

Einleitung:

Beton ist nach Wasser das am zweithäufigsten verbrauchte Material der Welt und das am häufigsten verwendete Baumaterial, wobei Beton neben seinen hervorragenden bautechnischen Eigenschaften auch ökologische Nachteile mit sich bringt (Makul, 2020). Einigen Schätzungen zufolge trägt die Zementindustrie mit bis zu 5% zu den gesamten weltweiten CO₂ Emissionen bei (Gartner, 2004). Folglich hat die Zementindustrie begonnen, neben den herkömmlichen Primärressourcen wie Kalkstein, Ton, Eisenerzen und Primärbrennstoffen zunehmend sekundäre Rohstoffquellen wie industrielle Nebenprodukte oder Abfälle zu nutzen. Diese Nebenprodukte oder Abfälle können in verschiedenen Bereichen (Abb.1) des Herstellungsprozesses zugegeben werden und ersetzen dort Rohstoffe aus primären Quellen.

Grundsätzlich können die sekundären Rohstoffe in folgende drei Gruppen nach deren Anwendungsgebieten unterschieden werden:

- Sekundärrohstoffe, die dem Rohmehl vor dem Klinkerbrennprozess beigemischt werden;
- Sekundärbrennstoffe, die zur Energiebereitstellung eingesetzt werden;
- Sekundäre Zumahlstoffe, die dem gebrannten Klinker zugegeben werden, um die gewünschten Zementeigenschaften zu erzielen.

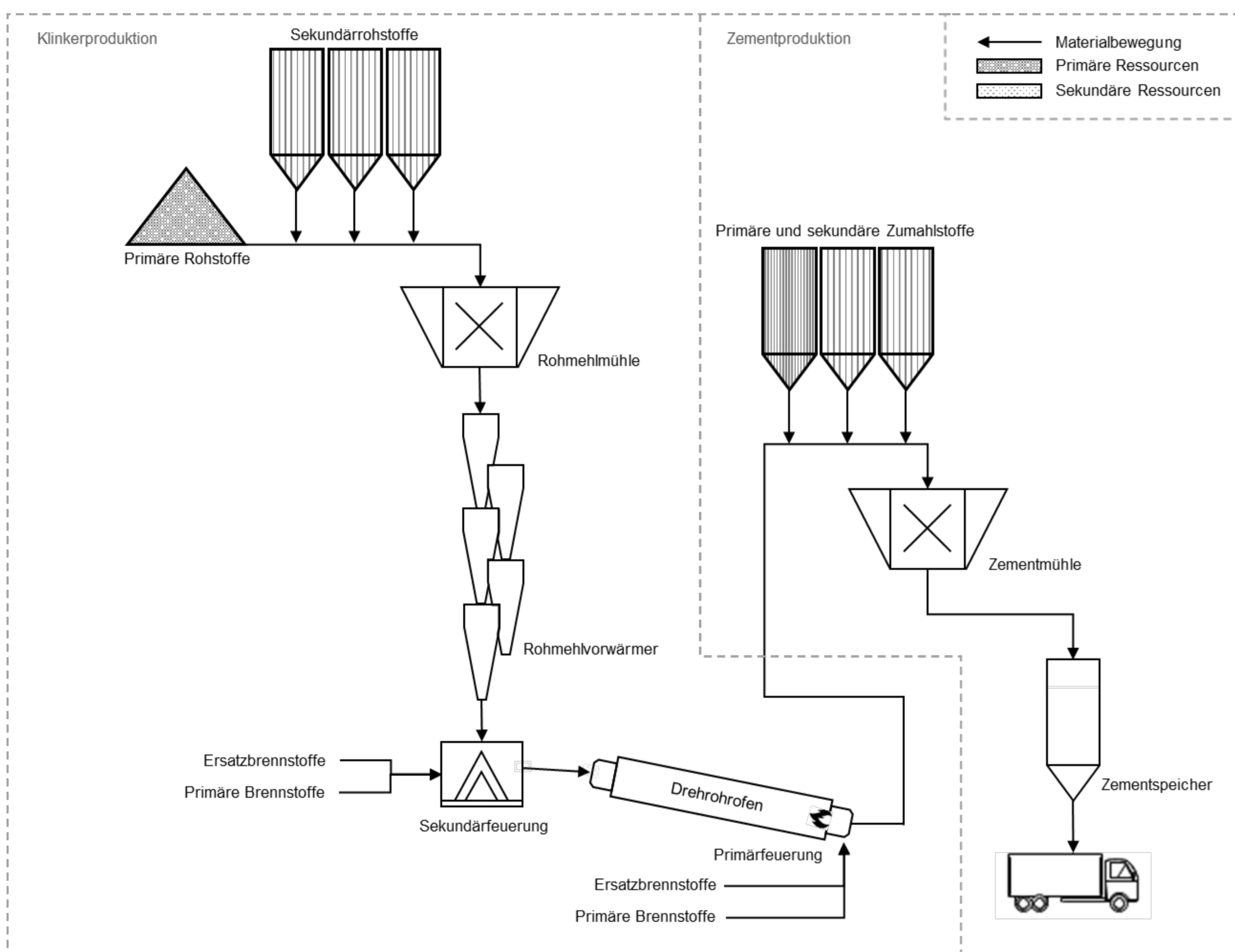


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses

Methodik:

Um zu ermitteln, wie viel Recyclingmaterial in einer Tonne Zement enthalten ist, wurde eine oxidbezogene Massenbilanz eines gesamten Zementwerks unter Berücksichtigung der für die Zementklinkerherstellung relevanten Oxide SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O und SO₃ durchgeführt. Zur Erstellung der Massenbilanz dieser Oxide wurden die Daten der Massenströme und deren chemische Analysen für das ganze Kalenderjahr 2019 eines österreichischen Zementwerkes verwendet.

Zunächst wurden alle Input- und Outputströme, die für die Klinker- und Zementherstellung notwendig sind, erhoben und deren Massen an Trockensubstanz ermittelt.

Beginnend mit dem Klinkerbrennprozess wurde für alle relevanten Massenströme der Masseverlust mit Hilfe des jeweiligen Aschegehaltes bestimmt. Außerdem wurde die Gesamtmasse an Gas berechnet, welche durch die Verbrennung und Kalzinierung entstanden ist, mit der Annahme, dass dies dem Massenverlust aus diesen Prozessen entspricht.

DANKSAGUNG

Das Kompetenzzentrum Recycling and Recovery of Waste for Future – ReWaste F – (882512) wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMDW und Land Steiermark gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.

LITERATUR

- Gartner, E. (2004). Industrially Interesting Approaches to “Low-CO₂” Cements. Cement and Concrete Research. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.01.021>
 Makul, N. (2020). Advanced smart concrete - a review of current progress, benefits and challenges. Journal of Cleaner Production, p. 274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122899>

Kontaktperson zum Poster:

Maximilian Enengel
 Montanuniversität Leoben
 Franz Josef-Straße 18, 8700, Leoben, Österreich

E-Mail: maximilian-julius.enengel@stud.unileoben.ac.at
 Webseite: <http://avaw.unileoben.ac.at>

Darüber hinaus wurde die entstehende Masse an CO₂ beim Klinkerbrennprozess aus dem Anteil an Ca und Mg in den Inputstoffen, mit der Annahme, dass diese hauptsächlich als Karbonate vorliegen dürften, berechnet. In einem zweiten Schritt wurde eine Massenbilanz für die Zementherstellung erstellt. Da die sekundären Zumahlstoffe nicht verbrannt, sondern mit dem Klinker vermischt werden, wurde die Trockenmasse anstelle des Aschegehalts berücksichtigt.

Ergebnisse:

Die Gesamtmassenbilanz für die Zementherstellung ergab eine Abweichung der Output- zu den Inputmassen von 0,89%, wobei bei den Oxiden eine Abweichung von 1,57% berechnet wurde.

Der Beitrag der Ersatzbrennstoffe

Der Aschegehalt von Ersatzbrennstoffen, welche zum Großteil aus Sortierresten und kunststoffreichen Mischabfällen bestehen, macht 1,65% des Klinkers aus. Über den Gesamtprozess betrachtet trägt die Asche der Ersatzbrennstoffe **1,13%** zu der Masse des Zementes bei. **Das bedeutet, dass eine produzierte Tonne Zement durchschnittlich aus 11,3 kg Asche von Ersatzbrennstoffen besteht.**

Der Beitrag der Sekundärrohstoffe

Aufgrund der größeren Mengen an Sekundärrohstoffen, die dem Prozess zugefügt werden, im Vergleich zu Ersatzbrennstoffen ist der Beitrag der Sekundärrohstoffe deutlich größer. Nach dem Klinkerbrennprozess machen die ausgewählten Oxide 11,56% des Zementklinkers aus. Bezogen auf das Endprodukt stellen die von den Sekundärrohstoffen gelieferten Oxide etwa **7,96%** des hergestellten Zementes dar. Dabei liefert Ziegelbruch den größten Anteil an verwertbaren Oxiden.

Der Beitrag der sekundären Zumahlstoffe

Da sekundäre Zumahlstoffe bereits latent-hydraulische Eigenschaften besitzen und somit nicht mehr einem thermischen Prozess unterzogen werden müssen, wird versucht diese in großen Mengen einzusetzen. So betrug der Anteil an sekundären Zumahlstoffen im betrachteten Zementwerk und Zeitraum **23,06%**. Die größten Anteile an den betrachteten Oxiden lieferten Schlacken und Flugaschen.

Das **zusammengefasste Ergebnis** wird in Abb.2 dargestellt. Alle eingesetzten sekundären Roh- und Brennstoffe ergaben einen prozentualen Anteil von **32,15%** im Zement. Somit kann festgestellt werden, dass **in einer Tonne Zement 322 kg Material aus sekundären Quellen** enthalten ist.

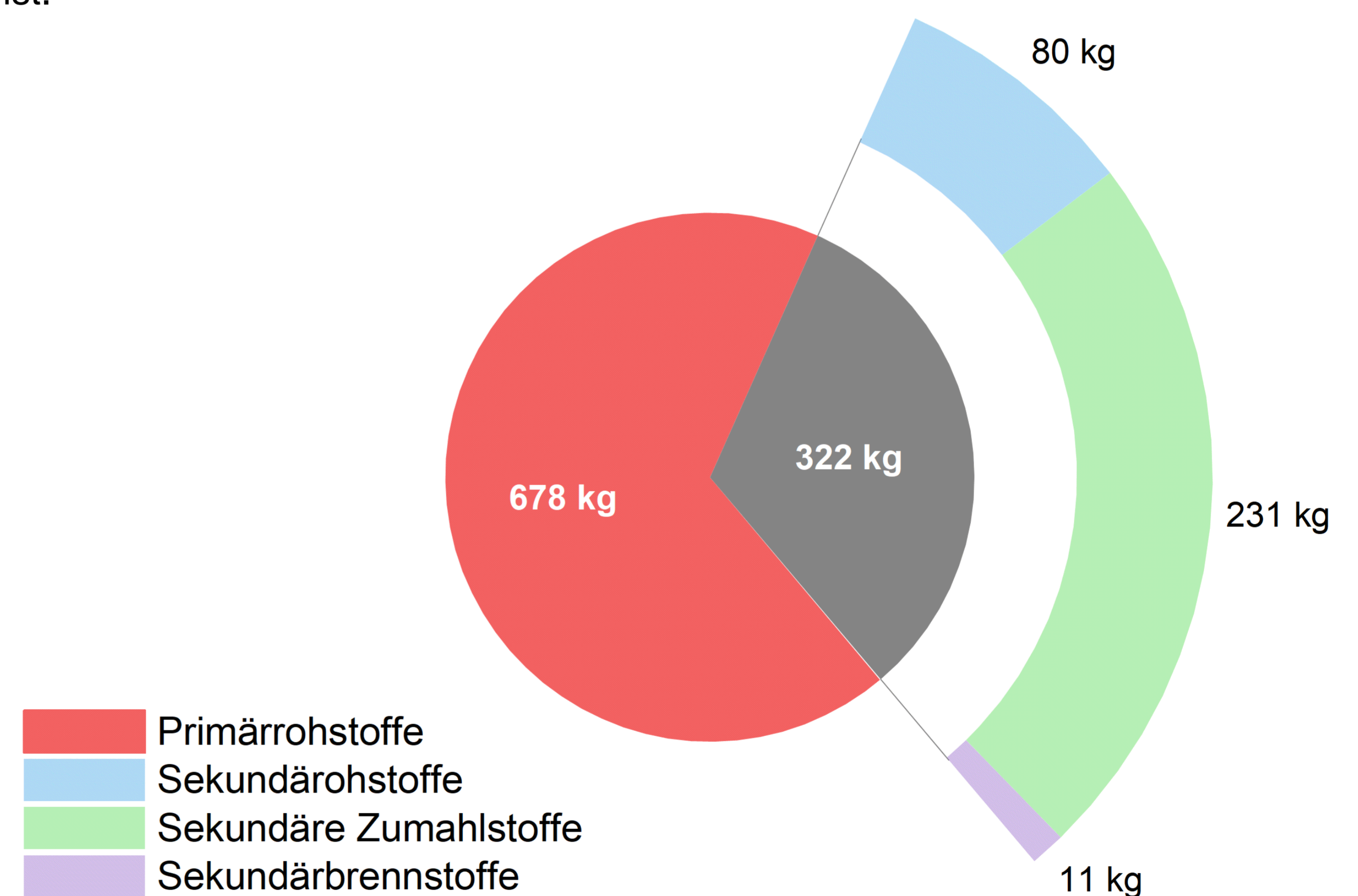


Abbildung 2: Soviel Recycling steckt in einer Tonne Zement