Quelle: Fairphone

Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology

HELMHOLTZ ZENTRUM DRESDEN ROSSENDORF

TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Prof. Markus Reuter:

Die Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft: Wie recycelbar sind Smartphones?

HZDR-Lehrerfortbildung, 16.2.2018, Freiberg

Biografisches

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (seit 2015):

Direktor und Abteilungsleiter „Systemintegrierte Metallproduktion“

Forschungsthemen:

Anlagentechnik für die Metallurgie, Recycling, recyclingfreundliche Produktgestaltung, Systemintegration

Akademische Titel:

- Ehrendoktor (Dr.-Ing. h.c.), Stellenbosch University, Südafrika (2017) und Université de Liège, Belgien (2015);
- Dr.-Ing. und Dr. rer. nat., Stellenbosch University (1991 und 2006);
- Dr. habil., RWTH Aachen (1995)

Industriekarriere:

- Technischer Leiter und Geschäftsführer Technologie @ Outotec (Ausmelt), Australien und Finnland (2006-2015);
- Mintek, Südafrika (1994-1996);
- Anglo American Corporation, Südafrika (1984-1985)

Professuren:

- Professor, University of Melbourne, Australien (seit 2005);
- Honorarprofessor, Aalto University, Finnland (seit 2012) und TU Bergakademie Freiberg (seit 2015);
- Gastprofessor, Central South University, China (2012-2017);
- Professor und Emeritus, TU Delft, Niederlande (1996-2012)

Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF)

Unsere Vision

… das nationale (europäische) Zentrum bei der Erforschung und Entwicklung von Technologien für eine sichere Versorgung mit mineralischen und metallischen Rohstoffen zu sein.

Unsere Ziele

Entwicklung neuer Technologien

Beiträge zur Nachhaltigkeit

Beiträge zum Wirtschaftswachstum

Ausbildung einer neuen Generation von Ressourcenspezialisten

Unsere Struktur

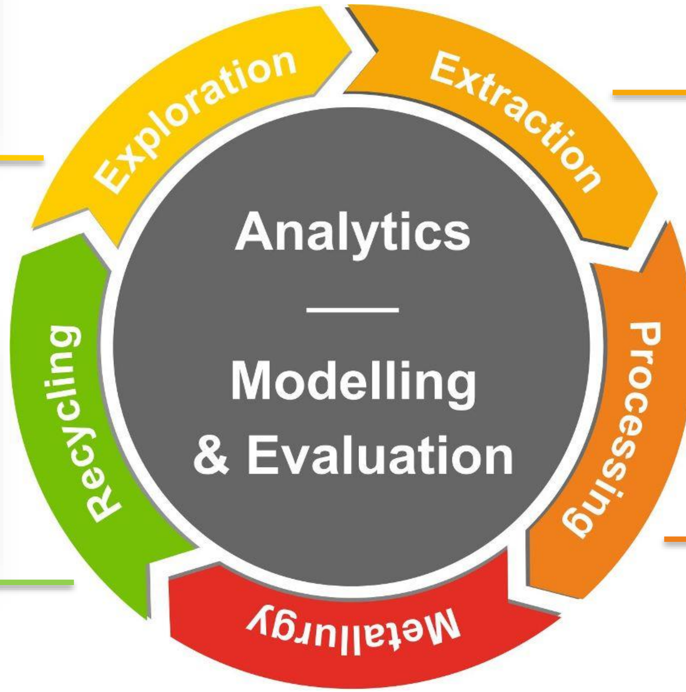
6 Abteilungen: Exploration | Aufbereitung | Metallurgie und Recycling | Analytik | Modellierung und Bewertung | Systemintegrierte Metallproduktion

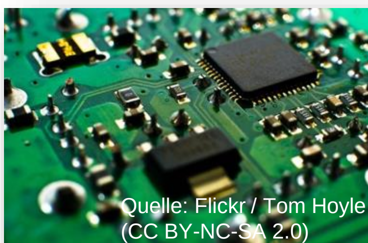
2 Forschungsgruppen: Biotechnologie | Ionenstrahlanalyse

Mitarbeiter: ca. 120 aus über 30 Ländern

Das HIF gehört zum Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR).

Forschung entlang der Wertschöpfungskette





Quelle: Flickr / Tom Hoyle
(CC BY-NC-SA 2.0)

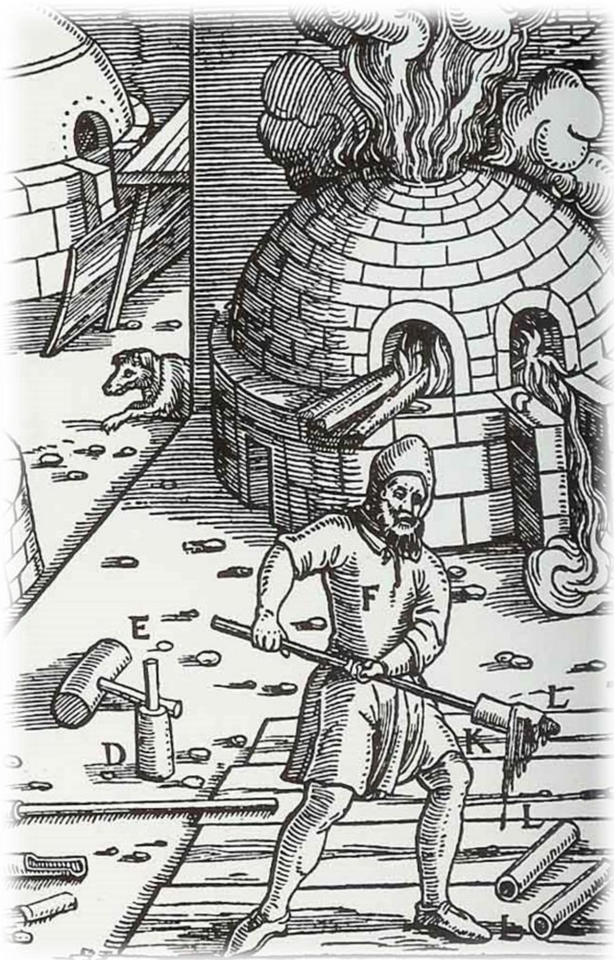
Inhalt

- Kreislaufwirtschaft / Circular Economy
- HSC Sim 9 – Werkzeugkasten für Ingenieure
- Das metallurgische Internet der Dinge
- Nachhaltig konsumieren – Infos für Verbraucher

M.A. Reuter (2016): Digitalizing the Circular Economy – Circular Economy Engineering defined by the metallurgical Internet of Things – 2016 TMS EPD Distinguished Lecture Award, USA, Metallurgical Transactions B (http://link.springer.com/article/10.1007/s11663-016-0735-5).

A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

Aus der Geschichte lernen



Quellen: https://en.wikipedia.org/wiki/De_re_metallica

Bergbau nach Agricola, *„Re Metallica",* Deutschland 1556

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Aus der Geschichte lernen

Bergbau nach „*Himmlische Schöpfungen”*, Ming-Dynastie, China 1637

Nachhaltigkeit – Ein altes Konzept

Hannß Carl von Carlowitz
Oberrabenstein-Chemnitz
1645 – 1714:
„Sylvicultura oeconomica“

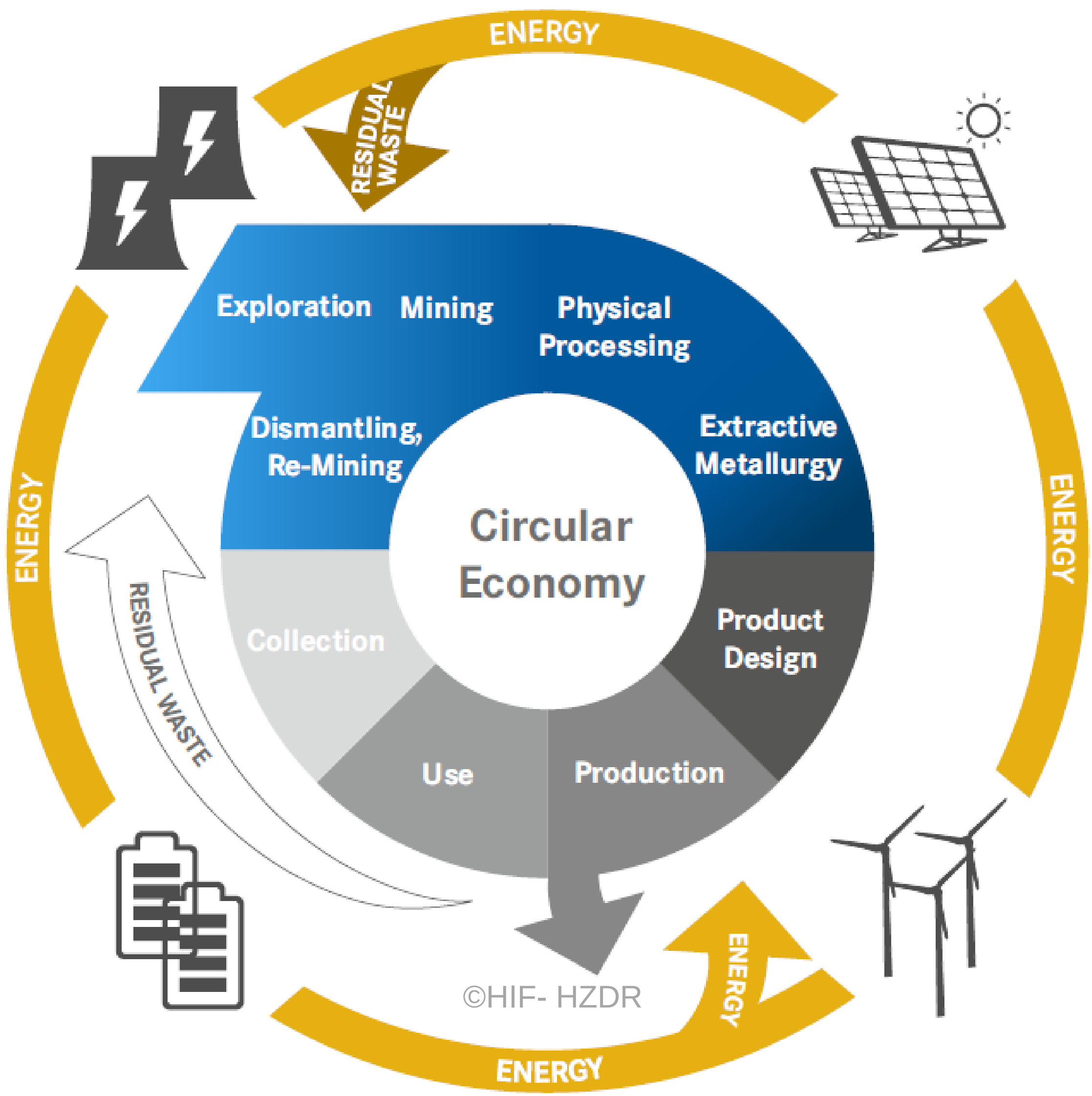
- Erste umfassende Abhandlung über die Forstwirtschaft, veröffentlicht 1713.
- Von Carlowitz gilt als Vater des nachhaltigen Waldbaus.


Mit Gott!
SYLVICVLTVRA OECONOMICA,
Oder
Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige
Anweisung
Zur
Wilden Baum-Zucht,
Nebst
Gründlicher Darstellung/
Wie zuförderst durch Göttliches Benedeyen dem allenthalben und insgemein einreissenden
Grossen Holtz-Mangel/
Vermittelst Säe- Pflantz- und Versetzung vielerhand Bäume zu prospiciren/
auch also durch Anflug und Wiederwachs des so wohl guten und schleunig anwachsend, als andern gewüchsig- und nützlichen Holtzes, gantz öde und abgetriebene Holtz-Ländereyen, Plätze und Orte widerum Holtzreich, nütz und brauchbar zu machen; Bevorab von Saam-Bäumen und wie der wilde Baum-Saamen zu sammlen, der Grund und Boden zum Säen zuzurichten, solche Saat zu bewerckstelligen, auch der junge Anflug und Wiederwachs zu beobachten. Daneben das sogenannte lebendige, oder Schlag- an Ober- und Unter-Holtz auffzubringen und zu vermehren, welchen beygefügt die Arten des Tangel- und Laub-Holtzes, theils deren Eigenschafften und was besagtes Holtz für Saamen trage, auch wie man mit frembden Baum-Gewächsen sich zu verhalten, ferner wie das Holtz zu fällen, zu verkohlen, zu äschern und sonst zu nutzen.
Alles zu nothdürfftiger Versorgung des Hauß- Bau- Brau- Berg- und Schmeltz-Wesens/
und wie eine immerwährende Holtz-Nutzung Land und Leuten/ auch jedem Hauß-Wirthe zu unschätzbaren großen Auffnehmen/ pfleglich und füglich zu erziehlen und einzuführen.
Worbey zugleich eine gründliche Nachricht von den in Churfl. Sächß. Landen
Gefundenen Turff
Dessen Natürliche Beschaffenheit/ grossen Nutzen/ Gebrauch und nützlichen Verkohlung.
Aus Liebe zu Beförderung des algemeinen Bestens beschrieben
Von
Hannß Carl von Carlowitz/
Königl. Pohl. und Churfl. Sächß. Cammer-Rath/ und Ober-Berg-Hauptmann.
Mit Königl. Pohl. und Chufürstl. Sächß. allergnädigsten PRIVILEGIO.
LEIPZIG/
verlegts Johann Friedrich Braun 1713.

Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Carl_von_Carlowitz

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Das Energie- und Rohstoffsystem



Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Auf der politischen Agenda

Sommaire en français

N° 82 - Avril 2016 - Les métaux stratégiques, un enjeu mondial ?

Coordonné par **Alain LIGER**
Ingénieur général des Mines honoraire, ancien secrétaire général du COMES

Pour lire les résumés et les articles complets, cliquez sur les titres

Avant-propos par Emmanuel MACRON,
Ministre de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique

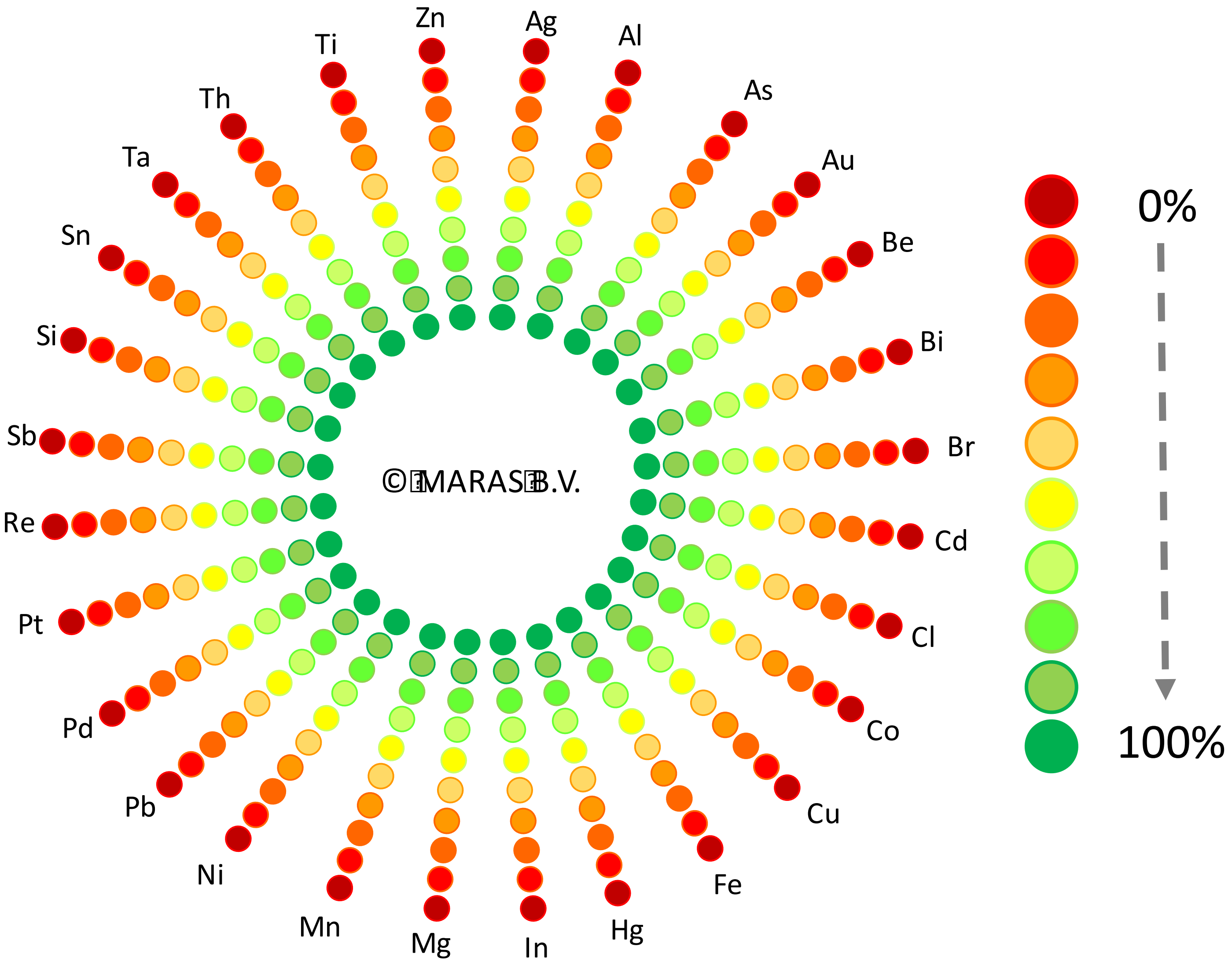
Introduction par Alain LIGER,
Ingénieur général des Mines honoraire, ancien secrétaire général du COME

Cadre général et stratégie des Etats

Développement économique et croissance des usages des métaux
Par **Patrice CHRISTMANN**
Direction de la Stratégie et de la Recherche, BRGM

Strategic metal recycling: adaptive metallurgical processing infrastructure and technology are essential for a Circular Economy
By **Markus A. REUTER**
Director Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology
and
Antoinette VAN SCHAIK
Director/owner/founder Material Recycling and Sustainability (MARAS) B.V.

Rückgewinnung von Metallen



A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World of Metallurgy – ERZMETALL, 69(4), 201-216.

Die Fairphone-Recyclingstudie

FAIRPHONE

Recyclability of EoL Products

Miquel Ballester, Dr. ir. Antoinette van Schaik, Prof. Dr. Dr. h.c. Markus A. Reuter

Blog 1: 27.2.2017 & Blog 2: 8.8.2017

MARAS
Material Recycling and Sustainability

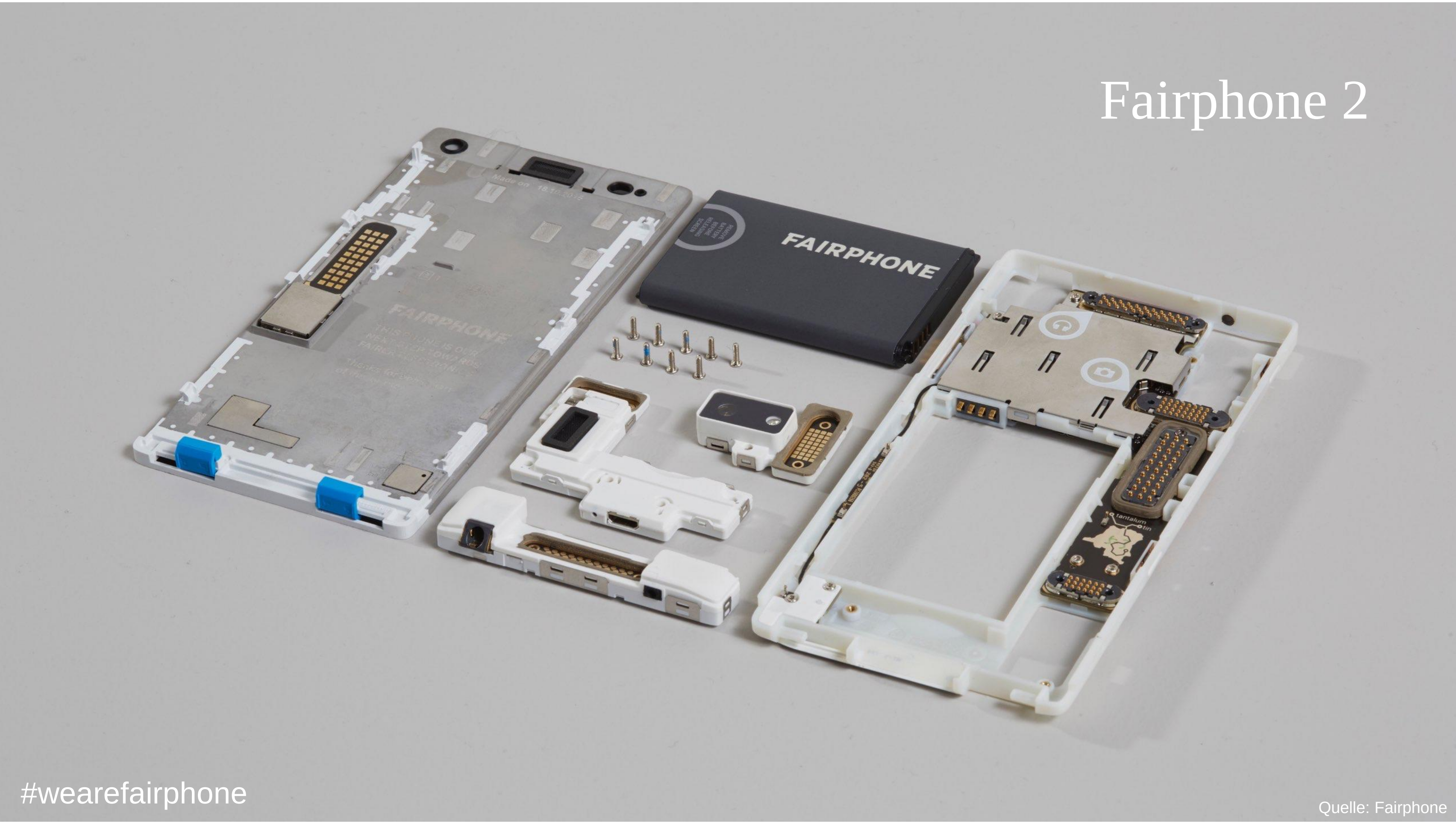
Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology
HELMHOLTZ ZENTRUM DRESDEN ROSSENDORF
TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Quelle: Fairphone

Blog1: https://www.fairphone.com/en/2017/02/27/recyclable-fairphone-2/

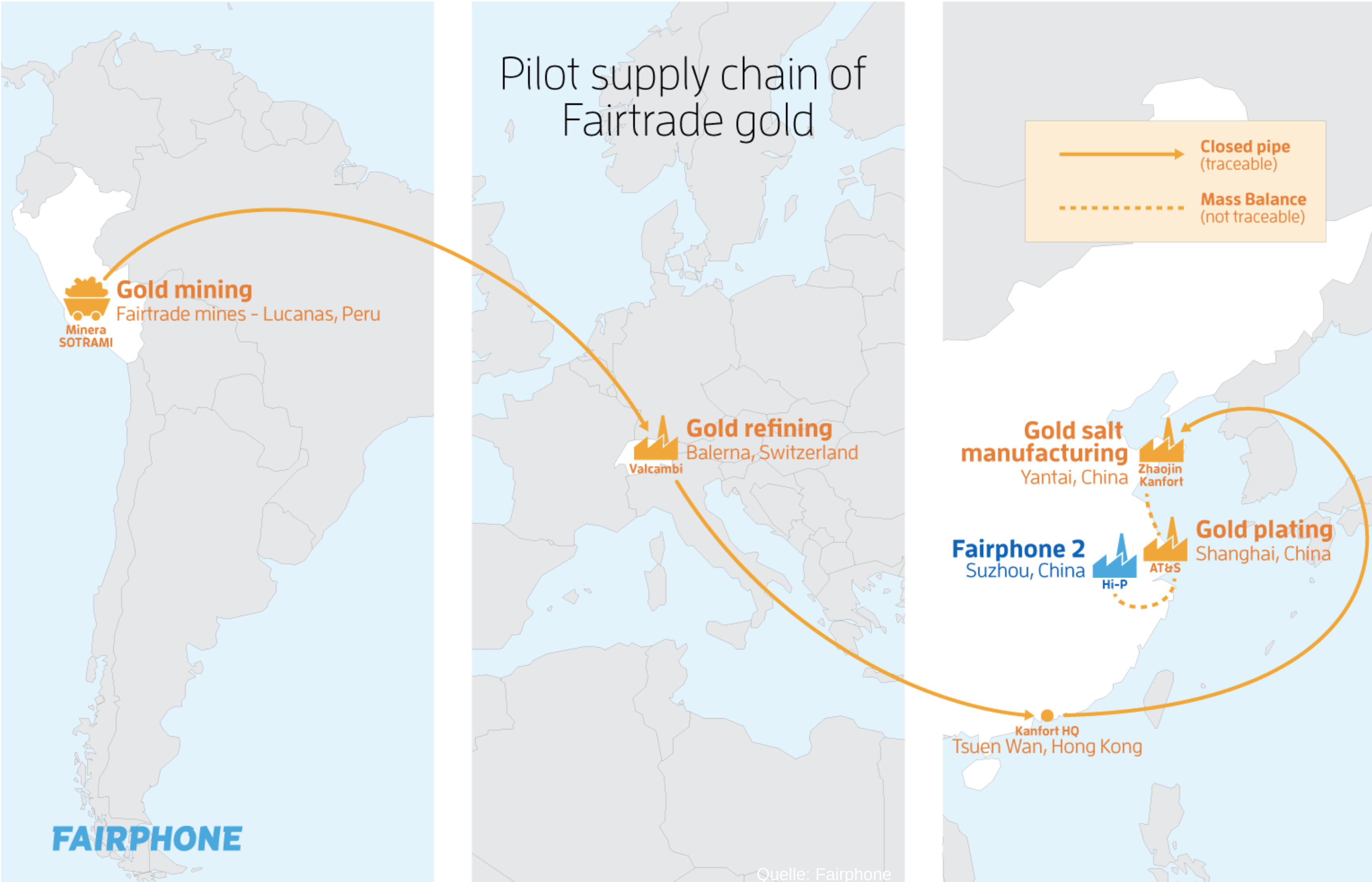
Blog2: https://www.fairphone.com/en/2017/08/08/examining-the-environmental-footprint-of-electronics-recycling/

Modularer Aufbau



Quelle: Fairphone

Gold als Fairtrade-Ware



Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

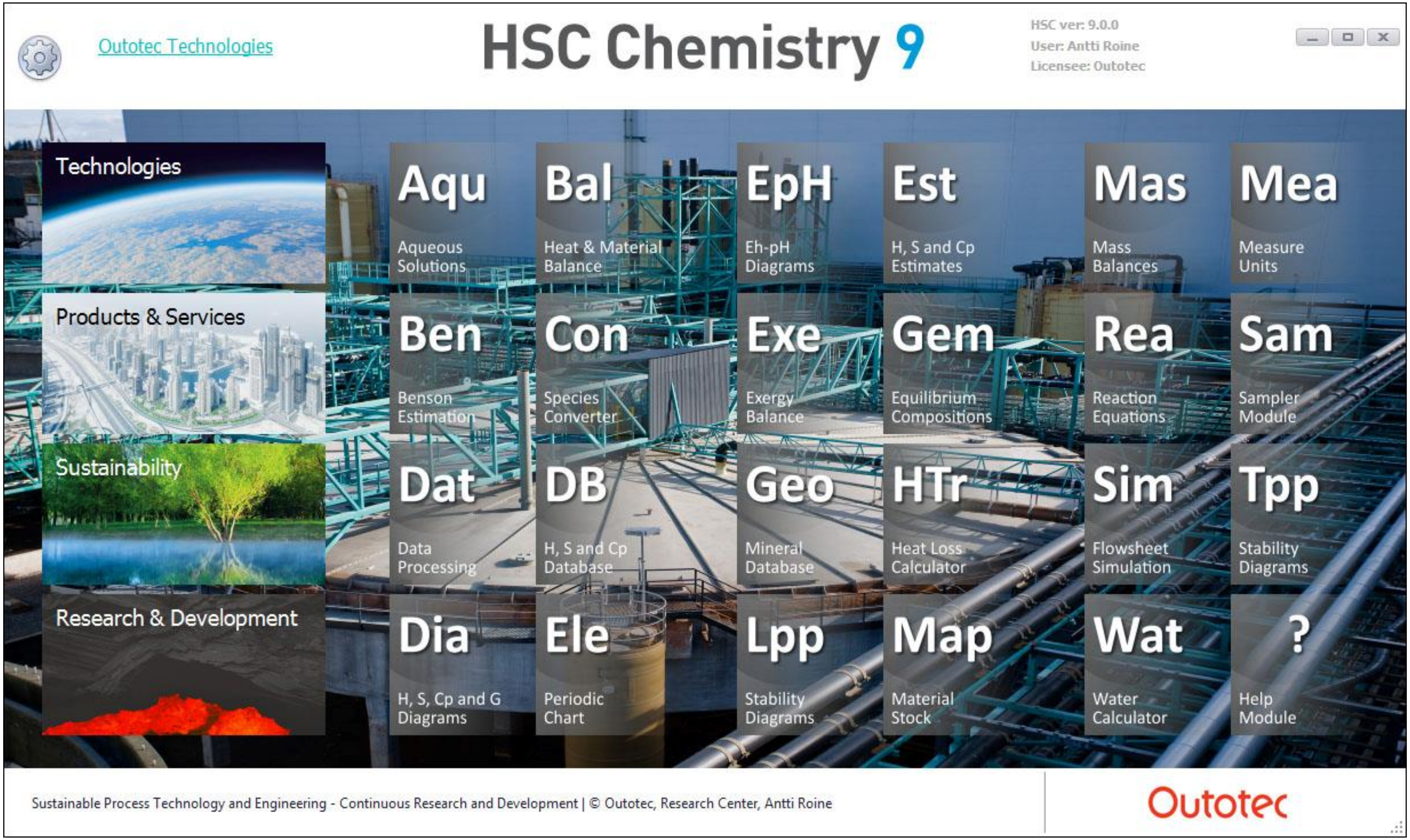
Inhalt

- Kreislaufwirtschaft / Circular Economy
- HSC Sim 9 – Werkzeugkasten für Ingenieure
- Das metallurgische Internet der Dinge
- Nachhaltig konsumieren – Infos für Verbraucher

M.A. Reuter (2016): Digitalizing the Circular Economy – Circular Economy Engineering defined by the metallurgical Internet of Things – 2016 TMS EPD Distinguished Lecture Award, USA, Metallurgical Transactions B (http://link.springer.com/article/10.1007/s11663-016-0735-5).

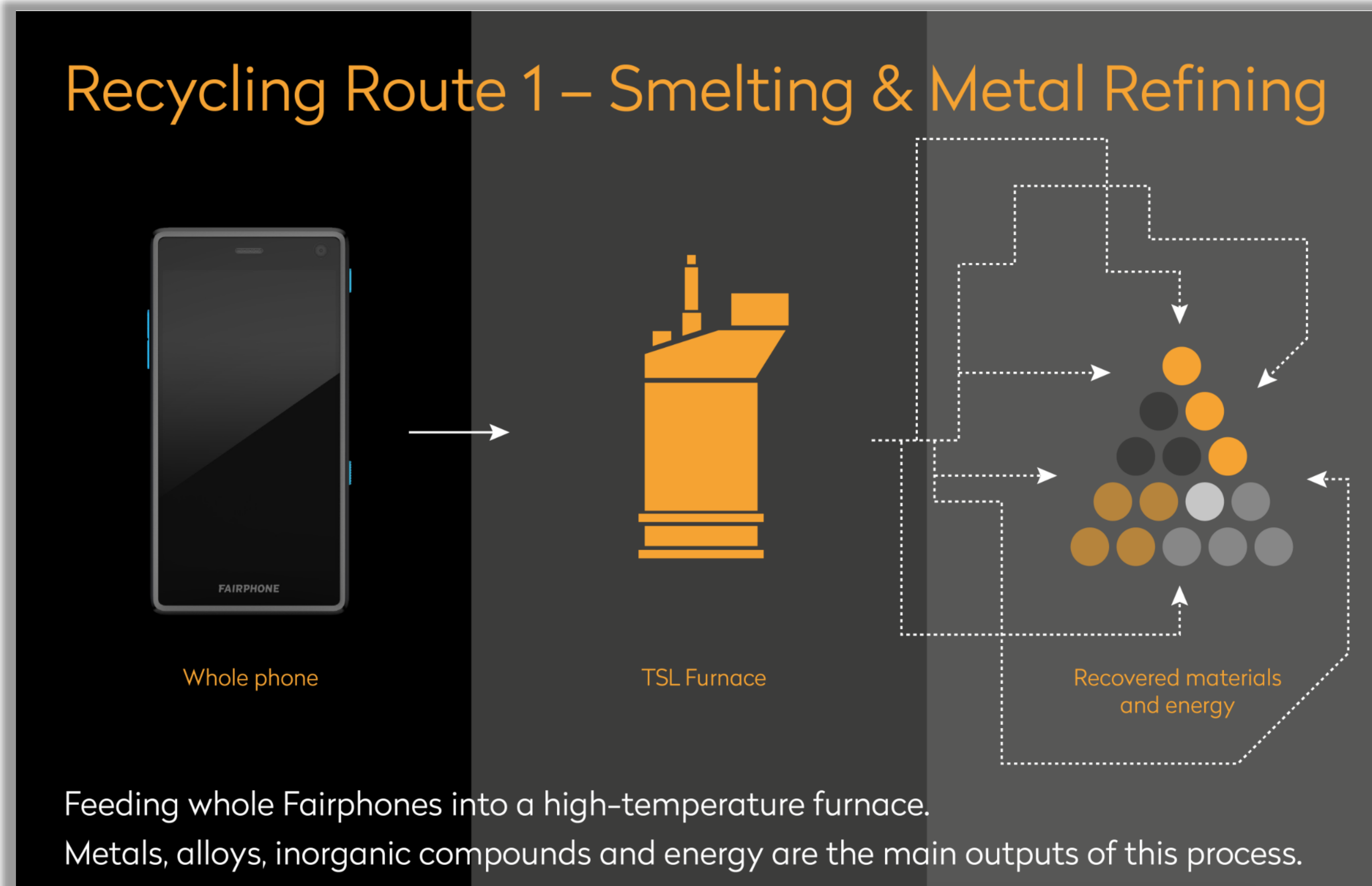
A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

Werkzeugkasten für Ingenieure



M.A. Reuter, A. van Schaik, J. Gediga (2015): Simulation-based design for resource efficiency of metal production and recycling systems, Cases: Copper production and recycling, eWaste (LED Lamps), Nickel pig iron, International Journal of Life Cycle Assessment, 20(5), 671-693.

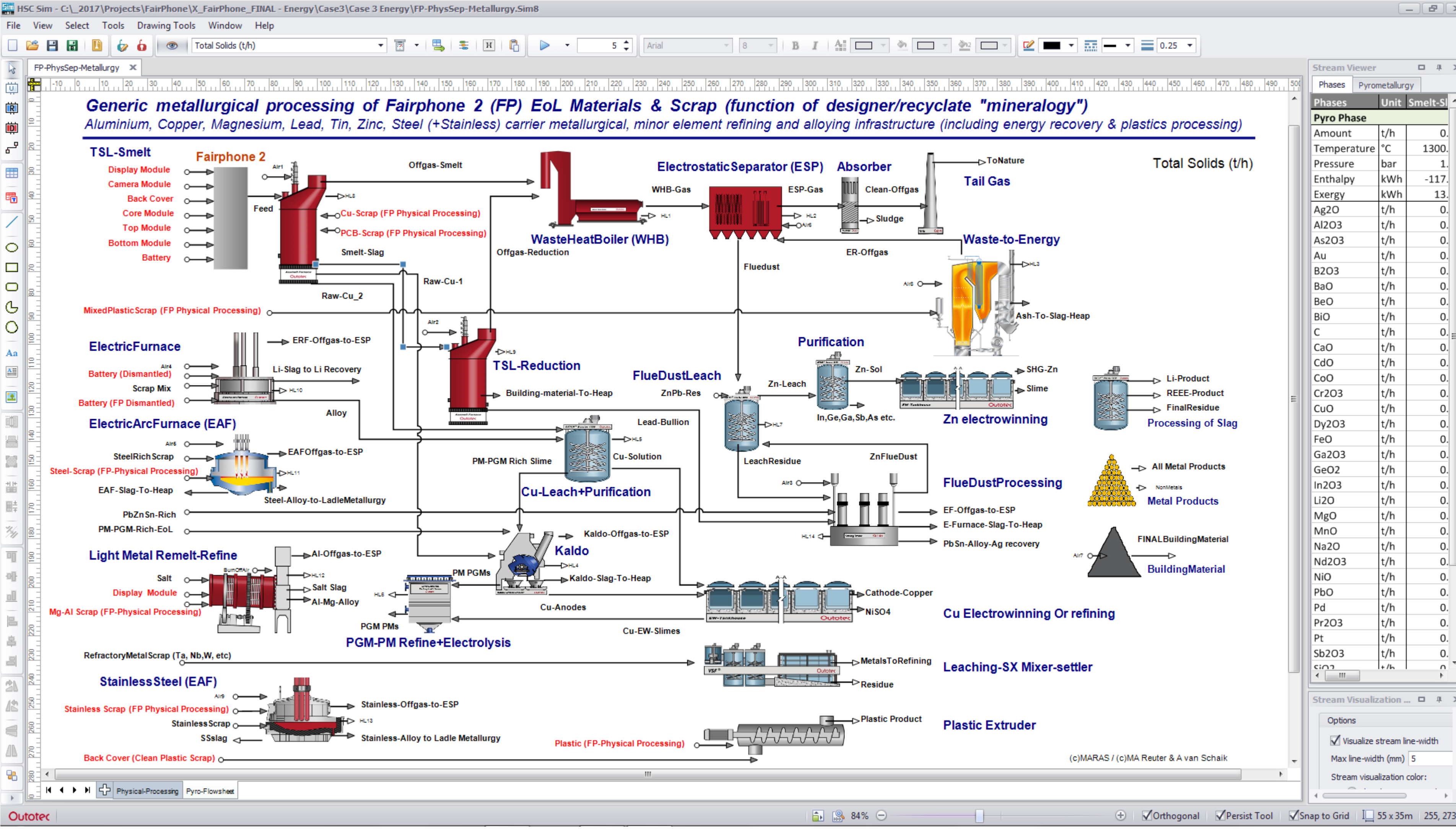
Fairphone: Recyclingweg 1



Quelle: Fairphone

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

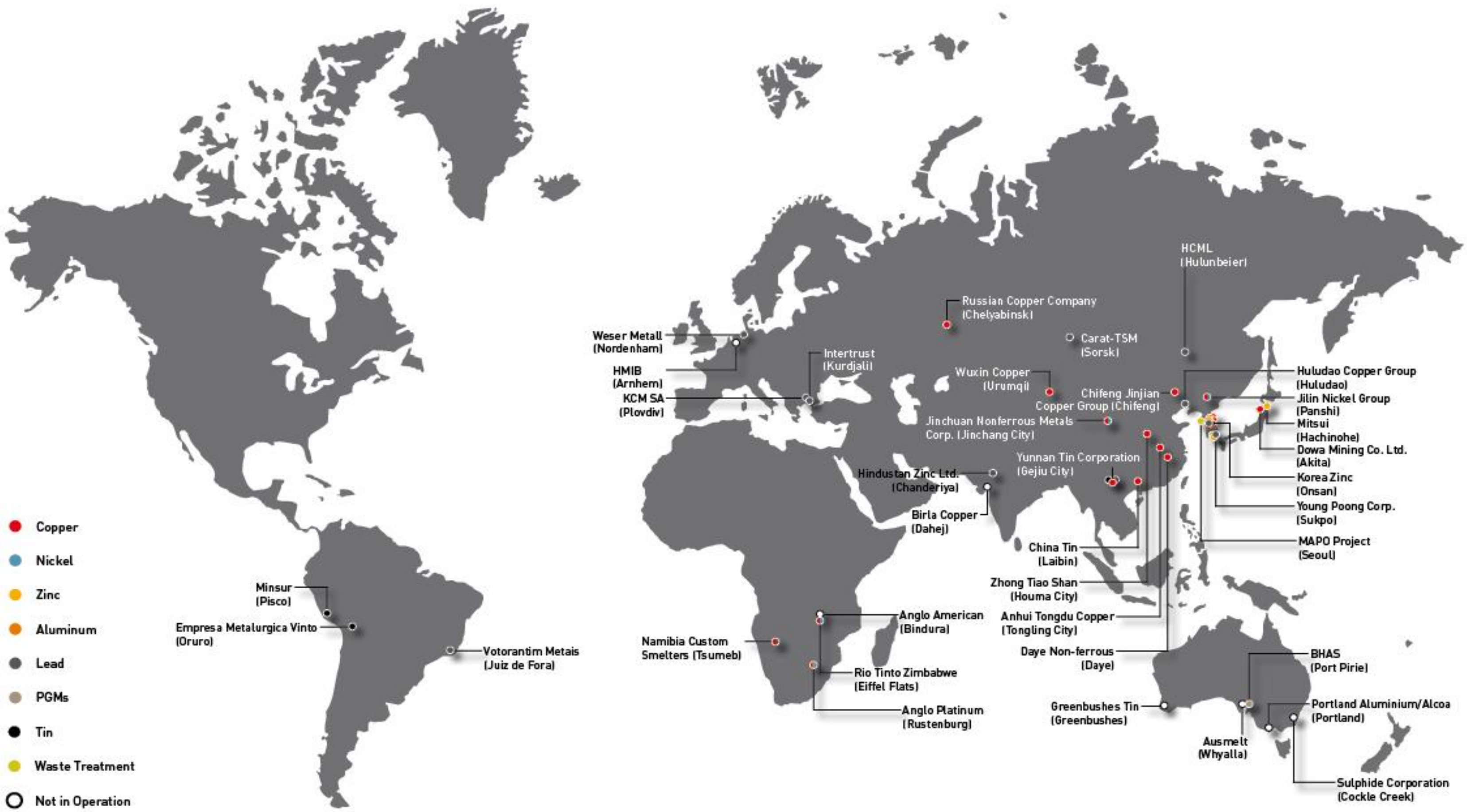
Fairphone: Recyclingweg 1 – Verfahrensfließbild



Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Recyclingtechnologien im globalen Einsatz

Outotec Ausmelt
TSL Plants (65)



Quelle: www.outotec.com

Kosaka/DOWA (Japan) und Freiberg

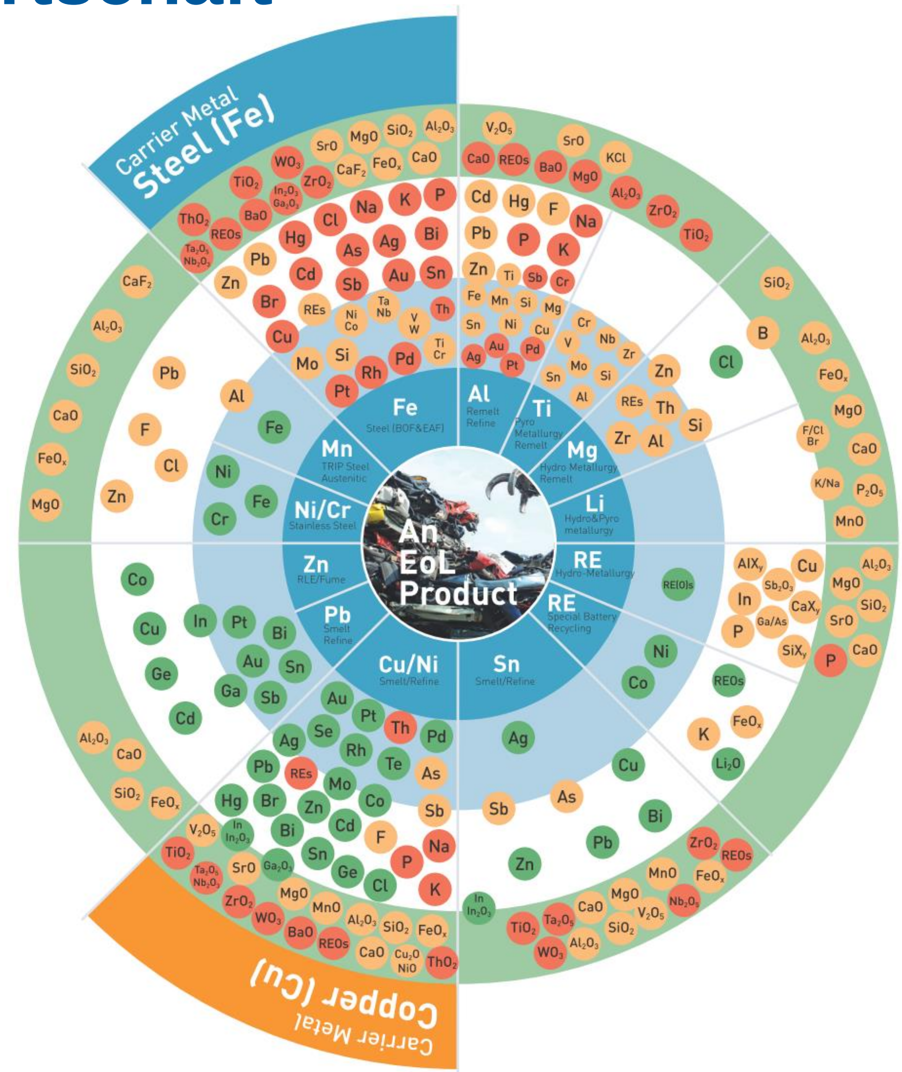
Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Kosaka_mine

Kurt Adolph Netto (Freiberg),
Direktor Ag-Pb-Mine,
Kosaka, 1873

Meine Verbindung nach Kosaka: TSL-Schmelzofen, seit 2008

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Komplexe “Konsumminerale” – Die Grenzen der Kreislaufwirtschaft



Reuter et al., United Nations Environmental Protection (UNEP) Report (2013) “Metal Recycling: Opportunities Limits Infrastructure”
http://www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling

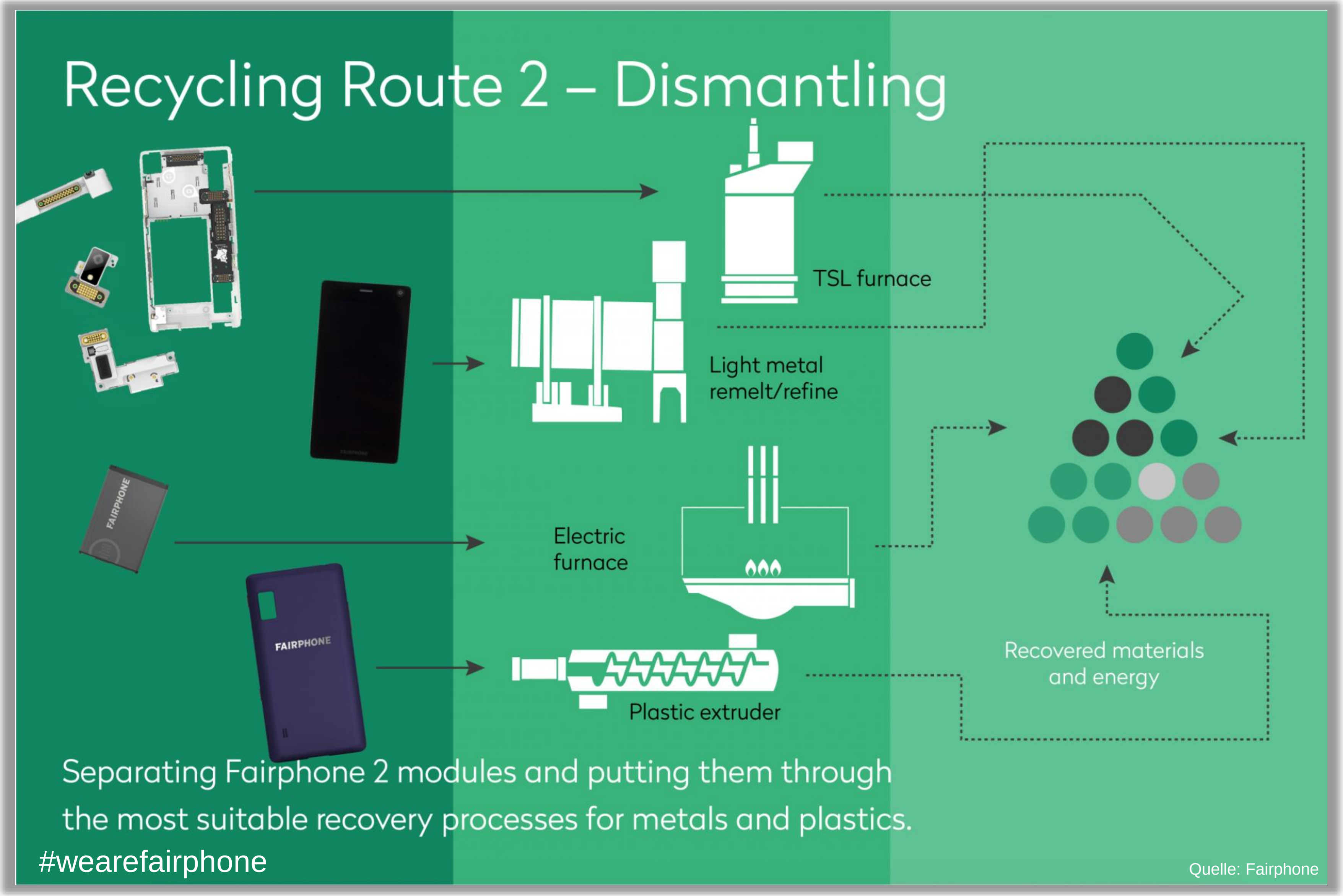
Inhalt

- Kreislaufwirtschaft / Circular Economy
- HSC Sim 9 – Werkzeugkasten für Ingenieure
- Das metallurgische Internet der Dinge
- Nachhaltig konsumieren – Infos für Verbraucher

M.A. Reuter (2016): Digitalizing the Circular Economy – Circular Economy Engineering defined by the metallurgical Internet of Things – 2016 TMS EPD Distinguished Lecture Award, USA, Metallurgical Transactions B (http://link.springer.com/article/10.1007/s11663-016-0735-5).

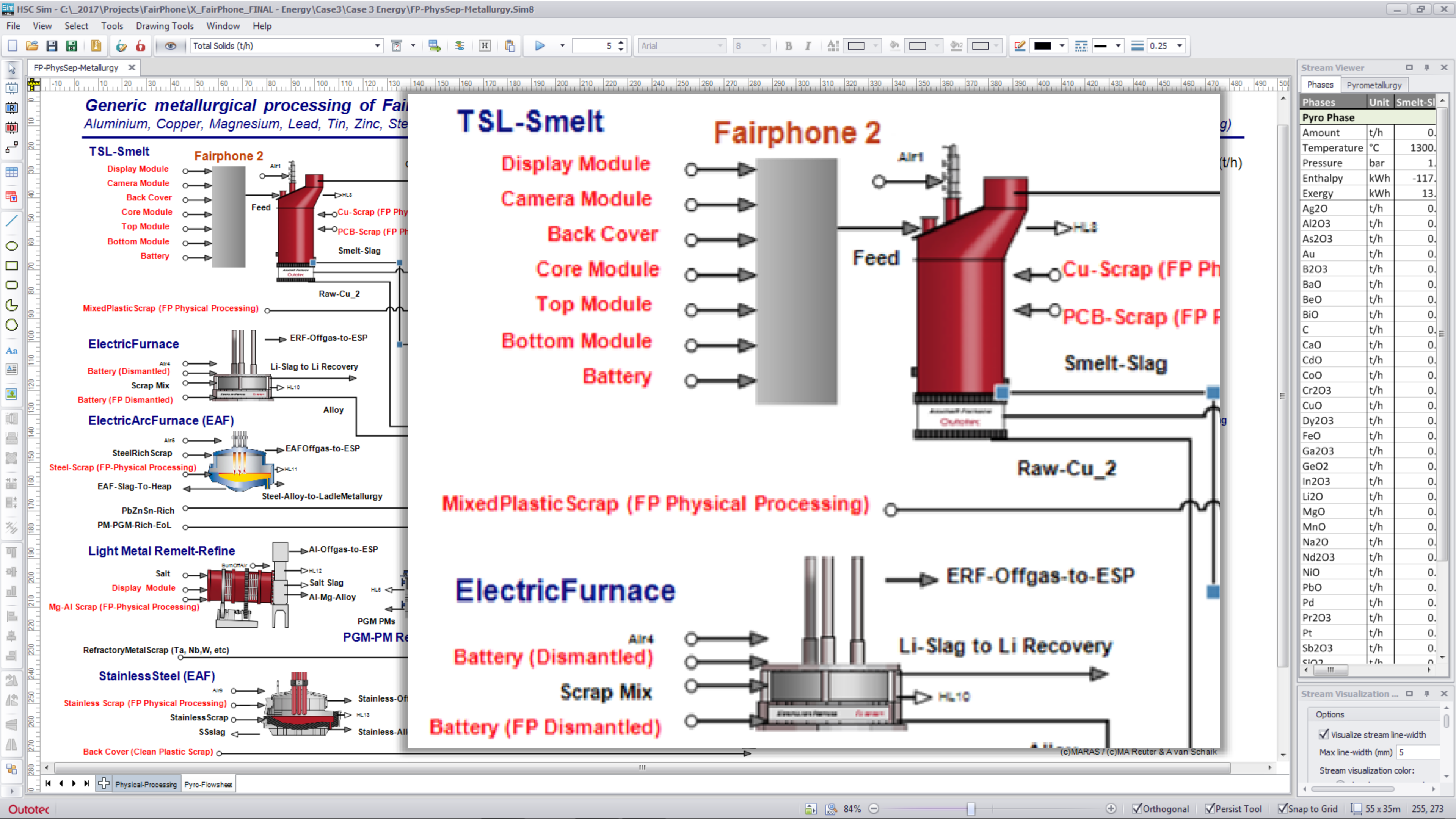
A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

Fairphone: Recyclingweg 2



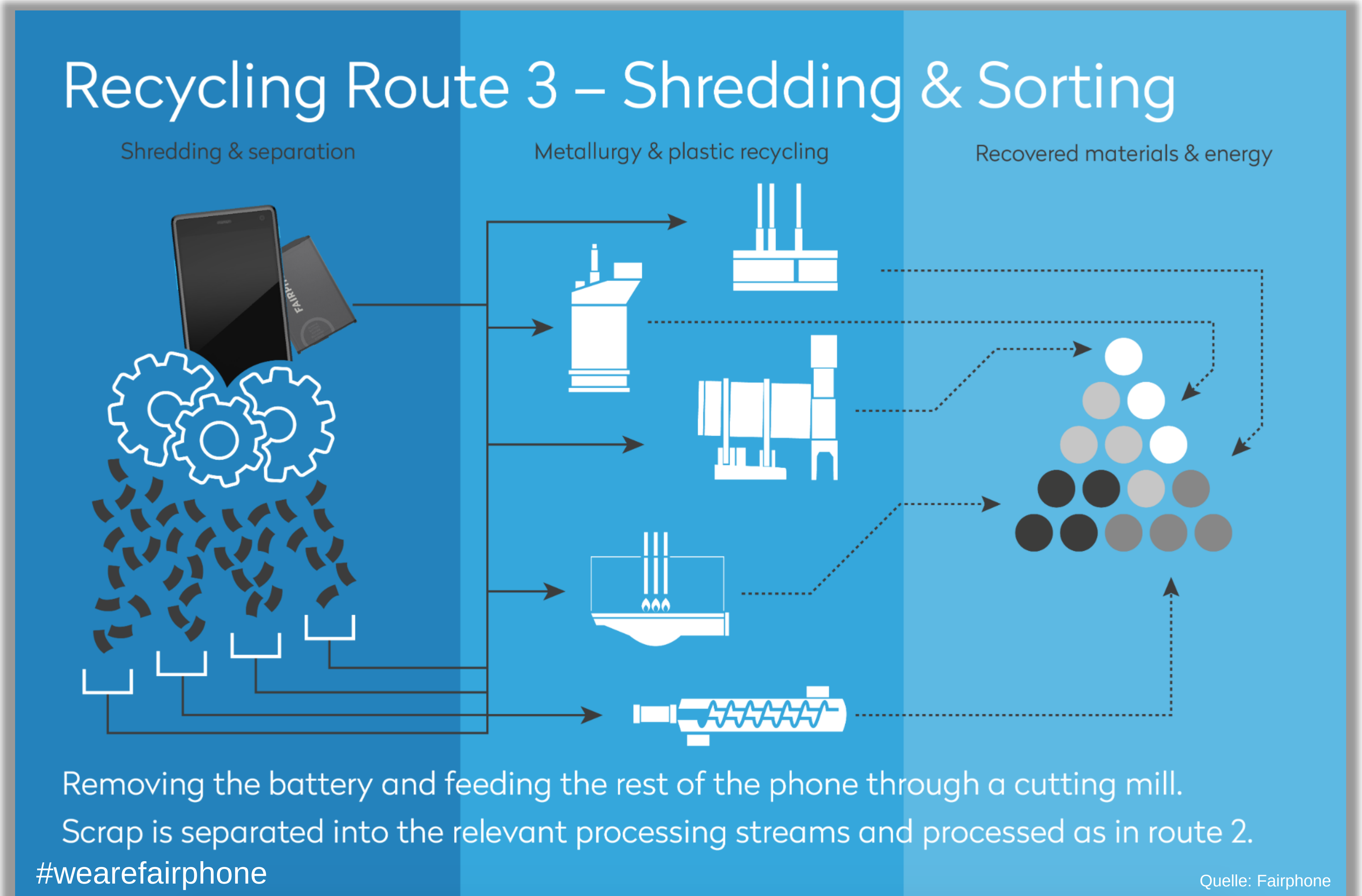
Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Fairphone: Recyclingweg 2 – Verfahrensfließbild



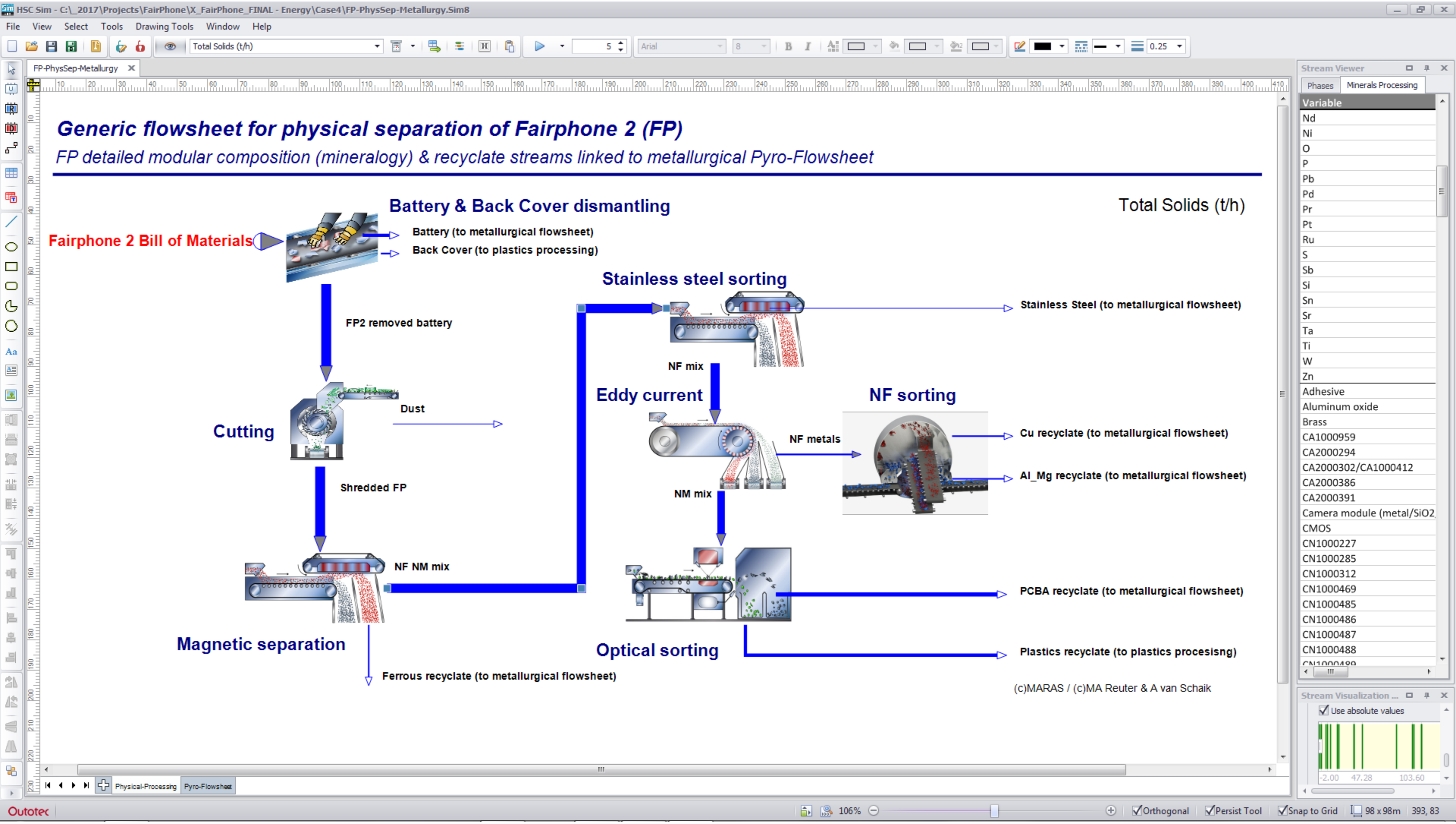
Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Fairphone: Recyclingweg 3



Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Fairphone: Recyclingweg 3 – Verfahrensfließbild



Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

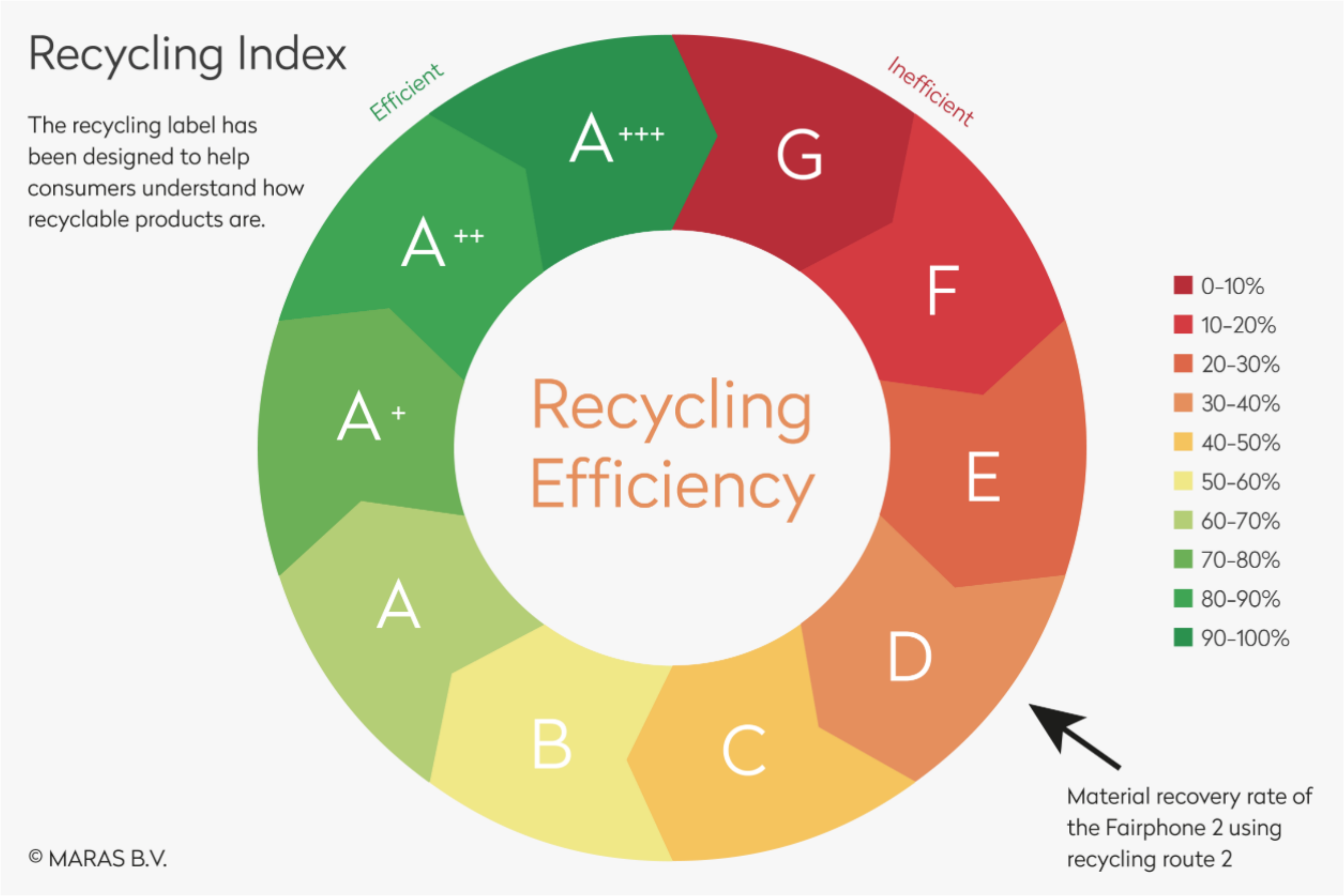
Inhalt

- Kreislaufwirtschaft / Circular Economy
- HSC Sim 9 – Werkzeugkasten für Ingenieure
- Das metallurgische Internet der Dinge
- Nachhaltig konsumieren – Infos für Verbraucher

M.A. Reuter (2016): Digitalizing the Circular Economy – Circular Economy Engineering defined by the metallurgical Internet of Things – 2016 TMS EPD Distinguished Lecture Award, USA, Metallurgical Transactions B (http://link.springer.com/article/10.1007/s11663-016-0735-5).

A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

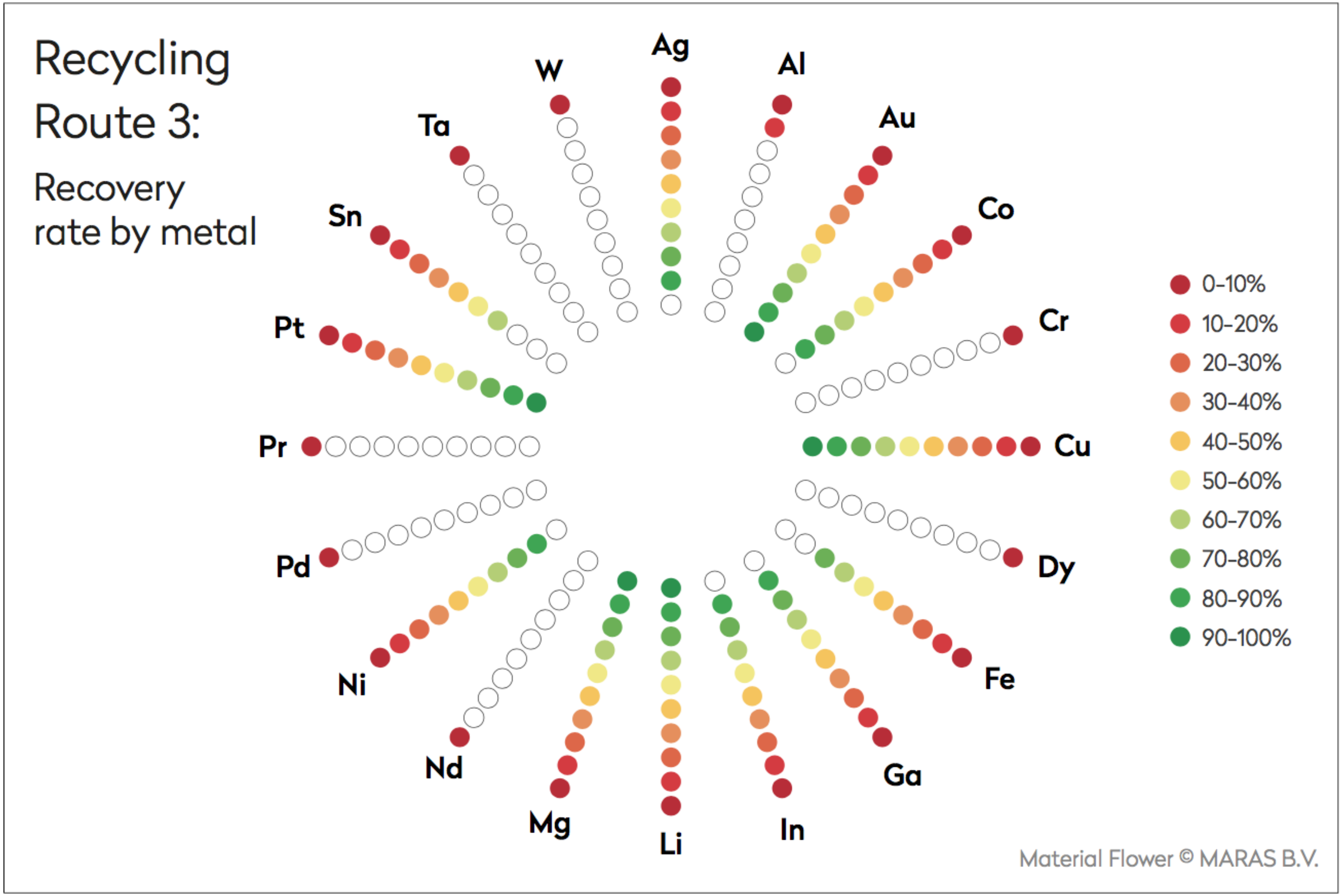
Recycelbarkeit des Fairphone: Das Ergebnis



Recyclingindex: entwickelt von Van Schaik und Reuter;
macht die Recycelbarkeit eines Produkts transparent für den Verbraucher

A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

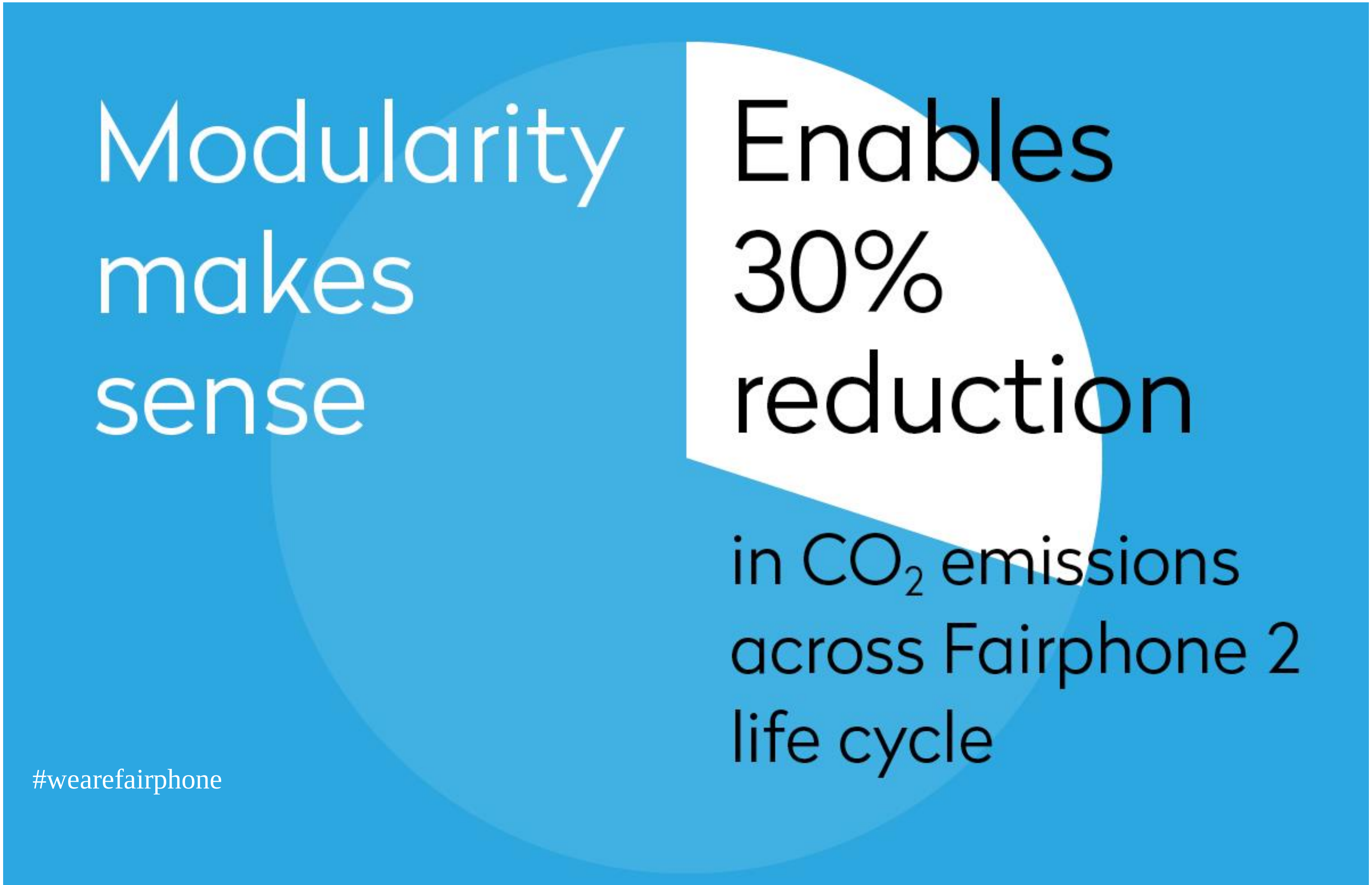
Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



Materialblume: entwickelt von Van Schaik und Reuter; zeigt das Spektrum an recycelbaren Elementen

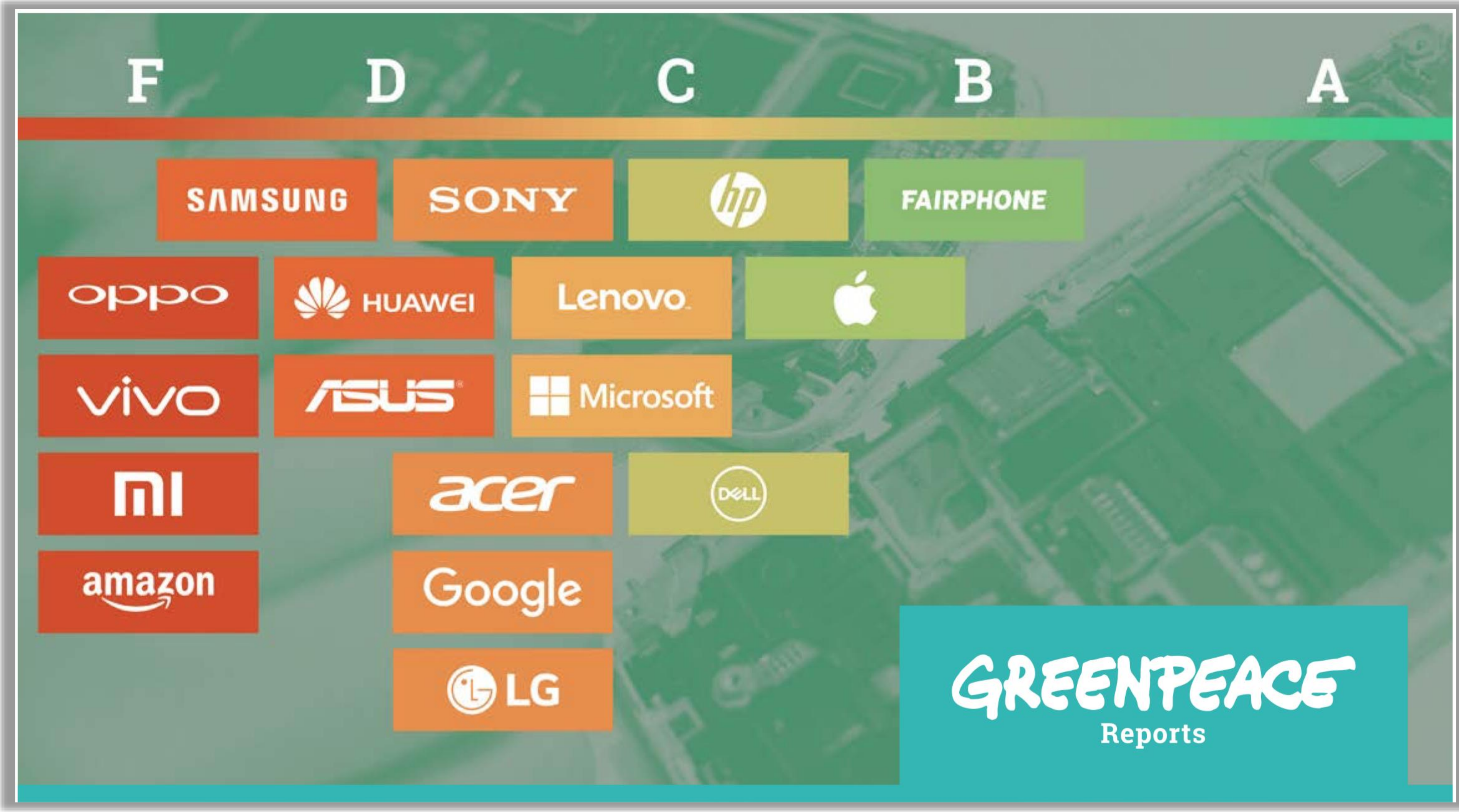
A. van Schaik, M.A. Reuter (2016): Recycling indices visualizing the performance of the Circular Economy, World ERZMETALL, 69(4), 201-216.

Module verbessern das Recycling



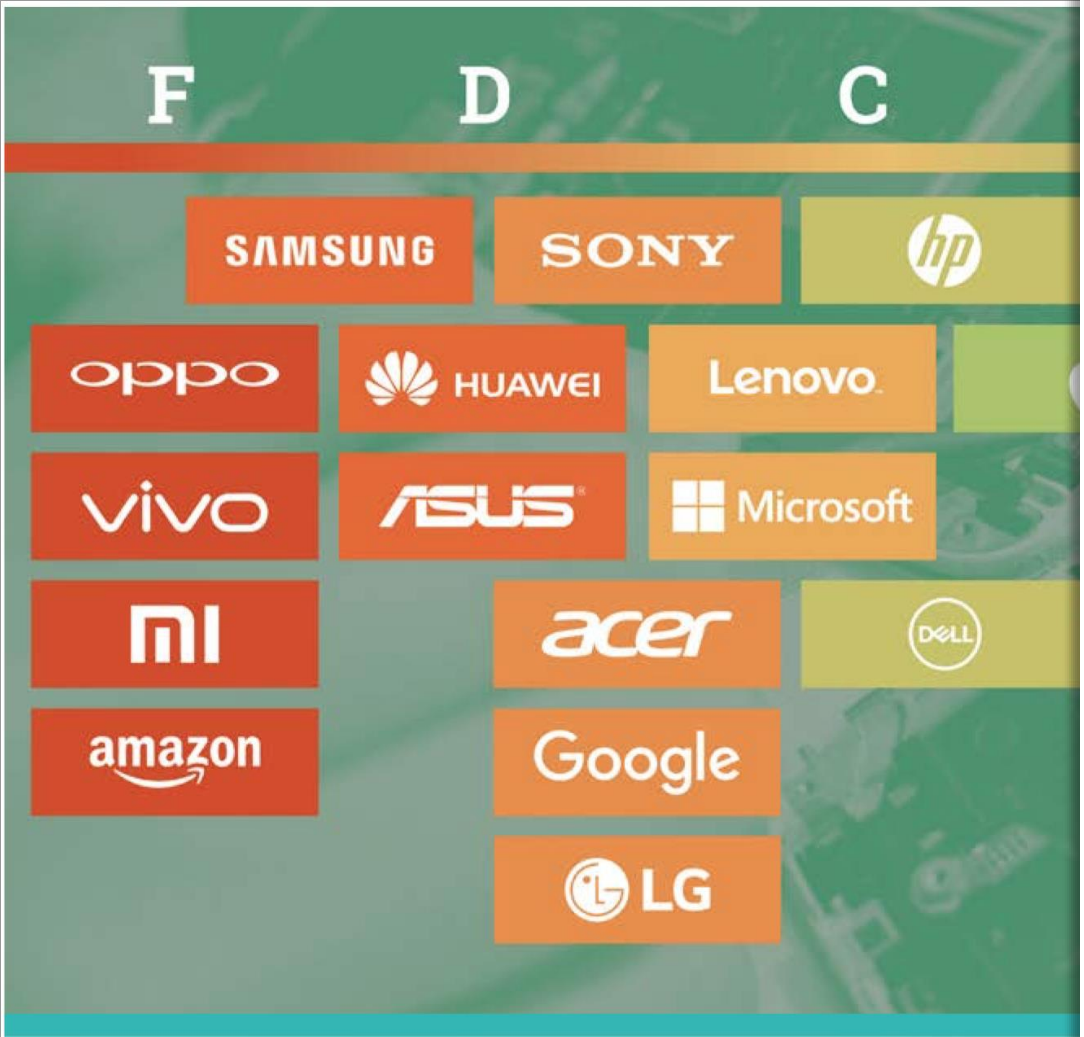
Quelle: Fairphone

Greenpeace: Wegweiser für eine “grünere” Elektronik – Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft



http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2017/10/Guide-to-Greener-Electronics-2017.pdf

Greenpeace: Wegweiser für eine "grünere" Elektronik – Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft



CIRCULAR PRODUCTION EXPLAINED

Closed-loop: The sourcing of materials for new electronics from obsolete electronics, thus reducing e-waste.

Open-loop: The sourcing of recycled/secondary inputs from the waste flows of other sectors.

Closed-loop recycled content cannot exist without products also being designed for high recyclability, to supply secondary resources of a sufficient quality to be reused in new products. While 100% recovery of materials is not currently possible because of device complexity,[49] there is still much room for improvement in both product design and take-back programs to increase overall recovery rates of devices and the materials contained within them In February 2017, Fairphone published a study which determined that dismantling devices at end of li

Die Fairphone-Studie wird zitiert!

broader amount of materials, compared to just shredding or smelting alone. In addition, Fairphone found that modular design can help improve the recovery rates of essential metals for electronics including gold, copper, silver, cobalt, nickel, palladium, platinum, gallium, indium, zinc, tungsten and tantalum.[50] Modular design can also enable the recovery and reuse of still functioning components as spare parts.

http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2017/10/Guide-to-Greener-Electronics-2017.pdf

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Exergie-Fußabdruck der Kreislaufwirtschaft

Quelle: https://fineartamerica.com/featured/a-zebra-winged-butterfly-at-the-lincoln-joel-sartore.html

- **Ellen MacArthur** visualisiert die Kreislaufwirtschaft mit all ihren Akteuren in Form eines Schmetterlings. Ob dieser starten kann, hängt ab vom Exergie-Fußabdruck der Beteiligten.
- Exergie, Energie und Stoffbilanz in der Kreislaufwirtschaft: Hintergrund, Werkzeuge (HSC Sim 9) und aktuelle Beispiele (Fairphone, Greenpeace):

www.link.springer.com/article/10.1007/s11663-016-0735-5 & www.outotec.com/products/digital-solutions/hsc-chemistry
www.fairphone.com/en/2017/02/27/recyclable-fairphone-2/ & www.fairphone.com/en/2017/08/08/examining-the-environmental-footprint-of-electronics-recycling/
http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2017/10/Guide-to-Greener-Electronics-2017.pdf

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Backup-Folien

DOWA Holdings, Japan

http://www.dowa.co.jp

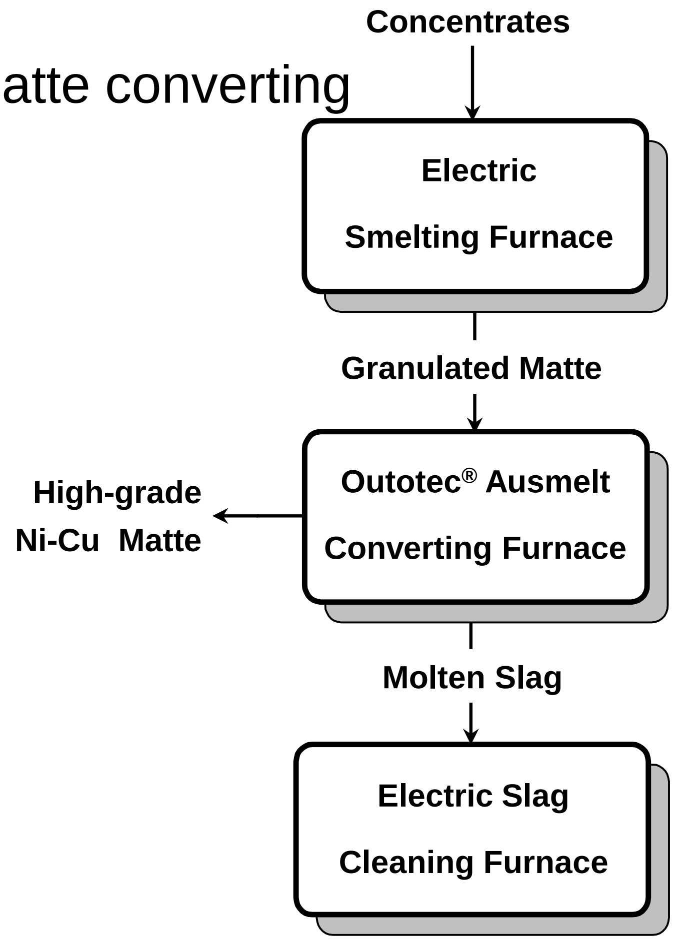
Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Aufbereitungsanlage für Zink – Xing’an, China

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Schmelzofen: Nickel und PGMs

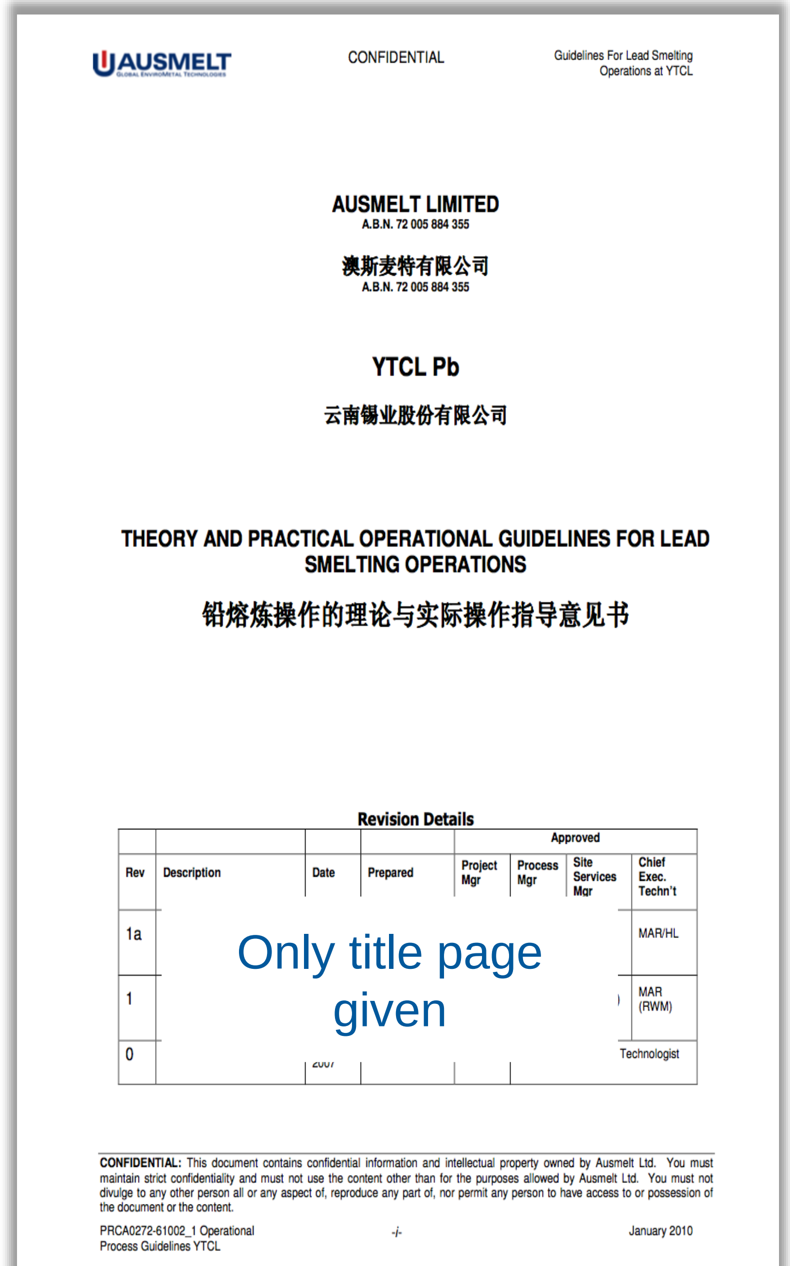
- Anglo Platinum
  - **Process:** Continuous nickel-copper matte converting
  - **Capacity:** 210ktpa feed throughput
  - **Commissioned:** 2002



J.A. Coveney, B.R. Baldock, S. Hughes, M.A. Reuter (2009): Ausmelt Technology for Nickel & PGM'S Processing, Proceedings Pyrometallurgy of Nickel and Cobalt, Eds, J. Liu, J. Peacey, M. Barati, S. Kashani-Nejad and B. Davis, COM 2009 MetSoc, Montreal, Canada, 169-180 (August 23-26, Sudbury, Ontario).

Blei-Hütte, China

- Design capacity
  - 190,000 t/y lead concentrates
  - 100,000 t/y refined lead
  - 160 t/y silver
  - 86,000 t/y sulphuric acid
- 3 stage batch process
  - Smelting, slag reduction, zinc fuming


AUSMELT | CONFIDENTIAL | Guidelines For Lead Smelting Operations at YTCL

AUSMELT LIMITED
A.B.N. 72 005 884 355

澳斯麦特有限公司
A.B.N. 72 005 884 355

YTCL Pb

云南锡业股份有限公司

THEORY AND PRACTICAL OPERATIONAL GUIDELINES FOR LEAD SMELTING OPERATIONS

铅熔炼操作的理论与实际操作指导意见书

Revision Details

Rev	Description	Date	Prepared	Approved: Project Mgr	Approved: Process Mgr	Approved: Site Services Mgr	Approved: Chief Exec. Techn't
1a							MAR/HL
1							MAR (RWM)
0		2007					Technologist

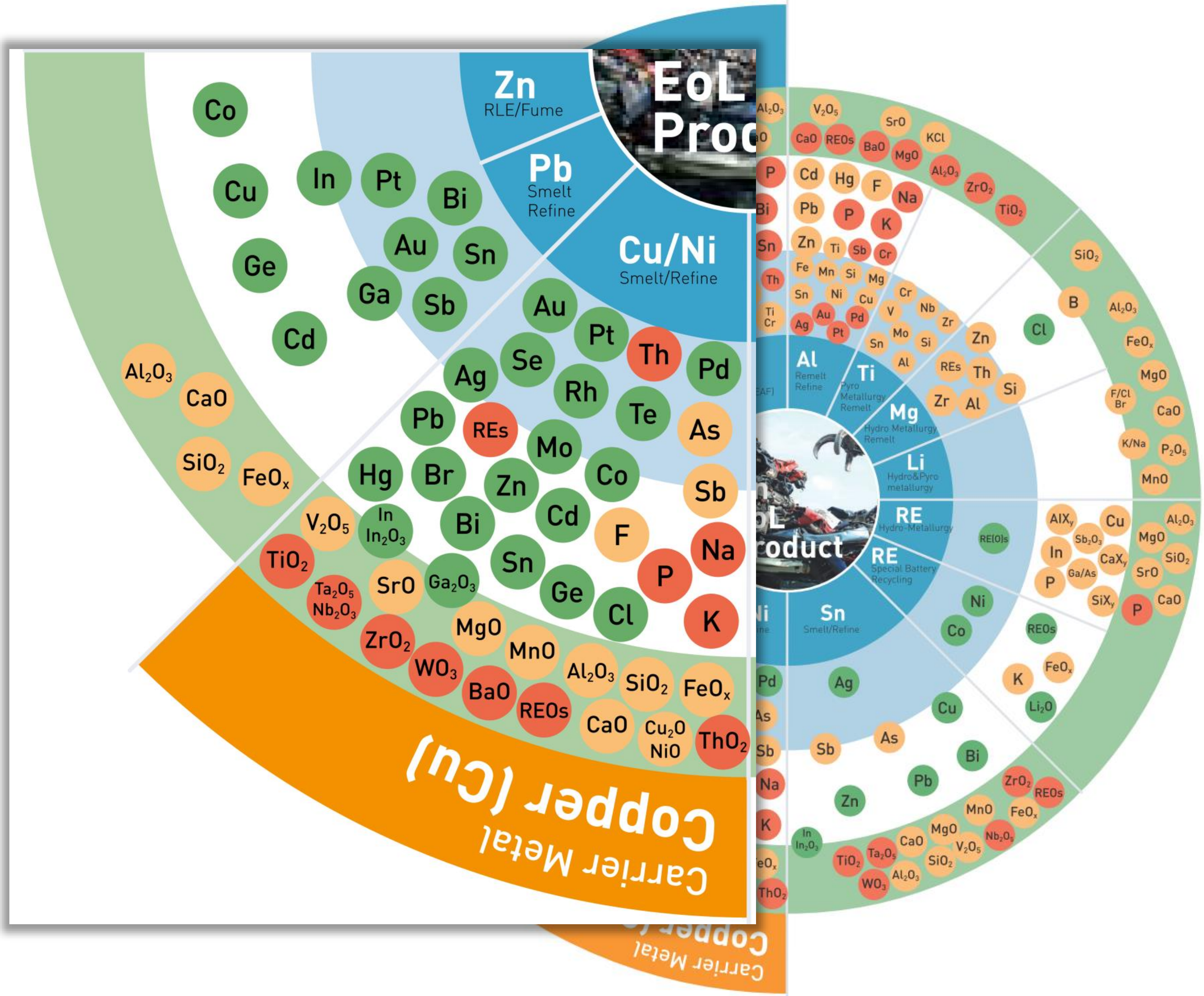
Only title page given

CONFIDENTIAL: This document contains confidential information and intellectual property owned by Ausmelt Ltd. You must maintain strict confidentiality and must not use the content other than for the purposes allowed by Ausmelt Ltd. You must not divulge to any other person all or any aspect of, reproduce any part of, nor permit any person to have access to or possession of the document or the content.

PRCA0272-61002_1 Operational Process Guidelines YTCL | -i- | January 2010

Gu Helin, Song Xingcheng, Lan Xu, Ross Baldock, Ross Andrews, Markus Reuter (2012): Design and Commissioning of the Ausmelt TSL Lead Smelter at Yunnan Tin Company Limited, International Smelting technology Symposium, The Minerals, Metals & Materials Society (TMS) Warrendale, Pennsylvania, TMS Annual Meeting, Orlando (12-15th March 2012), Wiley, 11-22.

Komplexe “Konsumminerale” – Die Grenzen der Kreislaufwirtschaft



Reuter et al., United Nations Environmental Protection (UNEP) Report (2013) “Metal Recycling: Opportunities Limits Infrastructure” http://www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling

Prof. Dr. Dr. mult. h.c. Markus A. Reuter
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

arvi

Material Value Chains

WEEE Recycling Simulation Model

Created on Outotec's HSC Chemistry Software Platform

Susanna Nevalainen (Aalto U), Antti Roine (Outotec), Markus Reuter (Helmholtz-Institute)

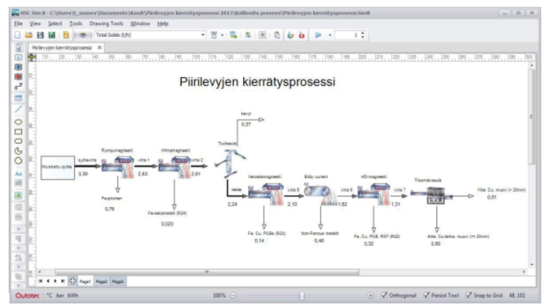
WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) recycling simulation model demonstrates the possibilities of HSC Chemistry software to simulate and optimize material streams in real recycling processes, which may be used to LCA analysis.

RECYCLING SIMULATION IN HSC SIM MODULE

1) DEFINE THE FEED
Select or create materials and particles that flow through the recycling process. basic properties of material are defined when material is created.

2) SELECT RECYCLING MODELS
Select which crushers, screens and separators are used in the process.

3) DEFINE RECYCLING MODEL SETTINGS
Define used probability distribution, accuracy of



WEEE RECYCLING SIMULATION MODEL

The case study of W
recycling process
Kuusakoski in 2013
model was calibrate
behavior. The process
separator, gravity separator and screen.

Even without calibration, it was noticed that most of the particles acted in a typical way. For example, aluminum particles mainly left the process in the eddy current separator. With a simple calibration, mass balance was also managed to match with the given data.

The WEEE recycling simulation model indicates that recycling units can be used as a good base for WEEE simulation and also for other recycling processes locally and globally. With HSC Sim, processes can be optimized efficiently without safety risks or loss of valuable materials.

Outotec www.outotec.com/HSC

Solution Architect for Global Bioeconomy & Cleantech Opportunities

Kuusakoski, Finland

RECYCLING UNIT MODELS AVAILABLE IN HSC SIM

- Feed Creator
- Crusher
- General Screen
- Gravity Separator
- Air Classifier
- Magnetic Separator
- Eddy Current Separator
- Optical Separator
- Hand Sorting
- Custom Separator
- General Separator

FAIRPHONE

Fairphone's Report on Recyclability

Does modularity contribute to better recovery of materials?

https://www.fairphone.com/en/2017/02/27/recyclable-fairphone-2/

fairphone.com

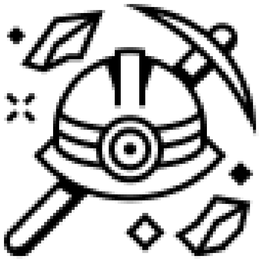
Let's bring in the experts: An analysis using the Recyclability Index

To help us gain a better understanding of the different issues related to electronics recycling, we turned to two very bright minds: Dr. Antoinette van Schaik (MARAS B.V.) and Prof. Dr. Dr. h.c. Markus A. Reuter (Freiberg, Germany), both renowned experts in recycling, sustainable technologies for metallurgy and digitalizing the circular economy. We commissioned them to investigate the recyclability of the Fairphone 2 using the Recyclability Index and Material Flower developed by van Schaik and Reuter.

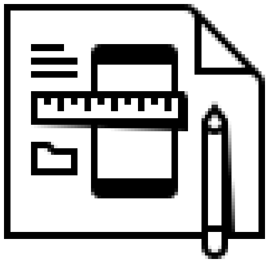
After the completion of the study, we have identified at least 45 different elements (or materials).

With this study, our aim was to research the potential recovery of all these materials in every part of the phone – from the external housing down to the tiniest capacitor.

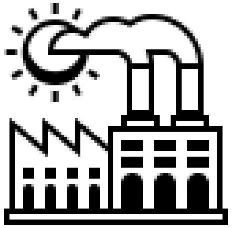
By making a phone, we want to create impact in four key areas



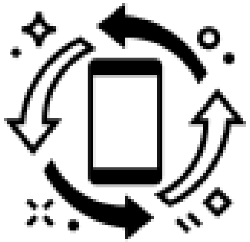
Fair Materials



Long-Lasting Design



Good working conditions



Reuse and Recycling