

Kreislauffähigkeit von Kunststoffbauteilen

Ultraschallschweißen von Rezyklaten im Kontext der EU-ELV-Verordnung



Inhalt

1. Regulatorischer Hintergrund: Die EU-ELV-Verordnung	4
2. Ultraschall als Fügetechnologie für Rezyklate	5
3. Versuchsaufbau der Untersuchung	6
4. Ergebnis: Rezyklate sind für Ultraschallfügen geeignet	7
5. Praxisempfehlungen für die Prozessentwicklung	9
6. Fazit & Ausblick	10
Mit Herrmann zur idealen Verbindung	11

Schweißnahtqualität von Rezyklaten im Vergleich zu Virgin-Material

Die neue EU-Verordnung über die Kreislauffähigkeit von Fahrzeugen und das Management von Altfahrzeugen (End-of-Life Vehicles Regulation, „ELV-Verordnung“) verpflichtet Fahrzeughersteller künftig zu verbindlichen Rezyklatquoten bei Kunststoffbauteilen. Für die Fertigung bedeutet das: Rezyklate müssen nicht nur beschafft, sondern auch prozesssicher verarbeitet und gefügt werden.

Das Ultraschallschweißen ist in der Automobil- und Zulieferindustrie eines der etabliertesten Fügeverfahren für thermoplastische Kunststoffbauteile. In eigenen Versuchsreihen haben wir untersucht, ob und wie sich Rezyklate mit dieser Technologie sicher und reproduzierbar verarbeiten lassen.

- Vier verschiedene Rezyklate wurden auf Ultraschall-Schweißbarkeit getestet, darunter PA66-GF30 und ABS, jeweils im direkten Vergleich zum Virgin-Material
- In der anschließenden Prüfung zur Schweißnahtfestigkeit zeigten sich keine signifikanten Abweichungen zwischen Rezyklat und Virgin-Material
- Voraussetzung dafür ist eine individuelle Anpassung der Schweißparameter – eine 1:1-Übernahme bestehender Virgin-Parametersätze ist in der Regel nicht möglich

Dieses Whitepaper ordnet die regulatorischen Anforderungen ein, erläutert die technischen Grundlagen des Ultraschallschweißens von Rezyklaten und gibt praxisnahe Empfehlungen für die Prozessentwicklung.



1. Regulatorischer Hintergrund: Die EU-ELV-Verordnung

Was besagt die EU-ELV?

Am 24. Juli 2026 wurde die Verordnung (EU) 2026/1738 über Kreislauffähigkeitsanforderungen an die Fahrzeugkonstruktion und das Altfahrzeugmanagement im Amtsblatt der EU veröffentlicht; sie trat am 13. August 2026 in Kraft. Als EU-Verordnung – im Unterschied zur bisherigen Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG – gilt sie unmittelbar in allen Mitgliedstaaten, ohne nationale Umsetzung.

Die vollständige Anwendung der zentralen Vorschriften beginnt gestaffelt, in der Regel 24 Monate nach Inkrafttreten; einzelne Pflichten wie das Exportverbot für nicht verkehrstaugliche Altfahrzeuge und die erweiterte Herstellerverantwortung folgen in weiteren Übergangsfristen.

Die wichtigsten Eckpunkte für Kunststoffbauteile

Rechtsakt	Verordnung (EU) 2026/1738 – ersetzt Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG und 3R-Typgenehmigungsrichtlinie 2005/64/EG
Rezyklatquote Kunststoff	Mindestens 15 % Rezyklatanteil je Fahrzeugtyp binnen 6 Jahren, steigend auf 25 % binnen 10 Jahren
Anteil aus Altfahrzeugen (Closed Loop)	Mindestens 20 % der Rezyklatquote muss aus Altfahrzeugen bzw. Gebrauchtteilen stammen
Design for Recycling	Fahrzeuge müssen so konstruiert werden, dass Demontage, Wiederverwendung und Recycling erleichtert werden
Erweiterte Herstellerverantwortung (EPR)	Verpflichtend ab 1. September 2029

Was das für die Fertigung bedeutet

Die Rezyklatquote wirkt sich unmittelbar auf die Materialauswahl für Kunststoffbauteile in Fahrzeugen aus – von Strukturbauteilen aus glasfaserverstärktem Polyamid bis zu Sichtbauteilen aus ABS.

Für die Fertigung heißt das konkret: Verfahren, die bislang ausschließlich für Virgin-Material qualifiziert waren, müssen für Rezyklate neu bewertet und freigegeben werden. Darunter fällt auch das Ultraschallschweißen als Fügeprozess, das aufgrund seiner kurzen Zykluszeit und Energieeffizienz häufig eingesetzt wird.

2. Ultraschall als Fügetechnologie für Rezyklate

Beim Ultraschallschweißen werden hochfrequente mechanische Schwingungen (üblicherweise 20–70 kHz) unter Druck in thermoplastische Bauteile eingebracht.

Durch Grenzflächenreibung und Werkstoffdämpfung entsteht an geometrisch definierten Fügezonen (Energierichtungsgeber) lokal Wärme, die das Material aufschmilzt; nach Erstarren unter Druck entsteht eine stoffschlüssige Verbindung.



Die erreichbare Schweißnahtqualität wird neben Werkzeug- und Prozessauslegung maßgeblich vom Kunststoff und dessen Eigenschaften definiert. Dazu zählen auch die Homogenität der Materialeigenschaften und der Einsatz von Additiven.

Genau an diesem Punkt setzt die zentrale Fragestellung für Rezyklate an: Sie unterliegen größeren Schwankungen als Virgin-Material, etwa durch Vorgeschichte, Verunreinigung, Aufbereitungsprozess, Mehrfachverarbeitung oder Herkunftsmix.

3. Versuchsaufbau der Untersuchung

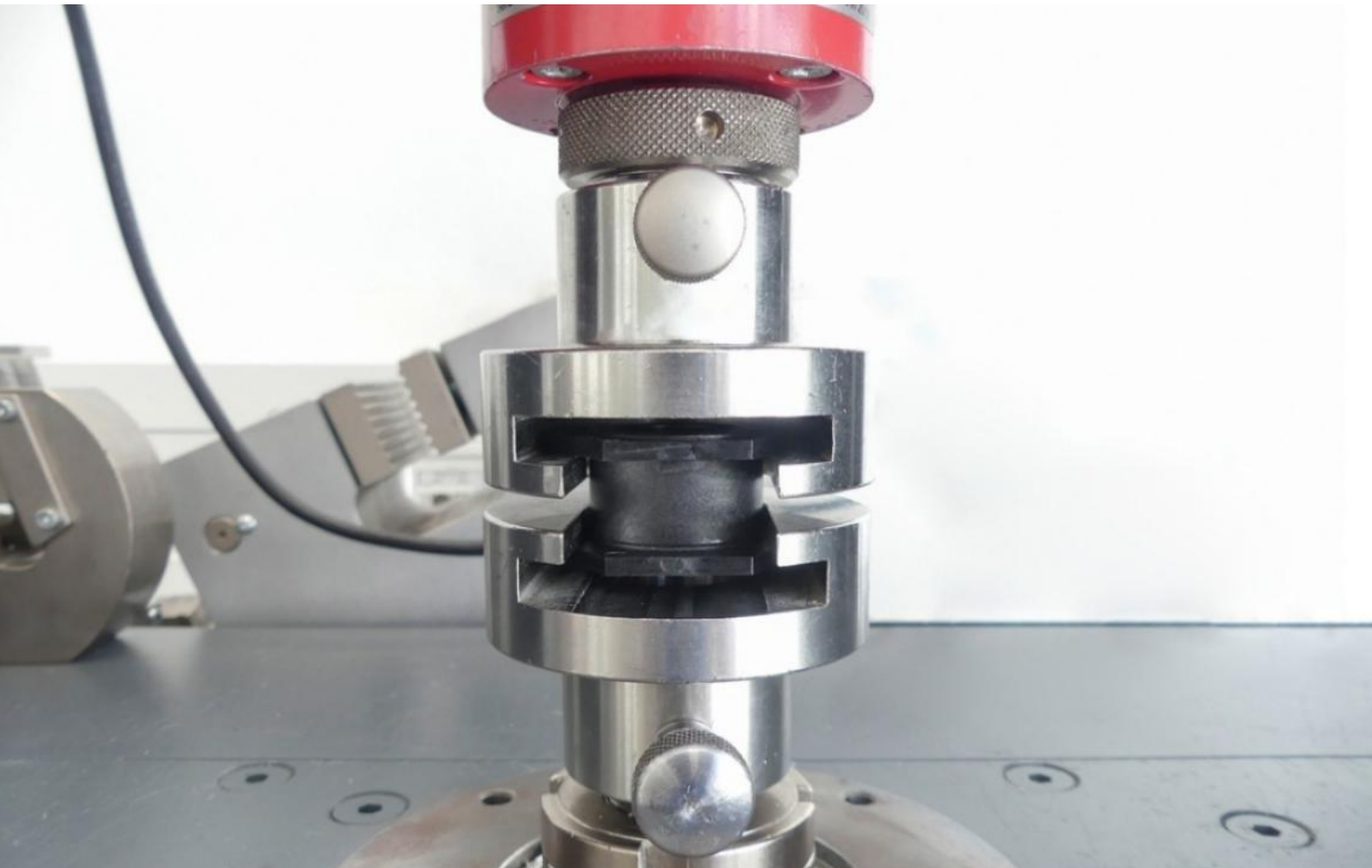
Ziel der Untersuchung war die Fragestellung, ob sich Rezyklate mit Ultraschallschweißen ohne Reduzierung der Schweißnahtqualität verarbeiten lassen. Dazu wurden vier Rezyklate im direkten Vergleich zum jeweiligen Virgin-Material geschweißt und geprüft.

Die Qualität der Verbindung wurde über eine mechanische Prüfung der Schweißnaht charakterisiert. Dafür wurde der (Kurzzeit-)Schweißfaktor f_z ermittelt, der sich aus dem Quotienten der Schweißnahtfestigkeit σ_s und der Grundmaterial-Festigkeit σ_m ergibt. Für das Ultraschallschweißen sind Werte zwischen 0.6 bis 0.8 erreichbar, bei glasfaserverstärkten Kunststoffen sinkt der Wert aufgrund der Faserorientierung oft auf 0.3.

$$f_z = \frac{\sigma_s}{\sigma_m}$$

Methodik

- Herstellung von Schweißprüfkörpern aus Virgin- und Rezyklat-Material mit identischer Bauteilgeometrie
- Ultraschallschweißen mit werkstoffspezifisch Prozessparametern (Rezyklat und Virgin-Material eines Kunststoffes wurden dabei innerhalb der gleichen Prozessmatrix untersucht)
- Mechanische Prüfung der Schweißnahtfestigkeit im Zugversuch und Ermittlung eines Schweißfaktors
- Vergleich der Ergebnisse von Rezyklat- und Virgin-Material anhand des Schweißfaktors



4. Ergebnis: Rezyklate sind für Ultraschallfügen geeignet

Bei den ausgewählten Kunststoffen konnten in der Qualitätsprüfung zur Schweißnaht keine signifikanten Abweichungen zwischen Rezyklat und Virgin-Material festgestellt werden. Rezyklat ist damit grundsätzlich für das Ultraschallschweißen genauso gut geeignet wie Virgin-Material. Die ermittelten Schweißfaktoren entsprechen den üblichen Werten.

Der Fokus lag dabei auf dem Vergleich über ein Prozessfenster, statt des gezielten Optimierens auf einen Maximalwert. Höhere Schweißfaktoren wären damit noch möglich. Ein Biokunststoff wurde ergänzend in die Untersuchung mit einbezogen.

Kunststoff	Markenname	Variante	Schweißfaktor f_z
PC	KEBALLOY ECO R-PC FE 211004 transparent	Rezyklat	0.62
	Makrolon 2405	Virgin	0.61
PA66GF30	AUROMid PA 66 GF30 black	Rezyklat	0.42
	Schulamid 66GF30H	Virgin	0.28
POM	KEBALLOY ECO XB 220103 POM schwarz	Rezyklat	0.64
	KEBAFORM C 90.0	Virgin	0.57
ABS	Novodur ECO P2H-AT MR70	Rezyklat	0.82
	Terluran GP-35	Virgin	0.82
Bio-Kunststoff	Arboblend 3350V	Bio	0.51

Die Erzielung gleichwertiger Schweißfaktoren erforderte jedoch eine individuelle Anpassung der Schweißparameter. Eine unveränderte Übernahme der für Virgin-Material verwendeten Einstellungen auf das Rezyklat führte nicht zu vergleichbaren Ergebnissen.

Die Ursachen für diesen Unterschied liegen vor allem im abweichenden Materialverhalten sowie der größeren Bandbreite der Werkstoffeigenschaften von Rezyklaten im Vergleich zu Virgin-Material: Steifigkeit, Werkstoffdämpfung, Schmelzfließverhalten, Additiv- und Füllstoffanteile können je nach Herkunft und Aufbereitungshistorie variieren und streuen.

Das bedeutet, dass bei einer Umstellung in der Fertigung der Schweißprozess entsprechend neu geprüft werden muss. Eine separate experimentell abgesicherte Parametrierung (im Zweifel auch für einzelne Chargen) wird benötigt, statt sich auf bestehende Virgin-Parametersätze zu verlassen.

In folgender Übersicht werden typische Einflüsse von Rezyklat auf die wesentlichen Parameter einer Ultraschallschweißung eingeordnet.

Einfluss von Rezyklat	Betroffener Parameter
Verändertes Erwärmungs- und Aufschmelzverhalten	Amplitude
Abweichende Steifigkeit (ggfs. auch durch Faserlänge/-orientierung) ändert Kraftfluss im Bauteil; Fließverhalten variiert	Schweißkraft
Veränderter Energiebedarf / Maßliche Abweichung der Schweißnahtgeometrie durch andere Schwindung/Verzug	Energie- / Wegvorgabe



5. Praxisempfehlungen für die Prozessentwicklung

Die Untersuchung zeigt, dass Rezyklate grundsätzlich für das Ultraschallschweißen geeignet sind und vergleichbare Schweißnahtqualitäten wie Virgin-Material erreichen können. Voraussetzung dafür ist jedoch eine werkstoffspezifische Auslegung des Schweißprozesses. Für die Entwicklung und Industrialisierung von Kunststoffbauteilen haben sich insbesondere folgende Maßnahmen bewährt:

- **Materialeigenschaften frühzeitig bewerten:** Die relevanten Eigenschaften des Rezyklats sollten bereits vor der Prozessentwicklung erfasst und mit dem Virgin-Referenzmaterial verglichen werden. Besonderes Augenmerk liegt auf Steifigkeit, Werkstoffdämpfung sowie Füllstoff- und Additivanteilen.
- **Schweißparameter neu ermitteln:** Eine direkte Übernahme bestehender Parametersätze führt häufig nicht zu optimalen Ergebnissen. Amplitude, Schweißkraft sowie Energie- oder Wegvorgaben sollten für das jeweilige Rezyklat systematisch untersucht und angepasst werden.
- **Prozessfenster robust auslegen:** Da Rezyklate stärkeren werkstoffbedingten Schwankungen unterliegen können, sollte das Prozessfenster ausreichend Reserven für übliche Chargenunterschiede bieten. Eine zusätzliche Prozessüberwachung kann zur Absicherung beitragen.
- **Qualität gezielt validieren:** Vor der Serienfreigabe empfiehlt sich die Validierung der Schweißnahtqualität gegen das Virgin-Referenzmaterial, beispielsweise durch Zugversuche und die Ermittlung des Schweißfaktors.
- **Fügetechnik früh berücksichtigen:** Die Anforderungen des Ultraschallschweißens sollten bereits bei der Bauteil- und Materialauslegung berücksichtigt werden. Dadurch lassen sich spätere Anpassungen an Geometrie, Prozess oder Werkzeug vermeiden.

Durch diese Vorgehensweise können Rezyklate ohne grundlegende Änderungen des Fügeverfahrens in bestehende Fertigungsprozesse integriert werden und gleichzeitig die Anforderungen an Qualität, Prozesssicherheit und Kreislauffähigkeit erfüllen.

6. Fazit & Ausblick

Die Kreislauffähigkeit von Kunststoffbauteilen gewinnt durch regulatorische Anforderungen und Nachhaltigkeitsziele zunehmend an Bedeutung. Die vorgestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Rezyklaten dabei nicht zwangsläufig zu Einschränkungen bei der Ultraschallschweißbarkeit führen muss. Werden materialspezifische Eigenschaften bei der Prozessentwicklung berücksichtigt, lassen sich auch mit Rezyklaten zuverlässige und belastbare Schweißverbindungen erzielen.

Als nächste Schritte planen wir die Ausweitung der Testschweißungen auf weitere Kunststoffe und deren Rezyklat-Varianten.

Grundsätzlich gilt: Bei der Einführung neuer Rezyklatmaterialien oder der Umstellung bestehender Anwendungen empfiehlt sich eine frühzeitige Bewertung der Schweißeignung. Durch material- und anwendungsspezifische Schweißversuche können geeignete Prozessparameter ermittelt, erreichbare Schweißnahtqualitäten bewertet und die Voraussetzungen für eine stabile Serienfertigung geschaffen werden. Hierfür stehen im Herrmann-Labor moderne Schweiß-, Prüf- und Analysemöglichkeiten zur Verfügung, mit denen die Schweißbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen unter realitätsnahen Bedingungen untersucht werden kann.

So können potenzielle Risiken bereits während der Entwicklungsphase identifiziert und fundierte Entscheidungen für den späteren Serieneinsatz getroffen werden.



Mit Herrmann zur idealen Verbindung

Unsere Trusted Advisor: Immer dort, wo Sie uns brauchen

Mit über 65 Jahren Ultraschall-Erfahrung und mehr als 2.000 gelösten Anwendungen pro Jahr wissen wir, worauf es beim Verbinden von Kunststoffen ankommt. Von diesem Fachwissen profitieren Sie in jeder Phase der Zusammenarbeit: von der gemeinsamen Design-Entwicklung Ihrer Anwendung über die ersten Schweißversuche bis hin zur Inbetriebnahme der Systeme in Ihrer Anlage und darüber hinaus.

Auf unsere Trusted Advisor können Sie sich verlassen – zu jeder Zeit, an jedem Ort. Unsere weltweit 27 Tech-Center verfügen über alles, was wir für erste, aussagekräftige Machbarkeitstests Ihrer Anwendung benötigen. Besuchen Sie uns an einem Standort in Ihrer Nähe und lassen Sie sich von unserer innovativen Fügetechnologie begeistern!



Vereinbaren Sie jetzt Ihr unverbindliches Beratungsgespräch!

Marc Glabisch und Team



+49 7248 79-0



plastics@herrmannultraschall.com



www.herrmannultraschall.com



Impressum



Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG
Descotraße 3-11
D-76307 Karlsbad
Tel. +49 7248 79-0
Fax: +49 7248 79-1039
info@herrmannultraschall.com