

Advanced Materials: „To be or not to be, that is the question.“

Kleb- und Dichtstoffe brauchen eine eindeutige Einordnung als „Advanced Materials“ – ein Plädoyer von technologie-existenzieller Bedeutung



(Bild: AdobeStock_ThorstenSchmitt)

Über Technologieperspektiven wird immer weniger auf Basis eines ausgewogenen Nutzwertes diskutiert und entschieden. Aktuelles Beispiel: Sind Kleb- und Dichtstoffe „Advanced Materials“? Expert:innen aus dem Bereich Dichten. Kleben. Polymer würden diese Frage uneingeschränkt mit „ja“ beantworten. In Brüssel diskutiert man jedoch noch. Und das Ergebnis dieser Diskussion kann höchst unterschiedliche Folgen haben.

Versuchen wir dieses (Begriffs-)Thema und mögliche Folgen einzuordnen. Weder ISO noch CEN liefern eine klare Definition von „fortschrittlichen Werkstoffen“ (Advanced Materials). In ihrer Mitteilung COM/2024/98 „Fortschrittliche Werkstoffe für die industrielle Führungsrolle“ beschreibt die Europäische Kommission den Begriff inhaltlich genau, wenn auch nicht als separate Definition, und verweist auf die Definition der OECD [1]. Die OECD definiert sie in einer „Arbeitsbeschreibung zu „fortschrittlichen Werkstoffen“ wie folgt: „Unter fortschrittlichen Werkstoffen versteht man Werkstoffe, die rational so konzipiert sind, dass sie (i) neue oder verbesserte Eigenschaften und/oder (ii) gezielte oder verbesserte strukturelle Merkmale aufweisen, mit dem Ziel, eine bestimmte oder verbesserte Funktionsleistung zu erzielen. Dies umfasst sowohl neu entwickelte Materialien (Hightech-Materialien) als auch Materialien, die aus traditionellen Materialien hergestellt werden (Lowtech-Materialien). [2]“

Soweit die Definition, doch was sind „Advanced Materials“ derzeit aus dem Blickwinkel der EU? Sie versteht darunter Werkstoffe, die gezielt – weit über das hinaus, was klassische Materialien leisten können – mit neuartigen Eigenschaften entwickelt werden. Dazu zählen z.B. besonders leichte und gleichzeitig stabile Werkstoffe, intelligente Beschichtungen oder Materialien, die Strom speichern oder leiten etc. Sie sind zentrale Bausteine für die grüne und digitale Transformation, mit Anwen-

dungen in Bereichen wie Energie, Mobilität, Elektronik, Bauwesen und Gesundheit. Warum sich die EU mit dem Thema beschäftigt, liegt auf der Hand: Zum einen geht es um Wettbewerbsfähigkeit. Wer neue Materialien schneller entwickelt und in die Anwendung bringt, verschafft sich Vorteile in Schlüsselindustrien. Zum anderen soll die Abhängigkeit von importierten Rohstoffen und Technologien reduziert werden. Und nicht zuletzt sind Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft Treiber: „Advanced Materials“ sollen helfen, Ressourcen effizienter zu nutzen, problematische Substanzen zu ersetzen und Recyclinglösungen zu fördern. Die Europäische Kommission hat 2024 eine umfassende Strategie vorgestellt, die auf fünf Säulen beruht:

- Stärkung von Forschung und Innovation,
- schnellere Überführung vom Labor in die Produktion,
- bessere Finanzierungsmöglichkeiten,
- Förderung der industriellen Anwendung,
- eine klare Governance-Struktur. Dazu gehört auch ein neuer „Technology Council for Advanced Materials“, der Politik, Wissenschaft und Industrie zusammenbringt.

Jedoch ändert dieser Ansatz zunächst nichts an den Herausforderungen: Die Forschungslandschaft ist fragmentiert, es gibt Investitionslücken, Standards fehlen und Fachkräfte sind knapp. Gleichzeitig aber wächst der Druck, Lösungen für kritische Rohstoffe zu entwickeln und Innovationen schneller in den Markt zu bringen. „Advanced Materials“ sind damit nicht nur ein Zukunftsthema für Expert:innen – sie betreffen zentrale Fragen von Wirtschaft, Umwelt und Sicherheit in Europa.

Und was ist mit „Non-Advanced-Materials“? Sie bleiben für die EU weiterhin relevant – allerdings nicht in Bezug auf Innovation, sondern in Hinsicht auf Regulierung, Nachhaltigkeit und Modernisierung bestehender Industrien. Während „Advanced Materials“ als Innovationsmotor anerkannt werden, blickt

man auf konventionelle Materialien regulatorisch, damit diese nachhaltiger, sicherer und ressourcenschonender hergestellt und eingesetzt werden. Kleb- und Dichtstoffe sind für die EU derzeit anscheinend ein Grenzfall – die Tür zum „Advanced“-Status öffnet sich dort, wo sie einen technologischen oder nachhaltigen Sprung erlauben.

Warum sind Kleb- und Dichtstoffe „Advanced Materials“?

Diese Grenzfall-Diskussion verdeutlicht ein Missverständnis, denn Kleb- und Dichtstoffe sind in ihrer Systemrelevanz für bekannte und neue Lösungen schon heute „Enabler“. Darüber hinaus ist die Neu- und Weiterentwicklung von Materialien zwingend erforderlich, weil die Anforderungen an Produkte im 21. Jahrhundert kontinuierlich steigen werden. Beispiele steigender Produktanforderungen sind Leichtbau, Miniaturisierung, Produktlebenszeitverlängerung, Reparierbarkeit, Qualitätsverbesserung, Designanforderungen, Abfallvermeidung u.v.m. Diese Anforderungen zu erfüllen, ist Aufgabe der im Produkt verwendeten Werkstoffe.

Materialvielfalt ist ein charakteristisches Merkmal des 21. Jahrhunderts, denn Produkte werden größtenteils aus Materialverbindungen bestehen. Dieser Technologietrend spiegelt die Tatsache wider, dass ein einzelnes Material – ob „konventionell“ oder „fortschrittlich“, „Hightech“ oder „Lowtech“ – i.d.R. nicht in der Lage ist, komplexe Anforderungen allein zu erfüllen. Dies gilt auch für Materialien, die bereits über neue oder verbesserte Eigenschaften, strukturelle Merkmale und/oder funktionale Leistungen verfügen. Die Realisierung greifbarer neuer Produkte unter ausschließlicher Verwendung von Monomaterialien erscheint heute und morgen nicht sinnvoll, da dies auch enorme einschränkende Auswirkungen auf Innovationen und damit auf ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum hätte.

Interessant für
alle Branchen

Weitere Informationen
Fraunhofer IFAM | Bremen
www.kleben-in-bremen.de

 Zum Lösungspartner

 Professor Dr. Andreas Groß,
Abteilungsleiter Weiterbildung und
Technologietransfer

Die Notwendigkeit von Werkstoffverbindungen hat zur Folge, dass ein definiert „fortschrittlicher Werkstoff“ auch nur dann sein „Advanced-Potenzial“ nutzen kann, wenn er mit anderen Werkstoffen zu einem Endprodukt verbunden werden kann. Diese Verbindung muss nicht nur langfristig stabil und sicher sein, sondern die besonderen Eigenschaften der verwendeten Materialien dürfen nicht verloren gehen, und müssen in ihrer Wechselwirkung zueinander dem Anforderungsprofil des jeweiligen Endprodukts entsprechen. Daraus ergeben sich zwei Schlussfolgerungen für Verbindungstechnologien:

1. Aufgrund der steigenden Leistungsanforderungen an Produkte und damit an die verwendeten Einzelmateriale steigen parallel dazu auch die Anforderungen an die Verbindungstechnologien.
2. Werkstoffentwicklung, einschließlich fortschrittlicher Materialien, muss grundsätzlich und stets mit der Entwicklung geeigneter Verbindungstechnologien einhergehen. „Eignung“ bedeutet in diesem Zusammenhang, die Eigenschaften der Materialien im Verbund zu erhalten. Ohne diese Verbindungscharakteristik können die Materialien die Anforderungen des Produktprofils nicht erfüllen.

Derzeit wird jedoch der systemische Fehler gemacht, Werkstoffentwicklung und Verbindungstechnik nicht grundsätzlich gemeinsam zu denken.

„Advanced Materials“ zwischen den Materialien

Schon heute ist unser Alltag ohne Kleb- und Dichtstoffe undenkbar, denn sie leisten längst genau das, was oben in den Schlussfolgerungen beschrieben wurde: In zahllosen Anwendungen erfüllen sie in ihrem verfestigten Zustand als „Material zwischen Materialien“ die geforderte Verbindungsfunktion – sie verbinden sicher und lange und erhalten dabei die Eigenschaften der zu verbindenden Werkstoffe. Ergänzend können über die Kleb- und Dichtstoffe darüberhinausgehende Funktionen in das Produkt integriert werden. Ihre Eigenschaften und strukturellen Merkmale, die sich während des Klebvorgangs zwischen den zu verbindenden Teilen entwickeln, ermöglichen daher die jeweils spezifische Funktionsleistung des Endprodukts. Deshalb sind Kleb- und Dichtstoffe ebenso wichtig wie die „fortschritt-

lichen Werkstoffe“ selbst und müssen als solche klassifiziert werden. Weil fortschrittliche Materialverbundwerkstoffe ihre Eigenschaften in einem Produkt nur dann entfalten können, wenn sie so miteinander und/oder mit anderen Werkstoffen verbunden werden, kommt der Klebtechnik im 21. Jahrhundert zunehmend eine zentrale Bedeutung zu.

Da das verfestigte „Material zwischen den Materialien“, das den Klebvorgang ermöglicht, jedoch erst während des Klebvorgangs durch Verfestigung entsteht, müssen die Kleb- und Dichtstoffe bereits in ihrem chemisch unausgehärteten oder physikalisch nicht abge bundenen Ausgangszustand als „Advanced Materials“ klassifiziert werden. Die Entwicklung und Verwendung von „Materialkarten“ in FEA-(Finite-Elemente-Analyse) und CAE-Prozessen (computer-gestütztes Engineering) sind Indikatoren dafür, dass anwenderseitig bereits seit Langem die nicht ausgehärteten oder nicht abge bundenen Kleb- und Dichtstoffe als eigenständige „Advanced Materials“ angesehen werden und dass die Modellierung und Auslegung des „Werkstoffs zwischen Werkstoffen“ und die daraus resultierenden Schnittstellen zu den Substraten bereits berücksichtigt werden.

Da die Kleb- und Dichtstoffe nach ihrer Verfestigung eine heterogene Materialverbindung zwischen den zu verbindenden Teilen herstellen, erfüllt der verfestigte Klebstoff aufgrund seines speziell auf die jeweilige Anwendung zugeschnittenen Designs die eingangs erwähnte OECD-Definition „fortschrittlicher Werkstoffe“ als „Material zwischen Materialien“ („...rational entwickelt, um (i) neue oder verbesserte Eigenschaften und/oder (ii) gezielte oder verbesserte strukturelle Merkmale zu erzielen, mit dem Ziel, eine bestimmte oder verbesserte Funktionsleistung zu erreichen...“).

Technologieverständnis – die zentrale Basis für Zukunft

Über technische Entwicklungen, die ohne moderne Kleb- und Dichtstoffe nicht möglich wären, ist schon viel geschrieben worden. Ungeachtet dessen weht der multifunktionalen Verbindungstechnologie Kleben derzeit der Wind ins Gesicht. Ein Beispiel, das es bis zur Erwähnung in Gesetzen gebracht hat, ist die – inhaltlich falsche! – Aussage, Kleben sei „recycling-feindlich“. Auch wenn die Klebtechnik technisch korrekt als „unlösbare“ Verbindungstechnik klassifiziert ist [3], wird diese technologisch korrekte Einteilung jedoch in der populären und politischen Beurteilung der Klebtechnik – und insbesondere in ökologischen Überlegungen – allgemein missverstanden. Dieses Missverständnis führt dann zu der Fehleinschät-



(Bild: Fraunhofer IFAM | Bremen)



zung, „nicht lösbare“ Verbindungen erschweren das Recycling oder machen es unmöglich. Fakt ist aber, dass sich jede Verbindung, ob mit „lösbaaren“ oder „unlösbaaren“ Fügetechniken hergestellt, auch wieder lösen lässt. Der einzige Unterschied zwischen den Fügetechniken besteht darin, dass bei „lösbaaren Fügetechniken“ die gefügten Teile während des Trennvorgangs keine (i.d.R. geometrischen) Schäden davontragen und nach dem Trennvorgang als Fügepartner für die Herstellung neuer Produkte wiederverwendet werden können. Bei Produkten, die mit „nicht lösbaren“ Verbindungstechniken hergestellt wurden, werden ein oder beide verbundenen Teile durch den Trennvorgang häufig (i.d.R. geometrisch) beschädigt oder verunreinigt. Dennoch ist durch gezielte Produktgestaltung und die Auswahl geeigneter Trennverfahren auch bei geklebten Produkten gerade durch die Verwendung von Kleb- und Dichtstoffen eine Reparatur oder ein Recycling möglich. Die grundsätzliche Recyclingfähigkeit bestimmt der Werkstoff und nicht die Verbindungstechnik. Die Trennverfahren für geklebte Produkte wurden 2020 in zusammengefasster Form in DIN/TS 54405:2020-12 [4] veröffentlicht. Das Dokument enthält Leitlinien für die Trennung von Klebverbindungen und wird für

die internationale Anwendung derzeit in einem laufenden Projekt in eine ISO-Norm überführt. [5]

Die Perspektive als „Non-Advanced-Materials“

Europa hat nach wie vor die unangefochtene weltweite Führungsposition in der Kleb- und Dichttechnik. Innovationen in diesem Bereich stammen derzeit größtenteils aus Europa. Diese Führungsposition muss erhalten und ausgebaut werden. Dies ist besonders vor dem Hintergrund wichtig, dass es bereits viele Bereiche gibt, in denen Europa seine technologische Führungsrolle verspielt und damit verloren hat, was zu wirtschaftlichen Nachteilen und Abhängigkeiten geführt hat. Wenn Europa seine Führungsposition also auch in der Kleb- und Dichttechnologie nicht behaupten und ausbauen kann, wird die Entwicklung auch in diesem Bereich anderswo auf der Welt stattfinden – die USA und China sind hierfür sicherlich sehr geeignete Beispiele –. Einer zukunftsnotwendigen Technologie ist es egal, wer sie wo wann (weiter-) entwickelt. Das Wasser findet seinen Weg, immer...! Und Europa wird auch hier nur wieder hinterherhinken. Diese Gefahr steigt,

wenn Kleb- und Dichtstoffe – ungeachtet der Tatsache, dass dies einfach falsch ist – nicht als „Advanced Materials“ behandelt und als solche klassifiziert werden. Auch eine Grenzfall-Diskussion – wie immer sie geregelt wird – ist hier nicht zielführend. Kleb- und Dichtstoffe sind „speziell entwickelte Materialien zwischen den Materialien“. Sie müssen daher in die Gruppe der „Advanced Materials“ eingestuft werden.

Literatur

- [1] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52024DC0098>
- [2] [https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO\(2022\)29/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO(2022)29/en/pdf)
- [3] M. Bassing, Lösbaare Verbindungen. <https://www.metallbau-stahlbau.net/loesbare-verbindung>, Zugriff am 31.08.2025)
- [4] DIN/TS 54405-04, Konstruktionsklebstoffe – Leitfaden zur Trennung und zum Recycling von Klebstoffen und Substraten aus Klebeverbindungen, DIN Media Berlin, 2021)
- [5] ISO/AWI 21037, Klebstoffe – Leitfaden für die Trennung von Klebeverbindungen zur Ermöglichung von Reparaturen und zur Verbesserung des Recyclings, aktuelles ISO-Projekt