

POSITIONSPAPIER DER DECHEMA-FACHGRUPPE KLEBTECHNIK

Technologische Leistungsfähigkeit realitätsgerecht bewerten

Die industrielle Klebtechnik als Referenzfall für die
Weiterentwicklung technologischer Bewertungsansätze



Executive Summary: Kernaussage und industriepolitischer Handlungsbedarf

In bestehenden regulatorischen und administrativen Bewertungsansätzen werden prozess- und transformationsbasierter Technologien vor allem auf Basis von Ausgangsstoffeigenschaften eingeordnet. Wie der Referenzfall „Klebtechnik“ aufzeigt, entstehen die **technologische Leistungsfähigkeit und der wirtschaftliche Nutzen** jedoch durch die zielgerichtete Verarbeitung, bei der der Klebstoff eine kontrollierte Transformation durchläuft und zeigen sich erst im funktionalen Endzustand des Anwendungssystems.

Bewertungsansatz und technologisch wirksamer Zustand fallen damit auseinander.

Konsequenz:

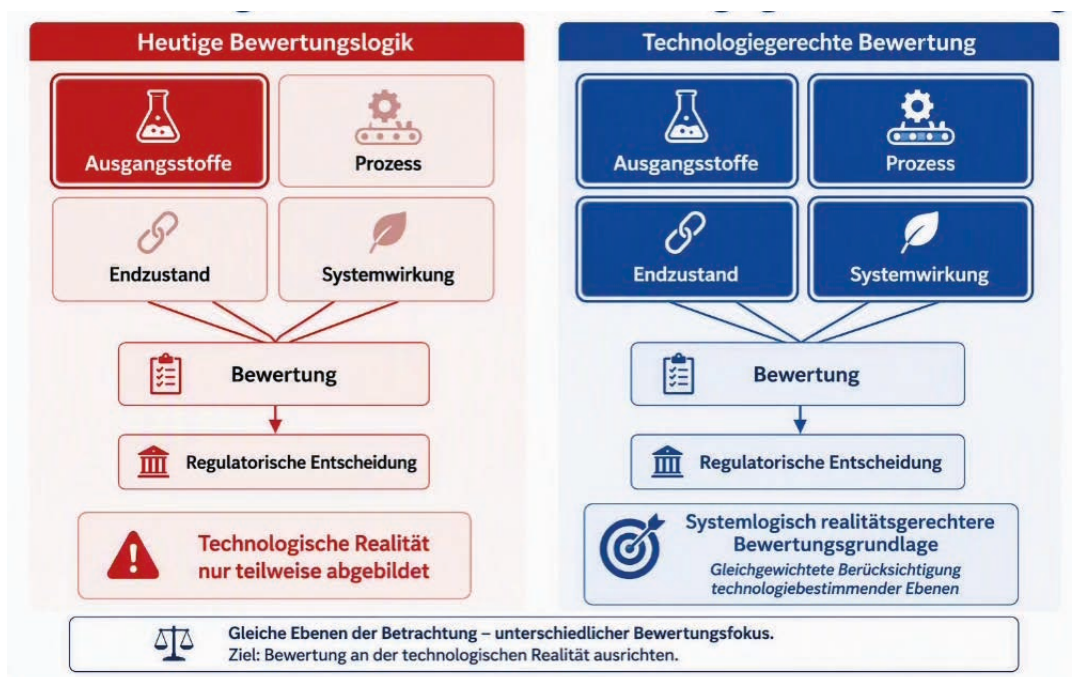
Technologische Leistungsfähigkeit wird in diesem Kontext strukturell unterbewertet. Zentrale Beiträge moderner Verbindungstechnologien wie der Klebtechnik – etwa in den Bereichen Leichtbau, Energieeffizienz, Funktionsintegration und Kreislaufwirtschaft – werden nicht adäquat erfasst. Dies führt zu Fehlsteuerungen in Regulierung, Innovation und industriepolitischer Prioritätensetzung.

Implikation für die Politik:

Bei prozess- und transformationsbasierten Technologien erfasst die bestehende Bewertungslogik häufig nicht den Zustand, der die technologische Wirkung bestimmt.

Handlungsbedarf:

Der Bewertungsmaßstab muss bei prozess- und transformationsbasierten Technologien über die Betrachtung der Ausgangsstoffe hinaus auch Prozessführung, Transformation, funktionalen Endzustand und Wirkung im Anwendungssystem systematisch berücksichtigen. Auf dieser Grundlage müssen bestehende Bewertungslogiken erweitert werden, damit sie sich an der tatsächlichen technologischen Wirkungsweise orientieren und so Innovationen fördern.



Gleiche technologische Realität, unterschiedlicher Bewertungsfokus. Eine technologiegerechte Bewertung berücksichtigt Ausgangsstoffe, Prozess, Endzustand und Systemwirkung gleichgewichtet.

Einordnung und Problemstellung

Die industrielle Klebtechnik steht beispielhaft für ein strukturelles Problem heutiger Bewertung transformativ-prozessorientierter Technologien. Bewertet wird vielfach nicht der Zustand, der die tatsächliche technologische Wirkung bestimmt: In politischen und regulatorischen Kontexten erfolgt die Einordnung häufig technologieprägend auf Basis von Ausgangsstoffeigenschaften: (im Falle der Klebtechnik des nichtverfestigten Klebstoffs) Die technologische Leistungs- und Innovationsfähigkeit entsteht jedoch erst durch die kontrollierte Transformation der Ausgangsstoffe im Prozess (z.B. das Festwerden des Klebstoffs) und den funktionalen Endzustand des Anwendungssystems. Zwischen Bewertungsgegenstand und technologischer Wirkungsweise besteht damit eine systematische Diskrepanz.

Die Konsequenz ist gravierend: Zentrale Beiträge der industriellen Schlüsseltechnologie Kleben – nicht nur in Leichtbau, Energieeffizienz, Funktionsintegration und Ressourcennutzung – werden nicht adäquat erfasst. Bewertet werden ausgangsstoffliche Eigenschaften, nicht die im Anwendungssystem wirksame Leistung.

Diese Fehlgewichtung ist systembedingt. In etablierten Bewertungsansätzen werden Ausgangsstoffeigenschaften häufig stärker berücksichtigt als Prozessführung, Transformation, Endzustand und Anwendungssystem. Die technologische Wirkung entsteht jedoch erst aus deren Zusammenwirken und wird deshalb nicht vollständig erfasst. Die Bewertung ausgangsstofflicher Gefährdungsmerkmale sowie Anforderungen an Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz bleiben unverzichtbar. Damit verbundene Risiken sind – analog zu etablierten Technologien wie Schweißen oder Faserverbundverarbeitung – durch geeignete Prozessführung und qualifizierte Anwendung beherrschbar. Das Defizit liegt folglich nicht in der Bewertung an sich, sondern in ihrer fehlenden Verknüpfung mit der letztlich technologisch-innovativen Wirkung im Endzustand.

Am Beispiel der Klebtechnik wird dies besonders deutlich. Ihre Wirkung liegt nicht im Ausgangszustand – dem Klebstoff als Produkt –, sondern in der im Prozess erzeugten Verbindung und deren Funktion im System. Wird die Bewertung auf die Ausgangsstoffe verengt, erscheint Klebtechnik als Chemikalthema – und nicht als das, was sie tatsächlich ist: eine integrative, strukturprägende Systemtechnologie.

Die Folgen reichen weit über die technologische Einordnung hinaus. Die bestehende Bewertungslogik beeinflusst regulatorische Entscheidungen, Innovationsprozesse und industriepolitische Prioritäten. Fehlbewertungen führen zu Fehlsteuerungen und zur systematischen Unterschätzung technologischer Potenziale. Daraus entstehen strukturelle Wettbewerbsnachteile. Angesichts der aktuellen Dynamik in Werkstoffentwicklung, Dekarbonisierung und Kreislaufwirtschaft ist diese Entwicklung nicht tragfähig. Leichtbau, Energiewende und Kreislaufwirtschaft sind auf Technologien angewiesen, die Werkstoffe, Funktionen und Prozesse in leistungsfähigen Gesamtsystemen integrieren. Die Klebtechnik ist hierfür ein exemplarisches Beispiel, da sie Werkstoffeigenschaften im System erhalten und zugleich zusätzliche Funktionen in technische Systeme integrieren kann. Wird die Wirkung solcher Technologien nicht oder nur unzureichend bewertet, bleiben auch ihre Beiträge zur Zielerreichung unberücksichtigt.

Daraus folgt ein klarer Handlungsbedarf. Der Bewertungsmaßstab muss sich – bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Ausgangsstoffen, Transformation, sicherer Prozessführung sowie der sicheren Nutzung im Anwendungskontext – am funktionalen Endzustand und dessen Wirkung orientieren.

Für die Klebtechnik bedeutet dies einen Perspektivwechsel. Sie ist nicht ausschließlich als „Chemikalienproblem“ zu bewerten, sondern als systemwirksame Verbindungstechnologie zur Integration von Werkstoffen und Funktionen in leistungsfähige Gesamtsysteme. Als Schlüsseltechnologie moderner Werkstoff- und Systemintegration ermöglicht sie Anwendungen und Leistungsmerkmale, die mit einzelnen Werkstoffen oder alternativen Fügeverfahren häufig nicht erreichbar sind.

Technologieprägend bewertet wird derzeit nicht das, was die technologische Wirkung bestimmt.

Problemstellung: Bewertungsdefizit technologischer Systeme am Beispiel der industriellen Klebtechnik

Die industrielle Klebtechnik macht ein strukturelles Bewertungsproblem moderner Technologien beispielhaft sichtbar: Leistungsfähigkeit entsteht aus der im Prozess erzeugten Verbindung und deren Wirkung im Anwendungssystem. Sie entsteht nicht aus den Eigenschaften eingesetzter Ausgangsstoffe.

Der funktional relevante Zustand ist damit der im Prozess entstehende Endzustand – in der Klebtechnik die Klebfuge. Dieser entsteht durch gezielte und nachweislich beherrschte Transformation und weist Eigenschaften auf, die sich in den für die intendierte Funktion relevanten Aspekten von denen der Ausgangsstoffe unterscheiden; so ist der Ausgangsstoff meist flüssig, die Klebfuge fest; chemische Reaktionen führen dazu, dass sich die Klebfuge auch in ihrer Zusammensetzung erheblich vom Ausgangsstoff unterscheidet. Erst im Anwendungskontext entfaltet dieser Endzustand seine Wirkung und bestimmt die faktische Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems. Diese ist für die Beurteilung technologischer Leistungsfähigkeit entscheidend.

In der Bewertungspraxis wird die Klebtechnik jedoch häufig über die Eigenschaften ihrer Ausgangsstoffe eingeordnet, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Gefährdungsmerkmale eingesetzter Chemikalien. Damit wird faktisch ein vorprozessualer Zustand zum technologieprägenden Bewertungsmaßstab gemacht, der für die tatsächliche technologische Wirkung jedoch nicht maßgeblich ist.

Vergleichbare prozessgeführte Technologien, deren funktionale Eigenschaften ebenfalls erst durch Transformation im Prozess entstehen, werden demgegenüber faktisch über den Endzustand bewertet. Sowohl in der Schweißtechnik als auch in der Faserverbundtechnologie stehen das im Prozess erzeugte Werkstück und dessen Eigenschaften im Anwendungskontext im Zentrum regulatorischer, administrativer und politischer Bewertung. Die unterschiedliche Einordnung der ebenfalls transformativ-prozessorientierten Klebtechnik ist damit nicht technologisch begründen. Sie resultiert aus einer stoffzentrierten, endzustandsirrelevanten Bewertungslogik.

Entscheidend für die technologische Einordnung und die intendierte Wirkung im System ist die prozessbedingte Transformation der Ausgangsstoffe und deren nachweisliche Beherrschung. Die maßgeblichen Eigenschaften entstehen systematisch über den Prozess zum resultierenden Endzustand, in dem die Ausgangsstoffe nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form vorliegen.

Die Bewertung ausgangsstofflicher Gefährdungsmerkmale ist für die sichere Herstellung, Lagerung, Verarbeitung und Nutzung unverzichtbar. Potenzielle Gefährdungen werden dabei über den gesamten Lebenszyklus hinweg systematisch betrachtet. Die technologische Wirkung des durch Transformation entstehenden Endzustands wird hingegen regulatorisch, administrativ und politisch nicht in vergleichbarer Tiefe berücksichtigt.

Damit zeigt sich für die industrielle Klebtechnik die strukturelle Diskrepanz zwischen technologischer Realität und etablierter Bewertungspraxis: Bewertet wird faktisch ein Zustand, der die tatsächliche Leistung nicht bestimmt. Diese strukturelle Diskrepanz ist kein Einzelfall, sondern auch bei anderen prozessgeführten Technologien zu beobachten.

Am übertragbaren Beispiel der Klebtechnik wird somit deutlich, dass bestehende Bewertungsansätze zentrale Mechanismen moderner Technologien – insbesondere die Bedeutung von beherrschbarer Transformation und Prozessführung sowie Anwendungskontext – nicht systematisch erfassen. Die Einordnung technologischer Leistungsfähigkeit erfolgt dadurch unvollständig und führt zwangsläufig zu verzerrten Ergebnissen und systematischen Fehlbewertungen.

Systematische Fehlbewertung prozessgeführter Technologien

Im Fall der industriellen Klebtechnik zeigt sich die in Kapitel 1 dargestellte Diskrepanz nicht als isolierte Besonderheit, sondern als strukturelle Fehlbewertung bei der Einordnung transformativ-prozessgeführter Technologien. Sie entsteht aus einer dominierenden Ausrichtung der Bewertung auf die Eigenschaften der eingesetzten Ausgangsstoffe, insbesondere unter dem Gesichtspunkt stofflicher Gefährdungsmerkmale. Dieser Ansatz folgt implizit einer vereinfachten Gleichsetzungslogik („Ausgangsstoff gefährlich = Technologie gefährlich“).

Im Kern wird dabei die stoffliche Ausgangsbasis als maßgeblicher und technologiebestimmender Bezugspunkt herangezogen. Für die industrielle Klebtechnik, bei der die entscheidenden Eigenschaften jedoch erst durch Transformation im nachweislich beherrschbaren Prozess, der auch die fachgerechte Lagerung der Ausgangsstoffe explizit integriert, entstehen, führt diese Gleichsetzung zwangsläufig zu einer Fehlbewertung: Der Bezugspunkt der Bewertung bildet die für die technologische Wirkung maßgeblichen Ebenen von Transformation und Endzustand sowie die daraus resultierende Leistungsfähigkeit im Anwendungssystem nicht vollständig ab.

Diese Bewertungslogik ist nicht zufällig, sondern strukturell bedingt. Sie resultiert aus etablierten regulatorischen und administrativen Systemen, insbesondere im chemikalienrechtlichen Kontext, in denen die Bewertung an Stoffeigenschaften, Gefährdungsmerkmalen und Klassifikationen ansetzt. Diese Logik wird jedoch auf Technologien wie die Klebtechnik übertragen, bei denen der Ausgangszustand lediglich einen Teil des technologischen Gesamtsystems beschreibt und die im Prozess entstehenden Stoffe im Endzustand nicht mehr in ihrer ursprünglichen stofflichen und funktionalen Ausprägung vorliegen.

In der Folge verschiebt sich der Bewertungsfokus systematisch und faktisch auf vorprozessuale Zustände, während der im Prozess entstehende funktional relevante Endzustand und dessen Wirkung im Anwendungskontext nicht zum maßgeblichen Bewertungsgegenstand gemacht werden. Damit wird nicht der Zustand bewertet, der die technologische Leistung bestimmt. Die tatsächliche Leistungsfähigkeit bleibt somit zwangsläufig unvollständig erfasst.

Die beobachtbare Fehlbewertung ist daher keine Folge einzelner Fehlentscheidungen. Sie ist vielmehr unmittelbare und systematische Konsequenz einer strukturellen Diskrepanz zwischen bestehender Bewertungslogik und der Funktionsweise der industriellen Klebtechnik.

Konsequenzen, industriepolitische Relevanz und Handlungsbedarf

Diese strukturelle Fehlanpassung zwischen Bewertungslogik und technologischer Wirkungsweise bleibt im Fall der industriellen Klebtechnik nicht folgenlos. Sie führt unmittelbar zu einer verzerrten Einordnung ihrer technologischen Leistungsfähigkeit und beeinflusst regulatorische, innovationspolitische und industriepolitische Entscheidungen.

Auf technologischer Ebene hat dies eine klare Konsequenz: Die im Prozess entstehenden funktionalen Eigenschaften und die daraus resultierende Systemleistung werden systematisch untererfasst. Dadurch bleiben zentrale Potenziale der Klebtechnik – branchenübergreifend und weit über die Bereiche Leichtbau, Energieeffizienz, Funktionsintegration und Ressourcennutzung hinaus – strukturell unterschätzt. Sie werden in ihrer technologischen wie wirtschaftlichen Bedeutung für moderne Wertschöpfungssysteme nicht angemessen berücksichtigt. Betroffen ist damit gerade eine Technologie, die aufgrund ihrer Fähigkeit zur werkstoffübergreifenden Integration von Materialien und Funktionen in zahlreichen industriellen Anwendungsfeldern eine Schlüsselrolle einnimmt.

Auch auf regulatorischer Ebene wirkt diese Logik unmittelbar: Bewertungsansätze orientieren sich überwiegend an vorprozessualen Zuständen und erfassen damit nicht den für die technische Funktion maßgeblichen



Zustand der Klebverbindung. Die tatsächliche Systemwirkung bleibt dadurch regulatorisch unterrepräsentiert. Dies führt zu Fehlsteuerungen, etwa durch nicht zielgerichtete Substitutionsentscheidungen oder durch regulatorische Prioritätensetzungen, die sich nicht an der tatsächlichen technologischen Wirkung orientieren.

Diese Bewertungslogik prägt zugleich die Wahrnehmung der Klebtechnik: Sie wird häufig als nachgeordnete Hilfstechnologie, als notwendiges Übel oder primär als „Chemieproblem“ eingeordnet. Diese Wahrnehmung ist nicht technologisch begründet, sondern unmittelbare Folge einer stoffzentrierten Bewertungslogik, die die tatsächliche Rolle der Klebtechnik im Anwendungssystem nicht adäquat erfasst.

Die Konsequenzen sind von unmittelbarer industriepolitischer Relevanz: Die bestehende Bewertungslogik beeinflusst die strategische Einordnung der Klebtechnik, die Prioritätensetzung in Forschung und Entwicklung sowie ihre industriepolitische Förderung. Dadurch wird die Innovationsdynamik in zentralen Anwendungsfeldern geschwächt und es entstehen strukturelle Wettbewerbsnachteile, insbesondere im internationalen Kontext.

Angesichts der Dynamik in Werkstoffentwicklung, Dekarbonisierung und Kreislaufwirtschaft ist diese Entwicklung nicht tragfähig. Leichtbau, Energiewende und Kreislaufwirtschaft sind in zentralen Bereichen auf Technologien angewiesen, deren Leistungsfähigkeit erst im Anwendungssystem entsteht. Wird diese nicht oder nur unzureichend berücksichtigt, bleiben auch ihre Beiträge zur Zielerreichung strukturell unterrepräsentiert.

Daraus ergibt sich ein klarer industriepolitischer Handlungsbedarf: Der Bewertungsmaßstab muss bei transformativ-prozessorientierten Technologien über die Betrachtung der Ausgangsstoffe hinaus auch Prozessführung und deren Beherrschung, die Transformation der Stoffe, den funktionalen Endzustand sowie die tatsächliche Wirkung im Anwendungssystem systematisch berücksichtigen. Maßgeblich ist der im Prozess entstehende funktionale Endzustand der Klebverbindung und dessen Wirkung im Anwendungskontext.

Dies erfordert insbesondere:

- die systematische Berücksichtigung von Prozessführung und Transformation als integrale Bestandteile der Klebtechnik,
- die systematische Einbeziehung des funktionalen Endzustands und seiner Wirkung im Anwendungssystem in die Bewertung technologischer Leistungsfähigkeit,
- sowie eine Einordnung der Klebtechnik entlang ihrer tatsächlichen Wirkung im Anwendungssystem.

Ohne eine solche Anpassung bleibt die reale Leistungsfähigkeit der Klebtechnik strukturell unterbewertet – mit unmittelbaren Folgen für Innovationsfähigkeit, industrielle Entwicklung und Wettbewerbsfähigkeit.

Einordnung und Hintergrund

Die dargestellten Zusammenhänge stehen im Kontext etablierter regulatorischer und technischer Bewertungsansätze. Relevante Bezugspunkte sind u. a.:

- REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 – Europäisches Chemikalienrecht
- ECHA: Bewertung, Klassifikation und Kennzeichnung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung)
- Fraunhofer IFAM (2020): Kreislaufwirtschaft und Klebtechnik –
- DIN-/ISO-Normen zur Klassifikation und Bewertung stofflicher Eigenschaften



DECHEMA Fachgruppe Klebtechnik

Die Fachgruppe Klebtechnik der DECHEMA (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.) ist ein interdisziplinäres und branchenübergreifendes Netzwerk aus Wissenschaft, Industrie und Anwendung. Sie befasst sich mit der Entwicklung, Bewertung und industriellen Anwendung klebtechnischer Verfahren entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Ziel der Fachgruppe ist es, den Austausch zwischen Expertinnen und Experten unterschiedlicher Fachrichtungen zu fördern und aktuelle sowie zukünftige Herausforderungen der Klebtechnik gemeinsam zu adressieren. Im Fokus stehen insbesondere die Schnittstellen zwischen Werkstoffentwicklung, Prozessführung, Konstruktion und Anwendung. Durch Workshops, Tagungen und Arbeitskreise unterstützt die Fachgruppe den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die industrielle Praxis sowie die Weiterentwicklung technologischer und methodischer Grundlagen.

Die Mitgliederstruktur ist entsprechend breit aufgestellt. Sie umfasst:

- Unternehmen (z. B. aus der Chemie-, Klebstoff-, Automobil- und Bauindustrie),
- Forschungseinrichtungen (z. B. Fraunhofer-Institute, Universitäten und weitere wissenschaftliche Einrichtungen) sowie
- Verbände und Netzwerke.

Der Charakter der Fachgruppe ist damit bewusst interdisziplinär und sektorübergreifend ausgerichtet.

Die Fachgruppe ist eng in nationale und internationale Strukturen eingebunden. Sie wirkt insbesondere im Kontext des Gemeinschaftsausschusses Klebtechnik (GAK), der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) sowie internationaler Netzwerke wie EURADH. Darüber hinaus besteht eine enge Zusammenarbeit mit relevanten Partnerorganisationen, darunter der Deutsche Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS) sowie Forschungsvereinigungen innerhalb der AiF-Struktur.

Neben der Förderung des wissenschaftlichen Austauschs trägt die Fachgruppe zur Identifikation zukünftiger Entwicklungspotenziale bei und unterstützt die Einordnung der Klebtechnik im Kontext übergreifender technologischer und industriepolitischer Fragestellungen. Damit leistet sie einen Beitrag zur Stärkung der Innovationsfähigkeit und zur Vernetzung relevanter Akteure im Bereich der Klebtechnik.

Weitere Informationen:

https://dechema.de/Gremien+_+Netzwerke/DECHEMA_Gremien/Fachsektion+Funktionale+Materialien/Fachgruppe+Klebtechnik.html

IMPRESSUM:

DECHEMA e. V. – Fachgruppe Klebtechnik

https://dechema.de/Gremien+_Netzwerke/DECHEMA_Gremien/Fachsektion+Funktionale+Materialien/Fachgruppe+Klebtechnik.html

Vorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut
Universität Paderborn
Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF)
Pohlweg 47–49
33098 Paderborn
meschut@lwf.uni-paderborn



Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt
www.dechema.de

Stand: 30. September 2026