



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Lehrstuhl für Informations- und Automatisierungssysteme
für die Prozess- und Werkstofftechnik
Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik
RWTH Aachen University

Datenerfassung zur Optimierung realer Recyclingrouten

RECYCLING-TECHNIK Dortmund

Wei Guo

Recyclingfähigkeit

Theoretische Recyclingfähigkeit

- Werkstoff bezogen
- Originalzustand der Produkte ohne Verschmutzungen
- Ohne Tests
- Unabhängig von der Region

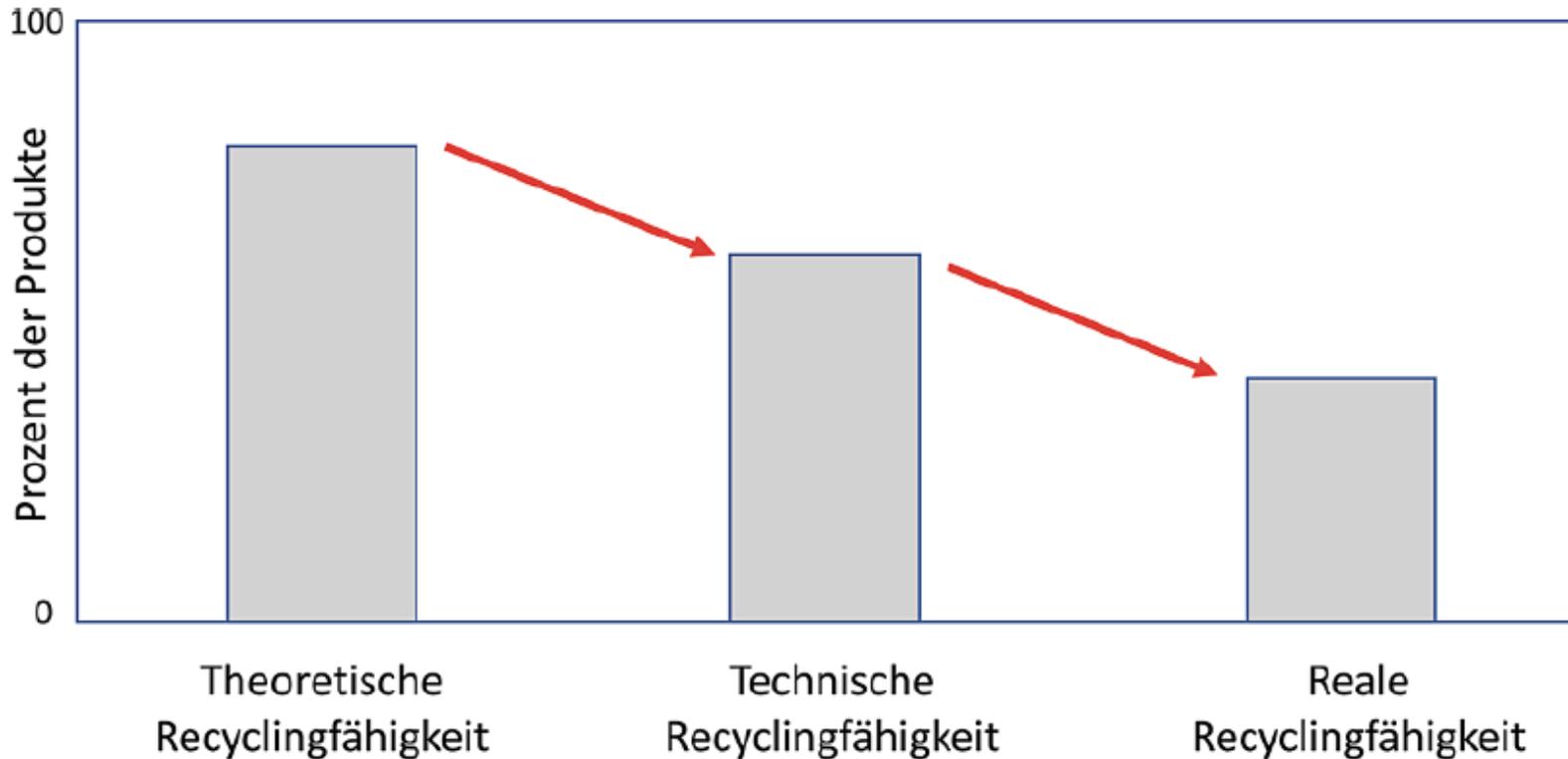
Technische Recyclingfähigkeit

- **zusätzlich**
- Prüfung der Erkennbarkeit
- Prüfung der Sortierbarkeit
- Ausschleusbar
- Recyclingverfahren vorhanden
- Auf Basis von Tests

Reale Recyclingfähigkeit

- **zusätzlich**
- In bestimmter Region
- tatsächlich gesammelt
- tatsächlich sortiert
- tatsächlich ausgeschleust
- tatsächlich vermarktet
- tatsächlich als Sekundärrohstoff verwertet

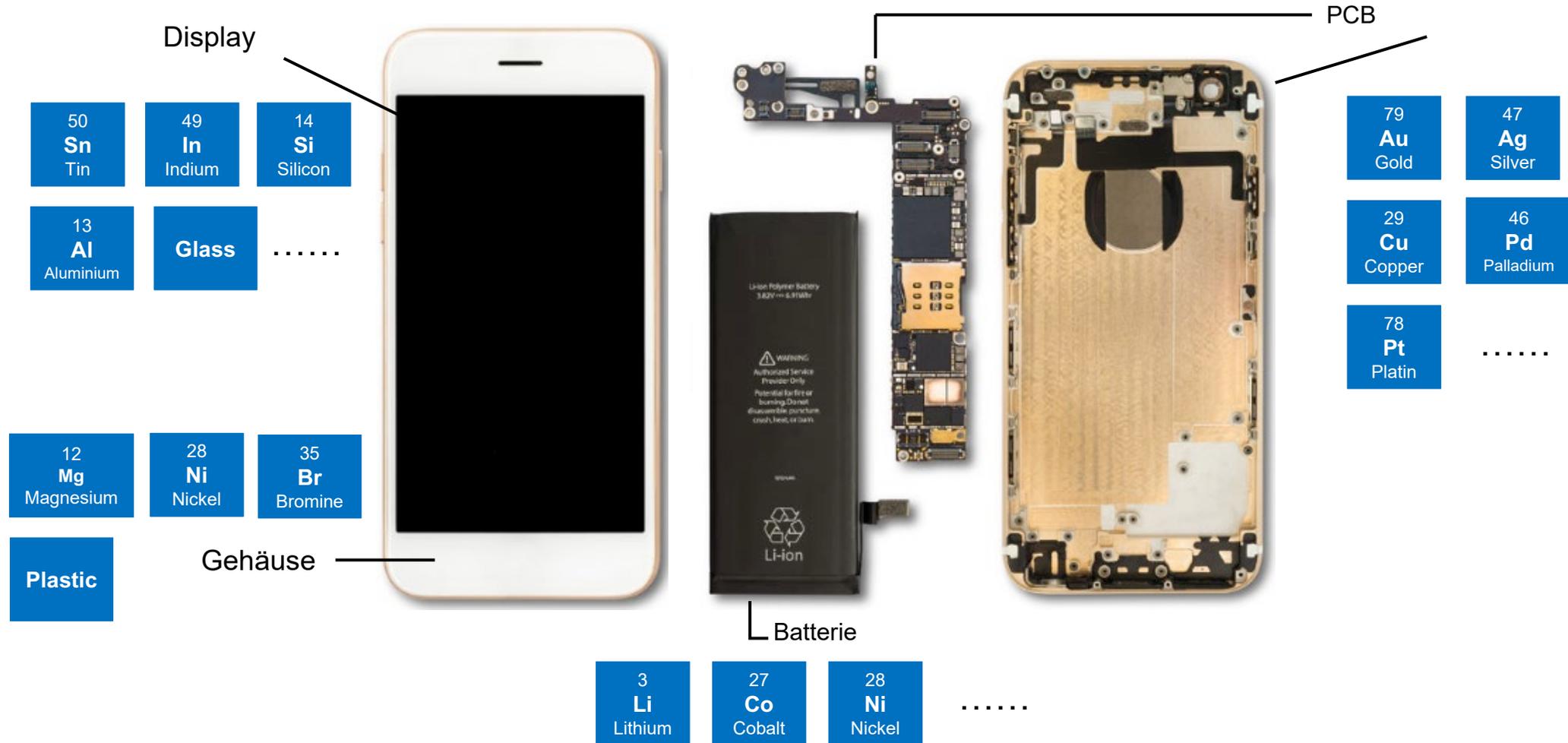
Zusammenhang zwischen Recyclingfähigkeit



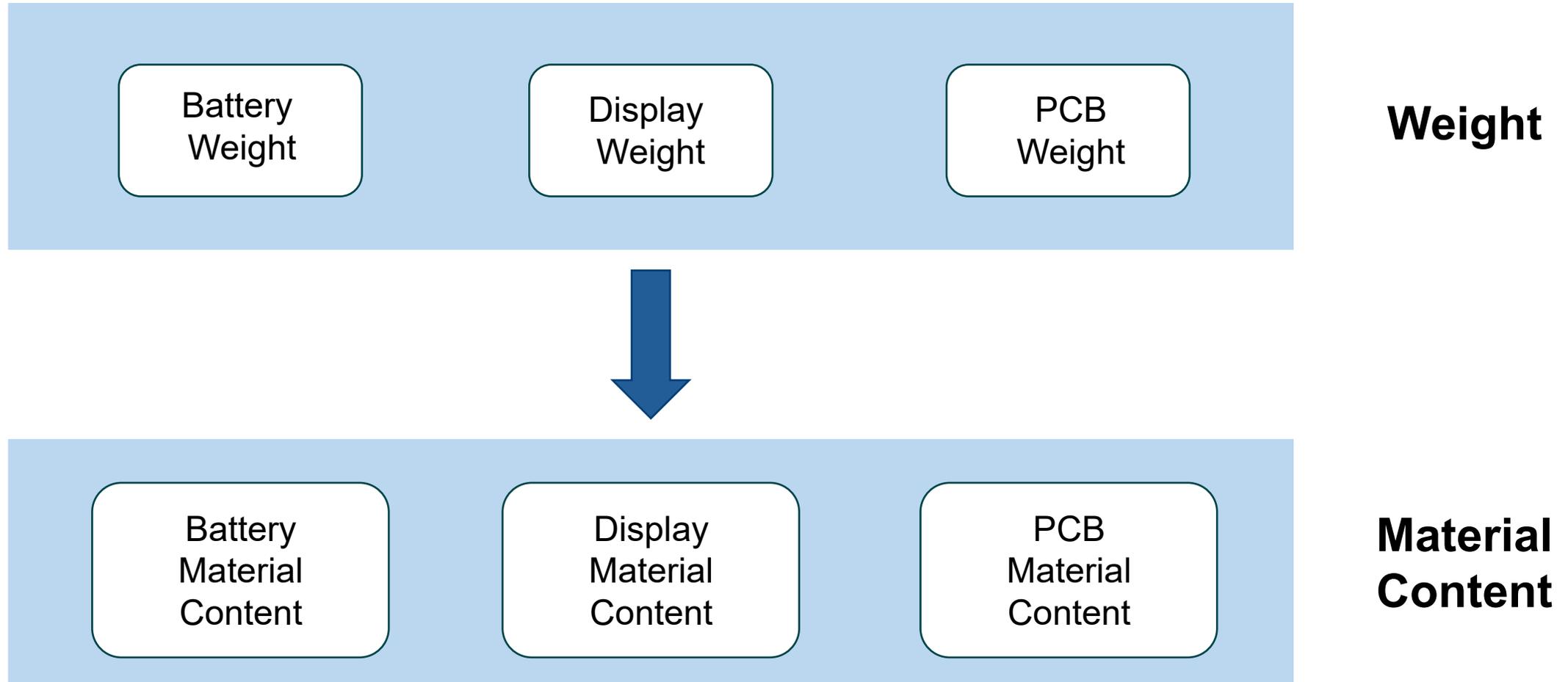
Extremfall:
die theoretische Recyclingfähigkeit hoch
aber die technische und damit
auch die reale Recyclingfähigkeit Null sein

Zusammenhang zwischen theoretischer, technischer und realer Recyclingfähigkeit (Pomberger, 2021).

Smartphone Komponenten

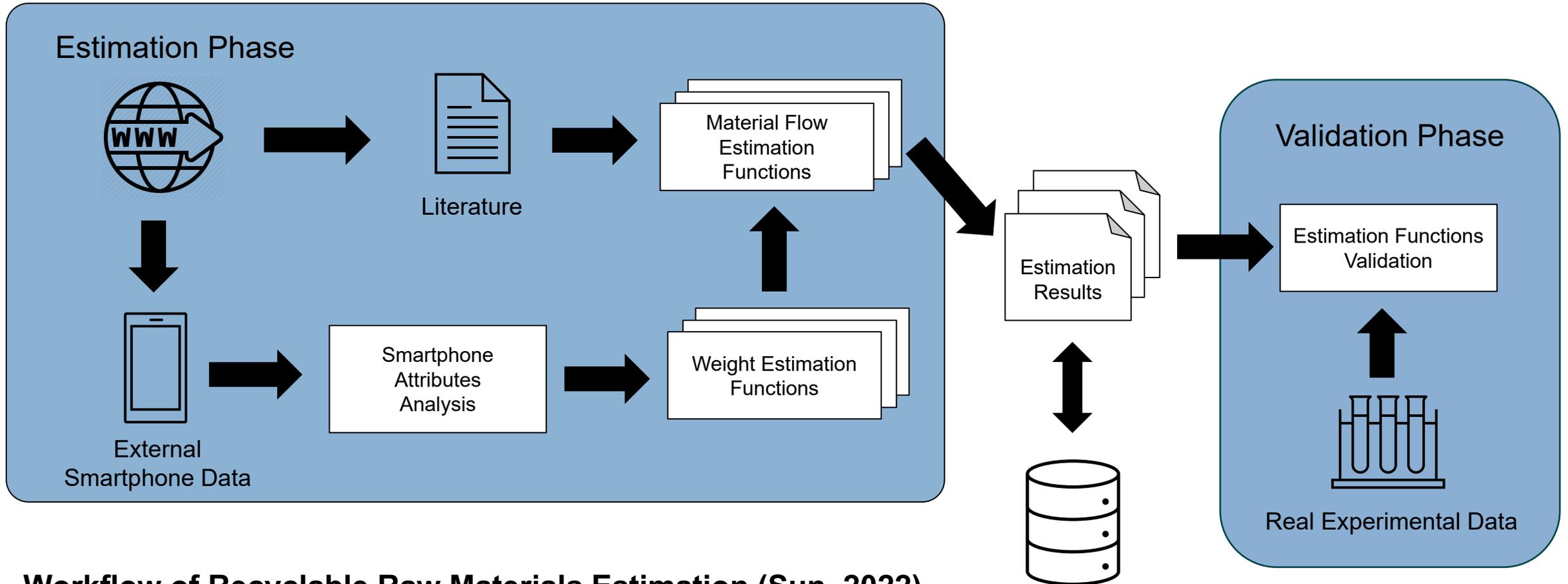


Von "Komponent Gewicht" zu "Materieller Inhalt"



From "Component Weight" to "Material Content" (Sun, 2022)

Workflow of Recyclable Raw Materials Estimation

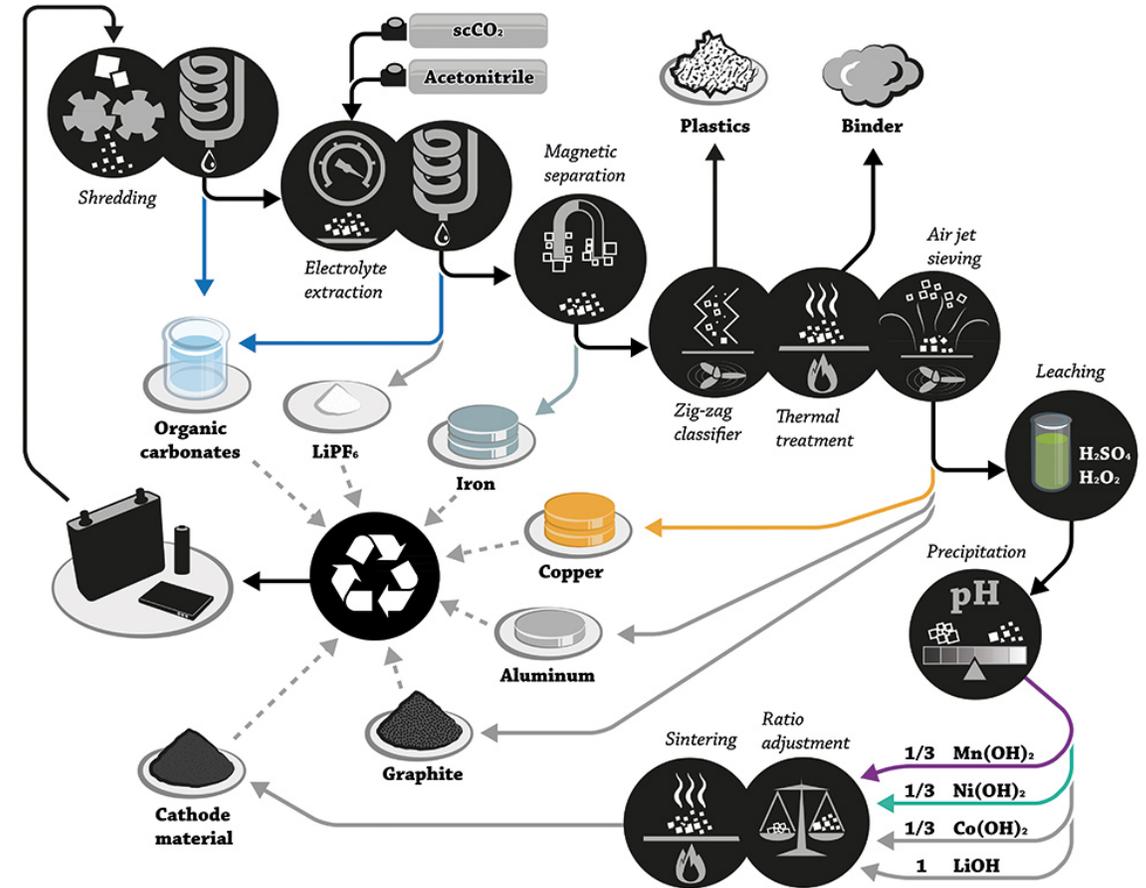


Workflow of Recyclable Raw Materials Estimation (Sun, 2022)

Verschiedene Recyclingprozesse

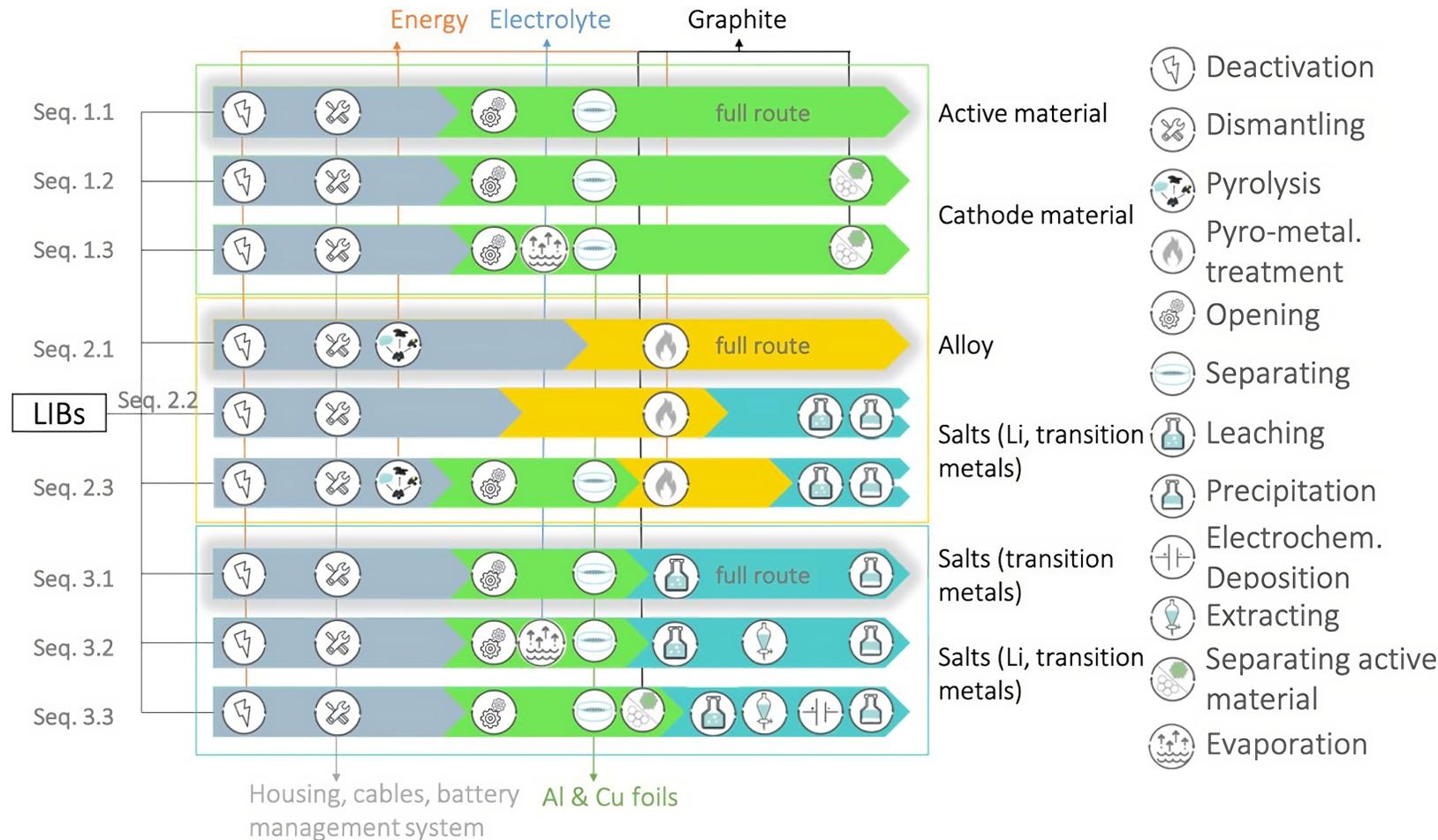


Recycling of PET plastic bottles
 (“How does PET plastic recycling work?,” n.d.).



Recycling of Lithium Ion Batteries
 (“Recycling of Lithium Ion Batteries,” n.d.)

Recyclingroute



Recyclingroute:

die Abfolge von Recyclingprozessen, die mit dem Ende des Lebenszyklus von Batterien beginnt und mit einem der konstitutiven Produkte endet.

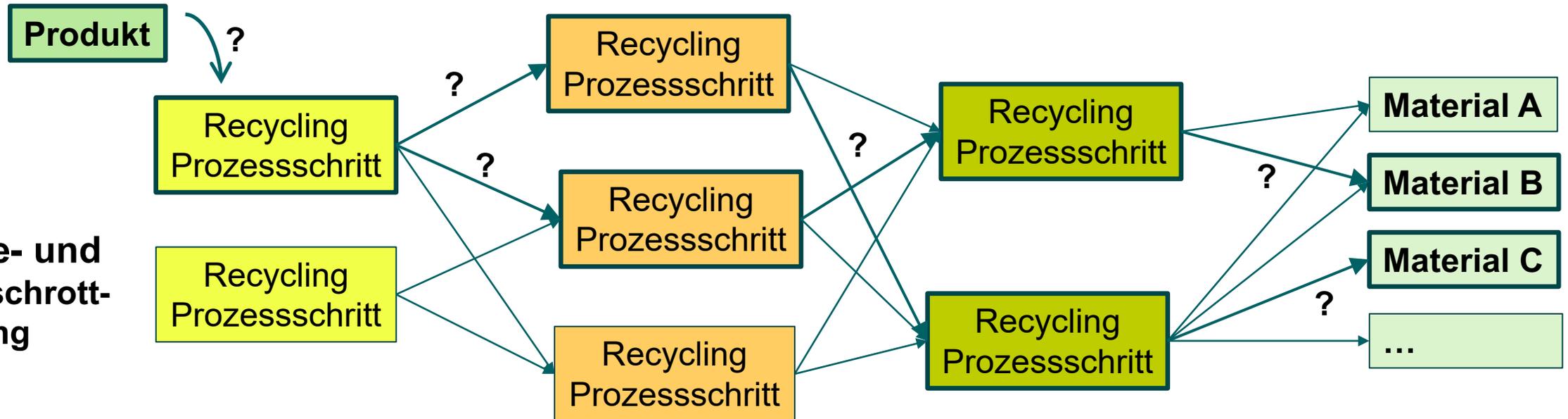
Recyclingrouten für Lithium-Ionen-Batterien:

- (i) direkte physische Recyclingroute (Seq. 1)
- (ii) pyro-metallurgische Recyclingroute (Seq. 2) und
- (iii) hydro-metallurgische Recyclingroute (Seq. 3)

Three possible process sequences for each lithiumion battery-recycling route (Wagner-Wenz et al., 2023)

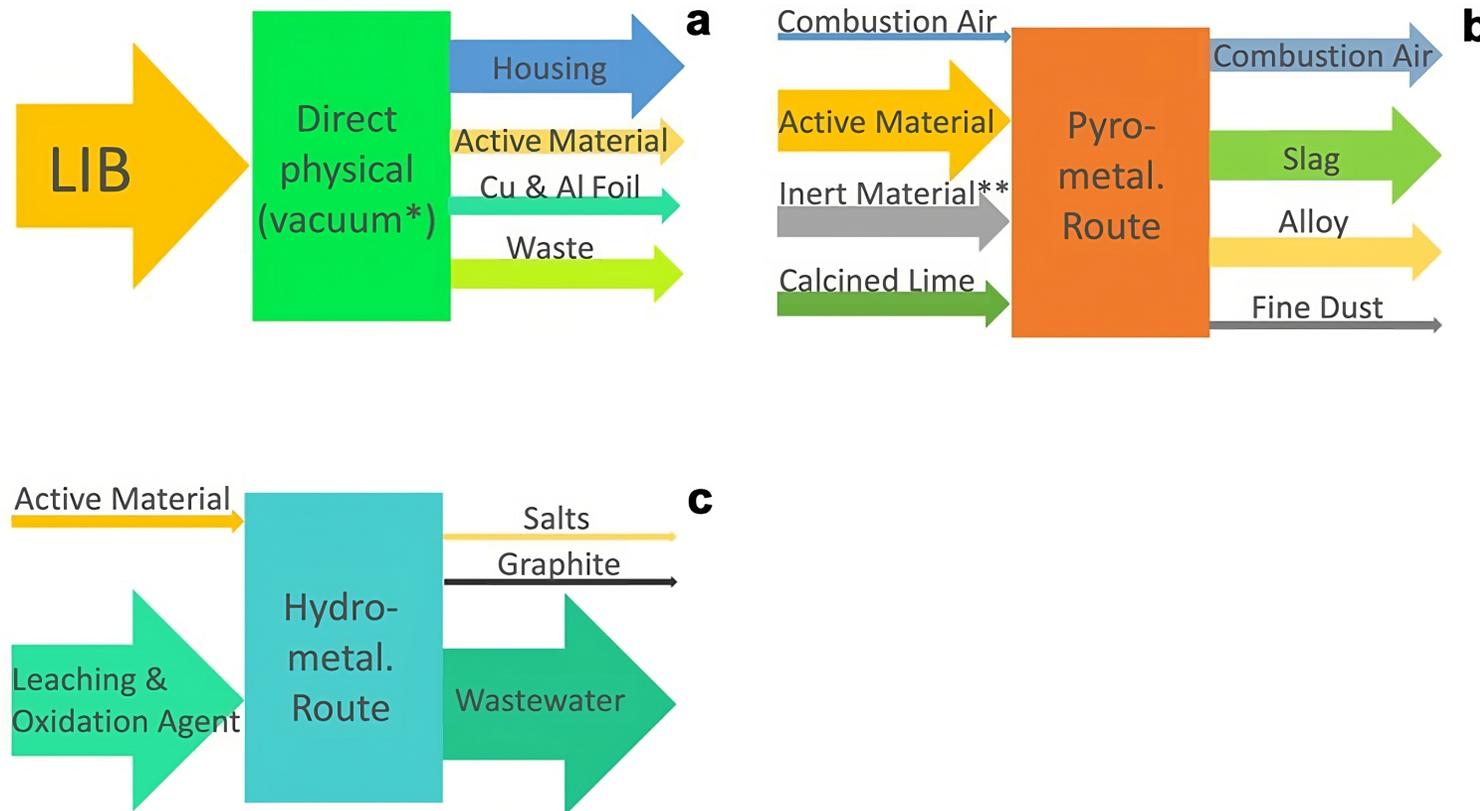
Entscheidung von Recyclingroute

Batterie- und
Elektroschrott-
Recycling



Datenerfassung zur Optimierung realer Recyclingrouten

Input und Output in Recyclingroute



Recyclingrouten für Lithium-Ionen-Batterien:

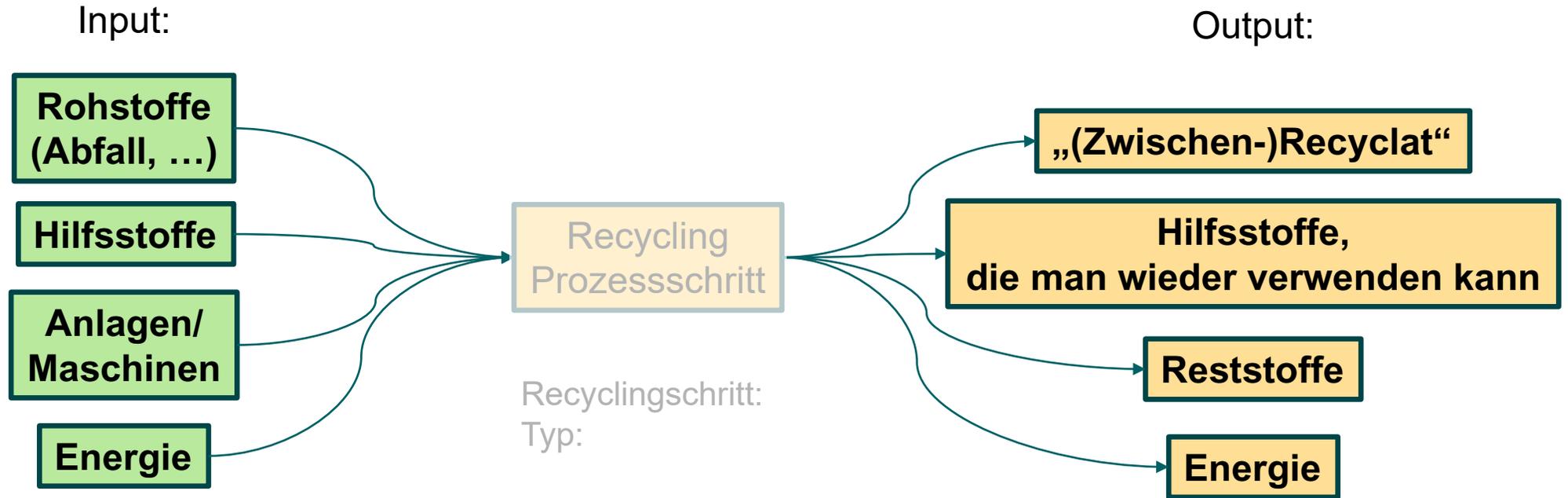
- (i) direkte physische Recyclingroute (a)
- (ii) pyro-metallurgische Recyclingroute (b) und
- (iii) hydro-metallurgische Recyclingroute (c)

*In this example, vacuum was used instead of an inert gas (e.g. N₂). If an inert gas is used, exhaust air is produced.

**To improve the melting properties of the slag, inert materials like sand and lime are used.

Input and output related to the mass of the three recycling routes (Wagner-Wenz et al., 2023)

Berechnung von Umwandlungsmatrix

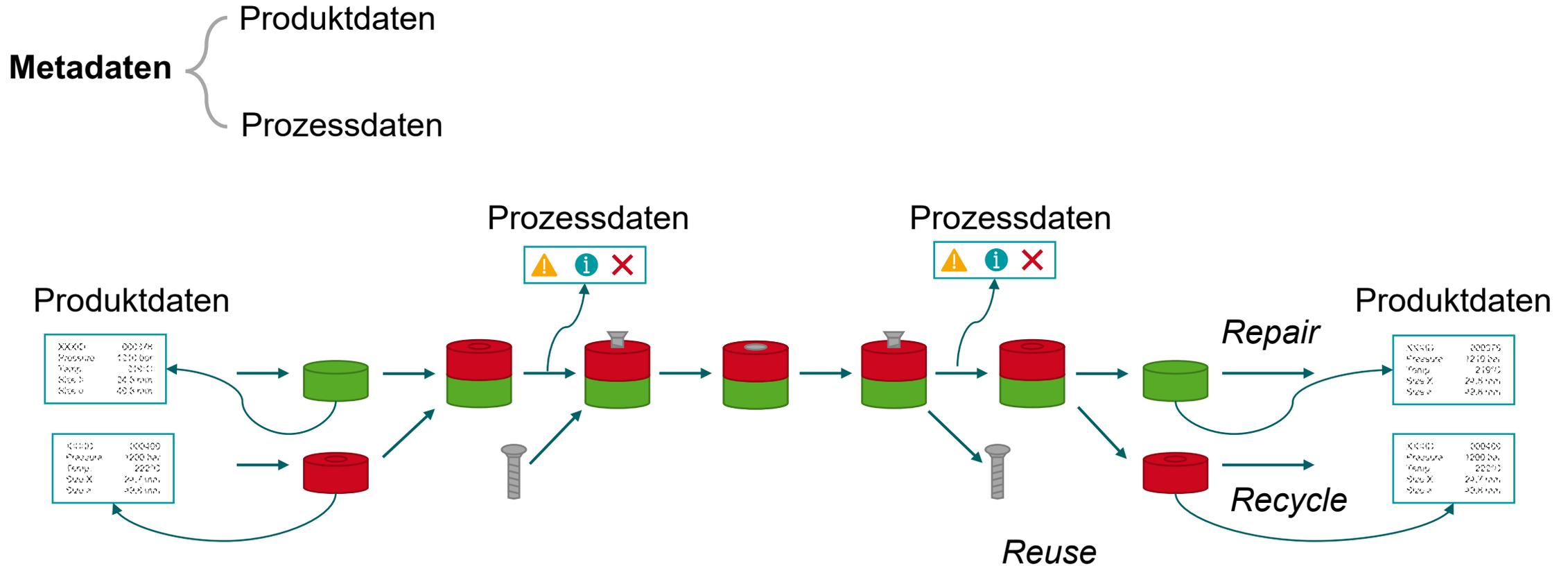


Annahme: statische Umwandlung

$$\begin{array}{l}
 \text{Material:} \\
 \text{Energie:}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{Stoff } i \\
 \text{Energie Art } i
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{l} \text{Substanz, Menge} \\ \text{Art, Menge} \end{array} \right)
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{ccc} \dots & & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \dots & & \end{array} \right)
 \end{array}
 =
 \begin{array}{l}
 \text{Stoff } i \\
 \text{Energie Art } i
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{l} \text{Substanz, Menge} \\ \text{Art, Menge} \end{array} \right)
 \end{array}$$

Umwandlungsmatrix
für Material und für Energie

Produktdatenerfassung während Lebenszyklus



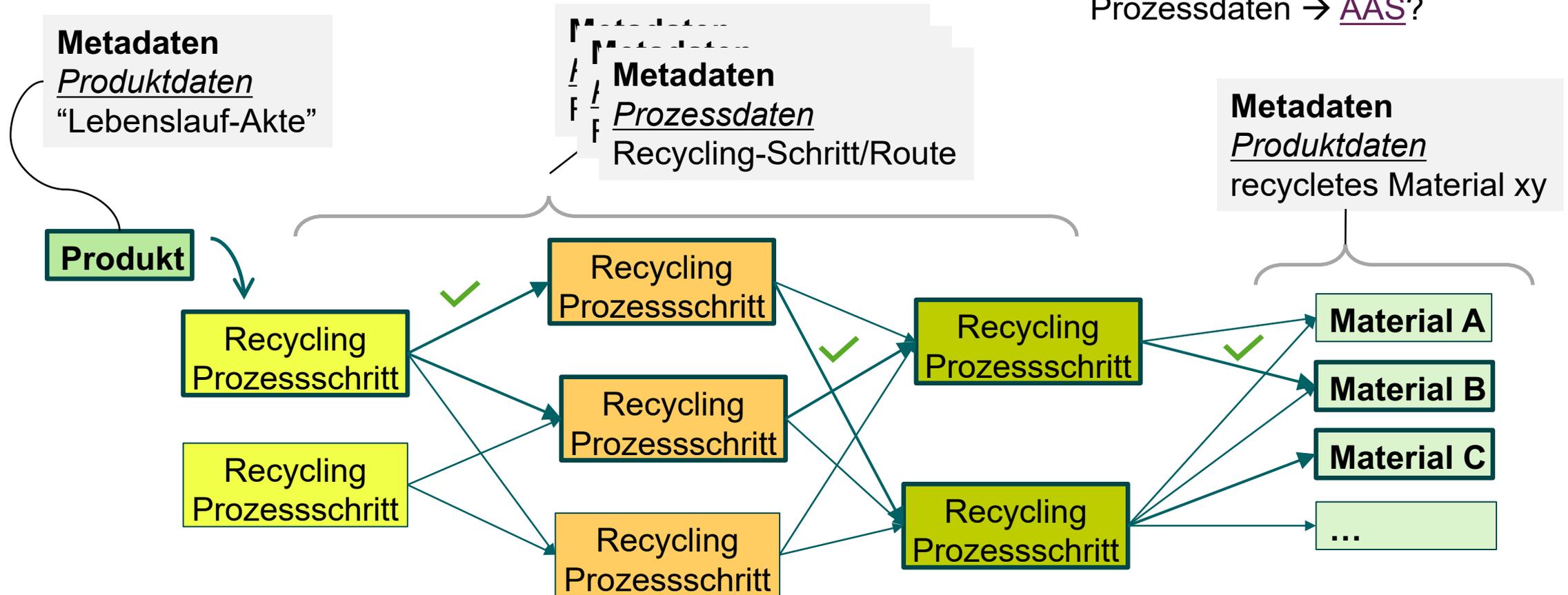
Modellierung der Produktidentität über Produktionsschritte hinweg (Thies et al., 2021)

Online Optimierung realer Recyclingrouten

Datenerfassung zur Optimierung realer Recyclingrouten

Produktdaten → DPP/AAS?

Prozessdaten → AAS?



Forschungsidee: Product and Process Data 4 Real Recycling (PPD4RRec)

Referenzen

1. How does PET plastic recycling work? [WWW Document], n.d. . Recycle the One. URL <https://www.recycletheone.com/recycle-now/how-does-pet-plastic-recycling-work> (accessed 9.26.22).
2. Recycling of Lithium Ion Batteries [WWW Document], n.d. . Wiley Analytical Science. URL <https://analyticalscience.wiley.com/do/10.1002/gitlab.15680> (accessed 9.26.22).
3. Thies, M., Miny, T., Kleinert, T., 2021. Ein Konzept für Produkt-Verwaltungsschalen zur Produktbezogenen Integration von Produktionsdaten für die Qualitätsoptimierung, in: VDI Wissensforum GmbH (Ed.), Automation 2021. VDI Verlag, pp. 405–420. <https://doi.org/10.51202/9783181023921-405>
4. Pomberger, R. (2021). Über theoretische und reale Recyclingfähigkeit. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 73(1), 24–35. <https://doi.org/10.1007/s00506-020-00721-5>
5. Wagner-Wenz, R., van Zuilichem, A.-J., Göllner-Völker, L., Berberich, K., Weidenkaff, A., & Schebek, L. (2023). Recycling routes of lithium-ion batteries: A critical review of the development status, the process performance, and life-cycle environmental impacts. *MRS Energy & Sustainability*, 10(1), 1–34. <https://doi.org/10.1557/s43581-022-00053-9>
6. Sun, W., 2022. Data Model Concept for Estimating Recyclable Raw Materials in Smartphones 94.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Wei Guo

Telefon: +49 241 80-94339

E-Mail: w.guo@plt.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Informations- und Automatisierungssysteme
für die Prozess- und Werkstofftechnik
RWTH Aachen University