

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieur (Dipl.-Ing./DI) der Studienrichtung „Industrieller Umweltschutz, Entsorgungstechnik und Recycling“ an der Montanuniversität Leoben.

Qualitative und quantitative Identifizierung kritischer Rohstoffe in ausgewählten Sekundärrohstoffströmen in Österreich

Erstellung einer Sekundärrohstofflandkarte für 2030

erstellt für

Montanuniversität Leoben

Vorgelegt von:

DI Christoph Leitold, BSc

0435175

Betreuer:

Univ.-Prof. DI Dr. mont. Roland Pomberger

Mag. Robert Hermann

DI (FH) Josef Adam

Leoben, am 23.05.2016

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

AFFIDAVIT

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

DANKSAGUNG

Hiermit danke ich Herrn Mag. rer. soc. oec. Robert Hermann und Herrn Dipl.-Ing. (FH) Josef Adam für die Betreuung meiner Masterarbeit. Sie standen mir während der gesamten Zeit mit richtungsweisenden Hinweisen sowie dem richtigen Rat zur Seite.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Roland Pomberger, welcher die Durchführung dieser Masterarbeit genehmigte.

Kurzfassung

Qualitative und quantitative Identifizierung kritischer Rohstoffe in ausgewählten Sekundärrohstoffströmen in Österreich

Erstellung einer Sekundärrohstofflandkarte für 2030

Die Produktion von Hochtechnologieprodukten und Erzeugnissen, in welchen kritische Rohstoffe zum Einsatz kommen, gewinnt immer mehr an Bedeutung. Aus diesem Hintergrund hat die Europäische Kommission im Zuge der Rohstoffinitiative eine Reihe von Elementen und Grundstoffen auf Grund deren begrenzten Verfügbarkeit und der technologischen Bedeutung als kritisch eingestuft. Zwar ist für einzelne kritische Rohstoffe im Wesentlichen bekannt, in welchen Anwendungen bzw. in welchen Produkten und Produktgruppen diese heute eingesetzt werden. Jedoch ist in den meisten Fällen nicht klar, in welchen Abfallströmen und Mengen diese nach dem Konsum im Hinblick auf ein Recycling potentiell zu Verfügung stehen. Dabei kann ein verbessertes und optimiertes Recyclingsystem einen wesentlichen Beitrag leisten um die Versorgungssicherheit von kritischen Rohstoffen zukünftig zu erhöhen.

In dieser Arbeit sollen ausgewählte kritische Rohstoffe bzw. Wertstoffe in relevanten Sekundärrohstoffströmen einer qualitativen und anschließend quantitativen Analyse unterzogen werden. Dabei werden hauptsächlich jene Produkte untersucht, in denen diese Rohstoffe in signifikanten Mengen vorhanden sind und daher das Potential besitzen, aus in Zukunft anfallenden Abfallströmen wieder als Sekundärrohstoffe rückgewonnen werden zu können.

Ausgehend vom generierten Datenmaterial erfolgen aktuelle und prognostizierte Hochrechnungen über Absatzmengen, Sammelquoten und Bevölkerungsentwicklungen sowie Prognosen für Österreich. Dabei soll das mengenmäßig zu erwartende Potential der vordefinierten Elemente in ausgewählten Sekundärrohstoffströmen mit einer möglichst hohen Datengranularität abgebildet werden, um eine aussagekräftige Rohstofflandkarte für das Jahr 2030 erstellen zu können.

Abstract

Qualitative and quantitative identification of critical raw materials in selected secondary raw material streams in Austria

Creation of an secondary raw material map for 2030

The production of high technology products and products including critical raw materials is getting more and more important. During an initiative the European Commission has therefore classified a row of elements and raw materials on basis of their restricted availability and technological meaning as critical. For single critical raw materials it is known in which applications or in which products and product groups these are used today. However, in most cases it is not clear in which waste streams and amounts these are available concerning their recycling potential. Besides, an improved and optimized recycling system can make an essential contribution to raise the security for supplying the critical materials in future.

In this paper qualitative and afterwards quantitative analysis for well-chosen relevant secondary material streams of critical raw materials or valuable materials should be done. Therefor primarily those products are examined in which these raw materials exist in significant amounts and have the potential to be re-extracted from in future upcoming waste streams as secondary raw materials.

Outgoing from the generated data material current and forecasted projections on sales volumes, collection rates and population developments as well as forecasts for Austria will be provided. Therefore the potential amount of the predefined elements should be illustrated in well-chosen secondary raw material streams with a very high accuracy to be able to provide a valuable raw material map for 2030.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
1.1	Relevanz des Themas	4
1.2	Problemstellung	4
1.3	Zielsetzung	6
2	BETRACHTETE KRITISCHE ROHSTOFFE UND PRODUKTGRUPPEN	9
2.1	Betrachtete kritische Rohstoffe	9
2.1.1	Gold	11
2.1.2	Silber	12
2.1.3	Tantal.....	13
2.1.4	Indium.....	14
2.1.5	Gallium	15
2.1.6	Seltene Erden (Cer, Yttrium und Neodym).....	16
2.1.7	Platinmetalle (Platin und Palladium).....	18
2.1.8	Wolfram	20
2.2	Produktgruppen	21
2.2.1	Bildschirmgeräte	22
2.2.2	Elektro- und Elektronikkleingeräte (EKG).....	23
2.2.3	Gasentladungslampen und LED	23
2.2.4	Sonstige Produkte.....	25
3	AKTUELLE ENTSORGUNG IN ÖSTERREICH	27
3.1	Die EU-Richtlinie 2002/96/EC	27
3.2	Revision und aktuell gültige Verpflichtungen der EU-Richtlinie.....	27
3.3	Aktuelle Verpflichtungen des Herstellers laut EU-Richtlinie	29
3.4	Umsetzung in Österreich	30
3.5	EU-Richtlinie 2006/66/EC und Umsetzung in Österreich	33
3.6	Die Koordinierungsstelle	34
3.7	Informationen für die weiteren Produkte	35
3.7.1	EU-Richtlinie 2009/125/EG	35
3.7.2	Kreislaufführung Wendschneidplatten.....	35
4	QUALITATIVE IDENTIFIZIERUNG	36
4.1	Bildschirmgeräte	36
4.2	Elektro- und Elektronikkleingeräte	37
4.3	Gasentladungslampen und LED	37

4.4	Sonstige Produkte.....	37
4.5	Zusammenfassung der qualitativen Identifizierung	38
5	QUANTITATIVE IDENTIFIZIERUNG.....	40
5.1	Kritische Rohstoffmengen in den betrachteten Produkten	40
5.1.1	Gold	41
5.1.2	Silber	43
5.1.3	Indium.....	43
5.1.4	Gallium	45
5.1.5	Tantal.....	46
5.1.6	Wolfram	47
5.1.7	Cer.....	47
5.1.8	Neodym	48
5.1.9	Yttrium	49
5.1.10	Platin.....	50
5.1.11	Palladium	51
5.2	Absatzmengen der betrachteten Produkte.....	53
5.2.1	Bildschirmgeräte	55
5.2.2	Elektro- und Elektronikkleingeräte.....	56
5.2.3	Gasentladungslampen und lichtemittierende Diode (LED)	57
5.2.4	Sonstige Produkte.....	59
5.3	Zusammenfassung	61
6	DATENAUFBEREITUNG FÜR SEKUNDÄRROHSTOFFLANDKARTEN 2030	63
6.1	Datengenerierung	63
6.1.1	Ermittlung der durchschnittlichen Lebensdauer je Produkt.....	63
6.1.2	Berechnung des Sekundärrohstoffpotentials kritischer Rohstoffe.....	64
6.1.3	Hochrechnung der Bezirksbevölkerungen für das Jahr 2030	73
6.2	Er- bzw. Darstellung der Sekundärrohstofflandkarten 2030.....	74
7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	81
8	VERZEICHNISSE	85
8.1	Literatur.....	85
8.2	Abkürzungsverzeichnis	90
8.3	Tabellen	91
8.4	Abbildungen	93
ANHANG.....	I

1 Einleitung

Die Europäische Kommission hat im Zuge der Rohstoffinitiative eine Reihe von Elementen und Grundstoffen (u.a. SEE, Antimon, Indium, Kobalt, Niob, Wolfram, Chrom, Flussspat, Graphit, Magnesit, Vanadium, Gallium, Germanium, Platingruppenmetalle und Tantal) auf Grund deren begrenzter Verfügbarkeit und der technologischen Bedeutung als kritische Rohstoffe eingestuft. Für diese 15 kritischen Rohstoffe nach COM (2011) 25 final [Europäische Union, 2011b] bzw. nach der Ausschreibungsgrundlage des bmvit (Kritische Rohstoffe und Potentiell Kritische Rohstoffe mit Bezug zu Österreich) ist im Wesentlichen bekannt, in welchen Anwendungen bzw. in welchen Produkten und Produktgruppen diese heute eingesetzt werden. Jedoch ist in den meisten Fällen nicht klar, in welchen Abfallströmen und industriellen Reststoffen sich diese nach Produktion bzw. eigentlicher Nutzung der Endprodukte befinden oder enden werden. Da zurzeit nur in Ausnahmefällen wie z.B. Fahrzeugkatalysatoren mit Platingruppenmetallen oder Elektroaltgeräten spezifische Sammelsysteme, welche auf die Erfassung von Materialien mit kritischen Rohstoffen ausgerichtet sind, bestehen, wurde ein Projekt ausgeschrieben. Im Rahmen des Projektes der quantitativen und qualitativen Identifikation von relevanten sekundären Stoffströmen in Österreich wird als vorrangiges Ziel versucht, ein spezielles Recycling für die definierten kritischen Stoffe zu finden und später zu betreiben. Dem zu Grunde liegt die Betrachtung relevanter sekundärer Stoffströme (Abfallströme), welche zu identifizieren und deren Qualitäten und Quantitäten zu untersuchen sind. Darauf basierend ergibt sich das aufbauende Ziel, die Erstellung einer „Sekundärrohstoffkarte Österreich 2030“, welche das aktuell mögliche und das theoretische Rückgewinnungspotential dieser kritischen Rohstoffe in Zukunft darstellen wird.

Dabei werden unterschiedliche ausgewählte Zukunftstechnologien und Branchen, welche z.B. aus der Umwelttechnologie, der Elektroindustrie sowie der Kommunikationstechnologie oder Hochtechnologie im Produktionsbereich stammen, betrachtet. Diese Erzeugnisse beinhalten zumindest einen der definierten kritischen Rohstoffe und sind zum größten Teil schon heute von erhöhtem Bedarf bzw. wird der Bedarf in den nächsten Jahren noch weiter ansteigen. Um ein entsprechendes Recycling dieser kritischen Rohstoffe betreiben und gegebenenfalls vorantreiben zu können, ist das vorrangige Ziel des Projektes die qualitative und quantitative Identifizierung der Abfallströme. Durch die Umlegung des erhobenen Datenmaterials in Stoffflussanalysen, wird der Ist-Zustand über den gesamten Produktlebenszyklus in einen Kreislauf zur stetigen Effizienzsteigerung abgebildet. Hierfür werden erzeuerspezifische Informationen wie z.B. erforderliche Qualitäten und Quantitäten der erzeugten Sekundärrohstoffe, Demontagevorgaben, usw. mit eingebunden. Dadurch wird sichergestellt, dass die unterschiedlichen Branchen, wie das produzierende Gewerbe und die Abfallwirtschaft, (noch besser) miteinander vernetzt werden und die Ergebnisse in Design, Wartung, Demontage bzw. in Recycling- und Verwertungsverfahren einfließen.

Mit der Erstellung einer „Sekundärrohstofflandkarte Österreich 2030“ zeigen sich in Verbindung mit Betrachtungen und Darstellungen des aktuell realen und des theoretisch möglich nutzbaren Potentials in der Zukunft der definierten kritischen Sekundärrohstoffe wissenswerte Informationen für den Wirtschaftsstandort Österreich. Die so gewonnen Ergebnisse werden in einer sekundärrohstoffspezifischen Roadmap zusammengefasst. In

diesem Rahmen sind auch Beschreibungen, allgemeine Rahmenbedingungen, Treiber und Hemmnisse bzgl. Logistik, Legistik, Technik, Ökonomie und Ökologie und die dafür notwendigen Empfehlungen und Lösungsvorschläge für die relevanten österreichischen Sekundärrohstoffströme enthalten.

1.1 Relevanz des Themas

Die Relevanz des Themas der sekundären Stoffströme ergibt sich aus der Problemstellung der zukünftigen Versorgungssicherheit, welche durch die Importabhängigkeit des Industriestandortes Österreichs für diese Rohstoffe gegeben ist. Eine qualitative und quantitative Identifizierung der kritischen Rohstoffe in ausgewählten Produkten bildet diesbezüglich eine gute Grundlage. In diesem Rahmen wird auch eine sogenannte „Sekundärrohstofflandkarte Österreich 2030“ erstellt, welche auf Basis aktueller Absatzzahlen das zukünftig theoretisch nutzbare Potential dieser kritischen Rohstoffe auf Sekundärbasis untersucht und darstellt. In Zusammenarbeit mit Abfallwirtschaftsexperten bieten dieses Thema und die vorliegende Arbeit daher einen optimalen Zugang für die aktuelle Bestandsaufnahme und der darauf aufbauenden Handlungsmöglichkeiten. Allgemeine Rahmenbedingungen, etwaige Hemmnisse und Potentiale sowie Informationen von relevanten Stakeholdern sind ebenso berücksichtigt wie Vorschläge für die Lösung logistischer, technischer, logistischer, ökologischer und ökonomischer Probleme. Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, ganzheitliche Ansätze und Empfehlungen für geeignete Maßnahmen auszuarbeiten, weil sich dadurch eine entsprechende Vernetzung ergibt und der Fokus nicht nur auf einzelnen Teilbereichen liegt.

Da diese Arbeit im Rahmen einer Studie verfasst wird, bereichert die zusätzliche Einbindung strategisch wichtiger Unternehmen und Interessenvertretungen aus Branchen, in denen Stoffströme mit kritischen (Sekundär-)Rohstoffen eine wichtige Rolle spielen, dessen Bedeutung. Die Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer, marktrelevanter und sozialer Kriterien auch hinsichtlich der Gesichtspunkte der Bestandsaufnahme und Bewertung sowie der Ermittlung von Lösungsansätzen und Empfehlungen für etwaige Maßnahmen sind praxisnahe. Auch stärkt die Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette der kritischen Rohstoffe (vom Abbau, über die Produktion bis hin zur Abfallwirtschaft) die Arbeitserstellung mit fachbereichsübergreifenden Betrachtung der Auswirkungen.

1.2 Problemstellung

Auf Grund der immer stärker werdenden Globalisierung spielt der Wettbewerb in Bezug auf die Versorgung mit wichtigen bzw. kritischen Rohstoffen (in weiterer Folge wegen Gold und Silber auch Wertstoffe genannt) eine ständig zentraler werdende Rolle. Von besonderer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die Sicherstellung der Versorgung bzw. Bereitstellung der kritischen Rohstoffe für den täglichen Bedarf im eigenen Land, in diesem Fall Österreich. Um dies zu gewährleisten, ist es von großem Interesse zu wissen, welche der betreffenden Rohstoffe in Österreich (zur wirtschaftlichen Gewinnung bzw. Rückgewinnung) vorhanden sind und welche Anteile der betrachteten Wertstoffe importiert werden müssen. Um

deren Mengen zu ermitteln, ist es in weiterer Folge von Interesse die vergangenen und aktuellen Absatzzahlen der Produkte zu kennen, welche die im Rahmen dieser Arbeit betrachteten kritischen Rohstoffe enthalten und in welchen Umfang dies geschieht. Dabei sind neben den derzeit aktuellen Werten vor allem die Hochrechnungen für die zukünftigen Entwicklungen von großer Relevanz. Wie sich jedoch die angesprochenen Zahlen entwickeln werden, ist schwer vorauszusagen. Zum einen ist es möglich, dass sich die Wirtschaft weiterhin so entwickelt, wie sie es in den letzten Jahren bezüglich Hochtechnologieprodukten getan hat. Dadurch könnte es sein, dass die Werte sehr hoch werden und den kritischen Rohstoffen eine viel höhere Aufmerksamkeit entgegenzubringen ist, als bisher vielleicht angenommen wird. Zum anderen jedoch könnte sich die bereits länger anhaltende Wirtschaftskrise auch auf diese Branchen ausweiten. Dem zufolge würden sich die Absatzzahlen bei noch kurzfristigem Wachstum stabil halten, danach könnte jedoch eine Stagnation bzw. ein Sinken des Absatzes in Erscheinung treten. Bereits dadurch wird ersichtlich, dass eine Prognose die Zukunft betreffend nicht einfach zu erstellen ist. Selbst auf Basis von gegenwärtig hervorragenden Zahlen, ist eine sichere Entwicklung nur bedingt präzisiert vorhersehbar, bildet jedoch zumindest einen ersten Anhaltspunkt. Eine weitere bedeutende Rolle werden mögliche neue gesetzliche Regelungen mit sich bringen. Da der Preis für einen Rohstoff, vor allem für Kritische, sehr stark von Angebot und Nachfrage abhängt, werden Anpassungen an neue Vorschriften, diesen sehr stark beeinflussen. Dies betrifft eben vor allem die nicht national vorkommenden Rohstoffe (überwiegender Anteil) die von Österreich importiert werden müssen.

Eine weitere wichtige Rolle in der Berücksichtigung spielt das Entwicklungspotential in Bezug auf den Stand der Technik. Auf der einen Seite könnten sich die mengenmäßigen Anteile der Rohstoffe innerhalb des Herstellungsprozesses der Produkte ändern. Dies hängt unter anderem von der Größe des Erzeugnisses selbst bzw. von der Anzahl der produzierten Stück ab. Wird vorwiegend der wirtschaftliche Faktor betrachtet, spielt dies bei kleineren Produkten bzw. geringeren Mengen keine allzu wichtige Rolle. Große Mengen sind nicht unbedingt leichter zurückzugewinnen, jedoch sind Recyclingentwicklungen leichter begründbar, da sich die entstandenen Kosten auf Grund der höheren Rückgewinnungsmengen und somit höheren Erlöse schneller refinanzieren. Bei kleineren Rückgewinnungsmengen wird jedoch zögerlich gehandelt, da die Kosten für Forschung und Entwicklung meist sehr hoch sind und sich daher die Frage der Wirtschaftlichkeit nicht so leicht klären lässt bzw. der Zeitrahmen einer Refinanzierung sehr groß ist. Aufgezeigt wird dieses Problem mit nachfolgender Abbildung 1, wonach immer mehr unterschiedliche Metalle (in geringen Mengen) in Produkten vorkommen und nur jene häufig zurückgewonnen werden, welche einen hohen Wert haben.

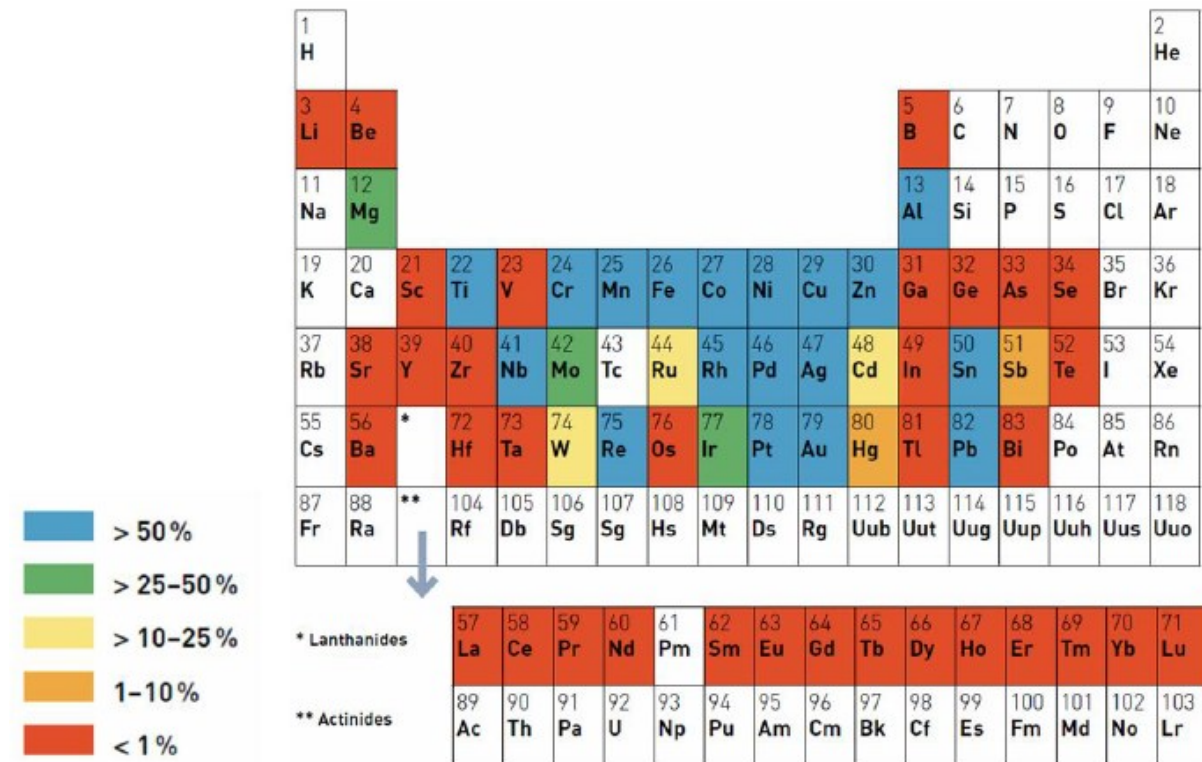


Abbildung 1: Globale End-of-Life Recyclingraten von 60 Metallen [32, S. 19.]

Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass ein Großteil der kritischen Rohstoffe aus einigen wenigen Ländern bezogen wird. Da es sich bei diesen Staaten zum Teil auch noch um unsichere Gebiete handelt, stellt auch die Versorgungssicherheit einen Einflussfaktor dar. Um diesen Faktor überschaubar zu halten, ist in Technologiestaaten eine gewisse Unterstützung der Rohstoffversorgung durch die Einführung von speziellen Sammelsystemen mit anschließendem, über kurz oder lang, wirtschaftlichen Recycling anzustreben.

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, basierend auf bestehenden Datenmaterial aus unterschiedlichen Quellen einen Ausblick darüber zu geben, wie sich das Potential von definierten kritischen Rohstoffen in ausgewählten Sekundärrohstoffströmen bis zum Jahr 2030 entwickeln wird.

Dabei wurde die Auswahl der Europäischen Union auf folgenden elf Elemente reduziert:

- Gold (Au)
- Silber (Ag)
- Indium (In)
- Gallium (Ga)
- Tantal (Ta)
- Wolfram (W)
- Cer (Ce)
- Neodym (Nd)
- Yttrium (Y)
- Platin (Pt) und
- Palladium (Pd)

Die weitere Einengung ist dadurch begründet, da diese in häufig verwendeten (Hochtechnologie-) Produkten im Lande vorkommen und sich damit eine Relevanz zur Betrachtung ergibt. Außerdem wird erwartet, dass durch die technischen Innovationen die Nachfrage nach diesen vielseitig einsetzbaren Technologiemetallen in sämtlichen Anwendungsbereichen (Elektronik, Umwelt- und Energietechnik, Mobilität etc.) steigen wird.

Auf Basis der gewonnenen Daten bezüglich der theoretischen Absatzmengen und des damit verbundenen Mengenpotentials ist in weiterer Folge eine sogenannte „Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Österreich“ zu erstellen. Diese gibt eine Übersicht darüber, wo die aufgezählten kritischen Wertstoffe in der Bundesrepublik als Sekundärrohstoffe in welcher theoretischen Menge anfallen könnten. Um das erklärte Ziel dieser Arbeit zu erreichen, gliedert sich diese in nachfolgende Kapitel, welche kurz erläutert werden.

Im ersten Kapitel, der Einleitung, wird ersichtlich, im Rahmen welchen Projektauftrages die Diplomarbeit behandelt wird. Dies beinhaltet sowohl die Relevanz des Themas, die eigentliche Problemstellung als auch das zu erreichende Ziel.

Kapitel zwei beschreibt die betrachteten kritischen Rohstoffe und die einzelnen ausgewählten Produktgruppen, in welchen diese vorkommen. Dabei werden zuerst Daten und Fakten zu den betroffenen Wertstoffen und deren Eigenschaften aufgezeigt. Zuletzt erfolgt in diesem Abschnitt die Anführung der ausgewählten Hochtechnologieprodukte, welche zumindest einen der definierten kritischen Rohstoffe enthalten.

Das dritte Kapitel umfasst den Überblick über den aktuellen Stand im Bereich der Sammlung bzw. der Sammelsysteme für die ausgewählten Produkte innerhalb Österreichs. Dabei wird vor allem auf die Koordinierungsstelle für Elektroaltgeräte sowie auf Verordnungen und gesetzliche Regelungen eingegangen bzw. diese erläutert. Dieser Teil der Arbeit bildet die

Grundlage für weitere Diskussionen, für die allgemeinen Literaturrecherchen (weitestgehend im Internet) und für die Gespräche mit den Experten.

Kapitel vier befasst sich mit der qualitativen Identifizierung der kritischen Wertstoffe in den ausgewählten Produkten. Dazu werden zuerst die Erzeugnisse detaillierter beschrieben. Danach wird in Tabellen aufgezeigt, welche der kritischen Rohstoffe sich in den jeweiligen Produkten befinden. Abgerundet wird dieses Kapitel durch eine Gesamtübersicht der vorkommenden Wertstoffe in den betrachteten Erzeugnissen.

Das fünfte Kapitel hat die quantitative Identifizierung der kritischen Rohstoffe in den jeweiligen Produkten zum Inhalt. Dabei werden die aktuellen Mengenpotentiale der zurückgewinnbaren kritischen Rohstoffe für 2015 bis ins Jahr 2030 aufgezeigt. Weiter werden die prognostizierten Absatzmengen kalkuliert. Ausgangsbasis dafür sind die Absatzentwicklungen der letzten Jahre jener Produkte, in denen sich diese Wertstoffe befinden. Diese Absatzzahlen stammen aus Statistiken und Trendanalysen, welche in den letzten Jahren durchgeführt wurden. Diese werden zusätzlich mit Hilfe des „gleitenden“ Mittelwerts erweitert, falls keine Prognose in der Literatur zu finden ist. In der Zusammenfassung des Kapitels erfolgen eine Gesamtübersicht der Produkte und die mengenmäßige Darstellung der beinhalteten kritischen Rohstoffe pro definierter Mengeneinheit.

Kapitel Nummer sechs dient der Erstellung der Sekundärrohstofflandkarte 2030. Auf Basis der Daten, welche in Kapitel fünf gewonnen wurden, wird in Verbindung mit dem aktuell angesetzten Lebenszyklen der Produkte eine Kalkulation erstellt, welche die Grundlage für die Landkarte bildet. Dazu werden Stoffflussanalysen mittels STAN durchgeführt und veranschaulicht, aber auch auf Basis der aktuellen Sammelquote zwei Szenarien bezüglich des Sekundärstoffpotentials aufgezeigt. Ergebnis ist die Darstellung der möglichen Rückgewinnungsmengen in einer grafischen Form, für jeden einzelnen betrachteten kritischen Rohstoff bezogen auf Österreich.

Im letzten Kapitel erfolgt die Zusammenfassung hinsichtlich der gewonnenen Ergebnisse und erlaubt einen Ausblick über mögliche (technologische) Entwicklungen und Empfehlungen, welche für das Jahr 2030 getroffen werden können.

2 Betrachtete kritische Rohstoffe und Produktgruppen

Um die in der Einleitung erwähnten kritischen Rohstoffe genauer zu spezifizieren, erfolgt in diesem Teilabschnitt der Arbeit eine nochmalige Aufzählung der Wertstoffe und eine dazugehörige nähere Beschreibung mit allgemeinen Detailinformationen. Als Ausgangslage dazu dient eine Grafik, welche das Verhältnis von wirtschaftlicher Bedeutung und Versorgungsrisiko aufzeigt. In weiterer Folge werden die zu untersuchenden Produkte und Produktgruppen vorgestellt. Die Begründung dafür ist, dass die betrachteten Rohstoffe in vielen uns bekannten Erzeugnissen vorkommen, jedoch wird im Rahmen der in dieser Diplomarbeit abgearbeiteten Aufgabenstellung nur eine eingeschränkte Auswahl betrachtet. Diese basiert auf für Österreich relevanten Produkten, welche die ausgewählten kritischen Rohstoffe enthalten.

2.1 Betrachtete kritische Rohstoffe

Wie bereits in der Überleitung erwähnt, wurden nur spezielle kritische Rohstoffe für die genauere Betrachtung ausgewählt. Im Allgemeinen liegt einem kritischen Rohstoff jedoch folgende Definition zugrunde:

„Ein mineralischer Rohstoff ist aus nationaler Sicht dann kritisch, wenn mangels einer ausreichenden Eigenproduktion eines für die österreichische Wirtschaft bedeutenden Rohstoffes zufolge der Importabhängigkeit die Versorgungskette empfindlich gestört oder völlig unterbrochen wird. Dies trifft insbesondere für mineralische Rohstoffe mit einer hohen wirtschaftlichen Bedeutung und einem hohen Versorgungsrisiko-Index zu.“ [18, S. 2 f.]

Im Rahmen dieser Arbeit handelt es sich um Gold, Silber, Indium, Gallium, Tantal, Wolfram (Tungsten), Rare Earth Metals (Cer, Neodym und Yttrium) und PGM (Platin und Palladium). Nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Ausgangssituation der Aufgabenstellung.

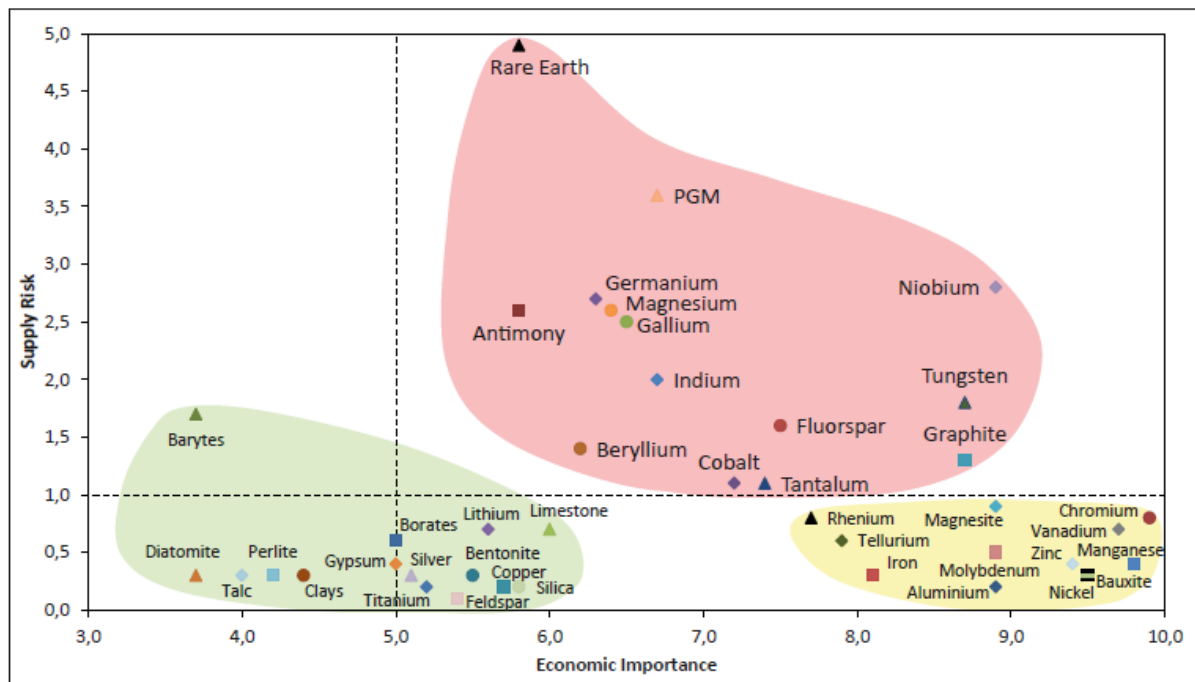


Abbildung 2: Versorgungsrisiko und wirtschaftliche Bedeutung ausgewählter Rohstoffe [15, S. 6.]

Die auf Basis einer Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission erstellte Abbildung 2 wurde unter der Berücksichtigung zweier wichtiger Merkmale angefertigt. Zum einen ist ein mineralischer Rohstoff dann als kritisch anzusehen, wenn dessen wirtschaftliche Bedeutung einen Wert größer fünf erzielt. Zum anderen gilt dieser aber auch als kritisch, wenn der Index der Versorgungssicherheit größer eins ist. Dem zufolge kann die Aussage getroffen werden, dass sich die kritischen Rohstoffe im oberen rechten Quadranten befinden. Die potentiell kritischen Rohstoffe sind im unteren rechten und oberen linken Quadranten und die Rohstoffe, bei welchen derzeit kein Versorgungsrisiko zu erkennen ist, befinden sich im linken unteren Quadranten. Da sich diese Informationen auf Daten der europäischen Ebene beziehen, wurden nur jene in Betrachtung gezogen, welche für Österreich zum aktuellen Zeitpunkt von Interesse sind. Zusätzlich wurden noch Gold und Silber in die Untersuchung mit einbezogen, da sich diese immer häufiger in gegenwärtigen und zukünftigen Produkten für hochtechnologische Anwendungen wiederfinden. [46, S. 8 f.]

Um sich ein genaueres Bild über die angesprochenen kritischen Rohstoffe zu verschaffen, werden diese in den folgenden vier Themengebieten

- Eigenschaften,
- Vorkommen,
- Produktion und
- Verwendung

näher betrachtet und die wichtigsten Informationen diesbezüglich festgehalten.

2.1.1 Gold

Gold hat die Ordnungszahl 79, befindet sich in der elften Gruppe und sechsten Periode. Es gehört zur Kupfergruppe des PSE und ist ein Übergangsmetall. Gold ist luft-, wasser- und säurebeständig, kann jedoch in Königswasser, welches aus einem Teil Salpetersäure und drei Teilen Salzsäure besteht, aufgelöst werden. Weiter kann es von reinem Chlor, Kalium, Natriumcyanid und ein paar anderen Chemikalien angegriffen werden. Der Schmelzpunkt von Gold liegt bei 1.064,18°C, der Siedepunkt bei 2.970°C und ist auf Grund der Dichte von 19,32g/cm³ sehr schwer. Weiter ist Gold auf Grund seiner Duktilität bearbeitbar und auch sehr dehnbar. Ebenfalls weist es eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit auf und ist gut für Legierungen mit anderen Metallen verwendbar. Gold kommt in der Erdkruste sehr häufig vor, jedoch variieren die Konzentration und Form sehr stark. Weiter kommt dieser Rohstoff nur sehr selten in Reinform, sondern vielmehr in diversen Arten von Legierungen vor. Zur Gewinnung kann Amalgamierung (Herauslösen in Legierung mit Quecksilber), Cyanidlaugerei (Überführung durch Alkalicyanide in wasserlösliches Komplexsalz), chlorierende Auslaugung (Begleitmetalle in lösliche Chloride überführen) oder Elektrolyse (Rohgold raffinieren) herangezogen werden. Es wird zwischen zwei Arten der Goldgewinnung, dem Berg- und dem Seifengold, unterschieden. Das Berggold befindet sich in Quarzgängen und die Lagerstätten werden als primär bzw. ursprünglich bezeichnet. Von Seifengold wird dann gesprochen, wenn im Laufe von vielen Jahren das Gold an oberflächigen Lagerstätten durch Erosion und Witterungseinflüsse, wie z.B. Temperatur, Feuchtigkeit und Wind, abgetragen wird und sich in den Niederungen der Flüsse ablagert. Diese Art von Lagerungen werden auch Sekundäre genannt. Die Weltmarktversorgung von Gold erfolgt zu über 50% aus China mit 420 Tonnen, Australien mit 255 und den USA mit 227 Tonnen, Russland mit 220 Tonnen, Peru mit 150 und Südafrika mit 145 Tonnen. Der Goldpreis ist naturgemäß Schwankungen unterworfen, welche vor allem durch wirtschaftliche und politische Faktoren, aber auch durch länderspezifische Ereignisse abhängig, beeinflusst werden. [37, S. 1 ff.]

Tabelle 1: Anwendungen von Gold [62, S. 66.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Schmuck	Schmuckstücke und Anhänger
Medizin	Zahngold (Füllungen und Ersatzmaterial)
Elektronik/Elektrik	Chips, Leiterplatten, Steckverbindungen
ETF und Münzen	Börsenhandel, Wertanlage, Goldbarren

Die in Tabelle 1 gezeigten Anwendungen beeinflussen den Goldpreis bzw. dienen als Investition und finanzielle Absicherung. [37, S. 4.]

2.1.2 Silber

Silber zählt zu den Edelmetallen und gehört wie Gold zur Kupfergruppe des Periodensystems der Elemente. Silber besitzt die Ordnungszahl 47 und eine relative Atommasse von 107,868 u. Mit einer Dichte von 10,491g/cm³ ist es ein weiß glänzendes Metall, welches bei einer Temperatur von 960,8°C schmilzt und seinen Siedepunkt bei 2.212°C erreicht. Silber ist unter allen Metallen der beste Leiter für Wärme und Elektrizität. Zu den weiteren Eigenschaften gehören die Duktilität, die Schmiedbarkeit und das Reflexionsvermögen. Durch die Anwendung im Versilbern entsteht aus Glas ein Spiegel. Silber ist unter anderem auch weniger reaktiv als Kupfer und oxidiert als edles Metall auch bei hohen Temperaturen nicht in der Luft. Unter Verwendung in Legierungen mit Kupfer dient es zur Härtung und behält dabei den Glanz bei. Auch wirkt Silber keimtötend, was vor allem in der Lebensmittelhygiene und Medizin genutzt wird. Bei der Fotografie wird die Lichtempfindlichkeit der Silberhalogenide, insbesondere jene des Silberbromids, genutzt. Das Silber kommt im sulfidischen Silbererz vor, wird aber auch häufig als Nebenprodukt anderer Metallgewinnungsverfahren für Kupfer und Gold gewonnen. Bleiglanz (PbS) zum Beispiel enthält 0,01 – 1% Silber in Form von Silbersulfid (Ag₂S). Bei der Gewinnung von Kupfer und Blei sammelt sich dieses im Rohkupfer bzw. Rohblei an. Zuletzt kommt Silber in der Natur auch als edles Metall gediegen, d.h. elementar vor, wobei der Gewichtsanteil in der Erdkruste bei 0,075 ppm beträgt. Silbervorkommen stammen zum einen aus Minen mit Hauptprodukt Silber und zum anderen als Kuppelprodukt aus dem Abbau von Gold, Kupfer und Blei/Zink. Die neuesten Silbervorkommen sind in Zusammenhang mit Goldvorkommen entdeckt worden, wobei in Zukunft die Gewinnung von Silber als Nebenprodukt von Basismetallen einen bedeutenden Teil betragen wird. Die Versorgung des Weltmarktes mit Silber setzt sich aus Anteilen der Minenproduktion, rezykliertem Silber und Auflösung von staatlichen Beständen zusammen. Die Weltjahresproduktion im Jahre 2013 belief sich auf etwa 26 Tonnen, wobei Mexiko mit 5.400 kg, China mit 4.000 kg und Peru mit 3.500 kg zusammen beinahe 50% der Gesamtmenge schöpfen. Da Silber, gleich wie Gold auf Grund eines weltweiten Booms hinsichtlich

Investitionen in Rohstoffe als Wertanlage gehandelt wird, ist die Nachfrage am Steigen. [1, S. 297 ff.]

Tabelle 2: Anwendungen von Silber [19, S. 16.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Schmuck und Silberware	Juwelier- und Tafelsilber mit ca. 20% Kupferanteil
Elektrik/Elektronik	Elektrische Kontakte, Solar-Paneel-Elektroden, Plasma-Bildschirme, Silber/Zink-Akkumulatoren, silberbasierte RFID-Tags
Hartlegierungen	Amalgam mit Quecksilber als Zahnfüllung
Fotografie	Silberbromid in analoger Fotografie
ETF und Münzen	Börsenhandel, Münzsilber mit 5-50% Kupfer und bis zu 20% Zink
Wasseraufbereitung	Antibakterielle Imprägnierung
Spiegel und Gläser	Silberbeschichtungen von Scheiben
Katalysatoren	Umwandlung von Ethylen in Ethylenoxid

Die steigende Nachfrage nach Silber hängt mit der in Tabelle 2 gezeigten Anwendungen zusammen.

2.1.3 Tantal

Tantal, ein Element der fünften Hauptgruppe und in der sechsten Periode (auch Vanadiumgruppe genannt), kommt insbesondere als Tantalit oder auch als Microlite und Wodginite vor. Im Gegensatz zu anderen Erzen sind diese sehr heterogen und Coltan z.B. ist ein Columbit-Tantalit-Erz mit Niob und Anteilen von Tantal. Als chemische Eigenschaften ist ein sehr hoher Schmelzpunkt von 2.996°C anzuführen. Trotz der Härte ist es sowohl dehn- als auch walzbar und ist korrosionsbeständig. Es widersteht Alkalien und bis auf Flusssäure auch allen Säuren. Tantal weist eine sehr gute elektrische und thermische Leitfähigkeit auf und kommt in der Erdkruste mit einem Anteil von 2 ppm beinahe so häufig wie Zinn vor. Wie bereits erwähnt, kommt das gewonnene Tantal vor allem aus Tantalit, Mikrolith und Wodginit, aber auch in Zinnschlacke finden sich nennenswerte Anteile, jedoch sind diese von immer geringerer Bedeutung. Über die Erzvorräte im Allgemeinen ist wenig bekannt jedoch zeigt die zunehmende Prospektion, dass die Tantalreserven größer sind als noch vor einigen Jahren

angenommen. Kongo, Ruanda und Brasilien produzierten 2013 zusammen ca. 400 Tonnen Tantal in Erzen wodurch sich deren Weltmarktanteil auf ca. 67% belief. Der Preis pro Tonne wird durch bilaterale Vereinbarungen zwischen den Minen und den Verarbeitern von Tantal fixiert, wobei am Spot-Markt nur geringe Mengen gehandelt werden. Tantal wird von den (Zwischen)-Lieferanten vor allem als Tantalstaub (50-60%), Folien (15%), Carbide (10%), Salze (10%) und in metallischer Form (9%) hergestellt. [1, S. 284 ff.]

Tabelle 3: Anwendungen von Tantal [62, S. 160.] [60, S. 4 f.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Stahlindustrie	Hochfeste Stähle, Korrosionsschutzüberzug
Elektro- und Elektronikindustrie	Kondensatoren (zumeist Elektrokleingeräte), IR-Sensoren und Elektrokeramik
Maschinen- und Anlagenbau	Carbide zur Stahlbearbeitung, korrosionsfeste Verbindungselemente sowie spezifische Anwendungen
Luftfahrt	Flugzeugturbinen, Stahltriebwerke
Energieerzeugung	Turbinen (vor allem Schaufeln)
Chemische Industrie	Hochtemperaturanwendungen und korrosionsfeste Apparaturen
Medizintechnik	Operationsbesteck, bionetrale Implantate, elektrische Applikationen und Implantate
Optische Industrie	Kameralinsen

Auf Grund von sehr spezifischen Eigenschaften wird Tantal in einer Vielzahl von unterschiedlichen Einsatzfeldern verwendet, wie die vorherige Tabelle 3 zeigt. Die Verwendung in miniaturisierten Kondensatoren für die Mikroelektronik ist für die zukünftige Nachfrage bei Tantal besonders ausschlaggebend.

2.1.4 Indium

Indium, das Element mit der Ordnungszahl 49 im PSE ist das vierte Element der Borgruppe und findet sich in der dritten Hauptgruppe zwischen den chemisch verwandten Elementen Gallium und Thallium wider. Indium kommt in der Natur nicht elementar vor sondern ist auf Grund seiner geo-chemischen Eigenschaften mit Elementen der ersten (u.a. Kupfer und Silber), und der zweiten Nebengruppe (u.a. Zink, Cadmium), sowie der vierten (u.a. Zinn und

Blei) und fünften Hauptgruppe (vor allem Wismut) vergesellschaftet. Indium hat zwei natürliche Isotope und erreicht seine größten Konzentrationen von bis zu einem Prozent in sulfidischen Erzen. Es ist ein sehr weiches Metall, welches bei Zimmertemperatur mit einem Messer geschnitten werden kann, besitzt aber eine hohe Duktilität und leichte Kaltformbarkeit. Der Schmelzpunkt liegt mit lediglich 156,6°C sehr niedrig, der Siedepunkt ist dagegen mit 2.072°C relativ hoch. Auf chemischer Seite wird metallisches Indium bei Raumtemperatur nicht durch Luftsauerstoff oxidiert, ist jedoch bei Erwärmung sehr reaktionsfreudig. Bei hohen Temperaturen verbrennt es mit Sauerstoff und die Löslichkeit ist in schwachen mineralischen Säuren sehr langsam, erhöht sich jedoch bei Erwärmung und niedrigem pH-Wert rasch. Das Vorkommen in der kontinentalen Erdkruste wird auf etwa 0,05 ppm und in der ozeanischen Kruste auf 0,072 ppm geschätzt. Die wichtigsten Minerale zur Gewinnung von Indium sind Zinksulfid, Kupfersulfid sowie Bleisulfid. Zinkblende weist eine überdurchschnittlich hohe Konzentration auf, wobei die regionalen Unterschiede allerdings immens sind. Durch die hauptsächliche Gewinnung aus Zinksulfiderzen über Zinkraffination erfolgte die Versorgung der Welt im Jahre 2013 mit 410 Tonnen zu ca. 53% aus China, bei einer Weltproduktionsmenge von 710 Tonnen. Trotz der tendenziell leicht steigenden Produktion ist die volatile Preisentwicklung Schwankungen unterworfen. [1, S. 323 ff.]

Tabelle 4: Anwendungen von Indium [1, S. 327 f.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Bildschirme	LCD-Flachbildschirme und Displays
Elektronik und Elektrik	Photovoltaikanlagen, Halbleiterapplikationen
Industrie	Legierungen für Korrosionsbeständigkeit und Schmelzpunktherabsetzung
Sonstige	Spezialbatterien und Infrarot-Reflektoren

Die produzierten Mengen des Indiums werden größtenteils in Indium-Zinn-Oxid, kurz ITO, gebunden. Durch die Verbindung von Indiumoxid und Zinnoxid ergibt sich eine Leitfähigkeit wie bei Metallen, jedoch bleibt es transparent, lässt eine dünne Schicht sichtbaren Lichts hindurch und ist darüber hinaus hitzebeständig. Dadurch ergeben sich die in Tabelle 4 angeführten Anwendungsmöglichkeiten.

2.1.5 Gallium

Gallium, das chemische Element mit der Ordnungszahl 31 gilt als Eka-Aluminium, die absolute Atommasse beträgt 69,723 u. Es ist bei Raumtemperatur ein Feststoff, wird aber gleich wie Quecksilber bei langsamem Erhitzen flüssig, charakterisiert durch den niedrigen Schmelzpunkt von 29,8°C. Im Gegensatz dazu liegt der Siedepunkt mit 2.403°C sehr hoch,

was Gallium den größten Flüssigkeitsbereich aller Metalle aufweisen lässt. Es sind mehrere Druckmodifikationen bekannt, wobei sich in festem Zustand bei Normalbedingungen einige Eigenschaften beständiger Modifikationen zeigen. Gallium ist zwar relativ weich, bei starker plötzlicher mechanischer Belastung splintern jedoch kompakte Stücke mit muscheligen Bruch. Die hohe Benetzungsfähigkeit von flüssigem Gallium ist bemerkenswert und in Abhängigkeit der Modifikation wird es unterhalb seiner Sprungtemperatur zwischen 6,5 und 7,5 Kelvin supraleitend. An der Luft ergibt sich eine gute Beständigkeit, es verbrennt mit reinem Sauerstoff erst unter hohem Druck, jedoch mit Laugen ist es unbeständig bzw. reagiert bei Zimmertemperatur mit Halogenen zu Halogeniden. Belastbare Daten hinsichtlich der Produktion von Gallium sind nicht verfügbar, was durch die weltweit geringe Anzahl an Hersteller begründet ist, welche ihre Daten sehr vertraulich behandeln. Gallium kommt in der Natur allerdings stets in Kombination mit anderen Elementen vor und findet sich im sehr seltenen Gallit, in Germanit und in geringen Mengen im Aluminiumerz Bauxit als Nebenprodukt, wobei Bauxit das wichtigste Erz zur Gewinnung darstellt. Die weltweit führenden primären Produktionsstaaten der ungefähr 280 Tonnen waren China, Deutschland, Kasachstan und die Ukraine, wobei die Produktion stark mit der Raffination von Zinkerzen zusammenhängt und es dadurch zu Veränderungen kommen kann, wie es bereits in der Vergangenheit der Fall war. [1, S. 341 ff.]

Tabelle 5: Anwendungen von Gallium [1, S. 345 f.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Elektrik und Elektronik	Integrierte Schaltungen (analog und digital), Halbleiter
Optoelektronischer Bereich	LED, Laserdioden, Solarzellen, Leuchtdioden
Medizinischer Bereich	Positronen-Emissions-Tomographie-Aufnahmen

Wie Tabelle 5 zeigt, ist der Einsatzbereich für Gallium bisher sehr übersichtlich.

2.1.6 Seltene Erden (Cer, Yttrium und Neodym)

Zu den Metallen der seltenen Erden gehören neben Lanthanide auch die Elemente der 1. Nebengruppe im Periodensystem, welche auf Grund ihrer ähnlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften und ihres gemeinsamen Vorkommens als Gesamtheit betrachtet werden. Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden jedoch lediglich die Elemente Cer, Yttrium und Neodym näher betrachtet. [1, S. 303.]

Cer ist ein sehr weiches und gut dehnbares Schwermetall, welches an der Luft rasch seine Färbung ändert. Es ist auf chemischer Seite äußerst reaktionsfähig und entwickelt mit Wasser

temperaturabhängig sowie mit Säure unterschiedlich schnell Wasserstoff. Der Schmelzpunkt bzw. der Siedepunkt befinden sich bei 799°C bzw. 3.443°C, jedoch entzündet es sich bereits beim Erwärmen auf 180°C in der Luft und bei reinem Sauerstoff erfolgt gar eine explosionsartige Umsetzung. In pulverisierter Form ist es stark pyrophor, d.h. es entzündet sich durch Reibung auf rauher Fläche. Das toxikologische Potential besteht nur in geringen Umfang, jedoch ist ein Freisetzen und Einatmen von Stäuben zu vermeiden, da diese Augen und Schleimhäute reizen. [50, S. 1 ff.]

Yttrium hat ähnliche chemische Eigenschaften wie die anderen Seltenen Erden, jedoch liegen das Atomgewicht und die Dichte deutlich unter jenen der Lanthanide. Der Schmelzpunkt ist bei 1.522°C und der Siedepunkt liegt bei 3.345°C. An der Luft überzieht sich Yttrium mit einer grauen Oxidationsschicht, welche das Metall vor weiterer Oxidation schützt. Oberhalb von 500°C verbrennt das Yttriumpulver und ist mit Wasser, Chlor und Säuren reaktionsfreudig. Aus toxikologischer Sicht ist von einem Einatmen abzuraten, da es sich in der Lunge ablagert und die Gefahr zur Ausbildung einer chronischer Lungenfibrose besteht. [51, S. 1 ff.]

Die Farbe des dreiwertigen Ions Neodym wird als Pigment in Gläsern, aber auch durch die Bildung eines 4-Niveau Laser-Systems, welches auf Grund eines ähnlichen Ionenradius wie Yttrium über Dotierungen in Yttrium-Aluminium-Granaten entsteht, technisch genutzt. Neodym besitzt ein relativ hohes Maximum des magnetischen Moments, ist sehr unedel und wasserlöslich. An der Luft erfolgt eine Oxidation. Neodympulver ist pyrophor und kann sich in der Luft selbst entzünden, daher sollte es unter Luftabschluss aufbewahrt werden. Die Toxikologie betreffend ist gleich den anderen seltenen Erden und reizt daher Augen und Schleimhäute. [52, S. 1 ff.]

Die Bezeichnung für diese Metalle mit dem Begriff „seltene Erden“ ist eigentlich irreführend, da die einzelnen Rohstoffe gar nicht so rar in der Erdkruste vorkommen. Bezogen auf das Jahr 2013 können folgende Zahlen genannt werden. Von den gesamten 110 Tonnen, welche sämtliche seltenen Erden umfassen, wurden ca. 90%, das sind 100 Tonnen im Land des Weltmarktführers China produziert. Da ist es wenig überraschend, dass Yttrium, bei welchem genauere Werte für den einzelnen Rohstoff auf Grund der sonstigen geringen Abbaumengen verfügbar sind, mit 7 von 7,1 Tonnen ebenfalls aus China stammen, was beinahe 99 Prozent der weltweit abgebauten Menge entspricht. Um der Monopolstellung von China und der damit verbundenen Preisentwicklung entgegenzuwirken ist angedacht, Lagerstätten in den Vereinigten Staaten von Amerika und Australien zum Abbau bzw. zur Erschließung vorzubereiten. [62, S. 129.]

Tabelle 6: Anwendungen von seltenen Erden [62, S. 128.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Glasindustrie (Ce, Nd)	Glasfärbung
Metallindustrie (Ce, Nd, Y)	Legierungen (Festigkeit, Dehnbarkeit, Oxidationsbeständigkeit)
Elektrik/Elektronik (Y, Nd)	Magnete, Lasertechnik
Schmuckindustrie (Y)	Künstliche Diamanten
Leuchten und Lampen (Y, Nd)	Rote Lichtquellen, Bildröhren

Die Tabelle 6 zeigt Anwendungen der seltenen Erden, wobei diese größtenteils für Legierungen eingesetzt werden, um die allgemeinen Eigenschaften wie z.B. Festigkeit oder Dehnbarkeit zu erhöhen.

2.1.7 Platinmetalle (Platin und Palladium)

Die Platinmetalle, auch noch Platingruppenmetalle genannt, sind Elemente der Gruppen acht, neun und zehn in der fünften und sechsten Periode des Periodensystems. Es handelt sich dabei um sechs Elemente, wobei im Rahmen dieser Diplomarbeit lediglich Platin und Palladium betrachtet werden. Dabei sollten diese nicht mit der Nickelgruppe, der zehnten Gruppe des Periodensystems, mit den Elementen Nickel, Platin und Palladium verwechselt werden. Die Platinmetalle sind sehr selten und dementsprechend extrem teuer, sind chemische reaktionsträge und werden als Katalysatoren oder Katalysatorzusätze genutzt. Platin aus der sechsten Periode ist auf Grund der Dichte beinahe doppelt so schwer wie Palladium aus der fünften Periode und wird daher auch als eines der schweren Platinmetalle bezeichnet. Die Schmelzpunkte sind mit 1.772 °C für Pt und 1.555°C für Pd annähernd gleich und bei beiden Elementen ist die elektrische Leitfähigkeit mit 9,7 bzw. 9,5 10^6 S/m weit hinter jener von Silber zurück. Platin gilt als nicht toxisch, wohingegen die Wirkung von Palladium, welches beispielsweise in Dentallegierungen verwendet wird, umstritten ist. Bei Verbindungen ist allgemein Vorsicht geboten, da ihre toxikologischen Wirkungen wenig erforscht sind. Deshalb wurden Platinverbindungen sowie Palladium und dessen Verbindungen von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe als Stoffe eingestuft, für welche auf Grund der fehlenden Erfahrungen keine MAK-Werte aufgestellt werden können. Platinmetalle treten in Lagerstellen sowohl metallisch als auch in Form von Arsenid-, Sulfid- und Antimonid-Mineralen auf, welche sich in Sperryolith, Cooperit, Geversit, Braggit, Stibiopalladinit, Ferroplatin, Polyxen und Iridium Platin finden. Verfrachtet wurden die Platinvorkommen, welche in der Erdkruste aus dem Erdinneren stammen, durch tektonische und vulkanische Bewegungen. Platin und Palladium sind vor allem in wirtschaftlicher Hinsicht

von herausragender Bedeutung, da diese in vielen Anwendungen nicht bzw. nur schwer zu substituieren sind. In Kombination mit dem geringen Vorkommen in der Erdkruste handelt es sich dabei um begehrte Wirtschaftsgüter und machen deren Förderländer zu bedeutenden Handelspartnern. Ebenfalls treten Platinmetalle in der Erdkruste in wenigen Staaten vergesellschaftet mit den Erzen der anderen Platinmetalle sowie mit Nickel- und Kupfererzen auf. Durch die damit verbundene Marktmacht ergibt sich eine Erklärung für die Preisentwicklung in den letzten Jahren. Zum heutigen Zeitpunkt sind die nachgewiesenen Ressourcen groß genug, sodass eine geologische Knappheit nicht vorhanden scheint. Weltweit wurden 2013 von Platin 192 Tonnen und von Palladium 211 Tonnen produziert, was zusammen 403 Tonnen ergibt. Die Weltproduktion wird bei Platin mit 140 Tonnen (das sind ca. 73% der Weltproduktion) aus Südafrika dominiert, wobei sich bei Palladium Südafrika und Russland mit jeweils 82 Tonnen zusammen ca. 78% der Weltproduktion teilen. Die geringere Abbaurate im Vergleich zum Weltwirtschaftswachstum hat zur Entkopplung der Preisentwicklung von Platinmetallen beigetragen. Die mengenmäßig bedeutsamste Anwendung von Platin sind Abgaskatalysatoren in Verbrennungsmotoren. Dabei wird die quantitative Umsetzung der Schadgase NO, NO₂, CO und Kohlenwasserstoff in einem Temperaturfenster ermöglicht, welches im Abgastrakt hinter dem Motor zur Verfügung steht. Die starken Preissteigerungen haben die Automobilhersteller jedoch zur Substituierung von Platin gezwungen und Abgaskatalysatoren mit Palladium hervorgebracht. Platin findet auch katalytische Wirkung in Brennstoffzellen, um Sauerstoff und Wasserstoff bei niedrigen Temperaturen zu verbrennen und in Strom und Wärme umzuwandeln. Bei Palladium hingegen sind Dentallegierungen ebenfalls von großer Bedeutung. Vor der Nutzung im Zahnersatz wird jedoch auf Grund der ungeklärten Toxikologie gewarnt. [1, S. 288 ff.]

Tabelle 7: Anwendungen von Platin (Pt) und Palladium (Pd) [34, S. 30.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Kraftfahrzeugabgaskatalysatoren (Pt, Pd)	Dreiwegekatalysator in Ottomotoren und Oxidationskatalysator in Dieselmotoren
Schmuck (Pt)	Uhren, Ringe, Schreibfedern, Sondermünzen
Chemie und Petrochemie (Pt)	Katalysatoren und Schmelztiegel
Sonstige (Pt)	Brennstoffzellen, optische Gläser, Magnetwerkstoffe, medizinische Implantate
Elektronik und Elektrotechnik (Pd)	Steckkontakte
Dentaltechnik (Pd)	Zahnersatz
Sonstige (Pd)	Wasserstoffspeicher, Tiegel, medizinische Instrumente, Vielschichtkondensatoren

Tabelle 7 zeigt weitere Anwendungen der beiden behandelten Platinmetalle.

2.1.8 Wolfram

Das Element mit der Ordnungszahl 74, welches sich sowohl in der sechsten Gruppe als auch der sechsten Periode befindet, trägt den Namen Wolfram. Es handelt sich dabei um einen gut verformbaren Rohstoff, welcher auf Grund geringer Mengen von Kohlenstoff oder Sauerstoff sehr hart und spröde wird. Die hohe Dichte macht es zu einem sehr schweren Metall, ähnlich der Dichte von Gold. Wolfram besitzt unter den Metallen des Periodensystems der Elemente den höchsten Schmelzpunkt, welcher bei 3.422°C und den höchsten Siedepunkt, welcher bei 5.555°C liegt. Weiter ist Wolfram ein sehr guter Leiter von Wärme und Strom, wobei sich bei tiefen Temperaturen eine Supraleitfähigkeit zeigt. Wolfram tritt in der Natur, sprich in der Erdkruste, nur äußerst selten in elementarer Form auf, was das Fördern dieses Elements sehr schwer macht. Es gibt jedoch einige Minerale, welche Wolfram enthalten - zu diesen zählen Wolframit, Scheelit und Scheelbleierz. Zur Gewinnung werden einige chemische Verfahren angewendet, wobei die Wolframerze zunächst durch Flotation angereichert werden und mittels Aufschluss in Schmelze mit Soda oder durch Natronlauge unter Druck Natriumwolframat entsteht. Durch das folgende Ausfällen mit Calciumchlorid entsteht Calciumwolframat, welches mit Salzsäure zu Wolframsäure reagiert. Durch Glühen entsteht Wolfram(VI)oxid, welches sich in Kombination mit Wasserstoff zu Wolfram reduziert. Das Wolframpulver wird zu Barren gepresst, wobei durch Zonenschmelzverfahren die Einkristalle entstehen. [53, S. 1 ff.]

Weltweit wurden im Jahr 2013 ca. 71 Tonnen an Wolfram produziert, wobei China beinahe eine Monopolstellung besitzt. Die Volksrepublik zeigt sich nämlich für ca. 85% der Weltproduktionsmenge verantwortlich, was einer Menge von 60 Tonnen entspricht. [62, S. 174.]

Tabelle 8: Anwendungen von Wolfram [53, S. 3.]

Verwendungssegment	Technologie- und Produktbeispiele
Industrie	Eisenlegierungen für Härtestahl (Schneidwerkzeuge und Gewindebohrer)
Raumfahrt	Hitzeschilde und Raketendüsen
Elektronik/Elektrik	Elektroden und Heizleiter
Lampen	Glühdrähte für Glühlampen und Elektronenröhren
Schmuck	Schwungmasse in Armbanduhren
Waffenindustrie	Panzerbrechende Munition

Wie sich in Tabelle 8 zeigt, ist Wolfram auf Grund seiner besonderen Eigenschaften sehr vielseitig einsetzbar.

2.2 Produktgruppen

Nach der genaueren Beschreibung der einzelnen betrachtenden kritischen Rohstoffe und der Information über deren vielseitig möglichen Einsatzgebiete, werden in diesem Unterkapitel die zu betrachtenden Produktgruppen näher erläutert. Es handelt sich dabei um:

- Bildschirmgeräte
 - LCD-TV
 - Flachbildschirme (Plasma-TV, CRT-TV)
 - Tablet
 - Laptop
- Elektrokleingeräte
 - PC
 - Smartphone und Handy
 - Drucker
 - DVD-Player
 - Digitalkamera
 - Camcorder
- Gasentladungslampen & LED
 - LEDs
 - Leuchtstoffröhren (LSR)
 - Energiesparlampen (ESL)
- Sonstige Produkte
 - NiMeH-Akkumulatoren (Gerätebatterie) und
 - Wendeschneidplatten (WSP).

Als Grundlage für die Auswahl dieser Produkte dienen die nachfolgenden beiden Tabellen. Dabei zeigt Tabelle 9 in welchen Bauteilen die ausgewählten kritischen Rohstoffe zum Einsatz kommen.

Tabelle 9: Bauteil–Rohstoff-Matrix [47, S. 32 f.]

Bauteile	Au	Ag	In	Ga	Ta	W	Ce	Nd	Y	Pt	Pd
Batterien/Akkumulatoren											
Bestückte Leiterplatten/Integrierte Schaltungen											
Bildschirmbeleuchtung/Leuchtstoffe											
Laser/Optoelektronik											
LED											
Lote/Kontaktflächen/Steckverbindungen											
Magnete											

In weiterer Folge veranschaulicht Tabelle 10 welche der angeführten Bauteile in den jeweiligen Produkten zum Einsatz kommen.

Tabelle 10: Produkt-Bauteil-Matrix [47, S. 37 f.]

Produkt	Batterien/ Akkumulatoren	Bestückte Leiterplatten/ Integrierte Schaltungen	Bildschirmbeleuchtung/ Leuchtstoffe	Laser/ Optoelektronik	LED	Lote/ Kontaktflächen/ Steckverbindungen	Magnete
Bildschirmgeräte							
LCD-TV							
Plasma-TV							
CRT-TV							
Notebook							
Tablet							
Elektro- und Elektronikkleingeräte							
Handy							
Smartphone							
PC							
DVD-Player							
Drucker							
Digitalkamera							
Camcorder							
Gasentladungslampen inkl. LED							
LED							
LSR							
ESL							

Wie ersichtlich ist, kann auf Grund der letzten beiden Darstellungen von einer guten Grundauswahl ausgegangen werden.

2.2.1 Bildschirmgeräte

In der seit August 2005 geltenden Elektroaltgeräteverordnung (EAG-VO) werden die Bildschirmgeräte inklusive Bildröhrengeräte als eine eigene Kategorie angesehen. Den Bildschirmgeräten zugeordnet werden TV-Geräte, PC-Monitore, Monitore von Überwachungssystemen (Plasma-, LCD- und LED-Displays) aber auch Laptops und Tablet-PCs. Ab einer Bildschirmgröße von größer 100 cm², zählt das betroffene Gerät zur Kategorie

Bildschirmgerät, sofern die Primärfunktion die Benutzung des Bildschirms ist. Handys zählen ebenso wenig zu den Bildschirmgeräten wie tragbare Videospielkonsolen (Game Boy etc.). Diese Geräte verfügen zwar über ein kleines Display, werden jedoch als Elektrokleingeräte eingestuft. In der Kategorie Bildschirmgeräte wird grundsätzlich zwischen Röhrengeräten und Flachbildschirmen, die unterschiedlich behandelt werden müssen, unterschieden. Auf Grund der Entwicklung bezüglich des Stands der Technik und der Lebensdauer der Geräte dieser Kategorie fallen derzeit noch vorwiegend Röhrengeräte als Elektro- und Elektronikaltgeräte an, jedoch ist mit einer Anteiländerung zu rechnen. Aktuell werden Röhrengeräte manuell demontiert und in schadstoffhaltige und verwertbare Komponenten aufgeteilt. Dazu werden die bestückte Leiterplatte, Elektronenstrahlleinheit, Bildröhre und Metalle getrennt manuell ausgebaut. [61, S. 1.]

2.2.2 Elektro- und Elektronikkleingeräte (EKG)

In die Sammel- und Behandlungskategorie der Elektrokleingeräte fallen die folgenden Geräte, welche eine Kantenlänge von kleiner 50 cm haben:

- Haushaltgeräte klein: Bügeleisen, Mixer, Föhn, Staubsauger, Heizlüfter, etc.
- IT- & T-Geräte: PC's, Drucker, Scanner, Telefone, Handys, Fax, etc.
- Radiogeräte, Hifi-Geräte, Beleuchtungskörper, Sport- und Freizeitgeräte sowie medizinische Geräte.

Für den weiteren Verlauf der Diplomarbeit sind hier vor allem die IT- & T-Geräte von Bedeutung und dabei im speziellen das Smartphone und der PC. Da ein Großteil der wiedergewonnenen Rohstoffe im Bereich der Elektrokleingeräte Eisen-Metalle (51%), Nicht-Eisen-Metalle (12%) und Kunststoff (37%) sind, wird den erwähnten kritischen Rohstoffen derzeit wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Nach Abtrennung der Schadstoffe werden die EKGs entweder per Hand demontiert oder in Behandlungsanlagen weiter zerkleinert und in Outputfraktionen getrennt. Bauteile, welche im Demontagebetrieb nicht sortenrein getrennt werden können, werden an Behandlungsanlagen zur mechanischen Aufbereitung weitergeleitet. [31, S. 1 f.]

2.2.3 Gasentladungslampen und LED

Leuchtstofflampen/Leuchtstoffröhren (LSR) haben sich in Büro- und Verkaufsräumen durchgesetzt, weil ihre Leuchtstärke auf für diese Einsatzbereiche angepasst wurde. In der Tat war lange Zeit der Verwendungsradius dieser Leuchtmittel auf den gewerblichen Bereich und die Anwendung in Nutzzräumen beschränkt. In Räumlichkeiten dagegen, bei denen Beleuchtung nicht primär nur zweckdienlich sein soll, war dieses Leuchtmittel nicht anzufinden. Doch wie in vielen anderen Bereichen der Beleuchtungstechnik können auch bei den Leuchtstoffröhren deutliche Fortschritte verzeichnet werden. Zu den Fortschritten, die Leuchtstofflampen aus der Beschränkung als rein praktisch einsetzbare Leuchtmittel herausheben, zählt die Entwicklung von Varianten, die ein als „warm“ und „gemütlich“

empfundenes Licht aussenden und diese für die Bedürfnisse des Wohnraums kompatibel machen. Dies ist eine ungemein positive Entwicklung, denn das Funktionsprinzip der Leuchtstofflampe ist dem vieler herkömmlicher Beleuchtungslösungen mitunter weit überlegen. Die übliche Leuchtstofflampe besteht aus einer Röhre, welche eine Edelgasfüllung aufweist. Im eingeschalteten Zustand wird von diesem Gas eine an sich unsichtbare Strahlung abgegeben. Diese wiederum reagiert mit der Leuchtstoffbeschichtung an den Wänden der Röhre, so dass sichtbares Licht entsteht. Für den Start des Leuchtmittels ist ein Vorschaltgerät erforderlich. Hierfür hervorragend geeignet, da technisch am meisten fortgeschritten, ist ein elektronisches Vorschaltgerät, welches zudem einen flackerfreien Start ermöglicht. Das Leuchtmittel weist darüber hinaus eine Lebensdauer von bis zu 20.000 Stunden auf – das 20-fache einer herkömmlichen Gebrauchslampe. Weitere Merkmale, welche die Leuchtstofflampen besitzen können, sind farbige Ausprägungen, die sich ideal für die dekorative Verwendung eignen. Je nach Einsatzort kommen auch unterschiedliche Formvarianten wie die U- oder die Ringform zum Einsatz. Mit einer dimmbaren Version dieses Leuchtmittels besteht die Möglichkeit, das Licht je nach Situation individuell anzupassen. [44, S. 2.]

Die klassische „Glühbirne“ hatte eine Lebensdauer von nur 1.000 Stunden und gab nur 5% der aufgenommenen Energie als Licht ab. Bis zur Durchsetzung des Glühlampenverbots nahm man diese negativen Eigenschaften in Kauf, denn das Licht besaß einen angenehmen Warmton und eine sehr gute Farbwiedergabe. Doch es wurden energieeffiziente Alternativen erforderlich, um Umwelt und Wirtschaftlichkeit gleichermaßen gerecht zu werden. So entstand neben vielen anderen Alternativen, wie der Leuchtstofflampe und Energiesparlampe, die LED (lichtemittierende Diode)-Lampe. Ihre Markenzeichen sind eine Lebensdauer von bis zu 50.000 Stunden, eine geringe Wärmeentwicklung und – inzwischen – eine Bandbreite an Lichtfarben, zu denen auch eine der herkömmlichen Glühlampe ähnliche zählt. LEDs sind kleine Elektronik-Chips, womit sich das Funktionsprinzip grundlegend von üblichen Beleuchtungslösungen unterscheidet. Auch arbeiten LED-Lampen nicht mit der normalen Netzspannung von 230V. Für den Betrieb muss die Spannung mittels Transformator umgewandelt werden. Das neue Leuchtmittel wurde ursprünglich nur zur Effektbeleuchtung eingesetzt, da die Lichtausbeute viel zu gering war, um eine Allgemeinbeleuchtung zu erzielen. Mit einer Lichtausbeute von inzwischen ca. 50 Lumen/Watt (lm/W) hat die Lampe jedoch einen enormen Fortschritt gemacht, der sie auch für die Grundbeleuchtung attraktiv macht. Trotzdem bleiben LED-Lampen auch ideale Dekorationslichter, denn LEDs sind im Grunde genommen farbige Lichtquellen. Erst durch die Kombination der Farben kann ein weißes Licht erzielt werden. So tauchen LEDs in beleuchteten Wandbildern ebenso auf wie in Dekorationsartikeln für die diversen Innenräume. Aufgrund der kleinen Dimensionen des Leuchtmittels können dabei die mannigfaltigsten Designkonzepte verwirklicht werden. Auch bei der Bild- und Kunstwerkbeleuchtung können LEDs eingesetzt werden, weil das Licht keine UV-Strahlung ausstrahlt, die dem betreffenden Objekt schädlich sein könnte. [45, S. 2.]

2.2.4 Sonstige Produkte

Auf der Suche nach einem umweltverträglichen Ersatz für den NiCd-Akku wurde das Cadmium (Cd) durch eine Metalllegierung ersetzt. Die Legierung ist in der Lage Wasserstoff zu absorbieren und hat eine höhere Energiedichte. Dabei wird die Masse der negativen Elektrode reduziert und der entstandene Platz kann mit mehr positiver Masse aufgefüllt werden. Da jedoch nicht die gleiche Strombelastbarkeit erreicht wird, werden Hochstromanwendungen, wie zum Beispiel bei Akku-betriebenen Power-Tools (Bohrmaschinen, Akkuschauber, ...), mit NiCd-Akkus ausgestattet. Aktuelle NiMeH-Akkus können mit einem hohen Ladestrom geladen werden, wodurch Akkus schon nach wenigen Stunden voll sind, jedoch darf der maximale Ladestrom nicht überschritten werden. Ist der Akku voll, kann jede weitere Energiezufuhr den Akku dauerhaft schädigen. Ein gutes Ladeverfahren und ein entsprechend guter Akkulader können teilgeladene Akkus erkennen und zuverlässig das Ende des Ladens bestimmen, wobei es keine Rolle spielt wie alt der Akku ist, welche Nennkapazität er hat und welche Umgebungstemperatur herrscht. Ein voller Akku wandelt die zugeführte Energie direkt in Wärme um. Gute Ladegeräte messen die Temperaturänderung und erkennen somit, wann die Ladung beendet werden muss. Wenn sich die Akkuleistung von NiMeH-Akkus verringert, dann sind das Schäden durch Überladung, Überhitzung oder Tiefentladung. Das CCS-Ladeverfahren (Computerized Charging System) führt periodische Messungen unter wechselnder Last an den Akkus durch. Aus dem charakteristischen Impedanzwerten wird der Ladezustand berechnet. Ein Überladen gibt es nicht mehr. Blitzgeräte, Digitalkameras, mobile Geräte und ferngesteuertes Spielzeug sind üblicherweise am ehesten für Akkus geeignet. Hier muss man die Akkus regelmäßig wechseln oder aufladen. Die Akkutechnik hat sich wegen der Nachfrage in den letzten Jahren rasant verändert. Hauptsächlich haben die Hersteller Akkus mit immer mehr Kapazität auf den Markt gebracht. NiMeH-Akkus mit 2700 mAh haben fast so viel Kapazität wie Alkalibatterien. Doch diese Entwicklung ging zu Lasten der Selbstentladung, denn schon nach wenigen Tagen verlieren die Zellen 10 bis 20 Prozent ihrer Ladung. Die Selbstentladung ist auch temperaturabhängig, sprich je wärmer, desto stärker. Dabei reagiert der Wasserstoff mit der Anode sowie der Kathode und verringert dadurch die Kapazität. [49, S. 5 ff.]

Die in der Industrie zum Einsatz gebrachten Wendeschneidplatten gibt es in verschiedenen Formen und Größen, je nach spezifischem Einsatzgebiet und bestehen aus Vollhartmetall. Sie dienen als Schneidstoffträger zur Zerspannung von Metall und Holz und werden im Sinterverfahren erzeugt. Grundsätzlich können sie mehrere Schneidkanten besitzen. Zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und der Wärmebeständigkeit werden diese noch beschichtet. Da es sich jedoch um ein Verschleißwerkzeug handelt (Abnutzung nach Drehung oder Wendung) muss es ersetzt werden. Dabei wird versucht, diese nach Möglichkeit zum größten Teil aus recyceltem Vollhartmetall zu produzieren, welches von nach ISO 14001/OHSAS 18001 zertifizierten Anlagen stammt. Durch diese Kreislaufführung gelten die Werkzeuge als sehr umweltfreundlich, da:

1. bis zu 80% des verkauften Vollhartmetalls zurückgewonnen werden
2. der CO₂-Ausstoss im Wiederverwendungsprozess um bis zu 40% vermindert wird
3. der Energieverbrauch im Wiederverwendungsprozess um bis zu 70% geringer ist.

Dadurch ergibt sich eine Win-Win-Situation für Kunden und Lieferanten, denn der Kunde bekommt eine Art Pfand für seine zum Recycling zur Verfügung gestellten, abgenutzten Wendschneidplatten und der Lieferant verfügt über eine gewisse Sicherheit bezüglich der Versorgung mit kritischen und somit teuren Sekundärrohstoffen. [41]

3 Aktuelle Entsorgung in Österreich

Um eine mögliche Rückgewinnung der kritischen Rohstoffe aus den jeweiligen Elektro- und Elektronikprodukten überhaupt erst durchführen zu können, muss ein entsprechendes Sammel- und Entsorgungssystem vorhanden sein. Um dies in der Europäischen Union und damit auch in Österreich sicherzustellen, gibt es eine Richtlinie, die sogenannte EU-Richtlinie 2002/96/EC.

3.1 Die EU-Richtlinie 2002/96/EC

Das Ziel der genannten Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 27. Jänner 2003 über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE – Waste Electrical and Electronic Equipment) ist vorrangig die Vermeidung von Abfällen und im weiteren Verlauf die Wiederverwendung sowie das Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten. Auf diese Art sollen die jährlich anfallenden Abfallmengen reduziert werden, gleichzeitig aber auch wertvolle Rohstoffe durch hohe Verwertungsquoten in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.[13, S. 6 f.]

3.2 Revision und aktuell gültige Verpflichtungen der EU-Richtlinie

Schon im Jahre 2008 veröffentlichte die EU-Kommission einen Vorschlag zur Revision der WEEE-Richtlinie. Nach umfangreichen Diskussionen im Jahr 2009 fanden im Jahr 2010 die erste Lesung im Europäischen Parlament und der Beschluss des Rates der Europäischen Union zum Entwurfstext der EU-Kommission statt. Nach der zweiten Lesung im Europäischen Parlament im Jänner 2012 wurde ein vorläufiges Ergebnis präsentiert und daraufhin erfolgte vor dem Sommer der endgültige Beschluss und im August des gleichen Jahres die Kundmachung. Für die Umsetzung im Juli 2014 in das nationale Recht waren folgende relevanten Änderungspunkte nötig: [13, S. 6 f.]

- ab 2016 muss die Mindestsammelquote 45% der in den drei Vorjahren in den Mitgliedsstaaten in Verkehr gesetzten durchschnittlichen Massen statt der bis dato geltenden vier Kilogramm pro Einwohner und Jahr sein. Wenn diese Quote bereits erreicht wurde, wie dies in Österreich der Fall ist, darf das Niveau in weiterer Folge nicht mehr sinken.
- ab 2019 muss die Mindestsammelquote 65% der Elektro- und Elektronikgeräte der in den drei Vorjahren in den Mitgliedsstaaten in Verkehr gesetzten durchschnittlichen Massen oder alternativ dazu 85% der im jeweiligen Mitgliedsstaat anfallenden EKG sein.
- Ausdehnung von einem klar definierten (geschlossenen) Geltungsbereich mit zehn Kategorien zu einem allumfassenden (offenen) Geltungsbereich
- Aufnahme von Photovoltaikmodulen in die Richtlinie zur Kategorie der gewerblichen Großgeräte

- Reduktion der derzeitigen zehn Gerätekategorien auf lediglich sechs:
 - Wärmeüberträger (u.a. Kühl- und Gefriergeräte)
 - Bildschirme, Monitore und Geräte, die Bildschirme mit einer Oberfläche von 51 mehr als 100 cm² enthalten
 - Lampen (u.a. Kompaktleuchtstofflampen und LEDs)
 - Großgeräte (u.a. medizinische Geräte, Überwachungs- und Kontrollinstrumente und Photovoltaikmodule)
 - Kleingeräte (unter 50 cm Kantenlänge)
 - Kleine IT- und Telekommunikationsgeräte (u.a. Mobiltelefone, PCs, Drucker und Telefone)
- Verpflichtung der Hersteller zur Betreibung einer Niederlassung in den Mitgliedsstaaten, in denen Produkte in Verkehr gesetzt werden bzw. die Bestellung eines Bevollmächtigten der für die Erfüllung der Herstellerpflichten verantwortlich ist, gleichermaßen gültig für den Fernabsatz und für Hersteller in Österreich, die Elektro- und Elektronikgeräte zur Abgabe an Letztverbraucher in anderen Mitgliedsstaaten der EU ausführen.
- Erhöhung der Verwertungsquote um fünf Prozentpunkte per 15. August 2015, ausgenommen sind die Gasentladungslampen unter Berücksichtigung der Weiter- und Wiederverwendung von Elektrogeräten in der Recyclingquote.
- Beweislastumkehr bei der Verbringung der Re-Use-tauglichen Geräte aus der EU.

Weiter erfolgt ein Überblick über die wichtigsten Bereiche der aktuellen WEEE Directive: [13, S. 7.]

1. Produktionskonzeption

Die EU-Mitgliedsstaaten sollen die Entwicklung und Produktion von Elektro- und Elektronikgeräte fördern, welche die Demontage und die Verwertung berücksichtigen und die Wiederverwertung und das Recycling erleichtern.

2. Getrennte Sammlung

Die Mitgliedsstaaten sollen die Entsorgung von EAG zusammen mit dem unsortierten Siedlungsabfällen vermeiden bzw. möglichst gering halten und eine getrennte Sammlung einführen

3. Berichtspflicht und Sanktionen

Die Mitgliedsstaaten haben ein Verzeichnis der Hersteller zu erstellen und Informationen über die Mengen und Kategorien der Elektro- und Elektronikgeräte, welche auf dem Markt in Verkehr gebracht, gesammelt, dem Recycling zugeführt und verwertet werden, zu erheben. Auch sollen die Mitgliedsstaaten der Kommission alle drei Jahre einen Bericht über die Durchführung dieser vorgeschlagenen Richtlinie übermitteln. Die Mitgliedsstaaten sollen für Verstöße gegen diese Richtlinie Sanktionen festlegen.

Dadurch entstehen auch für den Hersteller Verpflichtungen die nachfolgend behandelt werden.

3.3 Aktuelle Verpflichtungen des Herstellers laut EU-Richtlinie

Der Hersteller muss im Rahmen der Richtlinie zur Einhaltung folgende Punkte verpflichten: [13, S. 8 f.]

1. Finanzierung

Die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten sollen laut EU-Richtlinie WEEE den gesamten Verwertungs- und Recyclingkreislauf finanzieren. Dazu soll jeder Hersteller für die Gewährleistung der Finanzierung der Entsorgung seiner Altgeräte eine finanzielle Garantie abgeben, die in Form einer Teilnahme an Finanzierungssystemen, einer Recyclingversicherung oder eines gesperrten Bankkontos erfolgt.

2. Produktionskonzept

Die Richtlinie schreibt vor, dass es zu keiner Verhinderung der Wiederverwendung von EAG durch spezielle Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse seitens der Erzeuger kommen soll. Sind die Vorteile dieser Merkmale oder Prozesse, beispielsweise im Rahmen des Umweltschutzes, jedoch im überwiegenden Ausmaß vorhanden, ist nicht von einer Verhinderung auszugehen.

3. Verwertung und Behandlung

Die Aufgabe der Produzenten ist es, Systeme einzurichten, welche die Verwertung von getrennt gesammelten EAG betreffen. Dazu müssen die bestmöglich verfügbaren Behandlungs-, Verwertungs- und Recyclingtechniken zum Einsatz kommen.

4. Kennzeichnungspflicht

Hersteller, aber auch Importeure, die Elektro- und Elektronikgeräte nach dem 12. August 2005 in Verkehr setzen, haben diese, abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen, mit dem Symbol der durchgestrichenen Mülltonne auf Rädern deutlich sicht- und lesbar zu kennzeichnen. Wenn eine Kennzeichnung auf Grund der Gerätegröße nicht möglich ist, muss das Symbol auf der Verpackung oder in der beiliegenden Bedienungsanleitung angebracht sein.

5. Informationen für die Letztverbraucher

Um eine getrennte Sammlung von EAG zu gewährleisten, sollten die Nutzer in privaten Haushalten ausreichend darüber informiert werden, dass diese Altgeräte nicht als unsortierter Siedlungsabfall zu beseitigen sind. Auch sind die Letztverbraucher darüber zu informieren, wie diese ihren Beitrag zur Verwertung der Altgeräte leisten können und welche Auswirkungen eine unsachgemäße Beseitigung auf Umwelt und Gesundheit hat.

6. Informationen für Behandler

Für jedes neue Elektro- und Elektronikgerät muss der Hersteller innerhalb eines Jahres nach Inverkehrbringen Informationen über die Wiederverwendung und Behandlung zur Verfügung stellen. Aus diesen Informationen muss klar hervorgehen, welche verschiedenen Bauteile und Werkstoffe die Elektro- und Elektronikgeräte enthalten und an welcher Stelle sich gefährliche Stoffe befinden. Diese Informationen müssen den Wiederverwendungseinrichtungen, Behandlungs- und Recyclinganlagen in Form von Handbüchern, in elektronischer Form oder dergleichen mitgeteilt werden. Jene Elektro- und Elektronikgeräte, welche ab dem 13. August 2005 in Verkehr gebracht werden, müssen vom Produzenten durch Kennzeichnung des Gerätes identifizierbar gemacht werden.

Da es sich dabei um eine EU-Richtlinie handelt, muss diese in Österreich ebenfalls umgesetzt werden.

3.4 Umsetzung in Österreich

Die österreichische Umsetzung der EU-Richtlinie erfolgt mit dem Inkrafttreten der Elektroaltgeräteverordnung, kurz EAG-VO genannt, am 13. August 2005. Die vorletzte Novelle vom 30. November 2012 – per BGBl. II Nr. 397/2012 - berücksichtigt die Neufassung der Restriction of (the use of certain) Hazardous Substances (RoHS)-Richtlinie, welche eine weitere Reduktion gefährlicher Inhaltsstoffe beinhaltet. Diese trat per 1. Jänner 2013 in Kraft. Die aktuelle Novelle wurde rückwirkend per 1. Juli 2014 in österreichisches Recht umgesetzt. Der Geltungsbereich für Elektro- und Elektronikgeräte in Österreich wird durch fünf Sammel- und Behandlungskategorien (Elektro-Großgeräte, Kühl- und Gefriergeräte, Bildschirmgeräte, EKG und Gasentladungslampen) abgedeckt. Die österreichische Lösung berücksichtigt die in der neuen Novelle angewandten Sammelkategorien unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur. Die Bestimmungen, welche die Kennzeichnung betreffen wurden 1:1 aus der EU-Richtlinie übernommen. Ein weiterer Punkt ist die Rückgabe von EAG.

Seit dem 13. August 2005 haben Letztverbraucher die folgenden Möglichkeiten zur unentgeltlichen Rückgabe von EAG aus privaten Haushalten:

- Abgabe bei den flächendeckend in Österreich eingerichteten Sammelstellen
- Abgabe beim Kauf eines gleichwertigen Gerätes beim Händler, wenn dessen Verkaufsfläche 150 m² übersteigt
- Die in der WEEE-Novelle vorgesehene Änderung auf eine 0:1-Rücknahme von Elektrokleingeräten mit einer Kantenlänge von weniger als 25 cm bei Händlern deren Verkaufsfläche 400 m² übersteigt konnte abgewandt werden.

Die Änderung der Mengenschwellen bei der Abholung betraf die beiden Kategorien Großgeräte und Gasentladungslampen. Diese wurden von 4.000 kg auf 3.000 kg bzw. 500 kg auf 300 kg reduziert. Gemäß § 11 EAG-VO sollen Altgeräte, welche aufgrund des technischen Zustandes für eine Wiederverwendung geeignet sind, dieser zugeführt werden, sofern dies ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich zumutbar ist. Nicht wiederverwendete Altgeräte werden in weiterer Folge gemäß § 11 EAG-VO einer Behandlung zugeführt, welche die stoffliche Verwertung sicherstellt. Die Hersteller haben dazu die erforderlichen Informationen, wie in der EU-Richtlinie beschrieben, bereitzustellen. Durch die Novelle der EAG-VO sind Sammelstellenbetreiber dazu verpflichtet, EAG, die einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden sollen, zumindest zweimal jährlich getrennt zu erfassen und entweder selbst zur Wiederverwendung vorzubereiten oder Re-Use-Betrieben zu übergeben, wobei bei letzteren gemeinnützige Betriebe zu bevorzugen sind. Gemäß § 24 EAG-VO haben Hersteller und Importeure bzw. jenes Sammel- und Verwertungssystem, das sie entpflichtet, jeweils für das vorangegangene Kalenderjahr die Massen von EAG getrennt nach Sammel- und Behandlungskategorie und unterteilt nach Altgeräten aus privaten Haushalten und aus gewerblichen Zwecken im Wege des Registers an die Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH (im weiteren Verlauf der Arbeit kurz Koordinierungsstelle genannt und in Kapitel 3.6 genauer beschrieben) zu melden. Außerdem sind jene Massen in Kilogramm anzugeben, die:

- als gesamtes Gerät wiederverwendet
- als Bauteile, Werkstoffe und Substanzen wiederverwendet
- stofflich verwertet
- insgesamt verwertet
- in einen anderen Mitgliedsstaat der EU ausgeführt
- aus der EU ausgeführt

wurden. Dabei sind insbesondere die erreichten Verwertungsquoten, die Quoten der Wiederverwendung und der stofflichen Verwertung für Bauteile, Werkstoffe und Substanzen getrennt nach Sammel- und Behandlungskategorie anzuführen. Ebenfalls sind andere Abfallsammler, insbesondere Gemeinden oder Gemeindeverbände, die EAG von den Letztverbrauchern sammeln, zur Meldung nach den gleich Vorgaben für Hersteller oder Importeure im Weg des Registers an die Koordinierungsstelle abzugeben, verpflichtet. Weiter haben Behandler von Abfällen eine Meldung für das vorangegangene Jahr für jene EAG getrennt nach Sammel- und Behandlungskategorie abzugeben, die

- als Bauteile, Werkstoffe und Substanzen wiederverwendet
- stofflich verwertet
- insgesamt verwertet

wurden. Die Hersteller und Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten können ihre Verpflichtung zur Sicherstellung für die Rücknahme und Behandlung von Altgeräten in Österreich unter anderem durch die Teilnahme an einem vom Umweltministerium genehmigten Sammel- und Verwertungssystem für EAG erfüllen. Dabei ist die Systemteilnahme für jene verpflichtend, die vor dem Inkrafttreten der EAG-VO, d.h. vor dem 13. August 2005, in Verkehr gesetzt haben. Jene die Elektro- und Elektronikgeräte nach genanntem Datum in Österreich in Verkehr gesetzt haben, können sich an ein Sammel- und Verwertungssystem anschließen oder die eigenen Altgeräte aus der Sammelware aussortieren. Für die Meldung der in Verkehr gesetzten Geräte haben diese laut § 23 EAG-VO für private Haushalte jeweils für das abgelaufene Quartal die getrennt nach Sammel- und Behandlungskategorie im Wege des Registers des Umweltbundesamtes zu melden. Liegt ein Anschluss an ein Sammel- und Verwertungssystem vor, obliegt die Meldungspflicht diesem. Die Koordinierungsstelle kann auf die Daten jederzeit zugreifen, wertet diese aus und veröffentlicht die Massenanteile der einzelnen Sammel- und Verwertungssysteme auf der Website. Im Rahmen des Fernabsatzes für an private Haushalte abgesetzte Geräte in andere Mitgliedsstaaten der EU müssen diese seit Inkrafttreten der letzten Novelle (1. Juli 2014) einen Bevollmächtigten ernennen. Im Hinblick auf finanzielle Garantien und strafrechtliche Verantwortung werden an diesen die gleichen Anforderungen gestellt, wie sie laut EU-Richtlinie für die Hersteller gelten. Die Meldung hat getrennt nach Sammel- und Behandlungskategorien und unter Angabe des Empfängerstaates zu erfolgen. Für gewerbliche Zwecke hat ebenfalls eine Meldung der in Verkehr gesetzten Produkte getrennt nach den Kategorien jeweils im Nachhinein für das vorangegangene Kalenderjahr per 10. März im Wege des Registers an die Koordinierungsstelle zu erfolgen. [13, S. 9 ff.]

Gleich wie für die EAG gibt es von der EU auch eine Richtlinie für Altbatterien und eine Umsetzung dieser in Österreich.

3.5 EU-Richtlinie 2006/66/EC und Umsetzung in Österreich

Die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 6. September 2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altakkumulatoren hat als Hauptziel die Beschränkung der verursachten Umweltbelastung auf ein Mindestmaß. Dazu ist es zweckdienlich die Bestimmung für den Schwermetallgehalt und die Kennzeichnung von Batterien und Akkumulatoren zu harmonisieren. Die EU-Mitgliedsstaaten hatten diese Richtlinie in nationales Recht zu implementieren, da den Vorgaben seit dem 26. September 2008 nachzukommen ist. Die Verordnung Nr. 493/2012/EU der EU-Kommission vom 11. Juni 2012 ergänzt die in der Batterien-Richtlinie (2006/66/EG) genannten Mindestrecycling-Effizienzen bezüglich deren Berechnung. Die VO ist für Recyclingverfahren, die an Altbatterien und Altakkumulatoren durchgeführt werden, ab dem 1. Jänner 2014 anzuwenden. Eine weitere Novelle (2013/56/EU), welche bis 1. Juli 2014 in nationales Recht umzusetzen ist, beinhaltet ab 1. Oktober 2015 ein Verbot für Quecksilber in Knopfzellen. Außerdem beinhaltet diese ein Cadmiumverbot per 1. Jänner 2017 für schnurlose Elektrowerkzeuge. Akkumulatoren auf Cadmiumbasis müssen bis dahin auf Nickel-Metallhydrid- bzw. Lithium-Ionen-Technologie umgestellt werden. Die Mitgliedsstaaten sind zur Sicherstellung verpflichtet, dass sämtliche Hersteller registriert sind. Die Mindestsammelquote von 25% der in Verkehr gesetzten Massen ist erstmals im fünften vollen Kalenderjahr nach Inkrafttreten der Richtlinie zu erreichen und ab 26. September 2016 steigt die Mindestsammelquote auf 45%. Der Geltungsbereich umfasst die Kategorien der Gerätebatterien und -akkumulatoren, Industriebatterien sowie Fahrzeugbatterien und -akkumulatoren. Gefördert wird auch die Forschung und Verbesserung der allgemeinen Umweltverträglichkeit von Batterien und Akkumulatoren, welche geringe Mengen an gefährlichen Stoffen, insbesondere als Ersatz für Quecksilber, Cadmium und Blei, beinhalten. Die Sammlung soll getrennt von den unsortierten Siedlungsabfällen sowie bequem und kostenfrei erfolgen. Die Mitgliedsstaaten übermitteln der Kommission alle drei Jahre einen Bericht betreffend die Umsetzung der Richtlinie. Die Finanzierung des gesamten Lebenszyklus ist unabhängig vom Datum des Inverkehrbringens sicherzustellen und eigene Systeme zur Behandlung bzw. zum Recycling am besten Stand der Technik im Sinne des Schutzes von Gesundheit und Umwelt sind einzurichten. Die Kennzeichnung muss deutlich sicht- und lesbar sein sowie etwaige Überschreitungen von Massenanteilen bei Quecksilber, Cadmium und Blei müssen entweder am Produkt oder dessen Verpackung aufscheinen. In Österreich erfolgte die Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/66/EC fristgerecht mit dem Inkrafttreten der Batterien-Verordnung am 26. September 2008 und wurde am 15. Mai 2008 im Bundesgesetzblatt kundgemacht. Die Verordnung umfasst alle Typen von Batterien. Die Rückgabe dieser ist bei Sammelstellen, eingerichteten Rückgabemöglichkeiten oder beim Letztvertreiber unentgeltlich möglich. Die Meldung über Sammlung und Behandlung sowie der Sammel- und Verwertungssystem sind gleich den EAGs. Die Meldung der in Verkehr gesetzten Batterien erfolgt nach § 24 Batterien-VO. [13, S. 13 ff.]

In Österreich gibt es die bereits erwähnte Koordinierungsstelle, welche im nachfolgenden Abschnitt beschrieben wird. Diese ist für die Umsetzung und Erfüllung der beiden EU-Richtlinien verantwortlich.

3.6 Die Koordinierungsstelle

Durch die AWG-Novelle, welche im Jahre 2004 im Zuge der Umsetzung der europäischen WEEE-Richtlinie veröffentlicht wurde, wurde in Österreich eine Koordinierungsstelle errichtet. Nach der Kundmachung der EAG-VO im Mai 2005 wurde die EAG Koordinierungsstelle Austria GmbH gegründet und ist im Firmenbuch des Handelsgerichts Wien unter der Firmenbuchnummer 263326w eingetragen. Per Bescheid des Umweltministeriums im Juli 2005 wurde diese mit den Vorgaben gemäß § 13b Absatz 1 AWG betraut. Durch Inkrafttreten der AWG-Novelle von 2008 in Verbindung mit der daraus resultierenden Batterien-VO wurde das Aufgabengebiet der Koordinierungsstelle per Bescheid des Umweltministeriums im Juni 2008 um den Bereich der Gerätebatterien erweitert. Diese ist eine gemeinnützige Gesellschaft mit dem Ziel der Förderung des Gemeinwohles und des Umweltschutzes, insbesondere durch die koordinierte Sammlung und Verwertung von Abfällen, welche der EAG-VO und Batterien-VO unterliegen. Die Koordinierungsstelle ist somit mit folgenden Aufgaben betraut: [13, S. 18 f.]

1. Abschluss von Vereinbarungen mit Sammel- und Verwertungssystemen über die Abholung von Abfällen, über die Sammelinfrastruktur und über die Festlegung einer Schlichtungsstelle. Auch die Finanzierung der Sammelinfrastruktur, zu der die Informierung der Letztverbraucher gehört, zählt zu den Aufgaben.
2. Koordinierung der Maßnahmen gemäß der Vereinbarungen
3. Koordinierung von Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz von Sammel- und Verwertungssystemen, insbesondere durch Harmonisierung von Meldeformularen und der Sammelinfrastruktur unter Berücksichtigung von Vorgaben der Verordnung gemäß § 14 Absatz 1.
4. Entgegennahme der Massennmeldungen der Sammel- und Verwertungssysteme über die in Verkehr gesetzten Produkte und Ermittlung des diesbezüglichen Massenanteils der einzelnen Systeme an der gesamten Masse der von Systemteilnehmern in einem Zeitraum in Verkehr gesetzten Produkte. Den Sammel- und Verwertungssystemen sind die Massenanteile bezogen auf die einzelnen Sammel- und Behandlungskategorien zugänglich zu machen.
5. Durchführung der Abholkoordinierungen.
6. Vorbereitung der Berichte für die EU-Kommission.

Neben den Richtlinien für EAG sowie Batterien und Akkumulatoren, gibt es auch Richtlinien für Lampen. Die Kreislaufführung bezüglich der Wendeschneidplatten stellt bereits einen innovativen Fortschritt dar. Diese Aspekte werden im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert.

3.7 Informationen für die weiteren Produkte

In diesem Teilbereich werden sowohl die Richtlinien für Lampen als auch die Kreislaufführung von Wendeschneidplatten näher beschrieben.

3.7.1 EU-Richtlinie 2009/125/EG

Als eine von mehreren Maßnahmen zum europaweiten Klimaschutz legt die Verordnung (EG) Nr. 244/2009 der Kommission vom 18. März 2009 Mindesteffizienzanforderungen an Haushaltslampen fest. Diese Verordnung basiert auf der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG und legt fest, dass Lampen mit geringer Effizienz, wie die der Glühlampen, aber auch der 230-Volt-Halogenlampen bis 2016 schrittweise vom Markt genommen werden. Klare Glühbirnen dürfen nur mehr bis Ende August 2011 in Verkehr gebracht werden. Die Endverbraucher/Nutzer müssen so auf andere Lampentypen, wie etwa Niedervolt-Halogenlampen, Energiesparlampen oder LED-Lampen umsteigen (auf <http://www.eak-austria.at/presse/> gibt es ein Infoblatt bezüglich energiesparender Beleuchtung). In der Tat trägt der Einsatz energiesparender Lampen nicht nur dazu bei, das Klima zu schützen. Durch die längere Lebensdauer und den geringeren Stromverbrauch können die Konsumenten auch bares Geld sparen. Ein Privathaushalt kann bei einer Umstellung auf energiesparende Lampen bis zu € 100,- pro Jahr einsparen, da bis zu 80% weniger Strom als bei herkömmlichen Glühbirnen verbraucht wird. [38, S. 2 f.]

3.7.2 Kreislaufführung Wendeschneidplatten

Um eine gesetzeskonforme Entsorgung von Wendeschneidplatten zu gewährleisten, muss ein hoher Aufwand bezüglich der Aufbereitung betrieben werden. Da kritische Rohstoffe kostenintensiv zugekauft werden müssen und eine bestimmte Unsicherheit in der Rohstoffversorgung besteht, versuchen die Unternehmen durch Kreislaufführungen (siehe Kapitel 5.2.4 Abbildung 9) Primärrohstoffe zu substituieren. Dabei ist sicherzustellen, dass abgenutzten Wendeschneidplatten wiederverwendet werden können. Um dies zu gewährleisten müssen die recycelten Rohstoffe die hohen Qualitätsanforderungen erfüllen, weshalb Adaptionen, Investitionen und Studien parallel zur kontinuierlichen Verbesserung und Optimierung der einzelnen Prozessschritte durchgeführt werden. Nur eine positive Erfüllung dieser Anforderungen führt zur Reduktion des Einkaufsvolumens, das zu einem wirtschaftlichen Vorteil neben der konkreten Entlastung der Umwelt führt. [41]

4 Qualitative Identifizierung

Nachdem im vorangegangenen Kapitel 3 der Ablauf bzw. die Regelung der aktuellen Sammlung und Entsorgung in Österreich beschrieben wurde, wird in diesem Abschnitt ermittelt, welche kritischen Rohstoffe in den jeweiligen Produkten enthalten sind. Um diese Aufgabenstellung erarbeiten zu können, wurde vorab eine Literaturrecherche (größtenteils im Internet) durchgeführt. Unter Zuhilfenahme der Suchmaschine von Google wurde nach folgenden Schlagwörtern in Verbindung mit dem betreffenden Produktnamen gesucht:

- Bestandteile des Produktes
- Anteil von x in Produktname → x ... Name des kritischen Rohstoffes
- Zusammensetzung des Produktes
- Chemische Elemente in Produkt

Im Rahmen dieser Recherche wurde schnell klar, dass eine genaue Aufschlüsselung bezüglich der Anteile von kritischen Rohstoffen in den ausgewählten Produkten nicht so einfach zu eruieren ist. Beim direkten Kontakt mit Produzenten stellte sich heraus, dass diese die gewünschten Informationen intern vertraulich behandeln, damit die Konkurrenz keine Rückschlüsse auf deren Produkte und die Zusammensetzung schließen kann. Als Grundlage für die Bestimmung der beinhalteten kritischen Wertstoffe dienen deshalb vor allem Veröffentlichungen, Publikationen und Studien, welche frei zugänglich sind.

4.1 Bildschirmgeräte

Wie bereits in Kapitel 2.2 erwähnt, werden unter den Bildschirmgeräten sämtliche elektronischen Geräte betrachtet, die eine Bildschirmgröße von 100 cm² aufweisen und deren Primärfunktion die Benutzung des Bildschirms ist. Das Ergebnis der Recherchen ergibt folgende kritische Rohstoffe im jeweiligen Bildschirmgerät.

Tabelle 11: Kritische Rohstoffe in Bildschirmgeräten [2, S. 33.]

Produkt	Au	Ag	In	Ga	Ta	W	Ce	Nd	Y	Pt	Pd
LCD-TV											
Plasma-TV											
CRT-TV											
Notebook											
Tablet											

Die in Tabelle 11 dargestellten Inhalte von Silber in den Produkten stammen aus Luidold et al. (2011) [40, S. 226.]. Es wird ersichtlich, dass je nach Art des TV-Bildschirms unterschiedliche seltene Erden zum Einsatz kommen. Die letzten beiden Produkte (Tablet und Notebook) können auch als Elektro- und Elektronikkleingerät (EKG) angesehen werden, nämlich dann,

wenn diese nicht wegen deren Bildschirmnutzung, sondern deren Recheneinheit bzw. Programme primär genutzt werden.

4.2 Elektro- und Elektronikkleingeräte

Unter die Kategorie der EKG fallen per Definition die in folgender Tabelle 12 betrachteten Produkte dargestellt mit den jeweiligen kritischen Rohstoffen als Inhaltsstoff.

Tabelle 12: Kritische Rohstoffe in Elektro- und Elektronikkleingeräte [2, S. 33.]

Produkt	Au	Ag	In	Ga	Ta	W	Ce	Nd	Y	Pt	Pd
Handy											
Smartphone											
PC											
DVD-Player											
Drucker											
Digitalkamera											
Camcorder											

Auch hier stammt die Ermittlung für Silber aus Luidold et al. (2011) [40, S. 226.]. Die Aufstellung macht ersichtlich, dass sämtliche in die Auswahl aufgenommenen Elektro- und Elektronikkleingeräte alle kritischen Rohstoffe im Herstellungsprozess benötigen. Lediglich im PC und im DVD-Player wird kein Yttrium verarbeitet. Bei der Produktion des Druckers wird kein Cer verwendet.

4.3 Gasentladungslampen und LED

In diesem Teilabschnitt werden sowohl die Leuchtstoffröhren, die Energiesparlampen als auch die lichtemittierenden Dioden betrachtet.

Tabelle 13: Kritische Rohstoffe in Gasentladungslampen & LED

Produkt	Au	Ag	In	Ga	Ta	W	Ce	Nd	Y	Pt	Pd
LED [48, S. 85.]											
LSR [47, S. 46 ff.]											
ESL [47, S. 46 ff.]											

Wie aus Tabelle 13 ersichtlich wird, beinhaltet die neuere Technologie der LEDs gleich wie die Leuchtstofflampen Gold, Silber, Cer und Yttrium. Anstelle von Palladium wird jedoch Indium und Gallium zusätzlich verwendet. Die Energiesparlampe beinhaltet lediglich Cer und Yttrium.

4.4 Sonstige Produkte

Laut Recherche enthalten die NiMeH-Akkumulatoren sämtliche betrachteten seltenen Erden und die WSP vor allem Wolfram und Tantal, wie Tabelle 14 zeigt.

Tabelle 14: Kritische Rohstoffe in sonstigen Produkten

Produkt	Au	Ag	In	Ga	Ta	W	Ce	Nd	Y	Pt	Pd
NiMeH-Akku [59, S. 539.]											
WSP [41]											

Wie die Recherchen zeigen, beinhalten sämtliche betrachteten Produkte zumindest zwei der ausgewählten kritischen Rohstoffe.

4.5 Zusammenfassung der qualitativen Identifizierung

Den Abschluss des Kapitels für die qualitative Identifizierung der beinhalteten kritischen Rohstoffe in den betrachteten Produkten bildet eine Gesamtübersicht. Diese wird in Tabelle 15 dargestellt und zeigt, welche Rohstoffe im jeweiligen Erzeugnis enthalten sind (grün hinterlegt) und welche nicht. Bezüglich der Bildschirmgeräte und Elektro- und Elektronikkleingeräte wird ersichtlich, dass diese Produkte viele der kritischen Rohstoffe enthalten, während es bei den anderen Produktgruppen mit Ausnahme der LEDs nur noch vereinzelte Rohstoffe sind.

Tabelle 15: Gesamtübersicht beinhalteter kritischer Rohstoffe in den Produkten

Produkt	Einheit	Gold	Silber	Indium	Gallium	Tantal	Wolfram	Cer	Neodym	Yttrium	Platin	Palladium
Bildschirmgeräte												
LCD-TV	mg/Stk											
Plasma-TV	mg/Stk											
CRT-TV	mg/Stk											
Notebook	mg/Stk											
Tablet	mg/Stk											
Elektro- und Elektronikkleingeräte												
Handy	mg/Stk											
Smartphone	mg/Stk											
PC	mg/Stk											
DVD-Player	mg/Stk											
Drucker	mg/Stk											
Digitalkamera	mg/Stk											
Camcorder	mg/Stk											
Gasentladungslampen inkl. LED												
LED	mg/Stk											
LSR	mg/Stk											
LSR	mg/Stk											
Sonstige Produkte												
NiMeH-Akkus	%/kg											
WSP	g/Stk											

5 Quantitative Identifizierung

Nachdem in Kapitel 4 eruiert wurde, welche kritischen Rohstoffe in den ausgewählten Produkten bzw. Produktgruppen enthalten sind, erfolgt in diesem Abschnitt die genaue Feststellung der mengenmäßigen Inhalte dieser auf Basis der gewonnenen Ergebnisse der Literaturrecherche. Dabei wird in einem ersten Schritt die Rohstoffmenge bzw. der Mengendurchschnitt aufgezeigt, welche in jedem einzelnen Produkt enthalten sind. In einem zweiten Schritt wird dargestellt, wie auf Basis von aktuell vorliegenden Zahlen bis zum Jahr 2013 eine ungefähre Hochrechnung der Absatzmenge in Österreich für 2030 errechnet wurde. Diese Mengen bilden auf dem Stand der Technik von 2013 die Grundlage für die Aussage über die jeweiligen Mengen der kritischen Rohstoffe in diesen Produkten. Die Ergebnisse dieser Aufschlüsselungen bilden die Ausgangslage für die Sekundärrohstofflandkarte Österreich 2030, welche in Kapitel 6 näher erläutert wird.

5.1 Kritische Rohstoffmengen in den betrachteten Produkten

Der erste Teilabschnitt von Kapitel 5 befasst sich mit den mengenmäßigen Anteilen der einzelnen kritischen Rohstoffe in den betrachteten Produkten. Auf Grund der Angaben in der bezugnehmenden Literatur wird bezüglich der Mengenwerte mit Ausnahme von Batterien [%/kg] und Wendeschneidplatten [g/Stk] die Bezugseinheit [mg/Stk] verwendet. Für erforderliche Umrechnungen wurden die in Tabelle 16 ersichtlichen durchschnittlichen Produktgewichte gewählt.

Tabelle 16: Gewichtstabelle für ausgewählte Produkte in g [47, S. 44.]

Bildschirmgeräte		Elektrokleingeräte		Gasentladungslampen inkl. LED	
Produkt	Gewicht [g]	Produkt	Gewicht [g]	Produkt	Gewicht [g]
LCD-TV	8.600	Handy	110	LED	250
Plasma-TV	13.600	Smartphone	110	LSR	144
CRT-TV	14.500	PC	15.000	ESL	100
Tablet	610	DVD-Player	3.200		
Notebook	2.900	Drucker	5.600		
		Digitalkamera	240		
		Camcorder	600		

Bezüglich der angegebenen Mengeninhalte aus den diversen Quellen ist vorab noch folgendes zu berücksichtigen. Bei den Werte, welche von Blaser et al. (2012) [2] stammen, handelt es sich um Mengen in Bezug auf die Leiterplatte. Dies stellt jedoch keinen großen Einfluss dar, da sich die betrachteten Rohstoffe größtenteils in dieser wiederfinden. Zur Nachvollziehbarkeit der Angaben aus dem Werk von Sander et al. (2012) [47] handelt es sich entweder um Einzelwerte, einen Wertebereich oder einer Mischung der beiden Möglichkeiten wegen unterschiedlicher Produktausführungen. Die nachfolgende Tabelle dient der Veranschaulichung.

Tabelle 17: Erläuterung der Werte von Sander et al. (2012) [47, S. 45 f.]

Produkt	Goldmenge pro Produkt [mg]
PC	316 - 338
Laptop	246 - 250
mit CCFL	100
mit LED	
Tablet	131

Wie in späterer Tabelle 18 für Gold ersichtlich wird, ergibt sich laut Tabelle 17 für das Tablet ein Gehalt von 131 mg/Stk, für den PC ein Spektrum von 316 bis 338 mg/Stk und für den Laptop ein Bereich von 100 bis 250 mg/Stk. Gleiches Schema gilt für die LCD-TV-Werte aus der Quelle von Buchert et al. (2012b) [4].

Die nachfolgenden Unterkapitel befassen sich mit der eigentlichen Eruiierung der mengenmäßigen Inhalte kritischer Rohstoffe in den jeweiligen Produkten. Dabei umfasst die Aufstellung die Mengeneinheit, welche aufzeigt, in welchem Bezug die Höhe des kritischen Wertstoffes zum Produkt steht. Danach erfolgt die Mengenangabe, welche als einzelner Wert bzw. als Spektrum angegeben sein kann. Gefolgt ist diesem eine Bekanntgabe der Quelle, in welcher diese Information gefunden wurde. Zuletzt erfolgt eine Darstellung des minimalen und maximalen Mengeninhaltes. Ebenfalls wird ein durchschnittlicher Mengengehalt angegeben, welcher sich aus der Summe sämtlicher Mengeneinhaltsangaben dividiert durch die Anzahl der Wertangaben ergibt. Gezeigt wird dies durch folgende Formel.

$$\emptyset \text{ Mengeneinhalt} = \frac{\sum \text{Mengengehalte}}{\text{Anzahl der Mengengehalte}}$$

Als Beispiel wird hier der durchschnittliche Goldgehalt für LCD-TVs veranschaulicht. Die Summe der Mengengehalte von 47,5 + 183,0 + 140,0 + 430,2 ergibt 800,7 mg/Stk. und wird durch vier (4) als Anzahl der Gehalte dividiert und ergibt einen auf eine Dezimale gerundeten Wert von 200,2 mg/Stk.

5.1.1 Gold

Wie in Tabelle 18 zu sehen ist, enthalten sämtliche Produkte der Produktgruppen Bildschirmgeräte, Elektro- und Elektronikkleingeräte sowie Gasentladungslampen und LED den Rohstoff Gold.

Tabelle 18: Gold in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Gold Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	47,5	-	183,0	Sander et al. (2012): S. 46.	47,5	220,2	430,2
	mg/Stk			430,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Plasma-TV	mg/Stk			312,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	312,0	312,0	312,0
CRT-TV	mg/Stk	6,8	-	170,0	Sander et al. (2012): S. 46.	6,3	61,0	170,0
	mg/Stk			6,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Notebook	mg/Stk	100,0	-	250,0	Sander et al. (2012): S. 45.	100,0	192,1	250,0
	mg/Stk			226,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Tablet	mg/Stk			131,0	Sander et al. (2012): S. 46.	131,0	131,0	131,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	50,0	-	68,4	Sander et al. (2012): S. 46.	24,0	41,9	68,4
	mg/Stk			25,0	Witzmann (2015): S. 1.			
	mg/Stk			24,0	Krutzler et al. (2012): S. 52			
Smartphone	mg/Stk			30,0	Sander et al. (2012): S. 46.	25,0	30,5	36,5
	mg/Stk			36,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			25,0	Witzmann (2015): S. 1.			
PC	mg/Stk	316,0	-	338,0	Sander et al. (2012): S. 45.	220,0	277,0	338,0
	mg/Stk			233,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			220,0	Krutzler et al. (2012): S. 52			
DVD-Player	mg/Stk	46,5	-	628,0	Sander et al. (2012): S. 46.	46,5	255,8	628,0
	mg/Stk			92,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Drucker	mg/Stk	13,3	-	15,7	Sander et al. (2012): S. 46.	8,3	12,4	15,7
	mg/Stk			8,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Digitalkamera	mg/Stk	4,9	-	155,0	Sander et al. (2012): S. 46.	4,9	69,3	155,0
	mg/Stk			48,1	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk	6,4	-	117,0	Sander et al. (2012): S. 46.	6,4	53,6	117,0
	mg/Stk			37,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk			2,5	Sander et al. (2012): S. 46.	0,2	1,4	2,5
	mg/Stk			0,2	Sander et al. (2013): S. 68.			
LSR	mg/Stk			0,0	Sander et al. (2012): S. 46.	0,0	0,0	0,0
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größten Mengen Gold enthalten LCD- und Plasma-TVs, sowie Notebooks, PCs und DVD-Player.

5.1.2 Silber

Auch der Rohstoff Silber ist in allen Produkten der Produktgruppen für Bildschirmgeräte mit Ausnahme der Plasma-TVs, Elektro- und Elektronikkleingeräte sowie Gasentladungslampen und LED enthalten, wie in Tabelle 19 ersichtlich ist.

Tabelle 19: Silber in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Silber Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengegehalt laut Literatur			Quelle	Mengegehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	198,0	-	580,0	Sander et al. (2012): S. 48.	198,0	389,0	580,0
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk	191,0	-	2.650,0	Sander et al. (2012): S. 48.	191,0	1.420,5	2.650,0
Notebook	mg/Stk	437,0	-	440,0	Sander et al. (2012): S. 47.	437,0	438,5	440,0
Tablet	mg/Stk			26,4	Sander et al. (2012): S. 47.	26,4	26,4	26,4
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	127,0	-	715,0	Sander et al. (2012): S. 48.	127,0	315,5	715,0
	mg/Stk			170,0	Witzmann (2015): S. 1.			
	mg/Stk			250,0	Krutzler et.al (2012): S 52			
Smartphone	mg/Stk			305,0	Sander et al. (2012): S. 48.	170,0	237,5	305,0
	mg/Stk			170,0	Witzmann (2015): S. 1.			
PC	mg/Stk	804,0	-	2.127,0	Sander et al. (2012): S. 47.	804,0	1.310,3	2.127,0
	mg/Stk			1.000,0	Krutzler et.al (2012): S 52			
DVD-Player	mg/Stk	318,0	-	5.024,0	Sander et al. (2012): S. 48.	318,0	2.671,0	5.024,0
Drucker	mg/Stk	29,0	-	98,7	Sander et al. (2012): S. 47.	29,0	63,9	98,7
Digitalkamera	mg/Stk	38,6	-	204,0	Sander et al. (2012): S. 48.	38,6	121,3	204,0
Camcorder	mg/Stk	34,4	-	531,0	Sander et al. (2012): S. 48.	34,4	282,7	531,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk			10,1	Sander et al. (2012): S. 48.	0,0	5,1	10,1
	mg/Stk			0,0	Sander et al. (2013): S. 68.			
LSR	mg/Stk			0,3	Sander et al. (2012): S. 48.	0,3	0,3	0,3
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größten Mengen Silber enthalten CRT-TVs, PCs und DVD-Player.

5.1.3 Indium

Indium ist laut Tabelle 20 neben allen Produkten der Produktgruppen Bildschirmgeräte sowie Elektro- und Elektronikkleingeräten auch in LEDs enthalten.

Tabelle 20: Indium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Indium Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk			260,0	Sander et al. (2012): S. 55.	4,4	200,5	337,0
	mg/Stk			4,4	Buchert et al. (2012b): S. 8.			
	mg/Stk			337,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Plasma-TV	mg/Stk			156,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	156,0	156,0	156,0
CRT-TV	mg/Stk			0,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,4	0,4	0,4
Notebook	mg/Stk			40,0	Sander et al. (2012): S. 54.	1,0	20,5	40,0
	mg/Stk			1,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Tablet	mg/Stk			28,6	Sander et al. (2012): S. 54.	28,6	28,6	28,6
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	1,8	-	10,2	Sander et al. (2012): S. 55.	1,7	4,6	10,2
	mg/Stk			1,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Smartphone	mg/Stk			2,4	Sander et al. (2012): S. 55.	1,7	2,1	2,4
	mg/Stk			1,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
PC	mg/Stk			1,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	1,0	1,0	1,0
DVD-Player	mg/Stk			70,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	70,0	70,0	70,0
Drucker	mg/Stk	0,0	-	0,0	Sander et al. (2012): S. 55.	0,0	0,1	0,2
	mg/Stk			0,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Digitalkamera	mg/Stk	1,4	-	4,6	Sander et al. (2012): S. 55.	1,4	4,4	7,3
	mg/Stk			7,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk			4,0	Sander et al. (2012): S. 55.	4,0	6,3	8,5
	mg/Stk			8,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	0,0	-	0,0	Sander et al. (2012): S. 55.	0,0	0,1	0,2
	mg/Stk			0,0	Buchert et al. (2012a): S.51.			
	mg/Stk			0,2	Angerer et al. (2009): S. 95.			
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größten Mengen Indium sind in LCD- und Plasma-TVs sowie DVD-Player enthalten.

5.1.4 Gallium

Wie aus Tabelle 21 ersichtlich, ist Gallium in allen Elektro- und Elektronikkleingeräten und bis auf die Plasma-TVs in allen Bildschirmgeräten enthalten. Auch in LEDs wird Gallium verwendet.

Tabelle 21: Gallium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Gallium Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengegehalt laut Literatur		Quelle	Mengegehalte			
					min.	Ø	max.	
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk			0,0	Buchert et al. (2012b): S. 8.	0,0	2,5	4,9
	mg/Stk			4,9	Buchert et al. (2012b): S. 8.			
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk			0,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,4	0,4	0,4
Notebook	mg/Stk			4,0	Sander et al. (2012): S. 53.	0,0	2,6	4,9
	mg/Stk			4,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			0,0	Sander et al. (2012): S. 53.			
	mg/Stk			1,6	Sander et al. (2012): S. 53.			
Tablet	mg/Stk			0,4	Sander et al. (2012): S. 53.	0,4	0,4	0,4
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk			4,7	Sander et al. (2012): S. 53.	4,7	4,7	4,7
Smartphone	mg/Stk			0,1	Sander et al. (2012): S. 53.	0,1	1,6	3,0
	mg/Stk			3,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
PC	mg/Stk			15,5	Sander et al. (2012): S. 52.	10,7	13,1	15,5
	mg/Stk			10,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
DVD-Player	mg/Stk			4,0	Sander et al. (2012): S. 53.	4,0	5,2	6,3
	mg/Stk			6,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Drucker	mg/Stk			0,1	Sander et al. (2012): S. 53.	0,1	0,4	0,6
	mg/Stk			0,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Digitalkamera	mg/Stk	0,7	-	4,3	Sander et al. (2012): S. 53.	0,7	2,7	4,3
	mg/Stk			3,1	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk	2,4	-	5,5	Sander et al. (2012): S. 53.	2,4	4,7	6,3
	mg/Stk			6,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	0,0	-	0,2	Sander et al. (2012): S. 53.	0,0	0,3	0,5
	mg/Stk			0,5	Angerer et al. (2009): S. 95.			
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größte Menge Gallium enthalten laut Recherche die PCs.

5.1.5 Tantal

Tabelle 22 zeigt, dass in sämtlichen Elektro- und Elektronikkleingeräten sowie bis auf den LCD-Fernseher in allen Bildschirmgeräten Tantal enthalten ist. Weiter findet es auch in den Wendeschneidplatten Verwendung.

Tabelle 22: Tantal in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Tantal Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Plasma-TV	mg/Stk			156,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	156,0	156,0	156,0
CRT-TV	mg/Stk			0,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,4	0,4	0,4
Notebook	mg/Stk	1.700,0	-	2.304,0	Sander et al. (2012): S. 62.	1.002,9	1.676,7	2.304,0
	mg/Stk			1.700,0	Buchert et al. (2012b): S. 30.			
	mg/Stk			1.002,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Tablet	mg/Stk			23,7	Sander et al. (2012): S. 62.	23,7	23,7	23,7
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk			86,7	Sander et al. (2012): S. 63.	86,7	86,7	86,7
Smartphone	mg/Stk			2,4	Sander et al. (2012): S. 55.	2,4	36,9	71,4
	mg/Stk			71,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
PC	mg/Stk			9,9	Sander et al. (2012): S. 62.	6,6	8,3	9,9
	mg/Stk			6,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
DVD-Player	mg/Stk			34,5	Sander et al. (2012): S. 63.	34,5	44,1	53,6
	mg/Stk			53,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Drucker	mg/Stk	0,0	-	15,9	Sander et al. (2012): S. 62.	0,0	5,4	15,9
	mg/Stk			0,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Digitalkamera	mg/Stk	0,6	-	383,0	Sander et al. (2012): S. 63.	0,6	292,3	493,2
	mg/Stk			493,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk	60,0	-	850,0	Sander et al. (2012): S. 63.	60,0	508,3	850,0
	mg/Stk			614,8	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	keine Angaben						
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk			0,6	Müller (2014).	0,6	0,6	0,6

Die größte Menge an Tantal enthalten mit Abstand die Notebooks.

5.1.6 Wolfram

Neben allen Elektro- und Elektronikkleingeräte findet sich Wolfram, wie Tabelle 23 zeigt, auch in CRT-TV's, Tablets, Notebooks und den Wendeschneidplatten.

Tabelle 23: Wolfram in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Wolfram Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk			0,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,4	0,4	0,4
Notebook	mg/Stk			2,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	2,2	2,2	2,2
Tablet	mg/Stk			131,1	2,2-fach Smartphone	131,1	131,1	131,1
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	keine Angaben						
Smartphone	mg/Stk			59,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	59,6	59,6	59,6
PC	mg/Stk			336,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	336,7	336,7	336,7
DVD-Player	mg/Stk			4,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	4,6	4,6	4,6
Drucker	mg/Stk			1,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	1,9	1,9	1,9
Digitalkamera	mg/Stk			42,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	42,0	42,0	42,0
Camcorder	mg/Stk			41,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	41,0	41,0	41,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	keine Angaben						
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk			16,0	Müller (2014)	16,0	16,0	16,0

Die größten Mengen Wolfram sind nach den Wendeschneidplatten in PCs und Tablets enthalten.

5.1.7 Cer

Wie in Tabelle 24 ersichtlich, ist Cer bis auf Drucker in allen Elektro- und Elektronikkleingeräten enthalten. Weiter befindet sich dieses auch in LCD-TV's, Tablets und Notebooks sowie sämtlichen Produkten der Produktgruppen Gasentladungslampen & LED und Gerätebatterien.

Tabelle 24: Cer in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Cer Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur		Quelle	Mengengehalte			
					min.	Ø	max.	
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk			4,5	Buchert et al. (2012b): S. 7.	0,3	2,4	4,5
	mg/Stk			0,3	Buchert et al. (2012b): S. 8.			
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Notebook	mg/Stk			15,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,1	5,3	15,6
	mg/Stk			0,1	Buchert et al. (2012b): S. 30.			
	mg/Stk			0,1	Buchert et al. (2012b): S. 30.			
Tablet	mg/Stk			41,6	2-fach Smartphone	41,6	41,6	41,6
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk			20,8	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	20,8	20,8	20,8
Smartphone	mg/Stk			20,8	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	20,8	20,8	20,8
PC	mg/Stk			20,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	20,4	20,4	20,4
DVD-Player	mg/Stk			7,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	7,0	7,0	7,0
Drucker	mg/Stk	keine Angaben						
Digitalkamera	mg/Stk			4,6	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	4,6	4,6	4,6
Camcorder	mg/Stk			15,8	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	15,8	15,8	15,8
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk			0,0	Buchert et al. (2012a): S.51.	0,0	0,0	0,0
LSR	mg/Stk			432,0	Thomé-Kozmiensky et al. (2013): S. 539.	17,3	17,3	432,0
<i>4% Stäube</i>	mg/Stk			17,3	Poscher et al. (2012): S. 375.			
ESL	mg/Stk	4,3	-	21,5	Sander et al. (2012): S. 61.	4,3	12,9	21,5
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg			15,9	EWI (2013): S. 9.	8,0	12,0	15,9
	%/kg			8,0	Thomé-Kozmiensky et al. (2013): S. 539.			
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größten Mengen Cer enthalten mit großem Abstand die Leuchtstoffröhren.

5.1.8 Neodym

Neodym befindet sich in allen betrachteten Produkten der Produktgruppe Elektro- und Elektronikkleingeräte und bis auf in LCD-TVs auch in allen Bildschirmgeräten, wie Tabelle 25 zeigt. Ebenfalls ist es in NiMeH-Akkumulatoren zu finden.

Tabelle 25: Neodym in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Neodym Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Plasma-TV	mg/Stk			156,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	156,0	156,0	156,0
CRT-TV	mg/Stk			0,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,9	0,9	0,9
Notebook	mg/Stk			2.100,0	Sander et al. (2012): S. 58.	251,5	1.175,8	2.100,0
	mg/Stk			251,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Tablet	mg/Stk			347,0	Sander et al. (2012): S. 58.	347,0	347,0	347,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	46,0	-	118,0	Sander et al. (2012): S. 58.	46,0	82,0	118,0
Smartphone	mg/Stk			120,0	Sander et al. (2012): S. 58.	50,0	79,4	120,0
	mg/Stk			68,1	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			50,0	Buchert et al. (2012b): S. 39.			
PC	mg/Stk			6.830,0	Sander et al. (2012): S. 58.	102,0	3.466,0	6.830,0
	mg/Stk			102,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
DVD-Player	mg/Stk			314,0	Sander et al. (2012): S. 58.	70,0	192,0	314,0
	mg/Stk			70,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Drucker	mg/Stk			7,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	7,7	7,7	7,7
Digitalkamera	mg/Stk	16,6	-	170,0	Sander et al. (2012): S. 58.	16,6	69,0	170,0
	mg/Stk			20,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk			20,8	Sander et al. (2012): S. 58.	20,8	39,3	57,8
	mg/Stk			57,8	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	keine Angaben						
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg			4,7	EWI (2013): S. 9.	4,7	7,8	10,9
	%/kg			10,9	Thomé-Kozmiensky et al. (2013): S. 539.			
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Neodym kommt laut Recherche am häufigsten in PCs gefolgt von Notebooks zum Einsatz.

5.1.9 Yttrium

Nachfolgende Tabelle zeigt die verwendeten Mengen von Yttrium in den Produkten.

Tabelle 26: Yttrium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Yttrium Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	110,0	-	31.200,0	Sander et al. (2012): S. 60.	4,9	57,5	31.200,0
	mg/Stk		-	110,0	Buchert et al. (2012b): S. 7.			
	mg/Stk		-	4,9	Buchert et al. (2012b): S. 8.			
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Notebook	mg/Stk	1,8	-	520,0	Sander et al. (2012): S. 59.	1,6	174,5	520,0
	mg/Stk			1,8	Buchert et al. (2012b): S. 30.			
	mg/Stk			1,6	Sander et al. (2012): S. 59.			
Tablet	mg/Stk			1,9	Sander et al. (2012): S. 59.	1,9	1,9	1,9
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	keine Angaben						
Smartphone	mg/Stk	0,0	-	0,01	Sander et al. (2012): S. 60.	0,0	0,01	0,01
PC	mg/Stk	keine Angaben						
DVD-Player	mg/Stk	keine Angaben						
Drucker	mg/Stk	0,0	-	0,01	Sander et al. (2012): S. 59.	0,0	0,01	0,01
Digitalkamera	mg/Stk	1,9	-	36,1	Sander et al. (2012): S. 60.	1,9	19,0	36,1
Camcorder	mg/Stk			88,0	Sander et al. (2012): S. 60.	88,0	88,0	88,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	0,0	-	0,5	Sander et al. (2012): S. 60.	0,0	0,2	0,5
	mg/Stk			0,1	Sander et al. (2013): S. 68.			
LSR	mg/Stk			2.870,0	Sander et al. (2012): S. 60.	86,4	126,2	2.870,0
	mg/Stk			86,4	Handke (1995): S. 64.			
4% Stäube	mg/Stk			165,9	Poscher et al. (2012): S. 375.			
ESL	mg/Stk	27,0	-	135,0	Sander et al. (2012): S. 60.	27,0	81,0	135,0
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg			0,1	Thomé-Kozmiensky et al. (2013): S. 539.	0,1	0,1	0,1
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Wie Tabelle 26 zeigt, wird Yttrium für Gasentladungslampen und LEDs sowie Gerätebatterien genutzt. Weiter kommt es in LCD-TVs, Tablets und Notebooks zur Anwendung und wird in Smartphones, Druckern, Digitalkameras und Camcordern verwendet. Yttrium kommt in hoher Menge in LCD-TVs zur Anwendung.

5.1.10 Platin

Wie in Tabelle 27 ersichtlich, kommt Platin in allen betrachteten Elektro- und Elektronikkleingeräten zum Einsatz. Ebenfalls kommt Platin in Tablets und Notebooks zum Einsatz.

Tabelle 27: Platin in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Platin Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Plasma-TV	mg/Stk	keine Angaben						
CRT-TV	mg/Stk	keine Angaben						
Notebook	mg/Stk			0,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,9	2,5	4,0
	mg/Stk			4,0	Buchert et al. (2012b): S. 32.			
Tablet	mg/Stk			0,6	2-fach Smartphone	0,6	0,6	0,6
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk			0,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,3	0,3	0,3
Smartphone	mg/Stk			0,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,3	0,3	0,3
PC	mg/Stk			2,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	2,7	2,7	2,7
DVD-Player	mg/Stk			3,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	3,2	3,2	3,2
Drucker	mg/Stk			0,2	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,2	0,2	0,2
Digitalkamera	mg/Stk			0,1	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,1	0,1	0,1
Camcorder	mg/Stk			0,7	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	0,7	0,7	0,7
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	keine Angaben						
LSR	mg/Stk	keine Angaben						
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Platin wird nur in geringen Mengen verwendet, wobei DVD-Player, PCs und Notebooks relevanter sind.

5.1.11 Palladium

Palladium wird in allen Produkten der beiden Produktgruppen Bildschirmgeräten sowie Elektro- und Elektronikkleingeräten verwendet, wie aus Tabelle 28 hervorgeht. Auch in Leuchtstofflampen kommt Palladium zum Einsatz.

Tabelle 28: Palladium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)

Palladium Elektrogeräte und sonstige Produkte								
Produkt	Einheit	Mengengehalt laut Literatur			Quelle	Mengengehalte		
						min.	Ø	max.
Ausgewählte wertstoffrelevante Bildschirmgeräte								
LCD-TV	mg/Stk	0,0	-	44,0	Sander et al. (2012): S. 49 f.	0,0	64,5	149,4
	mg/Stk			149,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Plasma-TV	mg/Stk			156,0	Blaser et al. (2012): Anhang 2.	156,0	156,0	156,0
CRT-TV	mg/Stk	2,3	-	67,0	Sander et al. (2012): S. 50.	2,3	25,1	67,0
	mg/Stk			5,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Notebook	mg/Stk	40,0	-	79,5	Sander et al. (2012): S. 49.	40,0	68,6	86,3
	mg/Stk			86,3	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Tablet	mg/Stk	16,0	-	22,0	2-fach Smartphone	16,0	19,0	22,0
Ausgewählte wertstoffrelevante Elektro- und Elektronikkleingeräte								
Handy	mg/Stk	10,0	-	36,6	Sander et al. (2012): S. 49.	8,0	15,9	36,6
	mg/Stk			8,0	Witzmann (2015): S. 1.			
	mg/Stk			9,0	Krutzler et.al (2012): S 52			
Smartphone	mg/Stk			11,0	Sander et al. (2012): S. 49.	8,0	9,5	11,0
	mg/Stk			9,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			8,0	Witzmann (2015): S. 1.			
PC	mg/Stk	146,0	-	212,0	Sander et al. (2012): S. 49.	126,5	141,1	212,0
	mg/Stk			126,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
	mg/Stk			80,0	Krutzler et.al (2012): S 52			
DVD-Player	mg/Stk	9,0	-	15,7	Sander et al. (2012): S. 50.	9,0	17,0	26,4
	mg/Stk			26,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Drucker	mg/Stk	2,5	-	8,7	Sander et al. (2012): S. 49.	2,5	4,9	8,7
	mg/Stk			3,4	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Digitalkamera	mg/Stk	0,9	-	21,0	Sander et al. (2012): S. 49.	0,9	11,1	21,0
	mg/Stk			11,5	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Camcorder	mg/Stk	1,6	-	103,0	Sander et al. (2012): S. 49.	1,6	55,2	103,0
	mg/Stk			60,9	Blaser et al. (2012): Anhang 2.			
Ausgewählte wertstoffrelevante Gasentladungslampen inkl. LED								
LED	mg/Stk	keine Angaben						
LSR	mg/Stk			0,02	Sander et al. (2012): S. 50.	0,02	0,02	0,02
ESL	mg/Stk	keine Angaben						
Sonstige wertstoffrelevante Produkte								
NiMeH-Akku	%/kg	keine Angaben						
WSP	g/Stk	keine Angaben						

Die größte Menge Palladium enthalten neben Plasma-TVs die PCs.

Nach Eruierung der quantitativen Mengenpotentiale der einzelnen Produkte werden auch die Absatzmengen der betrachteten Erzeugnisse recherchiert.

5.2 Absatzmengen der betrachteten Produkte

Um für die später folgende Erstellung der Sekundärrohstofflandkarte für Österreich im Jahr 2030 das Potential für die Sekundärströme berechnen zu können, müssen die Absatzmengen eruiert bzw. hochgerechnet werden. Für diese Prognose werden die Absatzzahlen [Stück] der letzten vier bis sechs Jahre herangezogen und zur Veranschaulichung schon ab dem Jahr 2005 dargestellt (siehe Anhang Tabelle 38: Absatzmengen 2005 - 2014 und Entwicklungsprognose 2015 - 2030 für AUT). Dieser Zeitraum ist bezüglich des Rückblicks auf Grund teils noch sehr neuartigen Hochtechnologieprodukte nicht für alle Erzeugnisse möglich. In den nachfolgenden Aufschlüsselungen der Produkte der jeweiligen Produktgruppen erfolgt eine Bekanntgabe des errechneten Wachstumsfaktors. Dieser ergibt sich aus der durchschnittlich errechneten (prognostizierten) positiven oder negativen Absatzentwicklung von 2013 bzw. 2014 bis ins Jahre 2030. Der erwartete Wert für das Jahr 2030 ist ebenfalls aus den Tabellen zu entnehmen.

Das angewendete Rechenschema wird nachfolgend erklärt. Für die Prognose der Bildschirmgeräte, Elektro- und Elektronikkleingeräte und Lampen wurden die Absatzmengen von Deutschland auf Österreich umgerechnet. Dabei ist die Bevölkerung Deutschlands durch jene von Österreich zu dividieren, die Faktoren sind aus Tabelle 29 zu entnehmen.

Tabelle 29: Umrechnung Deutschland auf Österreich

Jahr	Deutschland [56]	Österreich [55]	Faktor
2005	82.438.000	8.201.359	10,05
2006	82.315.000	8.254.298	9,97
2007	82.218.000	8.282.984	9,93
2008	82.002.000	8.307.989	9,87
2009	81.802.000	8.335.003	9,81
2010	81.752.000	8.351.643	9,79
2011	80.328.000	8.375.164	9,59
2012	80.524.000	8.408.121	9,58
2013	80.767.000	8.451.860	9,56
2014	81.100.000	8.507.786	9,53

Wie ersichtlich, ergibt sich für das Jahr 2005 aus der Division von 82.438.000 durch 8.201.359 ein Umrechnungsfaktor von 10,05. Das heißt, dass in weiterer Folge die Absatzmenge von Deutschland aus dem jeweiligen Jahr durch den Faktor dividiert wird, um eine ungefähre Absatzmenge für Österreich zu erhalten.

In einem weiteren Schritt erfolgt die Kalkulation der prognostizierten Absatzmengen für das Jahr 2030. Dabei wird der gleitende Mittelwert für jene Produkte angewendet, bei welchen keine Entwicklungsprognose recherchiert werden konnte. Die nachfolgende Tabelle 30 dient zur Veranschaulichung.

Tabelle 30: Beispiel zur prognostizierten Absatzmengenberechnung für LCD-TV's

LCD-TV					
Jahr	Absatzmenge GER	Verhältnis AUT - GER	Absatzmenge AUT	Jahres- differenz [%]	Wachstums- faktor [%]
2005	1.235.000	10,05	122.864		
2006	2.570.000	9,97	257.712	209,75	
2007	3.883.000	9,93	391.190	151,79	
2008	5.901.000	9,87	597.857	152,83	
2009	7.553.000	9,81	769.593	128,73	
2010	8.258.000	9,79	843.623	109,62	
2011	8.828.000	9,59	920.426	109,10	143,64
2012	9.027.000	9,58	942.577	102,41	125,75
2013	7.620.000	9,56	797.395	84,60	114,55
2014	7.997.000	9,53	838.924	105,21	106,61
2015			894.378	106,61	102,92
2016			920.532	102,92	101,81
2017			937.179	101,81	100,59
2018			942.732	100,59	100,29
2019			945.467	100,29	102,91
2020			972.938	102,91	102,52
2021			997.474	102,52	101,84
2022			1.015.832	101,84	101,66
2023			1.032.693	101,66	101,64
2024			1.049.578	101,64	101,81
2025			1.068.562	101,81	102,06
2026			1.090.595	102,06	101,92
2027			1.111.549	101,92	101,82
2028			1.131.793	101,82	101,82
2029			1.152.369	101,82	101,84
2030			1.173.623	101,84	
			Durchschnittswachstum		102,13
			Wachstumsfaktor		2,13 %

Wie in Tabelle 30 ersichtlich, wird die Absatzmenge aus Deutschland durch den Umrechnungsfaktor aus Tabelle 29 im jeweiligen Jahr dividiert und ergibt eine ungefähre Absatzmenge für Österreich. Danach erfolgt die Errechnung der prozentuellen Jahresdifferenz. Dabei wird 100 durch die Absatzmenge vom Vorjahr dividiert und mit dem heurigen Jahr multipliziert. Für 2006 ergibt sich aus der Rechnung $100 \text{ durch } 122.864 \text{ Stk mal } 257.712 \text{ Stk}$ ein Wert von 209,75. Bei LCD-TV's sind Absatzmengen bis 2014 bekannt daher wird in diesem Jahr erstmals der gleitende Mittelwert für die letzten sechs Jahre angewendet. Das heißt, dass die Summe der prozentuellen Jahresdifferenzen durch die Anzahl dividiert wird. Als Beispiel wird hier 128,73 mit 109,62, 109,10, 102,41, 84,60 und 105,21 summiert und

durch sechs dividiert. Dies ergibt im Jahr 2014 einen prozentuellen Wachstumsfaktor von 106,61 für das folgende Jahr 2015. Gleitend bedeutet in diesem Fall, dass immer der älteste Wert wegfällt und der neue dazukommt. Für 2015 würde dies zur Folge haben, dass die Jahresdifferenz von 2009 mit 128,62 aus der Summe durch den Wert von 2015 mit 106,58 ersetzt wird. Um die 106,58 jedoch zu erhalten muss zuerst die Absatzmenge für 2015 errechnet werden. Dazu wird die Absatzmenge von 2014 durch 100 dividiert und mit dem Wachstumsfaktor von 2014 (für 2015) multipliziert. Das heißt, es wurde 838.924 Stk durch 100 dividiert und mit 106,58 multipliziert, wodurch sich eine Absatzmenge für 2015 von 894.378 Stück ergibt. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zum Jahr 2030. Das durchschnittliche Wachstum ergibt sich aus der Summe aller errechneten Wachstumsfaktoren (grau hinterlegt) dividiert durch deren Anzahl (hier 16) und ergibt somit für LCD-TVs einen Wert von 102,13 %. Wird davon 100 abgezogen ergibt sich ein durchschnittlicher Wachstumsfaktor von 2,14 % jährlich. Sollten die Absatzmengen direkt für Österreich zur Verfügung stehen, fällt die Umrechnung von Deutschland auf Österreich weg bzw. wenn Prognosewerte vorliegen, werden diese für den Wachstumsfaktor verwendet.

5.2.1 Bildschirmgeräte

Da für Österreich keine genauen Zahlen betreffend die Absatzmengen von Bildschirmgeräten vorliegen, wurde diesbezüglich auf Daten aus Deutschland zurückgegriffen. Dabei wurden die Zahlen des Consumer Electronics Marktindex in Deutschland (CEMIX) für die Jahre 2005 bis 2014 herangezogen.

Tabelle 31: Absatzentwicklung für Bildschirmgeräte in Stück ab 2005

Jahr	LCD-TV	Plasma-TV	CRT-TV	Notebook	Tablet
2005 [21, S. 1 ff.]	122.864	29.846	403.910	193.499	0
2006 [22, S. 1 ff.]	257.712	45.125	273.756	228.631	0
2007 [23, S. 1 ff.]	391.190	53.193	144.568	303.240	0
2008 [24, S. 1 ff.]	597.857	74.568	64.740	449.127	0
2009 [25, S. 1 ff.]	769.593	76.624	15.284	644.164	0
2010 [26, S. 1 ff.]	843.623	82.953	3.473	725.017	44.541
2011 [27, S. 1 ff.]	920.426	67.250	2.270	742.659	149.512
2012 [28, S. 1 ff.]	942.577	40.828	433	593.927	347.397
2013 [29, S. 2 ff.]	797.395	18.627	217	524.585	580.570
2014 [30, S. 2 ff.]	838.924	10.491	217	570.263	696.883
Ø Wachstumsfaktor	2,13 %	-33,90 %	-44,21 %	-0,29 %	2,10 %
2030	1.173.623	14	0	542.623	971.789

Wie in Tabelle 31 zu sehen ist, werden immer mehr Tablets als Ersatz für Notebooks bei einfachen Benutzeranwendungen verwendet, da diese handlicher sind und durch entsprechendes Equipment ebenfalls mit externen Bildschirmen, Druckern etc. verbunden werden können. Zu erwähnen gilt es hier noch, dass die CRT-TV auf ersichtliche Zeit hin auslaufen werden und nur noch LCD-TV und geringe Mengen an Plasma-TV für

Spezialanwendungen erhältlich sein und beide eine technologische Weiterentwicklung erfahren werden.

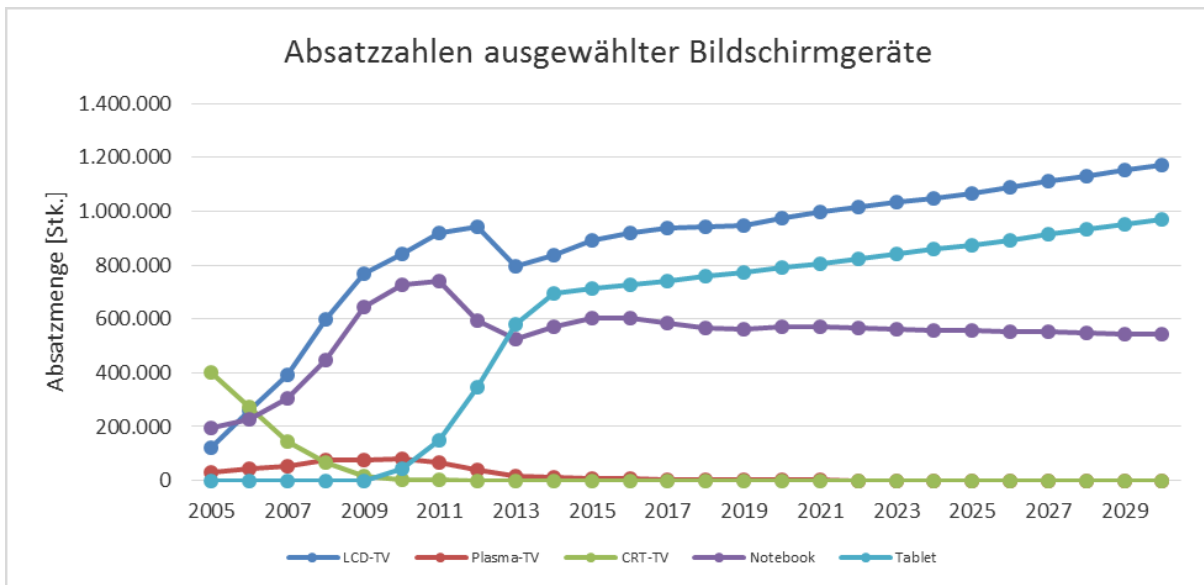


Abbildung 3: Entwicklung der Absatzzahlen für Bildschirmgeräte

Die ersichtliche Entwicklung in Abbildung 3 zeigt den Trend hin zu Tablets, welche ab 2015 ein nahezu paralleles Wachstum wie die LCD-TVs erfahren.

5.2.2 Elektro- und Elektronikkleingeräte

Da auch hier für Österreich keine genauen Zahlen betreffend der Absatzmengen von Elektro- und Elektronikkleingeräten verfügbar waren, wurde diesbezüglich ebenfalls auf die Daten aus Deutschland zurückgegriffen (CEMIX 2008 bis 2014). Zur Umrechnung der Daten wurde die gleiche Vorgehensweise wie bei den Bildschirmgeräten angewendet.

Tabelle 32: Absatzentwicklung für EKG in Stück ab 2008

Jahr	Handy	Smart-phone	PC	DVD-Player	Drucker	Digital-kamera	Cam-corder
2008 [24, S. 1 ff.]	2.108.253	0	136.775	279.628	150.452	944.251	72.744
2009 [25, S. 1 ff.]	1.686.319	300.277	155.997	297.322	109.229	833.480	86.812
2010 [26, S. 1 ff.]	1.494.473	786.823	161.512	294.624	94.905	841.784	82.748
2011 [27, S. 1 ff.]	1.128.220	1.516.700	150.554	293.081	92.793	860.162	74.235
2012 [28, S. 1 ff.]	719.542	1.919.195	131.357	290.281	78.313	734.891	67.245
2013 [29, S. 2 ff.]	450.601	2.341.326	132.899	265.694	69.380	582.872	69.380
2014 [30, S. 2 ff.]	315.239	2.531.145	166.799	249.044	69.237	420.878	69.237
Ø Wachstumsfaktor	-29,68 %	4,00 %	-0,83 %	-3,69 %	-8,83 %	-15,34 %	-2,12 %
2030	1.124	4.718.700	145.928	136.333	15.764	29.218	49.118

Wie aus Tabelle 32 ersichtlich ist, werden immer mehr Smartphones abgesetzt. Dies liegt zum einen daran, dass alte Mobiltelefone fast ausschließlich durch Smartphones ersetzt werden können bzw. zum anderen Mobilfunkbetreiber mittlerweile einen jährlichen Tausch des Smartphones vorantreiben. Der klassische PC als Zugangspunkt zum Internet oder als Verwalter und Bearbeiter von Dateien wird durch das Tablet verdrängt (siehe Wachstum bei Bildschirmgeräten), ist jedoch selbst zu einem gewissen Teil Ersatz des DVD-Players. Smartphones und Tablets dienen sowohl als Ersatz für Drucker (Präsentationsmedium für Fotos und Dateien) als auch für Digitalkameras und Camcorder, da deren integrierte Kameras und die Qualität der Aufzeichnungen immer besser werden. Der verbleibende Absatz betrifft die Profis (Fotobuch bzw. Filme).

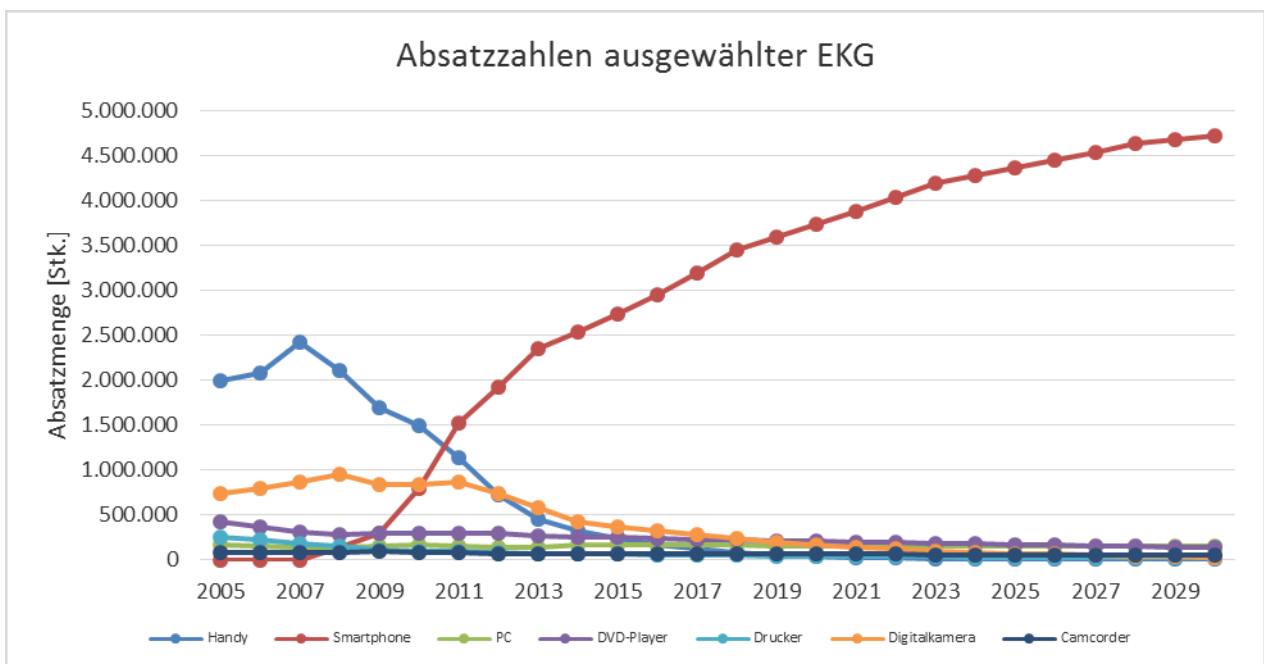


Abbildung 4: Entwicklung der Absatzzahlen für EKG

Abbildung 4 zeigt die grafische Darstellung der Absatzzahlen für EKG von 2005 bis 2030 laut eigenen Prognosen. Deutlich ersichtlich ist der enorme Anstieg der Smartphones.

5.2.3 Gasentladungslampen und lichtemittierende Diode (LED)

Bei den Produkten Gasentladungslampen und LEDs sind keine genauen Absatzzahlen verfügbar, was die Bestimmung ebenfalls erschwert. Hier wurden zunächst die abgesetzten Stückzahlen an Gesamtgasentladungslampen aus privaten Haushalten für die Jahre 2006-2011 aus der Stiftung Elektroaltgeräte Register in Deutschland herangezogen und auf Österreich umgerechnet. Dabei sind auch LED-Lampen berücksichtigt, da diese bis Juli 2013 in die Kategorie Gasentladungslampen eingeordnet wurden. Die Aufteilung der gesamten Lampen auf LED, LSR und ESL erfolgt nach der Aufschlüsselung von Sander et al. (2012) [47, S. 44.] im Jahr 2010 und ergibt 38,64% für LSR, 17,4% für ESL und in etwa zwei Prozent für LED. Im nächsten Schritt wurde über den wachsenden Durchschnitt der letzten drei Jahre der Absatz für 2012 bis 2014 bestimmt. Aus dem Anteil bezogen auf den Gesamtabsatz der

Beleuchtungstechnologien laut deutscher Energieagentur (siehe Abbildung 5) wurde für die Jahre 2009-2013 der Absatz für LED-Lampen berechnet.

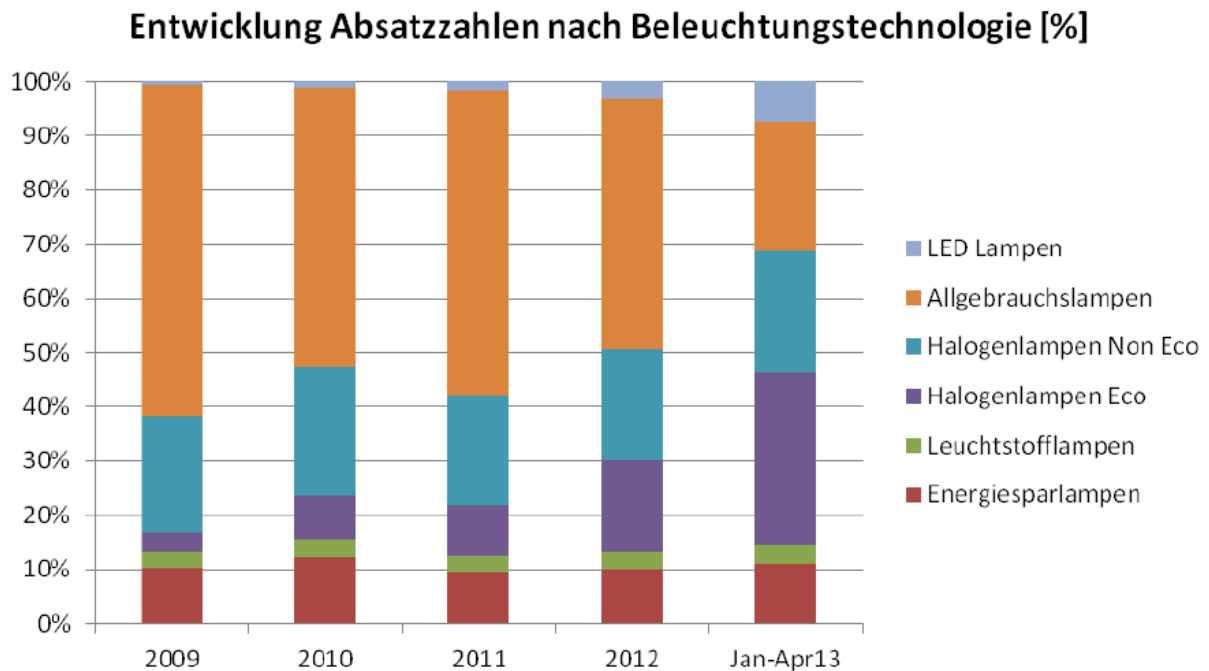


Abbildung 5: Entwicklung Absatzzahlen nach Beleuchtungstechnologie [5, S. 15.]

Zuletzt wird für die Leuchtstofflampen und Energiesparlampen ein leichter Rückgang von einem Prozent angenommen, während bei den LED-Lampen für die Jahre 2015 und 2016 ein Wachstum von fünf Prozent und danach einer von drei Prozent angenommen wird. [33, S. 11.]

Tabelle 33: Absatzentwicklung für LED; LSR und ESL in Stück ab 2008 [57, S. 1.]

Jahr	LED	LSR	ESL
2008	0	6.661.554	3.000.000
2009	122.451	6.481.495	2.918.911
2010	222.407	6.986.824	3.146.484
2011	308.425	7.010.319	3.157.065
2012	628.566	7.080.985	3.188.889
2013	1.417.490	7.254.542	3.267.050
2014	1.488.364	7.181.997	3.234.379
Ø Wachstumsfaktor	3,38 %	-1,00 %	-1,00 %
2030	2.482.041	6.115.167	2.753.937

Wie aus Tabelle 33 abzulesen ist, steigt die Absatzzahl für LEDs während diese für Leuchtstoffröhren leicht sinkt. Zur grafischen Darstellung dient Abbildung 6.

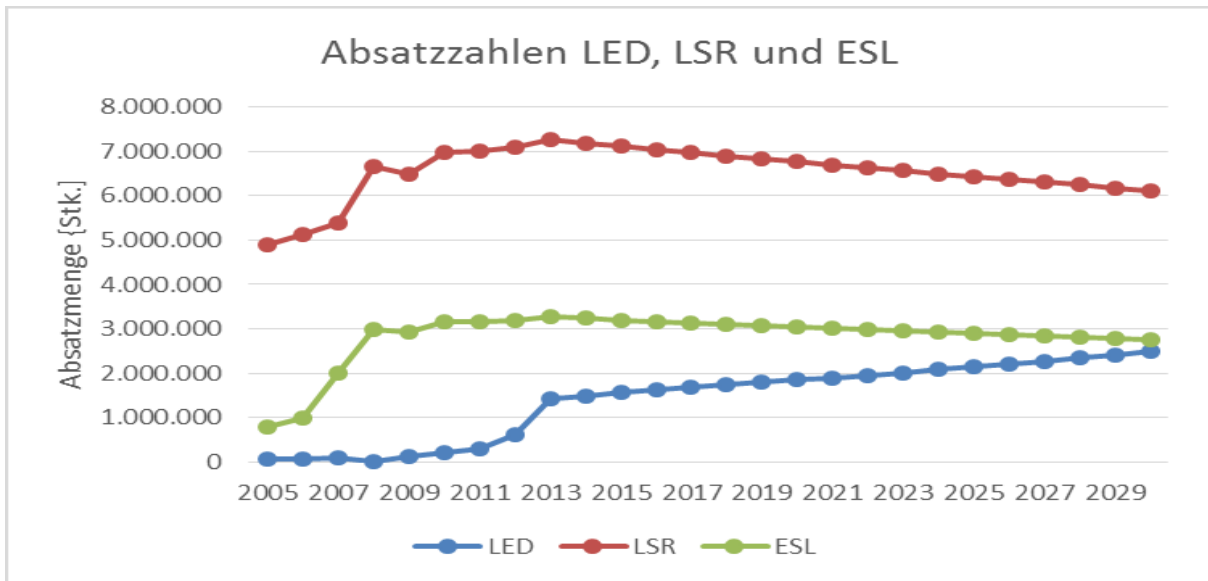


Abbildung 6: Absatzzahlen für Beleuchtungskörper

Trotz eines wesentlich höheren Wachstums der LED gegenüber dem Rückgang der LSR schließt sich die Lücke schneller auf Grund der hohen Differenz in der Absatzmenge.

5.2.4 Sonstige Produkte

Um aus der in Verkehr gesetzten Masse der Gerätebatterien, welche sich aus Primärbatterien und Sekundärbatterien zusammensetzt, den Anteil der NiMeH-Akkumulatoren zu berechnen wird abermals Deutschland als Referenz herangezogen. Auf Basis der Daten von Abbildung 7 wird ersichtlich, dass die Gesamtmenge von NiMeH-Batterien, welche eine Teilmenge der wieder aufladbaren Sekundärbatterien darstellt, sechs Prozent beträgt.

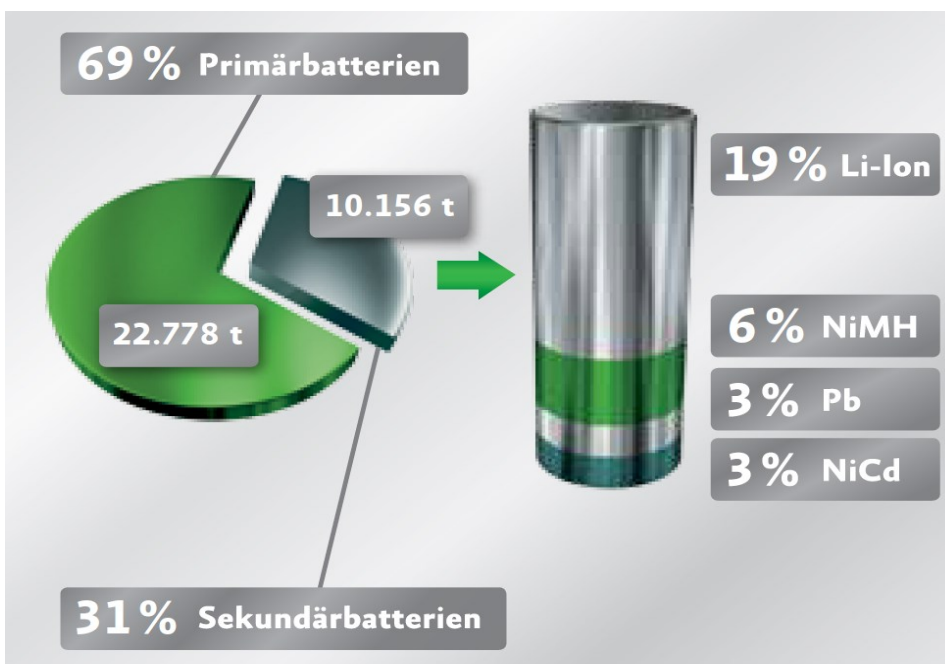


Abbildung 7: Zusammensetzung von Gerätebatterien im Jahr 2012 [54, S. 4.]

Die Gesamtmasse der in Verkehr gesetzten Gerätebatterien für Österreich wird aus den Tätigkeitsberichten der Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH ermittelt. Für die Wendeschneidplatten kann für 2013 ein Gesamtmarkt von zehn Millionen Stück angenommen werden mit einem durchschnittlichen Wachstum von zwei Prozent in den Jahren davor und auch danach [40].

Tabelle 34: Absatzentwicklung für sonstige ausgewählte Produkte ab 2008

Jahr	NiMeH-Akku [kg]	WSP [Stk.] [41]
2008	56.625 [7, S. 48.]	9.057.308
2009	196.325 [8, S. 54.]	9.238.454
2010	218.529 [9, S. 48.]	9.423.223
2011	216.833 [10, S. 48.]	9.611.688
2012	223.031 [11, S. 48.]	9.803.922
2013	233.493 [13, S. 48.]	10.000.000
2014	245.198 [14, S. 53.]	10.200.000
Ø Wachstumsfaktor	1,00 %	1,02 %
2030	287.514	14.002.414

Wie aus Tabelle 34 ersichtlich, wird für NiMeH-Batterien ein zukünftiges Wachstum von lediglich einem Prozent angenommen, da der Li-Ionen-Akku immer mehr zum Einsatz kommt.

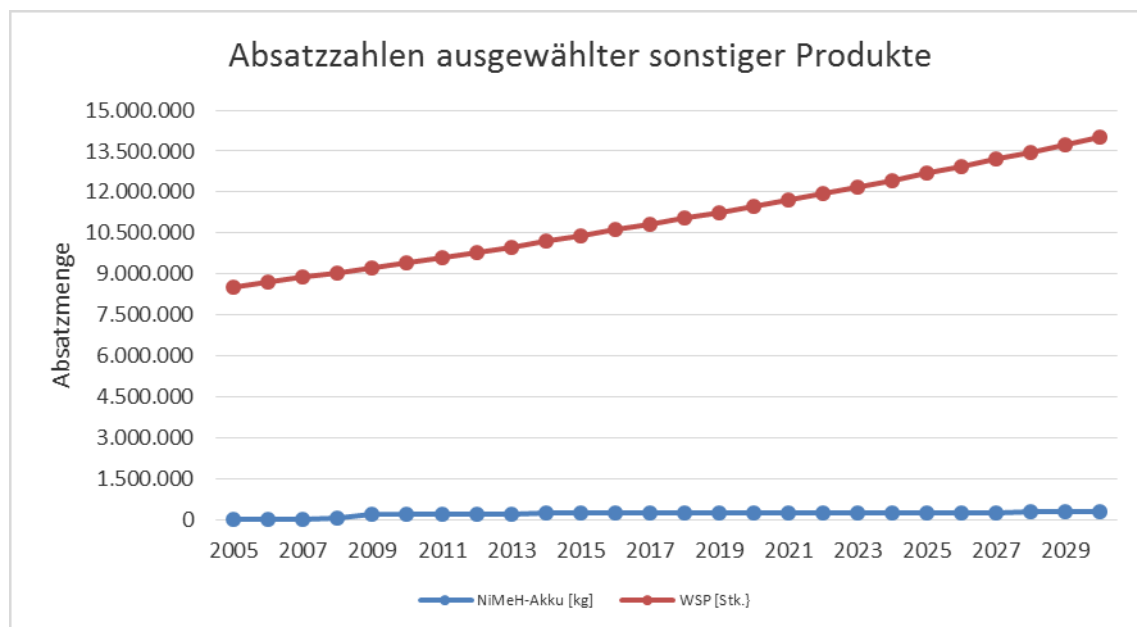


Abbildung 8: Absatzzahlen ausgewählter sonstiger Produkte

Das aus Abbildung 8 ersichtliche Potential an Wendeschneidplatten besteht zu ca. 84 Prozent aus Wolfram und Tantal. Da diese kritischen Rohstoffe sehr teuer sind, haben sich die Unternehmen dazu entschlossen, die abgenutzten Wendeschneidplatten ebenfalls in einem Kreislaufsystem (siehe nachfolgende Abbildung 9) zu führen.

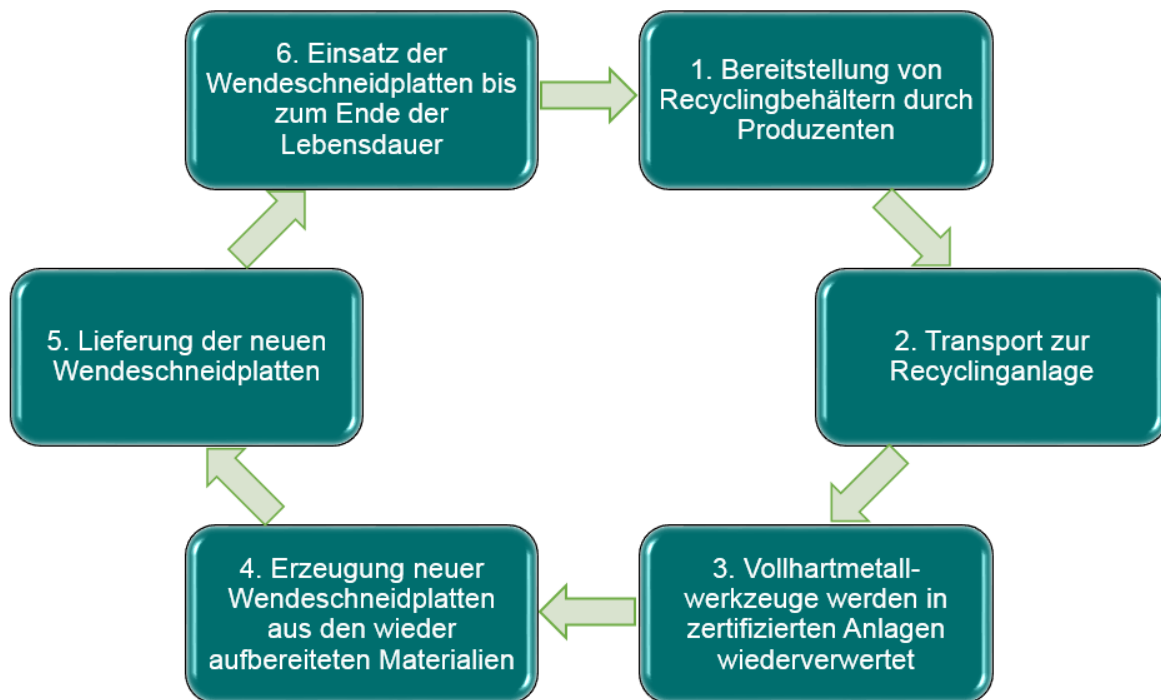


Abbildung 9: Kreislaufsystem für Wendschneidplatten [41]

Wie Abbildung 9 zeigt, werden von den Produzenten kostenlose Recyclingcontainer zur Verfügung gestellt. Diese werden abgeholt und das Vollhartmetall wird in zertifizierten Anlagen wiederverwertet. Mit dem gewonnenen Material werden neue Wendschneidplatten kostengünstiger (siehe 2.2.4) erzeugt und an die Kunden ausgeliefert. Bei neuerlichem Verschleiß beginnt der Kreislauf von vorne.

5.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde gezeigt, welche Mengen an kritischen Rohstoffen sich in den jeweilig betrachteten Produkten und Produktgruppen befinden. Eine Gesamtübersicht der in diesem Kapitel gewonnenen Erkenntnisse bietet Tabelle 35. Dabei kann nochmals erwähnt werden, dass Silber in relativ hohen Mengen in den Produkten vorkommt. Den hohen Verbrauchsmengen von Cer und Yttrium in Leuchtstoffröhren wurde bereits durch die Entwicklung und Einführung der LED entgegengewirkt. Eine Übersicht zur Absatzentwicklung aller Produkte liefert Tabelle 38 im Anhang.

Tabelle 35: Gesamtübersicht mengenmäßig beinhalteter kritischer Rohstoffe pro Produkt

Produkt	Einheit Szenario	Gold			Silber			Indium			Gallium			Tantal			Wolfram		
		min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.
Bildschirmgeräte																			
LCD-TV	mg/Stk	47,5	220,2	430,2	198,0	389,0	580,0	4,4	200,5	337,0	0,0	2,5	4,9						
Plasma-TV	mg/Stk	312,0	312,0	312,0				156,0	156,0	156,0				156,0	156,0	156,0			
CRT-TV	mg/Stk	6,3	61,0	170,0	191,0	1.420,5	2.650,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Notebook	mg/Stk	100,0	192,1	250,0	437,0	438,5	440,0	1,0	20,5	40,0	0,0	2,6	4,9	1.002,9	1.676,7	2.304,0	2,2	2,2	2,2
Tablet	mg/Stk	131,0	131,0	131,0	26,4	26,4	26,4	28,6	28,6	28,6	0,4	0,4	0,4	23,7	23,7	23,7	131,1	131,1	131,1
Elektro- und Elektronikkleingeräte																			
Handy	mg/Stk	24,0	41,9	68,4	127,0	315,5	715,0	1,7	4,6	10,2	4,7	4,7	4,7	86,7	86,7	86,7			
Smartphone	mg/Stk	25,0	30,5	36,5	170,0	237,5	305,0	1,7	2,1	2,4	0,1	1,6	3,0	2,4	36,9	71,4	59,6	59,6	59,6
PC	mg/Stk	220,0	277,0	338,0	804,0	1.310,3	2.127,0	1,0	1,0	1,0	10,7	13,1	15,5	6,6	8,3	9,9	336,7	336,7	336,7
DVD-Player	mg/Stk	46,5	255,8	628,0	318,0	2.671,0	5.024,0	70,0	70,0	70,0	4,0	5,2	6,3	34,5	44,1	53,6	4,6	4,6	4,6
Drucker	mg/Stk	8,3	12,4	15,7	29,0	63,9	98,7	0,0	0,1	0,2	0,1	0,4	0,6	0,0	5,4	15,9	1,9	1,9	1,9
Digitalkamera	mg/Stk	4,9	69,3	155,0	38,6	121,3	204,0	1,4	4,4	7,3	0,7	2,7	4,3	0,6	292,3	493,2	42,0	42,0	42,0
Camcorder	mg/Stk	6,4	53,6	117,0	34,4	282,7	531,0	4,0	6,3	8,5	2,4	4,7	6,3	60,0	508,3	850,0	41,0	41,0	41,0
Gasentladungslampen inkl. LED																			
LED	mg/Stk	0,2	1,4	2,5	0,0	5,1	10,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,3	0,5						
LSR	mg/Stk	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3												
ESL	mg/Stk																		
Sonstige Produkte																			
NiMeH-Akkus	%/kg																		
WSP	g/Stk													0,6	0,6	0,6	16,0	16,0	16,0

Produkt	Einheit Szenario	Cer			Neodym			Yttrium			Platin		Palladium			
		min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.	min.	Ø	max.			
Bildschirmgeräte																
LCD-TV	mg/Stk	0,3	2,4	4,5				4,9	57,5	31.200,0				0,0	64,5	149,4
Plasma-TV	mg/Stk				156,0	156,0	156,0							156,0	156,0	156,0
CRT-TV	mg/Stk				0,9	0,9	0,9							2,3	25,1	67,0
Notebook	mg/Stk	0,1	5,3	15,6	251,5	1.175,8	2.100,0	1,6	174,5	520,0	0,9	2,5	4,0	40,0	68,6	86,3
Tablet	mg/Stk	41,6	41,6	41,6	347,0	347,0	347,0	1,9	1,9	1,9	0,6	0,6	0,6	16,0	19,0	22,0
Elektro- und Elektronikkleingeräte																
Handy	mg/Stk	20,8	20,8	20,8	46,0	82,0	118,0				0,3	0,3	0,3	8,0	15,9	36,6
Smartphone	mg/Stk	20,8	20,8	20,8	50,0	79,4	120,0	0,00	0,01	0,01	0,3	0,3	0,3	8,0	9,5	11,0
PC	mg/Stk	20,4	20,4	20,4	102,0	3.466,0	6.830,0				2,7	2,7	2,7	126,5	141,1	212,0
DVD-Player	mg/Stk	7,0	7,0	7,0	70,0	192,0	314,0				3,2	3,2	3,2	9,0	17,0	26,4
Drucker	mg/Stk				7,7	7,7	7,7	0,00	0,01	0,01	0,2	0,2	0,2	2,5	4,9	8,7
Digitalkamera	mg/Stk	4,6	4,6	4,6	16,6	69,0	170,0	1,9	19,0	36,1	0,1	0,1	0,1	0,9	11,1	21,0
Camcorder	mg/Stk	15,8	15,8	15,8	20,8	39,3	57,8	88,0	88,0	88,0	0,7	0,7	0,7	1,6	55,2	103,0
Gasentladungslampen inkl. LED																
LED	mg/Stk	0,0	0,0	0,0				0,0	0,2	0,5						
LSR	mg/Stk	17,3	17,3	432,0				86,4	126,2	2.870,0				0,02	0,02	0,02
ESL	mg/Stk	4,3	12,9	21,5				27,0	81,0	135,0						
Sonstige Produkte																
NiMeH-Akkus	%/kg	8,0	12,0	15,9	4,7	7,8	10,9	0,1	0,1	0,1						
WSP	g/Stk															

6 Datenaufbereitung für Sekundärrohstofflandkarten 2030

In diesem Kapitel werden die Sekundärrohstofflandkarten für die einzeln betrachteten kritischen Rohstoffe dargestellt. Dazu werden die gewonnenen Daten für den durchschnittlichen Mengeninhalte und Jahresabsatzmenge aus dem vorangegangenen Abschnitt herangezogen und miteinander multipliziert. Dazu werden in weiterer Folge die aktuell angenommenen Nutzungsdauern der betrachteten Produkte eruiert, um das Bezugsjahr für die potentielle Rückgewinnung zu ermitteln. Den Abschluss dieses Teilstücks der Diplomarbeit bildet die Darstellung Österreichs als HeatMap auf Bezirksebene für jeden einzelnen kritischen Rohstoff. Dabei werden die Sekundärrohstoffpotentiale jeden Produktes in Sammelszenarien aufgezeigt und mittels einer vorgenommenen Hochrechnung der Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Bezirken pro Einwohner gleichverteilt.

6.1 Datengenerierung

Um die in Kapitel 5 gewonnenen Daten nun in eine Sekundärrohstoffkarte für das Jahr 2030 umlegen zu können, werden neben den Mengeninhalten an kritischen Rohstoffen in den einzelnen Produkten und deren Bezugsmengen noch weitere Daten benötigt. Diesbezüglich werden die folgenden Punkte abgearbeitet:

1. Eruiierung der durchschnittlichen Nutzungsdauer der Produkte
2. Berechnung des Sekundärrohstoffpotentials für kritische Rohstoffe inklusive einer Darstellung darüber, wie sich die Gesamtmenge aus den diversen Stoffflüssen zusammensetzt und ein Vergleich mit der eigentlichen Sammelmasse
3. Hochrechnung der Bevölkerungsentwicklung für die Bezirke im Jahr 2030

Die auf diese Art und Weise gewonnenen Daten werden in Kapitel 6.2 zur Erstellung der Sekundärrohstofflandkarten 2030 verwendet.

6.1.1 Ermittlung der durchschnittlichen Lebensdauer je Produkt

Um die für jedes Produkt geeignete Lebensdauer zum aktuellen Zeitpunkt zu ermitteln, wurden weitere Internetrecherchen herangezogen. Jedoch sind die dadurch auftretenden Ergebnisse vom Nutzungsverhalten und dem vergangenen bis aktuellen Stand der Technik abhängig. Somit können die eruierten Resultate für das jeweilige Erzeugnis sehr weit vom persönlichen Empfinden abweichen. Die dadurch zum Vorschein kommenden Daten gelten als Anhaltspunkt für weitere Berechnung, da ebenfalls nicht sichergestellt ist, dass ein Gut, wenn dieses nicht mehr Verwendung findet oder genutzt werden kann, sofort im Abfall landet. Ein einfaches Beispiel zur Veranschaulichung der angesprochenen Problemstellung ist das Smartphone. Jeder kennt das eigene Nutzungsverhalten und jenes eines Kollegen oder einer Kollegin. Je nach Verwendungshäufigkeit und Einsatzgebiet variiert die Lebensdauer doch sehr deutlich. Wenn danach das Smartphone nicht eingetauscht wird, liegt es meist eine längere Zeit zu Hause, bis dieses der endgültigen Entsorgung zugeführt wird.

Tabelle 36: Lebensdauer der betrachteten Produkte

Produkt	ungefähre Lebensdauer	Quelle
LCD-TV, Plasma-TV, CRT-TV	6 Jahre	Vgl. Prakash et al. (2015): S. 87.
Notebook	6 Jahre	Vgl. Prakash et al. (2015): S. 94.
Tablet	3 Jahre	Vgl. Teehan, D. (2013): S 23.
Handy	2 Jahre	Vgl. Prakash et al. (2015): S. 97.
Smartphone	2 Jahre	Vgl. Prakash et al. (2015): S. 97.
PC	6 Jahre	Vgl. Prakash et al. (2015): S. 95.
DVD-Player	6 Jahre	Vgl. Luidold et al. (2013): S. 299.
Drucker	6 Jahre	Vgl. DGF (2014): S. 14.
Digitalkamera	5 Jahre	Vgl. Führes, R. (2013): S. 1.
Camcorder	6 Jahre	Vgl. DGF (2014): S. 11.
LED	10 Jahre	Vgl. Sander et al. (2013): S. 69.
Leuchtstofflampe	8 Jahre	Vgl. Sander et al. (2013): S. 56.
Energiesparlampe	8 Jahre	Vgl. Sander et al. (2013): S. 56.
NiMeH-Akku	8 Jahre	Vgl. Lenz (2014): S. 2.
Wendeschneidplatten	1 Jahre	Quelle: Müller (2014).

Wie bereits erwähnt, sind die aufgelisteten Zeiträume in Tabelle 36 lediglich Anhaltspunkte, decken sich jedoch mit aus eigenen Erfahrungen gewonnen Erkenntnissen.

Nachdem abgeklärt ist, nach welchem Zeitraum die in Verkehr gesetzten Produkte in den Entsorgungskreislauf gelangen, gilt es im nächsten Schritt abzuklären, wie sich das Verhältnis zwischen der jährlich in Verkehr gesetzten Massen und der Sammelmassen verhält.

6.1.2 Berechnung des Sekundärrohstoffpotentials kritischer Rohstoffe

In diesem Teilabschnitt werden die Potentiale für die zurückgewinnbaren Rohstoffmengen für das Jahr 2030 berechnet und visualisiert. Dabei wird zuerst das Jahr für die heranzuziehende Absatzmenge des jeweiligen Produktes eruiert. Unter Berücksichtigung der Werte von Tabelle 36 ergeben sich die Jahreszahlen dabei folgendermaßen. Es wird jeweils das Jahr 2030 minus der ungefähren Lebensdauer gerechnet. Für die Notebooks, welche für 6 Jahre genutzt werden, ergibt sich dadurch die Absatzmenge von 557.425 Stk. aus dem Jahr 2024 (aus 2030 minus 6). Sämtliche prognostizierten Mengen, welche für 2030 herangezogen werden, sind in nachfolgender Abbildung 10 veranschaulicht. Dieser Grafik liegt die Verwendung der Software STAN, einem Tool zur Veranschaulichung von Stoffflüssen, zu Grunde.

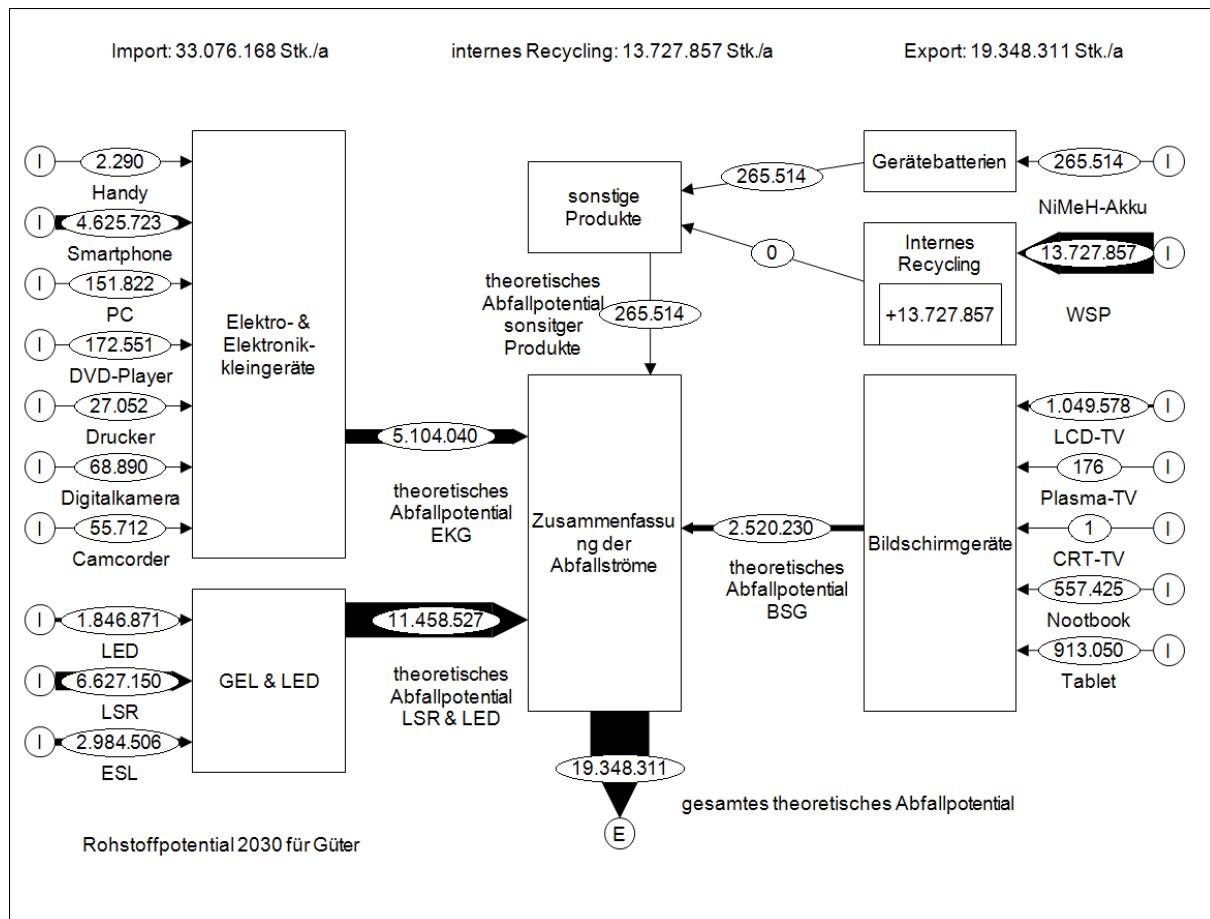


Abbildung 10: Prognostizierte Mengenpotentiale in Stk. pro Jahr für 2030

In einem weiteren Schritt erfolgt die grafische Darstellung der theoretischen Potentiale der einzelnen betrachteten Rohstoffe ebenfalls unter Verwendung des Softwaretools STAN. Auf Basis der Güterebene werden die jeweiligen Absatzmengen hinsichtlich der Lebensdauer für die einzelnen Produkte angegeben. Für jeden einzelnen Wertstoff wird eine Unterebene kreiert, welche die durchschnittlichen Mengengehalte der Produkte hinterlegen. Durch die anschließende Kalkulation werden die Importmengen für jedes einzelne Produkt ersichtlich und in weiterer Folge als Gesamtstrom der Produktgruppen zusammengefasst. Am Ende steht eine Exportmenge, welche das theoretische Sekundärrohstoffpotential für das Jahr 2030 aufzeigt. Ebenfalls wird die interne Recyclingmenge für die WSP herausgerechnet, welches als Lager visualisiert wird und die Differenz zwischen Importmenge und Exportmenge darstellt. Nachfolgende Abbildungen (Abbildung 11 bis Abbildung 21) zeigen die Auswertungen laut STAN für die betrachteten kritischen Rohstoffe.

Gold

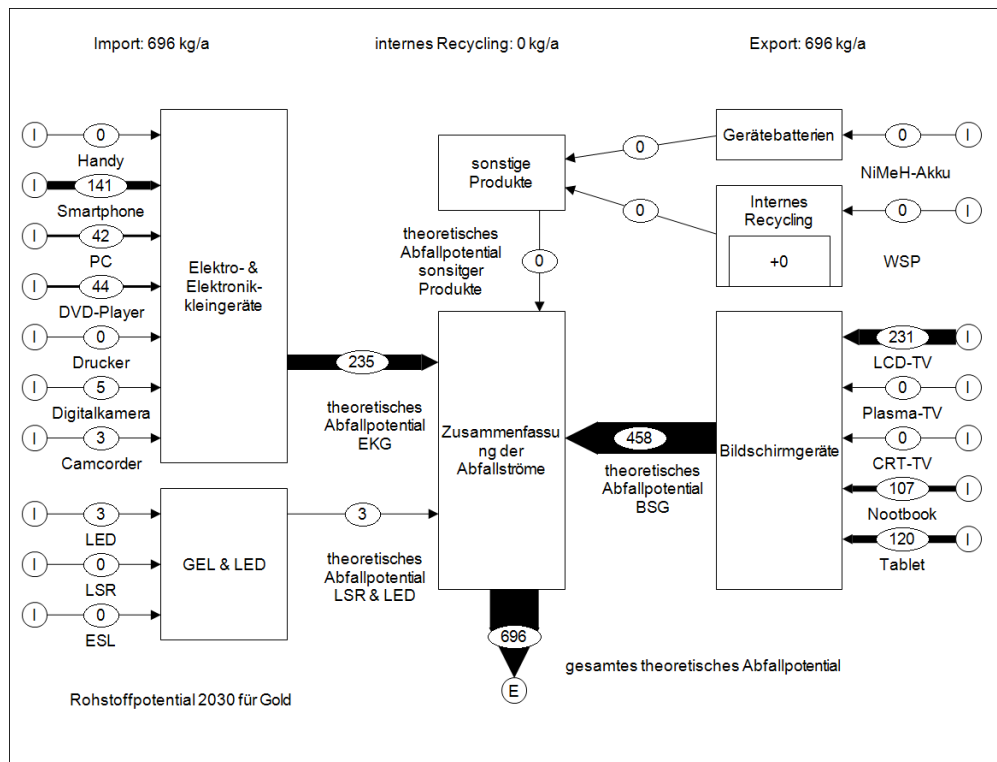


Abbildung 11: Stoffflussdiagramm für das theoretische Goldpotential 2030

Silber

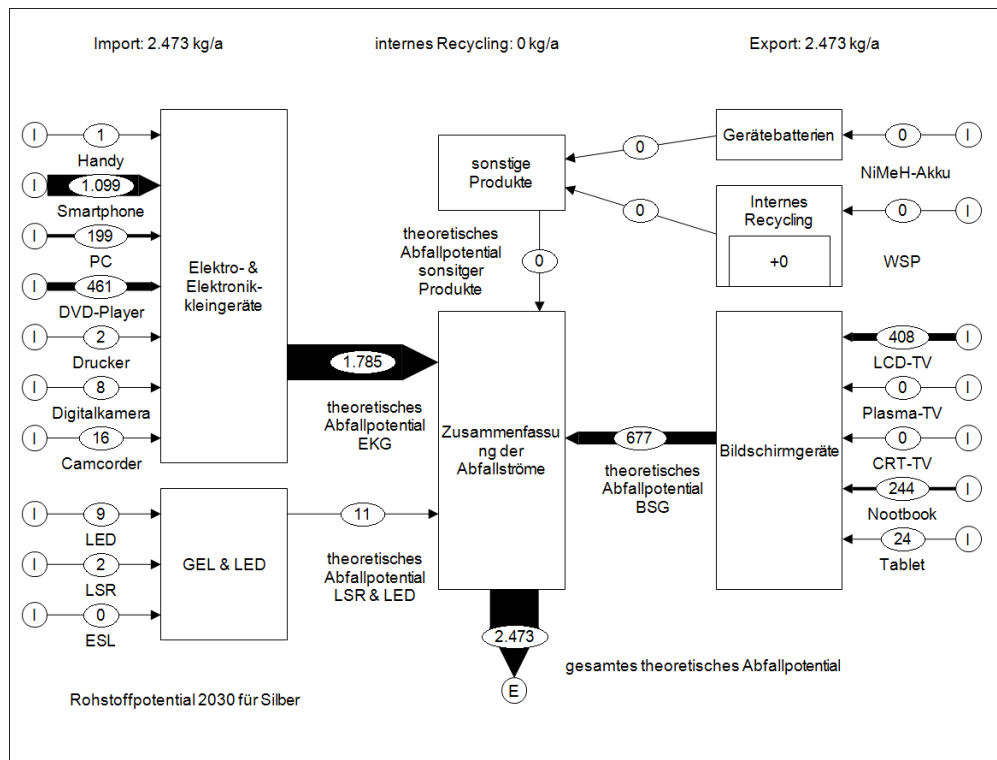


Abbildung 12: Stoffflussdiagramm für das theoretische Silberpotential 2030

Indium

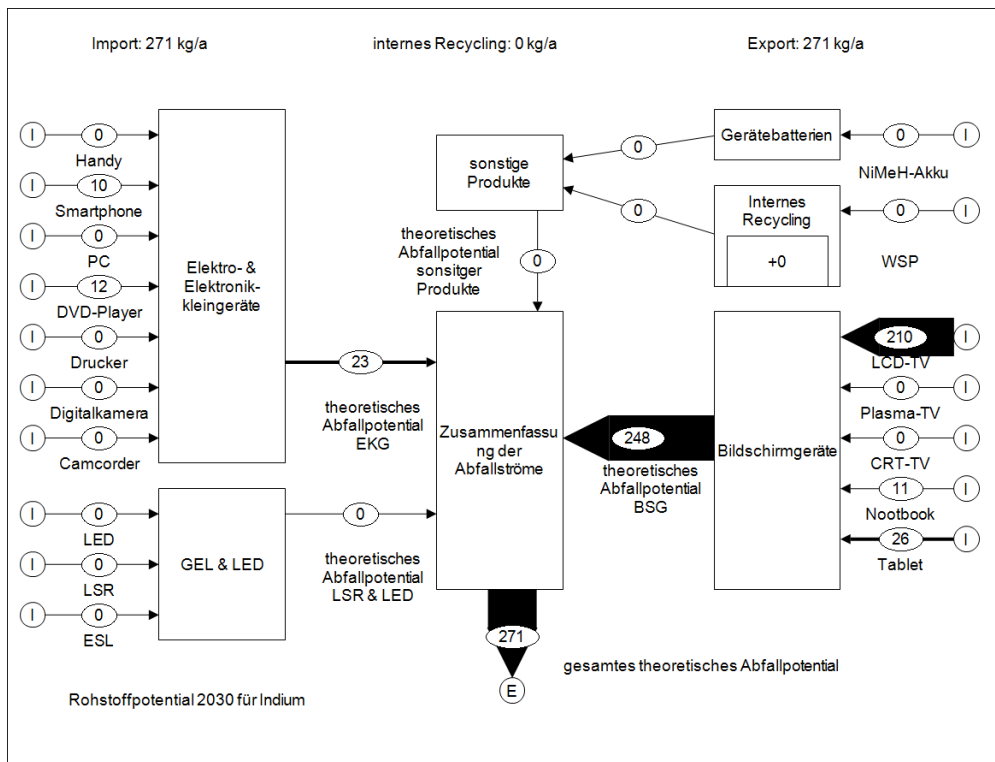


Abbildung 13: Stoffflussdiagramm für das theoretische Indiumpotential 2030

Gallium

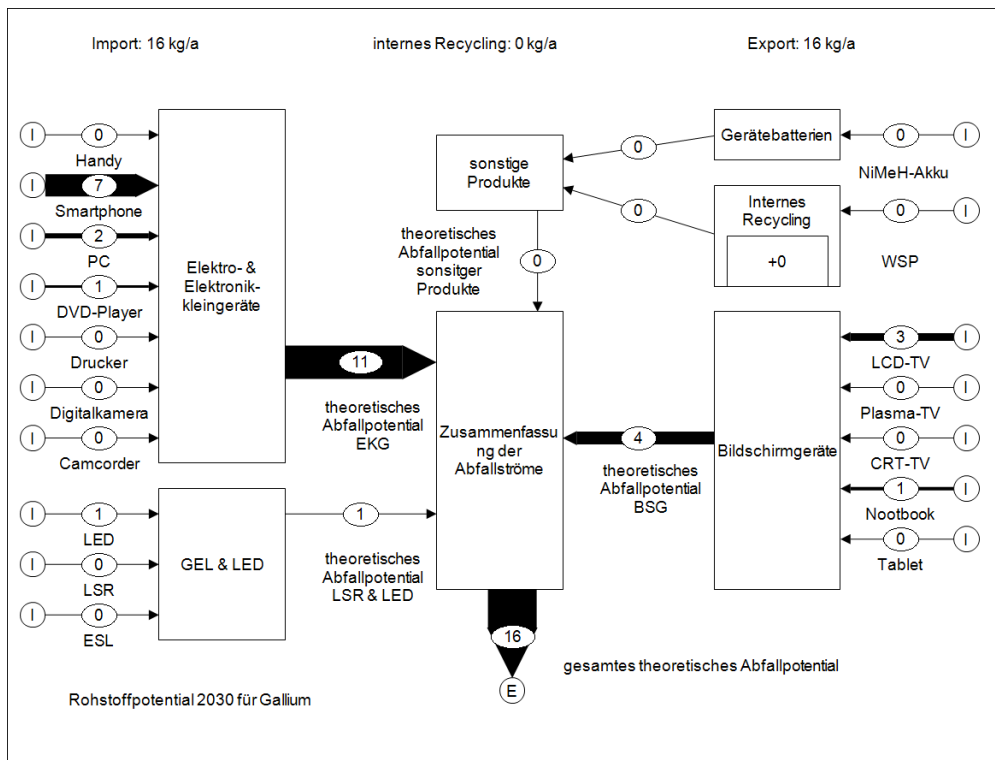


Abbildung 14: Stoffflussdiagramm für das theoretische Galliumpotential 2030

Tantal

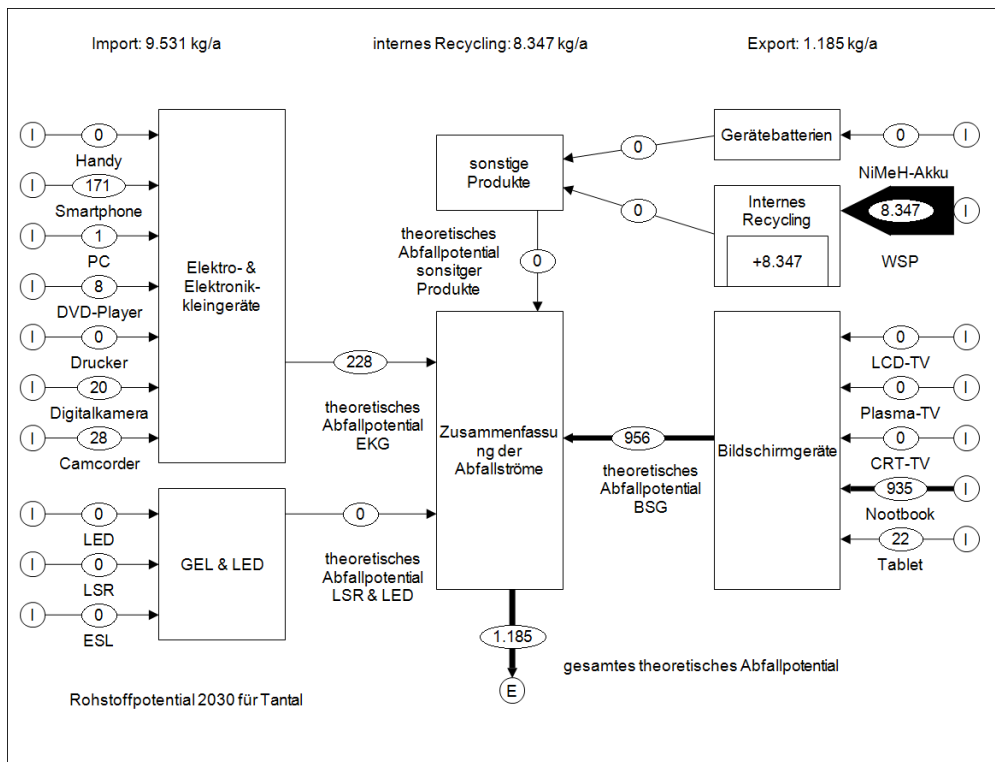


Abbildung 15: Stoffflussdiagramm für das theoretische Tantalpotential 2030

Wolfram

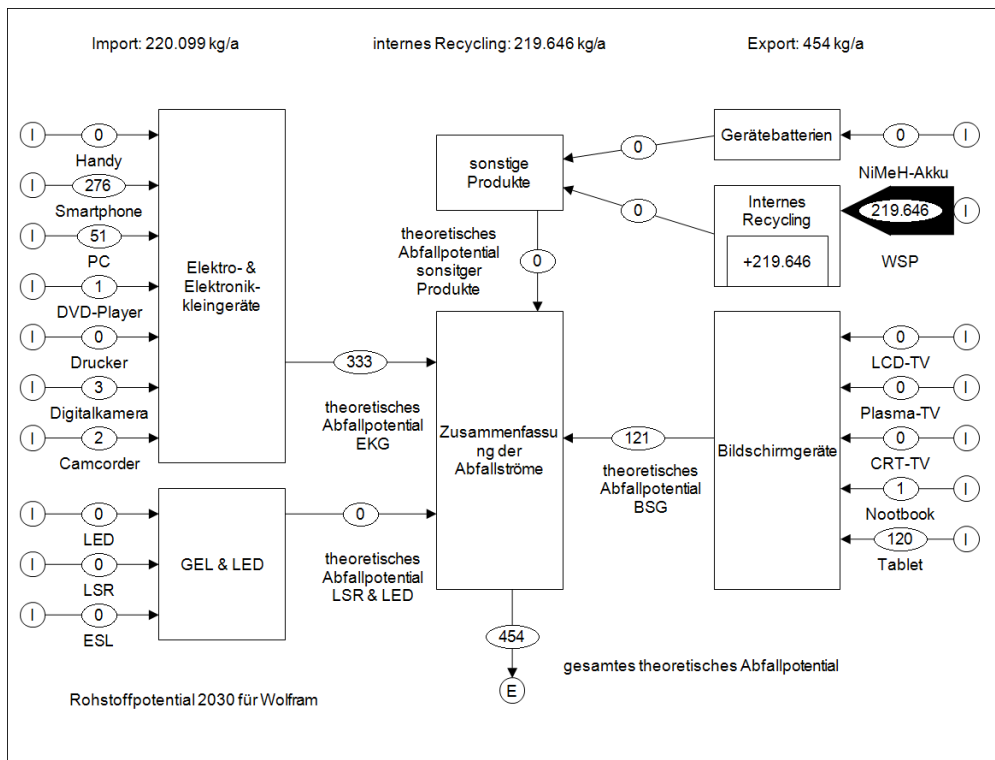


Abbildung 16: Stoffflussdiagramm für das theoretische Wolframpotential 2030

Cer

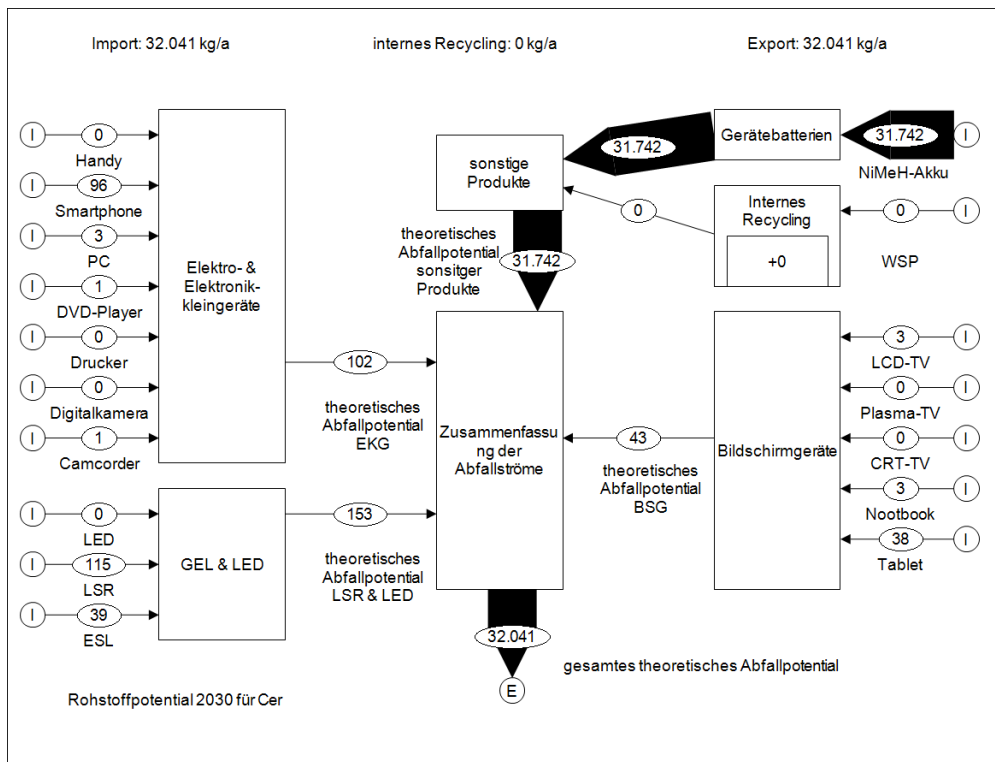


Abbildung 17: Stoffflussdiagramm für das theoretische Cerpotential 2030

Neodym

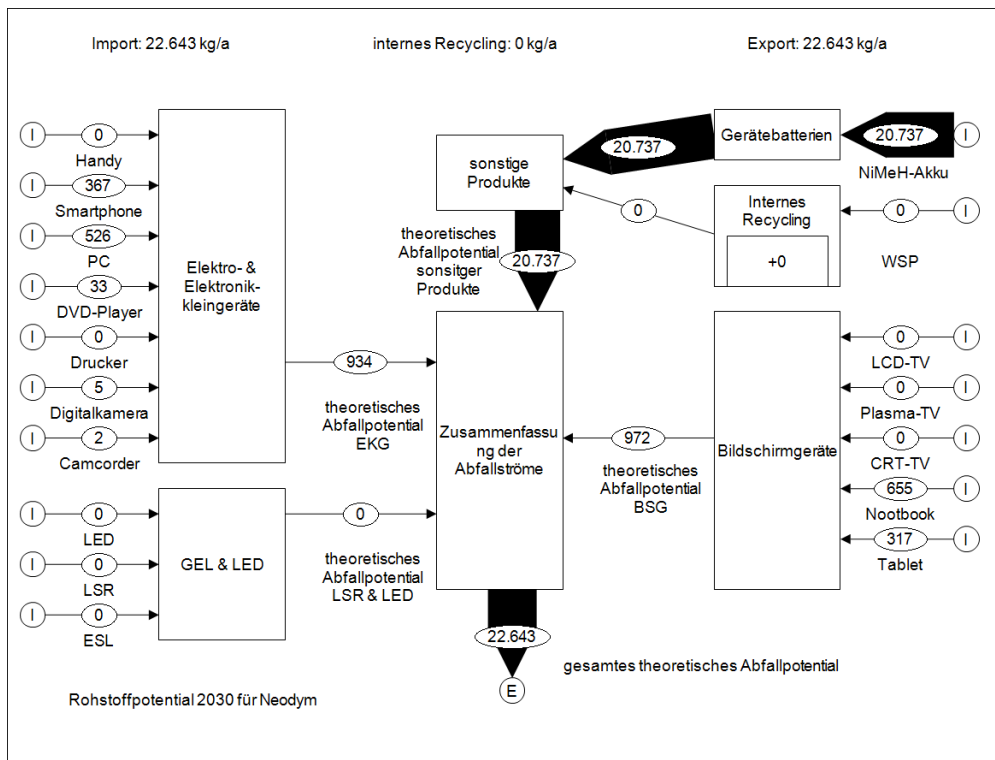


Abbildung 18: Stoffflussdiagramm für das theoretische Neodympotential 2030

Yttrium

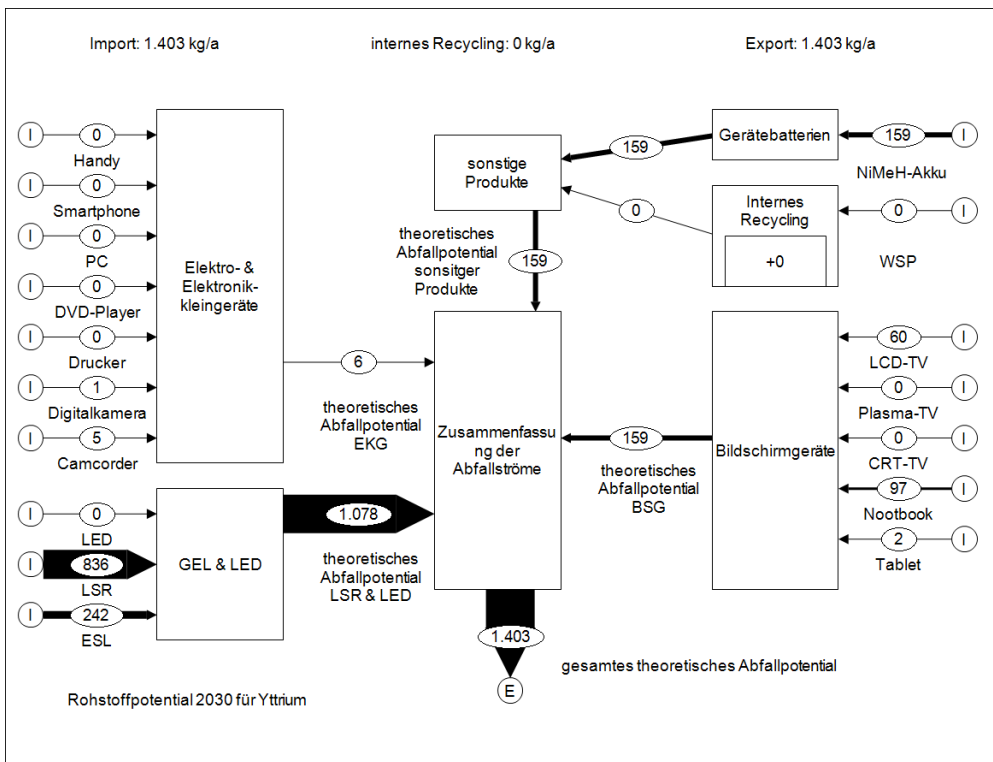


Abbildung 19: Stoffflussdiagramm für das theoretische Yttriumpotential 2030

Platin

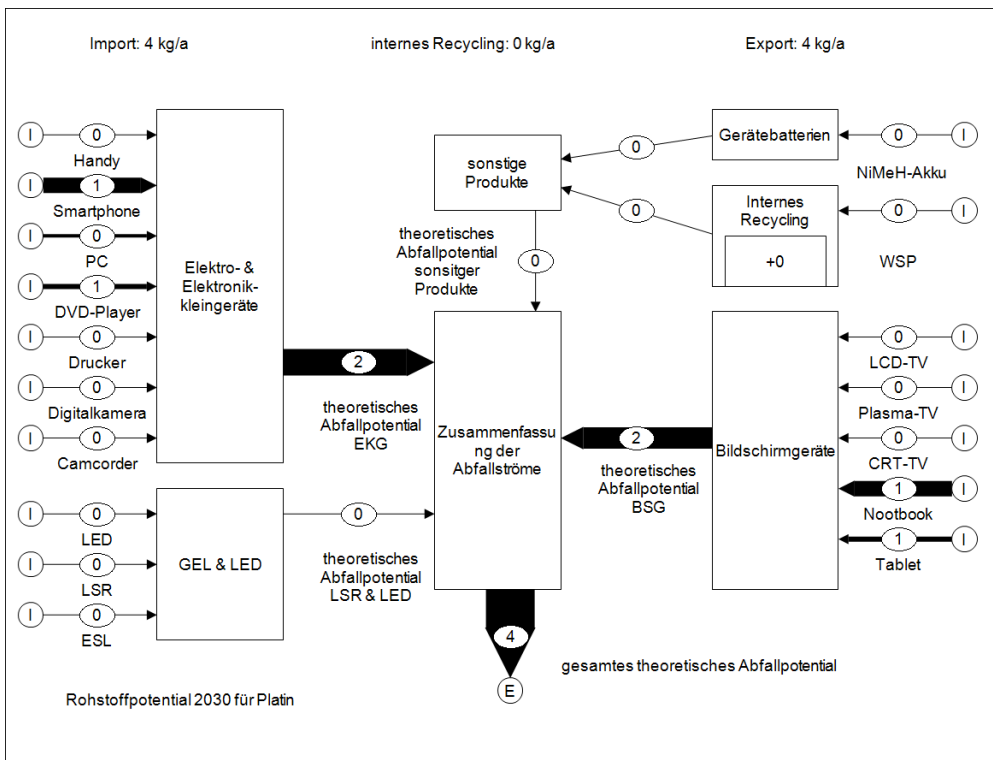


Abbildung 20: Stoffflussdiagramm für das theoretische Platinpotential 2030

Palladium

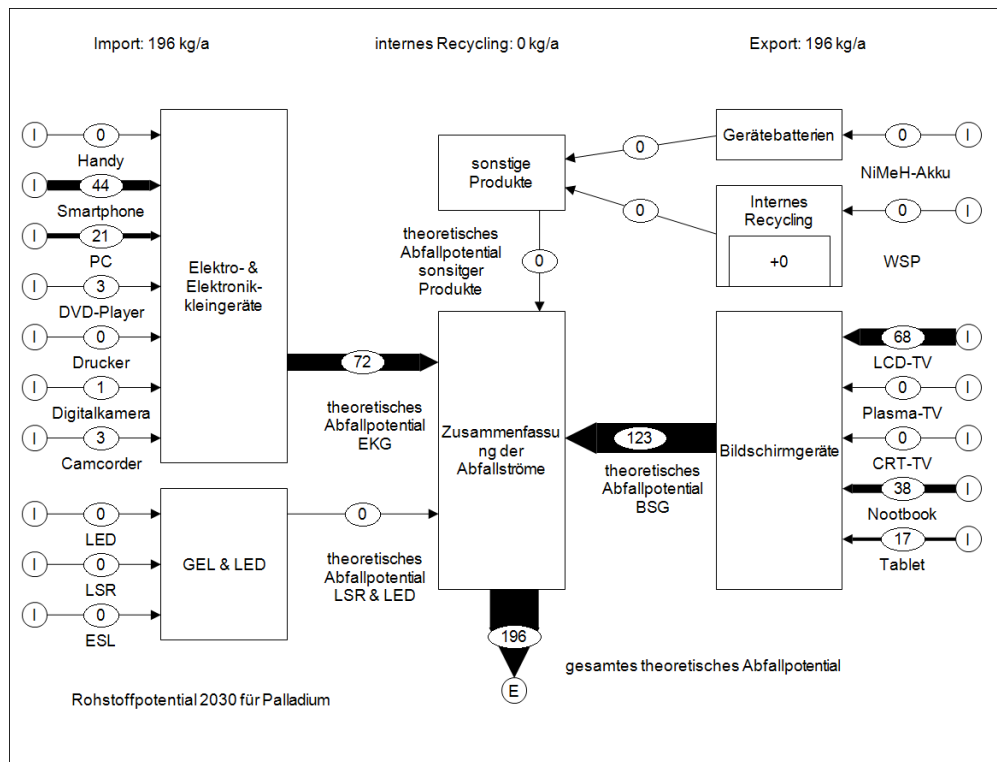


Abbildung 21: Stoffflussdiagramm für das theoretische Palladiumpotential 2030

Nachdem alle theoretischen Mengenpotentiale für Rohstoffe angegeben wurden, erfolgt noch eine Darstellung des aktuell möglichen/realistischeren Potentials zur Rückgewinnung dieser. Laut der Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH wurde in Österreich im Jahr 2013 eine Sammelquote von 47,6% erreicht [64, S. 1.], was somit nur ca. 50% Prozent des eruierten Potentials bedeutet. Die folgenden Abbildungen zeigen diese Differenz gegliedert nach Produktgruppen ohne die kreislaufgeführten Wendeschneidplatten.

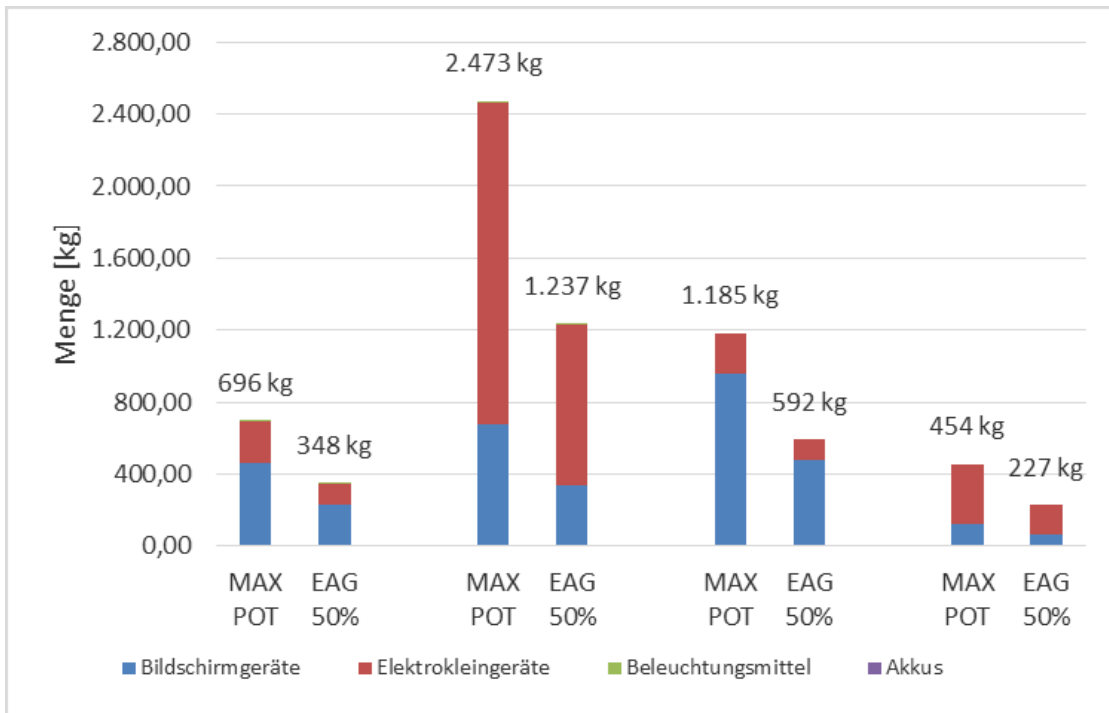


Abbildung 22: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für Au, Ag, Ta u. W (v.l.n.r.)

Wie in Abbildung 22 ersichtlich, ist das Potential für Gold bei Bildschirmgeräten und EKG bei etwa 4:3, während bei Silber eindeutig viel mehr in den EKG steckt als in den Bildschirmgeräten. Bezüglich Tantal zeigt sich, dass deutlich mehr davon in den Bildschirmgeräten zum Einsatz kommt, während dies bei Wolfram genau der gegenteilige Fall ist. Beleuchtungsmittel und Akkus spielen bei diesen vier Rohstoffen eine geringe Rolle.

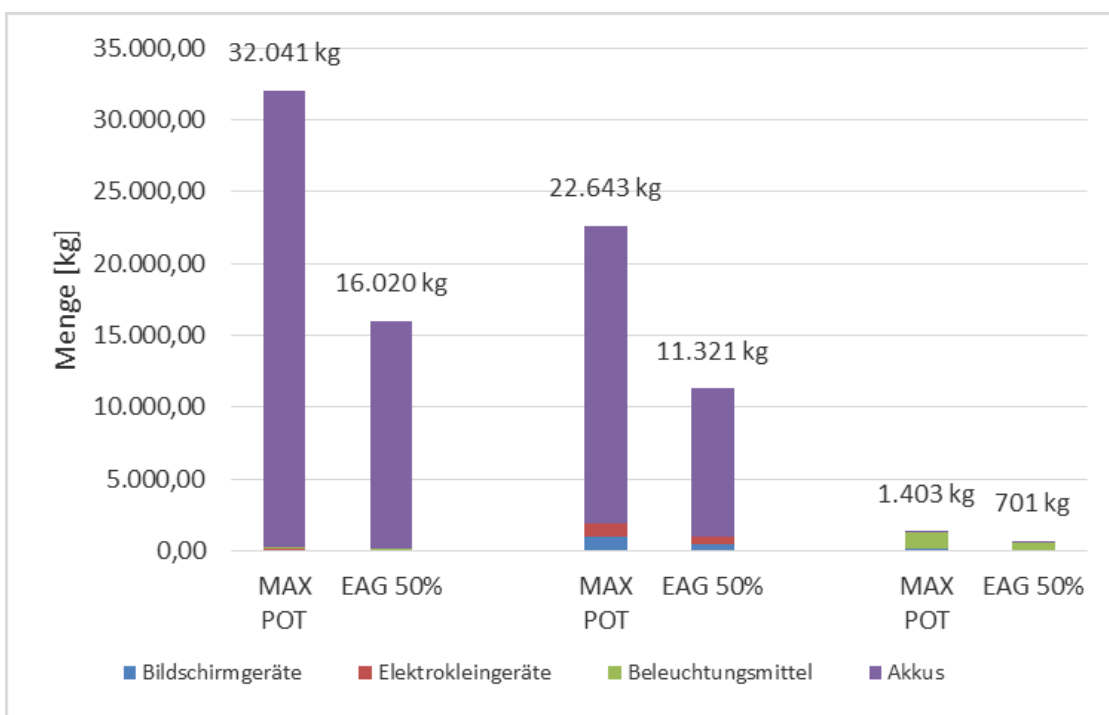


Abbildung 23: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für Ce, Nd u. Y (v.l.n.r.)

Aus Abbildung 23 geht hervor, dass sowohl Cer als auch Neodym hauptsächlich von den NiMeH-Akkumulatoren stammen. Bei Yttrium hingegen stammt der Großteil der Mengen von den Produkten der Kategorie Beleuchtungsmittel.

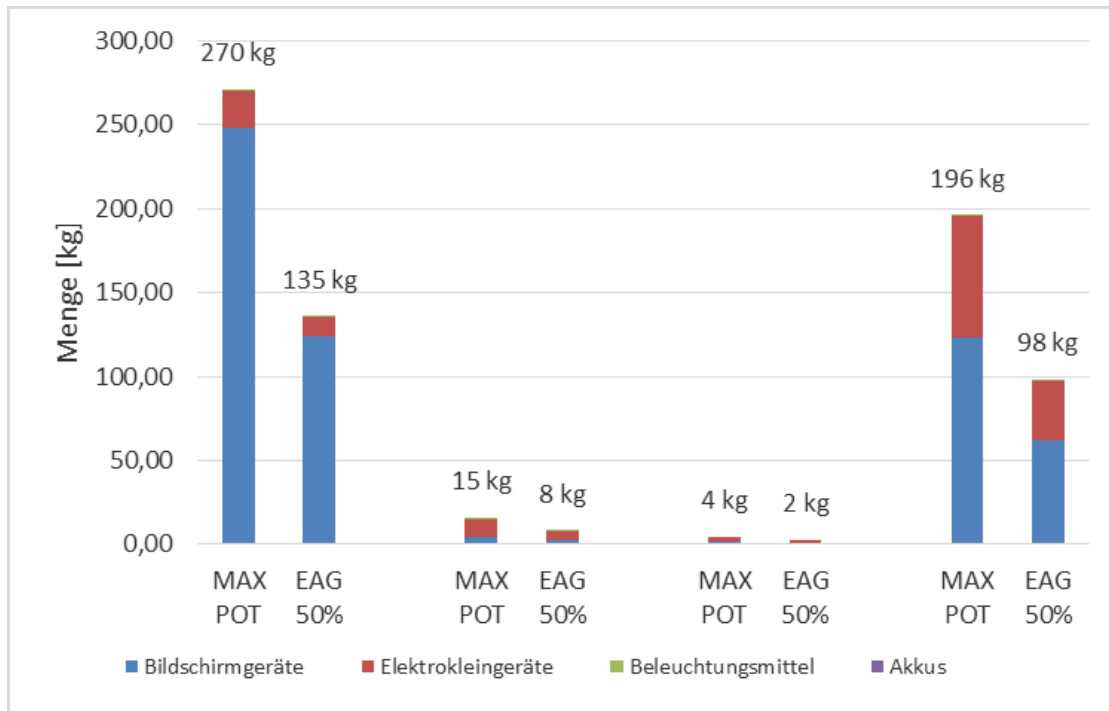


Abbildung 24: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für In, Ga, Pt u. Pd (v.l.n.r.)

Laut Abbildung 24 wird der größte Teil der Gesamtmenge an Indium in Bildschirmgeräten verwendet. Die Mengen für Gallium und Platin sind sehr gering, wobei für ersteres zumindest noch erkennbar ist, dass dieses vermehrt aus Elektrokleingeräten stammt. Palladium stammt wiederum aus Bildschirmgeräten und Elektrokleingeräten in einem Verhältnis von 3:2.

Zuletzt werden für die Sekundärrohstofflandkarten noch die Bevölkerungszahlen benötigt, welche nachfolgend für die einzelnen Bezirke Österreichs für das Jahr 2030 berechnet werden.

6.1.3 Hochrechnung der Bezirksbevölkerungen für das Jahr 2030

Um die eruierten Sekundärrohstoffmengen in einer HeatMap veranschaulichen zu können, werden die Bevölkerungszahlen in den Bezirken von Österreich benötigt. Dazu existiert zwar eine Prognose der ÖROK aus dem Jahre 2010, jedoch weichen die zukünftigen Werte für die kommenden Jahre schon von jenen der Statistik Austria ab. Aus diesem Grund wird zwar der prognostizierte Verteilungsschlüssel der ÖROK beibehalten, jedoch auf die aktuellsten Werte von Statistik Austria umgerechnet.

Um dies verständlicher zu gestalten, erfolgt eine Veranschaulichung am Beispiel des Bundeslandes Burgenland.

Tabelle 37: Prognose des Bevölkerungsstandes Burgenland für 2030

Einwohnerstatistik der Bezirke in Österreich für 2030				
Bezirk in Österreich	ÖROK (2010) für 2030	%-Verteilung im Bundesland	Statistik Austria Prognose 2030	Prognose 2030 für Bezirke
Eisenstadt (Stadt) inkl. Rust	17.230	5,63%		17.111
Eisenstadt-Umgebung	46.323	15,14%		46.003
Güssing	26.438	8,64%		26.256
Jennersdorf	17.473	5,71%		17.352
Mattersburg	43.279	14,14%		42.980
Neusiedl am See	61.591	20,13%		61.166
Oberpullendorf	38.007	12,42%		37.745
Oberwart	55.635	18,18%		55.251
Burgenland	305.976	100,00%	303.864	303.864

Die Tabelle 37 zeigt auf der linken Seite die aktuellen Bezirke im Burgenland. Danach folgt die Spalte mit den Prognosewerten für 2030 von der ÖROK aus dem Jahre 2010 [36, S. 112.]. Anschließend erfolgte die prozentuelle Berechnung der Bevölkerung in den einzelnen Bezirken des Bundeslandes. Die aktuelle Prognose für die Bevölkerungszahl im Burgenland beläuft sich von Seiten Statistik Austria auf 303.864 Einwohner [55]. Dieser Wert wird mittels des bereits vorhandenen Verteilungsschlüssels neu aufgeteilt und bildet somit die Grundlage hinsichtlich der Bevölkerungszahlen in den jeweiligen Bezirken für das Jahr 2030. Die gesamte Bevölkerungsprognose ist in Tabelle 39 im Anhang ersichtlich.

6.2 Er- bzw. Darstellung der Sekundärrohstofflandkarten 2030

In diesem Abschnitt werden die aufkommenden Sekundärrohstoffe für 2030 auf einer Landkarte, welche zentriert Österreich aufweist, dargestellt. Um die Sekundärrohstofflandkarten gut und übersichtlich darstellen zu können, auch in Hinblick auf spätere Präsentationen, wurde ein Add-On in Excel verwendet. Mit Hilfe von Power Map ist es möglich für einen Punkt auf der Landkarte eine Kombination von Daten grafisch darzustellen und zu animieren. Anhand von Abbildung 25 wird nicht nur der Aufbau der Landkarten erläutert, sondern auch gleich die HeatMap für Gold dargestellt.

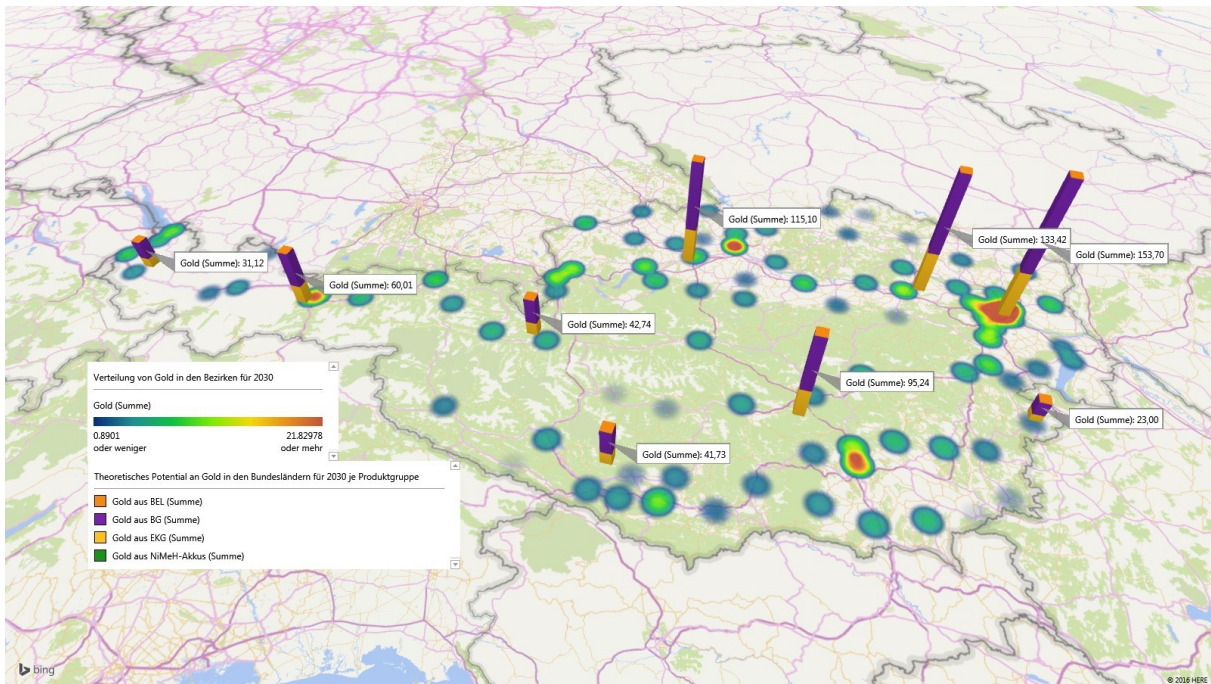


Abbildung 25: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Gold [kg]

Wie in Abbildung 25 ersichtlich, ist Österreich selbst grau umrandet um die Staatsgrenze ersichtlich zu machen. Als Standard für Wärmeabbildungen werden bei der HeatMap hohe Konzentrationen in roter Farbe dargestellt und mit immer geringer werdenden Häufigkeiten zunehmend dunkler bis zur blauen Farbe. Auf Grund des höheren Zoomfaktors zur besseren bzw. größeren Veranschaulichung von Österreich und der Aufbereitung der Daten auf Bezirksebene ergeben sich große Flächen ohne Bezug. Dies ist wiederum dem Unterschied zwischen 2-D und 3-D geschuldet. Die Abbildungen geben aber trotzdem einen guten Einblick darüber, wo in Österreich hohe Sekundärrohstoffpotentiale im Jahr 2030 basierend auf den prognostizierten Daten, anfallen werden. Dabei ist zu erwähnen, dass als Mengeneinheit kg verwendet wurde und die Umlegung auf einer Gleichverteilung über die Bevölkerungszahlen beruht.

Nach der allgemeinen Beschreibung, wie die Sekundärrohstofflandkarten aussehen bzw. welche Informationen diese widerspiegeln, sind in den nachfolgenden Abbildungen die weiteren kritischen Rohstoffe dargestellt. Die zugrundeliegenden Daten hierfür stammen aus Kapitel 6.1.2 in Kombination mit einer Gleichverteilung hinsichtlich der Bevölkerungsprognosen aus Kapitel 6.1.3. In Abbildung 26 werden die Mengenpotentiale für Silber dargestellt.

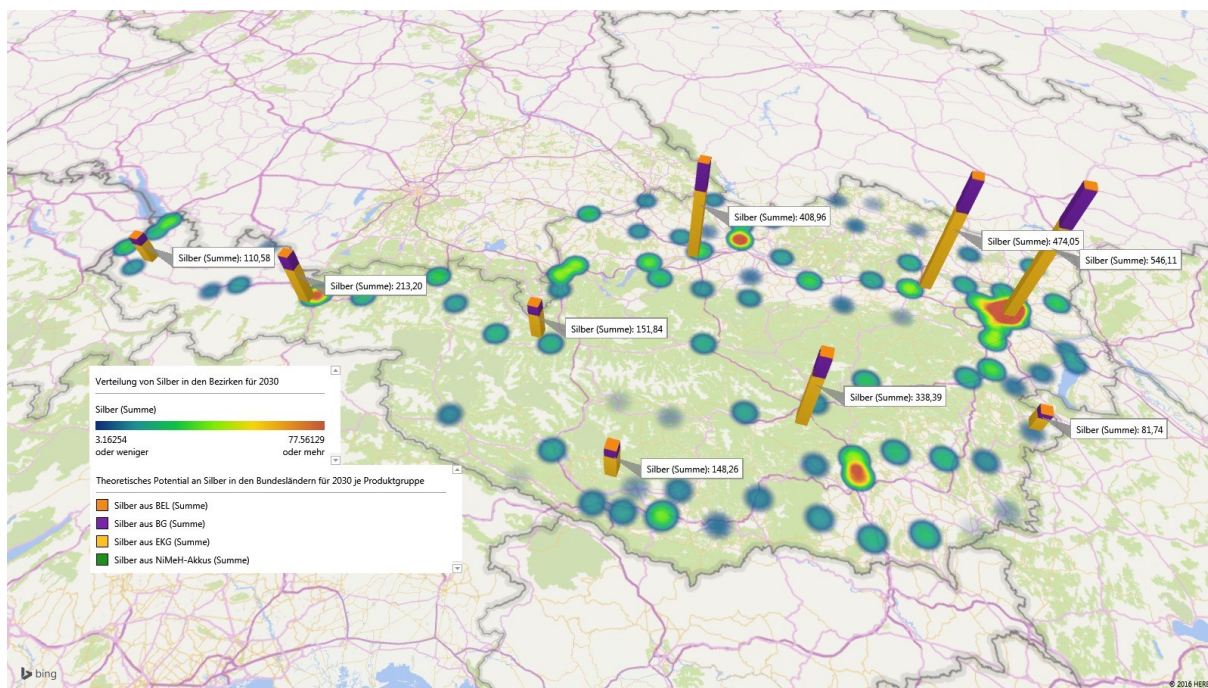


Abbildung 26: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Silber [kg]

Abbildung 27 ist die grafische Aufarbeitung der Potentiale bezüglich der Sekundärabfallströme für Indium.

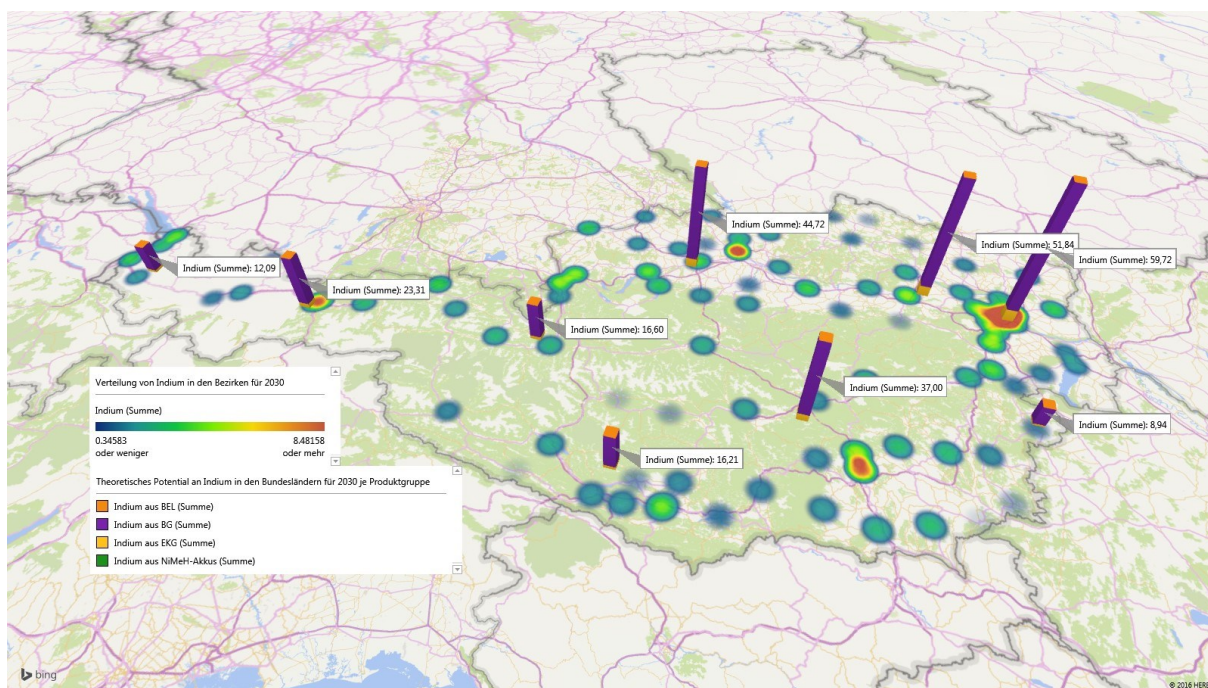


Abbildung 27: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Indium [kg]

Die nachfolgende Abbildung 28 spiegelt die Verteilung des Potentials für Gallium wider.

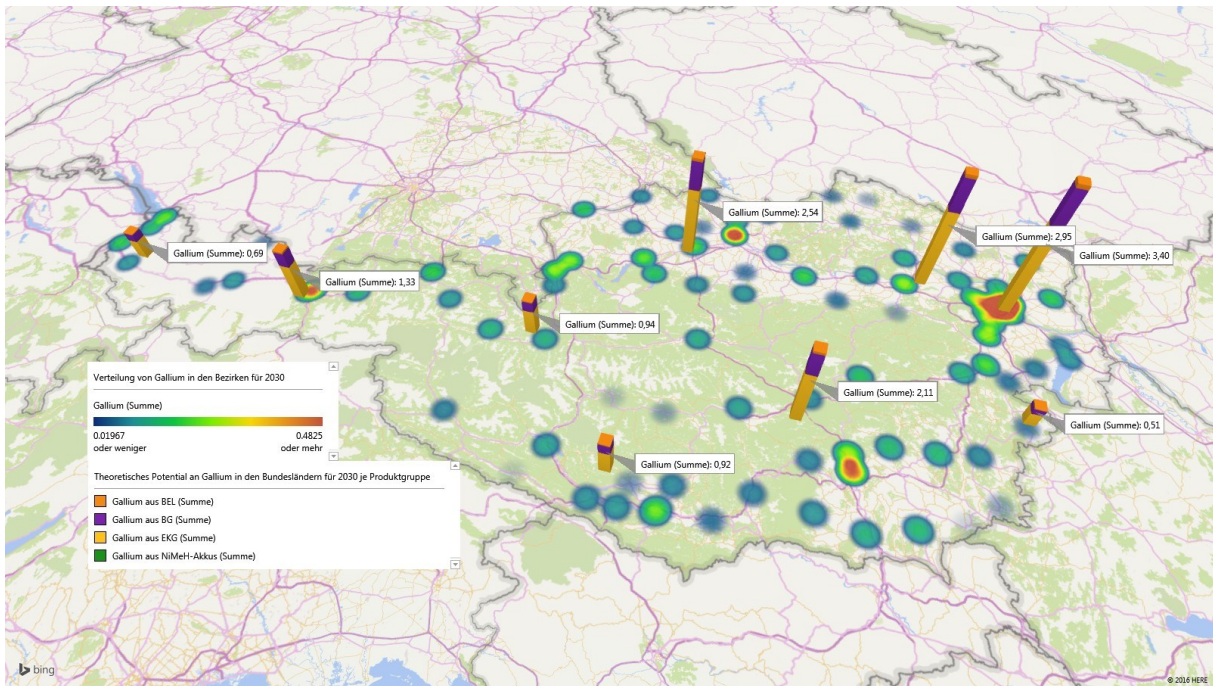


Abbildung 28: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Gallium [kg]

Die meisten Mengen an Tantal werden wie Abbildung 29 zeigt aus den Bildschirmgeräten gewonnen.

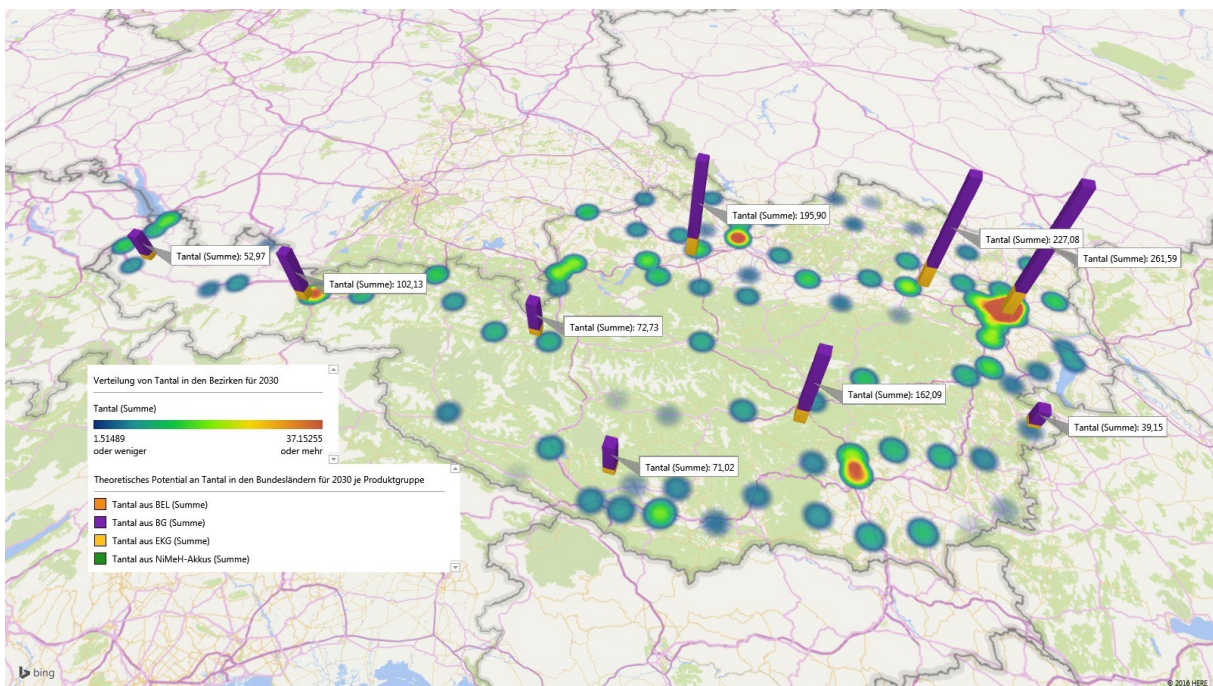


Abbildung 29: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Tantal [kg]

Auf der Sekundärrohstofflandkarte für Wolfram (Abbildung 30) ergibt sich ein ähnliches Bild wie für Tantal. Dies ist vor allem den Produkten der Elektronikkleingeräte anzulasten, da diese hohe Absatzmengenpotentiale für die beiden Rohstoffe aufweisen.

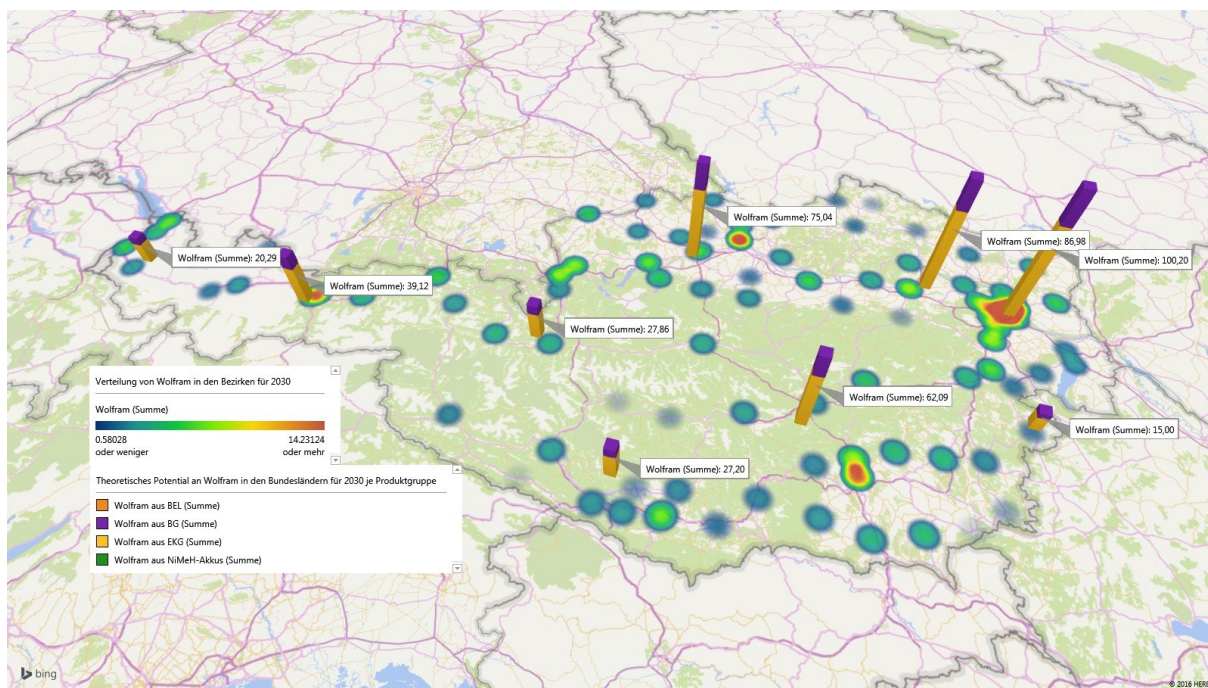


Abbildung 30: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Wolfram [kg]

Das Ergebnis für Cer, welches hauptsächlich von den EKG her stammt, wird durch Abbildung 31 veranschaulicht.

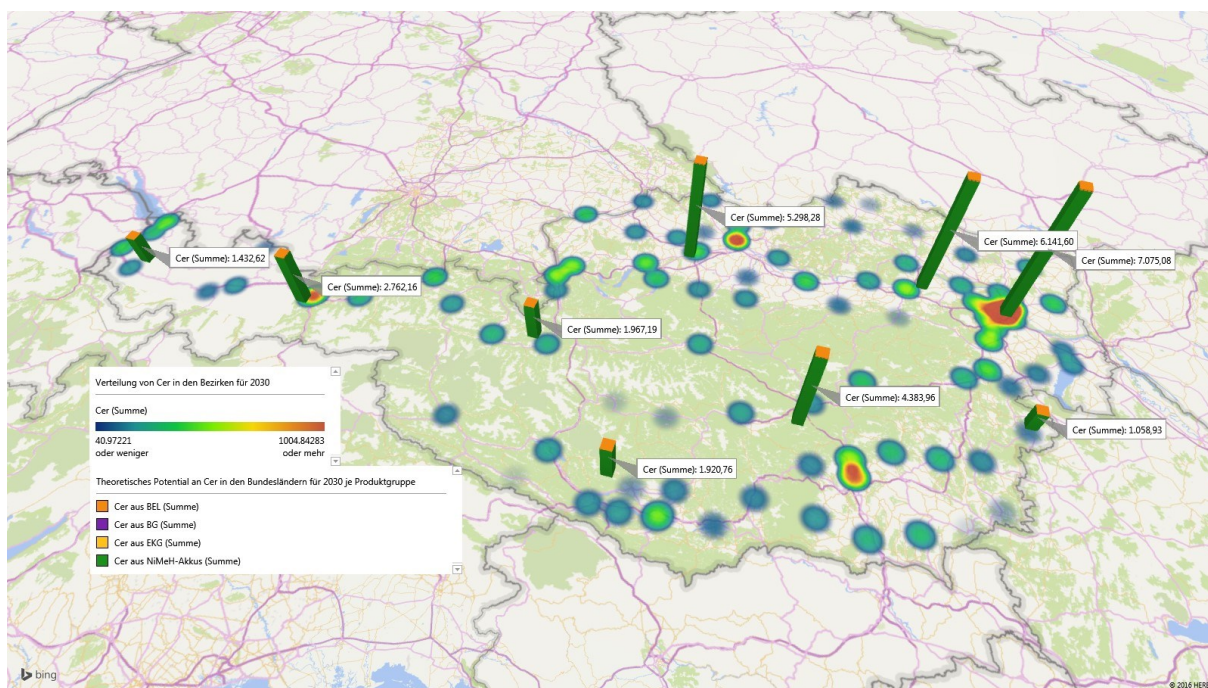


Abbildung 31: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Cer [kg]

Abbildung 32 zeigt das Potential an Sekundärrohstoffen für Neodym im Jahr 2030.

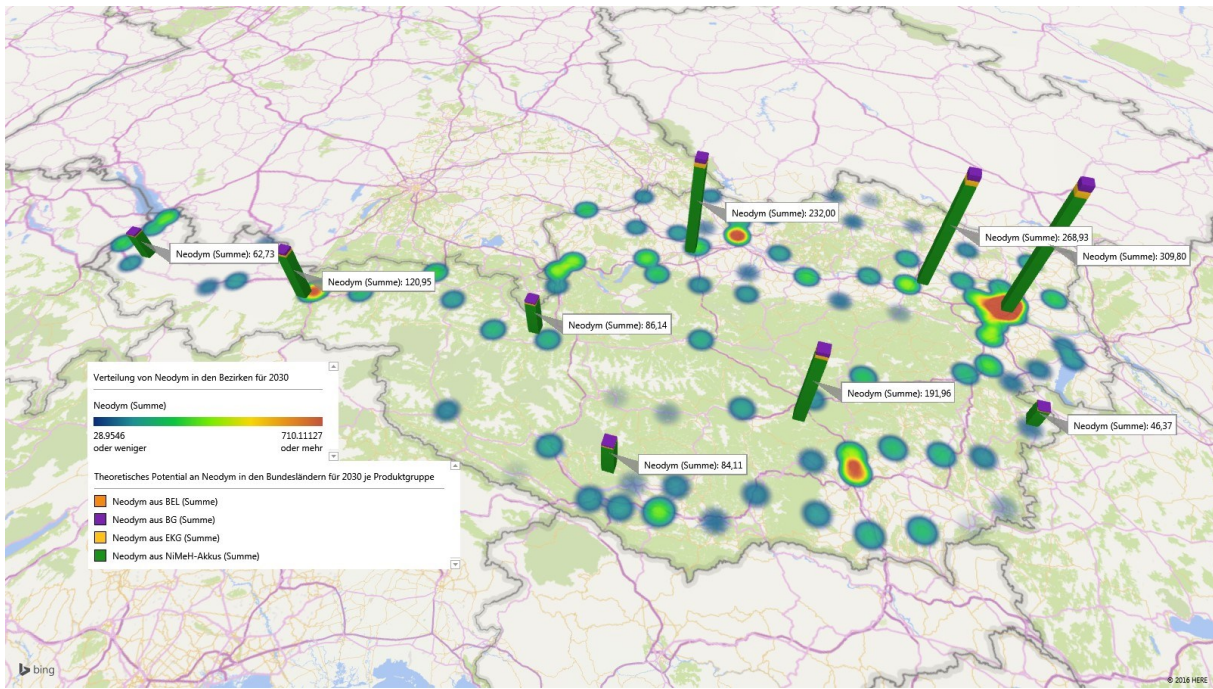


Abbildung 32: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Neodym [kg]

Mit Abbildung 33 wird das Potential für Yttrium aufgezeigt.

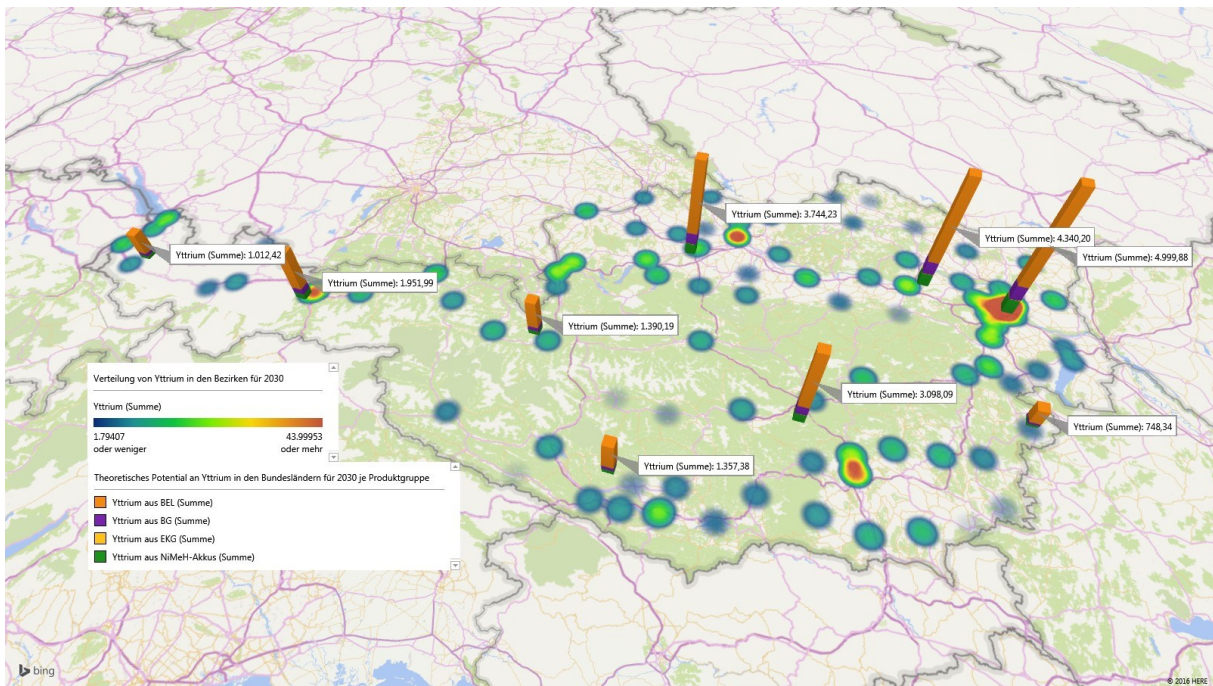


Abbildung 33: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Yttrium [kg]

Für Platin zeigt sich die Zusammensetzung bzw. Verteilung der Mengen in Abbildung 34.

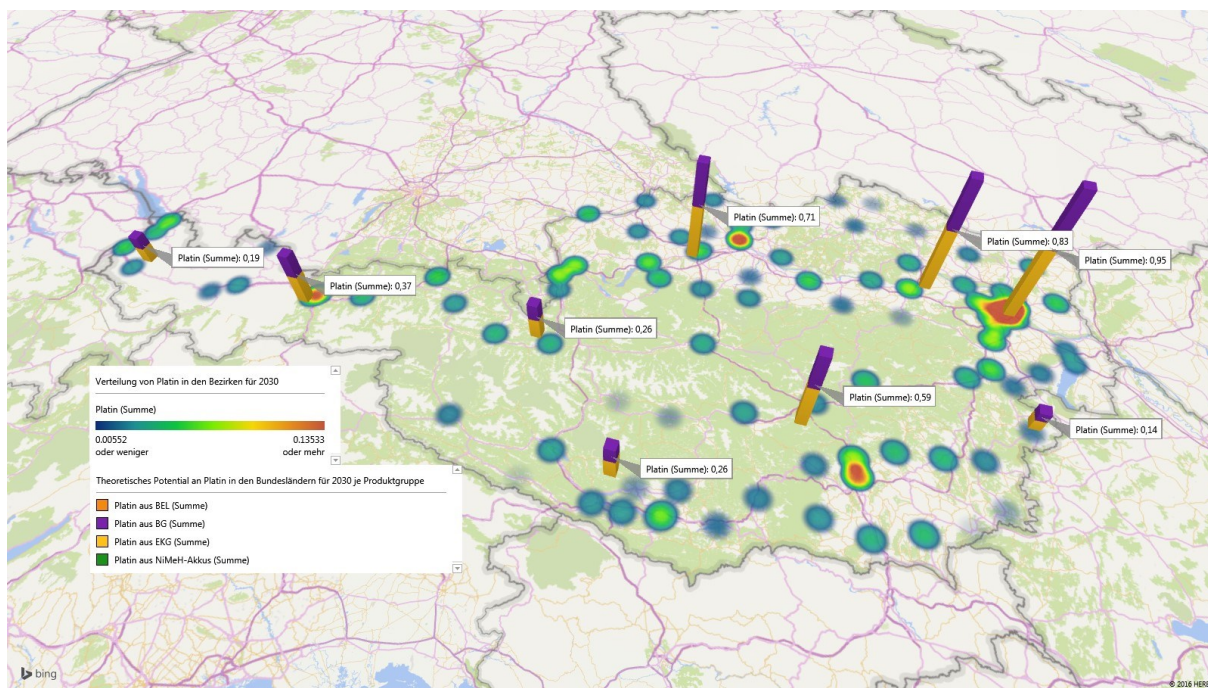


Abbildung 34: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Platin [kg]

In Abbildung 35 wird die Potentialverteilung von Palladium veranschaulicht.

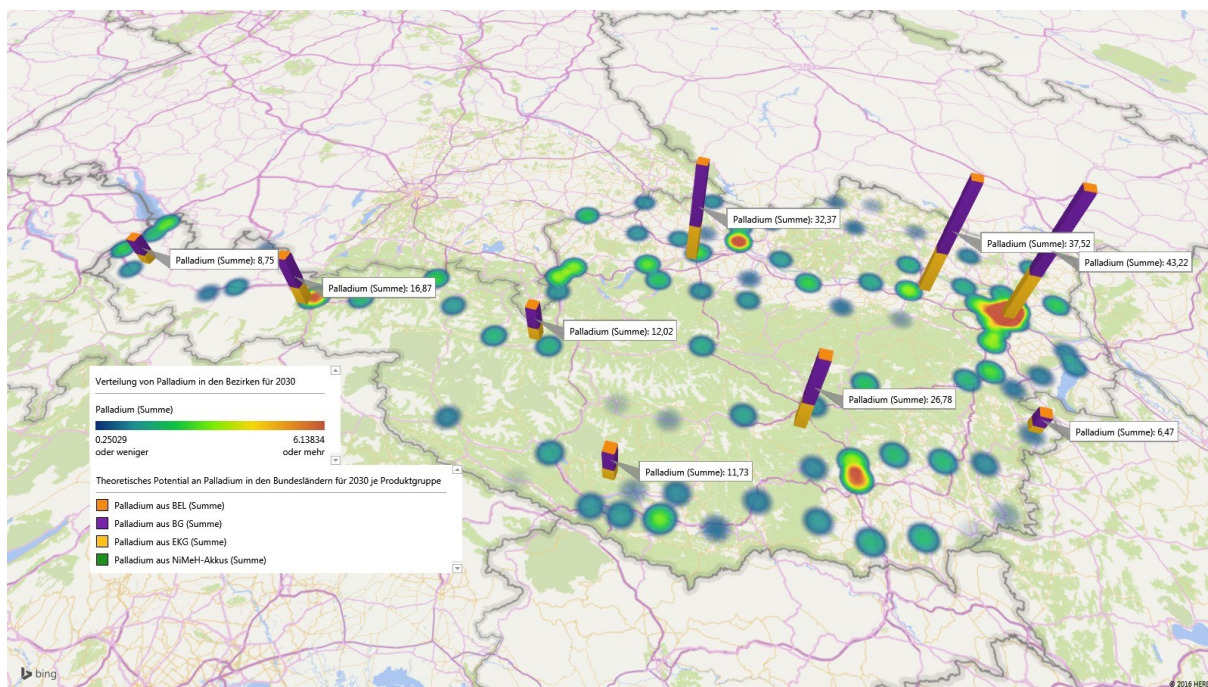


Abbildung 35: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Palladium [kg]

Mit der grafischen Darstellung der Sekundärrohstoffpotentiale auf einer Österreichkarte für 2030 sind sämtliche Aufgabenstellungen der Diplomarbeit abgeschlossen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Diplomarbeit war es, auf Basis von bereits veröffentlichten Forschungsarbeiten, Untersuchungen und Berichten herauszufinden, welches Potential an Sekundärrohstoffen in Österreich besteht. Dadurch sollte eine Aussage über das weitere Forschungs- und Entwicklungspotential hinsichtlich Recycling zur Rückgewinnung der Rohstoffe ableitbar sein. Dies wurde für eine Reihe von Elementen und Grundstoffen, die laut einer Rohstoffinitiative der Europäischen Union aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit und der technologischen Bedeutung als kritische Rohstoffe eingestuft sind, durchgeführt. Als Ausgangspunkt dafür wurden Absatzzahlen von bestimmten Produkten und Produktgruppen, in denen diese kritischen Rohstoffe vorkommen und im Wesentlichen bekannt sind, herangezogen. Das Endergebnis ist eine Sekundärrohstofflandkarte für das Jahr 2030.

Zu diesem Zweck wurden in einem ersten Schritt die zu betrachtenden kritischen Rohstoffe insofern eingeschränkt, als die Wertstoffe Gold, Silber, Indium, Gallium, Wolfram, Tantal, Cer, Neodym, Yttrium, Platin und Palladium als relevant festgelegt wurden. Darauf aufbauend wurden die für Österreich häufig verwendeten (Hochtechnologie-) Produkte, welche diese kritischen Rohstoffe beinhalten, festgelegt. Es wurde beschlossen, dass für das Endergebnis dieser Arbeit, der Sekundärrohstofflandkarte 2030, die Produktgruppen Elektro- und Elektronikkleingeräte (Handy, Smartphone, PC, Drucker, DVD-Player, Digitalkamera und Camcorder), Bildschirmgeräte (LCD-TV, Plasma-TV, CRT-TV, Tablet und Notebook), Gasentladungslampen und LEDs sowie diverse Produkte, wie Gerätebatterien (NiMeH-Akkus) und Wendeschneidplatten, untersucht werden. In einem weiteren Schritt wurde die aktuelle Situation bezüglich des Recycling dieser Produktgruppen in Österreich genauer untersucht. In Österreich existieren bereits Verordnungen für Elektroaltgeräte und Batterien auf Basis der EU-Richtlinien 2002/96/EC und 2006/66/EC. Jetzt gilt es sicherzustellen, dass die Bevölkerung sich an der Umsetzung durch umfassende Information noch aktiver beteiligt als zum gegenwärtigen Zeitpunkt. Für die diversen Produkte gibt es bezüglich der Wendeschneidplatten bereits Kreislaufführungen. Für die letztendliche Erstellung der Rohstofflandkarte 2030 wurden mit Hilfe von Online- und Literaturrecherchen zuerst die qualitative Verwendung der kritischen Rohstoffe eruiert und in weiterer Folge die genaue quantitative Identifikation dieser in den erwähnten Produkten festgestellt. Auf Basis von Absatzzahlen der letzten vier bis sechs Jahre bzw. vorliegenden Annahmen wurde eine Entwicklung der in Verkehr gesetzten Erzeugnisse kalkuliert, um die Absatzmengen von 2015 bis 2030 zu prognostizieren. Zuletzt wurde noch eine ungefähre Lebensdauer der Produkte recherchiert.

Basierend auf diesen gewonnenen Daten wurde aus der Kombination von Zahlen des Absatzwachstums und der Lebensdauer ein zur Verfügung stehendes Mengenpotential der einzelnen Produkte errechnet. Im Zusammenhang mit den quantitativen Mengeninhalten der kritischen Rohstoffe in den Erzeugnissen wurde eine potentiell zur Verfügung stehende Sekundärrohstoffmenge für 2030 prognostiziert. Dabei gilt festzuhalten, dass das größte prognostizierte Rohstoffpotential mit 32.041 kg bei Cer gefolgt von 22.643 kg bei Neodym stammt. Bei Cer kommen 99% von den NiMeH-Akkus und auch bei Neodym sind es immerhin

noch über 90% von diesen. Bereits weit dahinter folgt Silber mit 2.473 kg, wobei die Rohstofflieferanten hier die Smartphones und DVD-Player, sowie die LCD und Notebooks sind. Als nächstes folgen Yttrium mit 1.403 kg und Tantal mit 1.185 kg, wobei Tantal ohne Wendeschneidplatten berechnet wurde, da diese bereits im Kreislauf geführt werden. Yttrium stammt hierbei vor allem aus den Beleuchtungsmitteln und dabei vorwiegend aus den Leuchtstoffröhren, wo hingegen Tantal zur Gänze aus den Bildschirmgeräten und Elektrokleingeräten stammt. Danach folgen Gold mit 696 kg und Wolfram mit 454 kg, beide hauptsächlich aus den Bildschirmgeräten und Elektronikkleingeräten. Das Mengenpotential von 271 kg für Indium kommt größtenteils aus der Anwendung in LCD-TVs, wohingegen die 196 kg Palladium aus Bildschirm- und Elektronikkleingeräten stammen. Lediglich 16 kg können von Gallium als Sekundärrohstoff wiedergewonnen werden, wobei beinahe 50% aus Smartphones resultieren. Das geringste Potential weist Platin mit 4 kg auf, welches zu gleichen Teilen aus Elektronikklein- und Bildschirmgeräten stammt. Mit Hilfe der kalkulierten und für die Zukunft prognostizierten Bevölkerungszahlen in den Bundesländern und deren Bezirken erfolgte die Erstellung der Sekundärrohstofflandkarte 2030 für die betrachteten kritischen Rohstoffe in Österreich, wobei die ermittelten Mengenpotentiale auf die Bevölkerung gleichverteilt wurden.

Dieses theoretisch zur Verfügung stehende Potential sollte in Zukunft stärker genutzt werden um die Rohstoffversorgung zu sichern. Dabei ist eine Verbesserung des Rohstofflebenskreises von der Verwendung in den Produkten über die Abfallwirtschaft und der Rückgewinnung bis hin zur neuerlichen Verwendung notwendig. Diesbezüglich muss neben den einzelnen Schritten besonderes Augenmerk auf den gesamten Kreislauf gelegt werden. Dazu können neben einer verbesserten Information der Konsumenten Kooperationen zwischen den Produzenten, Entsorgungs- und Aufbereitungsunternehmen sowie Forschungseinrichtungen beitragen. Die aktuellen Rahmenbedingungen, wie Marktpreise, Rückgewinnungsverfahren und Qualitäten der Rohstoffe, lassen die Nutzung bzw. Verwertung von bestimmten sekundären Rohstoffe noch nicht interessant erscheinen. [17, S. 11.] Es sollten dennoch bereits entsprechende Maßnahmen seitens Forschung und Entwicklung (vor allem in Hinblick auf Recyclingverfahren) getroffen werden, um auf sich ändernde Bedingungen rascher reagieren zu können.

Folgende Empfehlungen konnten im Zuge der Erarbeitung dieser Abschlussarbeit als Ausblick ermittelt werden:

- **Design for Recycling**

Bereits bei der Entwicklung von neuen Produkten sollten sich Gedanken darüber gemacht werden, welche Rohstoffe in welcher Menge verwendet werden und auf welche Weise diese zurückgewonnen werden können. So wäre es erstrebenswert, wenn gewisse Komponenten oder gar einzelne Rohstoffe auf einfachste Art wieder aus der Produktverwendung zurückgewonnen werden. Hier spielt der Begriff der „End of Life Lösung“ eine wichtige Rolle.

- **Stärkere Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette**

Eine verstärkte Kommunikation und Kooperation entlang der gesamten Wertschöpfungskette könnte dazu führen, dass bewusst darauf geachtet wird, welche Rohstoffe in welcher Qualität in den Produkten benötigt bzw. verwendet werden. Auf Basis dieses Wissens könnten Überlegungen hinsichtlich der späteren Sammlung, der Arten der Rückgewinnung und der Qualität des Sekundärrohstoffes angestellt werden. Dadurch ist es weiter möglich sich zu überlegen, ob und in welchen Produkten die zurückgewonnenen Rohstoffe verwendet werden können bzw. was bezüglich einer Wieder- und Weiterverwendung getan werden muss.

- **Pfandsystem**

Von einem Pfandmodell soll sowohl der Konsument als auch der Erzeuger des Produktes profitieren. Der Endkunde sollte bei der Rückgabe des Erzeugnisses beim Hersteller damit entlohnt werden, dass er einen Teil des Kaufpreises monetär oder in Form eines Gutscheines zurück erhält. Gleiches soll dem Produzenten widerfahren, wenn aus dessen Produkten die Rohstoffe leichter bzw. in größerer Menge zurückzugewinnen sind. Dann erhält dieser ebenfalls eine Art „Wertstoffpfand“ in monetärer Form oder als Gutschrift auf den nächsten Rohstoffkauf zurück. Dadurch könnte unabhängig von der Lebensdauer ein Verhältnis von 1:1 bei in Verkehr gesetzten und gesammelten Mengen entstehen und der „illegale“ Export würde verringert werden. Diese illegalen Abfallexporte wurden im Jahr 2012 durch ein Gutachten bestätigt. Im Rahmen dieses Gutachtens wurden 5.500 kg untersucht. Diese enthielten nicht weniger als 318,4 kg Elektro- und Elektronikkleingeräte und 150,7 kg Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte und stellten lediglich nur einen Teil der konfiszierten Mengen dar. [12, S. 3.]

- **Sortenreinere Sammlung durch gezielte Information**

Ziel sollte es sein, bereits ab dem Kindergartenalter eine gezielte Information zur sortenreineren Trennung und Sammlung von Produkten zu lehren und diese umgesetzt vorzuleben. Auf diese Weise würde eine bessere Verwertbarkeit der Fraktionen entstehen wie dies teilweise bereits bei Massenrohstoffen (Papier, Kunststoff, Metall etc.) gemacht wird.

- **Forderung und Förderung von Entwicklungen**

Entwicklungen von technologischen Fortschritten, welche die Gewinnung von Sekundärrohstoffen erhöhen oder ermöglichen sollten gefordert und in entsprechender Weise auch finanziell gefördert werden. Ziel sollte es sein, dass die Entwicklungen zur Aufbereitung und dem Recycling parallel mit jenen der Produktion stattfinden.

Aus den Daten der Sekundärrohstofflandkarten für 2030 können folgende Schlüsse gezogen werden: Da im Osten von Österreich mit den Bundesländern Wien, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark sehr viele Einwohner der Bundesrepublik wohnen, fällt dort auch dementsprechend viel Abfall an. Dies wird durch die höheren Balken auf den Landkarten deutlich ersichtlich. Daher sollte angedacht werden, im geographischen Mittelpunkt dieser Regionen Aufbereitungsanlagen bezüglich der betrachteten kritischen Wertstoffe zur Sekundärrohstoffgewinnung zu errichten. Auch wäre es überlegenswert, sich mit anderen europäischen Staaten zusammenzuschließen und zentrale Anlagen zu errichten. Dadurch würde sich eine bessere Wirtschaftlichkeit und wünschenswerte Nachhaltigkeit ergeben.

8 Verzeichnisse

8.1 Literatur

- [1] Angerer, G.; Erdmann, L.; Marscheider-Weidemann, F.; Scharp, M.; Lüllmann, A.; Handke, V.; Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien – Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag. ISBN: 978-3-8167-7957-5.
- [2] Blaser, F.; Castelanelli, S.; Wäger, P.; Widmer, R. (2012): Seltene Metalle in Elektro- und Elektronikgeräten – Vorkommen und Rückgewinnungstechnologien. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [3] Buchert, M.; Manhart, A., Bleher, D.; Pingel, D. (2012a): Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten – LANUV-Fachbericht 38. Recklinghausen: LANUV NRW. ISSN 1864-3930 LANUV-Fachberichte.
- [4] Buchert, M.; Manhart, A.; Bleher, D.; Pingel, D. (2012b): Recycling critical raw materials from waste electronic equipment. Commissioned by the North Rhine-Westphalia State Agency for Nature, Environment and Consumer Protection, Darmstadt.
- [5] Deutsche Energie-Agentur GmbH (2013): Analyse der Energieeffizienz- und Marktentwicklung von „Allgemeiner Beleuchtung“. Berlin, Deutschland.
- [6] DFG-Klassen und Nutzungsdauer-Tabelle (2014). Online im WWW unter der URL: <https://www.physik.lmu.de/fakultaet/organisation/geschaeftsstelle/merkmale/dfg-tabelle.pdf>, Stand: 16.8.2015.
- [7] EAG KSA GmbH (2008): Tätigkeitsbericht 2008.
- [8] EAG KSA GmbH (2009): Tätigkeitsbericht 2009.
- [9] EAG KSA GmbH (2010): Tätigkeitsbericht 2010.
- [10] EAG KSA GmbH (2011): Tätigkeitsbericht 2011.
- [11] EAG KSA GmbH (2012a): Tätigkeitsbericht 2012.
- [12] EAG KSA GmbH (2012b): Newsletter. Online im WWW unter der URL: https://www.kommunalnet.at/fileadmin/Partner/EAK/EAK_Newsletter_Dezember_2012.pdf. Stand 22.4.2015.
- [13] EAG KSA GmbH (2013): Tätigkeitsbericht 2013.
- [14] EAG KSA GmbH (2014): Tätigkeitsbericht 2014.

- [15] European Commission (2010): Critical raw material for the EU – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Brüssel.
- [16] EWI (2013): Rare Earth Material – Important Industrial Applications and Uses. Online im WWW unter der URL: <http://ewi.org/eto/wp-content/uploads/2013/01/>. Stand 10.1.2015.
- [17] Faulstich, M. (2013): Elektroschrottrecycling in Zeiten teurer Rohstoffe – eine wirtschaftspolitische Sicht. Berlin: Technische Universität Clausthal.
- [18] FFG (2015): Definition: Kritische Rohstoffe und potenziell kritische Rohstoffe mit Bezug zu Österreich.
- [19] Fortis Bank Nederland/VM Group (2010): Silver Book June 2010.
- [20] Führes, R. (2013): Kameramarkt: Qualitative hochwertige Produkte führen zu verlängerter Kameranutzung. Online im WWW unter der URL: <http://www.photoindustrie-verband.de/artikel/Qualitativ-hochwertige-Produkte-fuehren-zu-verlaengerter-Kameranutzung>. Stand 10.1.2015.
- [21] gfu, BVT, GfK (2005): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2005 bis Dezember 2005.
- [22] gfu, BVT, GfK (2006): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2006 bis Dezember 2006.
- [23] gfu, BVT, GfK (2007): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2007 bis Dezember 2007.
- [24] gfu, BVT, GfK (2008): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2008 bis Dezember 2008.
- [25] gfu, BVT, GfK (2009): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2009 bis Dezember 2009.
- [26] gfu, BVT, GfK (2010): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2010 bis Dezember 2010.
- [27] gfu, BVT, GfK (2011): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2011 bis Dezember 2011.
- [28] gfu, BVT, GfK (2012): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2012 bis Dezember 2012.
- [29] gfu, BVT, GfK (2013): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2013 bis Dezember 2013.

- [30] gfu, BVT, GfK (2014): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) – Januar 2013 bis Dezember 2014.
- [31] Giehser, E. (2014): Elektrokleingeräte. Online im WWW unter der URL: <http://www.elektro-ade.at/elektrogeraete-verwerten/elektrokleingeraete>. Stand 12.10.2014.
- [32] Graedel, T. E.; Allwood, J.; Birat, J.-B.; Buchert, M.; Hagelüken, C.; Reck, B. K.; Sibley, S. F.; Sonnemann, G. (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. ISBN 978-92-807-3161-3.
- [33] Gröger, J.; Schleicher, J.; Liu, R. (2013): PROSA Leuchten für die Anwendung in Büros und verwandten Einsatzbereichen – Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen. Freiburg: Öko-Institut e.V.
- [34] Hagelüken, C. (2012): Recycling the Platinum Group Metals: A European Perspective – Effective recycling systems for pgm-containing materials will ensure sustainable supply. In Platinum Metals Rev., Vol. 56 (1), S. 29-35.
- [35] Handke, V. (1995): Die Umweltrelevanz von mülltonnengängigen Elektroaltgeräten. Berlin: Technische Universität Berlin – Institut für technischen Umweltschutz – Fachgebiet Abfallwirtschaft.
- [36] Hanika, A. (2010): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2010-2030 mit Ausblick bis 2050 („ÖROK-Prognosen“) – Teil 1: Endbericht zur Bevölkerungsprognose. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz Geschäftsstelle beim Bundeskanzleramt.
- [37] Hoffmann, F. (2014): Edelmetalle: Gold. Online im WWW unter der URL: <http://www.goldseiten.de/wissen/info-gold.php>. Stand 12.10.2014.
- [38] Kaske, F. (2015): Elektroaltgeräte und Altbatterien entsorgen. Online im WWW unter URL: http://www.arbeiterkammer.at/interessenvertretung/umweltundverkehr/umwelt/abfall/Elektroaltgeraete_und_Altbatterien_entsorgen.html. Stand 5.1.2015.
- [39] Lenz, B. (2014): Die Akku Lebensdauer. Online im WWW unter der URL: <http://www.akkue-abc.de/akkue-lebensdauer.php>. Stand 22.4.2015.
- [40] Luidold, S.; Janisch, A.; Moser, P.; Treimer, R.; Flachberger, H.; Streicher, C.; Angerer, T.; Antrekowitsch, H.; Kaindl, M.; Poscher, A.; Stuhlpfarrer, P.; Lampert, M.; Pomberger, R.; Prommegger, M.; Sarc, R.; Hermann, R.; Gattringer, C.; Laner, D.; Rechberger, H.; Schlosser, G.; Mostbauer, B.; Salhofer, S. (2013): Kritische Rohstoffe für die

- Hochtechnologieanwendung in Österreich. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- [41] Müller, W. (2014): Sandvik – Coromant: E-Mail vom 6.10.2014.
- [42] Poscher, A.; Luidold, S.; Antrekowitsch, H. (2012): Konzepte zur Gewinnung von Seltenen Erden aus Leuchtstoffen. In: DepoTech 2012, S. 373-378.
- [43] Prakash, S.; Dehoust, G.; Gsell, M.; Schleicher, T. (2015): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“ - Zwischenbericht: Analyse der Entwicklung der Lebens-, Nutzungs- und Verweildauer von ausgewählten Produktgruppen. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau. FKZ: 3713 32 315.
- [44] Rebmann, T.; Rebmann, A. (2014a): Leuchtstofflampen – ein umfangreiches Sortiment an Lichtlösungen nicht nur für den gewerblichen Betrieb. Online im WWW unter der URL: <http://www.lampenwelt.at/Leuchtmittel/Leuchtstofflampen>. Stand 12.10.2014.
- [45] Rebmann, T.; Rebmann, A. (2014b): Beleuchtung nach 130 Jahren Glühbirne: die LED-Lampe. Online im WWW unter der URL: <http://www.lampenwelt.at/Leuchtmittel/LED-Lampen>. Stand 12.10.2014.
- [46] Rechberger, H.; Schlosser, G.; Gattringer, C.; Laner, D. (2013): Kritische Rohstoffe für die Hochtechnologieanwendung in Österreich – Gesamtwirtschaftliche Stoffflussanalysen ausgewählter kritischer Rohstoffe. Wien: Technische Universität Wien.
- [47] Sander, K.; Schilling, S.; Marscheider-Weidemann, F.; Wilts, H.; von Gries, N.; Hobohm, J. (2012): Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten. Ökopool GmbH. Forschungskennzahl (UFOPLAN) FKZ 3711 95 318.
- [48] Sander, K.; Schilling, S.; Wagner, J.; Günther, M. (2013): Maßnahmen zur Optimierung der Entsorgung von quecksilberhaltigen Gasentladungslampen und anderen Lampenarten. ÖKOPOL GmbH und Institut für Ökologie und Politik, Hamburg.
- [49] Schnabel, P. (2014): Elektronik-Kompendium: Nickel-Metallhydrid-Akku (NiMH). Online im WWW unter der URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/1101251.htm>. Stand 12.10.2014.
- [50] Seilnacht, T. (2014a): Cer. Online im WWW unter der URL: <http://www.seilnacht.com/Lexikon/58Cer.html>. Stand 12.10.2014.
- [51] Seilnacht, T. (2014b): Yttrium. Online im WWW unter der URL: <http://www.seilnacht.com/Lexikon/39Yttri.html>. Stand 12.10.2014.

- [52] Seilnacht, T. (2014c): Neodym. Online im WWW unter der URL: <http://www.seilnacht.com/Lexikon/60Neodym.html>. Stand 12.10.2014.
- [53] Seilnacht, T. (2014d): Wolfram. Online im WWW unter der URL: <http://www.seilnacht.com/Lexikon/74Wolfr.html>. Stand 12.10.2014.
- [54] SGRSB (20013): Sie und GRS Batterien: Der Erfolg einer starken Partnerschaft – Erfolgskontrolle 2012 gemäß §15 (1) Batteriegesetz. Hamburg.
- [55] Statistik Austria (2014): Bevölkerung zum Jahresanfang 1952 bis 2075. Online im WWW unter der URL: <http://statcube.at/superwebguest/autoLoad.do?db=debevjahresanf>. Stand 15.12.2014.
- [56] Statistisches Bundesamt (2015): Bevölkerungsstand. Online im WWW unter der URL: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen_/lrbev03.html. Stand 28.4.2015.
- [57] Stiftung Elektro-Altgeräte Register (2015): Inputmengen Gasentladungslampen. Online im WWW unter der URL: <https://www.stiftung-ear.de/service/kennzahlen/inputmengen-je-geraeteara/>, Stand 22.1.2015.
- [58] Teehan, D. (2013): Life cycle assessment studies of tablet PCs. Institute for Resources, Environment and Sustainability, University of British Columbia, Dallas.
- [59] Thomé-Kozmiensky, K. J. ; Goldmann, D. (2013): Recycling und Rohstoffe Band 6, Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky. ISBN 978-3-935317-97-9.
- [60] TIC (2014): Tantalum – Raw materials and Processing. Online im WWW unter der URL: <http://tanb.org/tantalum>. Stand. 12.10.2014.
- [61] UHF (2014): Bildschirmgeräte. Online im WWW unter der URL: http://www.ufh.at/index.php?i_ca_id=43. Stand 12.10.2014.
- [62] USGS (2014): Mineral Commodity Summaries 2014. Reston: Virginia. ISBN: 978-1-4113-3765-7.
- [63] Witzmann, B. (2015): Hintergrundinformationen – Rohstoffschatz Handy, Laptop & Co. Online im WWW unter der URL: <http://www.handy-clever-entsorgen.de/hintergrundinformation/index.htm>. Stand 22.4.2015.
- [64] Zembacher, T. (2014): Elektroaltgeräte: Freude mit den Sammelquoten, Ärger mit Sammelbrigaden und Versendern. In Elektrojournal. Online im WWW unter der URL: <http://www.elektrojournal.at/elektrojournal/elektroaltgeraete-freude-mit-den-sammelquoten-aerger-mit-sammelbrigaden-und-versendern-62413>, Stand 22.4.2015.

8.2 Abkürzungsverzeichnis

z.B.	zum Beispiel
usw.	und so weiter
u.a.	unter anderem
WSP	Wendeschneidplatten
ca.	circa
PSE	Periodensystem der Elemente
d.h.	das heißt
GFK	Glasfaserverbundwerkstoff
EKG	Elektro- und Elektronikkleingeräte
EAG	Elektro- und Elektronikaltgeräte
VO	Verordnung
EU	Europäische Union
BGBI	Bundesgesetzblatt
kg	Kilogramm
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
COM	Conference of Metallurgists
bmvit	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
bzgl.	bezüglich
USGS	United States Geological Survey
et al.	et alii
TIC	Tantalum-Niobium International Study Center
EAG KSA GmbH	Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH
gfu GfK	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik
BVT	Bundesverband Technik des Einzelhandels e.V.
SGRSB	Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien
GB	Gerätebatterien
BSG	Bildschirmgeräte
g	Gramm
Stk.	Stück
LSR	Leuchtstoffröhre
u.	und
ESL	Energiesparlampe
v.l.n.r.	von links nach rechts
max.	Maximale
AUT	Österreich

8.3 Tabellen

Tabelle 1: Anwendungen von Gold.....	12
Tabelle 2: Anwendungen von Silber	13
Tabelle 3: Anwendungen von Tantal	14
Tabelle 4: Anwendungen von Indium.....	15
Tabelle 5: Anwendungen von Gallium	16
Tabelle 6: Anwendungen von seltenen Erden	18
Tabelle 7: Anwendungen von Platin (Pt) und Palladium (Pd).....	19
Tabelle 8: Anwendungen von Wolfram	20
Tabelle 9: Bauteil–Rohstoff-Matrix.....	22
Tabelle 10: Produkt-Bauteil-Matrix	22
Tabelle 11: Kritische Rohstoffe in Bildschirmgeräten	36
Tabelle 12: Kritische Rohstoffe in Elektro- und Elektronikkleingeräte	37
Tabelle 13: Kritische Rohstoffe in Gasentladungslampen & LED.....	37
Tabelle 14: Kritische Rohstoffe in sonstigen Produkten	38
Tabelle 15: Gesamtübersicht beinhalteneter kritischer Rohstoffe in den Produkten.....	39
Tabelle 16: Gewichtstabelle für ausgewählte Produkte in g	40
Tabelle 17: Erläuterung der Werte von Sander et al. (2012).....	41
Tabelle 18: Gold in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	42
Tabelle 19: Silber in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)	43
Tabelle 20: Indium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	44
Tabelle 21: Gallium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)	45
Tabelle 22: Tantal in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	46
Tabelle 23: Wolfram in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)	47
Tabelle 24: Cer in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	48
Tabelle 25: Neodym in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)	49
Tabelle 26: Yttrium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung)	50
Tabelle 27: Platin in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	51
Tabelle 28: Palladium in den ausgewählten Produkten (mengenmäßige Darstellung).....	52
Tabelle 29: Umrechnung Deutschland auf Österreich	53
Tabelle 30: Beispiel zur prognostizierten Absatzmengenberechnung für LCD-TVs	54

Tabelle 31: Absatzentwicklung für Bildschirmgeräte in Stück ab 2005.....	55
Tabelle 32: Absatzentwicklung für EKG in Stück ab 2008	56
Tabelle 33: Absatzentwicklung für LED; LSR und ESL in Stück ab 2008.....	58
Tabelle 34: Absatzentwicklung für sonstige ausgewählte Produkte ab 2008	60
Tabelle 35: Gesamtübersicht mengenmäßig beinhalteter kritischer Rohstoffe pro Produkt ..	62
Tabelle 36: Lebensdauer der betrachteten Produkte	64
Tabelle 37: Prognose des Bevölkerungsstandes Burgenland für 2030	74
Tabelle 38: Absatzmengen 2005 - 2014 und Entwicklungsprognose 2015 - 2030 für AUT	I
Tabelle 39: Prognose der Bezirksbevölkerungen im Jahr 2030	II

8.4 Abbildungen

Abbildung 1: Globale End-of-Life Recyclingraten von 60 Metallen.....	6
Abbildung 2: Versorgungsrisiko und wirtschaftliche Bedeutung ausgewählter Rohstoffen	10
Abbildung 3: Entwicklung der Absatzzahlen für Bildschirmgeräte	56
Abbildung 4: Entwicklung der Absatzzahlen für EKG.....	57
Abbildung 5: Entwicklung Absatzzahlen nach Beleuchtungstechnologie	58
Abbildung 6: Absatzzahlen für Beleuchtungskörper.....	59
Abbildung 7: Zusammensetzung von Gerätebatterien im Jahr 2012.....	59
Abbildung 8: Absatzzahlen ausgewählter sonstiger Produkte.....	60
Abbildung 9: Kreislaufsystem für Wendeschneidplatten	61
Abbildung 10: Prognostizierte Mengenpotentiale in Stk. pro Jahr für 2030	65
Abbildung 11: Stoffflussdiagramm für das theoretische Goldpotential 2030.....	66
Abbildung 12: Stoffflussdiagramm für das theoretische Silberpotential 2030	66
Abbildung 13: Stoffflussdiagramm für das theoretische Indiumpotential 2030	67
Abbildung 14: Stoffflussdiagramm für das theoretische Galliumpotential 2030	67
Abbildung 15: Stoffflussdiagramm für das theoretische Tantalpotential 2030	68
Abbildung 16: Stoffflussdiagramm für das theoretische Wolframpotential 2030	68
Abbildung 17: Stoffflussdiagramm für das theoretische Cerpotential 2030	69
Abbildung 18: Stoffflussdiagramm für das theoretische Neodympotential 2030	69
Abbildung 19: Stoffflussdiagramm für das theoretische Yttriumpotential 2030.....	70
Abbildung 20: Stoffflussdiagramm für das theoretische Platinpotential 2030	70
Abbildung 21: Stoffflussdiagramm für das theoretische Palladiumpotential 2030	71
Abbildung 22: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für Au, Ag, Ta u. W (v.l.n.r.)...72	
Abbildung 23: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für Ce, Nd u. Y (v.l.n.r.)	72
Abbildung 24: Vergleich max. Sammelquote und 50% davon für In, Ga, Pt u. Pd (v.l.n.r.)....73	
Abbildung 25: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Gold [kg]	75
Abbildung 26: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Silber [kg]	76
Abbildung 27: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Indium [kg].....	76
Abbildung 28: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Gallium [kg]	77
Abbildung 29: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Tantal [kg].....	77
Abbildung 30: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Wolfram [kg]	78

Abbildung 31: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Cer [kg].....	78
Abbildung 32: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Neodym [kg]	79
Abbildung 33: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Yttrium [kg]	79
Abbildung 34: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Platin [kg].....	80
Abbildung 35: Sekundärrohstofflandkarte 2030 für Palladium [kg].....	80

Anhang

Tabelle 38: Absatzmengen 2005 - 2014 und Entwicklungsprognose 2015 - 2030 für AUT

Produkt	Einheit	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bildschirmgeräte														
LCD-TV	Stück	122.864	257.712	391.190	597.857	769.593	843.623	920.426	942.577	797.395	838.924	894.378	920.532	937.179
Plasma-TV	Stück	29.846	45.125	53.193	74.568	76.624	82.953	67.250	40.828	18.627	10.491	7.951	5.669	3.692
CRT-TV	Stück	403.910	273.756	144.568	64.740	15.284	3.473	2.270	433	217	217	102	52	29
Notebook	Stück	193.499	228.631	303.240	449.127	644.164	725.017	742.659	593.927	524.585	570.263	603.924	601.803	586.748
Tablet	Stück	0	0	0	0	0	44.541	149.512	347.397	580.570	696.883	711.518	726.460	741.715
Elektrokleingeräte														
Handy	Stück	1.989.704	2.079.744	2.417.860	2.108.253	1.686.319	1.494.473	1.128.220	719.542	450.601	315.239	231.418	167.349	116.468
Smartphone	Stück	0	0	0	136.876	300.277	786.823	1.516.700	1.919.195	2.341.326	2.531.145	2.733.637	2.952.328	3.188.514
PC	Stück	164.747	145.402	141.747	136.775	155.997	161.512	150.554	131.357	132.899	166.799	158.626	158.388	158.150
DVD-Player	Stück	423.309	364.306	313.214	279.628	297.322	294.624	293.081	290.281	265.694	249.044	244.563	236.850	228.494
Drucker	Stück	249.907	221.612	183.153	150.452	109.229	94.905	92.793	78.313	69.380	69.237	61.165	55.638	50.989
Digitalkamera	Stück	739.175	787.174	861.363	944.251	833.480	841.784	860.162	734.891	582.872	420.878	370.658	326.306	280.212
Camcorder	Stück	83.568	82.227	72.536	72.744	86.812	82.748	74.235	67.245	69.380	69.237	68.998	66.495	64.200
Gasentladungslampen und LED														
LED	Stück	75.959	79.757	83.600	0	122.451	222.407	308.425	628.566	1.417.490	1.488.364	1.562.782	1.640.921	1.690.149
LSR	Stück	4.891.767	5.136.356	5.383.867	6.661.554	6.481.495	6.986.824	7.010.319	7.080.985	7.254.542	7.181.997	7.110.177	7.039.075	6.968.684
ESL	Stück	800.000	1.000.000	2.000.000	3.000.000	2.918.911	3.146.484	3.157.065	3.188.889	3.267.050	3.234.379	3.202.035	3.170.015	3.138.315
Sonstige Produkte														
NiMeH-Akku	kg	18.725	22.470	31.458	56.625	196.325	218.529	216.833	223.031	233.493	245.198	247.650	250.126	252.628
WSP	Stück	8.534.904	8.705.602	8.879.714	9.057.308	9.238.454	9.423.223	9.611.688	9.803.922	10.000.000	10.200.000	10.404.000	10.612.080	10.824.322
Produkt	Einheit	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bildschirmgeräte														
LCD-TV	Stück	942.732	945.467	972.938	997.474	1.015.832	1.032.693	1.049.578	1.068.562	1.090.595	1.111.549	1.131.793	1.152.369	1.173.623
Plasma-TV	Stück	2.307	1.448	951	639	420	272	176	115	75	49	32	21	14
CRT-TV	Stück	15	9	6	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Notebook	Stück	567.244	564.178	571.600	572.077	567.006	561.474	557.425	555.823	554.459	551.657	548.327	545.276	542.623
Tablet	Stück	757.291	773.194	789.431	806.009	822.936	840.217	857.862	875.877	894.270	913.050	932.224	951.801	971.789
Elektrokleingeräte														
Handy	Stück	79.913	55.475	39.139	27.652	19.409	13.555	9.472	6.639	4.660	3.269	2.290	1.604	1.124
Smartphone	Stück	3.443.595	3.581.339	3.724.592	3.873.576	4.028.519	4.189.660	4.273.453	4.358.922	4.446.100	4.535.022	4.625.723	4.671.980	4.718.700
PC	Stück	157.913	157.676	155.942	154.226	153.506	152.709	151.822	150.831	149.720	148.707	147.807	146.878	145.928
DVD-Player	Stück	219.288	209.330	201.195	194.174	186.852	179.613	172.551	165.794	159.475	153.416	147.509	141.810	136.333
Drucker	Stück	46.207	42.353	39.037	35.485	32.407	29.616	27.052	24.744	22.624	20.657	18.876	17.250	15.764
Digitalkamera	Stück	233.012	192.877	160.768	136.990	116.077	97.717	81.987	68.890	58.029	48.966	41.251	34.717	29.218
Camcorder	Stück	62.716	62.008	60.864	59.575	58.137	56.852	55.712	54.624	53.482	52.341	51.224	50.155	49.118
Gasentladungslampen und LED														
LED	Stück	1.740.853	1.793.079	1.846.871	1.902.278	1.959.346	2.018.126	2.078.670	2.141.030	2.205.261	2.271.419	2.339.561	2.409.748	2.482.041
LSR	Stück	6.898.998	6.830.008	6.761.707	6.694.090	6.627.150	6.560.878	6.495.269	6.430.317	6.366.013	6.302.353	6.239.330	6.176.936	6.115.167
ESL	Stück	3.106.932	3.075.862	3.045.104	3.014.653	2.984.506	2.954.661	2.925.115	2.895.863	2.866.905	2.838.236	2.809.853	2.781.755	2.753.937
Sonstige Produkte														
NiMeH-Akku	kg	255.154	257.706	260.283	262.885	265.514	268.169	270.851	273.560	276.295	279.058	281.849	284.667	287.514
WSP	Stück	11.040.808	11.261.624	11.486.857	11.716.594	11.950.926	12.189.944	12.433.743	12.682.418	12.936.066	13.194.788	13.458.683	13.727.857	14.002.414

Tabelle 39: Prognose der Bezirksbevölkerungen im Jahr 2030

Bezirk in Österreich	ÖROK (2010) für 2030	%-Verteilung im Bundesland	Statistik Austria Prognose 2030	Prognose 2030 für Bezirke
Eisenstadt (Stadt) inkl. Rust	17.230	5,63%		17.111
Eisenstadt-Umgebung	46.323	15,14%		46.003
Güssing	26.438	8,64%		26.256
Jennersdorf	17.473	5,71%		17.352
Mattersburg	43.279	14,14%		42.980
Neusiedl am See	61.591	20,13%		61.166
Oberpullendorf	38.007	12,42%		37.745
Oberwart	55.635	18,18%		55.251
Burgenland	305.976	100,00%	303.864	303.864
Klagenfurt Stadt	98.353	17,51%		96.534
Villach Stadt	63.025	11,22%		61.859
Hermagor	17.858	3,18%		17.528
Klagenfurt Land	63.288	11,27%		62.118
Sankt Veit an der Glan	54.478	9,70%		53.471
Spittal an der Drau	74.578	13,28%		73.199
Villach Land	65.865	11,73%		64.647
Völkermarkt	41.503	7,39%		40.735
Wolfsberg	51.457	9,16%		50.505
Feldkirchen	31.147	5,55%		30.571
Kärnten	561.552	100,00%	551.167	551.167
Krems an der Donau (Stadt)	25.653	1,43%		25.208
Sankt Pölten (Stadt)	57.627	3,21%		56.628
Waidhofen a. d. Ybbs (Stadt)	11.964	0,67%		11.757
Wiener Neustadt (Stadt)	47.806	2,67%		46.978
Amstetten	119.153	6,64%		117.088
Baden	164.102	9,15%		161.258
Bruck an der Leitha	50.653	2,82%		49.775
Gänserndorf	112.943	6,30%		110.986
Gmünd	35.866	2,00%		35.244
Hollabrunn	53.756	3,00%		52.824
Horn	31.098	1,73%		30.559
Korneuburg	90.244	5,03%		88.680
Krems(Land)	58.880	3,28%		57.860
Lilienfeld	26.989	1,50%		26.521
Melk	79.721	4,45%		78.340
Mistelbach	82.610	4,61%		81.178
Mödling	132.057	7,36%		129.769
Neunkirchen	90.019	5,02%		88.459
Sankt Pölten (Land)	106.205	5,92%		104.365
Scheibbs	42.127	2,35%		41.397
Tulln	82.413	4,60%		80.985
Waidhofen an der Thaya	26.175	1,46%		25.721
Wiener Neustadt (Land)	83.996	4,68%		82.540
Wien-Umgebung	140.076	7,81%		137.649
Zwettl	41.294	2,30%		40.578
Niederösterreich	1.793.427	100,00%	1.762.349	1.762.349

Bezirk in Österreich	ÖROK (2010) für 2030	%-Verteilung im Bundesland	Statistik Austria Prognose 2030	Prognose 2030 für Bezirke
Linz (Stadt)	207.308	13,81%		209.999
Steyr (Stadt)	37.826	2,52%		38.317
Wels (Stadt)	64.806	4,32%		65.647
Braunau am Inn	104.442	6,96%		105.798
Eferding	33.822	2,25%		34.261
Freistadt	66.900	4,46%		67.768
Gmunden	102.985	6,86%		104.322
Grieskirchen	65.112	4,34%		65.957
Kirchdorf an der Krems	57.736	3,85%		58.485
Linz-Land	159.218	10,61%		161.285
Perg	68.715	4,58%		69.607
Ried im Innkreis	59.885	3,99%		60.662
Rohrbach	56.682	3,78%		57.418
Schärding	56.860	3,79%		57.598
Steyr-Land	61.666	4,11%		62.466
Urfahr-Umgebung	86.827	5,79%		87.954
Vöcklabruck	134.632	8,97%		136.379
Wels-Land	75.454	5,03%		76.433
Oberösterreich	1.500.876	100,00%	1.520.356	1.520.356
Salzburg (Stadt)	157.514	28,20%		159.194
Hallein	61.881	11,08%		62.541
Salzburg-Umgebung	152.834	27,36%		154.464
Sankt Johann im Pongau	81.511	14,59%		82.380
Tamsweg	20.081	3,60%		20.295
Zell am See	84.714	15,17%		85.617
Salzburg	558.535	100,00%	564.491	564.491
Graz (Stadt)	286.788	22,92%		288.342
Deutschlandsberg	61.663	4,93%		61.997
Graz-Umgebung	168.049	13,43%		168.960
Leibnitz	82.711	6,61%		83.159
Leoben	57.760	4,62%		58.073
Liezen	77.965	6,23%		78.388
Murau	26.478	2,12%		26.622
Voitsberg	52.244	4,18%		52.527
Weiz	90.196	7,21%		90.685
Murtal	69.702	5,57%		70.080
Bruck-Mürzzuschlag	96.730	7,73%		97.254
Hartberg-Fürstenfeld	90.213	7,21%		90.702
Südoststeiermark	90.708	7,25%		91.200
Steiermark	1.251.207	100,00%	1.257.989	1.257.989

Bezirk in Österreich	ÖROK (2010) für 2030	%-Verteilung im Bundesland	Statistik Austria Prognose 2030	Prognose 2030 für Bezirke
Innsbruck-Stadt	128.784	16,96%		134.387
Imst	61.747	8,13%		64.434
Innsbruck-Land	184.831	24,33%		192.873
Kitzbühel	64.734	8,52%		67.551
Kufstein	109.787	14,45%		114.564
Landeck	42.855	5,64%		44.720
Lienz	48.283	6,36%		50.384
Reutte	32.804	4,32%		34.231
Schwaz	85.738	11,29%		89.468
Tirol	759.563	100,00%	792.611	792.611
Bludenz	62.910	15,66%		64.398
Bregenz	136.293	33,94%		139.516
Dornbirn	91.805	22,86%		93.976
Feldkirch	110.589	27,54%		113.204
Vorarlberg	401.597	100,00%	411.094	411.094
1. Innere Stadt	18.209	0,96%		19.439
2. Leopoldstadt	106.340	5,59%		113.525
3. Landstraße	88.732	4,67%		94.727
4. Wieden	34.062	1,79%		36.363
5. Margareten	56.785	2,99%		60.622
6. Mariahilf	32.478	1,71%		34.672
7. Neubau	32.624	1,72%		34.828
8. Josefstadt	24.455	1,29%		26.107
9. Alsergrund	40.414	2,13%		43.145
10. Favoriten	196.574	10,34%		209.856
11. Simmering	103.801	5,46%		110.814
12. Meidling	100.925	5,31%		107.744
13. Hietzing	55.703	2,93%		59.467
14. Penzing	93.857	4,94%		100.199
15. Rudolfshiem-Fünfhaus	74.590	3,92%		79.630
16. Ottakring	105.449	5,54%		112.574
17. Hernals	57.806	3,04%		61.712
18. Währing	52.552	2,76%		56.103
19. Döbling	73.794	3,88%		78.780
20. Brigittenau	89.587	4,71%		95.640
21. Floridsdorf	163.725	8,61%		174.787
22. Donaustadt	190.402	10,01%		203.267
23. Liesing	108.859	5,72%		116.214
Wien	1.901.723	100,00%	2.030.214	2.030.214