



2025

Projekt e-conseg

Entwicklung von Beurteilungsgrundlagen zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft beim Recycling elektrischer und elektronischer Altgeräte

AP5: Schlussbericht – Diskussion der Beurteilungsmethodik und der Indikatoren, fiktive Anwendungsbeispiele und Identifizierung des Anpassungsbedarfs der Vollzugshilfe

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)



Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Begleitung BAFU: Elias Rehmann, Isabelle Baudin, Michael Hügi

Auftragnehmer

Empa, Technology and Society Lab, Critical Materials and Resource Efficiency Group,
9014 St. Gallen¹

Autorinnen

¹ Dea Wehrli

¹ Kirsten Remmen

Hinweise

Dieses Projekt wird im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

St. Gallen, März 2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen.....	iii
Tabellen	iii
Abkürzungen.....	iv
Begriffe.....	v
Zusammenfassung (D/F/I/E)	vi
Zusammenfassung.....	vi
Résumé.....	viii
Riassunto.....	x
Summary.....	xii
1 Einleitung.....	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.2 Projektentwicklung und Arbeitspakete	2
1.3 Ziel der Beurteilungsmethodik	3
2 Diskussion der Beurteilungsmethodik und der Indikatoren	5
2.1 Diskussion allgemeiner Aspekte	5
2.2 Diskussion der Rückmeldungen zu den einzelnen Indikatoren.....	10
3 Anwendungsbeispiele	29
3.1 Ausgangslage	29
3.2 Anwendungsbeispiele Betrieb A und Betrieb B (manuelle Behandlung).....	30
3.3 Anwendungsbeispiele Betrieb C und Betrieb D (mechanische Behandlung).....	44
4 Anpassungsbedarf der Vollzugshilfe und Ausblick	63
4.1 Anpassungsbedarf der Vollzugshilfe	63
4.2 Ausblick	65
5 Anhang.....	66
5.1 Ökologische Gewichtung einzelner Zielstoffe	66
5.2 Liste der möglichen Zielstoffe, der von Betrieb C und D definierten Zielstoffe und ihrer ökologischen Gewichtung (siehe Anhang 5.1 für weitere Informationen zur ökologischen Gewichtung)	68
5.3 Standardwerte der Rückgewinnungsrate einzelner Stoffe in Abhängigkeit der nachfolgenden Behandlung (%-Angaben)	69
5.5 Berechnungen Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag	71
5.6 Zurückgewonnene Masse verrechnet mit UBP.....	73
5.7 Umweltbelastung Verluste.....	74

Abbildungen

Abbildung 1: Darstellung des Projektvorgehens anhand der Arbeitspakete 1 bis 5 und ihrem Leistungsumfang.....	3
Abbildung 2: Die Beurteilungsmethodik soll in erster Linie ein Abbild des Ist-Zustands ermöglichen, welches im Kontext betrachtet einerseits Hinweise geben soll auf interne und externe Verbesserungsmassnahmen und andererseits den Betrieb hinsichtlich seines Beitrags an die Kreislaufwirtschaft einschätzen soll.....	4
Abbildung 3: Entsorgungswege von Elektrogeräten. Quelle: Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG), Vollzugshilfe zum Stand der Technik, Bundesamt für Umwelt BAFU.	6
Abbildung 4: Ein mögliches Szenario, wie e-conseg oder Teile davon mit dem heutigen System zusammengeführt werden könnten.....	7
Abbildung 5: Visualisierung des ermittelten Beitrags zur Kreislauffähigkeit von EAG für Betrieb A und Betrieb B.	43
Abbildung 6: Darstellung der Ergebnisse zur Leistung von Betrieb C und Betrieb D im Hinblick auf ihren Beitrag zur Kreislauffähigkeit von Elektro- und Elektronikkaltgeräten (EAG).	63

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht der Beurteilungsgrößen.	10
Tabelle 2: Zusammengefasste Einschätzung der Indikatoren basierend auf den Rückmeldungen der Begleitgruppe und eine Kurzfassung der Schlussfolgerungen.	11
Tabelle 3: Der Betriebsschwerpunkt der Beispielbetriebe A, B, C, und D.	30
Tabelle 4: Die für die manuelle Behandlung relevanten Indikatoren, zugehörigen Beurteilungsgrößen und entsprechendes Behandlungsziel.....	30
Tabelle 5: Die für das Anwendungsbeispiel verwendete, stark vereinfachte Standardliste an Outputfraktionen aus der manuellen Behandlung.....	31
Tabelle 6: Festlegung der ökologischen Gewichtung für das Anwendungsbeispiel.	32
Tabelle 7: Mögliches Protokoll zur Erfassung einer Auswahl an Daten mit Antwortbeispielen der Betriebe A und B.....	32
Tabelle 8: Stark vereinfachte Tabelle für die Stoffflusserfassung für die Berechnung der Indikatoren der manuellen Behandlung.....	34
Tabelle 9: Beispieldaten zur Erhebung der schadstoffhaltigen Fehlwürfe.	35
Tabelle 10: Die für die mechanische Behandlung relevanten Indikatoren, zugehörigen Beurteilungsgrößen und entsprechendes Behandlungsziel.....	44
Tabelle 11: Die für das Anwendungsbeispiel stark vereinfachte Liste an Zielstoffen, die erwartet werden können, sowie ihre ökologische Gewichtung.	45

Tabelle 12: Mögliche Erfassung einer Auswahl an Daten mit Antwortbeispielen der Betriebe A und B.	46
Tabelle 13: Grundlegende Informationen zu den Outputfraktionen und ihren jeweiligen Zielstoffen. Die möglichen Outputfraktionen kommen aus der Standardliste (siehe 3.2.4.1). Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.	48
Tabelle 14: Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen. Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.	49
Tabelle 15: Informationen zu den nachfolgenden Behandlungen. Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.	50
Tabelle 16: Allgemeine Anpassungen der Vollzugshilfe für die Integration der Beurteilungsmethodik.	63
Tabelle 17: Die aktuelle Gliederung und ein Vorschlag einer neuen Gliederung des Kapitel 9 der Vollzugshilfe.	64
Tabelle 18: Vorschlag zu inhaltlichen Anpassungen des Kapitel 9 der Vollzugshilfe.	64

Abkürzungen

AP	Arbeitspaket
BAFU	Bundesamt für Umwelt
EAG	Elektro Altgerät(e)
EE-Geräte	Elektrische und elektronische Geräte
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (www.empa.ch)
FVG	Fachverband VREG-Entsorgung
SENS	Sens eRecycling, Stiftung für Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten in der Schweiz (ex Stiftung Entsorgung Schweiz) (www.erecycling.ch)
STM	Seltene Technologiemetalle
SWICO	Schweizerischer Wirtschaftsverband der ICT- und Online-Branche (www.swico.ch)
UBP	Umweltbelastungspunkte
VSMR	Verband Stahl-, Metall- und Papier-Recycling Schweiz

Begriffe

Bedeutungen wichtiger Begriffe:

Behandlung	Explizit definiert im USG als jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle.
Behandlungsstrom	Bezieht sich auf eine Gruppe von EAG, welche zusammen behandelt werden.
Beurteilungsgrösse	Eine quantitative oder qualitative Messgrösse, die zur Bewertung oder Beurteilung eines Objekts, Prozesses oder Systems verwendet wird.
Fraktionen	Separater Outputstrom, der durch die Behandlung von EAG entsteht ¹ .
Methodik	Die Gesamtheit aller systematischen Vorgehensweisen bei der Gewinnung von Erkenntnissen im Rahmen eines vorgegebenen Ziels.
Schadstoffe	Als Schadstoffe gelten Stoffe, die bereits in verhältnismässig geringen Konzentrationen Mensch oder Umwelt direkt oder indirekt gefährden können. ²
Schadstoffentfrachtung	Als Schadstoffentfrachtung wird der Prozess bezeichnet, in welchem gezielt Schadstoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten separiert werden. ²
Stoffe	Unter Stoffen werden in Anlehnung an ChemG Art. 4 und USG Art. 7 natürliche oder durch ein Produktionsverfahren hergestellte chemische Elemente und deren Verbindungen verstanden. ²
Stofffluss	Als Stofffluss wird die Bewegung und Verlagerung von Stoffen, Gegenständen und Folgeprodukten (Masse, Stück) pro Zeiteinheit unter Berücksichtigung der Zerlegung und Umwandlung verstanden. ²
Zielfraktionen	Sind Fraktionen aus den verschiedenen Behandlungsprozessen, bei welchen die Aufkonzentrierung von Zielkomponenten oder -stoffen im Vordergrund steht.
Zielprodukt/-komponente/-stoffe	Sind Komponenten, respektive Stoffe, die in heutigen und künftigen EAG vorkommen und deren Rückgewinnung oder Ausschleusung und umweltgerechte Entsorgung im Vordergrund steht.

¹ SN EN 50625-1:2014

² Abgeändert, basierend auf der Definition von SENS / Swico Recycling, «Technische Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten». 2012.

Zusammenfassung (D/F/I/E)

Zusammenfassung

Das Projekt e-conseg entwickelte eine Beurteilungsmethodik zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft beim Recycling elektrischer und elektronischer Altgeräte (EAG). Als EAG werden elektrische und elektronische Geräte (EE-Geräte) verstanden, die im Sinne des Artikel 7 Absatz 6 des Umweltschutzgesetzes (USG) als Abfall gelten. Die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) legt fest, dass EAG umweltverträglich und nach dem Stand der Technik entsorgt werden müssen. Dazu gibt es eine Vollzugshilfe. Diese beinhaltet Indikatoren zur Beurteilung der Leistung von Betrieben, die EAG behandeln. Aktuell sind diese Indikatoren aber stark massenbasiert und berücksichtigen wichtige Aspekte wie Umweltnutzen und Schadstoffverteilung nur unzureichend. Mit der e-conseg Methodik soll eine umfassende Analyse des aktuellen Zustands der EAG Behandlungen ermöglicht werden. Auf dieser Grundlage sollen Kreislaufpotenziale identifiziert und gezielte Massnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft entwickelt werden.

Die neu entwickelte Beurteilungsmethodik richtet sich nach vordefinierten Zielen der Kreislaufwirtschaft: (1) die Schliessung von Kreisläufen, (2) die Maximierung des ökologischen Nutzens und (3) die Vermeidung der Verschleppung von Schadstoffen. Ihr Anwendungsbereich fokussiert sich auf die Verwertungswege zur Rückgewinnung von Materialien sowie die dabei anfallenden Verluste. Die Rückgewinnung von Funktionen wird ebenfalls berücksichtigt. Die Methodik unterteilt den Rückgewinnungsprozess in vier Behandlungskategorien: die Sammlung, die manuelle Behandlung, die mechanische Behandlung und die Endbehandlung. Während Informationen über Weiter- und Endbehandlungen im Ausland erforderlich sind, bezieht sich der geografische Rahmen der Beurteilung ausschliesslich auf Behandlungen innerhalb der Schweiz.

Die Methodik wurde nach spezifischen Leitprinzipien entwickelt, um eine systematische, praxisorientierte und zugleich flexible Bewertung zu ermöglichen. Sie kombiniert quantitative und qualitative Indikatoren, um ein vollständiges Bild des Ist-Zustands zu vermitteln, Lücken und hinderliche Rahmenbedingungen zu identifizieren und mögliche Handlungsspielräume aufzuzeigen. Für die Berechnung der Indikatoren werden sowohl betriebsinterne Daten als auch externe Quellen wie Umwelt-Datenbanken und Standardwerte benötigt. Die Indikatoren wurden speziell für die unterschiedlichen Behandlungsschritte (Sammlung, manuelle und mechanische Behandlung) sowie für eine Betrachtung auf nationaler Ebene entwickelt und erfordern je nach Behandlung und Betrachtungsebene verschiedene Daten. Der Bericht zum Arbeitspaket AP3 und AP4 erläutert detailliert den Datenbedarf und die Berechnung der einzelnen Indikatoren.

Der vorliegende Schlussbericht fasst Rückmeldungen von relevanten Akteuren zusammen und erläutert die Anwendung der Beurteilungsmethodik anhand vier fiktiver Beispiele. Spezifische Rückmeldungen zu den Indikatoren werden aufgegriffen, um Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Methodik zu ziehen und ihre allfällige Integration in die Praxis zu ermöglichen. Die Rückmeldungen aus der Praxis zeigen, dass die meisten Indikatoren grundsätzlich als sinnvoll

erachtet werden. Es wurde darauf hingewiesen, dass einige Daten bereits heute bei den Audits der Branchenorganisationen erhoben werden. Gleichzeitig wurden starke Bedenken geäussert insbesondere hinsichtlich des Aufwands und der Kosten. Der Umgang mit Unsicherheiten bei der Datenerhebung, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die konkrete Umsetzung in der Praxis wurden als weitere zentrale Aspekte hervorgehoben, welche noch geklärt werden müssen. Die vier fiktiven Anwendungsbeispiele – zwei für die manuelle und zwei für die mechanische Behandlung – veranschaulichen eine mögliche Umsetzung in der Praxis und zeigen auf, wie die Indikatoren anzuwenden und die Resultate zu interpretieren sind. Es wird zudem erläutert, welche Daten benötigt werden und wie sich die Aufwände und Kosten durch vereinfachte Datenerhebungen in einem überschaubaren Rahmen halten lassen.

Weiter beschreibt der Bericht, welche Anpassungen in der VREG Vollzugshilfe zum Stand der Technik der Entsorgung von EAG nötig wären, um die Methodik erfolgreich zu integrieren. Anpassungsbedarf besteht vor allem im Kapitel 9 der Vollzugshilfe (Leistungsindikatoren).

Es ist wichtig zu verdeutlichen, dass die Beurteilungsmethodik zunächst als Messinstrument dient, um den aktuellen Zustand der EAG-Behandlungen in Bezug auf die Zielerreichung zu erfassen. Anschliessend folgt die eigentliche Beurteilung, bei der es entscheidend ist, die Ursachen für den Zustand zu verstehen und mögliche Einflussnehmende zu identifizieren. Dies soll vermeiden, dass Betriebe für Faktoren verantwortlich gemacht werden, die sie nicht kontrollieren können. Gleichzeitig wird aufgezeigt, wer aktiv werden muss, um Hürden zu reduzieren oder zu beseitigen. Das übergeordnete Ziel der Beurteilungsmethodik ist es, die Transition hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu fördern und unterstützen.

In den Rückmeldungen wurden Unsicherheiten benannt, insbesondere bezüglich Umsetzung in der Praxis und Aufwand für die Datenerhebung. Um diese und weitere Aspekte zu adressieren, könnten in einem weiteren Projekt Testdurchläufe durchgeführt werden. Auf diese Weise könnten ausgewählte Indikatoren in Testbetrieben geprüft werden. Dadurch liessen sich wertvolle Erkenntnisse gewinnen, wie die e-conseg Methodik optimiert werden und mit dem aktuellen Bewertungssystem zusammengeführt werden könnte, bevor neue Indikatoren in die VREG-Vollzugshilfe aufgenommen werden.

Résumé

Le projet e-conseg a développé une méthodologie d'évaluation pour promouvoir l'économie circulaire dans le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Les DEEE sont des équipements électriques et électroniques (EEE) considérés comme des déchets au sens de l'article 7, paragraphe 6, de la loi sur la protection de l'environnement (LPE). L'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA) dispose que les DEEE doivent être éliminés dans le respect de l'environnement et conformément à l'état de la technique. Il existe à cet effet une aide à l'exécution. Celle-ci contient des indicateurs permettant d'évaluer la performance des entreprises traitant les DEEE. Actuellement, ces indicateurs sont toutefois fortement basés sur la masse et tiennent insuffisamment compte des aspects importants tels que l'impact environnemental et la répartition des polluants. La méthodologie e-conseg vise à permettre une analyse complète de l'état actuel du traitement des DEEE. Cela devrait permettre l'identification des potentiels de circularité et soutenir le développement de mesures ciblées pour promouvoir une économie circulaire.

La nouvelle méthodologie d'évaluation repose sur des objectifs prédéfinis de l'économie circulaire : (1) la fermeture des cycles, (2) la maximisation de l'utilité écologique, et (3) l'évitement de la dispersion des polluants. Son champ d'application se concentre sur les voies de valorisation pour la récupération de matériaux et les pertes associées. La récupération des fonctions est également prise en compte. La méthodologie divise le processus de récupération en quatre catégories de traitement : la collecte, le traitement manuel, le traitement mécanique et le traitement final. Bien que informations sur les traitements de valorisation et de fin de vie à l'étranger sont nécessaires, le cadre géographique de l'évaluation se limite aux traitements effectués en Suisse.

La méthodologie a été développée selon des principes directeurs spécifiques pour permettre une évaluation systématique, pratique et flexible. Elle combine des indicateurs quantitatifs et qualitatifs afin de fournir une image complète de l'état actuel, d'identifier les lacunes et les conditions limitantes, et de mettre en évidence des marges de manœuvre. Pour le calcul des indicateurs, des données internes à l'entreprise ainsi que des sources externes telles que des bases de données environnementales et des valeurs standard sont nécessaires. Les indicateurs ont été spécifiquement conçus pour les différentes étapes de traitement (collecte, traitement manuel et mécanique) ainsi que pour une évaluation à l'échelle nationale et nécessitent des données différentes en fonction du type de traitement et du niveau d'analyse. Le rapport relatif aux lots de travail AP3 et AP4 présente en détail les besoins en données et le calcul des indicateurs.

Le présent rapport final résume les retours d'acteurs pertinents et explique l'application de la méthodologie d'évaluation à travers quatre exemples fictifs. Les retours spécifiques sur les indicateurs sont pris en compte afin de tirer des conclusions pour l'amélioration de la méthodologie et permettre une éventuelle intégration dans la pratique. Les retours pratiques montrent que la plupart des indicateurs sont jugés globalement pertinents. Il a été signalé que certaines données sont déjà collectées lors des audits des organisations de branche. En même temps, des préoccupations majeures ont été soulevées, notamment en ce qui concerne l'effort et les coûts. La gestion des incertitudes liées à la collecte de données, les conditions économiques et la mise en œuvre concrète sur le terrain ont été identifiées comme d'autres aspects centraux qui doivent encore être clarifiés.

Les quatre exemples fictifs – deux pour le traitement manuel et deux pour le traitement mécanique – illustrent une mise en œuvre possible sur le terrain et montrent comment appliquer les indicateurs et interpréter les résultats. Il est également expliqué quelles données sont nécessaires et comment les efforts et les coûts peuvent être maîtrisés par des collectes de données simplifiées.

De plus, le rapport décrit les ajustements nécessaires dans l'aide à l'exécution OREA concernant l'état de la technique pour l'élimination des DEEE, afin d'intégrer avec succès la méthodologie. Des ajustements sont principalement nécessaires dans le chapitre 9 de l'aide à l'exécution (indicateurs de performance).

Il est important de souligner que la méthodologie d'évaluation sert d'abord d'outil de mesure pour enregistrer l'état actuel des traitements des DEEE en fonction des objectifs visés. Ensuite, l'évaluation proprement dite doit permettre de comprendre les causes de cet état et d'identifier les acteurs qui peuvent exercer une influence. Cela permet d'éviter que des entreprises soient tenues responsables de facteurs qu'elles ne peuvent pas contrôler. En parallèle, il sera indiqué qui doit intervenir pour réduire ou éliminer les obstacles. L'objectif principal de la méthodologie d'évaluation est de favoriser et de soutenir la transition vers une économie circulaire.

Les retours ont révélé des incertitudes, notamment en ce qui concerne la mise en œuvre pratique et l'effort de collecte des données. Pour traiter ces aspects et d'autres, des essais pilotes pourraient être réalisés dans un projet ultérieur. Cela permettrait de tester des indicateurs sélectionnés dans des entreprises pilotes. Ainsi, cela fournirait des informations précieuses sur la manière dont la méthodologie développée pourrait être optimisée pour s'aligner et être intégrée dans le système d'évaluation actuel avant que de nouveaux indicateurs ne soient intégrés dans l'aide à l'exécution OREA.

Riassunto

Il progetto e-conseg ha sviluppato una metodologia di valutazione per promuovere l'economia circolare nel riciclo dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE). I RAEE comprendono apparecchiature elettrici ed elettronici (AEE) considerati rifiuti ai sensi dell'articolo 7, paragrafo 6, della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb). L'ordinanza concernente la restituzione, la ripresa e lo smaltimento degli apparecchi elettrici ed elettronici (ORSAE) stabilisce che i RAEE devono essere smaltiti in modo rispettoso dell'ambiente e secondo lo stato della tecnica. A tal fine esiste un aiuto all'esecuzione che contiene indicatori di valutazione delle prestazioni delle aziende che trattano RAEE. Attualmente, tuttavia, questi indicatori sono principalmente basati sulla massa e non tengono sufficientemente conto di aspetti fondamentali come il beneficio ambientale e la distribuzione degli inquinanti. La metodologia e-conseg mira a fornire un'analisi approfondita dello stato attuale del trattamento dei RAEE. Questo dovrebbe consentire l'identificazione dei potenziali di circolarità e supportare lo sviluppo di misure mirate per promuovere un'economia circolare.

La nuova metodologia di valutazione sviluppata è strutturata secondo obiettivi di economia circolare predefiniti: (1) chiudere i cicli dei materiali, (2) massimizzare i benefici ecologici e (3) prevenire la dispersione di inquinanti. Il suo ambito di applicazione si concentra sulle modalità di recupero dei materiali e sulle perdite che ne derivano. Viene considerato anche il recupero delle funzioni. La metodologia suddivide il processo di recupero in quattro categorie di trattamento: raccolta, trattamento manuale, trattamento meccanico e trattamento finale. Sebbene siano necessarie informazioni sui trattamenti successivi e finali all'estero, il campo geografico della valutazione si limita ai trattamenti effettuati in Svizzera.

La metodologia è stata sviluppata seguendo principi guida specifici per consentire una valutazione sistematica, pratica e flessibile. Combina indicatori quantitativi e qualitativi per offrire un quadro completo della situazione attuale, identificare lacune e condizioni quadro ostacolanti e individuare possibili margini di miglioramento. Il calcolo degli indicatori richiede sia dati interni alle aziende sia fonti esterne, come database ambientali e valori di riferimento. Gli indicatori sono stati sviluppati appositamente per diverse fasi del trattamento (raccolta, trattamento manuale e meccanico) a livello aziendale e per un'analisi a livello nazionale, richiedendo dati differenti a seconda del trattamento e del livello di valutazione. Il rapporto delle parti AP3 e AP4 del progetto descrive nel dettaglio i requisiti dei dati e il calcolo di ciascun indicatore.

Il presente rapporto finale riassume i feedback dei principali attori coinvolti e illustra l'applicazione della metodologia di valutazione attraverso quattro esempi fintizi. I commenti specifici sugli indicatori sono stati analizzati per trarre conclusioni sull'ulteriore sviluppo della metodologia e sulla sua possibile integrazione nella pratica. I feedback raccolti dimostrano che la maggior parte degli indicatori è considerata generalmente utile. È stato sottolineato che alcuni dati sono già raccolti durante gli audit da parte delle organizzazioni di settore. Tuttavia, sono state espresse forti preoccupazioni, in particolare riguardo all'impegno richiesto e ai costi per la raccolta dei dati. Inoltre, sono stati evidenziati altri aspetti centrali ancora da chiarire, come la gestione delle incertezze nella raccolta dei dati, le condizioni economiche e l'attuazione pratica della metodologia. I quattro esempi fintizi – due relativi al trattamento manuale e due al trattamento meccanico – illustrano una possibile applicazione pratica e mostrano come utilizzare gli indicatori e interpretare i risultati. Inoltre, viene

spiegato quali dati sono necessari e come l'impegno e i costi possano essere contenuti grazie a una raccolta dati semplificata.

Inoltre, il rapporto descrive gli aggiustamenti necessari nell'aiuto all'esecuzione ORSAE riguardo lo stato della tecnica per lo smaltimento dei RAEE, al fine di integrare con successo la metodologia. Gli adattamenti sono principalmente necessari nel capitolo 9 dell'aiuto all'esecuzione (indicatori di prestazione).

È importante sottolineare che la metodologia di valutazione funge innanzitutto da strumento di misurazione per determinare lo stato attuale del trattamento dei RAEE rispetto agli obiettivi prefissati. Per una valutazione effettiva, è essenziale comprendere le cause dello stato attuale e identificare i possibili attori di influenza. Questo garantisce che le aziende non siano ritenute responsabili di aspetti che non possono controllare. Allo stesso tempo, viene chiarito chi deve intervenire per ridurre o eliminare gli ostacoli. L'obiettivo principale della metodologia di valutazione è supportare e favorire la transizione verso un'economia circolare.

I feedback ricevuti hanno evidenziato incertezze, in particolare riguardo all'applicazione pratica e all'impegno richiesto per la raccolta dei dati. Per affrontare questi e altri aspetti, potrebbero essere condotti test pilota in un progetto successivo. Ciò fornirebbe preziose indicazioni su come la metodologia sviluppata possa essere ottimizzata per allinearsi e integrarsi nel sistema di valutazione attuale prima che i nuovi indicatori vengano incorporati nelle nell'aiuto all'esecuzione ORSAE.

Summary

The e-conseg project developed an assessment methodology aimed at promoting a circular economy in the recycling of waste electrical and electronic equipment (WEEE). WEEE includes electrical and electronic equipment (EEE) that is considered waste under Article 7, Paragraph 6 of the Environmental Protection Act (EPA). The Ordinance on the Return, Taking Back and Disposal of Electrical and Electronic Equipment (ORDEE) stipulates that WEEE must be disposed of in an environmentally sound manner and in accordance with the state of the art. An enforcement aid is available for this purpose. It contains indicators for assessing the performance of companies that treat WEEE. Currently, however, these indicators are predominantly mass-based and do not sufficiently consider key aspects such as environmental benefits and dispersion of pollutants. The e-conseg methodology aims to enable a comprehensive analysis of the current state of WEEE treatment. This should enable the identification of circularity potentials and support the development of targeted measures to promote a circular economy.

The newly developed assessment methodology is structured according to predefined circular economy objectives: (1) closing material loops, (2) maximizing ecological benefits, and (3) preventing the dispersion of pollutants. Its scope focuses on recovery pathways for material recovery and the associated losses. The recovery of functions is also considered. The methodology divides the recovery process into four treatment categories: collection, manual treatment, mechanical treatment, and final treatment. While information on subsequent and final treatments abroad is required, the geographical scope of the assessment is limited to treatments within Switzerland.

The methodology was developed based on specific guiding principles to enable a systematic, practice-oriented, and flexible evaluation. It combines quantitative and qualitative indicators in order to provide a comprehensive picture of the current state, identify gaps and obstructive framework conditions, and highlight possible courses of action. The calculation of the indicators requires both internal company data and external sources such as environmental databases and standard values. The indicators were specifically developed for different treatment steps (collection, manual, and mechanical treatment) on company level as well as for analysis on national level. The indicators require different types of data depending on the treatment and assessment level. The report on work packages AP3 and AP4 details the data requirements and the calculation of each indicator.

This final report summarizes feedback from relevant stakeholders and explains the application of the assessment methodology using four hypothetical examples. Specific feedback on the indicators has been analyzed to draw conclusions for further development of the methodology and its potential integration into practice. Feedback from the field indicates that most indicators are generally considered useful. It was noted that some data is already collected during audits by the industry organizations. However, strong concerns were raised, particularly regarding effort and costs for collecting the data. Other key aspects that need to be clarified include dealing with uncertainties in data collection, economic framework conditions, and the practical implementation of the methodology. The four hypothetical examples—two for manual and two for mechanical treatment—illustrate a possible practical implementation and demonstrate how the indicators can be applied and results interpreted. The report also explains which data are required and how efforts and costs can be kept limited through simplified data collection.

Furthermore, in order to successfully integrate the methodology, the report describes the necessary adjustments to the ORDEE enforcement aid on the state-of-the-art disposal of WEEE. Adjustments are particularly needed in Chapter 9 of the enforcement aid (performance indicators).

It is important to clarify that the assessment methodology initially serves as a measurement tool to capture the current state of WEEE treatments in relation to goal achievement. For an actual evaluation, it is crucial to understand the causes of the current state and identify possible influencing actors. This ensures that companies are not held responsible for factors beyond their control. At the same time, it shows who must take action to reduce or eliminate obstacles. The overarching goal of the assessment methodology is to support and facilitate the transition to a circular economy.

The feedback highlighted uncertainties, particularly regarding the practical implementation and the effort required for data collection. To address these and other aspects, test runs could be conducted in a follow-up project. In this way, selected indicators could be tested in facilities. This would provide valuable insights into how the developed methodology could be optimized to align with and be merged with the current assessment system before new indicators are incorporated into the ORDEE enforcement aid.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Jährlich werden in der Schweiz rund 125'000 Tonnen Elektro- und Elektronik-Altgeräte (EAG) gesammelt und rezykliert. Der hohe Anteil an verschiedenen und oft feinst verteilten Materialien machen den EAG-Abfallstrom im Recycling zu einer grossen Herausforderung.

Im Zuge der Transition hin zu einer Kreislaufwirtschaft nimmt die Rückführung von Rohstoffen aus "end-of-life" Produkten zurück in den Wirtschaftskreislauf einen hohen Stellenwert ein. Heutige und künftige Elektro- und Elektronikgeräte spielen dabei eine Schlüsselrolle. Die zentrale Frage ist, ob und wie es gelingen wird, den gesamten Produktlebenszyklus mehr in Richtung Kreislaufwirtschaft zu verbessern. Wie erreicht man, dass die in den Geräten vorhandenen Rohstoffe möglichst rein zurückgewonnen und Schadstoffe möglichst vollständig ausschleust werden? Wie wird dabei gleichzeitig der grösste Umweltnutzen erzielt?

Die zentrale Forschungsfrage lautet deshalb:

"Mit welcher Methodik kann die Behandlung von EAG bezüglich folgender Ziele:

- Rückgewinnung von Rohstoffen
- Ausschleusung von Schadstoffen und
- maximaler Umweltnutzen

gemessen und beurteilt werden, um daraus geeignete regulatorische Steuerungsmassnahmen ableiten zu können?"

Zur Beantwortung dieser Fragen sind Methoden notwendig, welche es ermöglichen, die Behandlung der Abfallströme im Hinblick auf die Ziele der Kreislaufwirtschaft zu beurteilen. Dazu braucht es geeignete Kenngrössen. Für eine umfassende Beurteilung der Kreislauffähigkeit der EAG-Behandlung fehlen in der aktuellen Methodik wichtige Aspekte. Beispielsweise repräsentieren die aktuellen Recycling- und Verwertungsquoten Gesamtmasseanteile und berücksichtigen dabei keine wesentlichen Qualitätsaspekte der EAG-Behandlung. Die Quoten werden hauptsächlich von den massenreichen Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium sowie von Kunststoffen bestimmt. Massenmässig weniger bedeutende Stoffe wie Gold, Palladium, Silber oder seltene Erden (z.B. Indium und Neodym) werden dabei kaum erfasst, obwohl diese aus ökologischer Sicht sehr relevant sein könnten, da ihre Gewinnung die Umwelt stark belastet. Bei der Beurteilung anhand von Grenz- oder Richtwerten in einzelnen Fraktionen wird zudem nicht berücksichtigt, wie sich die Gesamtmasse eines Schadstoffs auf die einzelnen Fraktionen verteilt. Eine grosse Fraktion könnte den Grenzwert einhalten, aber insgesamt mehr Schadstoffe enthalten als eine kleinere Fraktion, die den Grenzwert überschreitet. Weiter wird die Rückgewinnung von Funktionen aus EAG oder die betriebliche Nachhaltigkeit nicht berücksichtigt.

Ein kreislauffähiges Recycling von EAG bedeutet, dass unter Berücksichtigung der positiven und der möglicherweise negativen Umweltauswirkungen Zielstoffe bei gleichbleibender Qualität im Kreislauf erhalten bleiben oder abgetrennt und umweltgerecht beseitigt werden. Dafür braucht es Beurteilungsgrössen und Indikatoren, welche sowohl die Zirkularität – also das Kreislaufprinzip, bei

dem Materialien, Produkte oder Prozesse so gestaltet werden, dass sie sich im Kreis bewegen, anstatt nach einmaligem Gebrauch weggeworfen zu werden – als auch deren Umweltauswirkungen beurteilen³.

Der Projektname e-conseg leitet sich ab vom Grundprinzip des Recyclings: Die Konzentrierung (concentration) und Separierung (segregation) von Zielstoffen. Es soll eine Methodik entwickelt werden zur Beurteilung unterschiedlicher Behandlungen elektrischer und elektronischer Altgeräte (EAG) hinsichtlich ihres Beitrags zu definierten Zielen der Kreislaufwirtschaft. Als EAG werden elektrische und elektronische Geräte (EE-Geräte) verstanden, die im Sinne des Artikel 7 Absatz 6 des Umweltschutzgesetzes (USG) als Abfall gelten.

Die Methodik soll sowohl auf Ebene einzelner Betriebe als auch auf Ebene Schweiz anwendbar sein und als zentrale Grundlage zur Beurteilung und Weiterentwicklung des Stands der Technik der EAG Entsorgung in der Schweiz dienen. Die Methodik soll deshalb in die Vollzugshilfe zum Stand der Technik VREG einfließen.

Grundsätzlich müssen die Entsorgungsunternehmen die Indikatoren (Kapitel 9 Leistungsindikatoren und Anhang 7 Leistungsziele und Indikatoren) gemäss dieser Vollzugshilfe selbst erheben und dokumentieren. Die Daten müssen bei Bedarf jederzeit eingesehen werden können. Die Kantone entscheiden als zuständige Vollzugsbehörden, wann und wie die Werte überprüft werden.

1.2 Projektentwicklung und Arbeitspakete

Das Projekt ist in fünf Arbeitspakete (AP) gegliedert (vgl. Abbildung 1). In AP1 wurde eine Projektbegleitgruppe mit Vertretern aus Wissenschaft, Verwaltung, Beratung und Praxis gegründet, um die Resultate und Erkenntnisse aus den jeweiligen Arbeitspaketen zu diskutieren und um die Perspektive der Begleitgruppe in die Bearbeitung miteinzubringen. AP2 umfasst eine Systemcharakterisierung und die Zielsetzung einer kreislaufwirtschaftsorientierten Beurteilungsmethodik. Die Zielsetzung und Anforderungen einer kreislaufwirtschaftsorientierten Beurteilungsmethodik als auch potentielle Beurteilungsgrössen und Kriterien für die Identifizierung von Zielstoffen wurden festgelegt auf Basis von Interviews mit wichtigen EAG Akteuren, Studien, Zielen des Bundes und Entwicklungen in der EU. Weiter wurden Vorschläge zur Vorgehensweise für die Festlegung und Auswahl von Zielstoffen aufgeführt. Auf der Grundlage von AP2 wurde in AP3 und AP4, die sich stark überlagert haben, der konzeptionelle Aufbau der Beurteilungsmethodik weiterentwickelt. Dabei wurden:

- Eine systematische Vorgehensweise zur Bestimmung der Beurteilungsgrössen und Indikatoren festgelegt,
- Der Datenbedarf für die Beurteilung identifiziert,
- Methoden zur Berechnung der Indikatoren entwickelt

In einem weiteren Arbeitspaket (AP5) wurde der vorliegende Schlussbericht erstellt. Dieser umfasst:

- Eine Diskussion der Beurteilungsmethodik und der Indikatoren,
- Vier Anwendungsbeispiele,
- Das Aufzeigen des Anpassungsbedarfs der Vollzugshilfe.

³ Es ist nicht zwingend gegeben, dass die maximale Rückgewinnung von Wertstoffen auch den grössten Umweltnutzen aufweist. Die Prozesse für die Rückgewinnung können die Umwelt belasten.

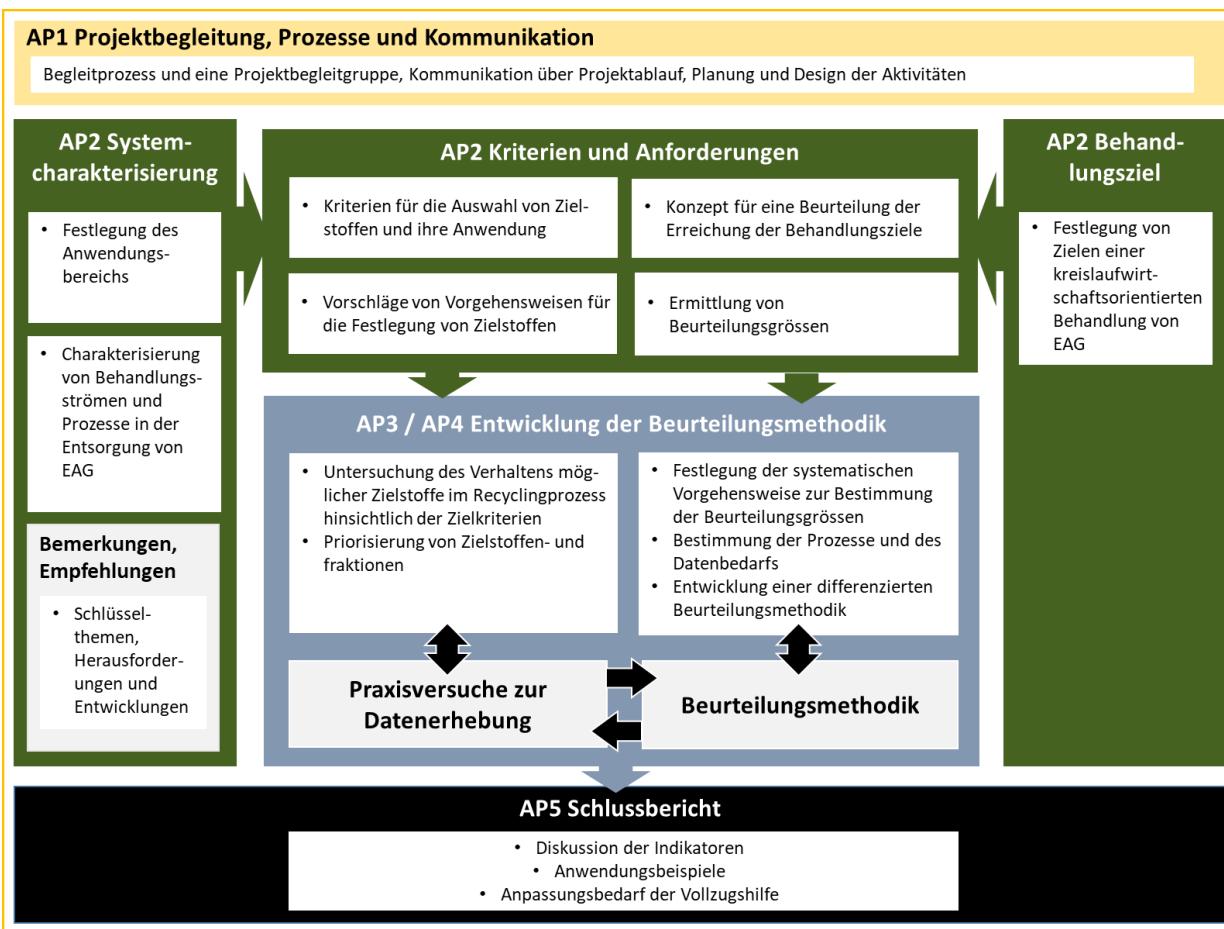


Abbildung 1: Darstellung des Projektvorgehens anhand der Arbeitspakete 1 bis 5 und ihrem Leistungsumfang.

1.3 Ziel der Beurteilungsmethodik

Die Indikatoren und Beurteilungsgrößen können als Messinstrument betrachtet werden, das den Zustand der EAG-Behandlungen in Bezug auf die Zielerreichung misst. Wie in Abbildung 2 visualisiert, soll die Methodik in erster Linie den aktuellen Zustand aufzeigen. An zweiter Stelle folgt dann eine „Beurteilung“. An diesem Punkt ist es wichtig, die Ursachen für den aktuellen Zustand zu verstehen und, falls möglich, zu identifizieren, wer diese beeinflussen kann. Dadurch soll zum einen vermieden werden, dass der Betrieb für Umstände beurteilt wird, für die er selbst nicht verantwortlich ist und die er nicht beeinflussen kann. Zum anderen soll gleichzeitig aufgezeigt werden, wo angesetzt und wer aktiv werden sollte, um Hürden zu reduzieren oder zu beseitigen.

Das übergeordnete Ziel der Beurteilungsmethodik ist es, die Transition hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu fördern und unterstützen.

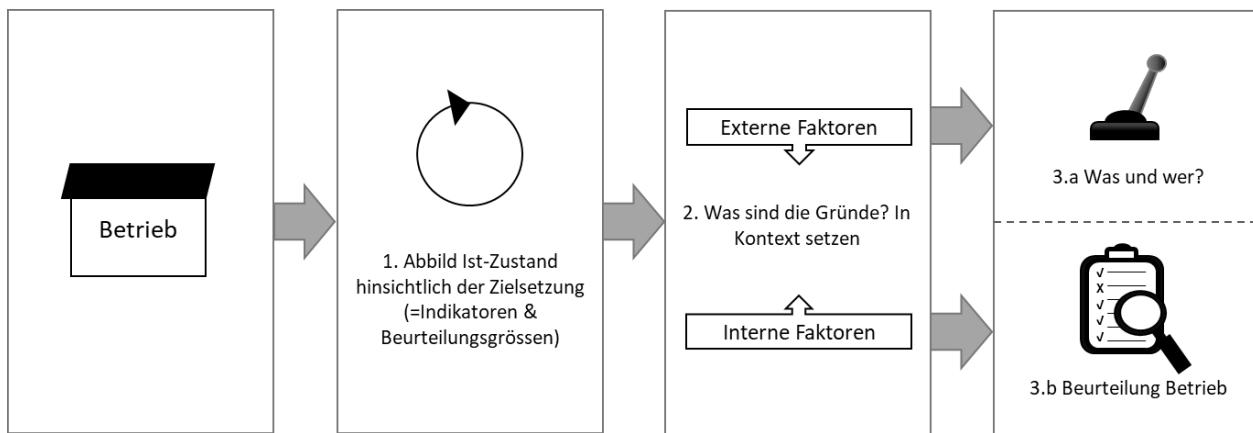


Abbildung 2: Die Beurteilungsmethodik soll in erster Linie ein Abbild des Ist-Zustands ermöglichen, welches im Kontext betrachtet einerseits Hinweise geben soll auf interne und externe Verbesserungsmassnahmen und andererseits den Betrieb hinsichtlich seines Beitrags an die Kreislaufwirtschaft einschätzen soll.

2 Diskussion der Beurteilungsmethodik und der Indikatoren

2.1 Diskussion allgemeiner Aspekte

Im August 2024 fand die Vorstellung und Diskussion der Beurteilungsmethodik mit Vertreter*innen aus Wissenschaft, Technik, Praxis und Behörden statt. Die Indikatoren und ihre jeweiligen Ziele wurden präsentiert und nachfolgend der Gruppe auch schriftlich übermittelt. Die Teilnehmenden sollten bewerten, ob die Indikatoren die zugrunde liegenden Ziele sinnvoll unterstützen und konnten bei Bedarf Empfehlungen und Hinweise geben. Zusätzlich wurden folgende weiteren Fragengestellt:

Fragen zu potenziellen Pilotversuchen:⁴

- Könnte Ihr Betrieb grundsätzlich bei Pilotversuchen mitwirken?
- Was braucht es aus ihrer Sicht, um die technische Umsetzbarkeit abzuklären?
- Was braucht es aus ihrer Sicht, um die Kosten und den Aufwand konkret abzuklären?
- Welche Aspekte müssten sonst noch betrachtet werden?

Fragen zur Umsetzung:⁵

- Was ist Ihre Meinung zum Vorschlag der Empa für die Umsetzung?
- An der Begleitgruppensitzung vom 27.08.24 wurde erwähnt, dass Anreize willkommen wären für die Implementierung einer neuen Beurteilungsmethodik in allen relevanten Betrieben in der Schweiz. Mit welchen Anreizen könnte man die Betriebe zur Implementierung motivieren und dabei ein «level playing field» sicherstellen?

In Kapitel 2.1 werden Aspekte diskutiert, die bei verschiedenen Indikatoren sowie in allgemeinen Rückmeldungen zur Sprache gebracht wurden. Die spezifischen Rückmeldungen zu den einzelnen Indikatoren werden in Kapitel 2.2 diskutiert und mit Erläuterungen versehen. Diese sollen ein besseres Verständnis dafür schaffen, was die Beurteilungsmethodik leisten soll, welche Strategie dahintersteht und wie die Methodik als Ganzes sowie die einzelnen Indikatoren einzuordnen ist.

⁴ Mit Pilotversuchen könnten Erkenntnisse gewonnen werden zur möglichen Umsetzung der Beurteilungsmethodik. Dabei würden die Datenerhebung und die Berechnung der Indikatoren konkret durchgespielt. Besonders im Fokus stehen die drei Aspekte: technische Umsetzbarkeit, Kosten und Aufwand.

⁵ Ein mögliches Szenario, wie die Berichterstattung und Kontrolle zielorientiert umgesetzt werden könnten, wurde vorgestellt. Es umfasst eine externe Fachstelle, die Betriebe bei der Datenerhebung und Berechnung der Indikatoren unterstützt und die Resultate an die entsprechende Behörde meldet. Eine Fachkommission könnte für die Erarbeitung der Standardwerte einberufen werden.

2.1.1 Anwendungsbereich der Methodik auf Entsorgungs- und Verwertungswege

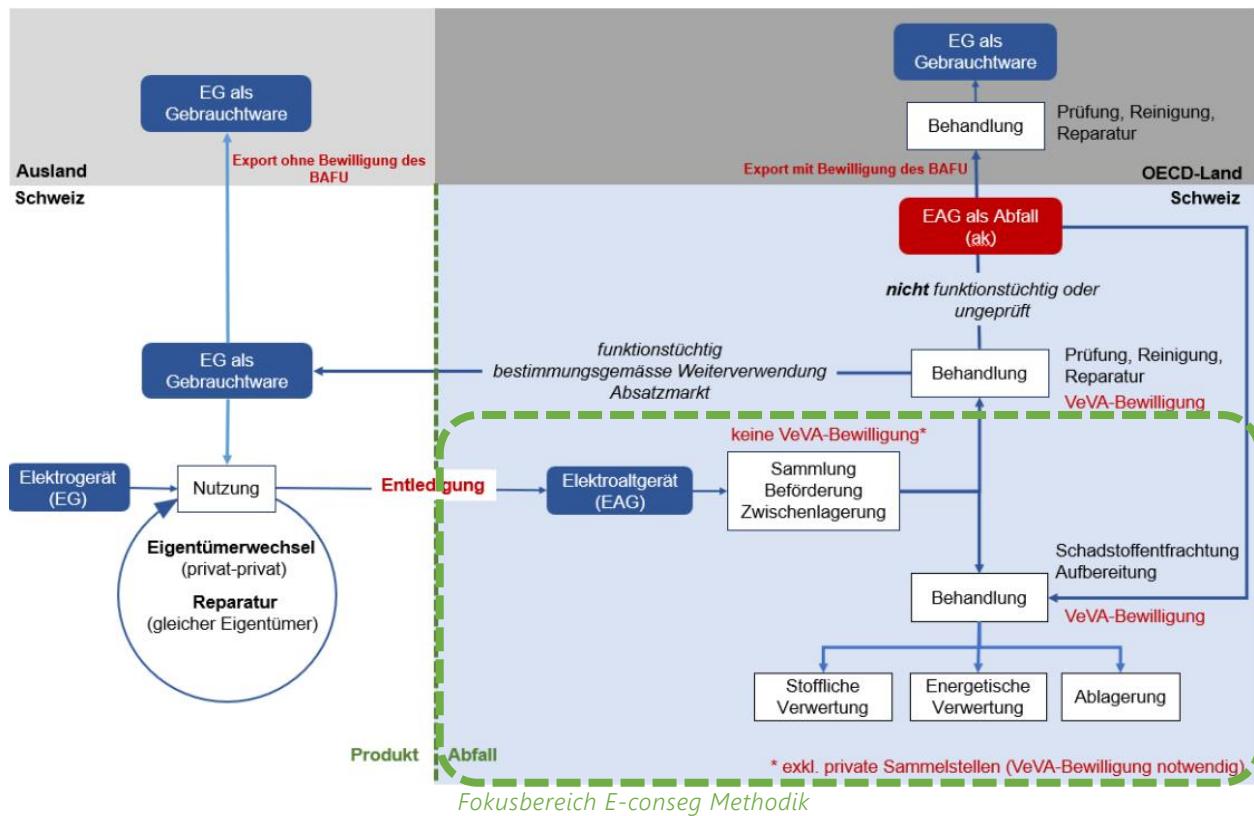


Abbildung 3: Entsorgungswege von Elektrogeräten. Quelle: Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG), Vollzugshilfe zum Stand der Technik, Bundesamt für Umwelt BAFU.

Die Beurteilungsmethodik fokussiert primär auf die Entsorgungswege, die zur Rückgewinnung von Materialien führen. Da aber die Rückgewinnung von Funktionen aus einer Umweltperspektive sehr wichtig ist, wurden einige entsprechende Indikatoren an den Abscheidungspunkten integriert. Die Methodik wurde nicht dafür entwickelt, Aussagen zur Rückgewinnung von Funktionen zu treffen, bevor ein Gerät den „Abfallstatus“ erreicht (vgl. Abbildung 3 links, „Reparatur (gleicher Eigentümer)“ und „Eigentümerwechsel (privat-privat)“). Weitere Entsorgungswege, die zur Rückgewinnung von Funktionen führen (bspw. Abgaben an Reparaturstellen mit Eigentümerwechsel) liegen ebenfalls ausserhalb der Beurteilungsmethodik. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Unternehmen ausserhalb der Entsorgungs- und Verwertungswege keine Verantwortung im Hinblick auf die Kreislaufwirtschaft tragen. Die Bedeutung vorangehender Prozesse – insbesondere der Produktion und Nutzung – wird anerkannt. Daher wurde die Methodik so entwickelt, dass sie auch Informationen erfasst, die konsolidierte Aussagen ermöglichen über mögliche Hürden, welche in die Verantwortung vor- oder nachgelagerter Prozesse fallen.

2.1.2 Entsorgungswege umfassen verschiedene Behandlungen

Wie in Abbildung 3 ersichtlich umfassen die Entsorgungswege von EAG verschiedene Behandlungen. Um eine Aussage zur Kreislauffähigkeit des Schweizer EAG Behandlungssystems zu treffen, wäre eine Beurteilung ausschliesslich von Betrieben, die EAG mechanisch verarbeiten, nicht ausreichend. Viele zentrale Aspekte der Kreislaufwirtschaft würden ansonsten nicht berücksichtigt und es käme zu einer falschen Auffassung der Kreislauffähigkeit von EAG in der Schweiz. Bspw. betrifft die Rückgewinnung

von Funktionen vor allem die Sammlung. Um eine Aussage zur Kreislauffähigkeit von EAG zu machen, dürfen entsprechend nicht ausschliesslich Recyclingbetriebe betrachtet werden.

2.1.3 Begrifflichkeiten: Manuelle und mechanische Behandlung

Die Begriffe "manuelle Behandlung" und "mechanische Behandlung" wurden verwendet, um zu unterscheiden einerseits zwischen einer Zerlegung, bei der Materialien grundsätzlich nicht zerstört oder beschädigt werden und andererseits einer Zerkleinerung, welche grundsätzlich die Bestandteile zerstört oder beschädigt. Die Begriffe können für Folgearbeiten besprochen und gemeinsam festgelegt werden. Alternativ könnte man von nicht-destruktiven und destruktiven Behandlungen sprechen oder, sofern möglich, sich ausschliesslich auf die Outputfraktionen fokussieren und zwischen Geräten, Bestandteilen und Materialien unterscheiden. Die Beurteilungsmethodik müsste entsprechend angepasst werden.

2.1.4 Datenerhebungen

Welche Indikatoren relevant sind und welche Daten in einem Betrieb erhoben werden müssen, hängt von den spezifischen Behandlungen ab, die der Betrieb durchführt. So betrifft der Indikator zur Rückgewinnung von Funktionen insbesondere Betriebe, die in der Sammlung tätig sind, da dort heute die kritische Schnittstelle ist, an der funktionsfähige Geräte separiert werden sollten, um sie für eine Wiederverwendung vorzubereiten. Zudem sind bestimmte Daten von Betrieben erforderlich, um Hinweise auf externe Bedingungen zu geben oder auch zur Berechnung von Indikatoren auf nationaler Ebene beizutragen.

2.1.5 Heutiges Beurteilungssystem und e-conseg Methodik

Die Beurteilungsmethodik wurde unabhängig von heutigen Datenerhebungsmethoden entwickelt. Sie hat nicht den Anspruch auf eigene und exklusive Datenerhebungen, sondern es sollen möglichst Daten und Methoden genutzt werden, welche bereits existieren. Ein Zusammenführen des heutigen Beurteilungssystems und Datenerfassungsmethoden mit der e-conseg Methodik ist für eine einfache Umsetzung wichtig. Abbildung 4 zeigt ein mögliches Szenario auf.

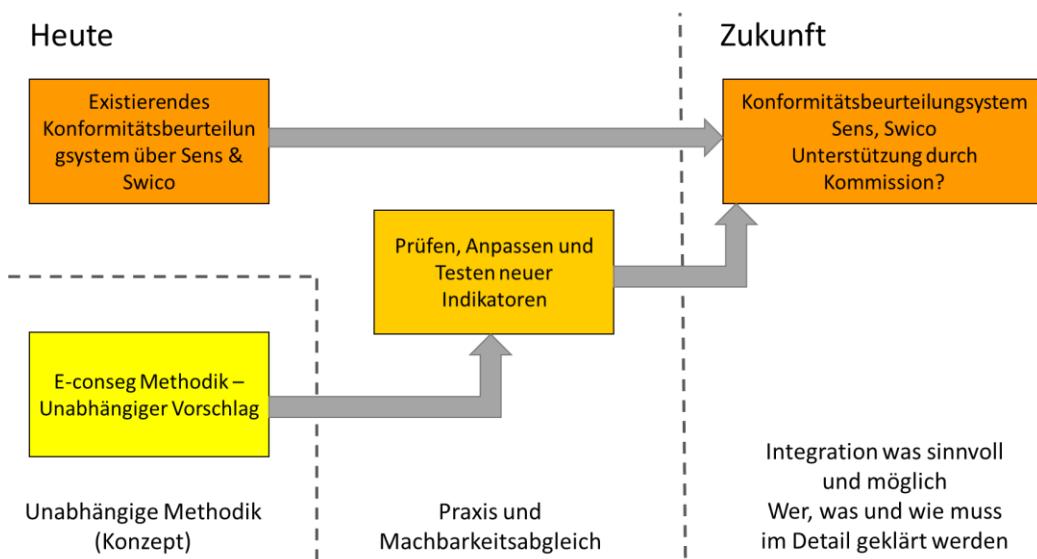


Abbildung 4: Ein mögliches Szenario, wie e-conseg oder Teile davon mit dem heutigen System zusammengeführt werden könnten.

2.1.6 Wirtschaftlichkeit

Es ist nicht Aufgabe der Beurteilungsmethodik, die Wirtschaftlichkeit von Massnahmen und Behandlungen zu bewerten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die wirtschaftlichen Aspekte als unbedeutend erachtet werden. Unser System zur Verwertung von EAG basiert wesentlich auf finanziellen Anreizen und es ist grundsätzlich anzunehmen, dass die Wirtschaftlichkeit den grössten Anreiz für das Ergreifen oder Unterlassen bestimmter Massnahmen darstellt. Da die Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht automatisch mit wirtschaftlichen Interessen übereinstimmen, müssen geeignete Rahmenbedingungen, Anreiz- und Bewertungssysteme geschaffen werden, die speziell auf die Förderung und Bewertung der Kreislauffähigkeit abzielen.

2.1.7 Machbarkeit

Die Machbarkeit der Datenerhebung ist zentral. Es wurde deswegen darauf geachtet möglichst mit Daten zu arbeiten, welche bereits erhoben werden. Die für die Beurteilungsmethodik benötigten Daten, die gemäss Vollzugshilfe intern dokumentiert werden müssen, umfassen beispielsweise:

- die Zielstoffe (Schad- und Wertstoffe), die in bestimmten Fraktionen für eine nachfolgende Beseitigung oder Rückgewinnung angereichert werden sollen,
- Entsorgungsnachweise schadstoffbelasteter Fraktionen,
- sowie die Materialbuchhaltung.

Darüber hinaus wurde darauf geachtet, den Aufwand für die Dokumentation zusätzlicher oder detaillierterer Informationen überschaubar zu halten. Bei einigen Indikatoren braucht es weitere Abklärungen, wie in konkreten Fällen die Datenerhebung stattfindet, wo Vereinfachungen sinnvoll sind, wie mit Unsicherheiten – insbesondere bei Vereinfachungen – umgegangen wird und welche Indikatoren z.B. aufgrund zu anspruchsvoller Datenerhebungen mit damit verbundenen grossen Unsicherheiten nicht sinnvoll zu erheben sind. In der Entwicklung der Beurteilungsmethodik wurden die Datenerhebung angedacht und Ansätze aufgeführt, ein detailliertes Vorgehen soll in den weiteren Schritten erarbeitet werden.

2.1.8 Privatwirtschaftliche Verträge

Diskussionen, was im Rahmen heute bestehender Verträge möglich ist oder nicht (bspw. die Separierung von Geräten und Bestandteilen für eine Vorbereitung zur Wiederverwendung) und welche Aspekte geregelt werden müssen, sind zwar sehr wichtig, aber nicht Auftrag der Beurteilungsmethodik. Diese Aspekte müssen separat diskutiert und geklärt werden. Die Methodik soll ein Abbild des momentanen Zustands ermöglichen, worauf in einem zweiten Schritt die Verbesserungsmassnahmen und Verantwortlichkeiten diskutiert werden können (vgl. dazu auch Kapitel 1.3, Abbildung 1).

2.1.9 Vergleichbarkeit

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist aufgrund unterschiedlicher Betriebsstrukturen und Materialströme eine Herausforderung. Um dieser Problematik gerecht zu werden, wurden folgende Massnahmen ergriffen:

1. Die Indikatoren sind grundsätzlich in Prozentwerten ausgedrückt; absolute Werte werden nicht verglichen.

2. Unterschiedliche Inputströme der Betriebe wurden berücksichtigt. So kann beispielsweise festgestellt werden, wenn eine bestimmte Outputfraktion fehlt, weil der entsprechende Input gar nicht vorhanden ist.

Zwar bestehen unterschiedliche vertragliche Bedingungen und Betriebsstrukturen, die zu Vor- oder Nachteilen in der Beurteilung führen können; jedoch liegt es ausserhalb des Fokus der Methodik, die Betriebsstrukturen selbst zu bewerten.

2.1.10 Rückgewinnung von Funktionen

Die Rückgewinnung von Funktionen ist (noch) nicht weit verbreitet. Um sie zu ermöglichen und zu vereinfachen, müssen verschiedene Aspekte geklärt werden, da zahlreiche Faktoren die Rückgewinnung von Funktionen beeinflussen. Dazu zählen Fragen der Datensicherheit, der Produkthaftung und -gewährleistung, das Vorhandensein eines entsprechenden Marktes und weitere relevante Rahmenbedingungen. Diese müssen definiert, festgelegt und / oder gefördert werden. Die Beurteilungsmethodik dient als Messinstrument für den aktuellen Zustand und soll aufzeigen, wie die Situation aussieht. Entspricht diese nicht den angestrebten Zielen, müssen in einem weiteren Schritt die Ursachen ermittelt und, wenn möglich, behoben werden. Sollten die Ursachen extern sein und vom Betrieb nicht beeinflussbar, sollte dies dokumentiert werden, zusammen mit Hinweisen, welche Rahmenbedingungen geändert oder Massnahmen ergriffen werden können, um externe Hindernisse abzubauen.

2.1.11 Chemische Analyse

Chemische Analysen sollen nur dort durchgeführt werden wo nötig und nicht mehr als nötig, um Aufwand und Kosten gering zu halten. Wenn der Datenbedarf eine Vielzahl chemischer Analysen erfordert würde und der Aufwand unverhältnismässig hoch wäre, sollen Standardwerte die Datenerfassung vereinfachen. Allgemein muss klar kommuniziert werden, dass die Daten mit Unsicherheiten behaftet und entsprechend mit Vorsicht zu interpretieren sind (vgl. Kapitel 2.1.12).

2.1.12 Umgang mit Unsicherheiten

Der Umgang mit Unsicherheiten – sei es aufgrund der Probennahme, Schwankungen im Inputmaterial oder anderer Faktoren – stellt bereits heute eine grosse Herausforderung dar und betrifft auch die Datenerhebung für die e-conseg Indikatoren. Die e-conseg Methodik versucht dieser Schwierigkeit zu begegnen, indem sie eine grössere Anzahl an Indikatoren erhebt, die auf einer Mischung aus qualitativen und quantitativen Daten basieren. Die Methodik dient in erster Linie als Hotspot-Analyse und nicht als Detailanalyse. Entsprechend sollen die Unsicherheiten, die mit der Beurteilung einhergehen, stets transparent kommuniziert werden, um ein realistisches Bild zu vermitteln und Fehlinterpretationen – positiv oder negativ – zu vermeiden.

2.2 Diskussion der Rückmeldungen zu den einzelnen Indikatoren

2.2.1 Übersicht

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Ausrichtung der verschiedenen Beurteilungsgrößen. Die Beurteilungsgrundlagen K1 bis K3 sowie U1 konzentrieren sich auf die Stoffflüsse, während U2 andere betriebliche Informationen zum ökologischen Nutzen umfasst. Die Beurteilungsgrößen S1 und S2 fokussieren auf Schadstoffe. Bei der Betrachtung des Outputs der Behandlungen wird zwischen Geräten, Bestandteilen und Fraktionen unterschieden. Die Beurteilungsgrößen können entweder für die betriebliche oder nationale Ebene oder für beide relevant sein. Sie setzen sich aus verschiedenen Indikatoren zusammen, die auf quantitativen oder qualitativen Angaben basieren.

Tabelle 1: Übersicht der Beurteilungsgrößen.

Beurteilungsgröße	Fokus	Output der Behandlungen			Betrachtung		Indikatoren	
		Geräte	Bestandteile	Fraktionen	Betrieb	National		
K1 EAG Massen	Stofffluss / Materialbuchhaltung	X				X	K1.1	-
K2 Rückgewinnung von Funktionen		X	(x)		X	X	K2.1	K2.2; K2.3
K3 Rückgewinnung von Materialien		(x)	X	X	X	X	K3.5; K3.6	K3.2; K3.3; K3.4; K3.1
U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen			X	X	X	X	U1.3; U1.4	U1.1; U1.2
U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen	Energie & Anderes				X	X	U2.1, U2.2	U1.3
S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen	Schadstoff		X	X	X	X	S1.2; 1.3	S1.1
S2 Opportunitätskosten			(x)	(x)		X	-	S1.3

Schwarz = Rückgewinnung, Violett = Verlust; () Klammer = weniger bedeutend

Insgesamt wurden fünf Rückmeldungen erhalten. SENS eRecycling und Swico reichten ihre Rückmeldung gemeinsam ein, ebenso der Fachverband VREG-Entsorgung (FVG) und der Verband Stahl-, Metall- und Papier-Recycling Schweiz (VSMR). Außerdem äusserte sich ein Recyclingbetrieb mit einer eigenen Rückmeldung. In Tabelle 2 ist zusammengefasst, ob die Indikatoren in den Rückmeldungen als sinnvoll eingeschätzt werden oder nicht. Zudem sind die zentralen Schlussfolgerungen in Kurzform aufgeführt. Detaillierte Rückmeldungen und deren Adressierung sind in den Kapiteln 2.2.2 bis 2.2.8 zu finden.

Tabelle 2: Zusammengefasste Einschätzung der Indikatoren basierend auf den Rückmeldungen der Begleitgruppe und eine Kurzfassung der Schlussfolgerungen.

	Indikator	Einschätzung, ob der Indikator grundsätzlich hilfreich wäre für die Beurteilung der Erreichung der Behandlungsziele	Zusammenfassende Schlussfolgerungen – detailliertere Erläuterungen sind in den nachfolgenden Kapiteln (Kapitel 2.2.2 - Kapitel 2.2.8) zu finden
K1.1	EAG-Masse pro Person	Ja	Achtung Fehlinterpretation möglich. Alternativen Vorschlag berücksichtigen und Indikator anpassen.
K2.1	Funktionsrückgewinnung – quantitativ	Ja	Anpassung des Indikators zur Erfassung der Geräteanzahl nach EAG Kategorien. Hervorheben, dass der Indikator sich nur auf die Rückgewinnung von Funktionen während der EAG Behandlung bezieht (nicht auf die Rückgewinnung von Funktionen, bevor eine Entledigung stattfindet).
K2.2	Funktionsrückgewinnung – qualitativ	Ja	Die Art und Weise, wie eine Beurteilung vorgenommen wird, soll mit relevanten Akteuren ausgearbeitet werden.
K2.3	Funktionsverluste	Nein	Änderung der Datenerfassung um eine Umsetzung in der Praxis zu vereinfachen. Ein qualitativer Ansatz ähnlich K2.2 oder eine Vereinfachung wie im Anwendungsbeispiel (vgl. Kapitel 3.2.3) wird vorgeschlagen.
K3.1	Fehlwürfe Abfallströme	Ja	Sehr schwierig zu erheben. Starke Vereinfachungen sind nötig, was mit einer geringeren Aussagekraft einhergeht. Der Einbezug von nationalen Abfallanalysen könnte hier hilfreich sein. Die Verantwortlichkeiten sind zu klären.
K3.2	Optimierte Sammlung	Mittel	Der Bedarf für diesen Indikator sollte in Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren geprüft werden. Falls als sinnvoll erachtet, könnte eine Checkliste erstellt werden, die regelmäßig aktualisiert wird, um auf veränderte Abfallströme einzugehen.
K3.3	Zerlegetiefe	Mittel	Die Erarbeitung der Liste ist zentral. Eine mögliche Zusammenlegung der Indikatoren K3.3 und K3.4 sollte geprüft werden.
K3.4	Zielstoffquote	Nein	Die Umsetzbarkeit dieses Indikators hängt wesentlich davon ab, ob eine Liste von „Zielstoffen“ erstellt werden kann. Er ist wichtig, um nicht nur massenreiche Stoffe zu berücksichtigen. Eine mögliche Zusammenlegung der Indikatoren K3.3 und K3.4 sollte geprüft werden.
K3.5	Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag	Ja	Könnte analog zu bestehenden Stoffflussanalysen ermittelt werden.

K3.6	Massenbasierte Verluste	Ja	Umgang mit Unsicherheiten muss festgelegt werden. Es muss definiert werden, bei welchen Fraktionen chemische Analysen erforderlich sind, wobei der Kosten-Nutzen stets in einem angemessenen Verhältnis stehen sollte
U1.1	Zerlegetiefe ökolog. Betrachtung	Nein	Gewichtung des ökologischen Nutzens muss festgelegt werden. Ein Zusammenführen der Indikatoren U1.1 und U1.2 soll genauer betrachtet werden.
U1.2	Ökologische Zielstoffbewertung	Nein	Ein Zusammenführen der Indikatoren U1.1 und U1.2 soll genauer betrachtet werden.
U1.3	Umweltentlastung Rückgew.beitrag	Ja	Kosten-Nutzen-Verhältnis muss berücksichtigt werden und der Umgang mit Unsicherheiten geklärt werden.
U1.4	Umweltbelastung Verluste	Mittel	Kosten-Nutzen-Verhältnis muss berücksichtigt werden und der Umgang mit Unsicherheiten geklärt werden.
U2.1	Energieverbrauch	Mittel	Die Machbarkeit muss besonders in Betrieben überprüft werden, die weitere Materialien auf derselben Anlage verarbeiten.
U2.2	Anteil erneuerbarer Energie	Mittel	Falls U2.1 erhoben wird, ist es besonders wichtig diesen Indikator ebenfalls zu erheben. Die Machbarkeit muss überprüft werden.
U2.3	Andere ökologische Initiativen	Mittel	Kann als freiwilliger Indikator betrachtet werden.
S1.1	Trennschärfe Schadstoffe	Mittel	Der Aufwand für diesen Indikator ist hoch, daher muss die Umsetzung besprochen und ggf. eine alternative Datenerfassung festgelegt werden. Falls die Schadstoffentfrachtung bereits anderweitig kontrolliert wird, sollte geprüft werden, ob der Indikator sinnvoll ist.
S1.2	Einhaltung Schadstofffrichtwerte	Ja	Richtet sich an bestehende Kontrollen
S1.3	Fracht Schadstoffe	Mittel	Es sind keine zusätzlichen chemischen Analysen vorgesehen. Umgang mit Unsicherheiten muss geklärt werden.
S2.1	Verluste anderer Stoffe (Trade-offs)	Nein	Machbarkeit und Zweckerfüllung des Indikators sind zu überprüfen

Die Piktogramme dienen als Orientierungshilfe und veranschaulichen sowohl die jeweilige Betrachtungsebene (betrieblich oder national) als auch die spezifischen Behandlungen (Sammlung, manuelle Behandlung, mechanische Behandlung, Endbehandlung), von denen Daten benötigt werden.

Betrachtungsebene:



Betriebliche
Betrachtung



Nationale
Betrachtung

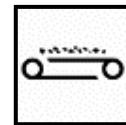
Behandlungen:



Sammlung



Manuelle
Behandlung



Mechanische
Behandlung

2.2.2 EAG-Masse pro Person

K1.1 EAG-Masse pro Person

Betrifft: 

Datenerhebung bei:   

Beschreibung:

Dieser Indikator soll eine grundsätzliche Aussage über den Konsum von EEG in der Schweiz ermöglichen. Das ist wichtig, um einordnen zu können, wie nachhaltig die Schweizer Bevölkerung mit Ressourcen umgeht.

Rückmeldungen der Begleitgruppe:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist wichtig, auch um die Rücklaufquote zu berechnen.
- Der Indikator erfasst die zurückgenommene Menge EAG, soll jedoch Aussagen zum Konsum ermöglichen. Es besteht zwar eine Korrelation, jedoch wird die Beurteilung verfälscht: kleinere Sammelmenge würde bedeuten "nachhaltigerer Umgang mit Ressourcen" könnte aber auch auf eine ineffiziente Sammlung hinweisen.
- Aus Sicht Recyclers unerheblich - wir haben uns am Markt zu orientieren.

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Wird bereits von den Rücknahmesystemen SENS und SWICO erhoben.
- Die in Umlauf gebrachte Menge EEG wäre hier aussagekräftiger für die Beurteilung des Konsumverhaltens. In Kombination mit der zurückgenommenen Menge EAG würde diese die Berechnung einer Sammelquote ermöglichen.
Diese Daten (konsumorientiert) können wir nicht liefern, da wir keine EEG verkaufen.

Adressierung der Rückmeldungen:

Dieser Indikator bewertet nicht die Leistung der Betriebe. Er sollte für die Betriebe keinen Anreiz geben, weniger EAG zu sammeln und zu behandeln. Der Einwand, er könnte in der ursprünglich vorgeschlagenen Form zu einem Fehlanreiz führen, ist nachvollziehbar und berechtigt. Stattdessen wäre es eine gute Alternative, die in Umlauf gebrachte Menge zu betrachten, um den Ressourcenbedarf pro Kopf zu ermitteln. Die dafür erforderlichen Daten sind nicht bei den Betrieben zu erheben.

2.2.3 Rückgewinnung von Funktionen

K2.1 Funktionsrückgewinnung - quantitativ	Betrifft:	Datenerhebung bei:
---	-----------	--------------------

Beschreibung:

Der Indikator soll den massenbasierten Anteil an Geräten und Komponenten wiedergeben, welcher nach einer Vorbereitung zur Wiederverwendung in die Wiederverwendung geht.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Der Indikator wird grundsätzlich für die Förderung der Kreislaufwirtschaft als wichtig eingestuft. Die rein massenbasierte Erfassung könnte jedoch einen Trugschluss zulassen, wenn vor allem schwere Geräte (e.g. Waschmaschinen) in die Vorbereitung zur Wiederverwendung gelangen und gerade bei diesem Gerätetyp ist eine Wiederverwendung nicht immer sinnvoll*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Die Zielgruppe für diesen Indikator sind nicht die bestehenden Recyclingbetriebe, da eine funktionelle Rückgewinnung gegenüber SENS und SWICO vertragswidrig ist. Dieser Indikator macht Sinn bei Reparatur- und Refurbishmentfirmen.*
- *Wenn eingeführt, dann nach EAG-Kategorie erheben.*
- *Nebst der mangelnden Kompetenz ist es den Recyclern, Stand jetzt, zivilrechtlich verboten Wiederverwendung zu forcieren. Dagegen sprechen untere anderem Garantiefragestellungen. Zudem ist unklar, wer das finanzielle Risiko tragen soll für die Kosten für den fachgerechten Ausbau, die Prüfung, die Lagerung, das Marketing...*

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Zielgruppe der Beurteilungsmethodik sind die Akteure, die Behandlungen im Anwendungsbereich dieser Methode durchführen. Die Methodik bezieht sich ausschliesslich auf Entsorgungs- und Verwertungswege und erfasst nur die Funktionen, die aus diesem Bereich zurückgewonnen werden. Der Indikator erhebt daher nicht den Anspruch, die Gesamtmenge aller zurückgewonnenen Funktionen zu erfassen. Dazu müssten, wie korrekt angemerkt, weitere Akteure einbezogen werden.

Wie bereits im Bericht zu AP3&AP4 erwähnt, wäre es ideal, nicht nur die Massen, sondern auch die Anzahl an Geräten und Komponenten zu erfassen – eine Empfehlung, die in den Rückmeldungen nochmals betont wurde. Deshalb wird empfohlen, den Indikator auf die Anzahl der Geräte anzupassen. Um herauszufinden, welche Gerätetypen am häufigsten wiederverwendet werden, wäre es sinnvoll, die Erhebung nach EAG-Kategorie zu unterteilen. Ob dies einen zusätzlichen Aufwand darstellt und ob dieser verhältnismässig ist, sollte geprüft werden.

Die Diskussion, ob und wie eine vertragliche Regelung zur Vorbereitung zur Wiederverwendung getroffen werden kann und welche Aspekte dazu geklärt werden müssen, ist wichtig, jedoch nicht Teil des Auftrags der Beurteilungsmethodik. Diese Fragen müssen in einem separaten Rahmen behandelt werden.

Bemerkung: Die Erhebung der Masse für die Vorbereitung zur Wiederverwendung (m_{VW}) ist weiterhin wichtig für eine korrekte Stoffflussberechnung.

K2.2 Funktionsrückgewinnung – qualitativ	Betrifft:	Datenerhebung bei:
--	-----------	--------------------

Beschreibung:

Der Indikator soll angeben, ob ein Betrieb Protokolle / Prozesse integriert hat, um die Rückgewinnung von Funktionen zu fördern. Falls keine geeigneten EAG für die Rückgewinnung von Funktionen im Input vorhanden sind, ist der Indikator irrelevant. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist die Rückgewinnung von Funktionen grundsätzlich zu bevorzugen.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Grundsätzlich ist dieser Indikator wichtig zur Förderung der Kreislaufwirtschaft.*
- *Die Beurteilung dieses Indikators ist unklar. Ist es ein "ja" / "nein" Indikator oder soll die Qualität der Prozesse beurteilt werden? Falls zweiteres der Fall ist, was ist die Grundlage für die Beurteilung?*
- *Ohne finanzielle Anreize oder absehbar dem Entstehen von Märkten, sind solche Initiativen illusorisch.*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Die Zielgruppe für diesen Indikator sind nicht die bestehenden Recyclingbetriebe, da eine funktionelle Rückgewinnung gegenüber SENS und SWICO vertragswidrig ist. Dieser Indikator macht Sinn bei Reparatur- und Refurbishmentfirmen.*
- *Auf Stufe Sammlung und manuelle Behandlung dürfte die Kompetenzvermutung noch weniger gegeben sein als bei den Recyclingfirmen.*

Addressierung der Rückmeldungen:

Wie die Beurteilung konkret durchgeführt werden soll, muss noch ausgearbeitet werden. Eine reine Ja/Nein-Bewertung wird als schwierig eingeschätzt. Denkbar wäre eine Liste mit möglichen Prozessen oder Fragen, die überwiegend mit Ja oder Nein beantwortet werden können und so eine Einstufung und Vergleichbarkeit der Betriebe ermöglichen. Die Ausarbeitung und Bewertung eines solchen Fragebogens/Protokolls könnten in einem Konsortium entwickelt werden. Es ist nicht Ziel und Aufgabe der Beurteilungsmethodik, finanzielle Anreize zu schaffen oder die Entstehung von Märkten zu fördern. Darüber hinaus erhebt die Methodik nicht den Anspruch, eine vollständige Aussage zur Rückgewinnung von Funktionen in allen Betrieben und Sektoren zu treffen. Ihr Anwendungs- und damit auch Aussagebereich beschränkt sich ausschliesslich auf Entsorgungs- und Verwertungswege.

K2.3 Funktionsverluste

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Dieser Indikator soll angeben, wie viele Funktionen verloren gehen. Es soll auch eine Möglichkeit bestehen, Erklärungen zu nennen, warum das so ist - insbesondere externe Rahmenbedingungen (bspw. Vertragliche Gründe, Design-Gründe, Datenschutz, etc.) und welche Rahmenbedingungen geändert werden müssen, um Funktionsverluste zu vermeiden. Der Indikator bezieht sich auf den massenbasierten Anteil an Geräten und Komponenten, die visuell kaum Gebrauchsspuren aufweisen und einen funktionell einwandfreien Eindruck machen und trotzdem in die stoffliche oder thermische Verwertung oder Beseitigung gehen.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Ist administrativ zu aufwendig.*
- *Die Erhebung dieses Indikators bedingt eine Sortierung und Quantifizierung von "Geräten und Komponenten die visuell kaum Gebrauchsspuren aufweisen und einen funktionell einwandfreien Eindruck machen". Wird eine solche Sortierung durchgeführt, würden solche Geräte auch in eine Wiederverwendung gehen, es sei denn es gibt andere, relevante Gründe dies nicht zu tun.*
- *Betriebe zu zwingen, solche Daten zu erheben, wenn eine Wiederverwendung aufgrund von privatwirtschaftlichen Verträgen oder fehlender Rechtssicherheit nicht möglich ist, wäre unverhältnismässig.*
- *Null Bedeutung für das Erreichen der Behandlungsziele.*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Betrifft die Reparaturbetriebe und nicht die Recyclingbetriebe.*
- *Indikator nicht erheben*

-
- Wie bereits oben erwähnt, fehlt uns diese Kompetenz gänzlich. Wir wüssten auch nicht wie das praktisch gehen sollte, wo die Manpower herkommen sollte und wie die Finanzierung derselben gesichert ist.

Adressierung der Rückmeldungen:

Bei diesem Indikator geht es um die Abtrennung von Geräten und Komponenten, um sie einer Vorbereitung zu Wiederverwendung zuzuführen. Es betrifft primär Sammelstellen. Die Beurteilungsmethodik erhebt keinen Anspruch darauf, eine umfassende Aussage über die Funktionsverluste aller Betriebe und Sektoren zu treffen. Der Indikator soll wertvolle Informationen liefern, um abschätzen zu können wie viele Funktionen schweizweit verloren gehen. Zusätzliche erklärende Angaben können wertvolle Einblicke liefern, welche Akteure an welchen Stellschrauben ansetzen können, um bestehende Barrieren effektiv abzubauen.

Die systematische Erfassung nicht zurückgewonnener Funktionen bedeutet einen Zusatzaufwand, der für eine praxisnahe Umsetzung suboptimal ist. Eine nicht-systematische Erfassung könnte hier eine praktikable Alternative bieten. So könnten, ähnlich wie im Zusammenhang mit Indikator 2.2, zusätzliche Fragen zur Einschätzung des Rückgewinnungspotenzials gestellt werden. Darauf basierend könnte eine grobe Einschätzung der Funktionsverluste (das ungenutzte Potenzial zur Funktionsrückgewinnung) erfolgen.

2.2.4 Rückgewinnung von Materialien

K3.1 Fehlwürfe Abfallströme	Betrifft:	 	Datenerhebung bei:	
-----------------------------	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Massenbasierter Anteil an EAG, welcher in nicht EAG-Behandlungsströme (andere Abfallströme) gelangt, im Verhältnis zur Gesamtmenge entledigter EAG. Dieser Indikator soll aufzeigen, wieviel EAG nicht in den korrekten Abfallstrom gelangen und gar nicht erst behandelt werden können.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Grundsätzlich ist dieser Indikator wichtig zur Förderung der Kreislaufwirtschaft.
- Die Erhebung von Fehlwürfen sollte nicht in der Verantwortung der EAG Recyclingbetriebe liegen (diese haben hier oft wenig bis keine Möglichkeiten für eine Erhebung). Der Indikator ist sinnvoll, die Erhebung müsste vom Bund jedoch festgelegt und übernommen werden. (z.B. Kehrichtsackstudie, Analysen in anderen Strömen).
- Hier können wir null und nichts dazu beitragen.

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Die Zielgruppe für diesen Indikator ist nicht die Recyclingbranche, sondern andere Empfänger wie z. B. KVA's. Hier müssten alle Empfänger beurteilt werden, ob der Strom von Elektronikschratt ausgeschleust wird, oder tatsächlich vernichtet wird. Aufgrund der Menge und Varianz dieser Abfallströme ist eine repräsentative Erfassung dieses Indikators schwierig umzusetzen.
- Zuständigkeiten für die Erhebung der Daten klären.
- Sofern das zu entsorgende Material nicht zu uns gelangt, können wir auch keine Aussage darüber machen, wo es verbleibt. Was zu uns gelangt, wird gesetzeskonform weiterverarbeitet.

Adressierung der Rückmeldungen:

Eine korrekte Datenerfassung ist komplex und aufwändig, weshalb Vereinfachungen notwendig sein werden. Diese Vereinfachungen könnten so weit gehen, dass beispielsweise nur Standardwerte aus Studien, Experteneinschätzungen oder Angaben von Nicht-EAG-Abnehmern, wie Stahlwerken oder KVA, herangezogen werden. Falls Sammelstellen mit den Standardwerten nicht einverstanden sind, könnten sie eigene Daten vorlegen, die entweder von ihnen selbst oder durch externe Stichprobenerhebungen validiert werden.

Ob solche Vereinfachungen, wie oben beschrieben, noch eine hinreichende Aussagekraft gewährleisten, bleibt abzuwagen. Systematische Erhebungen, die besonders für nationale Analysen von Interesse sind, könnten beispielsweise durch Stichprobenerhebungen oder Kehrichtsackanalysen in regelmässigen, längeren Abständen erfolgen.

K3.2 Optimierte Sammlung	Betrifft:	 	Datenerhebung bei:	
--------------------------	-----------	--	--------------------	---

Beschreibung:

Qualitative Erfassung, ob die Art und Weise der Sammlung optimal ausgelegt ist für eine Maximierung der Rückgewinnung von Funktionen und Materialien in den nachfolgenden Prozessen. Die Sammlung soll bestmöglich auf die nachfolgenden Prozesse ausgerichtet sein, die nachfolgenden Behandlungen nicht erschweren und dazu beitragen Funktionen und Stoffe maximal zurückzugewinnen.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Nicht notwendig für die Rückgewinnung von Materialien, da die Rücknahmesysteme ab 2025 ausnahmslos auf Stückgut umstellen.*
- *Hilfreich, wenn praxistaugliche Methodik erarbeitet werden kann.*
- *Was sollte denn konkret optimiert werden?*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Das heutige Sammelsystem müsste angepasst werden, dass die "Rückgewinnung von Funktionen" beinhaltet. Die Optimierung der Sammlung kann auch dahingehend getrieben werden, dass die Geräte effizienter verarbeitet werden können. Beispielsweise die Trennung von LED- und CCFL-Bildschirmgeräte oder die separate Sammlung von Batteriegeräten. Die optimierte Sammlung hätte zur Folge, dass die Rückgewinnungsquoten verbessert würden.*
- *Die Recyclingbetriebe unterhalten bereits jetzt Q-Prozesse und machen Rückmeldungen an die Sammelbetriebe wenn Material falsch oder in schlechtem Zustand angeliefert wird. Für die Erhebung eines konkreten Indikators müsste sowohl die Erhebungs- wie auch die Beurteilungsmethode konkret festgelegt werden.*
- *Die Dichte der Sammelinfrastruktur ist in der Schweiz riesig. Die Konsumenten haben eigentlich sämtliche Optionen.*

Addressierung der Rückmeldungen:

Manuelle und mechanische Behandlungen hängen in erster Linie vom Inputmaterial ab, das sie erhalten. Um den Prozess zu optimieren und die Rückgewinnung von Materialien zu maximieren, ist es entscheidend, dass die Zusammensetzung des Inputmaterials den Erwartungen entspricht und idealerweise an den Prozess angepasst ist. Die Sammlung sollte daher optimal auf die Anforderungen der nachfolgenden Behandlungsprozesse abgestimmt sein. Eine praxisorientierte Methodik könnte die Entwicklung einer Checkliste umfassen, die einerseits die Anforderungen und Bedürfnisse der EAG-Recyclingbetriebe an die Sammelstellen kommuniziert und andererseits prüft, ob die Sammelstelle EAG optimal sammelt und kategorisiert. Falls die Sammlung bereits als optimal gilt und die Kommunikation bei sich ändernden Abfallströmen sowie die entsprechende Anpassung der Sammlung gut funktioniert, könnte die Erhebung dieses Indikators vorerst entfallen. Es wird empfohlen, den Bedarf eines solchen Indikators in Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren, wie Abnehmern der gesammelten EAG oder Auditierenden, zu diskutieren. Sollte der Indikator als hilfreich eingeschätzt werden, könnte eine Checkliste erstellt werden, die genau definiert, was eine optimierte Sammlung ausmacht und wie Sammelstellen entsprechend eingestuft werden können. Diese Liste sollte regelmäßig aktualisiert werden, um sich an veränderte Abfallströme anzupassen, und könnte zugleich als Grundlage dienen, um die Anforderungen der EAG-Behandlungsprozesse frühzeitig an die Sammelstellen zu kommunizieren.

K3.3 Zerlegetiefe (nicht ökologisch gewichtet)

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Hier ist es das Ziel positiv zu bewerten, falls ein Betrieb bestimmte Stoffe/Bestandteile frühzeitig entfernt, um diese einer nachfolgenden Behandlung zuzuführen, die die Rückgewinnung der Stoffe maximieren und stoffliche Verluste minimieren kann.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Dieser Indikator ist nicht sinnvoll, da er die Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt. Weder die Verfügbarkeit an Fachpersonal (Kapazitäten) noch die Kosten pro Tonne.*
- *Indikator ist sinnvoll, Interpretation muss jedoch mit Vorsicht gemacht werden (die Annahme, dass eine tiefere manuelle Zerlegung zu besseren Resultaten in der Segregation führt ist theoretisch korrekt, die tatsächliche Nutzensbilanz kommt jedoch auf die praktische Umsetzung an und hier kann keine Pauschalaussage gemacht werden).*
- *Tagesgeschäft...*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Berechnung der Kosten pro Tonne (manuell/mechanisch). Grundsatz berücksichtigen "ökologisch sinnvoll und ökonomisch vertretbar" sowie dass sich nicht alle Teile händisch trennen lassen.*
- *Kann aus Batchversuchen, nicht aber aus dem Jahresstofffluss erhoben werden, da im Jahresstofffluss nicht alle Fraktionen aus der Zerlegung separat ausgewiesen werden. Datenerhebung abklären und Beurteilungsmethodik festlegen, um Falschaussagen zu vermeiden.*
- *Die Zerlegetiefe ist eine rein ökonomische Funktion, die sich letztlich aus Personalaufwänden und Materialerträgen definiert. Wenn man spezielle Stoffe fördern will, muss man sich die Finanzierungsanreize dafür vorher überlegen.*

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Wirtschaftlichkeit wird in der Beurteilungsmethodik bewusst nicht berücksichtigt, obwohl ihre Bedeutung anerkannt ist. Es ist nachvollziehbar, dass wirtschaftliche Aspekte oft der Grund sind, warum eine feingranulare Zerlegung nicht vorgenommen wird. Die zugrunde liegende Standardliste könnte auf Fraktionen fokussieren, die einerseits als besonders sinnvoll betrachtet werden und/oder andererseits bereits routinemässig in Zerlegebetrieben anfallen. Dies würde dem Einwand gerecht werden, dass die praktische Durchführbarkeit sichergestellt werden soll.

Zudem haben Betriebe die Möglichkeit, Anmerkungen zum Indikator zu geben, um auf finanziellen Unterstützungsbedarf hinzuweisen. Die Methodik sollte Transparenz schaffen und aufzeigen, wo Unterstützungsbedarf besteht. Diese zusätzliche Transparenz könnte als Grundlage dienen, um die Rahmenbedingungen gezielt anzupassen. Wie eine solche Fraktionsliste konkret aussehen sollte und ob der Jahresstofffluss oder ein Batchversuch als Grundlage genutzt werden kann, ist zu erarbeiten. Die Entwicklung dieser Liste ist wichtig, um die Umsetzbarkeit und den Nutzen des Indikators zu bewerten und sollte in Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren festgelegt werden.

Eine mögliche Zusammenlegung der Indikatoren K3.3 und K3.4 sollte ebenfalls geprüft werden.

K3.4 Zielstoffquote

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Angaben zu den Zielstoffen, welche bei einer mechanischen Behandlung separiert werden. Dieser Indikator erfasst die Anzahl verschiedener Stoffe, welche der Betrieb gezielt versucht zu separieren und aufzukonzentrieren, um sie einer nachfolgenden Behandlung zuzuführen, die zur Rückgewinnung dieser Stoffe bestmöglich beiträgt. Die Separierung muss nicht auf eine reine Fraktion abzielen, sondern kann auch eine Mischfraktion ergeben, welche in nachfolgenden

Behandlungen (auch Endbehandlung) separiert und aufkonzentriert werden kann. Die Zielstoffquote soll die Bemühungen eines Betriebs aufzeigen hinsichtlich der Stoffe, die ein Betrieb versucht zurückzuholen (zu separieren und aufzukonzentrieren). Dies ist unabhängig davon, wieviel von dem Zielstoff in seinem Input vorhanden ist. Im Hinblick auf die Kreislaufwirtschaft soll dieser Indikator einen Hinweis auf die Frage "was wird alles zurückgeholt" geben.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator separat zu erfassen, geht zu weit und ist zu akademisch.
- Methode noch nicht ausgereift. Wie ist ein Zielstoff definiert? (reines Metall, spezifische Legierung, Kunststoffe allgemein, einzelne Polymere, Polymere ohne bestimmte Additive, etc.) Hier kann man sich schnell in Details verlieren, allgemein zu bleiben hat aber auch seine Tücken.
- unnötig

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Bei den existierenden Batchversuchen (nach der internationalen Cenelec Norm) könnten die ökologische Gewichtung nach Umweltbelastungspunkten (UBP) ergänzt werden. Die Zielstoffquote würde zudem ein falsches Bild im Vergleich der verschiedenen Recyclingbetriebe vermitteln. Betriebe, welche generell werthaltigeres Material verarbeiten, würden eine höhere Zielstoffquote erreichen.
- Indikator nicht erfassen, über K3.5 und U1.3 sind genügend Informationen verfügbar
- wird ja aktuell schon rapportiert und ist in der CENELEC bereits genügend definiert.

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Methodik ist bewusst nicht vollständig detailliert ausgearbeitet, da die Umsetzung eng mit der Praxis abgestimmt werden muss. Die Definition eines Zielstoffes sollte sich, wie vorgeschlagen, an der Praxis orientieren – zum Beispiel anhand einer Standardliste, die ermöglicht festzustellen, ob ein Material überhaupt im Input vorhanden ist. Dadurch werden Betriebe, die weniger oder weniger wertvolle Stoffe verarbeiten, nicht benachteiligt. Die Indikatoren K3.5 und U1.3 basieren ausschließlich auf Massen und liefern keine Informationen darüber, wie viele Stoffe tatsächlich zurückgewonnen oder verloren gehen. Eine Konzentration nur auf massenreiche Stoffe greift für die Ziele der Kreislaufwirtschaft zu kurz. Hier sollte dieser Indikator Abhilfe schaffen. Die Umsetzbarkeit dieses Indikators hängt wesentlich davon ab, ob eine Liste von „Zielstoffen“ auf der Ebene der mechanischen Behandlung erstellt werden kann, oder ob dies aufgrund der Komplexität nicht möglich ist – dies müsste in der Praxis geprüft und diskutiert werden. Sollte eine solche Liste nicht realisierbar sein, könnte alternativ ein Indikator zu „Verluststoffen“ erstellt werden. Dieser könnte auf nationaler Ebene aufzeigen, welche Elemente nicht separiert und aufkonzentriert werden und somit verloren gehen. Die Liste könnte beispielsweise durch eine externe Kommission erarbeitet und aktualisiert werden. Eine Zusammenlegung der Indikatoren K3.3 und K3.4 sollte genauer geprüft werden.

K3.5 Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Dieser Indikator bezieht sich im Gegenzug zur Zielstoffquote auf die Frage "wieviel wird denn von den angegebenen Zielstoffen auch zurückgeholt?". Er bezieht sich auf den massenbasierten Anteil der Gesamtinputmasse, welcher entlang dem nachfolgenden Rückgewinnungspfad voraussichtlich zurückgewonnen werden kann. Es werden nur die massenrelevanten Stoffe betrachtet. Der Indikator ist ein Richtwert, der anzeigen, wie viel der anfallenden EAG-Masse sich auf einem Prozesspfad befindet, der für die Rückgewinnung des jeweiligen Materials optimal ist.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator separat zu erfassen geht zu weit und ist zu akademisch, da alle Outputfraktionen auf alle Zielstoffgehalte analysiert werden müssen.

-
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Es handelt sich um die bereits heute im Rahmen der Batchversuche und Audits von Swico und SENS erhobenen Recyclingquoten. Diese haben den Nachteil, dass hauptsächlich die massenreichen Zielstoffe abgebildet werden (Basismetalle, Kunststoffe). Zudem sind die Quoten abhängig vom Inputmaterial. Eine stichprobenartige Erhebung als Batchversuch ist möglich und wird heute bereits gemacht. Eine Erhebung über den Jahresstofffluss ist jedoch mit verhältnismässigem Aufwand nicht möglich.
 - unnötig

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Bei den existierenden Batchversuchen (nach der internationalen Cenelec Norm) könnten die ökologische Gewichtung nach UBP ergänzt werden.
- Wird ja aktuell bereits rapportiert und ist in der CENELEC bereits genügend definiert.

Adressierung der Rückmeldungen:

Um den Aufwand überschaubar zu halten, sollen nicht alle Outputfraktionen auf sämtliche Zielstoffe analysiert werden. Zur Bestimmung des Zielstoffanteils in einer Outputfraktion können Erfahrungswerte oder Abnehmerdaten genutzt und bei Bedarf Analysen durchgeführt werden. Welche Fraktionen analysiert werden, kann in Absprache mit den Auditierenden festgelegt werden und sollte im Rahmen aktueller Standards bleiben.

Die bestehende Datenerfassung zur Fraktionszusammensetzung, wie sie bei Batchversuchen genutzt wird, könnte weitgehend übernommen werden. Eine Jahremischprobe wäre repräsentativer, wobei die Häufigkeit der Probenahmen – z.B. einmal monatlich – in einem verhältnismässigen Rahmen bleiben sollte, um den Aufwand gering zu halten und ihn im Vergleich zu Batchtests möglicherweise zu reduzieren. Es wird nicht empfohlen, sowohl Batchtests als auch Jahresstoffflussproben durchzuführen; es sollte eine geeignete Methode gewählt werden.

Dieser Indikator basiert allein auf den Massen. Die ökologische Bewertung erfolgt durch den Indikator U1.3 anhand UBP, wie in den Rückmeldungen vorgeschlagen. Es ist nicht vorgesehen, zusätzliche Batchtests oder Jahresstoffflussproben durchzuführen. Daher ist mit den relevanten Akteuren abzustimmen, welche Methode verwendet wird. Unabhängig durchgeführte Datenerhebungen (z.B. Batchtests) sollten, wenn möglich, zur Minimierung von Zusatzaufwänden genutzt werden.

K3.6 Massenbasierte Verluste

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Dieser Indikator ist der Gegensatz zum Rückgewinnungsbeitrag und gibt an, wieviele stoffliche Verluste entstehen. Das berücksichtigt auch, was in eine thermische Verwertung geht, beseitigt wird oder wovon auszugehen ist, dass es in den weiteren Behandlungen nicht zurückgewonnen wird.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator separat zu erfassen geht zu weit und ist zu akademisch, da alle Outputfraktionen auf alle Zielstoffgehalte analysiert werden müssen.
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Bei der Erhebung gibt es jedoch verschiedene Herausforderungen. Die Erhebung der Massenanteile von Zielstoffen in Fraktionen aus denen sie nicht zurückgewonnen werden beruht in der Regel aus Erfahrungswerten, Handsortierung oder Probenname mit chemischen Analysen. Nur in Ausnahmefällen sind Auswertungen der Folgeabnehmer vorhanden. Die Daten beinhalten daher grosse Unsicherheiten, welche die Resultate verfälschen. Zudem fallen bei chemischen Analysen hohe Kosten an.
- Unnötig

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

-
- Bei den existierenden Batchversuchen (nach der internationalen Cenelec Norm) könnten die ökologische Gewichtung nach UBP ergänzt werden.
 - Kosten-Nutzen Abwägung für chemische Analysen, Umgang mit Unsicherheiten bei Probename und chemischer Analyse.
 - Wird ja aktuell bereits rapportiert und ist in der CENELEC bereits genügend definiert.

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Analyse aller Outputfraktionen auf sämtliche Zielstoffe ist nicht vorgesehen. Chemische Analysen sollten sich aufgrund der Kosten auf eine gezielte Auswahl von Fraktionen beschränken. Für Indikatoren, die lediglich die Verlustmasse darstellen, könnte der Verlustanteil pro Outputfraktion stattdessen geschätzt werden, etwa durch Anwendung von Standardwerten. Beispiel: Wenn eine Fraktion „Eisen rein“ aus 90 % Fe und 10 % unbekannten Materialien besteht, würde bei einer jährlichen Masse von 10 Tonnen die Verlustmasse entsprechend 1 Tonne betragen.

Aufgrund unvermeidlicher Unsicherheiten bei Datenerhebungen sollte stets darauf hingewiesen werden, dass die Beurteilung keine detaillierten Aussagen zulässt. Idealerweise werden vorhandene Daten und Methoden genutzt, und chemische Analysen auf das Notwendige beschränkt. Effizient genutzte Standardwerte und Richtlinien können so den Bedarf an zusätzlichen Analysen reduzieren. Es ist wichtig, die Unsicherheiten klar zu kommunizieren. Bei einem Testlauf könnte eine Unsicherheitsanalyse zusätzliche Erkenntnisse bieten.

2.2.5 Zirkulärer ökologischer Nutzen

U1.1 Zerlegetiefe ökolog. Betrachtung	Betrifft:	 	Datenerhebung bei:	
---------------------------------------	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Dieser Indikator bezieht sich auf dieselben Überlegungen, wie der Indikator K3.3 (Zerlegetiefe). Im Unterschied zu K3.3 wird hier jedoch eine ökologische Gewichtung der Outputfraktionen gemäss den Ziel- und allenfalls Verluststoffe vorgenommen.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist nicht sinnvoll, da er die Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt. Weder die Verfügbarkeit an Fachpersonal (Kapazitäten) noch die Kosten pro Tonne.
- Es ist unklar, auf welcher Grundlage eine ökologische Gewichtung der einzelnen Outputfraktionen erstellt werden soll, ohne die weitere Behandlung mit einzubeziehen. Alleinstehend ist dieser Indikator zudem nicht aussagekräftig. Er müsste mit der Performance einer alternativen Behandlung verglichen werden.
- Zusatzkosten für Recycler - aktuell liegt keine entsprechende Methodik vor.

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Berechnung der Kosten pro to (manuell/mechanisch). Grundsatz berücksichtigen "ökologisch sinnvoll und ökonomisch vertretbar" sowie dass sich nicht alle Teile händisch trennen lassen.
- Indikator nicht erheben. Für die ökologische Betrachtung sollten die Prozesse als Blackbox angesehen werden und rein die resultierenden Outputfraktionen und deren Verwertung betrachtet werden (unabhängig davon, ob die Fraktionen aus manueller oder mechanischer Behandlung stammen). Stimmt die Annahme, dass eine manuelle Behandlung zu besseren Resultaten führt, müsste das auch aus der "Blackbox" Betrachtung resultieren (-> U1.3).
- Diese Daten sind der Bewilligungsbehörde grundsätzlich bekannt. Es ist ihr bereits jetzt möglich, eine zusätzliche ökologische Bewertung zu machen.

Adressierung der Rückmeldungen:

Siehe Antwort zu K3.3.

Eine ökologische Gewichtung könnte, wie vorgeschlagen, sich an den Zielstoffen auf bspw. elementarer Basis orientieren. Um Falschaussagen zu vermeiden, muss jedoch auch berücksichtigt werden, falls und welche weiteren Stoffe mit dem Zielstoff separiert und in den weiteren Behandlungen verloren gehen (Trade-offs).

Es wäre möglich, die beiden Indikatoren K3.3 (Zerlegetiefe) und K3.4 (Zielstoffquote) sowie die beiden Indikatoren U1.1 (Zerlegetiefe ökologische Betrachtung) und U1.2 (ökologische Zielstoffbewertung) zu vereinen.

U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Basierend auf den Angaben zu K3.4 (Zielstoffquote) werden die Zielstoffe nach ihrem ökologischen Nutzen gewichtet.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist nicht sinnvoll, da er die Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt. Es muss ein Markt vorhanden sein für Fraktionen, welche entfernt werden (z. B. Magnete, etc.).
- Siehe Rückmeldung bei K3.4
- Politische Fragestellung?

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Bei den existierenden Batchversuchen (nach der internationalen Cenelec Norm) könnten die ökologische Gewichtung nach UBP ergänzt werden. Für ökologisch sinnvolle Zielstoffe, welche ökonomisch für den Recycler in der Rückgewinnung nicht interessant sind, sollen finanzielle Anreize geschaffen sowie Innovationen gefördert werden.
- Indikator nicht erfassen, über K3.5 und U1.3 sind genügend Informationen verfügbar.
- Es liegt den Bewilligungsbehörden jetzt schon frei, eine entsprechende Gewichtung der ihr vorliegenden Daten vorzunehmen.

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Beurteilungen, welche über K3.5 und U1.3 erfasst werden, umfassen ausschliesslich den Anteil der zurückgewonnenen Materialien. Es sagt jedoch nichts darüber aus, welche Stoffe zurückgewonnen werden und entsprechend, welche nicht Zielstoffe sind und möglicherweise gefördert werden müssen. Diese Informationen sind insbesondere für eine nationale Betrachtung der Kreislauffähigkeit wichtig.

Ein Zusammenführen der Indikatoren U1.1 und U1.2 soll genauer betrachtet werden.

U1.3 Umweltentlastung Rückgew.beitrag

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Über diesen Indikator soll die zurückgewonnene Masse (nur Zielstoffanteile in einer Outputfraktion, die in den nachfolgenden Behandlungen zurückgewonnen werden) mit UBP gewichtet werden.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist sinnvoll.
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Bei der Erhebung gibt es jedoch verschiedene Herausforderungen. Die Erhebung der Massenanteilen von Zielstoffen beruht in der Regel aus Erfahrungswerten, Handsortierung oder Probenamen mit chemischen Analysen. Auswertungen von Folgebehandlern sind teilweise vorhanden, allerdings sind die Folgebehandler nicht immer gewillt, diese Informationen preiszugeben. Die Daten

beinhalten daher grosse Unsicherheiten welche die Resultate verfälschen. Zudem fallen bei chemischen Analysen hohe Kosten an.

- Zusatzkosten für Recycler - aktuell liegt keine entsprechende Methodik vor.

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Bei den existierenden Batchversuchen (nach der internationalen Cenelec Norm) könnten die ökologische Gewichtung nach UBP ergänzt werden.
- Kosten-Nutzen Abwägung für chemische Analysen, Umgang mit Unsicherheiten bei Probenahme und chemischer Analyse.
- Es liegt den Bewilligungsbehörden jetzt schon frei, eine entsprechende Gewichtung der ihr vorliegenden Daten vorzunehmen.

Adressierung der Rückmeldungen:

Ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis bei der Datenerhebung stellt eine zentrale Herausforderung dar. Standardwerte sind zwar hilfreich, können jedoch – wie bereits festgestellt – potenziell zu ungenauen Ergebnissen führen. Unsicherheiten in der Probenahme bleiben eine grundlegende Problematik, die auch durch die e-consegg-Methodik nicht vollständig gelöst werden kann. Die Erfassung mehrerer Indikatoren, wie etwa U1.1 und U1.2, die in die gleiche Beurteilungsgröße einfließen, könnte helfen, Unsicherheiten abzufedern, indem mehrere Datenquellen in die Gesamtbewertung einfließen.

Um den Aufwand gering zu halten, sollten vorhandene Methoden der Datenerhebung genutzt werden. Eine Integration der e-consegg-Methodik mit bestehenden Erfassungsmethoden ist sinnvoll, sodass eine kontinuierliche Abstimmung und Verbesserung stattfinden kann. Der Umgang mit Unsicherheiten sowie die Anzahl und Auswahl chemischer Analysen sollten im Austausch mit relevanten Akteuren diskutiert und festgelegt werden, um eine möglichst genaue und praxisnahe Methodik zu entwickeln.

U1.4 Umweltbelastung Verluste	Betrifft:  	Datenerhebung bei: 
-------------------------------	--	--

Beschreibung:

Eine Auswahl an Outputfraktionen soll chemisch auf die angegebenen Zielstoffe analysiert werden. Das Vorkommen dieser Zielstoffe in Outputfraktionen, die nicht zur Rückgewinnung dieser Zielstoffe führen, wird als Verlust betrachtet. Welche und wieviele Outputfraktionen beprobt werden, muss festgelegt werden (idealerweise dort wo die meisten Verluste vermutet werden). Da es sich um Zielstoffe des Betriebs handelt, sollten die Resultate der Analyse auch im Interesse des Betriebs sein.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist nicht sinnvoll und geht im Hinblick auf die Analysen viel zu weit.
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Bei der Erhebung gibt es jedoch verschiedene Herausforderungen. Die Erhebung der Massenanteile von Zielstoffen in Fraktionen aus denen sie nicht zurückgewonnen werden beruht in der Regel aus Erfahrenswerten, Handsortierung oder Probenahme mit chemischen Analysen. Nur in Ausnahmefällen sind Auswertungen der Folgeabnehmer vorhanden. Die Daten beinhalten daher grosse Unsicherheiten welche die Resultate verfälschen. Zudem fallen bei chemischen Analysen hohe Kosten an.
- Wird im Rahmen der Systemaudits bereits jetzt cenelec-konform gemacht

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Kosten-Nutzen Abwägung für chemische Analysen, Umgang mit Unsicherheiten bei Probenahme und chemischer Analyse
- Diese Daten sind der Bewilligungsbehörde grundsätzlich bekannt. Es ist ihr bereits jetzt möglich, eine zusätzliche ökologische Bewertung zu machen.

Adressierung der Rückmeldungen:

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis dieses Indikators muss gründlich untersucht werden. Wie bereits beschrieben, liegt der Fokus auf den Zielstoffen, die ein Betrieb angibt. Daher sollte es auch im Interesse des Betriebs sein, zu verstehen, wo und welche Zielstoffe verloren gehen. Der Umgang mit Unsicherheiten sowie die Auswahl und Anzahl der chemischen Analysen sollten im Austausch mit den relevanten Akteuren diskutiert und gemeinsam festgelegt werden, um eine praxisorientierte und effektive Methodik zu entwickeln.

2.2.6 Betrieblicher ökologischer Nutzen

U2.1 Energieverbrauch

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Jährlicher Gesamtenergiebedarf der relevanten Behandlungen pro Tonne Inputmaterial. Hier soll aufgezeigt werden, wieviel Energie (idealerweise Ressourcen allgemein, aber reduziert auf Energie für die Vereinfachung) benötigt wird, um die Separierung und Aufkonzentrierung der Stoffe zu ermöglichen und entsprechend auch ein Umweltbelastungsrisiko darstellt.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Dieser Indikator ist nicht sinnvoll, da kein Betrieb freiwillig zu viel Energie verbraucht.*
- *Indikator grundsätzlich interessant. Allerdings verarbeiten viele EAG Recyclingbetriebe auch andere Materialien auf derselben Anlage. Eine Abgrenzung des Energieverbrauchs kann in der Praxis herausfordernd sein.*
- *kann organisiert werden und ist grundsätzlich möglich*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *Hier ist eine gesamtheitliche Betrachtung der Verarbeitungskosten pro Tonne sinnvoll, wie unter K3.3 aufgeführt. Der Energieverbrauch steigt mit dem Automatisierungsgrad des Recyclingprozesses, dafür reduzieren sich die Personalkosten.*
- *Machbarkeit prüfen*

Adressierung der Rückmeldungen:

Die Beurteilungsmethodik untersucht nicht die Wirtschaftlichkeit (Vergleich Energie- versus Personalkosten). Dieser Indikator soll verdeutlichen, wie viel Energie verbraucht wird und entsprechende Umweltbelastungen durch den Recyclingprozess entstehen. Die Machbarkeit muss besonders in Betrieben überprüft werden, die weitere Materialien auf derselben Anlage verarbeiten.

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Mit dem Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen soll aufgezeigt werden, wie nachhaltig der Energieverbrauch und somit die Behandlungen sind.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

-
- *Dieser Indikator ist nicht sinnvoll. Durch das Ziel der Schweiz Netto-Null bis 2050 werden Betriebe eigene Anstrengungen unternehmen.*
 - *Indikator grundsätzlich interessant.*
 - *Kann organisiert werden und ist grundsätzlich möglich.*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *SWICO unterstützt ab 2025 Anstrengungen der Recyclingbetriebe in diesem Bereich.*

Adressierung der Rückmeldungen:

Dieser Indikator ist wichtig zu erheben, falls Indikator U2.1 erhoben wird. Recyclingprozesse benötigen Energie für die Rückgewinnung der Materialien. Sofern diese Energie aus erneuerbaren Quellen stammt, reduziert sich die Umweltbelastung erheblich. Insofern ist es unerlässlich, diese Informationen (sofern möglich) zu erheben, um eine korrekte Schlussfolgerung hinsichtlich der Umweltbelastung des Energieverbrauchs zu erhalten.

U2.3 Andere ökologische Initiativen	Betreift:		Datenerhebung bei:	
-------------------------------------	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Dieser qualitative Indikator bietet die Möglichkeit, ökologisch relevante Initiativen, Bemühungen, Betriebsstrategien oder andere Aspekte zu erfassen, die in den anderen Indikatoren nicht abgebildet sind.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- *Dieser Indikator ist nicht sinnvoll. Durch das Ziel der Schweiz Netto-Null bis 2050 werden Betriebe eigene Anstrengungen unternehmen.*
- *Indikator grundsätzlich interessant, es sollte aber dem Betrieb überlassen sein, ob- und was er ausweisen will.*
- *Unnötig*

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- *SWICO unterstützt ab 2025 Anstrengungen der Recyclingbetriebe in diesem Bereich.*
- *Ergibt keinen Mehrwert und scheint (ansonsten ja keine Freiwilligkeit...) nicht systemrelevant zu sein. Leider nur "nice to have". Kein Anreiz über die individuellen persönlichen Motive hinaus (verpasste Chance)*

Adressierung der Rückmeldungen:

Dieser Indikator kann als Pluspunkt betrachtet werden. Er ist nicht ein Kernbestandteil und es könnte durchaus dem Betrieb überlassen werden, ob dieser Auskunft über die Initiativen geben möchte.

2.2.7 Verschleppung von gefährlichen Stoffen

S1.1 Trennschärfe Schadstoffe	Betreift:		Datenerhebung bei:	
-------------------------------	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Dieser Indikator soll das Potenzial für Verbesserungen in der korrekten Schadstoffentfrachtung aufzeigen und somit auch die nachfolgenden Behandlungen nicht durch Fehlwürfe von Schadstoffen belasten.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

-
- Dieser Indikator ist wichtig und wird bereits heute erfasst, da die Schadstoffkonzentrationen gemessen werden.
 - Die Erhebung von Fehlwürfen in anderen Abfallströmen sollte nicht in der Verantwortung der EAG Recyclingbetriebe liegen (diese haben hier oft wenig bis keine Möglichkeiten für eine Erhebung). Die Erhebung von schadstoffhaltigen Anteilen in den "falschen" Fraktionen via Stichprobe ist sehr aufwändig, insbesondere, wenn eine statistisch relevante Auswertung gemacht werden soll.
 - Unnötig
-

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Jahresanalysen sowie Analysen bei Batchversuchen gemäss CENELEC-Norm
- Indikator nicht einführen, Erfassungsaufwand unverhältnismässig bzw. ausserhalb der Kontrolle von EAG-Recyclingbetrieben.
- Wird bereits jetzt mit den zugehörigen Normen und den individuellen Systemaudits analysiert und laufend verbessert.

Adressierung der Rückmeldungen:

Dieser Indikator richtet sich an Sammelstellen und Zerlegebetriebe (manuelle Behandlung), da Betriebe, die nachfolgende Behandlungen vornehmen, keinen direkten Einfluss haben. Der Aufwand für die Datenerhebung ist hoch, und eine Vereinfachung könnte die Unsicherheit erhöhen, weshalb das Kosten-Nutzen-Verhältnis kritisch betrachtet werden muss. Alternativ könnten nachfolgende Organisationen zum gesammelten oder entfrachteten Inputmaterial befragt werden. Der Indikator sollte, wenn sinnvoll, mit aktuellen Konformitätsbeurteilungen abgeglichen werden.

S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte

Betrifft:



Datenerhebung bei:



Beschreibung:

Bewertung der Einhaltung von Ziel- und Richtwerten der Schadstoffkonzentrationen. Diese Berechnung soll mit den heutigen Erhebungen zu den Schadstoffen möglich sein, ohne dass zusätzlich Analysen nötig wäre.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator ist wichtig und wird bereits heute erfasst.
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Es handelt sich um bereits heute im Rahmen der Batchversuche und Audits von Swico und SENS erhobenen Informationen. Die Interpretation führt immer wieder zu Schwierigkeiten, da die Schadstoffquellen teilweise nicht bekannt sind.
- Unnötig

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Jahresanalysen sowie Analysen bei Batchversuchen gemäss CENELEC-Norm
- Wir sind gehalten die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten. Kein Diskussionsspielraum. Die Daten werden gegenüber Systemen und Bewilligungsbehörden aktuell a.) offen gelegt, b.) wo möglich laufend optimiert

Adressierung der Rückmeldungen:

Dieser Indikator richtet sich an bestehende Kontrollen. Die Vorgaben müssen eingehalten werden.

S1.3 Fracht	Betrifft:		Datenerhebung bei:	
-------------	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Dieser Indikator beschreibt die Gesamtmasse eines Schadstoffs, die in nicht dafür vorgesehene Behandlungen gelangen.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator separat zu erfassen geht zu weit und ist zu akademisch, da alle Outputfraktionen auf alle Schadstoffgehalte analysiert werden müssen.
- Indikator ist grundsätzlich sinnvoll. Es handelt sich um bereits heute im Rahmen der Batchversuche und Audits von Swico und SENS erhobenen Informationen. Die Interpretation ist jedoch schwierig. Werden mehr Fraktionen analysiert, fällt die Fracht automatisch höher aus, zudem fallen tiefe Konzentrationen in sehr massenreichen Fraktionen stark ins Gewicht. Gleichzeitig können die Unsicherheiten aus Probenahme und chemischer Analyse gerade bei tiefen Werten die Resultate stark verfälschen.
- Unnötig

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Jahresanalysen sowie Analysen bei Batchversuchen gemäss CENELEC-Norm.
- Kosten-Nutzen Abwägung für chemische Analysen, Umgang mit Unsicherheiten bei Probenahme und chemischer Analyse, klare Definition welche Fraktionen analysiert werden müssen.
- Wird aktuell schon so gehandhabt. Siehe Regularien der Systeme.

Adressierung der Rückmeldungen:

Da der Indikator auf den chemischen Analysen aus S1.2 (bzw. bestehenden Datenerhebungen) basiert, entstehen keine zusätzlichen Analyse- oder Kostenaufwände. Die Interpretation sollte jedoch mit Vorsicht erfolgen, da Unsicherheiten in der Datenerhebung vorhanden sind. Der Indikator dient dazu, eine Falschinterpretation der rein konzentrationsbasierten Aussage von S1.2 zu vermeiden, indem er zeigt, dass nicht zwangsläufig die grösste Konzentration auch den grössten Masseverlust bedeutet.

2.2.8 Opportunitätskosten

S2.1 Verluste anderer Stoffe (Trade-offs)	Betrifft:		Datenerhebung bei:	
---	-----------	---	--------------------	---

Beschreibung:

Der Opportunitätsindikator soll auf Trade-offs hinweisen bezüglich der einerseits positiven Vermeidung der Verschleppung von gefährlichen Stoffen und dem andererseits entgangenen Nutzen der Rückgewinnung von anderen Materialien, die mit der schadstoffhaltigen Komponente beseitigt werden.

Rückmeldungen:

Frage 1: Inwieweit ist dieser Indikator grundsätzlich hilfreich zur Erreichung der Behandlungsziele?

- Dieser Indikator separat zu erfassen geht zu weit und ist zu akademisch, da Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Schadstoffrückgewinnung und Wertstoffverlust aufgestellt und die verschiedenen Aufbereitungsprozesse aufwändig untersucht werden müssen.
- Grundsätzlich interessant, aber Methode unklar / zu wenig konkret.
- Unmöglich

Frage 2: Empfehlung / was müsste gemacht werden / woran muss gedacht werden für die Umsetzung und/oder Hinweise wie der Indikator verbessert werden kann.

- Jahresanalysen sowie Analysen bei Batchversuchen gemäss CENELEC-Norm.

-
- *Methode verfeinern, inkl. Praxistests bevor der Indikator für die Einführung in Betracht gezogen wird.*
 - *Diese Daten liegen uns doch gar nicht vor! Die Hersteller verweigern uns diese Detaildaten und es ist finanziell nicht darstellbar, dass wir die Analysen auf eigenen Kosten beibringen können.*
-

Addressierung der Rückmeldungen:

Da eine systematische Datenerhebung und Auswertung zu aufwändig ist, wird vorgeschlagen, ausschliesslich auf qualitative Einschätzungen zurückzugreifen. Diese Einschätzungen sind freiwillig und sollen den Betrieben die Möglichkeit geben, konkrete Herausforderungen in der Separierung und Aufkonzentrierung darzulegen. Die Kommission oder Organisation, die diese Informationen sammelt, kann so Hotspots identifizieren und bei Bedarf weitere Expertenmeinungen einholen. Auf nationaler Ebene soll dadurch ein besseres Verständnis geschaffen werden, was betrieblich umsetzbar ist, wo Risiken bestehen und wo potenziell zusätzliche Behandlungsschritte, Unterstützung oder Forschung erforderlich sind, um Trade-offs in der Schadstoffentfrachtung zu vermeiden.

3 Anwendungsbeispiele

Wichtige Anmerkung: Im nachfolgenden Kapitel werden stark vereinfachte Beispiele dargestellt. Für die konkrete Umsetzung braucht es wie in Kapitel 2.1.5 dargestellt ein Zusammenführen mit dem existierenden Beurteilungssystem und den Einbezug der verantwortlichen Akteure. Zudem sind weitere Abklärungen hinsichtlich der Anwendbarkeit der Indikatoren in der Praxis notwendig.

3.1 Ausgangslage

Für die nachfolgenden Anwendungsbeispiele wird die Ausgangslage folgendermassen beschrieben.

Betrieb A



Der Zerlegebetrieb A führt im Auftrag eines Recyclingbetriebs eine manuelle Schadstoffentfrachtung durch. Es ist dem Betrieb vertraglich nicht erlaubt, Geräte, die er als neuwertig und funktionsfähig einschätzt, zu separieren und in eine Vorbereitung zur Wiederverwendung zu geben. Werthaltige Materialien (bspw. Leiterplatten) werden nicht aussortiert. Eine grobe Sortierung des entfrachteten Materials wird gemacht, wo sinnvoll.

Betrieb B



Der Zerlegebetrieb B erhält EAG von Sammelstellen und Unternehmen, die EAG zurücknehmen, und sortiert diese in Geräte für die Vorbereitung zur Wiederverwendung, für eine Schadstoff- oder Wertstoffentfrachtung oder für eine direkte Weitergabe in die mechanische Zerkleinerung.

Betrieb C



Der Recyclingbetrieb C erhält EAG von Sammelstellen und von Unternehmen, die EAG zurücknehmen. Schadstoffhaltige EAG übergibt er einem internen angegliederten Zerlegebetrieb für die Schadstoffentfrachtung. Der Betrieb führt eine mechanische Zerkleinerung der entfrachteten Stoffströme durch und entfernt manuell vor und nach einer ersten Zerkleinerung gewisse Komponenten und Störstoffe. Der Betrieb versucht möglichst viele Sortier- und Trennschritte selbst durchzuführen, bevor er diese an eine Weiterbehandlung oder an Schmelzwerke im In- und Ausland weiterverkauft.

Betrieb D



Der Recyclingbetrieb C erhält EAG direkt von Sammelstellen und von Unternehmen, die EAG zurücknehmen sowie schadstoffentfrachtetes Material von Zerlegebetrieben. Schadstoffhaltige EAG übergibt er einem externen Zerlegebetrieb für die Schadstoffentfrachtung. Der Betrieb führt eine mechanische Zerkleinerung der entfrachteten Stoffströme durch und entfernt manuell vor und nach einer ersten Zerkleinerung gewisse Komponenten und Störstoffe. Der Betrieb sortiert nur Eisen aus, welches er an ein Stahlwerk in der Schweiz verkauft und übergibt die restlichen Fraktionen für die Weiterbehandlung an einen Betrieb im Ausland.

Die Betriebsschwerpunkte liegen bei Betrieb A und B bei der manuellen Behandlung und bei den Betrieben C und D bei der mechanischen Behandlung (vgl. Tabelle 3). Betrieb C führt die Schadstoffentfrachtung selbst durch. Für die Anwendung der Beurteilungsmethodik wird damit so

umgegangen, als ob der Betrieb das Material an einen externen Zerlegebetrieb gibt (ähnlich Betrieb D). Diese Behandlungen könnten beispielsweise dem Betrieb A entsprechen.
Die Betriebsschwerpunkte legen fest, welche Indikatoren relevant sind.

Tabelle 3: Der Betriebsschwerpunkt der Beispielbetriebe A, B, C, und D.

	Betriebsschwerpunkt		
	Sammlung	Manuelle Behandlung	Mechanische Behandlung
Betrieb A		x	
Betrieb B		x	
Betrieb C			x
Betrieb D			x

↓ ↓

Kapitel 3.2 Kapitel 3.3

3.2 Anwendungsbeispiele Betrieb A und Betrieb B (manuelle Behandlung)

3.2.1 Relevante Indikatoren

Für die Betriebe A und B sind die relevanten Indikatoren in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Die für die manuelle Behandlung relevanten Indikatoren, zugehörigen Beurteilungsgrößen und entsprechendes Behandlungsziel.

Indikatoren	Beurteilungsgrößen	Behandlungsziel
K2.2 Funktionsrückgewinnung – qualitativ	K2 Rückgewinnung von Funktionen	K - Geschlossene Kreisläufe
K2.3 Funktionsverluste	K3 Rückgewinnung von Materialien	
K3.3 Zerlegetiefe (nicht gewichtet)	U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen	
U1.1 Zerlegetiefe ökolog. Betrachtung	U2 Betrieblicher ökol. Nutzen	U – Maximierung ökologischer Nutzen
U2.1 Energieverbrauch		
U2.2 Anteil erneuerbarer Energie		
U2.3 Andere ökologische Initiativen		
S1.1 Trennschärfe Schadstoffe	S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen	S - Vermeidung der Verschleppung von gefährlichen Stoffen

3.2.2 Benötigte Standardwerte

Für die Berechnung der Indikatoren K3.3 und U1.1 braucht es Listen mit Standardwerten. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

3.2.2.1 Standardliste der Outputfraktionen aus der manuellen Behandlung

Die Standardliste gibt die zu erwartenden Outputfraktionen aus der manuellen Behandlung gemäss dem Stand der Technik wieder. Die Liste wird für die Berechnung des Indikators 'K3.3 Zerlegetiefe' verwendet. Eine solche Liste kann auf verschiedene Weisen erstellt werden. Beispielsweise könnte sie periodisch (jährlich, alle x Jahre etc.) von einer Kommission festgelegt werden, basierend auf Erfahrungswerten und den Rückmeldungen der Zerlegebetriebe. Die Daten könnten direkt aus den Angaben des Vorjahres entnommen werden. Falls ein Grossteil der Zerlegebetriebe eine bestimmte Outputfraktion nicht nachweisen kann, könnte diese – je nach Ursache – aus der Standardliste entfernt werden. Gleichzeitig könnten neue Outputfraktionen, die von Betrieben zusätzlich aufgeführt werden, aufgenommen werden. Im vorliegenden Anwendungsbeispiel wird eine stark vereinfachte Standardliste verwendet (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Die für das Anwendungsbeispiel verwendete, stark vereinfachte Standardliste an Outputfraktionen aus der manuellen Behandlung.

	Mögliche Fraktionen	Schadstoff
1	Aluminium rein / sauber	
2	Eisen rein	
3	Kupfer rein	
4	Kunststoffe gemischt (geht in die stoffliche Verwertung)	
5	Verbrennbare Kunststoffabfälle (geht in die Verbrennung)	
6	Kabel	
7	Batterien	X
8	Hintergrundbeleuchtungen	X
9	Entfrachtete gemischtes Material	
10	Magnete	

3.2.2.2 Ökologische Gewichtung der Zielelemente

Die ökologische Gewichtung der Zielelemente wird für die Berechnung des Indikators 'U1.1 Zerlegetiefe ökologische Betrachtung' verwendet. Für das Anwendungsbeispiel wurde eine ökologische Gewichtung der Outputfraktionen basierend auf UBP vorgenommen (vgl. Tabelle 6). Die UBPs stammen aus Datensätzen der UVEK-Datenbank und beruhen auf der Cut-off-Methode. Soweit verfügbar, wurden Datensätze verwendet, die die elementare Zusammensetzung, Primärproduktion und den globalen geografischen Rahmen berücksichtigen. Die Gewichtung erfolgte unter Verwendung der 10er-Potenzen (10^8 UBP pro kg = Gewichtung 8, 10^7 UBP pro kg = Gewichtung 7, etc.) (siehe Anhang 5.1 für eine vollständige Auflistung der Elemente, UBP-Daten und deren Gewichtung). Wenn mehrere Zielstoffe in einer Fraktion vorhanden sind, entspricht die Gewichtung dem Zielstoff mit den höchsten UBP. Schadstoffe werden nicht berücksichtigt, da diese bereits in den Indikatoren zur Vermeidung der Verschleppung gefährlicher Stoffe bewertet werden. Gemischtes und entfrachtetes Material erhält keine ökologische Gewichtung.

Tabelle 6: Festlegung der ökologischen Gewichtung für das Anwendungsbeispiel.

Mögliche Fraktionen	Standard-Zielstoffe	Ökologische Gewichtung
Aluminium rein / sauber	Al	4
Eisen rein	Fe	3
Kupfer rein	Cu	4
Kunststoffe gemischt	Versch. Kunststoffe	3
Verbrennbare Kunststoffabfälle	Keine	0
Kabel	Cu	4
Batterien	Schadstoff	-
Hintergrundbeleuchtungen	Schadstoff	-
Entfrachtetes gemischtes Material	Unbekannt	0
Magnete	Nd	4
Leiterplatten	Cu, Pl-gr.	8
Flachglas	Si	5

3.2.3 Datenerhebung mit Beispieldaten

Die Datenerhebung im Anwendungsbeispiel basiert auf einem Protokoll (vgl. Tabelle 7), einer Stoffflusserfassung (vgl. Tabelle 8) und einer Stichprobenerhebung zu schadstoffhaltigen Fehlwürfen (vgl. Tabelle 9). Das Protokoll ist nicht speziell auf einzelne Betriebe zugeschnitten, sondern allgemein für die manuelle Behandlung (Zerlegebetriebe) konzipiert. Deshalb können einige Fragen auftauchen, die für den jeweiligen Betrieb nicht relevant sind. In solchen Fällen sollte dies entsprechend festgehalten werden. Damit das Protokoll in der Praxis genutzt werden kann, muss es noch genauer ausgearbeitet und angepasst werden.

Eine detaillierte Übersicht zum Datenbedarf ist im Bericht AP3&AP4, Kapitel 5.3.1, zu finden.

Tabelle 7: Mögliches Protokoll zur Erfassung einer Auswahl an Daten mit Antwortbeispielen der Betriebe A und B.

Fragen	Antwort Betrieb A	Antwort Betrieb B																					
1. Was ist die jährliche Gesamtinputmasse?	300'000 kg	100'000 kg																					
2. Werden Geräte und Komponenten aussortiert für eine Vorbereitung zur Wiederverwendung? Sind entsprechende Prozesse vorhanden?	Nein. Vertrag mit EAG Recyclingbetrieb erlaubt es nicht.	Ja. Bildschirme, Laptops und Handys werden anhand eines visuellen Tests sortiert und einer Organisation zur Vorbereitung für die Wiederverwendung abgegeben. Geräte, die diese Organisation nicht in eine Wiederverwendung geben kann, werden an uns zurückgeliefert.																					
Wenn ja:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Masse</th> <th>Anzahl Geräte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Kategorie	Masse	Anzahl Geräte										<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Masse</th> <th>Anzahl Geräte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bildschirme</td> <td>500kg</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>Haushaltsgeräte</td> <td>700kg</td> <td>140</td> </tr> </tbody> </table>	Kategorie	Masse	Anzahl Geräte	Bildschirme	500kg	200	Haushaltsgeräte	700kg	140
Kategorie	Masse	Anzahl Geräte																					
Kategorie	Masse	Anzahl Geräte																					
Bildschirme	500kg	200																					
Haushaltsgeräte	700kg	140																					

		
			Total	2'000 kg	500 Stück
Wenn nein: Warum nicht?	Vertrag mit EAG Recyclingbetrieb erlaubt es nicht				-
3. Wie hoch wird der Gewichtsanteil einwandfreier, neuwertiger Geräte geschätzt, der nicht in eine Vorbereitung zur Wiederverwendung geht (bezogen auf die gesamte Inputmasse)?	Praktisch keine (0%)		Praktisch keine (0%)		
	Sehr wenig (0-2%)		Sehr wenig (0-2%)		
	Wenig (2-5%)	x	Wenig (2-5%)	x	
	Mehr als >5%		Mehr als 5%		
	Optional: Geschätzter Anteil	5%	Optional: Geschätzter Anteil	2%	
Bemerkung					Die 2% können nicht zurückgewonnen werden aufgrund Datensicherheit und fehlender Abnehmer.
4a. Was ist der jährliche Energieverbrauch für die relevante Behandlung?	300'000 kWh				80'000 kWh
4b. Was ist der Anteil an erneuerbaren Energien?	0%				72'000 kWh (80%)
5. Optional: Sehen Sie Trade-offs bei der Schadstoffentfrachtung? Bspw. werden mit den Schadstoffen auch andere wertvolle Stoffe entfrachtet, die dadurch nicht zurückgewonnen werden?	-				Ja, bei den Quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen
6. Optional: Unternehmen Sie weitere Aufwände, welche bis jetzt nicht berücksichtigt und anerkannt wurden, um Kreisläufe besser zu schliessen, den ökologischen Nutzen zu maximieren und die Verschleppung von Schadstoffen zu vermeiden? Wenn ja, welche?	-				Wir arbeiten viel mit Schulen zusammen für die Aufklärungsarbeit und Bildung.

Eine Liste von typischen Outputfraktionen aus der manuellen Behandlung soll erstellt werden. Die möglichen Outputfraktionen kommen aus der Standardliste (siehe 3.2.2.1). Die nachfolgende Liste ist für das Anwendungsbeispiel stark vereinfacht.

Tabelle 8: Stark vereinfachte Tabelle für die Stoffflusserfassung für die Berechnung der Indikatoren der manuellen Behandlung.

		Betrieb A				Betrieb B			
	Outputfraktion wird erzeugt ⁶	Nachfolgende Behandlung	Masse [kg]	Zielstoffe		Outputfraktion wird erzeugt ⁶	Nachfolgende Behandlung	Masse [kg]	Zielstoffe
1	Aluminium rein / sauber	Ja	Zwischenhändler	15'000	Al	Ja	Alu-schmelzwerk	5'000	Al
2	Eisen rein	Ja	Zwischenhändler	60'000	Fe	Ja	Stahlwerk	20'000	Fe
3	Kupfer rein	Ja	Zwischenhändler	8'000	Cu	Ja	Kupferschmelze	3'000	Cu
4	Kunststoffe gemischt	Ja	Zwischenhändler	30'000	Unbek.	Ja	Polymeraufbereitung	10'000	Unbek.
5	Verbrennbare Kunststoffabfälle	Ja	KVA	35'000	-	Ja	KVA	9'800	-
6	Kabel	Nein	-	-	-	Ja	Kabelverarbeiter	2'000	Cu
7	Batterien	Ja	Batterierecyclen	2'000	Schadstoff	Ja	Batterierecyclen	700	Schadstoff
8	Hintergrundbeleuchtungen	Nein, kein entspr. Input	-	-	-	Ja	Sondermüllverarbeiter	200	Schadstoff
9	Entfrachtes gemischtes Material	Ja	Mechanische EAG Behandlung	140'000	Unbekannt	Ja	Mechanische EAG Behandlung	36'000	Unbek.
10	Magnete	Nein	-	-	-	Ja	Zwischenhändler	300	Nd

Zusätzliche Fraktionen, welche nicht in der Standardliste aufgeführt sind:

	-				Leiterplatten	Kupferschmelze	2'000	Cu, Pl-gr.
	-				Flachglas	Flachglasrecyclingbetrieb	4'000	Si
Total Out	7		290'000		12		93'000	
An Lager am Ende der Beurteilungsperiode			5'000				5'000	
Rückg. von Funkt.			-				2'000	
Total			295'000				100'000	
Differenz zum Input			-5'000				0	

⁶ Falls gewisse Outputfraktionen nicht erzeugt werden, weil der entsprechende Input fehlt, soll dies vermerkt und entsprechend berücksichtigt werden. Beispielsweise hat der Betrieb A keine Hintergrundbeleuchtungen, weil der entsprechende Input nicht vorhanden ist, die maximal mögliche Anzahl Outputfraktionen ist entsprechend 9 und nicht 10. Die beiden zusätzlichen Fraktionen von Betrieb B werden als Zusatzpunkte registriert.

Um den Anteil an schadstoffhaltigen Fehlwürfen zu ermitteln und den Aufwand diesbezüglich in einem verhältnismässigen Rahmen zu halten, wird im vorliegenden Beispiel das Vorgehen folgendermassen beschrieben:

- 1) Ausschliessliche Betrachtung der entfrachteten Fraktionen
- 2) Festlegen %-Satz der Jahresmasse, die kontrolliert werden soll
- 3) Untersuchung ob und welche Schadstoffe nicht korrekt entfrachtet wurden

Tabelle 9: Beispieldaten zur Erhebung der schadstoffhaltigen Fehlwürfe.

Outputfraktion	vorhanden	Masse [kg]	Stichprobe von 1% [kg]	Masse schadst. Komponente in Stichprobe [kg]	Hochgerechnet auf Fraktion [kg]	Welche Schadstoffe? /Bemerkung
Betrieb A						
9 Entfrachtetes gemischtes Material	Ja	140'000	1'400	10	100 (= m_{FS})	X Batterien, Y Kondensatoren
Betrieb B						
9 Entfrachtetes gemischtes Material	Ja	36'000	360	1	10 (= m_{FS})	X Batterien, Y Kondensatoren

3.2.4 Berechnung der Indikatoren und Ermittlung der Beurteilungsgrössen für Betrieb A

3.2.4.1 Indikatoren

Im Folgenden sind die Berechnungen der einzelnen Indikatoren für Betrieb A dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren ist im Bericht zu AP3 & AP4 zu finden. Informationen, die aus der Datenerhebung (Kapitel 3.2.3) stammen, sind in Blau hervorgehoben.

K2.2 Funktionsrückgewinnung - qualitativ

Kürzel:	RF_z
Benötigte Daten:	IN_{RF} Nein. Der Vertrag mit EAG Recyclingbetrieb erlaubt es nicht.

K2.3 Funktionsverluste

Kürzel:	w_{FV_z}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Massenbasierter Anteil einwandfreier Geräte und Komponenten Gesamtoutput $w_{fGK_j} = 5\%$
Bemerkung:	Hier wurde vereinfacht eine Abschätzung vorgenommen (siehe Tabelle 7, Antwort zu Frage 3)
	$w_{FV_z} = w_{fGK_j} = 5\%$

K3.3 Zerlegetiefe (nicht gewichtet)

Kürzel:	w_{zt}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Maximale Punktzahl Outputfraktionen $P_{OuF_tot} = 9$ (siehe Bemerkung)
	Punktzahl Outputfraktionen $P_{OuF} = 7$

Bemerkung:	Die vorgegebene Liste (siehe Tabelle 8) umfasst zwar 10 Outputfraktionen, aber die Outputfraktion #8 'Hintergrundbeleuchtungen' ist für den Betrieb A gar nicht möglich zu erzeugen, da der entsprechende Input nicht vorhanden ist. Die maximal mögliche Punkteanzahl ist deswegen 10-1 = 9.
Berechnung:	$w_{Zt} = \frac{P_{OuF}}{P_{OuF_tot}} = \frac{7}{9} = 78\%$

U1.1 Zerlegtiefe ökologische Betrachtung

Kürzel:	$w_{ZtöB}$
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
	Maximale Punkteanzahl der ökologisch gewichteten Outputfraktionen $P_{OuF_öB_tot} = 22^*$
	Punkteanzahl der ökologisch gewichteten Outputfraktionen $P_{OuF_öB} = 14$
Berechnung:	$w_{ZtöB} = \frac{P_{OuF_öB}}{P_{OuF_öB_tot}} = \frac{14}{22} = 64\%$

*Summe der ökologischen Gewichtung aller möglichen Outputfraktionen, sofern entsprechender Input vorhanden ist.

U2.1 Energieverbrauch

Kürzel:	E_{tEAG_z}
Einheit:	Kilowattstunden pro kg Inputmaterial [kWh / kg _{in}]
Benötigte Daten:	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung $E_{EAG} = 300'000 \text{ kWh}$
	Inputmasse $m_{tot,in} = 300'000 \text{ kg}$
Berechnung:	$E_{tEAG_z} = \frac{E_{EAG}}{m_{tot,in}} = \frac{300'000 \text{ kWh}}{300'000 \text{ kg}} = 1 \text{ kWh/kg}$

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie

Kürzel:	w_{renew_z}
Einheit:	Energieanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Energie aus erneuerbaren Quellen $E_{renew} = 0 \text{ kWh}$
	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung $E_{EAG} = 300'000 \text{ kWh}$
Berechnung:	$w_{renew_z} = \frac{E_{renew}}{E_{EAG}} = \frac{0 \text{ kWh}}{300'000 \text{ kWh}} = 0\%$

U2.3 Andere ökologische Initiativen

Kürzel:	I_{Eco_z}
Einheit:	Keine (qualitativer Indikator)
Benötigte Daten:	Informationen zu ökologischen Initiativen $IN_{Eco} = \text{Keine}$

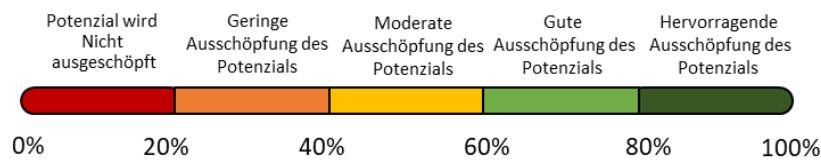
S1.1 Trennschärfe Schadstoffe

Kürzel:	w_{S_z}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
	Masse der schadstoffhaltigen Outputfraktionen $m_S = 2'000 \text{ kg}$
	Masse von schadstoffhaltigen Fehlwürfen $m_{F_S} = 100 \text{ kg}$
Berechnung:	$w_{S_z} = \frac{m_S}{m_S + m_{F_S}} = \frac{2'000 \text{ kg}}{2'000 \text{ kg} + 100 \text{ kg}} = 95\%$

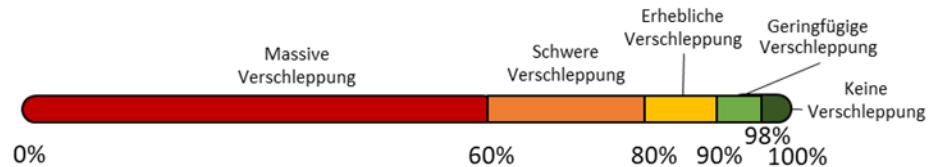
3.2.4.2 Beurteilungsgrößen

Die Formeln zur Aggregation der Indikatoren auf die Ebene der Beurteilungsgrößen sind nicht im Detail ausgearbeitet. Im Folgenden wird für jede Beurteilungsgröße erläutert, wie im Anwendungsbeispiel für Betrieb A die Aggregation der Indikatoren vorgenommen wurde oder auf welchen Überlegungen die Einschätzung der jeweiligen Beurteilungsgröße basiert.

Folgende Farbkodierung wird für die Prozentwerte der Beurteilungsgrößen 'K2 Rückgewinnung von Funktionen', 'K3 Rückgewinnung von Materialien', 'U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen' und 'U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen' verwendet:



Für die Beurteilungsgröße 'S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen' wird eine strengere Skala verwendet:

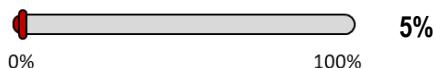


K2 Rückgewinnung von Funktionen

K2.2 Funktionsrückgewinnung – qualitativ **Nein**

K2.3 Funktionsverluste **5%**

Die Indikatoren K2.2 und K2.3 werden in der Beurteilungsgröße K2 zusammengefasst. Ausschlaggebend hier ist in erster Linie K2.2, der grundsätzlich besagt, ob Funktionen zurückgewonnen werden. Da dies nicht der Fall ist, liegt die Beurteilung hier im dunkelroten Bereich:



K3 Rückgewinnung von Materialien

K3.3 Zerlegetiefe (nicht gewichtet) **78%**

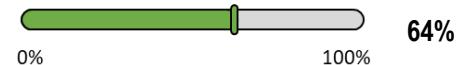
K3.3 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße K3. Es ist keine Aggregierung notwendig.



U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen

U1.1 Zerlegetiefe ökolog. Betrachtung **64%**

U1.1 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße U1. Es ist keine Aggregierung notwendig.



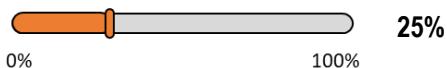
U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen

U2.1 Energieverbrauch **1 kWh/kg**

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie **0%**

U2.3 Andere ökologische Initiativen **-**

U2.1 kann ins Verhältnis gesetzt werden zu anderen Betrieben. Für unser Beispiel gehen wir davon aus, dass diese Werte sich im Mittelfeld bewegen. U2.2 sagt aus, dass keine erneuerbaren Energien genutzt werden. Der Betrieb ist hier stark im dunkelroten Bereich. Der Indikator U2.3 kann die Beurteilung verbessern, falls ein Betrieb hier etwas unternimmt, er wirkt sich jedoch nicht negativ aus, wenn keine speziellen ökologischen Initiativen ergriffen werden. Betrieb A unternimmt nichts dazu. Die Gesamtbeurteilung fällt entsprechend in den orangen Bereich.



S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen

S1.1 Trennschärfe Schadstoffe **95%**

S1.1 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße S1. Es ist keine Aggregierung notwendig.



3.2.5 Berechnung der Indikatoren und Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Betrieb B

3.2.5.1 Indikatoren

Im Folgenden sind die Berechnungen der einzelnen Indikatoren für Betrieb B dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren ist im Bericht zu AP3 & AP4 zu finden. Informationen, die aus der Datenerhebung (Kapitel 3.2.3) stammen, sind in Blau hervorgehoben.

K2.2 Funktionsrückgewinnung - qualitativ

Kürzel:	RF_z	
Benötigte Daten:	<i>IN_{RF}</i>	Ja. Bildschirme, Laptops* und Handys* werden anhand eines visuellen Tests sortiert und einer Organisation zur Vorbereitung für die Wiederverwendung abgegeben. Geräte, die diese Organisation nicht in eine Wiederverwendung geben kann, werden an uns zurückgeliefert.

*mit Einverständnis der vorherigen Nutzer

K2.3 Funktionsverluste

Kürzel:	w_{FV_z}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Massenbasierter Anteil einwandfreier Geräte und Komponenten in den Outputfraktionen (ohne jene die in eine Vorbereitung zur Wiederverwendung gehen)
Bemerkung:	Hier wurde vereinfacht eine Abschätzung vorgenommen (siehe Tabelle 7, Antwort zu Frage 3) $w_{FV_z} = w_{fGK_j} = 1\%$

K3.3 Zerlegetiefe (nicht gewichtet)

Kürzel:	w_{Zt}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Maximale Punktzahl Outputfraktionen $P_{OuF_tot} = 10$
	Punktzahl Outputfraktionen $P_{OuF} = 12$
Bemerkung:	Die vorgegebene Liste (siehe Tabelle 8) umfasst 10 Outputfraktionen. Betrieb B separiert zusätzlich dazu noch Leiterplatten und Flachglas – und hat entsprechend 2 Outputfraktionen mehr. Diese werden als Pluspunkte gezählt.
Berechnung:	$w_{Zt} = \frac{P_{OuF}}{P_{OuF_tot}} = \frac{12}{10} = 120\%$

U1.1 Zerlegetiefe ökologische Betrachtung

Kürzel:	$w_{ZtöB}$
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
	Maximale Punktzahl der ökologisch gewichteten Outputfraktionen $P_{OuF_öB_tot} = 22^*$
	Punktzahl der ökologisch gewichteten Outputfraktionen $P_{OuF_öB} = 22 + 8 + 5 = 35$
Berechnung:	$w_{ZtöB} = \frac{P_{OuF_öB}}{P_{OuF_öB_tot}} = \frac{35}{22} = 160\%$

*Summe der ökologischen Gewichtung aller möglichen Outputfraktionen, sofern entsprechender Input vorhanden.

U2.1 Energieverbrauch

Kürzel:	E_{tEAG_z}
Einheit:	Kilowattstunden pro Tonne Inputmaterial [kWh / kg _{in}]
Benötigte Daten:	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung $E_{EAG} = 80'000 \text{ kWh}$
	Inputmasse $m_{tot in} = 100'000 \text{ kg}$

Berechnung:	$E_{tEAG_z} = \frac{E_{EAG}}{m_{tot in}} = \frac{80'000 \text{ kWh}}{100'000 \text{ kg}} = 0.8 \text{ kWh/kg}$
--------------------	--

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie

Kürzel:	w_{renew_z}
Einheit:	Energieanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Energie aus erneuerbaren Quellen $E_{renew} = 72'000 \text{ kWh}$
	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung $E_{EAG} = 80'000 \text{ kWh}$
Berechnung:	$w_{renew_z} = \frac{E_{renew}}{E_{EAG}} = \frac{72'000 \text{ kWh}}{80'000 \text{ kWh}} = 80\%$

U2.3 Andere ökologische Initiativen

Kürzel:	I_{Eco_z}
Einheit:	Keine (qualitativer Indikator)
Benötigte Daten:	Informationen zu ökologischen Initiativen IN_{Eco} = Wir arbeiten viel mit Schulen zusammen für die Aufklärungsarbeit und Bildung.

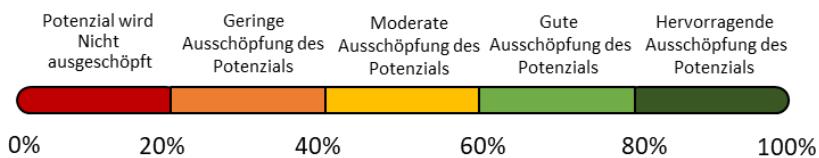
S1.1 Trennschärfe Schadstoffe

Kürzel:	w_{S_z}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
	Masse der schadstoffhaltigen Outputfraktionen $m_S = 900 \text{ kg}$
	Masse von schadstoffhaltigen Fehlwürfen $m_{F_S} = 10 \text{ kg}$
Berechnung:	$w_{S_z} = \frac{m_S}{m_S + m_{F_S}} = \frac{900 \text{ kg}}{900 \text{ kg} + 10 \text{ kg}} = 99\%$

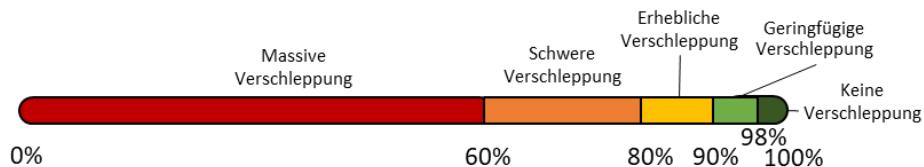
3.2.5.2 Beurteilungsgrößen

Die Formeln zur Aggregation der Indikatoren auf die Ebene der Beurteilungsgrößen sind nicht im Detail ausgearbeitet. Im Folgenden wird für jede Beurteilungsgröße erläutert, wie im Anwendungsbeispiel für Betrieb B die Aggregation der Indikatoren vorgenommen wurde oder auf welchen Überlegungen die Einschätzung der jeweiligen Beurteilungsgröße basiert.

Folgende Farbkodierung wird für die Prozentwerte der Beurteilungsgrößen 'K2 Rückgewinnung von Funktionen', 'K3 Rückgewinnung von Materialien', 'U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen' und 'U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen' verwendet:



Für die Beurteilungsgröße 'S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen' wird eine strengere Skala verwendet:



K2 Rückgewinnung von Funktionen

K2.2 Funktionsrückgewinnung – qualitativ **Ja** (Bildschirme, Laptops und Handys)

K2.3 Funktionsverluste **1%**

Die Indikatoren K2.2 und K2.3 werden in der Beurteilungsgröße K2 zusammengefasst. Ausschlaggebend hier ist in erster Linie K2.2, der grundsätzlich besagt, ob Funktionen zurückgewonnen werden. Für das Betriebsbeispiel B ist hier der Fall, es werden jedoch nur Bildschirme, Laptops und Handys für eine Vorbereitung zur Wiederverwendung sortiert. Im Beispiel gibt es weiterhin auch Funktionsverluste und entsprechend Potential zur Verbesserung. Der Betrieb ist jedoch – insbesondere im Vergleich zu anderen Betrieben - bereits auf einem sehr hohen Niveau.



K3 Rückgewinnung von Materialien

K3.3 Zerlegetiefe (nicht gewichtet) **120%**

K3.3 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße K3. Es ist keine Aggregierung notwendig. Wie ersichtlich, unternimmt der Betrieb mehr als was grundsätzlich von einem Zerlegebetrieb (mit Berücksichtigung des Inputs) erwartet werden kann⁷.



U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen

U1.1 Zerlegetiefe ökolog. Betrachtung **160%**

U1.1 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße U1. Es ist keine Aggregierung notwendig. Wie ersichtlich unternimmt der Betrieb viel mehr, als grundsätzlich erwartet werden kann. Dies widerspiegelt sich auch in K3.3. Im Vergleich dazu hebt die Betrachtung des ökologischen Nutzens die Bedeutung des zusätzlichen Aufwands viel deutlicher hervor.



U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen

U2.1 Energieverbrauch **0.8kWh/kg**

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie **80%**

U2.3 Andere ökologische Initiativen **Ja**

U2.1 kann ins Verhältnis gesetzt werden zu anderen Betrieben. Im Vergleich zu Betrieb A, hat Betrieb B eine bessere Energiebilanz, und auch der Anteil an erneuerbaren ist viel höher im Vergleich zu Betrieb A, der keine erneuerbaren Energien nutzt. Der Betrieb B hat zwar noch Verbesserungspotential, ist aber schon sehr gut im Vergleich. Außerdem unternimmt er zusätzliche Initiativen im ökologischen Bereich. Entsprechend liegt die Beurteilung hier bereits im dunkelgrünen Bereich, obwohl auch nach wie vor Verbesserungspotential besteht.

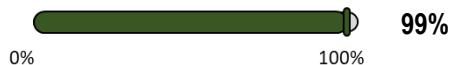
⁷ Die zu erwartenden Outputfraktionen entsprechen der Standardliste.



S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen

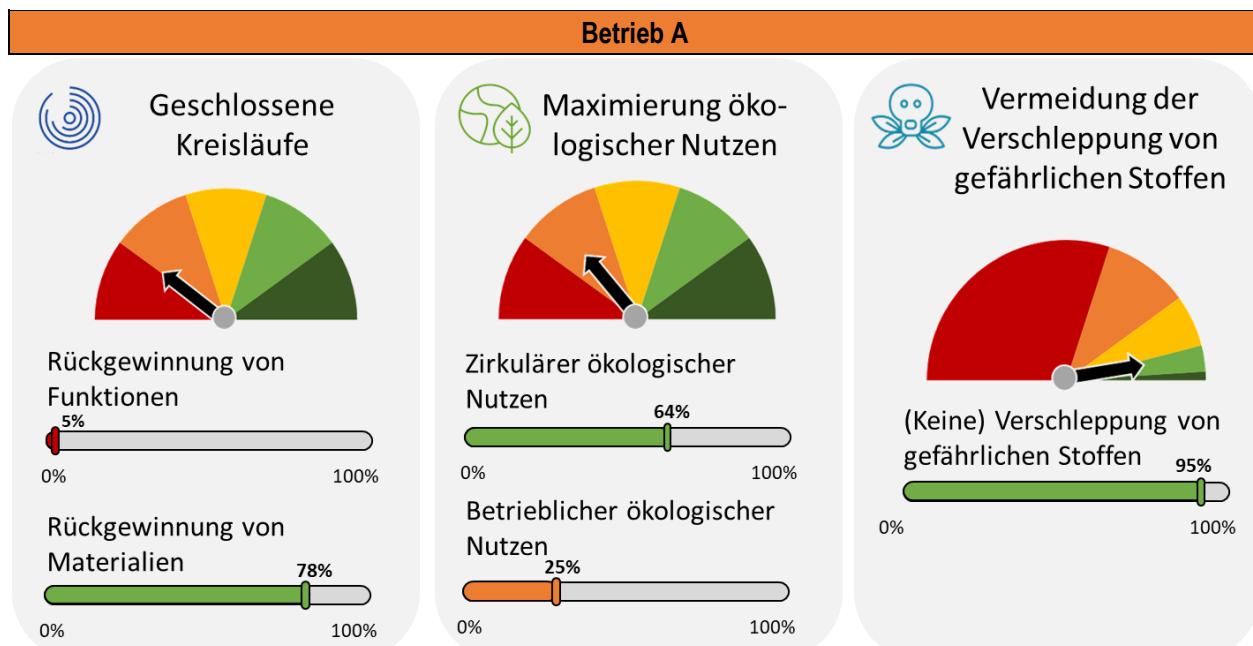
S1.1 Trennschärfe Schadstoffe 99%

S1.1 ist der einzige Indikator für die Beurteilungsgröße S1. Es ist keine Aggregation notwendig. Dem Betrieb gelingt es, die Schadstoffe mit ein paar wenigen Ausnahmen vollständig zu entfernen. Mit 99% liegt er hier im grünen Bereich.

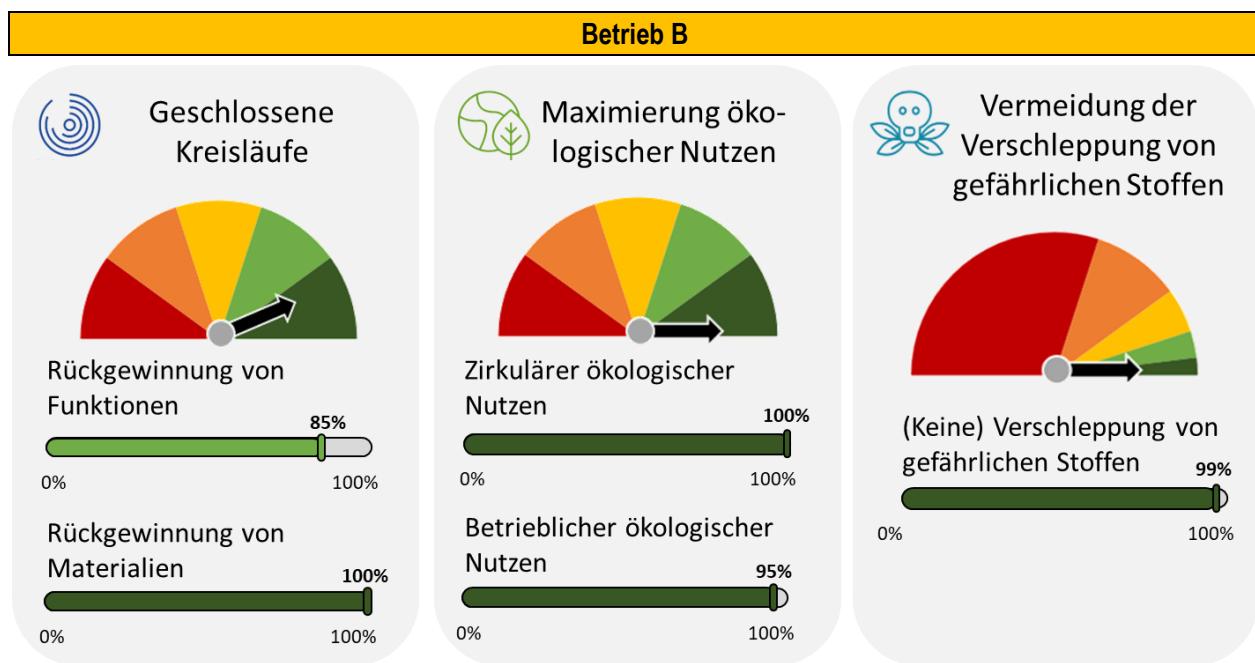


3.2.6 Interpretation der Resultate von Betrieb A und B in Bezug auf die drei übergeordneten Behandlungsziele

In Abbildung 5 werden die ermittelten Werte der Beurteilungsgrößen für Betrieb A und Betrieb B visuell zusammengefasst. Dies ist eine beispielhafte Visualisierung, die Formeln zur Aggregation der Beurteilungsgrößen auf die Ebene der Behandlungsziele sind noch nicht ausgearbeitet. Es ist schnell ersichtlich, dass Betrieb B viel besser zu einem kreislauffähigen EAG System beiträgt. Betrieb A führt die Schadstoffentfrachtung gut durch, aber schneidet in den anderen beiden Behandlungszielen (Geschlossene Kreisläufe und Maximierung ökologischer Nutzen) mässig gut ab. Hier müsste nun nachgeforscht werden, was der Grund dafür ist. Betrieb A gibt beispielsweise an, dass der Vertrag mit dem Recyclingbetrieb es ihm nicht erlaubt, Funktionen zurückzugewinnen oder weitere Materialien zu separieren. In diesem Fall wäre es wichtig, die Resultate auch mit dem Recyclingbetrieb zu besprechen, um Gründe und potenzielle Verbesserungsmassnahmen zu diskutieren.



Bemerkung: Vertragliche Regelungen geben dem Betrieb nur eingeschränkte Handlungsmöglichkeit im Bereich "Geschlossene Kreisläufe" und dem Zirkulären ökologischen Nutzen. Die Rückgewinnung von Funktionen ist vor allem auf Stufe Sammlung wichtig und hier entsprechend sekundär.



Bemerkung: Die Rückgewinnung von Funktionen ist vor allem auf Stufe Sammlung wichtig und hier entsprechend sekundär.

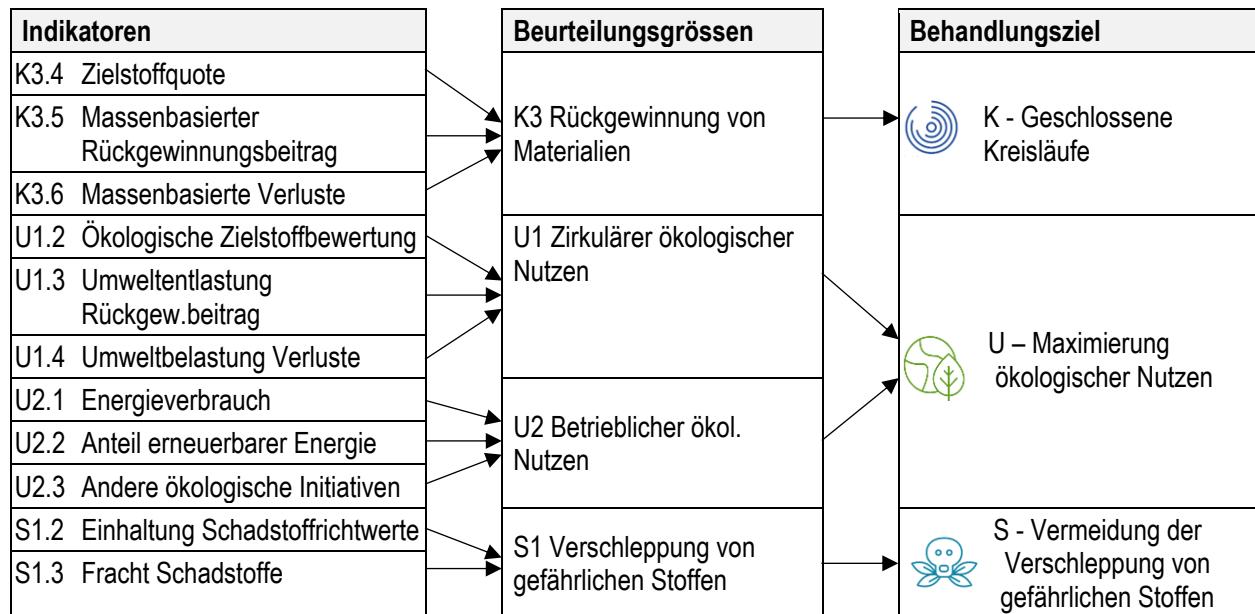
Abbildung 5: Visualisierung des ermittelten Beitrags zur Kreislauffähigkeit von EAG für Betrieb A und Betrieb B.

3.3 Anwendungsbeispiele Betrieb C und Betrieb D (mechanische Behandlung)

3.3.1 Relevante Indikatoren

Für die Betriebe C und D sind die relevanten Indikatoren in Tabelle 10Error! Reference source not found. aufgeführt.

Tabelle 10: Die für die mechanische Behandlung relevanten Indikatoren, zugehörigen Beurteilungsgrößen und entsprechendes Behandlungsziel.



3.3.2 Benötigte Standardwerte

Für die Berechnung der Indikatoren K3.4, K3.5, K3.6, U1.2, U1.3, U1.4 und S1.2 braucht es Listen mit Standardwerten. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

3.3.2.1 Liste von möglichen Zielstoffen der mechanischen Behandlung und ökologische Gewichtung

Die Standardliste für mögliche Zielstoffe kann bspw. alle Stoffe umfassen, deren Separierung und Aufkonzentrierung den Mindestanforderungen oder dem Stand der Technik entsprechen. Die Liste wird für die Berechnung des Indikators 'K3.4 Zielstoffquote' verwendet. Eine solche Liste kann auf verschiedene Weisen erstellt werden. Beispielsweise könnte sie periodisch (jährlich, alle x Jahre etc.) von einer Kommission festgelegt werden, basierend auf Erfahrungswerten und den Rückmeldungen der Betriebe.

Die Daten könnten direkt aus den Angaben des Vorjahres entnommen werden. Falls ein Grossteil der Betrieb einen bestimmten Zielstoff nicht aufführt, könnte diese – je nach Ursache – aus der Standardliste entfernt werden. Falls ein Betrieb einen Zielstoff nicht aufführt, weil er den entsprechenden Input nicht behandelt, sind diese Zielstoffe entsprechend nicht relevant (die maximal mögliche Anzahl reduziert sich entsprechend). Gleichzeitig könnten neue Zielstoffe die von Betrieben zusätzlich separiert und aufkonzentriert werden, aufgenommen werden. Im vorliegenden Anwendungsbeispiel wird eine stark vereinfachte Standardliste verwendet (vgl. Tabelle 11).

3.3.2.2 Gewichtung der Zielstoffe nach ihrem ökologischen Nutzen

Für das Anwendungsbeispiel wurde eine ökologische Gewichtung der Zielstoffe vorgenommen (vgl. Tabelle 11). Die Liste wird für die Berechnung des Indikators 'U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung' verwendet. Die Gewichtung orientiert sich an den 10er-Potenzen ($^8 = 8$, $^7 = 7$ usw.) der UBP's der einzelnen Zielstoffe. Eine vollständige Auflistung der für das Anwendungsbeispiel relevanten Zielstoffe, UBP-Daten und deren Gewichtung befindet sich im Anhang 5.1. Schadstoffe, für die bestimmte gesetzliche Anforderungen bestehen, die zwingend eingehalten werden müssen, werden in der ökologischen Zielstoffbewertung nicht berücksichtigt. Die Leistung hinsichtlich der Schadstoffentfrachtung wird stattdessen über Indikatoren zur Vermeidung der Verschleppung gefährlicher Stoffe sowie durch Konformitätsbewertungen bewertet.

Tabelle 11: Die für das Anwendungsbeispiel stark vereinfachte Liste an Zielstoffen, die erwartet werden können, sowie ihre ökologische Gewichtung.

Ordnungszahl	Name (Deutsch)	Kürzel	Ökologische Gewichtung
Metalle			
13	Aluminium	Al	4
26	Eisen	Fe	3
29	Kupfer	Cu	4
24	Chrom	Cr	4
79	Gold	Au	8
46	Palladium	Pd	8
28	Nickel	Ni	4
30	Zink	Zn	4
82	Blei	Pb	4
12	Magnesium	Mg	4
50	Zinn	Sn	4
47	Silber	Ag	6
60	Neodym	Nd	4
73	Tantal	Ta	5
45	Rhodium	Rh	7
78	Platin	Pt	8
51	Antimon	Sb	4
49	Indium	In	5
31	Gallium	Ga	5
48	Cadmium	Cd	5
Total	20		
Kunststoffe			
	High Impact Polystyrene	Hips	3
	Acrylonitrile Butadiene Styrene	ABS	3
	Polycarbonate	PC	4
	Polypropylene	PP	3
	Polyethylene	PE	3
Total	5		

3.3.2.3 Liste der UBP pro kg Zielelement/-stoff

Für die Berechnung des ökologischen Nutzens wird im Anwendungsbeispiel mit UBPs gerechnet. Die Liste wird für die Berechnung der Indikatoren 'U1.3 Umweltentlastung' und 'U1.4 Umweltbelastung Verluste' verwendet. Die Datensätze wurden aus der UVEK-Datenbank entnommen und basieren auf der Cut-off-Methode. Soweit verfügbar, wurden Datensätze herangezogen, die die elementare Zusammensetzung, die Primärproduktion und den globalen geografischen Kontext berücksichtigen. Eine vollständige Auflistung der für das Anwendungsbeispiel relevanten Elemente und UBP-Daten befindet sich im Anhang 5.1).

3.3.2.4 Standardwerte zur Rückgewinnung von Zielelementen/-stoffen

Die Standardwerte zeigen, welcher Anteil eines Zielelements oder -stoffs im Verlauf der weiteren Behandlungen (einschließlich der Endbehandlung) zurückgewonnen werden kann. Die Liste wird für die Berechnung der Indikatoren 'K3.5 Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag', 'K3.6 Massenbasierte Verluste' und 'U1.3 Umweltentlastung (massenbasierter) Rückgewinnungsbeitrag' verwendet. Die Werte können auf den heute genutzten Standardwerten basieren und bei entsprechenden Nachweisen für den Betrieb angepasst werden. Für das Anwendungsbeispiel wurden fiktive Rückgewinnungsraten verwendet, die sich am *Metal Wheel*⁸ orientieren. Die Beispielwerte finden sich im Anhang 5.3.

3.3.2.5 Ziel- und Richtwerte von Schadstoffen

Die Ziel- und Richtwerte der Schadstoffkonzentration basieren auf den Angaben in der Vollzugshilfe. Gesetzliche Vorgaben müssen eingehalten werden und deren Konformitätsbeurteilung ist nicht durch die Beurteilungsmethodik zu ersetzen. Die Liste wird für die Berechnung des Indikators 'S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte' verwendet.

3.3.3 Datenerhebung mit Beispieldaten

Die Datenerhebung im Anwendungsbeispiel basiert auf einem Protokoll (vgl. Tabelle 12), einer Stoffflusserfassung (vgl. Tabelle 13), inklusive der geschätzten oder analysierten Zusammensetzung (Tabelle 14) und den nachfolgenden Behandlungen (Tabelle 15). Das Protokoll ist nicht speziell auf einzelne Betriebe zugeschnitten, sondern allgemein für die mechanische Behandlung konzipiert. Deshalb können einige Fragen auftauchen, die für den jeweiligen Betrieb nicht relevant sind. In solchen Fällen sollte dies entsprechend festgehalten werden. Damit das Protokoll in der Praxis genutzt werden kann, muss es noch genauer ausgearbeitet und angepasst werden.

Eine detaillierte Übersicht zum Datenbedarf ist im Bericht AP3/AP4, Kapitel 5.3.1, zu finden.

Tabelle 12: Mögliche Erfassung einer Auswahl an Daten mit Antwortbeispielen der Betriebe A und B.

Fragen	Antwort Betrieb C	Antwort Betrieb D
1. Was ist die jährliche Gesamtinputmasse?	21'000'000 kg	10'000'000 kg
2a. Was ist der jährliche Energieverbrauch für die relevante Behandlung?	20'000'000 kWh	15'000'000 kWh

⁸ <https://help.copper.fyi/hc/en-us/articles/4405064581650-What-is-the-metal-wheel>

2b. Was ist der Anteil an erneuerbaren Energien?	800'000 kWh	0 kWh
4. Optional: Sehen Sie Trade-offs bei der Schadstoffentfrachtung? Bspw. werden mit den Schadstoffen auch andere wertvolle Stoffe entfrachtet, die dadurch nicht zurückgewonnen werden?	-	-
5. Optional: Unternehmen Sie weitere Aufwände, welche bis jetzt nicht berücksichtigt und anerkannt wurden, um Kreisläufe besser zu schliessen, den ökologischen Nutzen zu maximieren und die Verschleppung von Schadstoffen zu vermeiden? Wenn ja, welche?	Ja, wir machen Führungen und sind dabei weitere PV-Module zu installieren.	Nein

Tabelle 13: Grundlegende Informationen zu den Outputfraktionen und ihren jeweiligen Zielstoffen. Die möglichen Outputfraktionen kommen aus der Standardliste (siehe 3.2.4.1). Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.

Outputfraktions-nummer	Outputfraktionsbezeichnung	Masse [kg]	Massenanteil	VeVA-Code Ausgang	gefährliche Fraktion	Zielstoff
Betrieb C						
001	Eisenmetallschrott	4,904,908	23.4%	191202	Nein	Fe
002	Kunststoff und Gummi	3,872,296	18.4%	191204	Nein	KST divers
003	Aluminiumfraktion	1,510,196	7.2%	191203	Nein	Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Z
004	Leichteisen grob	1,485,456	7.1%	191202	Nein	Fe, Cr, Ni
005	Kunststoff gemischt	1,448,884	6.9%	160297ak	Nein	ABS, PC, PP, PE
006	Kabel	945,486	4.5%	160298ak	Nein	Cu
007	Edelmetallhaltige Kunststofffraktion	862,339	4.1%	191204	Nein	Au, Pb, Pt, Pd, Ag, Cd, Co, Cu, Ge, Nd, Sn, Zn, As, Rh
008	Eisen und NE-Gemisch	853,626	4.1%	191202	Nein	Fe
009	Kunststoffe gemischt	797,048	3.8%	160297ak	Nein	ABS, PC, PP, PE, HIPS
010	Staub Schadstoffhaltig	666,895	3.2%	160215S	Ja	Au, Pb, Pt, Pd, Ag, Cd, Co, Cu, Ge, Nd, Sn, Zn, As
011	Abfall	634,626	3.0%	200301	Nein	
012	Abfall Schadstoffhaltig	585,147	2.8%	160215S	Ja	
013	Leiterplattenfraktion	541,046	2.6%	160297ak	Nein	Au, Pb, Pt, Pd, Ag, Cd, Co, Cu, Ge, Nd, Sn, Zn, As, Rh
014	NE-Fraktion	492,642	2.3%	191202	Nein	Ag, Au, Cd, Co, Cu, Ga, Ge, Sn, Zn, Pb
015	Gummi mit Metall	487,264	2.3%	191203	Nein	Cu
016	Trafos	317,313	1.5%	191203	Nein	Cu
017	Leiterplatten geshreddert	297,952	1.4%	160297ak	Nein	Au, Pb, Pt, Pd, Ag, Cd, Co, Cu, Ge, Nd, Sn, Zn, As, Rh
018	Leichteisen fein	296,876	1.4%	191202	Nein	Fe, Ti, Zr
Total		21,000,000				

Betrieb D						
01	Eisenmetallschrott	2,857,469	28.6%	191202	Nein	Fe
02	Kunststoffe/Metalle gemischt	4,757,344	47.6%	160297ak	Nein	Al, Cu, Fe, KST divers
03	Edelmetallhaltige NE-Fraktion	1,598,329	16.0%	191202	Nein	Al, Ni, Cr, Zn, Sn
04	Aluminiumfraktion	583,920	5.8%	191203	Nein	Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Z
05	Abfall	202,938	2.0%	200301	Nein	Fe
Total		10,000,000				

Tabelle 14: Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen. Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Zusammensetzung												Metalle [%]	Kunststoffe [%]	Anderes [%]					
		Standardwerte / Erfahrungswerte	Nachweisdokumente	Metall-Analyse / Nachweis Abnehmer	Metallanalyse Betrieb	Kunststoffanalyse / Nachweis Abnehmer	Kunststoffanalyse / Nachweis Abnehmer	Schätzung /Erfahrungswerte	Aluminium	Eisen	Kupfer	Chrom	Nickel				Andere Kunststoffe	Silizium	Unbekannt		
Betrieb C																					
001	Eisenmetallschrott	x						x		97				3							
002	Kunststoff und Gummi	x					x							5					90		5
003	Aluminiumfraktion	x		x	x	x	x	80			5	5	5								5
004	Leichteisen grob	x					x	5	80		4	4	4								3
005	Kunststoff gemischt		x	x	x	x	x	0.6	0.1	0.2	0.1		4	25	25	5	5	30	3	2	
006	Kabel	x					x			25			10			20	20	10			15
007	Edelmetallhaltige Kunststofffraktion		x			x	x		3.2	0.4	6.2	0.1	0.1	13.1					62	.8	5
008	Eisen und NE-Gemisch		x			x	x	0.2	23	0.3	0.1	0.3	5.8					60	0.3	10	
009	Kunststoffe gemischt		x	x	x	x	x	0.5	0.1	1.5			3.8	25	25	5	5	30	1.5	2.6	
010	Staub Schadstoffhaltig		x	x	x	x	x	2.5	3	2		0.1	8.6					70	4	9.8	
011	Abfall	x																			100
012	Abfall Schadstoffhaltig		x			x	x	4.8	6.2	5.5	0.1	0.3	17.1					50	7.6	8.4	
013	Leiterplattenfraktion	x								20			20					20			40
014	NE-Fraktion		x					8	6	50	1.7	0.7	26								7
015	Gummi mit Metall	x							2	19			3					67			9
016	Trafos	x						10	65	15			5								5
017	Leiterplatten geshreddert	x							20			20						50			10
018	Leichteisen fein	x						5	80			5									10
Betrieb D																					
01	Eisenmetallschrott	x					x		90				3								7
02	Kunststoffe/Metalle gemischt		x	x	x	x	x	6	10	5			10	20	20	5	5	15	2	2	
03	Edelmetallhaltige NE-Fraktion		x					8	6	30	1.7	0.7	26.6								7
04	Aluminiumfraktion	x						58		2	5	5	5					20			5
05	Abfall	x																			100

Tabelle 15: Informationen zu den nachfolgenden Behandlungen. Hinweis: Die dargestellten Daten sind fiktiv und dienen lediglich als Beispiel.

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Nachfolgende Behandlung															
		Weitere Separierung und Aufkonzentrierung	Endbehandlung	energetische Verwertung	Beseitigung (therm. & andere)	Aluminiumschmelze	Alu-hütte / AL Remelt Refine	Iron with Ni and Cr alloy smelters/Mn ferro alloy smelter	Iron-Titanium ferroalloy smelter	Stahlwerk "traditionell" (iron)	Kupferhütte "speziell" / High efficient integrated Kupferhütte "traditionell"	Kabelverarbeitung	Sondermüll- / Hochtemperaturverbrennungsmöglichkeiten	Polymeraufbereitung	Ni / Cr Stainless Steel	Zn and Pb smelter and refinery	Sn smelter and refinery
Betrieb C																	
001	Eisenmetallschrott		x							x							
002	Kunststoff und Gummi	x											x				
003	Aluminiumfraktion		x			x											
004	Leichteisen grob		x				x										
005	Kunststoff gemischt	x											x				
006	Kabel	x									x						
007	Edelmetallhaltige Kunststofffraktion		x						x								
008	Eisen und NE-Gemisch	x													x		
009	Kunststoffe gemischt		x									x					
010	Staub Schadstoffhaltig	x							x								
011	Abfall			x	x												
012	Abfall Schadstoffhaltig		x	x													
013	Leiterplattenfraktion		x						x								
014	NE-Fraktion		x										x				
015	Gummi mit Metall	x												x			
016	Trafos		x						x								
017	Leiterplatten geshreddert		x						x								
018	Leichteisen fein		x					x									
Betrieb D																	
01	Eisenmetallschrott		x						x								
02	Kunststoffe gemischt	x												x			
03	Aluminiumfraktion	x												x			
04	Leiterplattenfraktion		x											x			
05	Abfall		x	x													
Total																	

3.3.4 Berechnung der Indikatoren und Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Betrieb C

3.3.4.1 Indikatoren

Im Folgenden sind die Berechnungen der einzelnen Indikatoren für Betrieb C dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren ist im Bericht AP3/AP4 zu finden. Informationen, die aus der Datenerhebung (Kapitel 3.3.3) stammen, sind in Blau hervorgehoben.

K3.4 Zielstoffquote

Kürzel:	w_{ZQ}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{ZSt_tot} = 25$ (vgl. Tabelle 11)
	$P_{ZSt} = 19 + 5 + 2 = 26$ (siehe Anhang 5.2)
Bemerkung:	Die maximale Punkteanzahl entspricht der Gesamtzahl der Zielstoffe in der Standardliste. Die erreichte Punkteanzahl ergibt sich aus der Anzahl der in Tabelle 13 oder Anhang 5.2 aufgeführten betriebspezifischen Zielstoffe. Zielstoffe, von denen bekannt ist, dass sie im Inputstroms des Betriebs nicht enthalten sind, können von der maximalen Punkteanzahl (P_{ZSt_tot}) abgezogen werden. Zusätzlich zurückgewonnene Stoffe, die nicht in der Standardliste stehen, zählen als Pluspunkte (2 Pluspunkte im Beispiel).
Berechnung:	$w_{ZQ} = \frac{P_{ZSt}}{P_{ZSt_tot}} = \frac{26}{25} \rightarrow > 100\%$

K3.5 Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag

Kürzel:	w_{mRG}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	m_{OuF_j} Masse der Outputfraktion $j \rightarrow$ vgl. Tabelle 13 w_{Zij} Massenanteil vom Zielelement/-stoff i in Outputfraktion $j \rightarrow$ vgl. Tabelle 14 k_{RGij} Standardwert der Rückgewinnungsrate \rightarrow vgl. Anhang 5.3 IN_{NBij} Informationen zu nachfolgenden Behandlungen \rightarrow vgl. Tabelle 15 m_{totin} Inputmasse = 21'000'00 kg $i = 1, \dots, m$ Massenreiches/r Zielelement/-stoff \rightarrow Al, Fe, Cu, Cr, Ni, HIPS, ABS $j = 1, \dots, n$ Massenreiche Outputfraktionen \rightarrow Im Anwendungsbeispiel wird mit allen Outputfraktionen gerechnet
Berechnung:	$w_{mRG} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{Zij} * k_{RGij})}{m_{totin}} = \frac{11'136'562 \text{ kg}}{21'000'000 \text{ kg}} = 53\%$

K3.6 Massenbasierte Verluste

Kürzel:	w_{mV}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]

Benötigte Daten:	Da in K3.5 alle Outputfraktionen berücksichtigt wurden, entsprechen die massenbasierten Verluste den fehlenden 47%.
	w_{mRG} Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag = 53% (vgl. K3.5)
Bemerkung:	Im Beispiel treten die grössten Verlustmassen in Outputfraktionen auf, die entweder in eine Weiter- oder in eine Endbehandlung geht. Eine genauere Betrachtung der Daten könnte weitere Informationen liefern, ob bspw. die Ursache bei der nachfolgenden Behandlung liegt (geringe Rückgewinnungsraten) oder bei der Zusammensetzung der Outputfraktion (ungünstige Separierung und Aufkonzentrierung).
Berechnung:	$w_{mV} = 100\% - w_{mRG} = 100\% - 53\% = \mathbf{47\%}$

U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung

Kürzel:	$W_{ZStöB}$
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{ZSt_öB_tot}$ Maximale Punkteanzahl Zielstoffe ökologisch gewichtet = 120 (vgl. Anhang 5.2) $PS_{ZSt_öB}$ Punkteanzahl der ökologisch gewichteten Zielstoffe = 121 (vgl. Anhang 5.2)
Berechnung:	$W_{ZStöB} = \frac{P_{ZSt_öB}}{P_{ZSt_öB_tot}} = \frac{121}{120} > \mathbf{100\%}$

U1.3 Umweltentlastung (massenbasierter) Rückgewinnungsbeitrag

Kürzel:	UBP_{RG}
Einheit:	Umweltbelastungspunkte pro kg Inputmaterial [UBP/kg]
Benötigte Daten:	Siehe K3.5 und Anhang 5.6
Berechnung:	$UBP_{RG} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{Zij} * k_{RGij} * UBP_i)}{m_{totin}} = \frac{139'949'956'131 UBP}{21'000'000kg}$ $= \mathbf{6'664 UBP/kg_{input}}$

U1.4 Umweltbelastung Verluste

Kürzel:	UBP_V
Einheit:	Umweltbelastungspunkte pro kg Inputmaterial [UBP/kg]
Bemerkung:	Im Anwendungsbeispiel werden folgende Fraktionen für U1.4 betrachtet: <ul style="list-style-type: none"> - 005 Kunststofffraktion (Massenanteil 6.9%) - 007 Edelmetallhaltige Kunststofffraktion (Massenanteil 4.1%) - 008 Eisen und NE-Gemischt (Massenanteil 4.1%) - 010 Staub schadstoffhaltig (Massenanteil 3.2%) - 012 Abfall schadstoffhaltig (Massenanteil 2.8%) - 014 NE-Fraktion (Massenanteil 2.3%) Diese werden auf die genannten Zielstoffe untersucht und mit den jeweiligen Rückgewinnungsraten verrechnet. Die Massenanteile, die verloren gehen, werden

	anschliessend mit UBP _s verrechnet. Die Summe wird ins Verhältnis gesetzt mit der gesamten Masse der analysierten Outputfraktionen.
Benötigte Daten:	Siehe Anhang 5.7.1
Berechnung:	$UBP_V = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{V_{ij}} * UBP_i)}{m_{tot_in_analysiert}} = \frac{112'651'337'412 UBP}{4'909'534 kg}$ $= 22'945 UBP/kg$

U2.1 Energieverbrauch

Kürzel:	E_{tEAG_z}
Einheit:	Kilowattstunden pro kg Inputmaterial [kWh / kg _{in}]
Benötigte Daten:	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung
	$E_{EAG} = 20'000'000 kWh$
	Inputmasse
	$m_{tot_in} = 21'000'000 kg$
Berechnung:	$E_{tEAG_z} = \frac{E_{EAG}}{m_{tot_in}} = \frac{20'000'000 kWh}{21'000'000 kg} = 0.95 kWh/kg$

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie

Kürzel:	w_{renew_z}
Einheit:	Energieanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Energie aus erneuerbaren Quellen
	$E_{renew} = 8'000'000 kWh$
	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung
	$E_{EAG} = 20'000'000 kWh$
Berechnung:	$w_{renew_z} = \frac{E_{renew}}{E_{EAG}} = \frac{8'000'000 kWh}{20'000'000 kWh} = 40\%$

U2.3 Andere ökologische Initiativen

Kürzel:	I_{Eco_z}
Einheit:	Keine (qualitativer Indikator)
Benötigte Daten:	Informationen zu ökologischen Initiativen
	$IN_{Eco} = \text{Ja, wir machen Führungen und sind dabei weitere PV-Module zu installieren.}$

S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte

Kürzel:	w_{cs}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{C_{sj} > C_{sZiel}}$ Anzahl wie oft die Ziel- und Richtwerte der Konzentration eines Schadstoffs s überschritten werden
	P_{A_s} Gesamtanzahl der Analysen auf den Schadstoff s
Berechnung:	$w_{CS} = 1 - \frac{P_{C_{sj} > C_{sZiel}}}{P_{A_s}} = 1 - \frac{1}{8} = 87.5\%$

S1.3 Fracht Schadstoffe

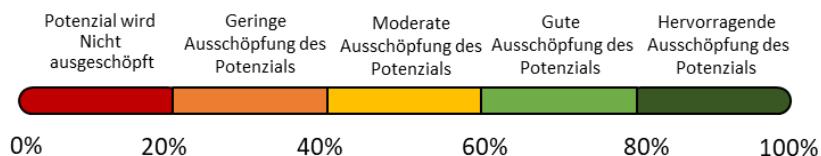
Kürzel:	m_s												
Einheit:	g												
Benötigte Daten:	c_{sj} Konzentration des Schadstoffs s in der Outputfraktion j m_{OuF_j} Masse der Outputfraktion j												
Berechnung:	$m_s = \sum_{j=1}^n c_{sj} * m_{OuF_j}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion</u></th> <th><u>Gesamtgewicht</u></th> <th><u>Fracht</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>007 Edelmetallh. Kunststofffraktion: 1.5 mg PCB / kg</td> <td>862'339 kg</td> <td>→ 1.3 g (1.5g)*</td> </tr> <tr> <td>009 Kunststoffe gemischt: 2 mg PCB / kg</td> <td>797'048 kg</td> <td>→ 1.6 g (2.5g)*</td> </tr> <tr> <td>010 Staub Schadstoffhaltig: 19 mg PCB / kg</td> <td>666'895 kg</td> <td>→ 12.7 g (12.5g)*</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion</u>	<u>Gesamtgewicht</u>	<u>Fracht</u>	007 Edelmetallh. Kunststofffraktion: 1.5 mg PCB / kg	862'339 kg	→ 1.3 g (1.5g)*	009 Kunststoffe gemischt: 2 mg PCB / kg	797'048 kg	→ 1.6 g (2.5g)*	010 Staub Schadstoffhaltig: 19 mg PCB / kg	666'895 kg	→ 12.7 g (12.5g)*
<u>Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion</u>	<u>Gesamtgewicht</u>	<u>Fracht</u>											
007 Edelmetallh. Kunststofffraktion: 1.5 mg PCB / kg	862'339 kg	→ 1.3 g (1.5g)*											
009 Kunststoffe gemischt: 2 mg PCB / kg	797'048 kg	→ 1.6 g (2.5g)*											
010 Staub Schadstoffhaltig: 19 mg PCB / kg	666'895 kg	→ 12.7 g (12.5g)*											
Bemerkung:	<p>Für die Beurteilung relevant sind Fraktionen, die in nachfolgende Behandlungen gelangen, die nicht auf die jeweiligen Schadstoffe spezialisiert sind. Dabei sollte nebst der Konzentration auch die Fracht berücksichtigt und Verbesserungen angestrebt werden.</p> <p>Im Beispiel sind in Klammern die Werte des Vorjahres angegeben. Eine Rücksprache mit dem Betrieb wäre erforderlich, um zu klären, ob bspw. die Reduktion in Fraktion 009 auf bestimmte Massnahmen zurückzuführen ist. Zudem sollte geprüft werden, warum Fraktion 010 eine so hohe Fracht aufweist.</p>												

*Erfundene Werte des Vorjahres

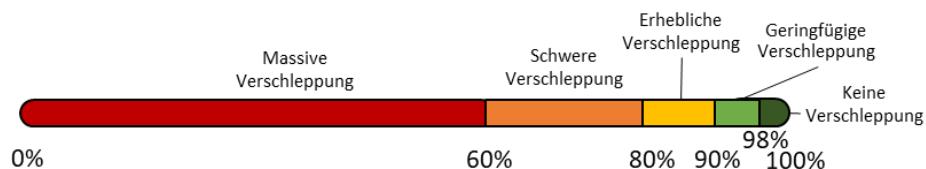
3.3.4.2 Beurteilungsgrößen

Die Formeln zur Aggregation der Indikatoren auf die Ebene der Beurteilungsgrößen sind nicht im Detail ausgearbeitet. Im Folgenden wird für jede Beurteilungsgröße erläutert, wie im Anwendungsbeispiel für Betrieb C die Aggregation der Indikatoren vorgenommen wurde oder auf welchen Überlegungen die Einschätzung der jeweiligen Beurteilungsgröße basiert.

Folgende Farbkodierung wird für die Prozentwerte der Beurteilungsgrößen 'K3 Rückgewinnung von Materialien', 'U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen' und 'U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen' verwendet:



Für die Beurteilungsgröße 'S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen' wird eine strengere Skala verwendet:

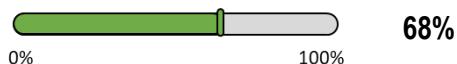


K3 Rückgewinnung von Materialien

K3.4 Zielstoffquote (nicht gewichtet)	>100%
K3.5 Massenbasiertter Rückgewinnungsbeitrag	53%
(K3.6 Massenbasierte Verluste)	(47%)

Betrieb C zielt darauf ab eine grössere Anzahl an Stoffen zurückzugewinnen als die Standardliste vorgibt. Hier schneidet Betrieb C entsprechend gut ab. Der massenbasierte Rückgewinnungsbeitrag liegt bei nur 53%. Da im Beispiel alle Fraktionen und nicht nur die massenreichen betrachtet wurden, entsprechen die massenbasierten Verluste den fehlenden 47%. Würden ausschliesslich die massenreichen Fraktionen betrachtet werden, so würden die massenarmen Fraktionen einen unbekannten dritten Anteil bilden. Die geringe Rückgewinnungsmasse kann im Beispiel zu einem grossen Teil den Kunststoffverlusten zugeschrieben werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die gute Leistung in K3.4 dazu beiträgt, die eher mittelmässigen Indikatorenwerte von K3.5 und K3.6 in den 'hellgrünen' Bereich zu heben, wodurch ein aufgerundeter Mittelwert von 68 % erreicht wird.



U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen

U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung	> 100%
U1.3 Umweltentlastung (massenbasierte) Rückgewinnungsbeitrag	6'664 UBP / kg_input
U1.4 Umweltbelastung Verluste	22'945 UBP / kg_beprobte_Fraktionen

Durch die hervorragende Leistung bei den Zielstoffen (K3.4) schneidet auch die ökologische Bewertung der Zielstoffe (U1.2) sehr gut ab. Wenn man die Massen der massenreichen Zielstoffe mit den UBPs verrechnet, ergibt sich ein vermiedener Umweltbelastungsbeitrag von 6'664 UBP pro kg Input (U1.3). Für die Betrachtung der Verluste (U1.4) wurden nur 6 Fraktionen getestet, und darin wurde analysiert, welche Zielstoffe verloren gehen. Diese Verluste wurden ebenfalls mit UBPs verrechnet. Die unterschiedlichen Werte von U1.3 und U1.4 liegen daran, dass in U1.3 nur massenreiche Elemente berücksichtigt werden. Elemente, die zwar massenarm sind, aber einen hohen Umweltimpact haben und zurückgewonnen werden könnten, wurden hier nicht eingerechnet, da der Aufwand zu gross wäre. Falls entsprechende Daten vorliegen, könnten diese integriert werden.

Um einschätzen zu können, wie gut der Wert von U1.3 ist, müssten weitere Erfahrungswerte gesammelt werden. Für das Beispiel hier wurde ein Rahmen von 0-10'000 UBP gewählt. Der Wert entspricht daher 67%.

Um für den Wert der Umweltbelastung durch Verluste (U1.4) eine Benchmark zu erhalten, wurde das Potenzial berechnet, wie viele Zielstoffe theoretisch vermieden werden könnten. Diese wurden mit UBPs verrechnet, was 44'125 UBP pro kg der getesteten Fraktionen ergibt. Die Umweltbelastung durch Verluste liegt folglich bei 52%, respektive die Umweltentlastung durch vermiedene Verluste bei 48%.

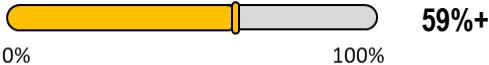
Werden die Prozentwerte miteinander in gleichen Anteilen verrechnet, so ergibt sich eine Gesamtbewertung für die Beurteilungsgrösse des zirkulären ökologischen Nutzens von 72%.



U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen

U2.1 Energieverbrauch	0.95 kWh/kg
U2.2 Anteil erneuerbarer Energie	40%
U2.3 Andere ökologische Initiativen	Ja, wir machen Führungen und sind dabei weitere PV-Module zu installieren.

Für unser Beispiel gehen wir davon aus, dass 0.5 kWh hervorragend (100%) und 2.5 energieintensiv (0%) ist. Entsprechend liegt ein Energieverbrauch von 0.95 kWh/kg bei 77.5%. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt bei 40% und ist entsprechend im Mittelfeld. Zusammen verrechnet ergibt sich einen Wert von 59%. U2.3 wirkt sich zusätzlich positiv auf die Beurteilungsgröße aus und hebt die Gesamtwertung der Beurteilungsgröße in den hellgrünen Bereich.



S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen

S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte	87.5%
S1.3 Fracht	-

Für die Beurteilung der Verschleppung gefährlicher Stoffe ist es entscheidend, die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten und die Konformität sicherzustellen. Die gesetzlichen Vorgaben sollten grundsätzlich unabhängig von der Bewertungsmethode überprüft werden. Die Leistung wird hier strenger bewertet als bei anderen Kriterien (farbliche Kennzeichnung). In der Berechnung der Fracht zeigt sich im Beispiel keine nennenswerte Veränderung zum Vorjahr. Wie jedoch in der Anmerkung zu Indikator S1.3 erwähnt, sollte eine Rücksprache mit dem Betrieb erfolgen, um gegebenenfalls geeignete Massnahmen zu besprechen.



3.3.5 Berechnung der Indikatoren und Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Betrieb D

3.3.5.1 Indikatoren

Im Folgenden sind die Berechnungen der einzelnen Indikatoren für Betrieb D dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren ist im Bericht AP3/AP4 zu finden. Informationen, die aus der Datenerhebung (Kapitel 3.3.3) stammen, sind in Blau hervorgehoben.

K3.4 Zielstoffquote

Kürzel:	w_{ZQ}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{ZSt_tot} = 25$ (vgl.Tabelle 11)
	$P_{ZSt} = 12 + 4 = 16$ (siehe Anhang 5.2)
Bemerkung:	Die maximale Punkteanzahl entspricht der Gesamtzahl der Zielstoffe in der Standardliste. Die erreichte Punkteanzahl ergibt sich aus der Anzahl der in Tabelle 13 oder Anhang 5.2 aufgeführten betriebsspezifischen Zielstoffe. Zielstoffe, von denen bekannt ist, dass sie im Inputstroms des Betriebs nicht enthalten sind, können von der maximalen Punkteanzahl (P_{ZSt_tot}) abgezogen werden. Zusätzlich zurückgewonnene Stoffe, die nicht in der Standardliste stehen, zählen als Pluspunkte.
Berechnung:	$w_{ZQ} = \frac{P_{ZSt}}{P_{ZSt_tot}} = \frac{16}{25} \rightarrow > 65\%$

K3.5 Massenbasiertes Rückgewinnungsbeitrag

Kürzel:	w_{mRG}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	m_{OuF_j} Masse der Outputfraktion $j \rightarrow$ vgl. Tabelle 13 w_{Zij} Massenanteil vom Zielelement/-stoff i in Outputfraktion $j \rightarrow$ vgl. Tabelle 14 k_{RGij} Standardwert der Rückgewinnungsrate \rightarrow vgl. Anhang 5.3 IN_{NBij} Informationen zu nachfolgenden Behandlungen \rightarrow vgl. Tabelle 15 m_{totin} Inputmasse = 10'000'00 kg $i = 1, \dots, m$ Massenreiches/r Zielelement/-stoff \rightarrow Al, Fe, Cu, Cr, Ni, HIPS, ABS $j = 1, \dots, n$ Massenreiche Outputfraktionen \rightarrow Im Anwendungsbeispiel wird mit allen Outputfraktionen gerechnet
Berechnung:	$w_{mRG} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{Zij} * k_{RGij})}{m_{totin}} = \frac{5'005'761 \text{ kg}}{10'000'000 \text{ kg}} = 50\%$

K3.6 Massenbasierte Verluste

Kürzel:	w_{mV}
Einheit:	Massenanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	Da in K3.5 alle Outputfraktionen berücksichtigt wurden, entsprechen die massenbasierten Verluste den fehlenden 50%.
	w_{mRG} Massenbasiertes Rückgewinnungsbeitrag = 50% (vgl. K3.5)
Bemerkung:	<p>Bei der Betrachtung der Verluste wird deutlich, dass diese einerseits durch die anteilmässig massenreiche Abfallfraktion (Fraktion 5, 12,6 %) und andererseits durch Fraktionen verursacht werden, die einer Weiterbehandlung zugeführt werden.</p> <p>Eine genauere Betrachtung der Daten könnte weitere Informationen liefern, ob bspw. die Ursache bei der nachfolgenden Behandlung liegt (geringe Rückgewinnungsraten) oder bei der Zusammensetzung der Outputfraktion.</p>
Berechnung:	$w_{mV} = 100\% - w_{mRG} = 100\% - 50\% = 50\%$

U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung

Kürzel:	$w_{ZStöB}$
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{ZSt_öB_tot}$ Maximale Punkteanzahl Zielstoffe ökologisch gewichtet = 120 (vgl. Anhang 5.2) $PS_{ZSt_öB}$ Punkteanzahl der ökologisch gewichteten Zielstoffe = 74 (vgl. Anhang 5.2)
Berechnung:	$w_{ZStöB} = \frac{P_{ZSt_öB}}{P_{ZSt_öB_tot}} = \frac{74}{120} > 62\%$

U1.3 Umweltentlastung (massenbasiertes) Rückgewinnungsbeitrag

Kürzel:	UBP_{RG}
Einheit:	Umweltbelastungspunkte pro kg [UBP/kg]
Benötigte Daten:	Siehe K3.5 und Anhang 5.6

Berechnung:

$$UBP_{RG} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{Z_{ij}} * k_{RG_{ij}} * UBP_i)}{m_{tot_{in}}} = \frac{65'338'434'078 UBP}{10'000'000 kg} \\ = 6'534 UBP/kg_{input}$$

U1.4 Umweltbelastung Verluste

Kürzel:	UBP_V
Einheit:	Umweltbelastungspunkte pro kg Inputmaterial [UBP/kg]
Bemerkung:	<p>Im Anwendungsbeispiel werden folgende Fraktionen für U1.4 betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Kunststoff/Metalle gemischt (Massenanteil 28.6%) - 3 Edelmetallhaltige NE-fraktion (Massenanteil 16%) - 5 Abfall (Massenanteil 12.8%) <p>Diese werden auf die angegebenen Zielstoffe (vgl. Tabelle 13) untersucht und mit den jeweiligen Rückgewinnungsraten verrechnet. Die Massenanteile, die verloren gehen, werden anschliessend mit UBP's verrechnet. Die Summe wird ins Verhältnis gesetzt mit der gesamten Masse der analysierten Outputfraktionen.</p>
Benötigte Daten:	Siehe Anhang 5.7.2
Berechnung:	$UBP_V = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (m_{OuF_j} * w_{V_{ij}} * UBP_i)}{m_{tot_{in,analyisiert}}} = \frac{109'186'336'031 UBP}{5'737'782 kg} \\ = 19'029 UBP/kg$

U2.1 Energieverbrauch

Kürzel:	E_{tEAG_z}
Einheit:	Kilowattstunden pro kg Inputmaterial [kWh / kg _{in}]
Benötigte Daten:	<p>Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung</p> $E_{EAG} = 15'000'000 kWh$
	Inputmasse
	$m_{tot_{in}} = 10'000'000 kg$
Berechnung:	$E_{tEAG_z} = \frac{E_{EAG}}{m_{tot_{in}}} = \frac{15'000'000 kWh}{10'000'000 kg} = 1.5 kWh/kg$

U2.2 Anteil erneuerbarer Energie

Kürzel:	w_{renew_z}
Einheit:	Energieanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	<p>Energie aus erneuerbaren Quellen</p> $E_{renew} = 0 kWh$
	Jährlicher Energieverbrauch für EAG Behandlung
	$E_{EAG} = 15'000'000 kWh$
Berechnung:	$w_{renew_z} = \frac{E_{renew}}{E_{EAG}} = \frac{0 kWh}{15'000'000 kWh} = 0\%$

U2.3 Andere ökologische Initiativen

Kürzel:	I_{Eco_z}
----------------	-------------------------------

Einheit:	Keine (qualitativer Indikator)
Benötigte Daten:	Informationen zu ökologischen Initiativen IN_{Eco} Keine Angaben

S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte

Kürzel:	w_{cs}
Einheit:	Punkteanteil in Prozent [%]
Benötigte Daten:	$P_{C_{sj} > C_{sZiel}}$ Anzahl wie oft die Ziel- und Richtwerte der Konzentration eines Schadstoffs s überschritten werden 1 P_{A_s} Gesamtanzahl der Analysen auf den Schadstoff s 3
Berechnung:	$w_{CS} = 1 - \frac{P_{C_{sj} > C_{sZiel}}}{P_{A_s}} = 1 - \frac{1}{3} = 67\%$

S1.3 Fracht Schadstoffe

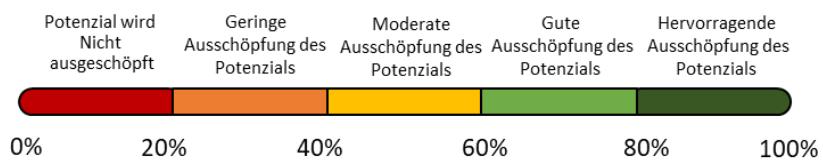
Kürzel:	m_s									
Einheit:	g									
Benötigte Daten:	c_{sj} Konzentration des Schadstoffs s in der Outputfraktion j m_{OuF_j} Masse der Outputfraktion j									
Berechnung:	$m_s = \sum_{j=1}^n c_{sj} * m_{OuF_j}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion</th> <th>Gesamtgewicht</th> <th>Fracht</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Eisenmetallschrott: 1.1 mg PCB / kg</td> <td>3'678'298 kg</td> <td>$\rightarrow 4\text{ g (4 g)*}$</td> </tr> <tr> <td>4 Kunststoff / Metalle gemischt: 1.3 mg PCB / kg</td> <td>2'856'408 kg</td> <td>$\rightarrow 3.7\text{ g (4 g)*}$</td> </tr> </tbody> </table>	Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion	Gesamtgewicht	Fracht	1 Eisenmetallschrott: 1.1 mg PCB / kg	3'678'298 kg	$\rightarrow 4\text{ g (4 g)*}$	4 Kunststoff / Metalle gemischt: 1.3 mg PCB / kg	2'856'408 kg	$\rightarrow 3.7\text{ g (4 g)*}$
Schadstoffkonzentration pro untersuchter Fraktion	Gesamtgewicht	Fracht								
1 Eisenmetallschrott: 1.1 mg PCB / kg	3'678'298 kg	$\rightarrow 4\text{ g (4 g)*}$								
4 Kunststoff / Metalle gemischt: 1.3 mg PCB / kg	2'856'408 kg	$\rightarrow 3.7\text{ g (4 g)*}$								
Bemerkung:	Für die Beurteilung relevant sind Fraktionen, die in nachfolgende Behandlungen gelangen, die nicht auf die jeweiligen Schadstoffe spezialisiert sind. Dabei sollte nebst der Konzentration auch die Fracht berücksichtigt und Verbesserungen angestrebt werden. In diesem Beispiel ist ersichtlich, dass die grösste Masse an PCB nicht über die Fraktion mit der höchsten Konzentration verloren geht.									

*Erfundene Werte des Vorjahres

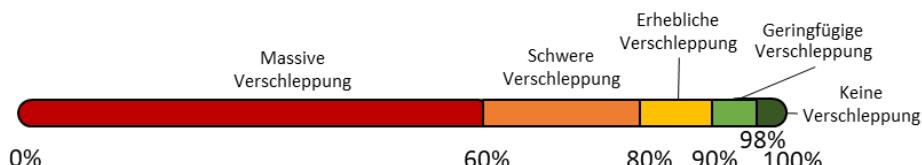
3.3.5.2 Beurteilungsgrößen

Die Formeln zur Aggregation der Indikatoren auf die Ebene der Beurteilungsgrößen sind nicht im Detail ausgearbeitet. Im Folgenden wird für jede Beurteilungsgröße erläutert, wie im Anwendungsbeispiel für Betrieb C die Aggregation der Indikatoren vorgenommen wurde oder auf welchen Überlegungen die Einschätzung der jeweiligen Beurteilungsgröße basiert.

Folgende Farbkodierung wird für die Prozentwerte der Beurteilungsgrößen 'K3 Rückgewinnung von Materialien', 'U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen' und 'U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen' verwendet:



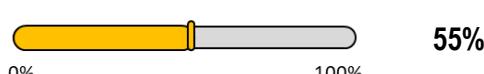
Für die Beurteilungsgröße 'S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen' wird eine strengere Skala verwendet:



K3 Rückgewinnung von Materialien

K3.4 Zielstoffquote (nicht gewichtet)	65%
K3.5 Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag	50%
(K3.6 Massenbasierte Verluste	(50%)

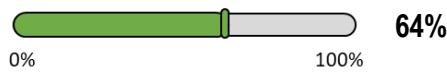
Betrieb D berücksichtigt eine geringere Anzahl an Zielstoffen als die Standardliste vorgibt. Hier schneidet Betrieb C entsprechend weniger gut ab. Der massenbasierte Rückgewinnungsbeitrag liegt bei nur 50%. Da im Beispiel alle Fraktionen und nicht nur die massenreichen betrachtet wurden, entsprechen die massenbasierten Verluste den fehlenden 50%. Würden ausschließlich die massenreichen Fraktionen betrachtet werden, so würden die massenarmen Fraktionen einen unbekannten dritten Anteil bilden. Die geringe Rückgewinnungsmasse kann einerseits dem verhältnismässig grossen Anteil Abfall (12.8%) und andererseits dem grossen Anteil gemischter Fraktionen zugeschrieben werden, von denen unklar ist, welche Zielstoffe tatsächlich zurückgewonnen werden.
Der Mittelwert der drei Indikatoren liegt bei 55%.



U1 Zirkulärer ökologischer Nutzen

U1.2 Ökologische Zielstoffbewertung	62%
U1.3 Umweltentlastung (massenbasierte) Rückgewinnungsbeitrag	6'534 UBP / kg_input
U1.4 Umweltbelastung Verluste	19'029 UBP / kg_beprobte_Fraktionen

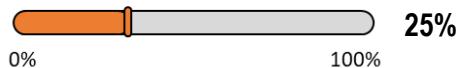
Die ökologische Zielstoffbewertung liegt mit 62% leicht tiefer als die Zielstoffquote (65%). Der Beitrag der Umweltentlastung über die Rückgewinnung von massenreichen Zielstoffen liegt bei 6'534 UBP pro kg Input. Im Vergleich zu Betrieb C liegt dieser leicht tiefer und würde nach einer Skala von 0-10'000 UBP bei 65% liegen. Die Umweltbelastung hinsichtlich der Verluste liegt tiefer als bei Betrieb C. Von der gesamten möglichen Umweltbelastung durch die Zielstoffe entfallen 35% auf Verluste, während 65% durch vermiedene Verluste eingespart werden (Hinweis: es werden nur die betriebsspezifischen Zielstoffe betrachtet, der Wert entspricht nicht dem gesamthaft vorhandenen Potenzial). Werden die Prozentwerte miteinander in gleichen Anteilen verrechnet, so ergibt sich eine Gesamtbewertung für diese Beurteilungsgröße von 64% und liegt knapp im hellgrünen Bereich.



U2 Betrieblicher ökologischer Nutzen

U2.1 Energieverbrauch	1.5 kWh/kg
U2.2 Anteil erneuerbarer Energie	0%
U2.3 Andere ökologische Initiativen	Keine Angaben

Für unser Beispiel gehen wir davon aus, dass 0.5 kWh hervorragend (100%) und 2.5 energieintensiv (0%) ist. Entsprechend liegen 1.5 kWh/kg bei 50%. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt bei 0%. Zusammen verrechnet ergibt sich einen Wert von 25%.



S1 Verschleppung von gefährlichen Stoffen

S1.2 Einhaltung Schadstoffrichtwerte	67%
S1.3 Fracht	-

Für die Beurteilung der Verschleppung gefährlicher Stoffe ist es entscheidend, die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten und die Konformität sicherzustellen. Die Leistung wird hier strenger bewertet als bei anderen Kriterien (farbliche Kennzeichnung). Die gesetzlichen Vorgaben sollten grundsätzlich unabhängig von der Bewertungsmethode überprüft werden.

Da bei Betrieb D nur drei Analysen durchgeführt wurden, wiegt eine Grenzwertüberschreitung stärker, während sie bei mehreren Analysen weniger ins Gewicht fällt. In der Berechnung der Fracht zeigt sich im Beispiel keine deutliche Veränderung zum Vorjahr. Wie in der Anmerkung zu Indikator S1.3 erwähnt, geht die grösste PCB-Masse nicht über die Fraktion mit der höchsten Konzentration verloren. Daher ist es wichtig, beide Fraktionen zu berücksichtigen und Massnahmen zu ergreifen, um die Emissionen zu vermeiden.



3.3.6 Interpretation der Resultate von Betrieb C und D in Bezug auf die drei übergeordneten Behandlungsziele

In Abbildung 6 sind die Beurteilungsgrössen für Betrieb C und Betrieb D auf Ebene der Behandlungsziele dargestellt. Dies ist eine beispielhafte Visualisierung, die Formeln zur Aggregation der Beurteilungsgrössen auf die Ebene der Behandlungsziele sind noch nicht ausgearbeitet. Betrieb C schneidet gesamthaft hinsichtlich der Kreislauffähigkeit besser ab als Betrieb D. Er zeigt ein grosses Engagement bei der Separierung und Aufkonzentration der Zielstoffe. Allerdings sind die Verluste, gemessen an der Masse, relativ hoch, was sich negativ auf die Bewertung auswirkt. Auch die Umweltauswirkungen der hohen Verlustrate der angegebenen Zielstoffe in den getesteten Outputfraktionen wirken sich negativ aus. Um sich zu verbessern, sollte Betrieb C vor allem seine Prozesse zur Separierung und Aufkonzentration optimieren oder die Abnehmer besser auswählen und folglich bessere Rückgewinnungsraten erreichen können. Mit der Installation weiterer Solar Panels ist zu erwarten, dass sich der betriebliche ökologische Nutzen des Betriebs in den kommenden Jahren verbessert. Bei der Vermeidung der Verschleppung gefährlicher Stoffe schneidet Betrieb C nur mässig ab, was auf eine einzelne Grenzwertüberschreitung zurückzuführen ist. Hier sollten Massnahmen ergriffen werden, um die Grenzwerte einzuhalten und die Fracht zu verringern.

Betrieb D hat weniger Zielstoffe und Outputfraktionen als Betrieb C, wodurch er deutlich schlechter abschneidet hinsichtlich der Zielstoffquote und der ökologischen Zielstoffbewertung. Die meisten Fraktionen leitet der Betrieb an eine Nachfolgebehandlung weiter, für die keine Informationen zu den

aufkonzentrierten und zurückgewonnenen Zielstoffen vorliegen. Dadurch fliessen Standardwerte für die Rückgewinnungsraten in die Berechnung ein. Der hohe Energieverbrauch ohne Nutzung erneuerbarer Energien wirkt sich ebenfalls negativ aus. Insgesamt schneidet Betrieb D bei den Behandlungszielen "Geschlossene Kreisläufe" und "Maximierung des ökologischen Nutzens" schlechter ab als Betrieb C. Auch bei der Vermeidung der Verschleppung gefährlicher Stoffe liegt Betrieb D hinter Betrieb C. Beide überschreiten zwar einmal die Grenzwerte, jedoch führt Betrieb C deutlich mehr Untersuchungen durch, bei denen keine Grenzwerte überschritten werden. Dadurch reduziert er Unsicherheiten, was ihm im Vergleich zu Betrieb D, der nur drei Proben entnommen hat, eine bessere Bewertung einbringt.

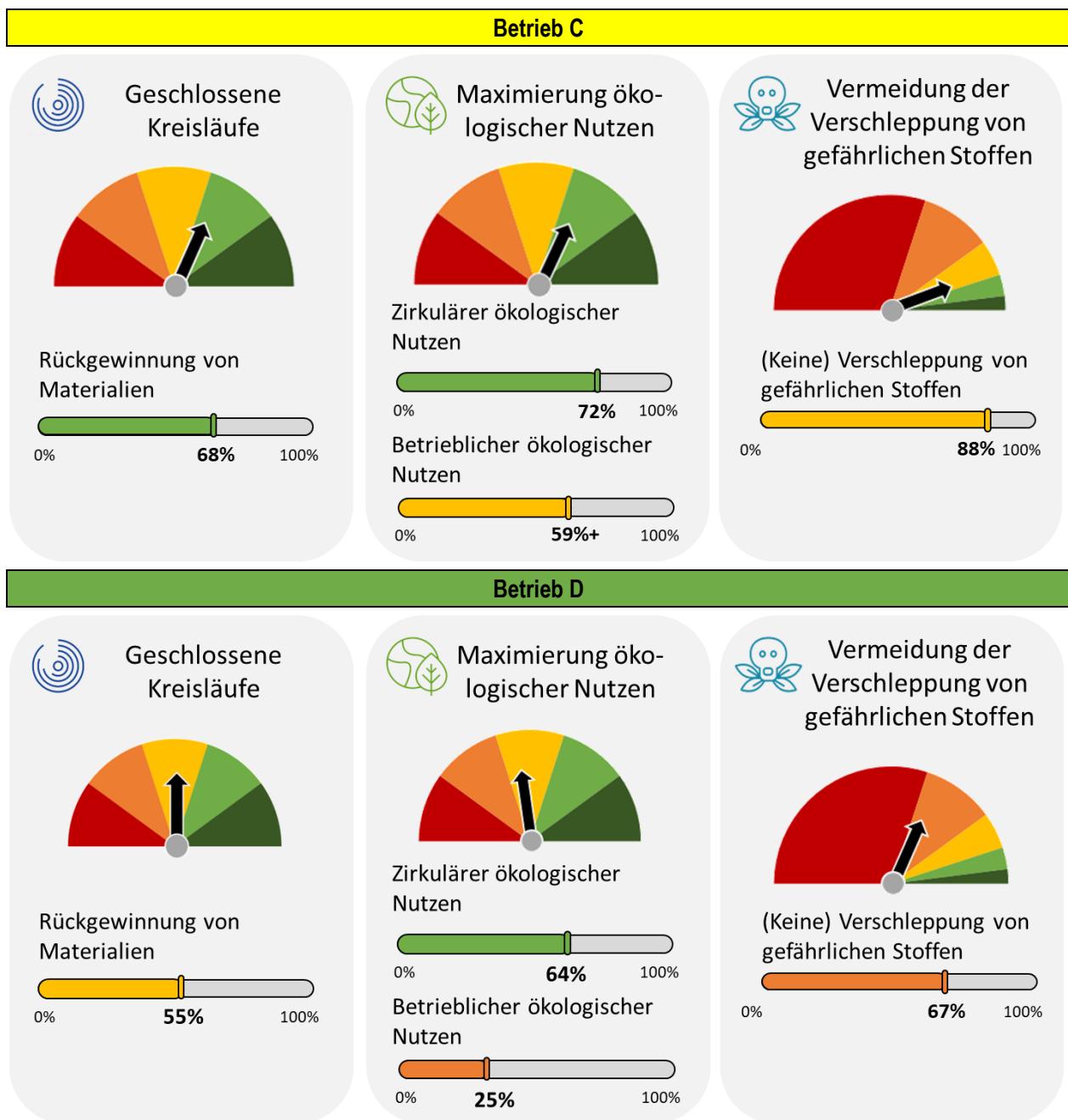


Abbildung 6: Darstellung der Ergebnisse zur Leistung von Betrieb C und Betrieb D im Hinblick auf ihren Beitrag zur Kreislauffähigkeit von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG).

4 Anpassungsbedarf der Vollzugshilfe und Ausblick

4.1 Anpassungsbedarf der Vollzugshilfe

Die Vollzugshilfe zum Stand der Technik der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG) dient dazu, die Anforderungen und Verfahren für die umweltgerechte Entsorgung solcher Geräte zu präzisieren. Sie umfasst den gesamten Entsorgungsprozess – von der Sammlung der Altgeräte über deren Behandlung durch Entsorgungsunternehmen bis hin zur Verwertung oder endgültigen Entsorgung. Sie hat zum Ziel, die umweltgerechte Verwertung von EAG zu unterstützen und die effiziente Aufbereitung von Sekundärrohstoffen zu fördern, damit diese erneut in den Stoffkreislauf integriert werden können. Gemäss Kapitel 9.1 der Vollzugshilfe sollen geeignete Indikatoren festgelegt werden, die den Stand der Technik in Bezug auf kreislauforientierte Leistungsziele abbilden. Diese Entwicklungen sollen fortlaufend in die Vollzugshilfe integriert werden.

Tabelle 16 erläutert, an welchen Stellen allgemeine Anpassungen erforderlich sind, um die Bewertungsmethodik in die Vollzugshilfe zu integrieren. Gewisse Anforderungen und Vorgaben, insbesondere zur Schadstoffentfrachtung, müssen eingehalten werden und deren Konformitätsbeurteilung ist nicht, respektive nicht ausschliesslich, durch Indikatoren zu ersetzen. Insbesondere das Kapitel 9 der Vollzugshilfe müsste für eine Integration der Beurteilungsmethodik überarbeitet werden. Tabelle 17 zeigt einen Vorschlag einer neuen Gliederung des Kapitels.

Tabelle 16: Allgemeine Anpassungen der Vollzugshilfe für die Integration der Beurteilungsmethodik.

Vollzugshilfe	Anpassungsbedarf
Kapitel 4.1	Integration der 3 Behandlungsziele
Kapitel 5	Falls Indikatoren zur Sammlung aufgenommen werden, könnte ein Verweis zu Leistungsindikatoren ins Kapitel 5 hinzugefügt werden
Kapitel 9	Überarbeitung nötig <ul style="list-style-type: none">• Anpassung der aufgelisteten Indikatoren.• Momentan sind massenbasierte Indikatoren aufgeführt, es könnten zukünftig auch andere Messgrößen genutzt werden, bspw. UBP. Entsprechende Anpassungen sind nötig.• Unterscheidung zwischen Indikatoren mit festgelegten minimalen Leistungszielen versus Indikatoren ohne festgelegte Mindestanforderungen, die jedoch wichtig sind, um ein Gesamtbild der kreislauforientierten Leistung eines Betriebs abzubilden (bspw. Vorbereitung zur Wiederverwendung).
9.3 Recycling und Verwertungsquoten	<ul style="list-style-type: none">• Komplette Überarbeitung des Kapitels
Anhang	<ul style="list-style-type: none">• Detaillierte Ausarbeitung der Bestimmung der ausgewählten Indikatoren (ähnlich Anhang 7)• Je nach Datenbedarf ist eine Ergänzung von Anhang 8 (Materialbuchhaltung) nötig• Ergänzung des Anhangs mit zusätzlich benötigten Standardwerten

Tabelle 17: Die aktuelle Gliederung und ein Vorschlag einer neuen Gliederung des Kapitel 9 der Vollzugshilfe.

Aktuelle Gliederung	Vorschlag einer neuen Gliederung
9.1 Grundsätze	9.1 Grundsätze
9.2 Behandlungsströme	9.2 Behandlungsströme
9.3 Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ)	9.3 Behandlungsziel: Geschlossene Kreisläufe
9.4 Verluste	9.4 Behandlungsziel: Maximierung des ökologischen Nutzens
9.5 Rückgewinnungsquoten für Kälte- und Treibmittel	9.5 Behandlungsziel: Vermeidung der Verschleppung von gefährlichen Stoffen
9.6 Ausbeuten bestimmter Metalle	
9.7 Quantitative Nachweise der Schadstoffabtrennung	

Ein Vorschlag für inhaltliche Anpassungen ist in Tabelle 18 dargestellt. Die Unterkapitel 9.3 bis 9.5 sollen einen allgemeinen Text sowie eine Übersicht der relevanten Beurteilungsgrößen und Indikatoren enthalten. Dabei ist zwischen zwei Arten von Indikatoren zu unterscheiden: solche mit festgelegten minimalen Leistungszielen und solche ohne definierte Mindestanforderungen, die dennoch entscheidend sind, um ein umfassendes Bild der kreislauforientierten Leistung eines Betriebs zu vermitteln (z. B. Vorbereitung zur Wiederverwendung). Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren und ihrer Ermittlung sollte im Anhang erfolgen, analog zum Beispiel der RVQ im Anhang 7 der Vollzugshilfe.

Tabelle 18: Vorschlag zu inhaltlichen Anpassungen des Kapitel 9 der Vollzugshilfe.

Vorschlag neue Gliederung	Vorschlag Inhaltliche Anpassungen
9.1 Grundsätze	<ul style="list-style-type: none"> • Statt der Indikatoren sollen die drei Behandlungsziele aufgeführt werden, gegebenenfalls mit den passenden Beurteilungsgrößen und Indikatoren. • Derzeit wird von massenbasierten Indikatoren ausgegangen, künftig könnten jedoch auch andere Messgrößen wie UBP verwendet werden. Dafür sind entsprechende Anpassungen erforderlich.
9.2 Behandlungsströme	<ul style="list-style-type: none"> • Es sind keine spezifischen Anpassungen erforderlich.
9.3 Behandlungsziel: Geschlossene Kreisläufe	<ul style="list-style-type: none"> • Ein einleitender Text soll das Behandlungsziel erläutern und eine allgemeine Übersicht der dazugehörigen Beurteilungsgrößen und Indikatoren bieten. • Es sollte klargestellt werden, dass einige Leistungsindikatoren mit definierten Zielen verknüpft sind, während andere als ergänzende Informationen dienen. Diese helfen, sowohl die Fortschritte eines Betriebs bei der Schließung von Kreisläufen als auch bestehende Lücken, Herausforderungen oder positive Rahmenbedingungen im System aufzuzeigen. • Die RVQ, also der "massenbasierte Rückgewinnungsbeitrag", soll als Indikator des Behandlungsziels Geschlossene Kreisläufe integriert werden. • Das bisherige Kapitel 9.4 der Vollzugshilfe (Verluste) soll hier berücksichtigt werden, bspw. in Zusammenhang mit dem massenbasierten Verlustindikator (K3.6).

-
- Rückgewinnungsquoten für Kälte- und Treibmittel (bisheriges Kapitel 9.5 der Vollzugshilfe) sollten als Anforderung oder als Indikator für das Behandlungsziel Vermeidung der Verschleppung von Schadstoffen im neuen Unterkapitel 9.5 integriert werden.
 - Das bisherige Kapitel 9.6, das die Ausbeute bestimmter Metalle behandelt, soll ebenfalls berücksichtigt werden.
 - Die Methode zur Datenerhebung und Berechnung der Indikatoren soll im Anhang detailliert beschrieben werden, ähnlich wie im Anhang 7.1 der bisherigen Vollzugshilfe
-

9.4 Behandlungsziel: Maximierung des ökologischen Nutzens	<ul style="list-style-type: none">• Es sollte eine vergleichbare Herangehensweise wie beim Behandlungsziel Geschlossene Kreisläufe verfolgt werden.• Ergänzend dazu sollte erklärt werden, warum eine massenbasierte Betrachtung nicht mit einer ökologisch gewichteten Bewertung gleichzusetzen ist.
9.5 Behandlungsziel: Vermeidung der Verschleppung von Schadstoffen	<ul style="list-style-type: none">• Ein übergeordneter Text sollte, analog zu den anderen beiden Behandlungszielen, eingefügt werden.• Zusätzlich könnten die Inhalte aus den bisherigen Kapiteln 9.5 (Rückgewinnungsquote für Kälte- und Treibmittel) und 9.7 (quantitative Nachweise der Schadstoffabtrennung) hier integriert werden.

4.2 Ausblick

Die eingegangenen Rückmeldungen verdeutlichen bestehende Unsicherheiten, insbesondere hinsichtlich der praktischen Umsetzung sowie des Aufwands für die Datenerhebung. Um diese Herausforderungen zu adressieren, könnte eine Auswahl an Indikatoren in ausgewählten Betrieben getestet werden. Dabei müssten vorgängig mehrere Aspekte berücksichtigt und festgelegt werden. Dazu gehören die Auswahl und gegebenenfalls eine vorherige Anpassung der Indikatoren und Berechnungsmethoden, die Festlegung der erforderlichen Datengrundlage sowie die Bestimmung der vorhandenen und neu zu erhebenden Daten. Zusätzlich wäre die Identifikation geeigneter Testbetriebe erforderlich. Basierend auf den Ergebnissen der Testdurchläufe könnten die Indikatoren angepasst und die Datenerhebung optimiert werden.

Ziel wäre es anhand der Testdurchläufe aufzuzeigen, wie das heutige Beurteilungssystem mit der e-conseg Methodik zusammengeführt werden kann. Nach erfolgreicher Validierung in der Praxis könnten neue Indikatoren in die Vollzugshilfe VREG integriert werden.

5 Anhang

5.1 Ökologische Gewichtung einzelner Zielstoffe

Ordnungs- szahl	Name (Deutsch)	Kürzel	CAS Nummer	UVEK-Datenbank, Cut-off, ecological scarcity factor 2021	UBP / Kg	Ökologische Gewichtung
Metalle						Anzahl 10er Potenzen
13	Aluminium	Al	7429-90-5	Aluminium, primary, at plant/kg/RER U	17421	4
26	Eisen	Fe	7439-89-6	Steel, converter, unalloyed, at plant/kg/RER U	4651	3
29	Kupfer	Cu	7440-50-8	Copper, primary, at refinery/GLO U	81641	4
24	Chrom	Cr	7440-47-3	Chromium, at regional storage/RER U	53349	4
79	Gold	Au	7440-57-5	Gold, primary, at refinery/GLO U	273576560	8
46	Palladium	Pd	7440-05-3	50% Palladium, primary, at refinery/ Mittelwert RU ZA U	229532880	8
28	Nickel	Ni	7440-02-0	Nickel, 99.5%, at plant/GLO U	43459	4
30	Zink	Zn	7440-66-6	Zinc concentrate, at beneficiation/GLO U	12951	4
82	Blei	Pb	7439-92-1	Lead, primary, at plant/GLO U	13268	4
12	Magnesium	Mg	7439-95-4	Magnesium, at plant/RER U	83047	4
50	Zinn	Sn	7440-31-5	Tin, at regional storage/RER U	78373	4
47	Silber	Ag	7440-22-4	Silver, at regional storage/RER U	1546099	6
60	Neodym	Nd	7440-00-8	Neodymium oxide, at plant/CN U	64227	4
73	Tantal	Ta	7440-25-7	Tantalum, powder, capacitor-grade, at regional storage/GLO U	560891	5
45	Rhodium	Rh	7440-16-6	Rhodium, primary, at refinery/ U Mittelwert RU ZA U	241161449	7
78	Platin	Pt	7440-06-4	Platinum, primary, at refinery/ Mittelwert Ru ZA U	265666675	8
27	Cobalt	Co	7440-48-4	Cobalt, at plant/GLO U	20514	4
49	Indium	In	7440-74-6	Indium, at regional storage/RER U	898946	5
31	Gallium	Ga	7440-55-3	Gallium, semiconductor-grade, at plant/GLO U	326142	5

48	Cadmium	Cd	7440-43-9	Cadmium, primary, at plant/GLO U	541394	5
Total	25					100
Kunststoffe						
	High Impact Polystyrene	Hips	9003-55-8	Polystyrene, high impact, HIPS, at plant/RER U	4874	3
	Acrylonitrile Butadiene Styrene	ABS	9003-56-9	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER U	6169	3
	Polycarbonate	PC	25037-45-0	Polycarbonate, at plant/RER U	12173	4
	Polypropylene	PP	9003-07-0	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	2989	3
	Polyethylene	PE	9002-88-4	Herleitung: Durchschnitt von LDPE & HDPE	3074	3
Total	8					20
22	Titan	Ti	7440-32-6	Titanium {GLO} market for titanium Cut-off, S	8459	3
40	Zirconium	Zr	7440-67-7	Zirconium oxide, at plant/AU U	7159	3

5.2 Liste der möglichen Zielstoffe, der von Betrieb C und D definierten Zielstoffe und ihrer ökologischen Gewichtung (siehe Anhang 5.1 für weitere Informationen zur ökologischen Gewichtung)

Standardliste möglicher Zielstoffe				Betrieb C		Betrieb D	
Ordnungszahl	Name (Deutsch)	Kürzel	Ökolog. Gewichtung	Zielstoff? (X = Ja)	Ökolog. Gewichtung	Zielstoff? (X = Ja)	Ökolog. Gewichtung
Metalle							
13	Aluminium	Al	4	X	4	X	4
26	Eisen	Fe	3	X	3	X	3
29	Kupfer	Cu	4	X	4	X	4
24	Chrom	Cr	4	X	4	X	4
79	Gold	Au	8	X	8	X	8
46	Palladium	Pd	8	X	8	X	8
28	Nickel	Ni	4	X	4	X	4
30	Zink	Zn	4	X	4	X	4
82	Blei	Pb	4	X	4	X	4
12	Magnesium	Mg	4	X	4	-	
50	Zinn	Sn	4	X	4	X	4
47	Silber	Ag	6	X	6	X	6
60	Neodym	Nd	4	X	4	-	
73	Tantal	Ta	5	X	5	-	
45	Rhodium	Rh	7	X	7	-	
78	Platin	Pt	8	X	8	X	8
51	Antimon	Sb	4	X	4	-	
49	Indium	In	5	-	-	-	
31	Gallium	Ga	5	X	5	-	
48	Cadmium	Cd	5	X	5	-	
Total	20		100	19	95	12	61
Kunststoffe							
	High Impact Polystyrene	Hips	3	X	3		
	Acrylonitrile Butadiene Styrene	ABS	3	X	3	X	3
	Polycarbonate	PC	4	X	4	X	4
	Polypropylene	PP	3	X	3	X	3
	Polyethylene	PE	3	X	3	X	3
Total	5		20	5	20	4	13
Zusätzliche Stoffe							
	+ Titan	Ti		x	3	-	
	+ Zirconium	Zr		x	3	-	
				2	6	0	0
Total	25		120	26	121	16	74

5.3 Standardwerte der Rückgewinnungsrate einzelner Stoffe in Abhängigkeit der nachfolgenden Behandlung (%-Angaben)

Behandlung	Silber	Aluminium	Arsen	Gold	Bor	Barium	Beryllium	Bismut	Brom	Calcium	Cadmium	Cer	Chlor	Cobalt	Chrom	Cäsium	Kupfer	Dysprosium	Erbium	Europium	Eisen	Gallium	Gadolinium	Germanium	Hafnium	Quicksilber	Holmium	Indium	Iridium	Kalium	Lanthan	Lithium	Lutetium	Magnesium	Mangan	Molybdän	
	47	13	33	79	5	56	4	83	35	20	48	58	17	27	24	55	29	66	68	63	26	31	64	32	72	80	67	49	77	19	57	3	71	12	25	42	
n_Beh	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	Ir	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	
Energetische Verwertung																																					
Beseitigung (therm. & andere)																																					
Aluminiumschmelze	60	95																																			
Alu-hütte / AL Remelt Refine			95																																		
Iron with Ni and Cr alloy smelters/Mn ferro alloy smelter	60																																				
Iron-Titanium ferroalloy smelter	60																																				60
Stahlwerk "traditionell" (iron)																																					
Kupferhütte "speziell" / High efficient integrated smelter	90	60	90																																		90
Kupferhütte "traditionell"																																					
Kabelverarbeitung																																					
Sondermüll- / Hochtemperaturverbrennung																																					##
Polymeraufbereitung																																					
Ni / Cr Stainless Steel																																					
Zn and Pb smelter and refinery	90	60	90																																		
Sn smelter and refinery	90	60																																			85
Weiterverarbeitung (unbekannt)	70	70	70																																		70

Behandlung	Natrium	Niob	Neodym	Nickel	Osmium	Phosphor	Blei	Palladium	Praseodym	Platin	Radium	Rubidium	Rhenium	Rhodium	Ruthenium	Schwefel	Antimon	Scandium	Selen	Silizium	Samarium	Zinn	Stronzion	Tantal	Terbium	Tellur	Titan	Thallium	Vanadium	Wolfram	Yttrium	Ytterbium	Zink	Zirconium			
	11	41	60	28	76	15	82	46	Pr	Pt	Ra	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Ti	Tm	V	W	Y	Yb	Zn	Zr				
n_Beh	Na	Nb	Nd	Ni	Os	P	Pb	Pd	Pr	Pt	Ra	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Ti	Tm	V	W	Y	Yb	Zn	Zr				
Energetische Verwertung																																					
Beseitigung (therm. & andere)																																					
Aluminiumschmelze	40		60			40																														60	
Alu-hütte / AL Remelt Refine																																					
Iron with Ni and Cr alloy smelters/Mn ferro alloy smelter	60	90				40																															
Iron-Titanium ferroalloy smelter	60																																				60
Stahlwerk "traditionell" (iron)																																					
Kupferhütte "speziell" / High efficient integrated smelter		95				85	90																												85		
Kupferhütte "traditionell"																																					
Kabelverarbeitung																																					
Sondermüll- / Hochtemperaturverbrennung																																					
Polymeraufbereitung																																					
Ni / Cr Stainless Steel																																					
Zn and Pb smelter and refinery																																					95
Sn smelter and refinery																																					85
Weiterverarbeitung (unbekannt)																																					70

Behandlung	HIPS	ABS	PC	HDPE	LDPE	PP	PVC	PE	PC/PC-ABS	ABS-FR	HIPS-FR	Andere Kunststoffe
n_Beh	Hips	ABS	PC	HDPE	LDPE	PP	PVC	PE	PC/PC-ABS	ABS-FR	HIPS-FR	Andere
Energetische Verwertung										100	100	
Beseitigung (therm. & andere)										100	100	
Aluminiumschmelze												
Alu-hütte / AL Remelt Refine												
Iron with Ni and Cr alloy smelters/Mn ferro alloy smelter												
Iron-Titanium ferroalloy smelter												
Stahlwerk "traditionell" (iron)												
Kupferhütte "speziell" / High efficient integrated smelter												
Kupferhütte "traditionell"												
Kabelverarbeitung												
Sondermüll- / Hochtemperaturverbrennung										100	100	
Polymeraufbereitung	20	80	56			77	0	72	56			20
Ni / Cr Stainless Steel												
Zn and Pb smelter and refinery												
Sn smelter and refinery												
Weiterverarbeitung (unbekannt)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

5.5 Berechnungen Massenbasierter Rückgewinnungsbeitrag

1. Schritt: Berechnung der Zusammensetzung der Outputfraktionen (ausschliesslich der massenreichen Zielstoffe) (Angaben in kg):

Zusammensetzung hinsichtlich der massenreichen Zielstoffe

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Massen [kg]	Massenanteil	Aluminium	Eisen	Kupfer	Chrom	Nickel	Andere Metalle	HIPS	ABS	Andere Kunststoffe	Silizium	Unbekannt	
Betrieb C															
001	Eisenmetallschrott	4,904,908	23.4%	0	4757761	0	0	0	147147	0	0	0	0	0	
002	Kunststoff und Gummi	3,872,296	18.4%	0	0	0	0	0	193615	0	0	3485067	0	193615	
003	Aluminiumfraktion	1,510,196	7.2%	1208156	0	0	75510	75510	75510	0	0	0	0	75510	
004	Leichteisen grob	1,485,456	7.1%	74273	1188365	0	59418	59418	59418	0	0	0	0	44564	
005	Kunststoff gemischt	1,448,884	6.9%	8693	1449	2898	1449	0	57955	362221	362221	434665	43467	28978	
006	Kabel	945,486	4.5%	0	0	236371	0	0	94549	0	0	94549	0	141823	
007	Edelmetallhaltige Kunstst.	862,339	4.1%	27997	3594	53540	862	862	112966	0	0	541807	77610	43117	
008	Eisen und NE-Gemisch	853,626	4.1%	1707	196334	2561	854	2561	49510	0	0	512176	2561	85363	
009	Kunststoffe gemischt	797,048	3.8%	3985	797	11956	0	0	30288	199262	199262	239114	11956	20723	
010	Staub Schadstoffhaltig	666,895	3.2%	16672	20007	13338	0	667	57353	0	0	466827	26676	65356	
011	Abfall	634,626	3.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	634626	
012	Abfall Schadstoffhaltig	585,147	2.8%	28087	36279	32183	585	1755	100060	0	0	292573	44471	49152	
013	Leiterplattenfraktion	541,046	2.6%	0	0	108209	0	0	108209	0	0	108209	0	216418	
014	NE-Fraktion	492,642	2.3%	39411	29559	246321	8375	3448	131043	0	0	0	0	34485	
015	Gummi mit Metall	487,264	2.3%	0	9745	92580	0	0	14618	0	0	326467	0	43854	
016	Trafos	317,313	1.5%	31731	206254	47597	0	0	15866	0	0	0	0	15866	
017	Leiterplatten geshreddert	297,952	1.4%	0	0	59590	0	0	59590	0	0	148976	0	29795	
018	Leichteisen fein	296,876	1.4%	14844	237501	0	0	0	14844	0	0	0	0	29688	
Total		0	21,000,000	0	1455557.62	6687644.26	907144.484	147052.921	144222.058	1322541.35	561482.946	561482.946	6650430.01	206740.602	1752931.47
Betrieb D															
1	Eisenmetallschrott	3,678,298	36.8%	0	3310468	0	0	0	110349	0	0	0	0	0	
2	Kunststoffe/Metalle gemi	2,856,408	28.6%	171384	285641	142820	0	0	285641	571282	571282	428461	57128	57128	
3	Edelmetallhaltige NE-Fra	1,598,329	16.0%	127866	95900	479499	27172	11188	425156	0	0	0	0	111883	
4	Aluminiumfraktion	583,920	5.8%	338674	0	11678	29196	29196	29196	0	0	116784	0	29196	
5	Abfall	1,283,045	12.8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1283045	
Total		10,000,000		637924	3692009	633998	56368	40384	850341	571282	571282	545245	57128	1481252	

2. Schritt: Verrechnung mit den Rückgewinnungsraten (Anhang 5.3) der nachfolgenden Behandlungen (Angaben in kg):

Masse der massenreichen Zielstoffe, die zurückgewonnen wird

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Masse [kg]	Massenanteil	Massenreiche Zielstoffe [kg]										Summe [kg]	
				Aluminium	Eisen	Kupfer	Chrom	Nickel	Andere Metalle	HIPS	ABS	Andere Kunststoffe	Silizium		
C															
001	Eisenmetallschrott	4,904,908	23.4%	0	4519873	0	0	0	0	0	0	0	0	4519873	
002	Kunststoff und Gummi	3,872,296	18.4%	0	0	0	0	0	0	0	0	1742533	0	1742533	
003	Aluminiumfraktion	1,510,196	7.2%	1147749	0	0	45306	45306	0	0	0	0	0	1238360	
004	Leichteisen grob	1,485,456	7.1%	51991	831855	0	0	41593	0	0	0	0	0	925439	
005	Kunststoff gemischt	1,448,884	6.9%	0	0	0	0	0	0	181111	289777	217333	0	688220	
006	Kabel	945,486	4.5%	0	0	224553	0	0	0	0	0	0	0	224553	
007	Edelmetallhaltige Kunstst.	862,339	4.1%	0	0	50863	0	0	0	0	0	0	0	50863	
008	Eisen und NE-Gemisch	853,626	4.1%	1195	137434	1793	0	1793	0	0	0	204870	0	347084	
009	Kunststoffe gemischt	797,048	3.8%	0	0	0	0	0	0	99631	159410	119557	0	378598	
010	Staub Schadstoffhaltig	666,895	3.2%	0	0	12671	0	0	0	0	0	0	0	12671	
011	Abfall	634,626	3.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
012	Abfall Schadstoffhaltig	585,147	2.8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
013	Leiterplattenfraktion	541,046	2.6%	0	0	102799	0	0	0	0	0	0	0	102799	
014	NE-Fraktion	492,642	2.3%	0	0	209373	0	2931	0	0	0	0	0	212304	
015	Gummi mit Metall	487,264	2.3%	0	6822	64806	0	0	0	0	0	130587	0	202215	
016	Trafos	317,313	1.5%	22212	144377	33318	0	0	0	0	0	0	0	199907	
017	Leiterplatten geshredder	297,952	1.4%	0	0	56611	0	0	0	0	0	0	0	56611	
018	Leichteisen fein	296,876	1.4%	8906	225626	0	0	0	0	0	0	0	0	234532	
Total		0	21,000,000	0	1232053	5865987	756786	45306	91622	0	280741	449186	2414880	0	11136562
Im Verhältnis zum Input (21'000'000kg)													53%		
D														Summe [kg]	
1	Eisenmetallschrott	3,678,298	36.8%	0	3144945	0	0	0	0	0	0	0	0	3144945	
2	Kunststoffe/Metalle gemi	2,856,408	28.6%	119969	199949	99974	0	0	0	228513	228513	171384	0	1048302	
3	Edelmetallhaltige NE-Fra	1,598,329	16.0%	89506	67130	335649	0	7832	0	0	0	0	0	500117	
4	Aluminiumfraktion	583,920	5.8%	237072	0	8175	0	20437	0	0	46714	0	0	312397	
5	Abfall	1,283,045	12.8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total		10,000,000		446547	3412023	443798	0	28269	0	228513	228513	218098	0	0	5005761
Im Verhältnis zum Input (10'000'000kg)													50%		

3. Schritt: Aufsummieren der Massen, die zurückgewonnen werden und ins Verhältnis setzen zur gesamten Inputmasse.

5.6 Zurückgewonnene Masse verrechnet mit UBP

Angaben in UBP (sofern nicht anders vermerkt)

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Masse [kg]	Massenanteil	Zurückgewonnene Masse verrechnet mit UBP										UBP Summe	
				Aluminium	Eisen	Kupfer	Chrom	Nickel	Andere Metalle	HIPS	ABS	Andere Kunststoffe			
		[UBP]	17421	4651	81641	53349	43459	4874	6169	7818					
001	Eisenmetallschrott	4,904,908	23.4%	Stahlwerk "traditionell" (iron)	0.00E+00	2.10E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.10E+10		
002	Kunststoff und Gummi	3,872,296	18.4%	Polymeraufbereitung	0.00E+00	1.36E+10									
003	Aluminiumfraktion	1,510,196	7.2%	Aluminiumschmelze	2.00E+10	0.00E+00	0.00E+00	2.42E+09	1.97E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.44E+10		
004	Leichteisen grob	1,485,456	7.1%	Iron with Ni and Cr alloy smelters/Mn	9.06E+08	3.87E+09	0.00E+00	0.00E+00	1.81E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.58E+09		
005	Kunststoff gemischt	1,448,884	6.9%	Polymeraufbereitung	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.83E+08	1.79E+09	1.70E+09		
006	Kabel	945,486	4.5%	Kabelverarbeitung	0.00E+00	0.00E+00	1.83E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.83E+10		
007	Edelmetallhaltige Kunstst	862,339	4.1%	Kupferhütte "speziell" / High efficient	0.00E+00	0.00E+00	4.15E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.15E+09		
008	Eisen und NE-Gemisch	853,626	4.1%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	2.08E+07	6.39E+08	1.46E+08	0.00E+00	7.79E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+09		
009	Kunststoffe gemischt	797,048	3.8%	Polymeraufbereitung	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.86E+08	9.83E+08	9.35E+08		
010	Staub Schadstoffhaltig	666,895	3.2%	Kupferhütte "speziell" / High efficient	0.00E+00	0.00E+00	1.03E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.03E+09		
011	Abfall	634,626	3.0%	energetische Verwertung	0.00E+00	0.00E+00									
012	Abfall Schadstoffhaltig	585,147	2.8%	energetische Verwertung	0.00E+00	0.00E+00									
013	Leiterplattenfraktion	541,046	2.6%	Kupferhütte "speziell" / High efficient	0.00E+00	0.00E+00	8.39E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.39E+09		
014	NE-Fraktion	492,642	2.3%	Zn and Pb smelter and refinery	0.00E+00	0.00E+00	1.71E+10	0.00E+00	1.27E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E+10		
015	Gummi mit Metall	487,264	2.3%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	0.00E+00	3.17E+07	5.29E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+09		
016	Trafos	317,313	1.5%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	3.87E+08	6.72E+08	2.72E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.78E+09		
017	Leiterplatten geshredder	297,952	1.4%	Kupferhütte "speziell" / High efficient	0.00E+00	0.00E+00	4.62E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E+09		
018	Leichteisen fein	296,876	1.4%	Iron-Titanium ferroalloy smelter	1.55E+08	1.05E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+09		
Total		0	21,000,000	0	Total	2.15E+10	2.73E+10	6.18E+10	2.42E+09	3.98E+09	0.00E+00	1.37E+09	2.77E+09	1.89E+10	1.40E+11
Betrieb D															UBP Summe
1	Eisenmetallschrott	3,678,298	36.8%	Stahlwerk "traditionell" (iron)	0.00E+00	1.46E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+10	
2	Kunststoffe/Metalle gemi	2,856,408	28.6%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	2.09E+09	9.30E+08	8.16E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+09	1.41E+09	1.34E+09	1.50E+10	
3	Edelmetallhaltige NE-Fra	1,598,329	16.0%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	1.56E+09	3.12E+08	2.74E+10	0.00E+00	3.40E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+10	
4	Aluminiumfraktion	583,920	5.8%	Weiterverarbeitung (unbekannt)	4.13E+09	0.00E+00	6.67E+08	0.00E+00	8.88E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.65E+08	6.05E+09	
5	Abfall	1,283,045	12.8%	energetische Verwertung	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00								
Total		10,000,000			7.78E+09	1.59E+10	3.62E+10	0.00E+00	1.23E+09	0.00E+00	1.11E+09	1.41E+09	1.71E+09	6.53E+10	

5.7 Umweltbelastung Verluste

5.7.1 Betrieb C

Verluste von Zielstoffen in kg (werden anhand der analysierten Zusammensetzung und der output-spezifischen Rückgewinnungsraten berechnet):
Angaben in kg

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	Verluste [kg]																										
		Aluminium	Eisen	Kupfer	Chrom	Nickel	Gold	Palladium	Zink	Blei	Magnesium	Antimon	Zinn	Silber	Neodym	Tantal	Rhodium	Platin	Gallium	Cadmium	+Titan	+Zirconium	Hips	ABS	PC	PP	PE	
Betrieb C																												
005	Kunststoff gemischt	8693	1449	2898	1449	0	37	0	674	239	14486	582	211	25	43	0	0	43	14	10099	10099	72444	72444	44626	46654	4057		
007	Edelmetallhaltige Kuns	27997	3594	2677	862	862	3	0	1735	860	9199	522	1093	23	1	21	5	0	9	1	30458	30458	135452	135452	37927	75853	5418	
008	Eisen und NE-Gemisch	512	58900	768	854	768	17	0	2531	407	2271	0	367	8	4096	1853	0	0	9	9	9	230	230	40225	40225	11263	22526	1609
010	Staub Schadstoffhaltig	16672	20007	667	0	667	2	0	549	271	5363	164	211	9	9	99	0	0	7	3	5729	5729	116707	116707	32678	65356	4668	
012	Abfall Schadstoffhaltig	28087	36279	32183	585	1755	6	0	8616	3644	18264	480	1540	136	397	0	0	29	70	14880	14880	51200	51200	14336	28672	2048		
014	NE-Faktion	39411	29559	36948	8375	517	18	337	5585	250	258	63	871	85	28	304	31	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
Total		121373	149788	76141.2	12124.9	4570.21	82.5482	337.477	19689.6	5671.85	49840.1	1812.45	4292.9	286.234	4573.85	2277.31	35.7615	0	98.523	99.7542	61395.9	61395.9	416028	416028	140829	239061	17800	
Total [kg]: 1805634																												
37%																												

Verrechnet mit den UBP der Zielstoffe:

Angaben in UBP

Outputfraktionsnummer	Outputfraktionsbezeichnung	UBP Verluste																									
		UBP Punkte	17421	4651	81641	53349	43459	#####	#####	12951	13268	83047	62382	78373	1546099	64227	560891	90730557	#####	326142	541394	8459	7159	4874	6169	12173	2989
Nachfolge-Behandlung																											
005	Kunststoffaufbereitung	1.51E+08	6.74E+06	2.37E+08	7.73E+07	0.00E+00	1.01E+10	0.00E+00	8.73E+06	3.17E+06	1.20E+09	3.63E+07	1.65E+07	3.84E+07	2.79E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.42E+07	7.84E+06	8.54E+07	7.23E+07	3.53E+08	4.47E+08	5.43E+08	1.39E+08	1.25E+07
007	Edelmetall " / High efficient in	4.88E+08	1.67E+07	2.19E+08	4.60E+07	3.75E+07	7.08E+08	0.00E+00	2.25E+07	1.14E+07	7.64E+08	3.26E+07	8.56E+07	3.55E+07	5.54E+04	1.19E+07	4.66E+08	0.00E+00	2.81E+06	7.00E+05	2.58E+08	2.18E+08	6.60E+08	8.36E+08	4.62E+08	2.27E+08	1.67E+07
008	Eisenverarbeitung (unbek)	8.92E+06	2.74E+08	6.27E+07	4.55E+07	3.34E+07	4.75E+09	0.00E+00	3.28E+07	5.40E+07	1.89E+08	0.00E+00	2.88E+07	1.18E+07	2.63E+08	1.04E+09	0.00E+00	0.00E+00	2.78E+06	4.62E+06	1.95E+06	1.65E+06	1.96E+08	2.48E+08	1.37E+08	6.73E+07	4.95E+06
010	Staub " / High efficient in	2.90E+08	9.31E+07	5.44E+07	0.00E+00	2.90E+07	5.47E+08	0.00E+00	7.11E+06	3.59E+06	4.45E+08	1.02E+07	1.66E+07	1.40E+07	5.65E+05	5.53E+07	9.66E+06	0.00E+00	2.18E+06	1.62E+06	4.85E+07	4.10E+07	5.69E+08	7.20E+08	3.98E+08	1.95E+08	1.43E+07
012	Abfallthergetische Verwertung	4.89E+08	1.69E+08	2.63E+09	3.12E+07	7.63E+07	1.60E+09	0.00E+00	1.12E+08	4.84E+07	1.52E+09	3.00E+07	1.21E+08	2.11E+08	2.55E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.54E+06	3.80E+07	1.26E+08	1.07E+08	2.50E+08	3.16E+08	1.75E+08	8.57E+07	6.29E+06
014	NE-Fraund Pb smelter and refi	6.87E+08	1.37E+08	3.02E+09	4.47E+08	2.25E+07	4.87E+09	6.19E+10	7.23E+07	3.32E+06	2.14E+07	3.95E+06	6.83E+07	1.32E+08	1.79E+06	1.71E+08	2.77E+09	0.00E+00	6.43E+05	1.20E+06	0.00E+00						
Total		2.11E+09	6.97E+08	6.22E+09	6.47E+08	1.99E+08	2.26E+10	6.19E+10	2.55E+08	7.53E+07	4.14E+09	1.13E+08	3.36E+08	4.43E+08	2.94E+08	1.28E+09	3.24E+09	0.00E+00	3.21E+07	5.40E+07	5.19E+08	4.40E+08	2.03E+09	2.57E+09	1.71E+09	7.14E+08	5.47E+07
Total																											
pro kg Fraktion beprobt																											
2.29E+04																											

5.7.2 Betrieb D

Verluste von Zielstoffen in kg (werden anhand der analysierten Zusammensetzung und der output-spezifischen Rückgewinnungsraten berechnet):

Angaben in kg

Verrechnet mit den UBP_s der Zielstoffe:

Angaben in UBP