

Kabellösungen mit Adhäsionstechnologie

Medienstabile Verbindung – auch bei starken Bewegungen

- Nachgewiesene dichte und medienresistente Verbindung zur PUR- oder PA-Umspritzung
- Kein Schrumpfschlauch, keine O-Ringe nötig
- Hohe Auszugs- und Torsionsfestigkeit
- Übertragbar auf andere HFFR-Kabel
- Sehr hohe Witterungs-, Medien- und UV-Beständigkeit (schwarze Kabel)
- Sehr gute Kältebeständigkeit (bis -40 °C)
- Halogenfrei flammwidrig (HFFR), geringe Rauchgasdichte

Die Anforderungen an dichte, mechanisch belastbare Kabelverbindungen zu Steckern, Abzweigern oder Verbindern steigen – besonders in industriellen, mobilen oder medienbelasteten Umgebungen. Konventionelle Lösungen mit halogenfreien flammwidrigen Kabeln (HFFR) stossen oft an Grenzen, insbesondere bei der Automatisierung. Dies kann die Kosten erheblich steigern. Die Adhäsionstechnologie bietet hier eine innovative Lösung: Durch eine gezielte Materialmodifikation des Kabelmantels verbinden sich Kabel und Umspritzung auf molekularer Ebene – dauerhaft, ohne zusätzliche Dichtmittel.

Funktionsweise der Adhäsionstechnologie

Bei der Umspritzung von Kabeln mit unserer innovativen Adhäsionstechnologie diffundieren die Molekülketten des funktionalen Kabelmantels und der Umspritzungsmasse in die jeweils andere Schicht. Auf diese Weise entsteht eine tiefgreifende, stoffschlüssige Verbindung, die selbst unter starker mechanischer Beanspruchung dauerhaft fest und zuverlässig bleibt – sowohl in ihrer Festigkeit als auch in ihrer Dichtigkeit. Im Unterschied dazu werden bei konventionellen Kabeln ohne Adhäsionstechnologie (Referenz) beim Spritzgiessen die Materialien lediglich angeschmolzen, ohne dass eine echte molekulare Verankerung entsteht. Das Resultat: deutlich geringere Haltbarkeit und Beständigkeit unter Belastung.

Im Rahmen umfangreicher Tests wurden mehrere Prototypen gefertigt. Diese kombinierten unsere Adhäsionskabel mit den in der Stecker- und Verbindungstechnik üblichen Umspritzmaterialien wie Polyurethan (PUR) und Polyamid 66 (PA). Ziel der Untersuchung war es, die Auszugskräfte, sowie die Dichtigkeit der umspritzten Verbindung unter verschiedenen Belastungsszenarien mit herkömmlichen Kabelsystemen zu vergleichen – mit überzeugendem Ergebnis zugunsten der Adhäsionstechnologie.

Abb. 01 a und **b** zeigen die beiden unterschiedlichen Funktionsweisen im Vergleich.

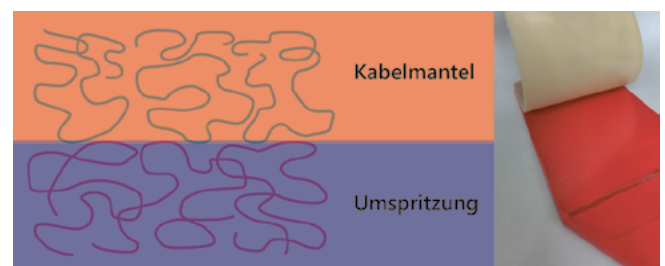


Abb. 01 a: Schmelzhaftung bei Standardkabeln – keine echte Verbindung.

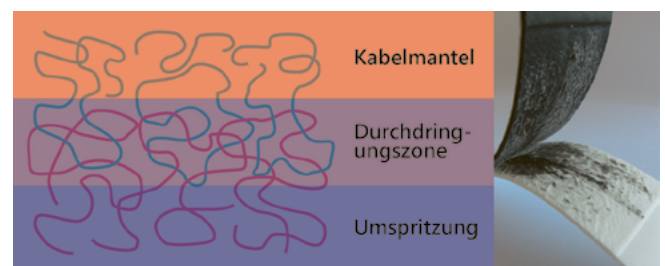


Abb. 01 b: Molekulare Diffusion bei Adhäsionskabeln – dauerhafte Verankerung.



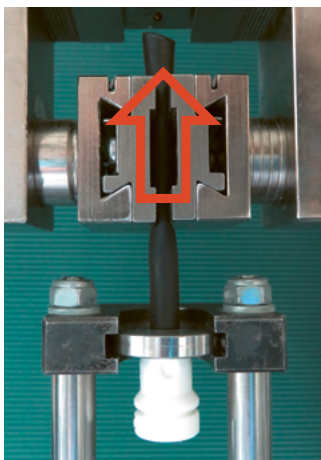
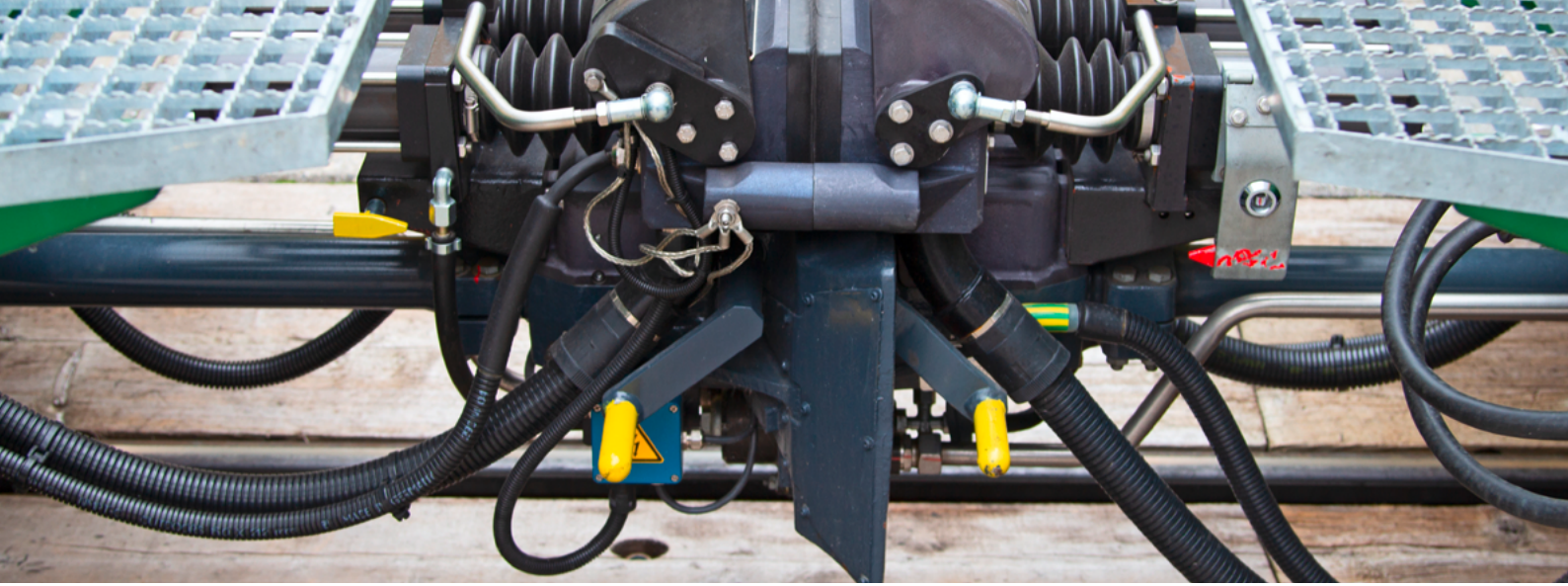


Abb. 02 a: Aufbau Zugversuch

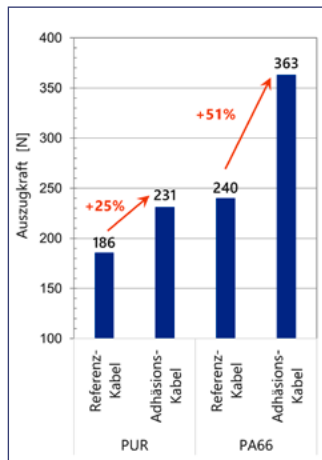


Abb. 02 b: Messergebnisse

Hohe Verbundfestigkeit zur Umspritzung

Die aus Spritzguss gefertigten Verbindungen wurden Zugversuchen unterzogen, um die mechanische Stabilität zu bewerten.

Abb. 02 a zeigt den schematischen Aufbau der Prüfungen.

Abb. 02 b präsentiert die Ergebnisse:

- Umspritzung mit PUR: +25 % Auszugsfestigkeit gegenüber Referenz
- Umspritzung mit PA: +51 % Auszugsfestigkeit gegenüber Referenz

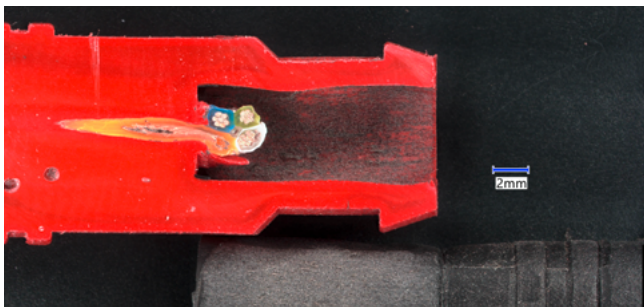


Abb. 03 a: Auszugsstelle Adhäsionskabel

Abb. 03 a zeigt die Umspritzung an der Auszugsstelle mit Resten des Adhäsionskabels. Diese deuten darauf hin, dass der Bruch nicht zwischen Kabel und Umspritzung stattgefunden hat, sondern innerhalb des Kabelmantels. Es besteht eine hohe Verbundfestigkeit zwischen den beiden Schichten, die sogar die Festigkeit des Mantelmaterials übertrifft. Daher führt die Einwirkung von Kräften dazu, dass der Bruch im Mantelmaterial erfolgt, anstatt an der Verbindungsstelle.

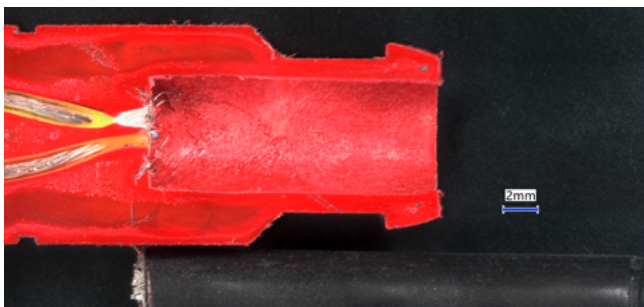


Abb. 03 b: Auszugsstelle Referenzkabel

Abb. 03 b zeigt, dass bei der Verbindung mit Referenzkabeln im Gegensatz keinerlei Rückstände des Kabelmaterials auf der Umspritzung bleiben. Die Verbundfestigkeit zwischen den beiden Schichten ist hier geringer als die innere Festigkeit des Mantels oder die der Umspritzung. Dadurch sind wesentlich geringere Ausreißkräfte nötig und der Bruch erfolgt zwischen Kabel und Umspritzung.

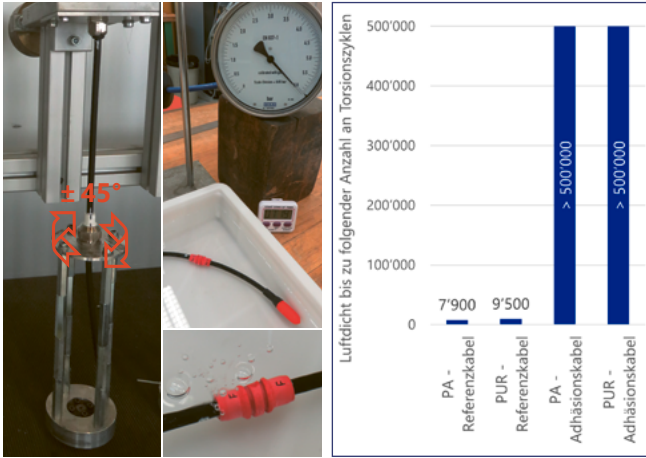


Abb. 04 a: Aufbau Torsionsprüfung

Abb. 04 b: Messergebnisse

Hohe Beständigkeit gegen Torsion

In Torsionsversuchen wurden die umspritzten Kabel axial um $\pm 45^\circ$ verdreht und in regelmässigen Abständen Drucklufttests im Wasserbad durchgeführt, um die Dichtigkeit zu prüfen. Sobald eine Undichtigkeit auftrat, wurde der Versuch gestoppt.

Die Ergebnisse in **Abb. 04 b** verdeutlichen, dass das Referenzkabel bereits nach weniger als 10'000 Zyklen undicht wurde, während das Adhäsionskabel nach mehr als 500'000 Zyklen weiterhin dicht zur Umspritzung blieb.

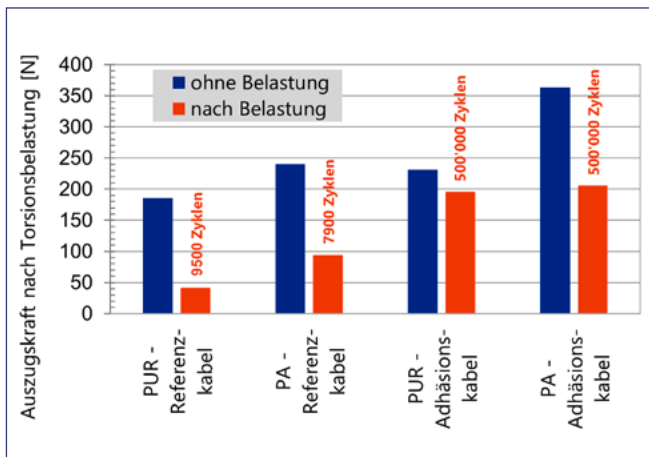


Abb. 05: Messergebnisse Auszugskraft nach Torsion

Die Auszugsversuche in **Abb. 05** bestätigen die hohe Stabilität der Adhäsionskabel nach dieser Torsionsbeanspruchung. Nach über 500'000 Torsionszyklen liegt die Auszugskraft der Adhäsionskabel noch auf dem Niveau der unbeanspruchten Referenzkabel. Im Vergleich dazu ist die Auszugskraft bei den beanspruchten Referenzkabeln bereits auf weniger als die Hälfte des ursprünglichen Wertes gesunken, obwohl deutlich weniger Torsionszyklen durchgeführt wurden.



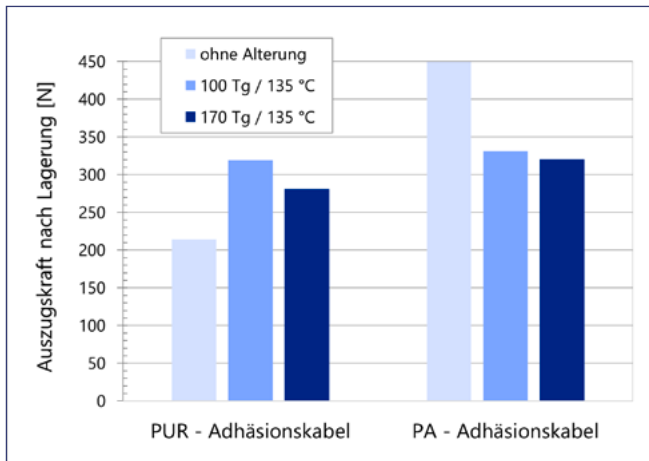


Abb. 06: Auszugskräfte vor und nach Temperaturlagerung

Hervorragende Langzeit-Temperaturbeständigkeit

Zur Simulation einer Langzeitbeanspruchung wurden die mit PA bzw. PUR umspritzten Adhäsionskabel über mehrere Monate bei 135 °C im Ofen gelagert. Nach der Lagerung wurde die Auszugskraft der Kabel aus der Umspritzung gemessen.

Bei beiden umspritzten Adhäsionskabel-Verbunden sind die Auszugskräfte nach 170 Tagen weiterhin auf einem sehr hohen Niveau (**Abb. 06**). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Verankerung der Polymerketten zwischen den Adhäsionskabeln und der Umspritzung durch die langzeitige Einwirkung hoher Temperaturen nicht zerstört wird. Die Adhäsionstechnologie zeigt somit eine hohe Langlebigkeit und Temperaturstabilität.

Normkonformität

Die Adhäsionstechnologie wurde an einem **BETAtrans® DATA-ENX C-flex 100 Ω CAT 5 / 5e FOAM** - Adhesion durchgeführt. Dieses Adhäsionskabel erfüllt alle Anforderungen an den Mantelwerkstoff der Klasse EM 104 gemäss den Normen EN 50264-1, EN 0306-1, EN 50306-3 sowie die der Klassen M gemäss EN 50306-4 und EN 45545-2. Die nachstehenden Tabellen zeigen ausgewählte Ergebnisse, die gemäss der entsprechenden Norm ermittelt wurden. Weitere Informationen sind in den Datenblättern enthalten.

Prüfungen am Kabel

EIGENSCHAFTEN

Zugfestigkeit (Median)
Bruchdehnung (Median)
Arrhenius-Alterung
Wärmedehnung (200 °C, 15 Minuten, 20 N/cm ²)
Wasseraufnahme (168 Stunden bei 70 °C)
UV-Beständigkeit

ANFORDERUNGEN

Norm	Sollwert
EN 60811-501	≥ 10 MPa
EN 60811-501	≥ 125 %
am Kabel	20'000 Stunden bei 85 °C
EN 60811-507	≤ 100 % mit Belastung ≤ 25 % ohne Belastung
EN 50305	300 V / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 50618	keine Risse

STATUS

i.O.
i.O.
i.O.
i.O.
i.O.
i.O.

Beständigkeiten am konfektionierten Kabel

EIGENSCHAFTEN

Öl IRM 902 (24 Stunden bei 100 °C)
Öl IRM 903 (24 Stunden bei 65 °C)
Öl IRM 903 (19 Wochen bei 40 °C)
N-Oxalsäure (168 Stunden bei 23 °C)
N-Natronlauge (168 Stunden bei 23 °C)
Kältebiegeprüfung (-40 °C)

ANFORDERUNGEN

Norm	Sollwert
EN 50305	1.5 kV / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 50305	1.5 kV / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 50305	1.5 kV / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 50305	1.5 kV / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 50305	1.5 kV / 1 Minute zwischen Metallschirm und Wasser
EN 60811-504	keine Risse

STATUS

i.O.
i.O.
i.O.
i.O.
i.O.
i.O.

Brandschutz in Schienenfahrzeugen (EN 45545-2)

EIGENSCHAFTEN

Rauchdichte (HL3)
Toxizität der Brandgase
Toxizität der Brandgase

ANFORDERUNGEN

Norm	Sollwert
EN 61034-2	Lichtdurchlässigkeit > 70 %
EN 50305	Isolation ITC ≤ 6
EN 50305	Mantel ITC ≤ 3

STATUS

i.O.
i.O.
i.O.



Übertragbarkeit auf andere Kabel

Die Funktionalität kann auf beliebige HFFR-Kabel (auch Energiekabel) übertragen werden, ohne die normgerechten Eigenschaften zu beeinträchtigen.

Sichere Verbindung für anspruchsvolle Anwendungen

Die Adhäsionstechnologie hebt die Kabelkonfektionierung auf ein neues Niveau. Sie ermöglicht dauerhaft dichte, mechanisch stabile und normkonforme Verbindungen, auch unter härtesten Einsatzbedingungen. Besonders in bewegten oder sicherheitskritischen Anwendungen bietet sie entscheidende Vorteile gegenüber klassischen Verbindungsmethoden.

Verlässliche und nachhaltige Qualität

Gerne beraten wir Sie persönlich und zeigen Ihnen, was diese Technologie alles kann und welche Möglichkeiten sie bietet. Wir bemustern Sie gerne oder entwickeln die Adhäsionstechnologie mit Ihnen zusammen weiter – für Ihr individuelles Produkt.

Vertrauen Sie auf Studer Cables – für innovative, nachhaltige und zukunftsweisende Lösungen.



Weitere Informationen und technische Daten finden Sie auf unserer Webseite: <https://studercables.com/produkte>

Neben erstklassigen Produkten bietet Studer Cables umfassende Beratung, präzise Berechnungen und weitere Dienstleistungen. Für Fragen stehen wir Ihnen gerne persönlich zur Verfügung.

Studer Cables AG

Herrenmattstrasse 20 • 4658 Däniken • Schweiz • Telefon: +41 62 288 82 82
E-Mail: info@studercables.com • www.studercables.com