

Neue Vorhaben aus der klebtechnischen Forschung

Welche neuen Ansätze gibt es, um die Leistungsfähigkeit der Klebtechnik weiter zu erhöhen und die Einsatzbreite dieses wirtschaftlichen Fügeverfahrens zu vergrößern? Der Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik tagte zum 38. Mal am 17. Januar 2024 bei der DECHEMA in Frankfurt, um die vorher von Industrievertretern begutachteten Forschungsvorhaben einem Ranking zu unterziehen.



Der Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik ist eine konzertierte Aktivität von insgesamt vier AiF-Forschungsvereinigungen: DECHEMA, DVS, FOSTA und iVTH. www.dechema.de/GAK

siert nicht auf dem oben genannten Ranking, sondern ist rein willkürlich. //

Bei der letzten Sitzung wurden wieder sehr interessante Projekte vorgestellt, deren Umsetzung wirtschaftliche Vorteile in verschiedenen Industriebranchen verspricht. Die folgenden Kurzfassungen dokumentieren die jeweiligen Zielsetzungen und Lösungsansätze sowie den wirtschaftlichen Nutzen der Vorhaben. Unternehmen, die sich für diese Arbeiten interessieren oder im projektbegleitenden Ausschuss mitarbeiten möchten, sind eingeladen, mit den Ansprechpartnern der entsprechenden Forschungsstellen Kontakt aufzunehmen:

- LWF, Universität Paderborn, **Karina Tews** (karina.tews@lwf.upb.de)
- Fraunhofer Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP), **Linda Fröck** (linda.froeck@igp.fraunhofer.de)
- Universität Kassel, FG Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, **Prof. Dr.-Ing. Stefan Böhm** (s.boehm@uni-kassel.de)
- Karlsruher Institut für Technologie, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, **Dr.-Ing. Matthias Albiez** (matthias.albiez@kit.edu), Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, **Tobias Evers** (tobias.evers@ifam.fraunhofer.de)
- TU DD, Professur Fügtechnik und Montage, **Prof. Dr.-Ing. Hans Christian Schmale** (hans_christian.schmale@tu-dresden.de), Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, **Dr. rer. nat. Matthias Popp** (matthias.popp@ifam.fraunhofer.de)

Die Reihenfolge der nachfolgenden Projekt-Kurzfassungen ba-

Projekte in dieser Ausgabe:

► HTZ Bruch

Bruchmechanisches Berechnungskonzept zur Auslegung von hyperelastischen Klebverbindungen mit zyklischer Beanspruchung unter Berücksichtigung von hygro-thermischen Einflüssen

► DyBOKleb

Dynamische Belastungen und Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit von Stahlklebungen im Offshorebereich

► IONwatch

Sensorischer Klebstoff zur kontinuierlichen Überwachung sicherheitsrelevanter, verdeckter Klebfugen durch mikroverkapselte ionische Flüssigkeiten

► HybridVolt

Verstärkung von Freileitungsmasten aus Stahl durch den Einsatz vorgespannt geklebter Verbindungen

► PFAS

PFAS-freie Klebstoffsysteme als Flächendichtung in definiert montier- und remontierbaren Schraubensicherungen

Projekttitlel

Bruchmechanisches Berechnungskonzept zur Auslegung von hyperelastischen Klebverbindungen mit zyklischer Beanspruchung unter Berücksichtigung von hygro-thermischen Einflüssen

Problem

Damit die strukturelle Integrität von geklebten Strukturen während ihrer Einsatzzeit gewährleistet wird, müssen **hyperelastische Klebverbindungen** einer zyklischen **Dauerbelastung** standhalten können. Zugleich sind derartige Klebverbindungen stets hygro-thermischen Umgebungseinflüssen ausgesetzt. Trotz des branchenübergreifenden Einsatzes wurden die Auswirkungen dieser Einflüsse auf die Lebensdauer der Klebverbindungen bisher kaum untersucht. Daher besteht ein Mangel an validierten Berechnungsmethoden zur **Lebensdauerprognose** hygro-thermisch belasteter hyperelastischer Klebverbindungen.

Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts besteht darin, eine **Berechnungsmethode** zur Lebensdauerprognose von Klebverbindungen mit hyperelastischem Materialverhalten unter Berücksichtigung hygro-thermischer Effekte zu entwickeln. Die Methode soll auf dem bruchmechanischen Konzept aus IGF-Nr. 20.306 N und 22.558 N beruhen und somit dessen Anwendungsgebiet um die genannten Einflussparameter erweitern.

Lösung

Zur **Charakterisierung** des Klebschichtverhaltens sind kontinuums- und bruchmechanische Versuche durchzuführen. Diese umfassen hygro-thermisch belastete quasistatische und zyklisch-laststeigernde Untersuchungen sowie Ermüdungs- und Rissfortschrittsversuche. Aufbauend auf den experimentellen Daten soll das bruchmechanische Berechnungskonzept um die Einflüsse von Temperatur und Luftfeuchtigkeit erweitert werden.

Wirtschaftliche Vorteile

Der Nutzen ist sowohl in der umfangreichen Datenbasis und als auch in der Methode zu sehen. Mit Hilfe des Berechnungskonzepts soll die **lebensdauergerichtete Dimensionierung** der Klebschicht ermöglicht werden. Dies trägt zur Verbesserung bestehender und der Entwicklung neuer Produkte bei.

Vorläufiger projektbegleitender Ausschuss

3M Deutschland GmbH, as adhesive solutions e.K., DuPont Specialty Products GmbH & Co KG, EasyGlueEmden e.K., EDAG Engineering GmbH, Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, Ford-Werke GmbH, Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Henkel AG & Co. KGaA, Hinterwaldner Consulting, ING. Schwan, KÖMMERLING CHEMISCHE FABRIK GMBH, Kube GmbH Ingenieurbüro, LASSO Ingenieurgesellschaft mbH, LIMESS Messtechnik und Software GmbH, Siemens AG, Sika Automotive AG, tesa SE, Voestalpine Stahl GmbH, Volke Entwicklungsring SE

Einreichende Forschungsvereinigung

DVS – Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V.

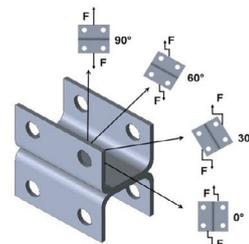
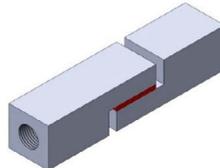
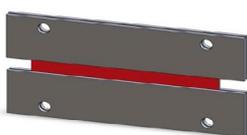
Durchführende Forschungseinrichtungen

Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF), Universität Paderborn
Fachgruppe Angewandte Mechanik (FAM), Universität Paderborn

Kontakt

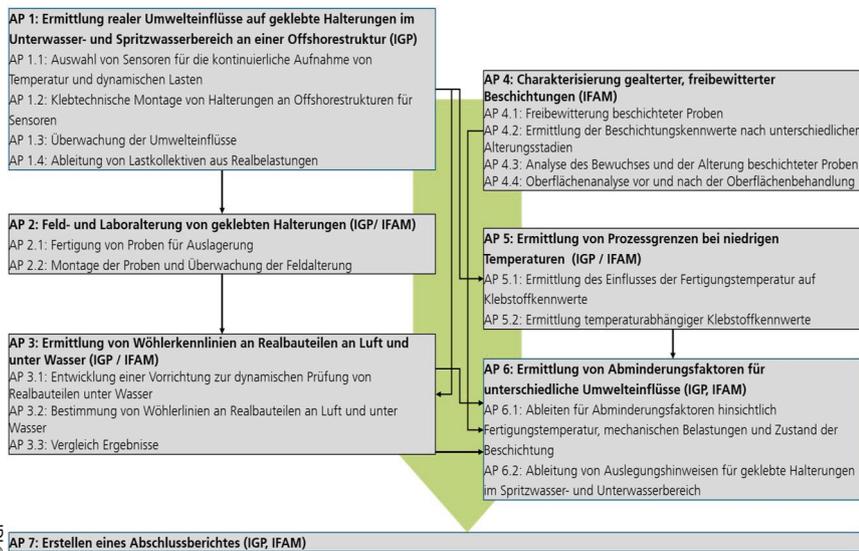
Karina Tews M. Sc., Tel.: +49 5251 / 60 52 75, karina.tews@lwf.upb.de

© LWF, Universität Paderborn



Probengeometrien der Planarzug-, Kopfzug-, dicken Zugscher- und LWF-KS2-Probe (v. l. n. r.)

Projekttitle	Dynamische Belastungen und Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit von Stahlklebungen im Offshorebereich-DyBOKleb
Problem	Der zunehmende Ausbau der Offshore-Windkraftenergie wird durch das Klimapaket der deutschen Bunderegierung getrieben. Um diese Anlagen materialsparend fertigen zu können und an bestehenden Anlagen Sekundärelemente bspw. für Sensorik, kathodischen Korrosionsschutz, Leitern und Kabelschutzrohre nachrüsten zu können, ist der Einsatz der Klebtechnik notwendig, da hiermit weder thermische noch mechanische Eingriffe an der Primärstruktur notwendig werden. Für den sicheren Einsatz solcher geklebten Elemente fehlen derzeit jedoch Kenntnisse über die dynamische Belastbarkeit und die Auswirkung spezieller Fertigungsbedingungen auf die Tragfähigkeit.
Zielsetzung	Ziel des Forschungsprojektes ist daher die Erweiterung bestehender Erkenntnisse zum Kleben unter Wasser und in der Spritzwasserzone , im Hinblick auf nachfolgende Punkte: Dynamische Belastungen und Auswirkungen verschiedener Einflüsse während der Montage. Mittels dynamischer Betrachtungen sowie der Ermittlung entsprechender Einflüsse werde die Forschungslücken bezüglich geklebter Halterungen im Offshorebereich geschlossen und deren Einsatz ermöglicht.
Lösung	Die nachfolgende Abbildung stellt den Lösungsweg dar.
Wirtschaftliche Vorteile	Durch das Projekt ergeben sich wirtschaftliche Vorteile im Hinblick auf mögliche Materialeinsparungen und Kostensenkungen beim Fügeprozess durch entfallende Nach- und Dichtarbeiten.
Vorläufiger projektbegleitender Ausschuss	3M Deutschland GmbH, Dr. Möller GmbH / IMS Nord, HB Fuller, Huntsman Adv. Mat. (CHE) GmbH, IPU Ingenieursozietät mbH, KWE Küste Weser Ems, Muehlhan AG, mh ² offshore GmbH, MultiMetall Reiner Schulze e.K., SIKA Technology AG, Tata Steel Tubes UK Ltd., Tauchmayer GmbH, TenneT Offshore GmbH, Salzgitter Mannesmann Forschung
Einreichende Forschungsvereinigung	FSM
Durchführende Forschungseinrichtungen	Fraunhofer Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP), Rostock Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen
Kontakt	Linda Fröck M.Sc. , +49 381 / 49682-140, linda.froeck@igp.fraunhofer.de Amelie Knappe M.Sc. , +49 421 / 2246-7445, amelie.knappe@ifam.fraunhofer.de



© IGP

Arbeitsdiagramm

Projekttitlel

Sensorischer Klebstoff zur kontinuierlichen Überwachung sicherheitsrelevanter, verdeckter Klebfugen durch mikroverkapselte ionische Flüssigkeiten (IONwatch)

Problem

Kleverbunde sind i.d.R. nicht vollständig zerstörungsfrei **charakterisierbar**. Daher ist die Beurteilung der Qualität einer Klebung, z.B. nach jahrelangem Einsatz unter statischer oder dynamischer Last, nicht ohne weiteres möglich.

Zielsetzung

Um Aussagen über den Zustand von Klebungen während ihres Gebrauchs treffen zu können, sind Methoden notwendig, die eine Überprüfung der **Beanspruchungshistorie** jederzeit zulassen. In IONwatch soll daher ein kontinuierliches **Schadensmonitoring** entwickelt werden, dass auf funktionellen Klebstoffen mit Mikrokapseln als Additive fußt.

Lösung

Es werden ionische Flüssigkeiten (flüssige Salze) als **Leitfähigkeitsadditive** mikroverkapselt. Nach der Synthese, bei der das Bruchverhalten der Hohlkugeln über die Größe, Wanddicke und das eingesetzte Hüllpolymer eingestellt wird, werden die Kapseln Klebstoffen beigemischt. Bei einer kritischen Beanspruchung der Klebung (vor dem Versagen) brechen die Kapseln auf und geben ihren elektrisch leitfähigen Inhalt frei, welcher lokal und dauerhaft zu einer **messbaren** Widerstandsabnahme führt. Dieser Ansatz erlaubt die mechanischen Beanspruchungen sämtlicher sicherheitsrelevanter Klebungen ohne visuellen Zugang zu überwachen und kritische Schädigungen bereits vor einem Bauteilversagen zu detektieren.

Wirtschaftliche Vorteile

Die entwickelte Methode kann Inspektionsintervalle verlängern bzw. Inspektionszeiten verkürzen und ermöglicht die gezielte **Identifizierung** und den Austausch geschädigter und/oder überkritisch beanspruchter Klebverbindungen.

Vorläufiger projektbegleitender Ausschuss

Daimler Truck AG, lolitec GmbH, LSE - Lightweight Structures Engineering GmbH, Reinhardt-Technik GmbH, Sika Deutschland GmbH, Forster System-Montage-Technik GmbH, Follmann GmbH & Co. KG, inpro mbH, Bruker Nano GmbH, Eisenhuth GmbH & Co. KG, WKW Engineering GmbH, Siemens AG

Einreichende Forschungsvereinigung

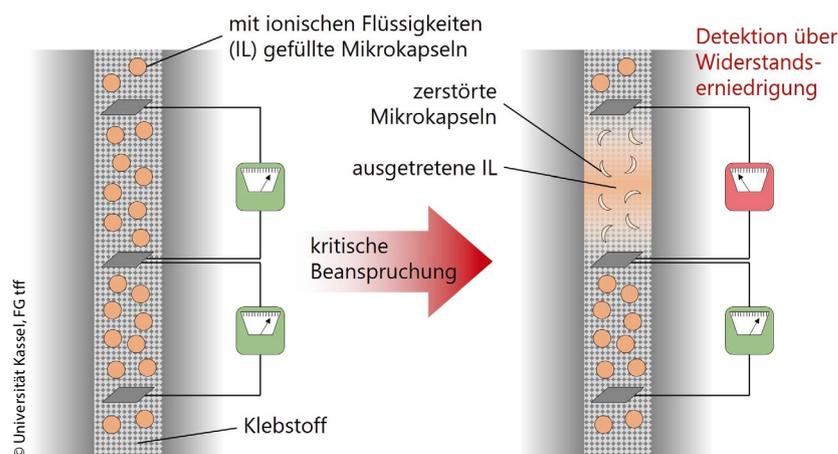
DECHEMA e.V., Frankfurt am Main

Durchführende Forschungseinrichtungen

Universität Kassel, FG Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, Kassel
Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden, Dresden

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böhm, s.boehm@uni-kassel.de,
Dr. Andreas Winkel, a.winkel@uni-kassel.de
Prof. Dr. Carsten Werner, werner@ipfdd.de
Dr. Anett Müller, mueller-anett@ipfdd.de



Schadensmonitoring über Widerstandsänderungen der Klebfuge

Projekttitlel	Verstärkung von Freileitungsmasten aus Stahl durch den Einsatz vorgespannt geklebter Verbindungen – Hybrid-Volt
Problem	Freileitungsmaste im deutschen Hoch- und Höchstspannungsnetz sind laufend hinsichtlich ihrer Standicherheit basierend auf der aktuell gültigen Normung zu überprüfen und ggf. zu ertüchtigen oder sogar neu zu bauen. Eine besondere Herausforderung liegt hierbei darin, dass noch heute Freileitungsmasten aus den 1940er Jahren in Betrieb sind. Da die anzusetzenden Lasten in den vergangenen Jahrzehnten stetig erhöht wurden, stellt die Erhaltung des Bestands eine enorme Aufgabe für die Netzbetreiber dar. Da hierbei konventionelle Verstärkungsmaßnahmen teilweise an ihre Grenzen kommen, stellt ein aufwändiger Neubau die einzige mögliche Maßnahme dar.
Zielsetzung	Das Forschungsprojekt hat das Ziel, ein klebtechnisches Verstärkungskonzept für bestehende Freileitungsmaste zu entwickeln und zu validieren. Zum Einsatz kommen sollen hier vor Ort hergestellte, vorgespannte Hybridverbindungen (VHV) . Diese Art der Hybridverbindung kombiniert das Fügeverfahren Kleben mit vorgespannten Schraubverbindungen.
Lösung	Zunächst erfolgt die Identifizierung geeigneter Details, die mit VHV verstärkt werden können. Anschließend werden geeignete Hybridfügeverfahren entwickelt und geeignete Klebstoffe und Oberflächenvorbehandlungen ausgewählt und validiert. Experimentelle Untersuchungen an VHV-verstärkten Details analysieren das Tragverhalten und mögliche Traglaststeigerungen. Abschließend finden die gesammelten Erkenntnisse Eingang in Ausführungsempfehlungen und Bemessungskonzepten, welche eine schnelle Überführung in die Anwendung ermöglichen.
Wirtschaftliche Vorteile	Die Forschungsergebnisse eröffnen der Klebtechnik das neue Geschäftsfeld der Instandsetzung von Freileitungsmasten. Hiervon profitieren sowohl Klebstoffhersteller als auch Ingenieurbüros, welche mit der Planung und Bemessung solcher Projekte betraut sind. Auch für die ausführenden Bauunternehmen ergeben sich hier neue Geschäftsfelder. Darüber hinaus reduziert die Vermeidung von kostspieligen Neubauten die Erhaltungskosten des Stromnetzbestands erheblich, was wiederum die Netzentgelte und damit die Stromgestehungskosten verringert.
Vorläufiger projektbegleitender Ausschuss	Amprion GmbH, ArcelorMittal S.A., Sika Deutschland GmbH, 3M Deutschland GmbH, fischerwerke GmbH & Co. KG, IPU Ingenieurgesellschaft Berlin mbH, IB Dr. Knödel, HMB Ingenieure, IGESS mbH, FeRe Dossier- und Klebsysteme GmbH, IB Mirow
Einreichende Forschungsvereinigung	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)
Durchführende Forschungseinrichtungen	Karlsruher Institut für Technologie, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Karlsruhe Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
Kontakt	Dr.-Ing. Matthias Albiez , matthias.albiez@kit.edu, Tobias Evers M.Sc. , tobias.evers@ifam.fraunhofer.de



© Matthias Albiez

Freileitungsmaste

Projekttitlel

PFAS-freie Klebstoffsysteme als Flächendichtung in definiert montier- und remontierbaren Schraubensicherungen

Problem

Die EU-Kommission plant ein **nahezu vollständiges Verbot** kurzkettiger per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen – kurz **PFAS** – wobei ab 2025 auch Fluorpolymere und Fluorelastomere und ihre Anwendungen auf dem Prüfstand stehen. Unter das potenzielle Verbot fällt damit auch Polytetrafluorethen (**PTFE**), das derzeit als Bestandteil in reaktiven Schraubensicherungsklebstoffen und Flächendichtungen benötigt wird. Durch das geplante Verbot sind damit millionenfache Anwendungen in vielfältigen, auch KMU-dominierten Industrien – wie dem Handwerk – akut in Gefahr.

Zielsetzung

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist es, Anwendern verschiedene vorwettbewerbliche **Basisrezepturen** für PFAS-freie Schraubensicherungen bzw. Flächendichtungen zur Verfügung zu stellen, inklusive eines **Simulationsmodells** zur Bewertung der erzielbaren Reibeigenschaften.

Lösung

Ausgehend von aus der Industrie angelehnten PTFE gefüllten Referenzsystemen, werden zunächst alternative PFAS-freie Basisrezepturen erstellt, die dann mit **alternativen Füllstoffen**, z.B. anorganischen Partikeln, beladen werden. Zusätzlich soll der Einsatz von Elastomerpartikeln mit einer mittels AD-Plasma abgeschiedenen siliziumorganischen Schicht untersucht werden. Darüber hinaus soll auch das Potential bereits kommerzialisierter UHMW-PE-Granulate evaluiert werden.

Wirtschaftliche Vorteile

Die Suche nach **PTFE-freien** Schraubensicherungen und Flächendichtungen wird nach den Erfahrungen der Antragsteller gegenwärtig von den Anwendern und Schraubenherstellern getrieben, was sich auch in der Zusammensetzung des PA zeigt. Gerade das Handwerk ist auch weiterhin auf Schraubensicherungen zur funktionalen Umsetzung ihrer Produkte angewiesen. Die Forschungsergebnisse helfen somit aktuell den Anwendern und perspektivisch den Klebstoffherstellern, die in Deutschland zum großen Teil mittelständisch geprägt sind.

Vorläufiger projektbegleitender Ausschuss

Miele & Cie. KG., Bestklebstoffe GmbH & Co. KG, Kisling AG, Weicon GmbH & Co. KG, Plasmatrete GmbH, Mercedes-Benz Group AG, Ejot SE & Co. KG, Schrauben Betzer GmbH & Co. KG, Galfa GmbH & Co. KG, Haka GmbH, Prelok GmbH, Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K., Alfred Baalman IAB Ingenieurbüro

Einreichende Forschungsvereinigung

DECHEMA e.V., Frankfurt am Main

Durchführende Forschungseinrichtungen

TU DD, Professur Fügtechnik und Montage, Prof. Dr.-Ing. Hans Christian Schmale, Dresden Fraunhofer IFAM, Prof. Dr. rer. nat. Bernd Meyer, Bremen

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Hans Christian Schmale, hans_christian.schmale@tu-dresden.de
Dr. rer. nat. Matthias Popp, matthias.popp@ifam.fraunhofer.de



PFAS in reaktiven Schraubensicherungen und Dichtungen