

## chemPLANT-Aufgabe 2019: chemPHONE

Die starke Rohstoffnachfrage bei gleichzeitig immer knapper werdenden Ressourcen lässt die Kreislaufwirtschaft immer mehr in den Fokus von Industrie und Politik rücken. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist das gezielte Recycling von Rohstoffen, die so über den Lebenszyklus einer Ware hinaus wieder in den Produktionsprozess zurückgelangen sollen.

Besonders der Abfallstrom an Elektroaltgeräten nimmt kontinuierlich zu. Da diese Geräte wertvolle Rohstoffe wie Metalle, Kunststoffe und Keramiken enthalten, steigt das industrielle Interesse an der Wiederverwertung des anfallenden Elektroschrotts. Dabei werden innovative Lösungskonzepte benötigt, um die Rohstoffe gemäß dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft gezielt zu recyceln und so den Abbau limitierter Ressourcen deutlich zu reduzieren.

Die Entwicklung eines solchen Konzeptes bis hin zur verfahrenstechnischen Auslegung eines effizienten Recycling-Prozesses soll am Beispiel der Verwertung gebrauchter Smartphones erfolgen. Allein in Deutschland werden jedes Jahr Millionen neuer Smartphones verkauft. Der Großteil alter Smartphones bleibt ungenutzt und wird bisher meistens nicht recycelt. Vereinfacht wird angenommen, dass sich ein Smartphone wie folgt zusammensetzt:

**Tabelle 1: Vereinfacht angenommene Zusammensetzung eines Smartphones.**

Stoffgruppe	Wertkomponente	Menge pro Smartphone [g]
Metalle	Kupfer	7,6
	Gold	0,037
	Tantal	0,021
	Wolfram	0,93
	Silber	0,12
Polymere	Nylon-6,6	24
	Polycarbonat	39
	Polyethylenterephthalat	27
Anorganik	Glas	23
	Aluminiumoxid (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8,5

Wie viele der angegebenen Wertkomponenten innerhalb der Prozessentwicklung betrachtet werden, entscheiden Sie selbst.

Im Vordergrund bei der Konzept- und Verfahrensentwicklung stehen **Innovation und Nachhaltigkeit**.

Weitere Kriterien sind:

- Wirtschaftlichkeit
- Massenanteil verwerteter Komponenten bezogen auf ein Smartphone
- CO<sub>2</sub>-Bilanz Ihres Konzeptes

Die Anlage ist dabei an einem frei wählbaren, deutschen Standort mit bestehender Werksinfrastruktur nach deutschen Standards zu planen. Sie bestimmen für Ihren Prozess die benötigten Verkaufspreise der Wertkomponenten, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Hierbei sollen Sie jeweils eine Reinheit der Wertkomponenten von mindestens 99 Gew.-% anstreben. Ihre benötigten Verkaufspreise diskutieren Sie anschließend im Vergleich zu den aktuellen Marktpreisen. Sie können von einer vollständigen Abnahme Ihrer jährlichen Produktionsmenge ausgehen. Die Kosten der Altgeräte sind in Abhängigkeit der Einkaufsmenge an Altgeräten Abbildung 1 zu entnehmen. Wie viele Altgeräte im Recycling-Prozess verwertet werden, ist dabei nicht vorgegeben.

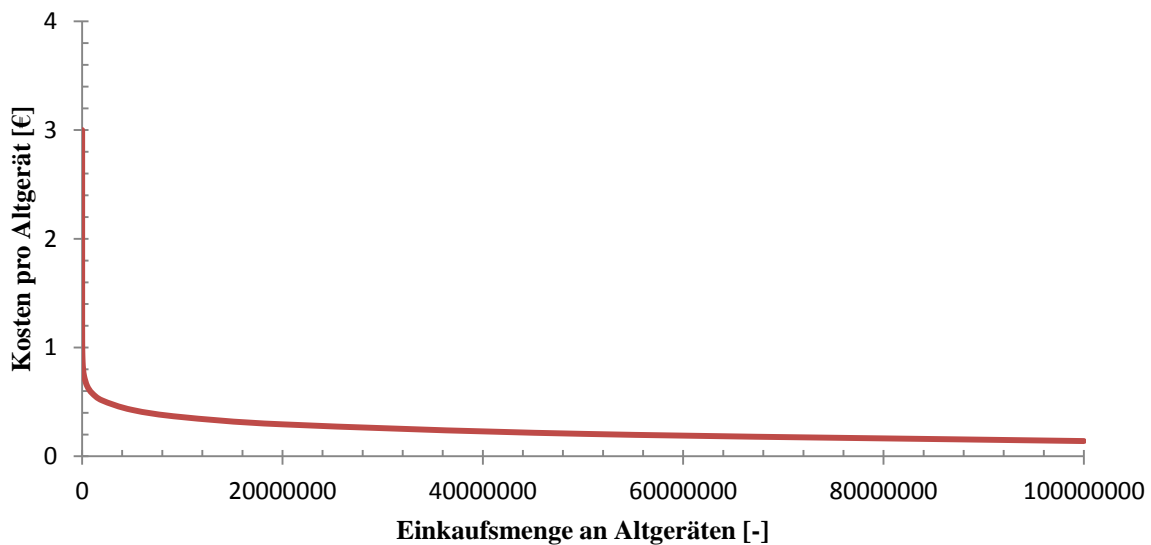


Abbildung 1: Kosten  $y$  der Altgeräte in Euro in Abhängigkeit der Einkaufsmenge an Altgeräten  $x$   
 $(y = 3 - 0,22 \log(100000x - 99999))$

Die Aufgabe gliedert sich in folgende Schritte:

- **Innovative Konzeptentwicklung** zur Gewinnung und Aufreinigung einer oder mehrerer Wertkomponenten
- Entwicklung und verfahrenstechnische Auslegung Ihres **effektiven und nachhaltigen Recycling-Konzeptes**
- Erarbeitung der Massen- und Energiebilanzen (inkl. Bestimmung der benötigten Menge an Altgeräten)
- Auslegung und Dimensionierung der Apparate
- Erstellen eines Verfahrensfließbildes inkl. Verfahrensbeschreibung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten sowie Diskussion der benötigten Verkaufspreise für die gewonnenen Wertkomponenten

Treffen Sie Ihre Entscheidungen und nötige Annahmen nachvollziehbar und begründet.

### Infrastruktur und Betriebsmittel am Standort

Kosten für die einzelnen am Standort zur Verfügung stehenden Betriebsmittel sowie anfallende Kosten für Entsorgung sind Tabelle 2 zu entnehmen. Weitere Betriebsmittel sind bei Bedarf zu begründeten Bedingungen zu wählen.

**Tabelle 2: Betriebsmittel und Infrastruktur am Standort.**

	<b>Spezifikation</b>	<b>Kosten</b>
<b>Betriebsmittelkosten</b>		
Strom	10 kV & 400 V	60 € / MWh
Erdgas	-	30 € / MWh
Dampf	40 bar	50 € / t
Stickstoff	6 bar	150 € / 1000 Nm <sup>3</sup>
Druckluft	6 bar	50 € / 1000 Nm <sup>3</sup>
Kühlwasser	35 °C ( $\Delta T_{\max} = 10$ K)	80 € / 1000 m <sup>3</sup>
Trinkwasser	-	2 € / 1000 m <sup>3</sup>
<b>Entsorgungskosten</b>		
Abwasser	< 10.000 ppm CSB*	5 € / m <sup>3</sup>
Lösungsmittelhaltige Abfälle	-	0,5 € / kg

\*CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf