

Abb. 1: Die verschiedenen Produktionsrouten von Gold

### Einleitung

Es ist bekannt, dass die meisten Edelmetalle große Umweltauswirkungen haben, da große Gruben oder tiefe Schächte gegraben werden müssen, um relativ kleine Mengen der gewünschten Güter zu gewinnen. Das spiegelt sich in vielen Produkt-LCAs von z.B. Elektronikprodukten [1] oder auch in einer prominenten und umfangreichen Studie der Umweltauswirkungen der Cradle-to-Gate-Prozesse von 63 Metallen [2] wieder. Die Folge ist, dass Gold auf Basis eines Kilogramms unter den am stärksten zu den gesamten Umweltwirkungen beitragenden Elementen ist. Die zugrunde liegenden Datensätze haben jedoch einige Unstimmigkeiten. Um dies zu verstehen, muss man zuerst einen Blick auf den Goldmarkt werfen. Das gesamte Goldangebot im Jahr 2017 betrug 127 Millionen Unzen, wovon 27% auf das Recycling und der Rest auf neu abgebautes Gold entfallen. Der Anteil des Recyclings lässt sich weiter in 90 Prozent Recycling von hochwertigem Goldschrott und 10 Prozent WEEE-Recycling aufteilen [3]. Neu gewonnenes Gold stammt entweder von großen Mininggesellschaften oder in einer beträchtliche, aber schwer abschätzbare Menge aus informellem Small Scale Mining (ASM) [Abb. 1]. In den gängigsten LCA-Datenbanken Ecoinvent und Gabi sind die Daten über ASM und hochwertigem Schrottreycling nicht dargestellt. Wir versuchen in dieser Studie darum zu beantworten, wie wir die Datenlücke für das hochwertige Goldrecycling schließen können, um die Integrität der LCA-Daten zur Bereitstellung von Gold zu erhöhen?

### Methode

Um endlich Klarheit zu schaffen und die LCA-Datenlücke der etwa 30% des Angebotes ausmachenden Recycling-Route zu schließen, haben wir in einem ersten Schritt ermittelt, welche Verfahren häufig für das Recycling von hochwertigem Goldschrott verwendet werden. Anschließend wurden für den vorab ermittelten Prozess vorzugsweise Primärdaten aus modernsten Goldscheideanstalten mit einem durchschnittlichen Produktionsvolumen von jeweils 30 Tonnen Gold pro Jahr gesammelt um den Standard für das Goldschrottreycling in Deutschland abzubilden. Mit diesen neuen Primärdaten wurde ein Gate-To-Gate-Inventary erstellt. Anschließend wurden, die mit diesem Inventory verbundenen Prozesse in der LCA-Software Umberto NXT modelliert, was zu einem Cradle-To-Gate Inventory führte. Schließlich wurde ein Environmental Impact Assessment durchgeführt und die Ergebnisse wurden vergleichend analysiert. Eine Besonderheit für LCA im Metalle ist, dass Metalle oft als Nebenprodukte in Multi-Output-Prozessen vorkommen, z.B. im Bergbau durch die Zusammensetzung im Erzkörper oder im Recycling durch Legierungen. Daher müssen die Umweltauswirkungen der Prozesse auf die wertschöpfenden Edelmetalle verteilt werden. Die gängigsten Methoden zur Lösung dieses Problems, die auch in der DIN ISO EN 14044 empfohlen werden, sind die Zuordnung nach Masse oder Geldwert.

### Prozesse des Goldscheidens

Es gibt verschiedene Verfahren zur Goldscheidung. Welcher Prozess eingesetzt wird, hängt vor allem von der Größe der Scheideanstalt und der Art des Inputmaterials ab. Für das Scheiden von Altgold (<65% Au) wird Aqua-Regia, ein Gemisch von Salz- und Salpetersäure im Verhältnis 1:3 häufig eingesetzt, da es der schnellste, einfachste und robusteste Prozess ist [4,5,6]. Daher wurde für diese Studie Aqua Regia als repräsentative Methode für das Recycling von hochwertigem Gold angenommen.

### Diskussion

Die Studie hat gezeigt, dass die fehlenden Daten über die Scheidung von hochwertigem Goldschrott in gängigen LCA-Datensätzen die Auswirkungen von Gold überbewerten. Diese Informationen sind sowohl für die Goldscheide-Branche als auch für viele Produktlebenszyklusanalysen z.B. für elektronische Geräte, wertvoll. Unsere Arbeit hilft, die Datenlücke in LCA-Datenbanken durch die Erfassung und Modellierung von LCA-relevanten Daten zur Veredelung von hochwertigem Goldschrott in Deutschland zu schließen. Aber es gilt noch einige kleinere und größere Hindernisse zu überwinden, um ein klares Bild über die Umweltaspekte des Goldsektors zu erhalten. Wie z.B. räumlich differenziertere Datensätze für Bergbau und Goldscheidung sowie alle Daten zu ASM. Zu letzteren hoffen wir mit einem weiteren Arbeitspaket innerhalb dieses Projektes in dem wir z.B. Energie- und Quecksilberverbrauch von mehr als einem Dutzend ASM-Minenstandorten in Brasilien erheben und uns selbst ein Bild von der sozialen Situation Vorort machen konnten.

### LCA Ergebnisse

Mithilfe unseres LCA-Modelles in Umberto und den Background-Prozessen zur Bereitstellung der benötigten Energie- und Materialflüsse der Ecoinvent-Datenbank, konnten wir Umweltwirkungen des Goldscheide Prozesses in Deutschland berechnen. 1 kg Gold aus deutschem Altgold-Recycling hat somit z.B. ein Treibhauspotential von 29 kg-CO<sub>2</sub>-eq und einen kumulierten Energieverbrauch von 577 MJ-eq. [Abb. 2] zeigt diese Ergebnisse im Vergleich zu den Ecoinvent-Prozessen von einem Kilogramm Gold aus Elektroschrott-Recycling und einem Kilogramm Gold aus Minen.

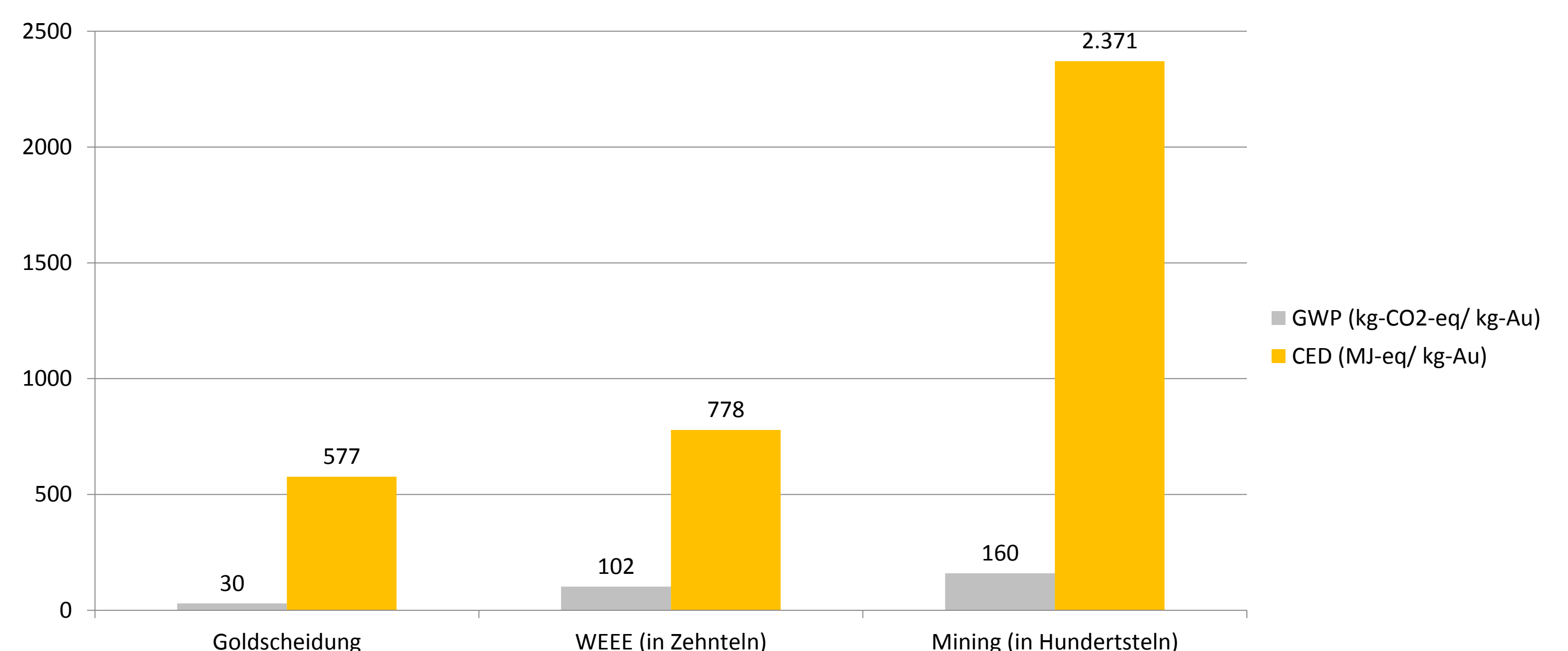


Abb. 2: Umweltwirkungen von 1 kg-Au aus den verschiedenen Produktionsrouten

Um den Nutzen und die Auswirkungen der von uns gesammelten Daten und erstellten Modelle auf das große Ganze zu untersuchen, haben wir den originalen *Umberto Market for Gold [GLO]* Prozess angepasst. Dies geschah durch Hinzufügen unseres Modells zur Scheidung von hochwertigem Goldschrott aus Industrie und Schmuck und durch adäquate Veränderung der Massenanteile. Die Ergebnisse zu dieser Analyse zeigt [Abb. 3].

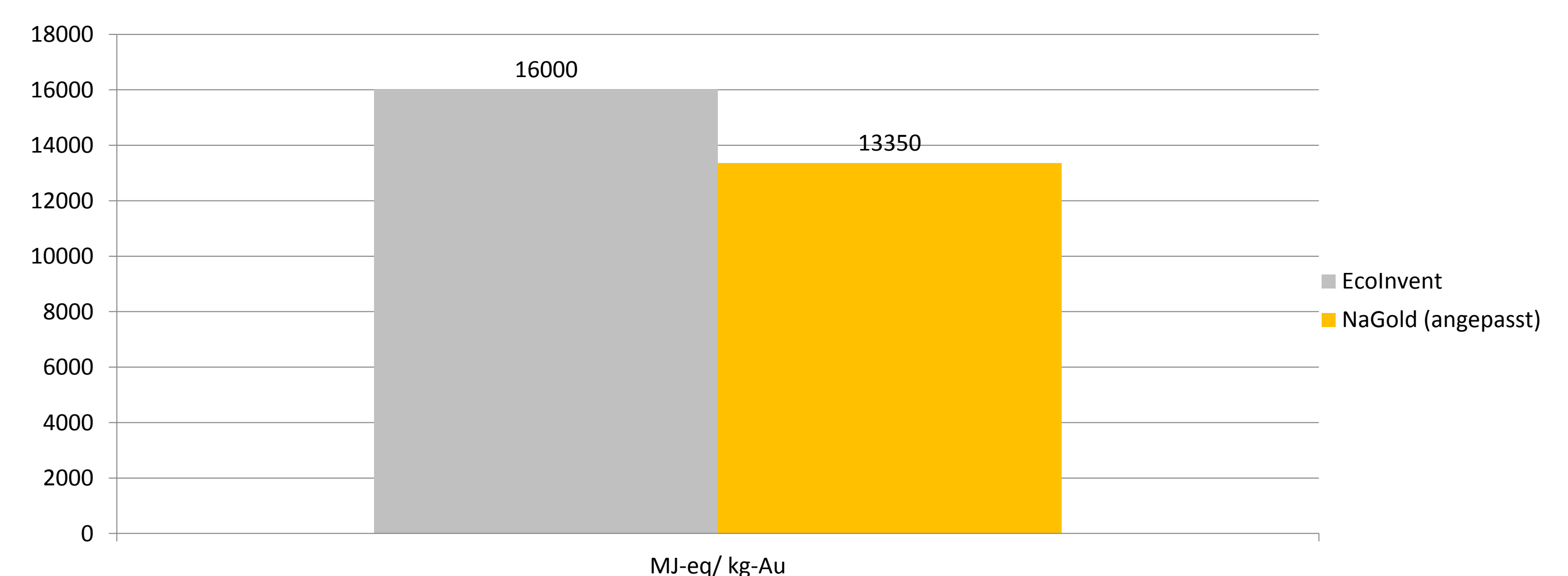


Abb. 3: Effekt unserer neuen Daten auf 1 kg-Au aus dem globalen Produktionsmix für Gold

[1] Mine Ercan, Jens Malmodin (Eds.), 2016. *Life Cycle Assessment of a Smartphone*. Atlantis Press, Paris, France.

[2] Nuss, P., Eckelman, M.J., 2014. *Life cycle assessment of metals: a scientific synthesis*. PLoS one 9, e101298.

[3] Alistair Hewitt, Trevor Keel, Matthias Tauber, Trinh Le-Fiedler, 2015. *The Ups and Downs of Gold Recycling: Understanding Market Drivers and Industry Challenges*. Accessed March 8, 2017.

[4] W.C. Butterman, Earle B. Amey, 2005. *Mineral Commodity Profiles—Gold*.

[5] Corti, C.W., 2002. *Recovery and Refining of Gold Jewellery Scraps and Wastes*.

[6] Adams, M.D. (Ed.), 2016. *Gold ore processing. Project development and operations, Second edition*. Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London.

