

Gernot Schittl

# **Recycling kritischer Metalle**

in Technologien zur Energieumwandlung

Reihe Realwissenschaften

# Inhalt

1. Kurzfassung/Abstract.....	3
2. Einleitung.....	5
2.1 Problemstellung, Aufgabenstellung.....	7
2.2 Ziele.....	8
2.3 Literaturlauswertung.....	8
2.4 Methoden und Vorgangsweise.....	9
3. Ergebnisse.....	11
3.1 Kritische Rohstoffe.....	11
3.1.1 Definition kritischer Rohstoffe.....	11
3.1.2 Auswahl der kritischen Rohstoffe.....	15
3.1.3 Ressourcenknappheit.....	16
3.1.4 Charakterisierung.....	17
3.2 Technologien zur Energiewandlung.....	28
3.2.1 Photovoltaik.....	29
3.2.2 Windkraft.....	35
3.2.3 Brennstoffzellen.....	38
3.3 Mengenabschätzung.....	43
3.3.1 Photovoltaik.....	43
3.3.2 Windkraft.....	46
3.3.3 Anmerkungen.....	48
3.4 Recycling.....	49
3.4.1 Nachhaltige Rohstoffnutzung.....	49
3.4.2 Recycling in der EU.....	50
3.4.3 Herausforderungen.....	51
3.4.4 Metallkreislauf.....	53
3.4.5 Arten von Recycling.....	54
3.4.6 Einflussfaktoren.....	54
3.4.7 Bestehendes Recycling von kritischen Rohstoffen.....	58

3.5	Recyclingtechnologien.....	63
3.5.1	Dünnschicht-Photovoltaik.....	63
3.5.2	Permanentmagnete.....	71
3.5.3	PEM-Brennstoffzellen.....	74
3.6	Sammel- und Rücknahmesysteme.....	78
3.6.1	Photovoltaik.....	78
3.6.2	Windkraftanlagen.....	80
3.6.3	Brennstoffzellen.....	83
4.	Schlussfolgerungen.....	85
5.	Zusammenfassung.....	90
6.	Literaturverzeichnis.....	92
7.	Abbildungsverzeichnis.....	98
8.	Tabellenverzeichnis.....	99