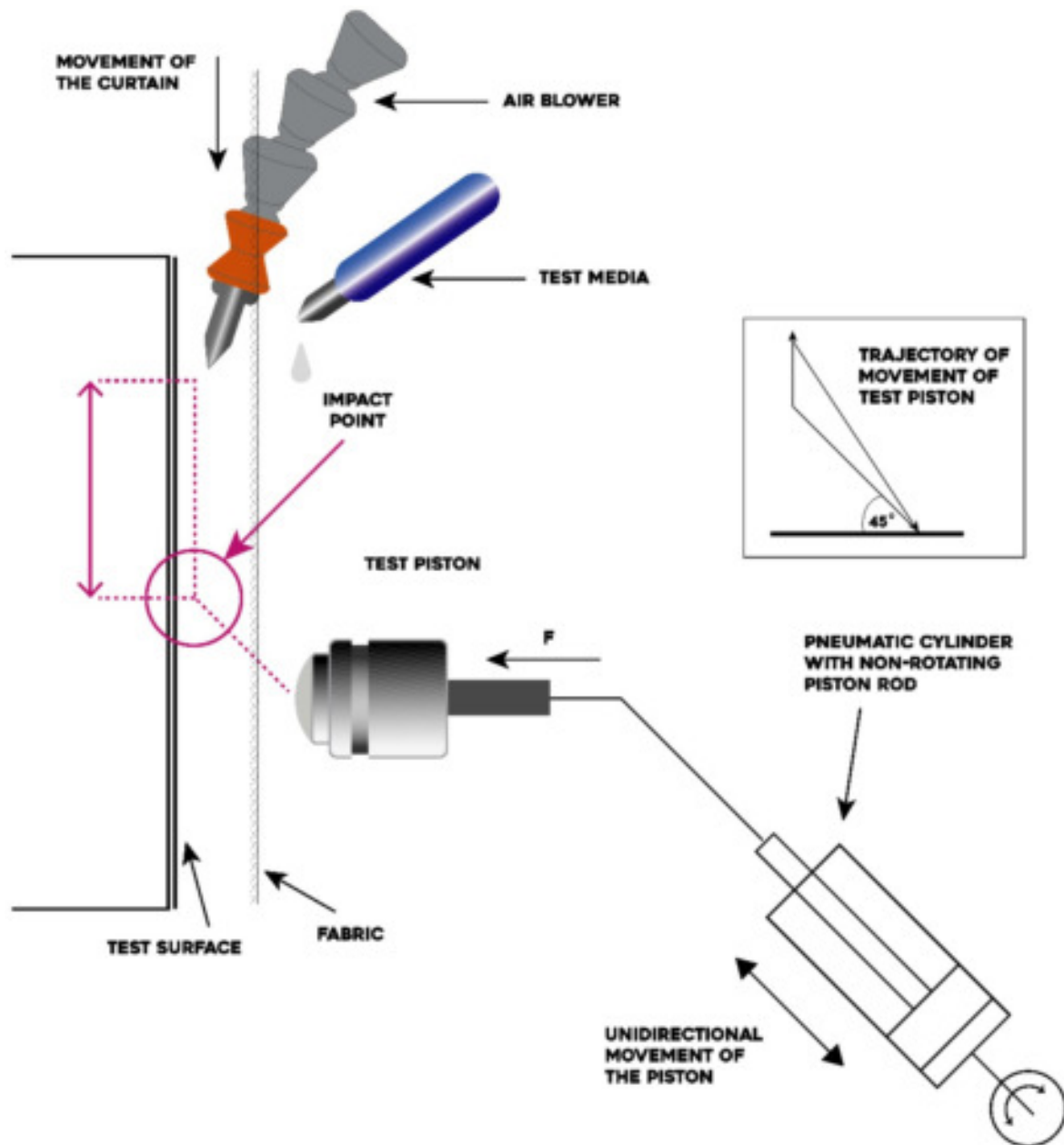


Figure 3 – Scheme of test apparatus for simulating soft chemo-mechanical abrasion
(SOURCE: Innowep GmbH)

5.2 Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling

The test apparatus shall be analog to the one in 5.1, Figure 3 (type: ABR-2010-01 or ABR-2210-02).

5.3 Soiling behavior and fingerprint affinity

The complete fingerprint affinity test involves a universal compression test machine with an adjustable force stop function. An example of a suitable apparatus is shown in Figure 4. Additionally, a 40 mm silicone stamp (type: ABR-2016-01) with a grooved structure as the human papillary structure shall be used for the test for creating a reproducible fingerprint.

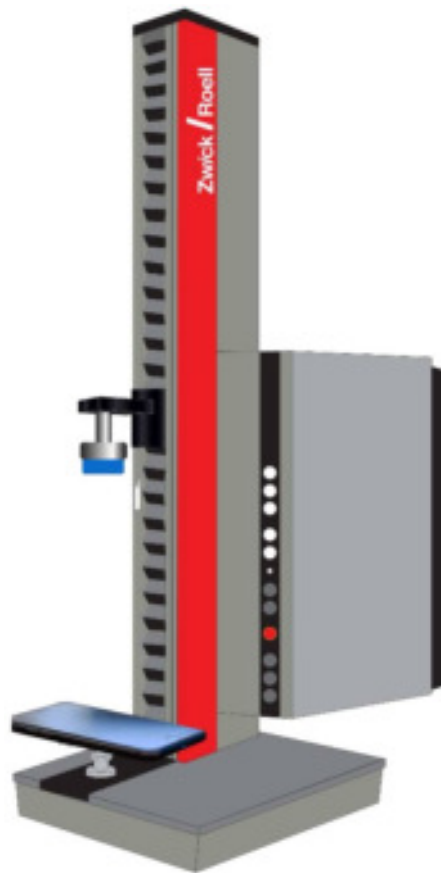


Figure 4 – Sketch of a suitable universal compression test machine
(SOURCE: ZwickRoell GmbH & Co. KG)

5.4 Easy-to-clean and anti-fouling evaluation

Cleaning of the fingerprint or soiling shall be conducted with either the test apparatus in Figure 3, Figure 5 or Figure 6 (e.g. type: ABR-2010-01 or ABR-2210-02 or SPA-P-base).

5.5 Human physiology based dynamic scratch and mar testing

A suitable test apparatus is shown in the schematic drawing in Figure 5. The apparatus shall move the rubbing, scratch or punch tip under an angle of $90^\circ \pm 5^\circ$ in a horizontal level over the surface. The testing tip shall slide at a defined speed in one direction with a defined length between 15 mm to 120 mm on the surface. This procedure shall be repeated cyclically by lifting the tip and moving to the initial point then followed with the uni-direction movement for the scratch test.

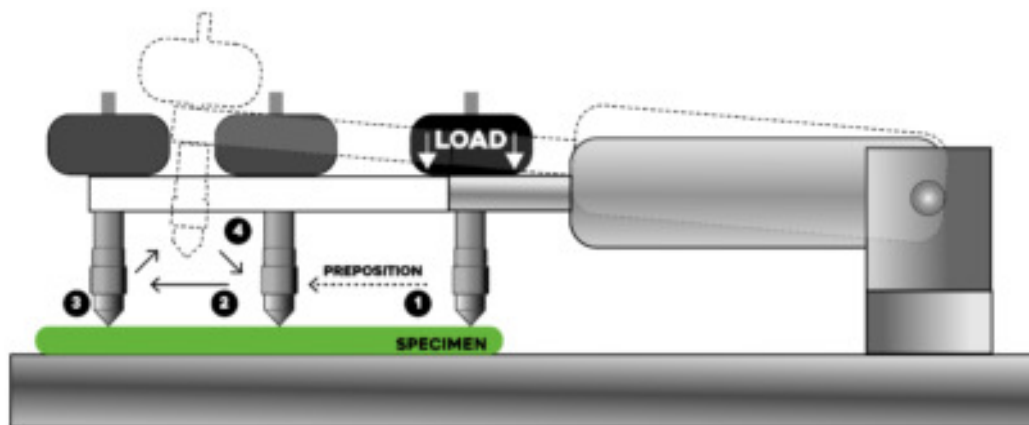


Figure 5 – Sketch of a suitable test apparatus for dynamic scratch and mar testing
(SOURCE: Innowep GmbH)

5.6 Dynamic abrasion and wear testing

A suitable test apparatus is shown in the schematic drawing in Figure 6. The apparatus shall move the rubbing, scratch or punch tip under an angle of $90^\circ \pm 5^\circ$ in a horizontal level over the surface. For abrasion testing the tip shall not be lifted but slide on the surface after the prepositioning with reciprocating motion for certain cycle number.

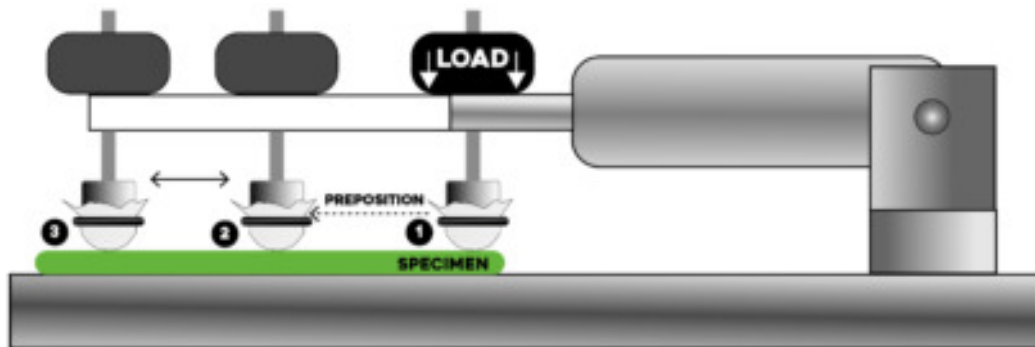


Figure 6 – Sketch of a suitable test apparatus for dynamic abrasion testing
(SOURCE: Innowep GmbH)

5.7 Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

5.7.1 Disinfection by soft chemo-mechanical cleaning

Test apparatus for testing the durability with disinfection liquids shall be analog to the one in 5.1, as seen in Figure 3.

5.7.2 Disinfection by radiation

A suitable test apparatus for disinfection by radiation shall be able to generate continuous spectral irradiance in the range of 2.0 mW/cm^2 to 6.0 mW/cm^2 at a wavelength of 254 nm. The device shall provide safety features to protect the user against UVC light leaks such as appropriate gaskets and irradiance calibration access ports. Since it is not practical to monitor the surface temperature of individual test specimens, a specified black-panel sensor shall be used to measure and control the temperature within the exposure chamber.

5.8 Ageing test: Humidity, temperature, chemicals and radiation

Testing shall be simulated with a climatic test chamber, weathering or lightfastness device containing an optically filtered xenon lamp with a controlled irradiance in the wavelength range of 300 nm to 400 nm. The irradiance shall simulate global radiation. The spectral irradiance as well as the irradiance and temperature uniformity requirements shall follow DIN EN ISO 4892-1 and DIN EN ISO 4892-2 specifications. Samples shall be periodically repositioned during a test to optimize a uniform exposure. Furthermore, the chamber and black standard temperature and the relative humidity inside the chamber shall be measured and controlled.

For the chemical robustness test, any container which is not dissolved by the testing liquid and big enough to handle the sample size can be used.

5.9 Haptics test

A suitable test apparatus shall be able to measure with a tactile test tip the surface structures, deformations and dynamic microfriction between the test tip and the surface within the same measuring range and a similar setup. The height resolution in the z-axis shall be $< 100 \text{ nm}$. A suitable device is shown in Figure 7.

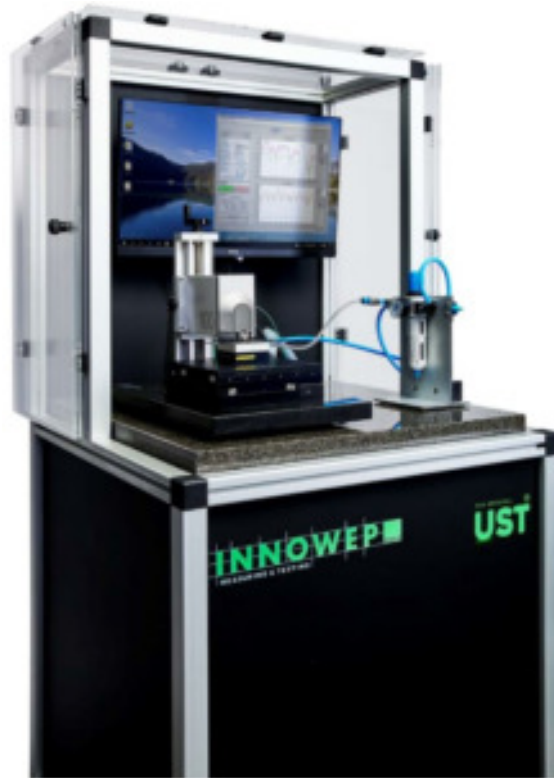


Figure 7 – Suitable test apparatus for the haptics test (SOURCE: Innowep GmbH)

On non-transparent surfaces, e.g. the bezel, frame or functional buttons, an additional optical test apparatus is suitable. The apparatus shall be able to optically measure 3D topography by shape-from-shading method and visual impression with a lateral resolution below $5\ \mu\text{m}$ and a measurement area of at least $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm}$. An example of a suitable device is shown in Figure 8.

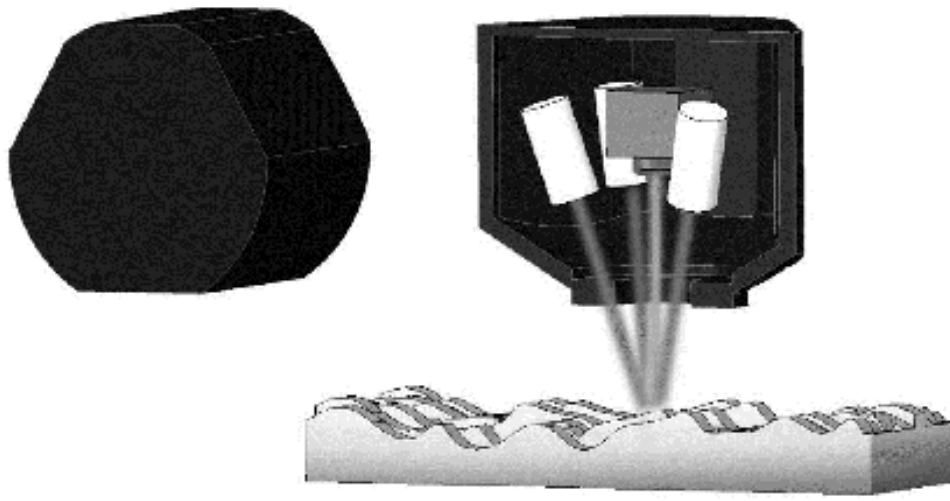


Figure 8 – Suitable optical test device for haptic evaluation

6 Test parameter

6.1 Standard environmental conditions

All measurements should be carried out under standard environmental conditions as follows:

- temperature: $23\ \text{°C} \pm 3\ \text{°C}$
- relative humidity: $50\ \% \pm 10\ \%$
- atmospheric pressure: 86 kPa to 106 kPa

When different environmental conditions are used, they shall be noted in the test report.

6.2 Sample preparation

The tests should be performed on a final product, including housing of the display if possible.

Prior to the test, the samples shall be conditioned for 24 hours under standard environmental conditions (see 6.1).

Before performing any test, the samples shall be cleaned without applying pressure using a standardized microfiber cloth (Art.-nr: ABR-2053-02) wetted with laboratory rinsing agent (30 % solution of isopropyl alcohol in purified water) or other suitable cleaning media. The cloth shall only be used once.

6.3 Suggested Testing Conditions

6.3.1 Soft chemo-mechanical touch, swipe, zoom surface deterioration and abrasion

Table 1 – Test parameters for soft chemo-mechanical touch abrasion

Parameter	Value
Friction path	4 mm ± 0.4 mm
Load	3.5 N ± 0.35 N
Test velocity	6 cm/s ± 0.5 cm/s
Test piston diameter	20 mm
Test fabric	Sebum wool fabric
Fabric feed	6 mm (± 0.6 s) / 250 test cycles
Test media	Artificial sweat solution, pH 6.5 or dry condition
Test liquid feed	0.5 ml (± 0.5 s) / 250 test cycles
Air blow off	1 s / 250 test cycles
Number of strokes	See Annex A

Table 2 – Test parameters for soft chemo-mechanical Swipe abrasion

Parameter	Value
Friction path	20 mm ± 2 mm
Load	2 N ± 0.2 N
Test velocity	20 cm/s ± 2.0 cm/s
Test piston diameter	20 mm
Test fabric	Sebum wool fabric
Fabric feed	6 mm (\pm 0.6 s) / 250 test cycles
Test media	Artificial sweat solution, pH 6.5 or dry condition
Test liquid feed	0.5 ml (\pm 0.5 s) / 250 test cycles
Air blow off	1 s / 250 test cycles
Number of strokes	See Annex A

Table 3 – Test parameters for soft chemo-mechanical Zoom abrasion

Parameter	Value
Friction path	20 mm ± 2 mm
Load	2 N ± 0.2 N
Test velocity	6 cm/s ± 0.5 cm/s
Test piston diameter	20 mm
Test fabric	Sebum wool fabric
Fabric feed	6 mm (\pm 0.6 s) / 250 test cycles
Test media	Artificial sweat solution, pH 6.5 or dry condition
Test liquid feed	0.5 ml (\pm 0.5 s) / 250 test cycles
Air blow off	1 s / 250 test cycles
Number of strokes	See Annex A

6.3.2 Particle abrasion caused by sand, dust, carbon black or soiling

Table 4 – Test parameters for soft chemo-mechanical particle abrasion

Parameter	Value
Friction path	20 mm ± 2 mm
Load	2 N ± 0.2 N
Test velocity	6 cm/s ± 0.5 cm/s
Test piston diameter	20 mm
Test fabric	Sand abrasion fabric carbon black fabric Standard cotton soiling textile fine
Fabric feed	6 mm (\cong 0.6 s) / 250 test cycles
Test fluid	dry condition
Air blow off	1 s / 250 test cycles
Number of strokes	See Annex A

6.3.3 Soiling behavior and fingerprint affinity

Table 5 – Test parameters for contamination/fingerprint affinity tests

Parameter	Value
Test force ¹	40.0 N ± 4.0 N
Test velocity ¹	40 mm/min ± 1 mm/min
Pressing duration ¹	5.0 s ± 0.5 s
Silicone stamp	40 mm diameter silicone stamp with grooves
Interim test pad	Standardized microfiber pads
Test medium	Standardized sebum Standardized soiled sebum
¹ Used for both – application of the test medium to the stamp and transfer of the test medium from the stamp to the sample.	

6.3.4 Easy-to-clean and anti-fouling evaluation

Table 6 – Test parameter for cleanability testing

Parameter	Value
Test cleaning cycles	10
Friction path	40 mm ± 4 mm
Load	10.0 N ± 1.0 N
Test speed	6 cm/s ± 0.5 cm/s
Cleaning piston	20 mm diameter
Cleaning fabric	Standardized microfiber pad
Test medium	Dry
Air blow off	1 s / cycle
Evaluation	After each cycle

6.3.5 Human physiology based dynamic scratch and mar testing

Table 7 – Test parameter for human physiology based dynamic scratch testing

Parameter	Value
Test length	50 mm to 100 mm
Load	5 N ± 0.5 N
Test velocity	70 cm/s ± 5 cm/s
Test tip	PMMA-Wheel Leather-Wheel Scratch tip, steel cone
Motion type	Cyclic, unidirectional
Number of cycles	See Annex A

6.3.6 Dynamic abrasion and wear testing

Table 8 – Test parameter for human physiology based dynamic scratch testing

Parameter	Value
Test length	50 mm ± 5 mm
Load	5 N ± 0.5 N
Test velocity	20 cm/s ± 2 cm/s
Pause after each movement	0.5 s
Air blow off	1 s / 10 test cycles
Test tip	Standard abrasive rubber test piston black Fingernail scraping test
Motion type	Reciprocating, bidirectional
Number of cycles	See Annex A

6.3.7 Disinfection testing: Liquid disinfectants and UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

6.3.7.1 Disinfection by soft chemo-mechanical cleaning

Table 9 – Test parameter for soft chemo-mechanical disinfection testing

Parameter	Value
Friction path	10 mm ± 1 mm
Load	3.5 N ± 0.35 N
Test velocity	6 cm/s ± 0.5 cm/s
Test piston diameter	20 mm
Test fabric	Sebum wool fabric
Fabric feed	6 mm (\pm 0.6 s) / 250 test cycles
Test fluid	Disinfection liquid acc. to WHO, see Annex D
Fluid feed	0.5 ml (\pm 0.5 s) / 250 test cycles or applied manually every / 250 test cycles
Number of strokes	See Annex A

6.3.7.2 Disinfection by radiation

Table 10 – Test parameter for disinfection testing UVGI at 254 nm

Parameter	Value
Irradiance (@254nm)	2.0 mW/cm ² ± 0.2 mW/cm ²
Black panel temperature	63 °C ± 3 °C
Test duration	See Annex A

The irradiance can be chosen higher if the test duration is reduced correspondingly.

6.3.8 Ageing test: humidity, temperature, chemicals and radiation

Ageing tests should be conducted with parameters according to the real environment und application of usage of the sample. They should be chosen in a way to simulate a typical lifetime of the product.

Table 11 – Test parameter exposure to laboratory light sources (ref DIN EN ISO 4892-2, method B cycle 2) using insulated black standard sensor

Parameter	Value
Irradiance (300 nm to 400 nm)	5.0 mW/cm ² ± 0.2 mW/cm ²
Black standard temperature	65 °C ± 3 °C
Test chamber temperature	38 °C ± 3 °C
Relative humidity	50 % ± 10 %
Test duration	See Annex A

Typical test durations for robustness of aggression to solvents or other chemicals, as well as the used liquids itself, depend on the realistic use case of the sample and should be chosen accordingly.

6.3.9 Haptics test

Since haptics cannot be measured with one single test, different aspects will be tested separately.

Table 12 – Test parameters for determining the surface structure and deformation of the sample

Parameter	Value
Module	2D deformation measurement
Test tip	90° diamond cone
Minimal load	1 mN
Test load	10 mN
Test distance	20 mm
Test velocity	0.3 mm/s

Table 13 – Test parameters for determining the felt microfriction between the finger and the sample

Parameter	Value
Module	Dynamic microfriction measurement
Test tip	Standardized leather tip
Minimal load	1 mN
Test load	80 mN
Test distance	5 mm
Test velocity	0.1 mm/s

For the optical method for haptic analysis, the roughness value Ra [μm], acquired by shape-from-shading measurement and the particle density Pa [%] shall be put in respect to each other and compared to the values given in the test parameters.

7 Evaluation

7.1 Evaluation and documentation interval

Proper documentation and evaluation procedures shall be conducted before and after the test. For some tests intermediate evaluation is also recommended. Depending on the test, different evaluation methods can be used. In general, there are two methods mainly used for characterization: Visual inspection and water contact angle measurement. The recommended methods are not meant to be exclusive, for different applications other methods can be used to gather additional data. For example, damage on the housing can be evaluated with an optical Profilometer (see 7.2.4) or scratches can be analyzed with a tactile measurement (see 7.2.5). See the respective suggested test parameters and Annex A for details.

7.1.1 Initial evaluation

Before any test, a homogeneity analysis by WCA (water contact angle) method shall be performed on coated samples to make sure the coating is homogeneous. This test consists of at least 20 droplets depending on sample size, spread across the surface of the sample. For the measured WCA the deviation is to be evaluated. This helps to identify coating homogeneity and to define a testing area with constant properties on the display sample.

Depending on the test, the respective suggested evaluation methods shall be used. If not mentioned otherwise the sample shall be cleaned according to 6.2 beforehand.

7.1.2 Cyclical intermediate evaluation

Depending on the test, intermediate analysis of the sample can be suggested. If possible, this evaluation should be done without unmounting the sample or it should be made sure to continue on the same test position by additional means e.g. an angle limit stop for correct positioning.

7.1.3 Final evaluation

After the test, the respective suggested evaluation methods shall be used. If not mentioned otherwise the sample should be cleaned according to 6.2 beforehand and testing should be conducted on the same spot as the initial evaluation.

7.2 Evaluation methods

7.2.1 Visual evaluation

The sample shall first be cleaned according to 6.2. Evaluation takes place under a standardized and specified illumination source (for example D65, illumination source with a correlated colour temperature CCT of 6,500 K). Starting from a frontal viewing point, the viewing direction is varied until a maximum contrast can be recognized and documented.

7.2.2 Water contact angle measurement

A quantitative method to evaluate the display coating is measuring the contact angle or optional the surface free energy (SFE) with its polar and dispersive parts. For the evaluation of the contact angle, any commercially available CA device with XY-table and reproducible sample positioning function. Prior to the evaluation the sample shall be cleaned according to 6.2.

To determine the SFE at least two different test media shall be used, for example Diiodomethane and distilled water. The test media is applied dropwise to the display sample surface by means of a syringe equidistantly and linearly along the friction path. The drops are recorded by a camera system. In the images, the contact angle is measured at the points of intersection of the drop outline with the sample surface. At least 3 continuous drops of the selected test media shall be implemented on the friction path for the contact angle measurement. At first the contact angle for water shall be measured on the center line of the friction path. After a cleaning step according to 6.2 the contact angle for the other media, for example Diiodomethane, can be measured on the center line of the friction path.

The SFE can be calculated according to the model of Owens, Wendt, Rabel and Kaelble (OWRK) and divided into a polar and a dispersive part. The polar part of the SFE gives you an information about the hydrophobicity, while the dispersive part of the SFE gives you an info about the hydrophilicity of the surface.



Figure 9 – Contact angle measurement device (SOURCE: Innowep GmbH)

7.2.3 Optical measurements

The **visual appearance** of technical devices like, for example, smartphones, is an important aspect of the general domain of user experience and satisfaction.

Repeated use of devices that are equipped with combinations of an electronic visual display with a touch-sensitive entry screen (aka touchscreen) can introduce wear by abrasion and thus modify the surface (most relevant: front surface of the device, often named cover glass or cover lens) and induce changes of the visual appearance of the product. Display screens with an initially glossy surface may turn matte and dull at certain locations by repeated touches and swipes while initially matte surfaces may lose their scattering anti-glare properties at certain locations and thus produce an unfavorable spotted and stained visual appearance.

An important aspect for characterizing product durability and expected period of acceptance by the user is thus the visual appearance of the combination of display and touchscreen (DTS) and the variations and changes it undergoes with thousands or millions of finger touches and swipes as caused by repeated use.

The effect of localized mechanical stress on the visual appearance of the combination of electronic visual display and touch-sensitive entry device (aka touchscreen) should be evaluated considering two main aspects:

1. the **appearance of the surface** of the combination of display and touchscreen (DTS) as perceived by reflection of light sources. Since the process of reflection and the resulting directional distribution of reflected light is very sensitive to slightest modifications of the surface properties, reflection measurements are a suitable probe for surface properties and their modifications [6][7].
2. the **quality and appearance of the visual information intended to be presented to the observer**. All optical components that are in between the subpixels that produce visual information by transmission or emission of light and the observer should have an unnoticeable effect on both

the lateral resolution of the visual information and on its directional distribution. That lateral resolution is often called image *sharpness* or *distinctness* of image (e.g. ASTM D5767).

All optical measurements shall be designed in such a way that they can be carried out without the need for disassembling the electronic device under test (DUT). The measurements must be selected according to the required significance, their applicability in industrial environments, to their robustness and repeatability.

7.2.3.1 Measurement of reflected light

The most comprehensive characterization of reflectance of opaque surfaces is given by the **BRDF** (bidirectional reflectance distribution function) [8]. The BRDF is a function of the direction of incident and received light, of wavelength and polarization state of the light. Measurement of the BRDF requires either bulky motorized directional scanning mechanisms, complex lens and/or mirror systems, or, alternatively, they can be based on the analysis of the lateral distribution of scattered light, i.e. the spread-function of a point or line light source [2]. The latter approach is well suited for industrial use and well established for characterization of the scattering characteristics of anti-glare (AG) layers for display devices. The method does not require motorized scanning and is robust since it always includes the light source in each measurement. In addition, it provides a high directional resolution, typically in the range of 0.1° and higher [3][4].

7.2.3.2 Measurement of transmitted light

The most comprehensive characterization of the scattering properties of transmissive layers is given by the **BTDF** (bidirectional transmittance distribution function). The BTDF is a function of the direction of incident and received light, of wavelength and polarization state of the light. Measurement of the BTDF requires either bulky motorized directional scanning mechanisms, complex lens and/or mirror systems, or, alternatively, they can be based on the analysis of the lateral distribution of scattered light, i.e., the spread-function of a point or line light source [4]. The latter approach is well suited for industrial use and well established for characterization of the scattering characteristics of anti-glare (AG) layers for display devices. The method does not require motorized scanning and is robust since it always includes the light source in each measurement. In addition, it provides a high directional resolution, typically in the range of 0.1° and higher [5][6].

Since these methods require a point or line light source to be present **behind** the layer to be characterized, they are not applicable to inseparable combinations of display and touchscreen.

A simple and robust method for characterization of the blurring effect of scattering layers can be obtained by direct evaluation of the *contrast transfer function* (CTF) with the display itself forming the test and reference pattern (pixel-line grille, horizontal and vertical), [5].

The *modulation transfer function* (MTF) of scattering surfaces can be obtained directly by Fourier transformation from the respective directional distribution functions, BRDF and BTDF.

7.2.4 Topographical documentation

A visual documentation and a 3D topographical analysis can be achieved by this method, see Figure 10. This method can be used to quickly scan, quantify and document surfaces of and damages on printings, buttons or frames. For the characterization of transparent displays and coatings the optical and contact angle analysis shall be used.

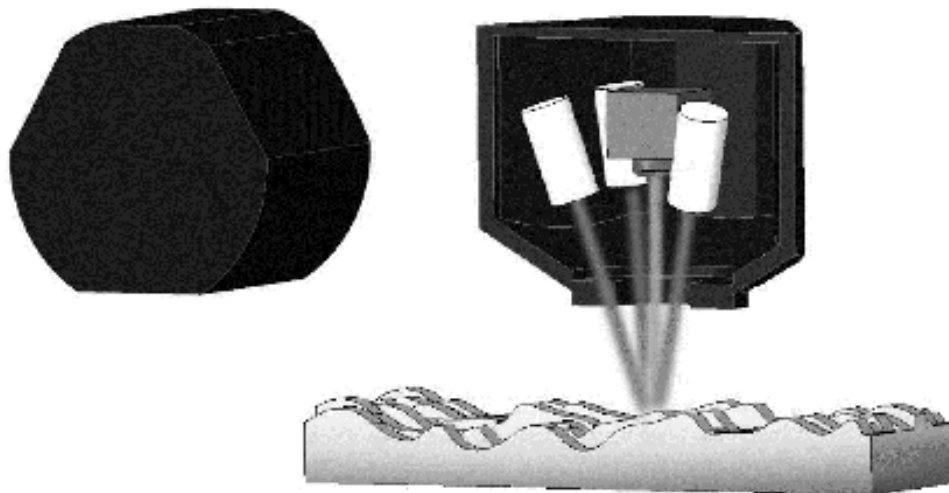


Figure 10 – Sketch of a suitable testing device for 3D topographical analysis

7.2.5 Tactile documentation

Scratches or changes in the surface topography can be documented with a tactile measurement on the respective sample position. Since this is a destructive form of testing, this should only be conducted after the final test duration is reached. A suitable device shall be able to document the surface topography with a z-resolution below 100 nm. A test apparatus for this type of evaluation is shown in Figure 11.



Figure 11 – Universal Surface Tester UST® for tactile analysis of surface topography and local deformation properties (SOURCE: Innowep GmbH)

7.2.6 Metrological assessment

The metrological evaluation for the fingerprint is done with a dedicated system to evaluate the area percentage of the covered area. The system shall consist of: imaging device, isolated illumination

setup and evaluation software. The camera shall record the fingerprint on the surface under a viewing angle of 90°. The illumination sources shall be placed in such a way that the fingerprint is homogeneously lit but no specular reflections cover parts of the fingerprint from the view of the camera.

7.2.6.1 Dirt and fingerprint affinity

The fingerprint/dirt affinity is evaluated by only selecting the area with media (e.g. circle of 40 mm diameter) and measuring the ratio of contaminated / uncontaminated part in the analysis software suite.

7.2.6.2 Easy-to-clean- and anti-fouling-evaluation

To evaluate the cleanability, only the cleaned stripe in the middle of the fingerprint is evaluated. Therefore, the area is selected on the fifth cleaning step and mapped on all other cleaning steps in the analysis software suite. The ratio of contaminated to cleaned area is analysed for this area and normalized for the uncleaned stripe.

8 Relevant information to be given in the test report

The test report shall contain at least the information listed in the table below, to allow for a traceable and comparable result.

Table 14 – Relevant information to be given in the test report

Row	Information	To be filled out with
A	Customer	Name and address
B	Test laboratory	Name and address
C	Test person	Name
D	Date of test	Yyyy-mm-dd
E	Type of test(s)	1), 2), ... 7)
F	Purpose of test	Development, QM etc.
G	Designation of test laboratory technique (instruction)	Number and edition
H	Designation of test apparatus	Manufacturer, designation of model, device number, etc.
I	Designation of consumables used	Unique identifier of piston, textile; used media,
J	Description of test specimen	Figure, amount, construction level
K	Test parameters	All parameter and their values used as listed in clause 6
L	Test conditions	Temperature; LF %relative Humidity
M	Pre-treatment	Type of pre-treatment
N	Initial evaluation	Evaluation method(s) used
O	Intermediate evaluation	Evaluation method(s) used
P	Final evaluation	Evaluation method(s) used
Q	Summary	Test result

Annex A

Typical parameters for the suggested test conditions

Table 15 – Typical test parameter for soft chemo-mechanical touch, swipe zoom testing

Motion type	Test stamp size (acc. to Table 23)	Test fabric	Test liquid	Cycles	Evaluation
Touch	2	Sebum wool	Dry	4,000	WCA every 1,000
	2	Sebum wool	Artificial sweat pH 6.5	1,000	WCA every 250
Swipe	2	Sebum wool	Dry	4,000	WCA every 1,000
	2	Sebum wool	Artificial sweat pH 6.5	1,000	WCA every 250
Zoom	2	Sebum wool	Dry	4,000	WCA every 1,000
	2	Sebum wool	Artificial sweat pH 6.5	1,000	WCA every 250

Table 16 – Typical test parameter for particle abrasion testing on displays

Test	Test stamp size (acc. to Table 23)	Test fabric	Test liquid	Cycles	Evaluation
Particle abrasion	2	Sand abrasion fabric	dry	10,000	visual every 1,000
	2	carbon black fabric	Dry	10,000	Visual every 1,000

Table 17 – Typical test parameter for easy-to-clean and anti-fouling evaluation

Test	Test stamp size (acc. to Table 23)	Test fabric	Test liquid	Cycles	Eva-luation
Easy-to-clean	2	Microfiber pad	dry	10 / 20	visual every cycle

Table 18 – Typical test parameter for dynamic scratch testing

Test	Test tip	Test velocity cm/s	Test load N	Cycles	Eva-luation
Dynamic scratch and mar	PMMA-Wheel	20	5	1	visual
	Leather-Wheel	70	5, 10, 15, 20	1	visual
	Scratch tip, steel cone	20, 70, 120, 150	5	1	visual

Table 19 – Typical test parameter for dynamic abrasion

Test	Test tip	Test velocity cm/s	Test load N	Cycles	Eva-luation
Dynamic abrasion and wear	Fingernail scraping test tip	20	5	100 to 1,000	visual
	Scratch tip, steel cone	20	5	10	visual
	Abrasive test piston Shoesole black	20	5, 10	100 to 1,000	visual

Table 20 – Typical test parameter for disinfection testing by soft chemo-mechanical cleaning

Test	Test stamp size (acc. to Table 23)	Test fabric	Test liquid	Cycles	Eva-luation
Disinfection testing: Liquid disinfectants	2	Sebum wool	Disinfection liquids according to WHO	1,000	WCA every 250

Table 21 – Typical test parameter for disinfection testing by radiation

Test	Irradiance mW/cm ²	Test duration h
Disinfection testing: UVGI devices (Ultraviolet Germicidal Irradiation)	2.0	500

**Table 22 – Typical test parameter for indoor lightfastness testing
(ref DIN EN ISO 4892-2, method B cycle 2)**

Test	Irradiance mW/cm ²	Test duration h
Ageing test	5.0	1,000

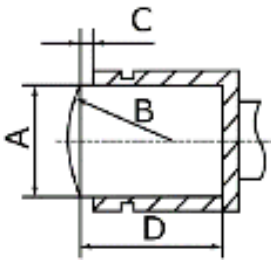
Annex B

Test piston sizes for abrasion testing

The test piston for soft chemo-mechanical abrasion shall be picked according to the suggested test parameter. If due to sample geometry or field of application a different size is more suited for testing, it has to be picked from the ones listed in the following Table 23. Any piston used for testing shall be tested for its qualification as a dynamic abrader by the manufacturer. This includes but is not limited to measurement of the Shore-A hardness and deformation behaviour under load.

Table 23 – Common test piston sizes and their dimensions used for testing

Size	Dimensions mm			
	A 0/-0.50	B ±1.0	C ±0.50	D 0/-0.50
1	10	20	1	32
2	20	20	3	35
3	30	20	2	32



The technical drawing shows a cross-section of a test piston. It is a cylindrical component with a central bore. Dimension A is the diameter of the bore. Dimension B is the diameter of the piston's outer body. Dimension C is the diameter of a small hole or groove on the top surface. Dimension D is the diameter of the piston's base.

Annex C

Textile variants

The textile for soft chemo-mechanical abrasion testing shall be picked according to the suggested test parameter. If due to field of application or environment of use a different textile is more suited for testing, it should be picked from the ones listed in the following. Any textile used for testing shall be tested for its qualification as a dynamic abrasive by the manufacturer. This includes but is not limited to optical measurement of topography and lacuna area.

Suitable textiles for testing resistance against hand abrasion, are:

- a) standard fine wool fabric
- b) standard wool fabric according to DIN EN ISO 12947-1
- c) soiling textile rough according to DIN EN 60456 (VDE 0705-456)
- d) soiling textile fine
- e) sebum wool
- f) sebum cotton
- g) wool felt H1
- h) denim textile according to DIN EN ISO 105-D01:2010-10
- i) abrasion pad S1000 high abrasive
- j) abrasion pad MS1000 high abrasive
- k) abrasion pad M44 scour stressing
- l) microfiber pad

Annex D Disinfection Formulation

Table 24 – Formulations for disinfection according to WHO¹

Formulation 1	Volume	Final concentration
Ethanol 96 %	8333 ml	80 %
Hydrogen peroxide 3 %	417 ml	1.45 %
Glycerol 98 %	145 ml	0.125 %

Formulation 2	Volume	Final concentration
Isopropyl alcohol 96 %	7515 ml	75 %
Hydrogen peroxide 3 %	417 ml	1.45 %
Glycerol 98 %	145 ml	0.125 %

¹ <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1277325/retrieve>. Accessed 30.03.21

Annex E

Historical Summary

The principle of the so called soft-chemo-mechanical finger abrasion is based on the historical IEC 60068-2-70 standard generated in the year 1995. A technical revolution of those days demanded for a standard for durability testing: the telephone with a dial disc was replaced by one with push buttons which have been labeled or marked with numbers and letters. People learned fast that the classical slow motion and constant speed electrical abrasion testers did not simulate the real abrasion load by the impact and rubbing motion of the fingertip on such an electrical push button device. In order to understand this human fingertip interaction on this plastic bottom switch surface and to find a proper way to simulate that in a lab, a task force headed by Professor Dr. Bögel from the University of applied Sciences in Darmstadt was founded. With the support of some medical university institutes the human physiological motion and its impact on the push button could be understood.

Using this knowledge of this human physiological motion scenario a method for lab simulation was created and put into a standard. This standard was first introduced as a German standard and eventually was transferred into an international IEC standard. Now the foundation for worldwide comparable testing of electrical push buttons on telephones against hand operation and the characterization of the durability of such a device including material, coating, printing, and marking on top of was laid.

The IEC standard describes an impact scenario with a clear angle of surface attack, a viscoelastic surface contact/load element representing material property and geometrical aspect of the fingertip and a running path of 4 mm. It was learned that this motion is a combined motion and not a linear constant speed motion, the whole dynamic scenario was given in frequencies. The real load of the fingertip interacting with an electrical switch button device was researched and identified as 3.5 N. However, the test load in this IEC standard was set to 5 N: "just to be on the safe side".

An abrasion textile found from the so-called Martindale abrasion standard (DIN EN ISO 12947-1) which was placed between the piston and the electrical switch button in order to simulate the human skin microstructure off the human hand. This textile becomes the direct operator that means kind of a sandpaper on the surface while the piston itself is just the transfer element of the load onto the textile and by this onto the electrical push button. This textile itself was the only one available and suitable at that time for this task. Today, much more suitable textiles untreated or loaded with fat, soiling or other media are available to simulate the real-life condition on such a product in a much more discrete and reproduceable way.

Some decades later the touch display was invented and of course by the state of the art it became obvious that this IEC standard is not suitable for touch display surface durability testing.

Human physiological motions paths, load scenarios, different types of abrasion textiles, textile motion cycles, blowing off debris particles in between abrasion interaction, need be clarified and specified in order to simulate the use of a touch display as close to reality covering most aspects of the state of the art, fulfilling the needs of the industry and universities in a simple and affordable way. It was also learned and demonstrated that electrical drive system with constant speed do not simulate the motion of the human finger and its effect on the surface in an appropriate fashion. Instead, a simple, cost effective pneumatic piston can be used as a driving mechanism simulating the real viscoelastic human fingertip motion by following the state of the art in the technical best way.

Bibliography

- [1] Andrikopoulos, G., & Nikolakopoulos, G. (2018). HUMANOID ROBOTIC LEG VIA PNEUMATIC MUSCLE ACTUATORS: IMPLEMENTATION AND CONTROL. *Meccanica*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11012-017-0738-6>
- [2] Becker, M. E. (2005). Measurement and evaluation of display scattering. *JSID*(1).
- [3] Becker, M. E. (2016). High-Resolution Scatter Analysis of Anti-Glare Layer Reflection. *SID Digest*, S. 368-371.
- [4] Becker, M. E., Fink, T., & Krüger, U. (2016). Image Blurring Induced by Scattering Anti-Glare Layers. *SID Digest*, S. 372-375.
- [5] Deimel, R., Radke, M., & Brock, O. (2016). Mass Control of Pneumatic Soft Continuum Actuators with Commodity Components. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, S. 774-779. doi:10.1109/IROS.2016.7759139.
- [6] Harvey, J. E. (2011). Linear systems formulation of scattering theory for rough surfaces with arbitrary incident and scattering angles. *JOSA*(6), S. 1121-1138.
- [7] Harvey, J. E. (2012). Total integrated scatter from surfaces with arbitrary roughness, correlation widths, and incident angles. *Optical Engineering*(1), S. 1-11. von <https://stars.library.ucf.edu/facultybib2010/2723> abgerufen
- [8] Kelley, E. (1998). Display Reflectance Model Based on the BRDF. *Displays*.
- [9] Mori, S., Tanaka, K., Nishikawa, S., Niiyama, R., & Kuniyoshi, Y. (2019). High-Speed Humanoid Robot Arm for Badminton Using Pneumatic-Electric Hybrid Actuators. *IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS*, 4(4), S. 3601-3608.
- [10] Noritsugu, T. (2005). Pneumatic Soft Actuator for Human Assist Technology. *Proceedings of the 6th JFPS International*.
- [11] Senac, T., Lelevé, A., Moreau, R., Novales, C., Nouaille, L., Pham, M., & Vieyres, P. (2019). A Review of Pneumatic Actuators Used for the Design of Medical Simulators and Medical Tools. *Multimodal Technologies and Interaction*, MDPI.
- [12] Song, K., Kim, S. H., Jin, S., Kim, S., Lee, S., Kim, J.-S., . . . Cha, Y. (2019). Pneumatic actuator and flexible piezoelectric sensor for soft virtual reality glove system. *Scientific Reports*, 9(1), S. 2045-2322. doi:10.1038/s41598-019-45422-6
- [13] Xu, Z., Bai, Y., Ni, R., Yang, N., Sun, Y., & Qi, P. (2018). Anthropomorphic Soft Pneumatic Fingers Towards Full Dexterity of Human Hand. *IEEE-RAS 18th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, 386. doi:10.1109/HUMANOIDS.2018.8625023

ASTM, *International Standards on Color and Appearance Measurement: 8th Edition*

ASTM D1044, *Standard Test Method for Resistance of Transparent Plastics to Surface Abrasion*

ASTM D1003, *Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics*

ASTM D3928, *Test Method for Evaluation of Gloss or Sheen Uniformity*

ASTM D4039, *Test Method for Reflection Haze of High-Gloss Surfaces*

ASTM D523, *Test Method for Specular Gloss*

ASTM D5767, *Test Methods for Instrumental Measurement of Distinctness-of-image Gloss of Coating Surfaces*

DFF Top Surface Durability Spec V1.0, Abschnitt I: Touch, Swipe, Zoom

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe - Normalklimate für Konditionierung und Prüfung*

IEC 60068-2-70, *Environmental testing - Part 2: Tests - Test Xb: Abrasion of markings and letterings caused by rubbing of fingers and hands*

IEC 63211-3-5, *Durability test methods for electronic displays - Part 3-5: Mechanical tests - Surface durability*

SAE J 2412, *Accelerated Exposure of Automotive Interior Trim Components Using a Controlled Irradiance Xenon-Arc Apparatus*

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e. V.
Stresemannallee 15
60596 Frankfurt

Tel. +49 69 6308-0
service@vde.com
www.vde.com

VDE