ECSS-Q-70-13A
30. Juli 1999

Raumfahrt-produktsicherung

Ermittlung der Schäl- und Abziehfestigkeit von Überzügen und Oberflächenbehandlungen unter Anwendung von Haftklebestreifen

DLR
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

ECSS-Q-70-13A
30. Juli 1999

Raumfahrt-produktsicherung

Ermittlung der Schäl- und Abziehfestigkeit von Überzügen und Oberflächenbehandlungen unter Anwendung von Haftklebestreifen

DLR
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Deutsche Übersetzung

Herausgeber	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
	Qualitäts- und Produktsicherung Nationales ECSS-Sekretariat
Anschrift	Porz-Wahnheide Linder Höhe D-51147 Köln
Technische Bearbeitung	Dr.-Ing. Andreas K. Jain
Telefon	(0 22 03) 6 01 – 29 54
Telefax	(0 22 03) 6 01 - 32 35
E-Mail	Andreas.Jain@dlr.de
Preis	15 €

Englische Originalausgabe

Herausgeber	ESA Publications Division ESTEC, Postfach 299 2200AG Noordwijk Niederlande

Copyright 1999 ©: European Space Agency für die Mitglieder von ECSS

Vorwort

Diese Norm gehört zu einer Reihe von ECSS-Normen, die sich auf das Management, die Technik (Engineering) und die Produktsicherung bei Projekten und Anwendungen der Raumfahrt beziehen. ECSS ist ein Gremium, in dem die Europäische Raumfahrtagentur ESA, nationale Raumfahrtagenturen sowie europäische Industrieverbände mit dem Ziel zusammenarbeiten, einheitliche Normen zu erstellen und zu pflegen.

Diese Norm legt Anforderungen in Form von Zielen fest, die zu erreichen sind, und nicht in Bezug auf die Organisation und Durchführung der erforderlichen Arbeiten. Dies ermöglicht es, bewährte Organisationsstrukturen und -verfahren beizubehalten und erlaubt gleichzeitig deren Weiterentwicklung, ohne dass die Normen überarbeitet werden müssen.

Bei der Erarbeitung dieser Norm wurde die Normenreihe ISO 9000 berücksichtigt.

Diese Norm wurde auf der Basis des ESA-Dokuments PSS-01-713 erstellt, vom Technischen Ausschuss der ECSS geprüft und vom ECSS-Lenkungsgremium verabschiedet.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort ..... **i**

Einleitung **1**

1 Anwendungsbereich **3**

2 Normative Verweisungen **5**

3 Begriffe und Abkürzungen **7**
3.1 Begriffe 7
3.2 Abkürzungen 7

4 Vorbereitung **9**
4.1 Risiken, Gesundheitsschutz- und Sicherheitsvorkehrungen 9
4.2 Probenvorbereitung 9
4.3 Prüfanlage 10
4.4 Ausrüstung 10

5 Durchführung **13**
5.1 Allgemeines 13
5.2 Vorbereitung 13
5.3 Schäl- und Abziehversuch 13
5.4 Behandlung und Verpackung von geprüften Proben 14

6 Annahmekriterien **15**

7 Qualitätssicherung **17**
7.1 Allgemeines 17
7.2 Aufzeichnungen 17
7.3 Nicht-Konformität 17
7.4 Kalibrierung 18
7.5 Rückverfolgbarkeit 18

Anhang A (informativ) **Muster für Prüfbericht** **19**

Bilder

Bild 1 – Einspannung der Proben für den Zugversuch (Seitenansicht) 12

Bild 2 – Ablaufdiagramm für den Schäl- und Abziehversuch 14

Bild 3 – Schematische Darstellung eines beschichteten Trägermaterials mit verschiedenartigen Bruchstellen in Abhängigkeit von der schwächsten Schicht 16

Einleitung

Beschichtungen, z.B. Anstriche zur Thermalregelung und Korrosionsschutzüberzüge, sind sowohl am Boden als auch nach dem Start eines Raumfahrzeugs Umwelteinflüssen ausgesetzt. Es ist deshalb von besonderer Bedeutung, dass das Haftvermögen der Beschichtung auf dem zugehörigen Trägermaterial nach der Belastung durch die betreffende Umgebungsbedingung erhalten bleibt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt ein Prüfverfahren fest, bei dem mit Haftklebestreifen die Eignung von z. B. Überzügen, Anstrichen, dünnen Beschichtungen und anderen dünnen Materialien, die zur Anwendung in Raumfahrzeugen und zugehöriger Ausrüstung vorgesehen sind, bewertet wird.

Folgende Materialien und Verbindungen können mit dieser Testmethode untersucht werden:

- organische Beschichtungen (z. B. Lacke, Anstriche und Kunststoffüberzüge);
- metallische Überzüge, z. B. auf Leiterplatten, Zweitflächenspiegeln, Temperaturstrahlern und metallisierten Kunststofffolien;
- Klebverbindungen;
- Dünnschichtverbundstoffe;
- kleine Baugruppen (z. B. Solarzellen mit Glasdeckeln).

2 Normative Verweisungen

Diese ECSS-Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser ECSS-Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

ECSS-P-001	ECSS-Glossar
ECSS-Q-20	Raumfahrtproduktsicherung – Qualitätssicherung
ECSS-Q-20-09	Raumfahrtproduktsicherung – Nichtkonformitäts-Kontrollsystem
ECSS-Q-40	Raumfahrtproduktsicherung – Sicherheit.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gilt neben den Begriffen nach ECSS-P-001 und ECSS-Q-70 folgender Begriff.

Charge

Die in einem Arbeitsvorgang hergestellte Menge.

ANMERKUNG: Eine Charge kann in mehrere Lose unterteilt werden.

3.2 Abkürzungen

In dieser Norm wird folgende Abkürzung verwendet.

Abkürzung		**Bedeutung**
RH	(relative humidity)	relative Luftfeuchte.

4 Vorbereitung

4.1 Risiken, Gesundheitsschutz- und Sicherheitsvorkehrungen

Für die Ermittlung, Behandlung und Verarbeitung von risikobehafteten Materialien und Teilen gilt ECSS-Q-40. Besondere Gesundheitsschutz- und Sicherheitsvorkehrungen sind zu beachten, um die Gefährdung von Personal, Ausrüstung und Materialien zu kontrollieren und möglichst gering zu halten.

4.2 Probenvorbereitung

4.2.1 Anordnung

a) Die Proben sind nach den entsprechenden Verfahrensanweisungen oder Herstellerangaben vorzubereiten und müssen für eine Chargenstreuung repräsentativ sein.

b) Ist eine Prüfung an vollständigen Baugruppen praktisch nicht durchführbar, muss der Hersteller Proben liefern, die aus den gleichen Materialien bestehen und mit den gleichen Verfahren gefertigt wurden wie bei der Herstellung der Baugruppen.

c) Die Probe muss eine saubere, ebene Fläche besitzen, die nicht über den in Abschnitt 4.4 beschriebenen Probenhalter hinausragt. Die Breite der Probenfläche muss mindestens der Breite des bei der Prüfung verwendeten Haftklebestreifens von 20 mm entsprechen.

d) Die Anzahl der aus einer qualifizierten Charge, einem Prüfprogramm oder einer der Produktionscharge entnommenen Proben ist am Beginn der Prüfung in einer Material-Spezifikation festzulegen und beträgt im Normalfall mindestens 10 Proben.

e) Liegen in der Praxis keine geeigneten Proben beschichteter Bauteile vor, muss der Lieferant für die Prüfung geeignete beschichtete Proben liefern (die einer strengen Überwachung unterliegen müssen und nur für die betreffende Prüfung benutzt werden dürfen). Zur Rückverfolgbarkeit muss der Lieferant ein Konformitätszertifikat vorlegen, und alle Proben müssen eine entsprechende Kennzeichnung tragen, die so anzubringen ist, dass die Qualität der Probe bei der Prüfung nicht beeinträchtigt wird.

4.2.2 Reinigung

Reinigung und sonstige Behandlungen der Probe müssen wie beim entsprechenden Endprodukt vor dem Einbau in das Raumfahrzeug erfolgen. Eine weitere Reinigung oder andere Behandlungen sind nicht zulässig.

4.2.3 Probenbehandlung und -lagerung

Proben dürfen nur mit sauberen Nylon- oder fusselfreien Handschuhen berührt und in einem klimageregelten Bereich mit einer Temperatur von (22 ± 3) °C und einer relativen Luftfeuchte von (55 ± 10) % gelagert werden. Beschichtete Oberflächen sind mit Polyethylen- oder Polypropylenfolie oder -platten vor Berührung zu schützen. Durch Verpacken der so geschützten Werkstücke in sauberem, staub- und fusselfreiem Material können mechanische Schädigungen verhindert werden. Materialien mit begrenzter Lebensdauer sind mit ihrer Lagerbeständigkeit und dem Herstellungsdatum oder, falls unbekannt, mit dem Lieferdatum zu kennzeichnen.

4.2.4 Kennzeichnung

4.2.4.1 Materialien

Zur Prüfung eingereichte Materialien müssen eindeutig so gekennzeichnet werden, dass eine Rückverfolgbarkeit sichergestellt ist.

4.2.4.2 Baugruppen

Zur Prüfung eingereichte Baugruppen müssen mindestens mit folgenden Angaben gekennzeichnet werden:

a) Handelsbezeichnung und Seriennummer;

b) Name des Herstellers oder Lieferanten, durch den die Beschaffung erfolgte;

c) Konfigurations-Kontrollstatus der Baugruppe.

4.3 Prüfanlage

4.3.1 Sauberkeit

Der Arbeitsbereich muss sauber und weitgehend staubfrei, aber nicht unbedingt ein Reinraum sein. Zur Vermeidung einer Verunreinigung der Probe muss zur Belüftung verwendete Luft gefiltert werden.

4.3.2 Umgebungsbedingungen

Die Probe muss 24 Stunden lang an das Umgebungsklima mit einer Temperatur von (22 ± 3) °C bei einer relativen Luftfeuchte von (55 ± 10) % angeglichen werden. Diese Luftfeuchte kann entweder in einer Klimakammer oder in einem mit Kieselgel oder einer gesättigten Salzlösung gefüllten Exsikkator erreicht werden.

ANMERKUNG: Eine gesättigte Salzlösung aus Kalziumnitrat ergibt bei Prüftemperatur eine relative Luftfeuchte von 51 %.

4.4 Ausrüstung

4.4.1 Spezialausstattung

Folgende Spezialausstattung erforderlich.

a) **Zugprüfmaschine**

Kraftbetriebene Einrichtung, die mit konstanter Belastung Proben sowohl auf Zug wie auf Druck beanspruchen kann. Die Einrichtung muss mit einer feststehenden oder weitgehend unbeweglichen Einspannvorrichtung ausgerüstet sein, an dem ein Kraftaufnehmer und die Halterung für den Haftklebestreifen befestigt sind. Der Probenhalter wird an der beweglichen Einspannvorrichtung angebracht. Die angelegte Druck- oder Zugkraft muss mit einer Genauigkeit von ±1 % gemessen und aufgezeichnet werden können. Die Prüfgeschwindigkeit muss 0,2 cm/min betragen.

b) **Einspannvorrichtungen**

Die Halterung für den Haftklebestreifen muss der Ausführung in Bild 1 entsprechen und an die feststehende Einspannvorrichtung angeschraubt oder anderweitig fest mit dieser verbunden werden. Ein Stück Haftklebestreifen wird an beiden Enden eingespannt und eng anliegend über die ebene Fläche eines Gummiklotzes mit einer Größe von 4 cm^2 ± 5 % geführt.

4.4.2 Probenhalter

Der Probenhalter ist genau unter der Halterung für den Haftklebestreifen an der beweglichen Einspannvorrichtung zu befestigen (siehe Bild 1). Hier wird ein zylindrischer Träger bevorzugt, an dem einzelne Proben mechanisch so eingespannt oder befestigt werden können, dass bei der Prüfung keine relative Bewegung zwischen dem Träger und der Probe auftritt. Dieser zylindrische Träger muss so in einen waagerechten Befestigungsschlitz gleiten, dass sich seine Oberfläche parallel und direkt unter der Gummifläche der Haftklebestreifenhalterung befindet.

4.4.3 Haftfestigkeit der Haftklebestreifen

Für die Prüfungen sind Haftklebestreifen mit einer Haftfestigkeit von 220 g/cm, 330 g/cm, 440 g/cm und 670 g/cm (Toleranz: jeweils ±10 %) zu verwenden.

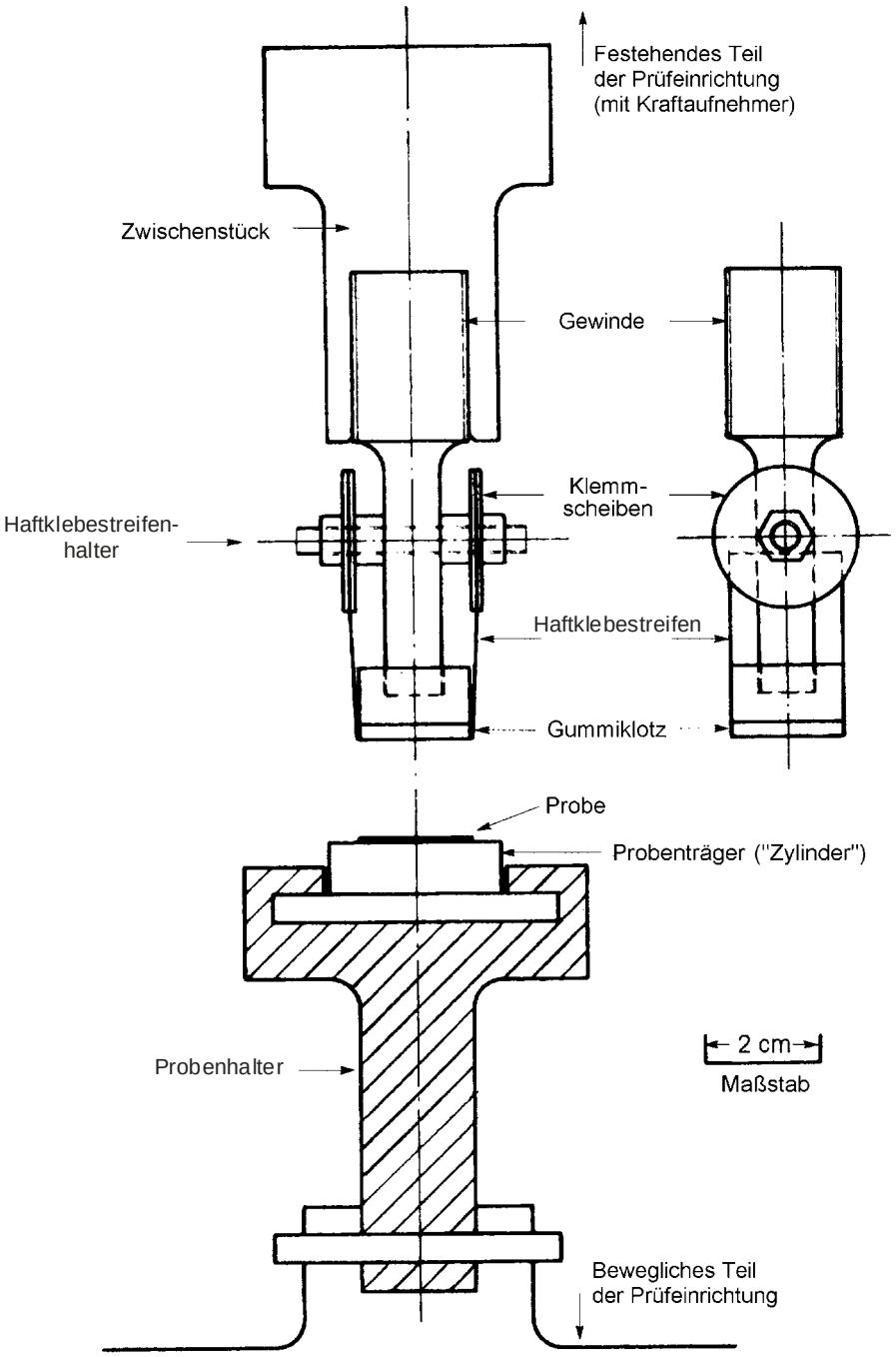

Bild 1 – Einspannung der Proben für den Zugversuch (Seitenansicht)

5 Durchführung

5.1 Allgemeines

Der Ablauf der Prüfung wird in Bild 2 dargestellt.

5.2 Vorbereitung

5.2.1 Montage

Die Probe ist nach Abschnitt 4.4.1b) am Probenhalter zu befestigen. Wird sie auf den Probenträger geklebt, darf die Prüffläche nicht beeinflusst werden und es zu keiner gegenseitigen physikalischen oder chemischen Beeinflussung zwischen dem verwendeten Klebstoff und dem Probenmaterial kommen.

5.2.2 Vorbehandlung

Vor der Prüfung ist der eingespannte Probenträger entsprechend Abschnitt 4.3.2 mindestens 24 Stunden lang dem Umgebungsklima anzugleichen.

5.3 Schäl- und Abziehversuch

a) Die Prüfung ist möglichst im Anschluss an die Vorbehandlung unter den gleichen Umgebungsbedingungen durchzuführen.

b) Ein Stück Haftklebestreifen mit der niedrigsten Haftfestigkeit wird manuell so über den Gummiklotz gelegt, dass es ohne Falten, Kniffe, sichtbare Oberflächenfehler oder Blasen aufliegt. Die beiden Enden des Haftklebestreifens werden dann in der Halterung befestigt und der Streifen wird straff gespannt.

c) Die Haftklebestreifenhalterung und der Probenhalter werden an der feststehenden bzw. beweglichen Einspannvorrichtung der Prüfmaschine befestigt.

d) Die Probe wird auf dem Probenträger befestigt, der dann so in der Halterung angeordnet wird, dass er sich direkt unterhalb des Gummiklotzes befindet.

e) Die untere bewegliche Einspannvorrichtung der Zugprüfmaschine wird dann nach oben bewegt, so dass die Oberfläche der Probe den Haftklebestreifen berührt.

f) Für eine Dauer von 60 Sekunden wird vorsichtig eine Druckkraft von 50 N ausgeübt.

g) Die bewegliche Einspannvorrichtung wird dann mit einer konstanten Geschwindigkeit von 0,2 cm/min von der Probe wegbewegt, bis sich der Haftklebestreifen vollkommen von der Probe gelöst hat.

h) Die voneinander wieder getrennten Flächen werden mittels Vergrößerungsglas mit 3facher bis 7facher Vergrößerung einer Sichtprüfung unterzogen um festzustellen, ob sich der Haftklebestreifen sauber von der Probenoberfläche gelöst oder ob sich die Oberflächenbeschichtung vom Untergrund (probe) abgehoben hat.

i) Ist das Erstere der Fall, wird die Haftklebestreifenhalterung von der Maschine abgenommen, und der benutzte Haftklebestreifen wird durch ein neues Stück mit größerer Haftfestigkeit ersetzt.

j) Das Verfahren wird ab Punkt b) wiederholt und fortgesetzt, bis sich die Beschichtung von der Oberfläche löst oder der Haftklebestreifen mit der größten Haftfestigkeit nach Abschnitt 4.4.3 eingesetzt wurde.

5.4 Behandlung und Verpackung von geprüften Proben

Sofern nicht anders festgelegt, gilt für die Probenbehandlung und -lagerung Abschnitt 4.2.3.

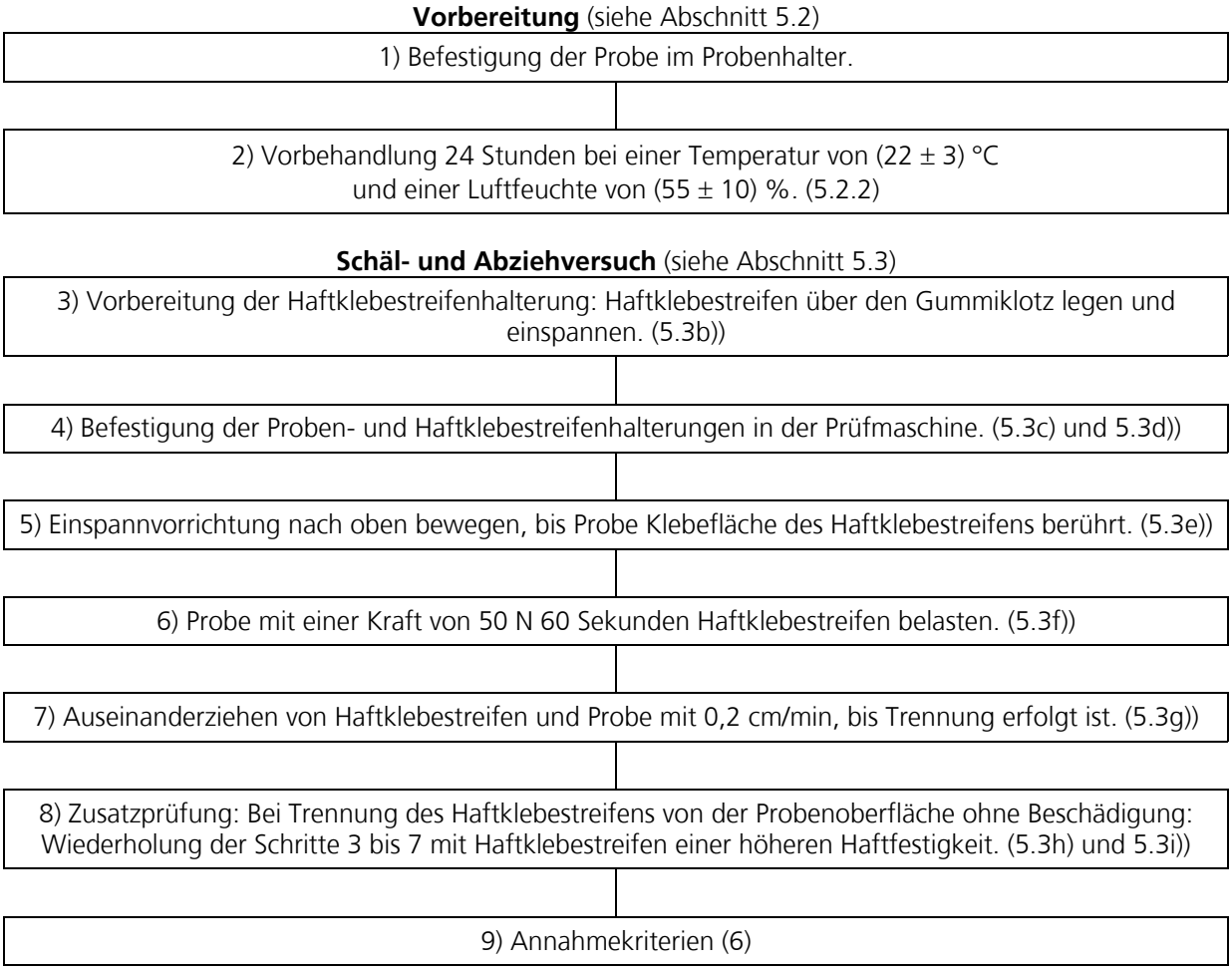

Bild 2 – Ablaufdiagramm für den Schäl- und Abziehversuch

6 Annahmekriterien

a) Proben, die geprüft und durch die Beanspruchung nach Abschnitt 5.3 nicht beschädigt wurden, haben die Prüfung bestanden.

b) Proben, die beschädigt wurden, sind mittels Sichtprüfung bei 7facher Vergrößerung zu untersuchen. Zur genaueren Prüfung mikroskopischer Beschädigungen an den Bruchflächen sollte eine höhere Vergrößerung benutzt werden. Beschädigungen (z. B. Luftblasen oder Materialeinschlüsse) und das Aussehen des Bruches (z. B. rau, verformbar, glatt oder spröde) sowie das Material oder die Grenzfläche, an der der Bruch aufgetreten ist, sind aufzuzeichnen. Dabei kann es sich (wie in Bild 3 dargestellt) ganz oder teilweise um einen Adhäsionsbruch, eine Kohäsionsabtrennung oder einen Haftbruch handeln.

c) Entsprechend den Anforderungen des Kunden sind Fotografien der Probe zu machen. Einzelheiten der Bruchflächen sollten je nach Festlegung des Prüfers mit 2facher, 20facher, 50facher, 100facher, 250facher, 500facher oder 1000facher Vergrößerung aufgenommen werden.

d) Auf Anforderung des Kunden, der vor dem Test eine Empfehlung aussprechen muss, ist eine vollständige Fehleranalyse (z. B. mittels Metallographie, chemischer Analyse oder Rasterelektronenmikroskopie) durchzuführen.

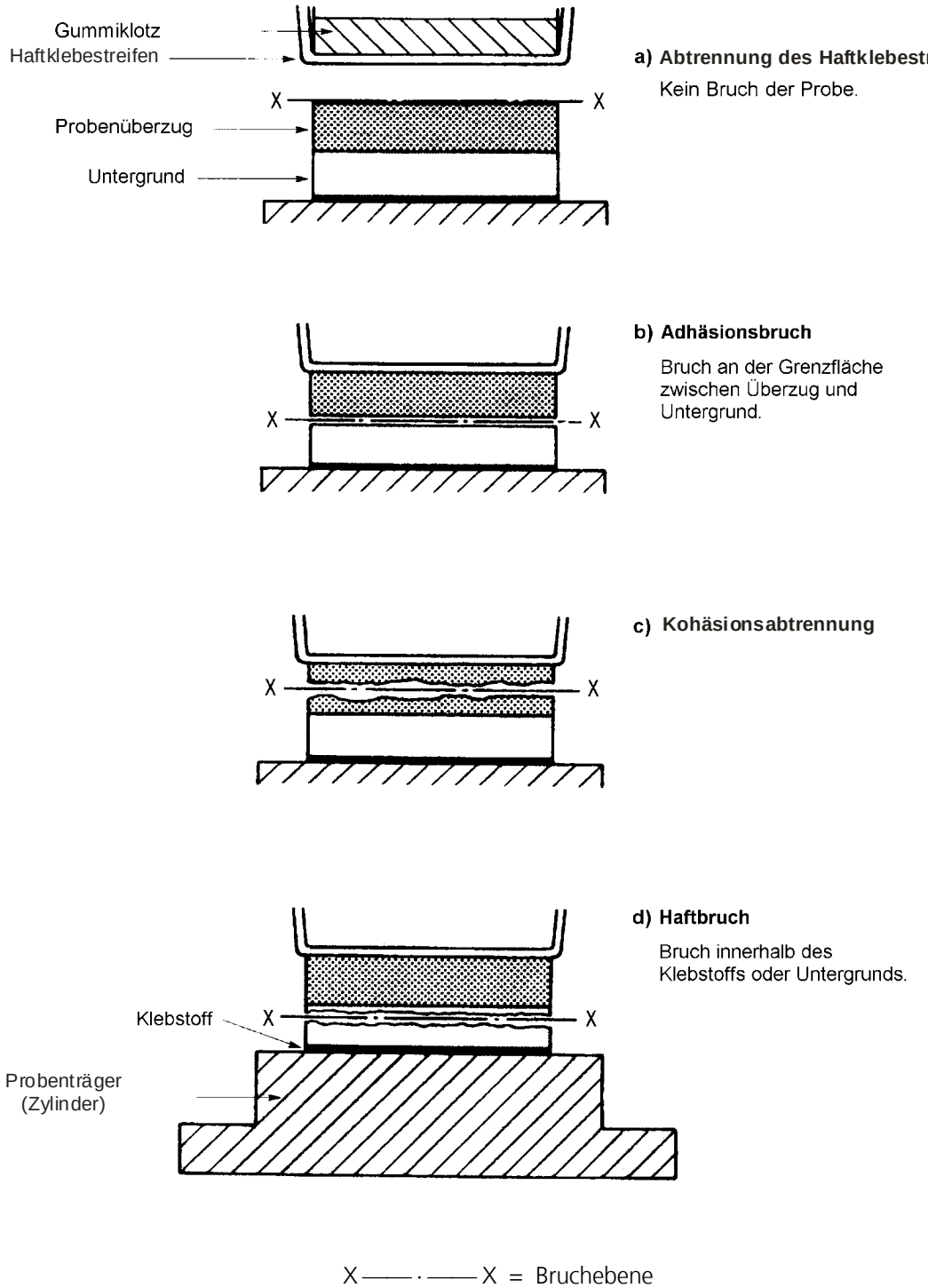

Bild 3 – Schematische Darstellung eines beschichteten Trägermaterials mit verschiedenartigen Bruchstellen in Abhängigkeit von der schwächsten Schicht

7 Qualitätssicherung

7.1 Allgemeines

Anforderungen zur Qualitätssicherung siehe ECSS-Q-20.

7.2 Aufzeichnungen

Die Aufzeichnungen zur Qualitätssicherung (z. B. Protokolle) sind entsprechend den für das Projekt geltenden Vertragsbedingungen oder mindestens zehn Jahre lang aufzubewahren und müssen mindestens folgende Angaben enthalten (siehe auch Anhang A):

a) Handelsbezeichnung und Seriennummern der zu prüfenden Materialien;

b) Name des Herstellers oder Lieferanten, durch den die Beschaffung erfolgte;

c) zusammenfassende Angaben zur Probenvorbereitung und -konditionierung (z. B. Mischungsverhältnisse, Dicke von Überzügen, Aushärtungszeit und -temperatur, Nachhärtung, Reinigungsverfahren);

d) Angaben zu den Umgebungsbedingungen im Prüfraum und Prüfeinrichtung;

e) Angaben zu Prüfbedingungen nach Abschnitt 5.3 einschließlich der Abweichungen von den Umgebungsbedingungen bei der Prüfung;

f) Angaben zur Ausstattung für die Messung oder Untersuchung mechanischer, chemischer und physikalischer Eigenschaften entsprechend Anschnitt 5.3 und ggf. vorhandenen Prüfspezifikationen ;

g) Anzahl der Proben;

h) bei der Prüfung auf Schäl- und Abziehfestigkeit erreichte Werte;

i) Haftfestigkeit der verwendeten Selbstklebestreifen (nach Angaben des Herstellers);

j) Ergebnisse jedweder Fehleranalyse nach Abschnitt 6);

k) Bruchart nach Bild 3 mit allen fotografischen Aufzeichnungen;

l) Angaben zu Fehlerarten (soweit zutreffend), z. B.:

   1. ungeeignetes Design;
   2. schlechte Verarbeitung;
   3. fehlerhaftes Fertigungs- oder Beschichtungsverfahren;
   4. falsche Materialauswahl;
   5. Sonstiges.

7.3 Nicht-Konformität

Jede Nicht-Konformität, die in Bezug auf das Prüfverfahren festgestellt wird, ist entsprechend den Anforderungen an die Qualitätssicherung aufzuführen; siehe ECSS-Q-20-09.

7.4 Kalibrierung

Vergleichsnormale und alle Teile der Messausrüstung sind zu kalibrieren. Jeder vermutete oder tatsächliche Ausstattungsfehler muss als Projekt-Nichtkonformitätsbericht aufgezeichnet werden, so dass sich frühere Ergebnisse überprüfen lassen um zu ermitteln, ob eine erneute Prüfung erforderlich ist. Der Kunde muss über die Nichtkonformitäten im Einzelnen informiert werden.

7.5 Rückverfolgbarkeit

Während des gesamten Prozesses von der Eingangs- bis zur Endprüfung muss eine Rückverfolgbarkeit sichergestellt werden. Gleiches gilt auch für Prüfgeräte und Prüfpersonal.

Anhang A (informativ)

Muster für Prüfbericht

Materialabteilung, Bereich Produktsicherung, ESTEC				
Angaben zur Probe				
1. Beschreibung und Herkunft der Probe:				
2. Handelsname:				
3. Seriennummer:				
4. Hersteller des Überzugs- oder Beschichtungsmaterials:				
5. Lieferant, durch den das Material beschafft wurde:				
6. Überzug oder Beschichtung ausgeführt von:				
7. Angaben zur Probenvorbereitung:				
8. Anzahl der geprüften Proben:				
9. Prüfkriterien (z. B. niedrigste zulässige Schäl- oder Abziehfestigkeit):				
10. Projektnummer und Kostenstelle:				
Datum:	Ersteller:	Telefonnummer:		
Prüfergebnisse				
11. Art der Prüfeinrichtung:				
12. Prüftemperatur: °C		13. Relative Luftfeuchte: %		
14. Prüfgeschwindigkeit: cm/min				
15. Proben-nummer	16. Haftfestigkeit des verwende-ten Haft-klebestreifens*	17. Schäl- oder Abziehfestigkeit der Probe**	18. Bruchart (siehe Bild 3)	19. Weitere Fest-stellungen
Beurteilung				
Datum:	Prüfer:	Genehmigt:		

* nach Herstellerangabe: Die Schälfestigkeit des Haftklebestreifens zum Zeitpunkt der Probenabtrennung ist unterstrichen.

** nach Protokoll

Verbesserungsvorschlag für ECSS-Dokument

1. Nummer des Dokuments	**2. Datum des Dokuments**	**3. Titel des Dokuments**
ECSS-Q-70-13A	4. Oktober 1999	Ermittlung der Schäl- und Abzieh-festigkeit von Überzügen und Oberflächenbehandlungen unter Anwendung von Haftklebestreifen

4. Empfohlene Verbesserung: (Abschnitte/Unterabschnitte angeben und geänderten Text und/oder geänderte grafische Darstellung aufnehmen, gegebenenfalls weitere Seiten ergänzen)

5. Begründung

6. Antragsteller

Name:	Organisation:	
Adresse:	Telefon: Telefax: E-Mail:	**7. Datum der Vorlage:**

8. Zu senden an ECSS-Sekretariat

Name:	Adresse:	Tel.: + 31-71-565-3952
W. Kriedte	ESTEC, P.O. Box 299	Fax: + 31-71-565-6839
ESA-TOS/QR	2200 AG Noordwijk	E-Mail: Werner.Kriedte@ esa.int
	Niederlande	

Anmerkung: Der Antragsteller sollte Angaben zu den Punkten 4, 5, 6 und 7 machen.

Die englische Fassung dieses Formulars ist erhältlich als Word- und Wordperfect-Vordruck im Internet unter http://www.ecss.nl/