

Zehn Jahre bis zum Recycler

Wie lange E-Bike-Batterien im Umlauf bleiben, bevor sie im Recycling ankommen, war bislang vor allem eine Schätzung. Eine Feldstudie an 1.937 Batterien bei der ACCUREC-Recycling GmbH in Krefeld liefert dazu erstmals Zahlen aus dem laufenden Betrieb. Sie stützt die Annahme der EU von rund zehn Jahren und zeigt, warum Rohdaten aus einem wachsenden Markt eine zu kurze Lebensdauer nahelegen.

TEXT: Niklas Schiffgen, Simon Bremer, Reiner Sojka

Warum die Lebensdauer über die Sammelquote entscheidet

Ab 2028 müssen die EU-Mitgliedstaaten 51 Prozent der Altbatterien aus leichten Verkehrsmitteln einsammeln, ab 2031 sind es 61 Prozent. Zu dieser Gruppe gehören vor allem die Akkus von E-Bikes. Prozentzahlen allein sagen allerdings nichts darüber, wie viele Tonnen zusammenkommen müssen. Entscheidend ist, worauf man sie bezieht.

Bisher war die Bezugsgröße die Masse, die in den drei Jahren davor verkauft wurde. Bei einem Produkt, das zehn Jahre und länger genutzt wird, ist dies der falsche Ansatz. Wer heute viel verkauft, erhöht sofort die in Verkehr gebrachte Menge. Die passenden Altbatterien fallen aber erst in den 2030er Jahren an. Die Sammelquote sieht dadurch niedriger aus, als das System tatsächlich arbeitet. Die EU-Batterieverordnung benennt dieses Problem selbst und verpflichtet die Kommission, die Rechenmethode bis zum 18. August 2027 zu überarbeiten.

Die Gemeinsame Forschungsstelle der EU-Kommission (Joint Research Centre, JRC) hat für die Berechnung ein anderes Verfahren vorgeschlagen. Es fragt nicht mehr nach dem Absatz der Vorjahre, sondern nach der Menge, die überhaupt zur Sammlung bereitsteht: Available for Collection, kurz AfC. Berechnet wird sie in drei Schritten (siehe Kasten). Der erste ist der entscheidende: Aus den Verkaufszahlen der Vergangenheit und einer angenommenen Lebensdauer wird geschätzt, wie viele Batterien in einem bestimmten Jahr ihr Nutzungsende erreichen und überhaupt sammelbar sind.

Das Ergebnis hängt damit unmittelbar an einer einzigen Annahme. Ist die angesetzte Lebensdauer zu kurz, weist die Rechnung die Mengen zu früh aus; ist sie zu lang, zu spät. Gerade hier war die Datenlage bisher nicht vorhanden. Die verwendeten Werte stammen aus Befragungen von Fachleuten und Verbänden. Das JRC bezeichnet die Lage selbst als besonders schwierig und will seine Vorgaben aktualisieren, sobald Feldstudien vorliegen. Hinzu kommt, dass die Vorgaben in sich nicht eindeutig sind. An einer Stelle nennen sie zehn Jahre, an anderer Stelle eine Tabelle, aus der sich rechnerisch nur rund 5,3 Jahre ergeben. Die offizielle Annahme liegt damit faktisch irgendwo zwischen 5,3 und 10 Jahren.

WAS DIE EU-BATTERIEVERORDNUNG VERLANGT

Die Verordnung (EU) 2023/1542 führt erstmals eigene Sammelziele für Batterien leichter Verkehrsmittel ein: 51 Prozent ab dem 31. Dezember 2028 und 61 Prozent ab dem 31. Dezember 2031.

Die Kommission muss die Methode, mit der diese Quoten berechnet werden, bis zum 18. August 2027 neu fassen, und zwar ausdrücklich mit Blick auf das Marktwachstum und die steigende Lebensdauer der Produkte.

WIE DIE SAMMELMENGE BERECHNET WIRD

1. Abfallmenge (Waste Generated): Aus den Verkaufszahlen der Vergangenheit und einer angenommenen Lebensdauer wird geschätzt, wie viele Batterien in einem bestimmten Jahr ihr Nutzungsende erreichen. Summiert wird über den doppelten Zeitraum einer Lebensdauer.
2. Abzüge (komplementäre Flüsse): Abgezogen werden Mengen, die das offizielle Sammelsystem nicht erreichen, etwa über Export, Restmüll oder eine Weiterverwendung in anderen Anwendungen.
3. Quote: gesammelte Masse geteilt durch die Menge, die nach diesen Abzügen zur Sammlung bereitstand.

Feldversuch bei ACCUREC: 1.937 Batterien aus vier Ländern

Zwischen August und November 2025 wurden am Standort der ACCUREC-Recycling GmbH in Krefeld 44 Großbehälter vollständig sortiert und 4.649 Batterien einzeln erfasst, davon 4.631 aus der Gruppe der leichten Verkehrsmittel, überwiegend E-Bike-Akkus. Sie kamen aus den Sammelsystemen der Niederlande, Belgiens, Dänemarks und Finnlands. Deutsche Rücklaufmengen waren im Erhebungszeitraum nicht in der Stichprobe enthalten.

Von jeder Batterie wurden Typenschild und Gehäuse fotografiert. Die Aufnahmen wurden per Texterkennung ausgewertet und automatisch in Datenfelder überführt. Das Herstellungsdatum ließ sich entweder direkt vom Typenschild ablesen oder aus der Seriennummer rekonstruieren, denn viele Hersteller verschlüsseln dort Jahr und Kalenderwoche der Fertigung. Ein Abgleich mit manuell geprüften Vergleichsdaten ergab Trefferquoten von 99,2 Prozent beim Hersteller und 99,5 Prozent beim Datum. Am Ende ließ sich für 1.937 Batterien ein verlässliches Datum bestimmen, das sind 42 Prozent.

Die fehlenden 58 Prozent verteilen sich vermutlich nicht zufällig, betroffen sind vor allem Batterien ohne Informationen auf dem Gehäuse bzw. mit beschädigten Typenschildern. Für die Auswertung musste deshalb eine Annahme getroffen werden: dass sich diese 58 Prozent in ihrem Alter nicht systematisch von den datierten Batterien unterscheiden. Prüfen lässt sich das mit den vorliegenden Daten nicht. Die Annahme bleibt damit eine der wesentlichen Unsicherheiten des Ergebnisses.

Gemessen wurde damit nicht die technische Lebensdauer einer Zelle, sondern das Rücklaufalter: die Zeit zwischen Herstellung und Annahme im Recyclingbetrieb. Sie umfasst die gesamte Nutzungsphase, aber auch die Lagerung in Kellern und Garagen sowie die Verweildauer im Sammelsystem. Für die Rechnung der EU ist genau das die passende Größe, denn auch dort zählt die Lagerzeit zur Lebensdauer. Der ungewichtete Mittelwert liegt bei 7,82

Jahren, der Median bei 7,30 Jahren. Die älteste Batterie im Rahmen des Feldversuchs war 19 Jahre alt.

Der Markt wächst schneller als der Rücklauf

Dieser Rohwert beschreibt die Realität im Wareneingang. Als Schätzung für eine ganze Verkaufsgeneration ist er jedoch zu niedrig, und das aus einem einfachen Grund: Der Markt ist in kurzer Zeit stark gewachsen. Nach Zahlen des europäischen Verbands der Fahrradindustrie CONEBI (Confederation of the European Bicycle Industry) hat sich der Absatz von E-Bikes in der EU innerhalb von rund anderthalb Jahrzehnten mehr als verzwanzigfacht, von wenigen Hunderttausend Stück Mitte der 2000er Jahre auf gut fünf Millionen im Rekordjahr 2021, danach erfolgte ein leichter Rückgang (siehe Bild 1).

In der Stichprobe schlägt sich das unmittelbar nieder. Allein aus dem Herstellungsjahr 2021 stammen 459 Batterien und damit 22,6 Prozent aller datierten Stücke. Bei fünf Millionen verkauften Rädern führt schon ein kleiner Anteil früher Ausfälle zu absolut hohen Rücklaufzahlen. Deshalb dominieren die zuletzt in Verkehr gebrachten großen Mengen die Statistik und ziehen den Mittelwert nach unten, obwohl von ihnen erst ein Bruchteil überhaupt zurückgekommen ist.

Das ist mehr als eine statistische Feinheit. Weil die starken Verkaufsjahre 2020 bis 2022 gemessen an einer Lebensdauer von rund zehn Jahren noch jung sind, ist der Großteil dieser Akkus heute noch im Einsatz oder liegt ungenutzt zu Hause. Die eigentliche Rücklaufwelle kommt erst, und sie trifft auf einen Markt, der nach den Szenarien des JRC weiter wächst.

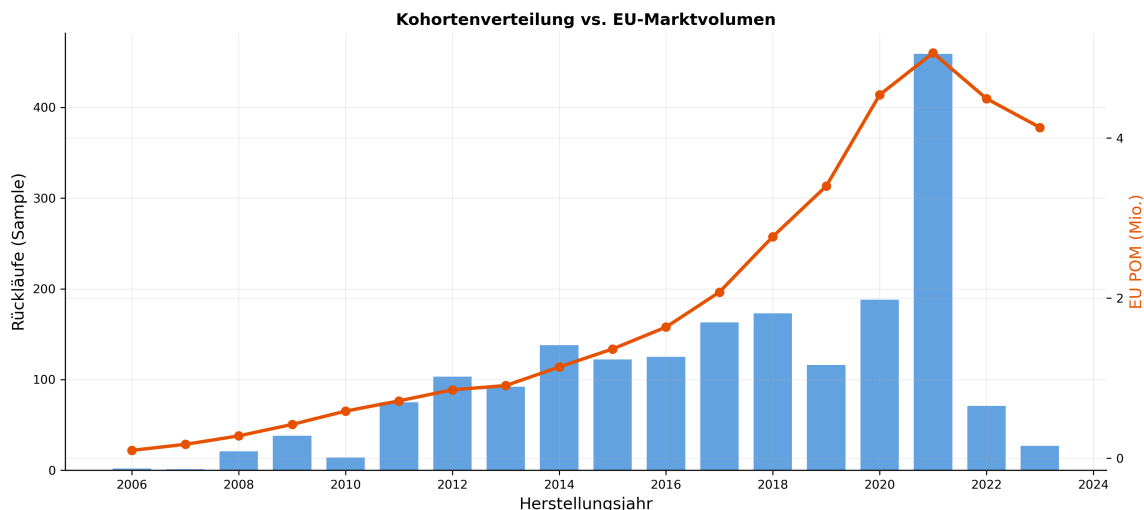


Bild 1: Die Balken zeigen, aus welchem Herstellungsjahr die 1.937 datierten Batterien stammen, die Linie den europäischen Absatz von E-Bikes im jeweiligen Jahr. Beide Kurven laufen weitgehend parallel: Der Rücklauf spiegelt zunächst die Absatzmengen der einzelnen Jahre, nicht die Haltbarkeit der Batterien. Grafik: Niklas Schiffgen

Lebensdauer: Aus 7,8 Jahren werden 10,9

Um diese Verzerrung zu korrigieren, wurde jede Beobachtung nach der Absatzmenge ihres Herstellungsjahres gewichtet. Batterien aus frühen Jahren mit geringem Absatz zählen stärker, Batterien aus späteren Jahren mit hohem Absatz schwächer. Grundlage ist das über drei Jahre geglättete Verkaufsvolumen des jeweiligen Herstellungsjahres. Eine Batterie von 2009 wird dadurch rund 25-mal so stark gewichtet wie eine von 2023.

Das verschiebt das Bild deutlich. Das um die Absatzmengen bereinigte mittlere Rücklaufalter steigt auf 10,88 Jahre, ein Unterschied von rund drei Jahren. Damit liegt der empirische Befund nahe am Referenzwert der EU von zehn Jahren. Er stützt diese Annahme, ohne sie zu beweisen, denn die Nähe hängt vom gewählten Gewichtungsschema ab und von frühen Herstellungsjahren, die nur mit wenigen Stücken vertreten sind.

Ebenso wichtig ist die methodische Lehre. Rücklaufzahlen aus einem wachsenden Markt sollten erst nach dieser Korrektur mit regulatorischen Annahmen verglichen werden. Ohne sie erschiene der Wert von zehn Jahren fälschlich als deutlich zu hoch.

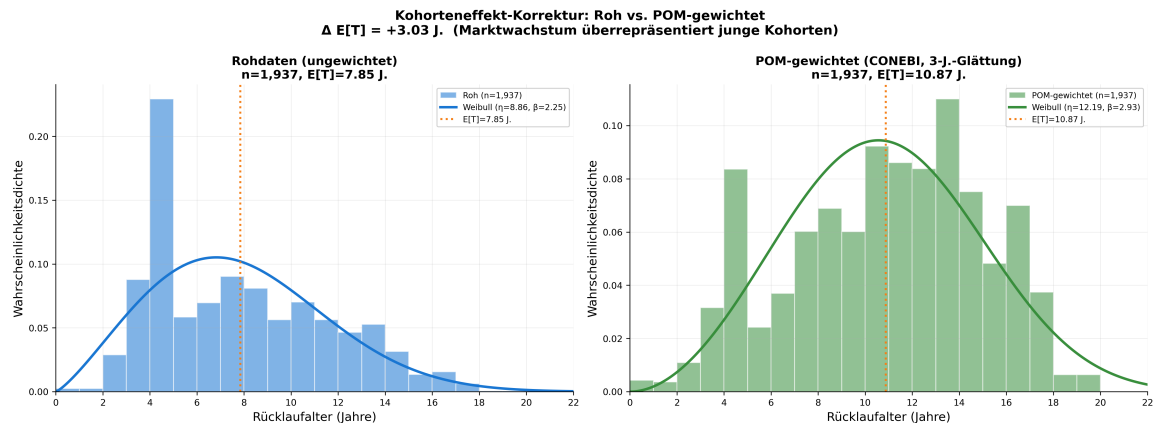


Bild 2: Links die Rohverteilung der Rücklaufalter, rechts dieselben Daten nach der Gewichtung mit der Absatzmenge des jeweiligen Herstellungsjahres. Der Mittelwert steigt von 7,85 auf 10,87 Jahre. Grafik: Niklas Schiffgen

Ein Widerspruch in der vereinfachten Tabelle

Für Mitgliedstaaten ohne eigene Daten enthält die JRC-Spezifikation eine vereinfachte Tabelle. Sie gibt vor, welcher Anteil einer Verkaufsgeneration nach einem Jahr, nach zwei Jahren und so weiter zurückkommt, und ist mit dem Referenzwert von zehn Jahren überschrieben. Rechnet man ihre Anteile zusammen, ergibt sich jedoch ein Mittelwert von nur rund 5,3 Jahren. Außerdem endet die Tabelle nach 13 Jahren, obwohl die zugehörige Formel über einen Zeitraum von 20 Jahren summiert.

Die bei ACCUREC ermittelten Felddaten passen dazu nicht. Rund 12 Prozent der ungewichteten und rund 35 Prozent der gewichteten Rückläufe sind älter als 13 Jahre und blieben in einer Rechnung auf Basis dieser Tabelle unberücksichtigt. Ein statistischer Test bestätigt die Abweichung.

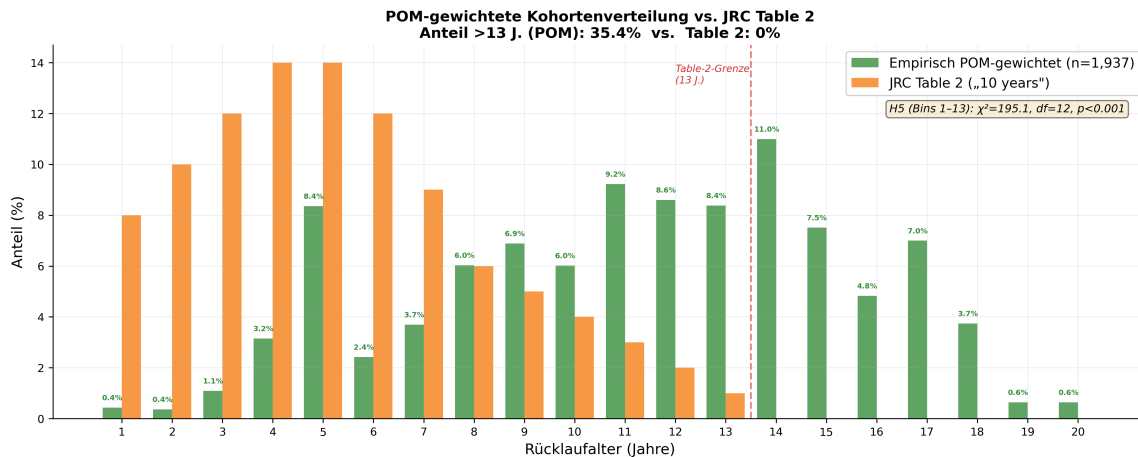


Bild 3: Gewichtete Verteilung der Rücklaufalter (grün) gegenüber der vereinfachten Tabelle (orange). Rechts der Grenze bei 13 Jahren liegen rund 35 Prozent der gewichteten Rückläufe; in der Tabelle sind es null. Grafik: Niklas Schiffgen

Ein Blick auf die Herkunft der Hersteller zeigt außerdem, wie unterschiedlich die Produkte in diesem Segment sind: Batterien europäischer Hersteller weisen im untersuchten Rücklauf ein rund drei Jahre höheres mittleres Alter auf als Batterien asiatischer Hersteller. Dieser Befund ist ausdrücklich vorläufig. Er erlaubt keine Aussage über Produktqualität oder Haltbarkeit, weil Nutzungsprofile, Preissegmente, Vertriebswege und Rückgabewege nicht berücksichtigt sind. Er zeigt aber, dass ein einziger Lebensdauerwert für das gesamte Segment eine grobe Vereinfachung bleibt.

Zukunftsszenario: Was das für die Mengen bedeutet

Wie stark diese Annahme wirkt, zeigt eine Vergleichsrechnung mit dem mittleren Nachfrageszenario des JRC. Danach steigt die Masse an E-Bike-Akkus, die EU-weit jährlich in Verkehr gebracht wird, von rund 12.200 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 28.800 Tonnen im Jahr 2040; je nach Szenario liegt der Wert für 2040 zwischen 16.400 und 46.700 Tonnen. Setzt man in diese Rechnung nacheinander den Referenzwert von zehn Jahren, den Rohwert von 7,85 Jahren und den bereinigten Wert von 10,87 Jahren ein, zeigt sich ein klares Muster: Kurzfristig ist der Effekt groß, langfristig verschwindet er. Für 2028 ergibt der Rohwert rund 36 Prozent mehr Abfall als der Referenzwert, für 2040 liegen alle drei Varianten mit rund 25.300, 23.700 und 23.300 Tonnen nur noch etwa sieben Prozent auseinander. Die Annahme verändert also nicht die insgesamt anfallende Menge, sondern deren zeitliche Verteilung, und genau diese ist für die Planung von Sammel- und Recyclingkapazitäten entscheidend.

Von dieser Abfallmenge geht ab, was das offizielle System nicht erreicht. Herangezogen wurden dafür neue technische Daten, die derzeit für die Erarbeitung der delegierten Rechtsakte zusammengetragen werden: zusammen rund fünf Prozent Abzug für Weiterverwendung und Export. EU-weit blieben damit bis 2040 jährlich rund 22.000 bis 24.000 Tonnen sammelbar, gegenüber rund 4.100 bis 7.100 Tonnen im Jahr 2025. Bei einer Quote von 61 Prozent entspräche das rund 13.500 bis 14.700 Tonnen pro Jahr, die tatsächlich eingesammelt werden müssten, und damit ein Vielfaches der bislang gemeldeten Mengen. Das sind keine Prognosen, sondern Vergleichsrechnungen. Sie hängen vom Nachfrageszenario ab und von Abzügen, die noch nicht endgültig festgelegt sind.

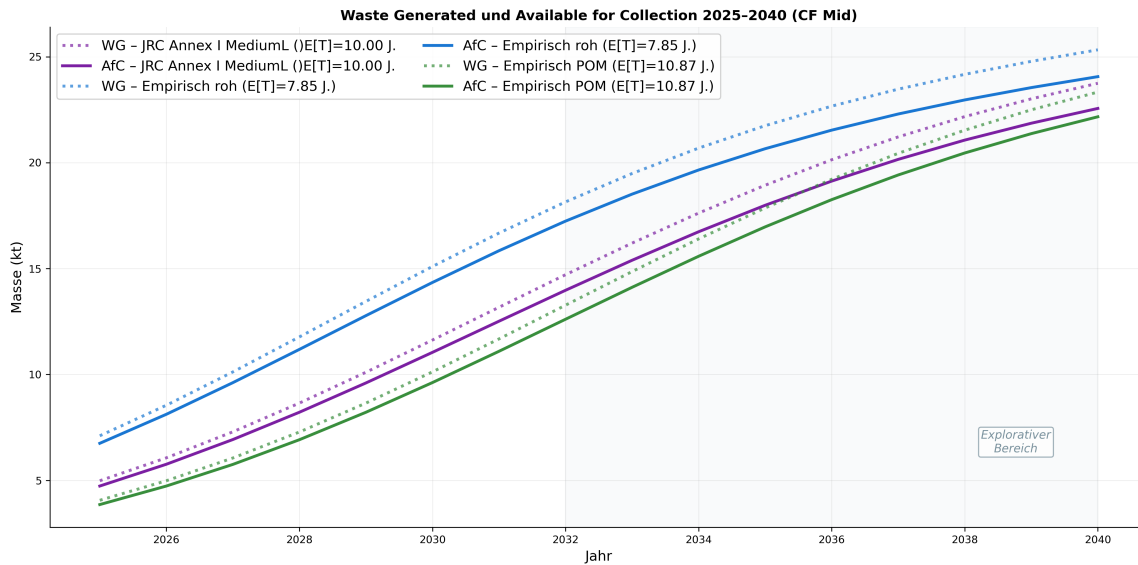


Bild 4: Berechnete Abfallmenge und sammelbare Menge in der EU bis 2040 unter drei Lebensdauern. Die Kurven laufen langfristig zusammen. Kurzfristig trennt sie rund ein Drittel der Menge. Grafik: Niklas Schiffgen

Was daraus folgen sollte

Zwei Punkte lassen sich unmittelbar in die anstehende Überarbeitung übernehmen.

Erstens sollte die Korrektur nach der jährlich in Verkehr gebrachten Menge verbindlich vorgeschrieben werden. Wer Lebensdauern aus Rücklauf- oder Recyclingdaten eines wachsenden Marktes ableitet, muss die unterschiedliche Höhe der verkauften Mengen herausrechnen und die verbleibenden Unsicherheiten offenlegen. Dazu gehört, dass zuletzt in Verkehr gebrachte Mengen im Rücklauf noch nicht vollständig sichtbar sind und dass Sammelwege keine Zufallsstichprobe liefern. Ungewichtete und bereinigte Werte müssen parallel berichtet werden, um Transparenz über Rohdaten und Auswertungsmethodik zu schaffen.

Zweitens sollte die Datenbasis verbreitert werden, bevor Werte neu justiert werden. Weil die Lebensdauer das kurzfristige Aufkommen so stark bewegt, braucht ein belastbarer Wert Rücklaufdaten aus mehreren Ländern, Standorten und Sammelwegen. Die Rückläufe eines einzelnen Recyclingbetriebs, auch die hier untersuchten, genügen dafür nicht. Genau solche Feldevidenz hat das JRC für die Aktualisierung seiner Werte vorgesehen. Entsprechende Studien, die hohe statistische Relevanz aufweisen sollten, müssen beauftragt und finanziert werden.

Fazit und Ausblick

Die Untersuchung liefert für einen bislang überwiegend geschätzten Wert einen ersten empirischen Anker. Das um die Absatzmengen bereinigte Rücklaufalter von 10,88 Jahren stützt die Annahme der EU von rund zehn Jahren; mit rund fünf Jahren ist es kaum vereinbar. Die vereinfachte Tabelle dagegen sollte überprüft, ihr Mittelwert an den Referenzwert angepasst und ihr Zeithorizont erweitert werden. Alternativ wäre sie ausdrücklich als illustrativ zu kennzeichnen.

Die Grenzen der Untersuchung sind klar zu benennen. Die Daten stammen aus einem einzelnen Recyclingbetrieb mit nordwesteuropäischem Einzugsgebiet, 58 Prozent der

Batterien ließen sich nicht datieren, die jüngeren Herstellungsjahre sind zwangsläufig unterrepräsentiert. Belastbare Werte brauchen Daten aus mehreren Ländern und Sammelwegen, idealerweise verbunden mit einer Messung des Batteriezustands im Wareneingang. Erst dann lassen sich Nutzung, Lagerung und Verweildauer im Sammelsystem voneinander trennen.

Bis zur Überarbeitung der Rechenmethode bleibt lediglich ein Jahr Zeit. Diese Zeit zu nutzen, um die Lebensdauer empirisch zu unterlegen, ist deutlich weniger aufwendig, als Sammelquoten später an Mengen zu messen, die so nie angefallen sind.

DIE AUTOREN

Niklas Schiffgen

Energie- und Wassermanagement, Hochschule Ruhr West, Mülheim an der Ruhr. Der Beitrag beruht auf seiner Bachelorarbeit „Empirische Analyse des Rücklaufs von E-Bike-Batterien unter Berücksichtigung der EU-Batterieverordnung 2023/1542“, die in Zusammenarbeit mit der ACCUREC-Recycling GmbH entstanden ist. Die Arbeit kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

niklas.schiffgen@gmail.com

Dr. Simon Bremer

Entwicklungsleiter bei der ACCUREC-Recycling GmbH, Krefeld.

simon.bremer@accurec.de

Dr. Reiner Sojka

Geschäftsführer der ACCUREC-Recycling GmbH, Krefeld.

reiner.sojka@accurec.de

ÜBER ACCUREC-RECYCLING

Die ACCUREC-Recycling GmbH ist ein mittelständisches, technologieorientiertes Unternehmen mit Standorten in Mülheim an der Ruhr und Krefeld. Seit 1995 entwickelt sie Recyclingverfahren für alle gängigen Akkusysteme und setzt sie im industriellen Maßstab um, mit Schwerpunkt auf emissionsarmen und sicheren Technologien sowie hoher Rohstoffrückgewinnung.

Jährlich werden mehr als fünf Millionen Kilogramm kritischer und industrieller Rohstoffe aus Altbatterien zurückgewonnen. Der Umsatz lag zuletzt bei rund 25 Millionen Euro, das Unternehmen beschäftigt rund 100 Mitarbeitende.