

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ressourcenkritikalität: Stand der Forschung.....	2
1.2 Methodik: Herleitung der Forschungsfrage .....	4
1.3 Der Begriff der Funktionen im ressourcenstrategischen Blickwinkel .....	5
1.4 Aussagegehalt von Kritikalitätsbewertungen.....	7
1.5 Stärken und Herausforderungen bisheriger Kritikalitätsbewertungen .....	29
1.5.1 Methodische Stärken.....	29
1.5.2 Allgemeine Herausforderungen.....	29
1.5.2.1 Kritikalität von Rohstoffen .....	29
1.5.2.2 Analyse von Teilproblemen .....	32
1.5.2.3 Aggregation .....	32
1.5.2.4 Gewichtung .....	33
1.5.2.5 Produktrelevanz .....	33
1.5.2.6 Fokussierung auf angebotsspezifische Einflussfaktoren .....	35
1.5.2.7 Geopolitische Bewertung.....	35
1.5.2.8 Fehlende Standardisierung, fehlende Definition .....	38
1.5.2.9 Handlungsrelevanz.....	38
1.5.2.10 Weitgehende Nichtbeachtung der Wertschöpfungskette .....	39
1.5.2.11 Vernachlässigung qualitativer Kriterien.....	39
1.5.3 Weitere Herausforderungen .....	39
1.6 Zwischenfazit.....	40
1.6.1 Definition von Kritikalität .....	40
1.6.2 Kritikalität der Funktionen .....	41
<b>2 Phosphor aus ressourcenstrategischer Perspektive</b> .....	<b>42</b>
2.1 Relevanz und Nutzung von Phosphor.....	42

---

2.1.1	Entstehung der Phosphatlagerstätten .....	42
2.1.2	Phosphorkreislauf und biologische Bedeutung .....	43
2.1.3	Düngemittelverbrauch .....	45
2.2	Verarbeitung von Phosphaten .....	46
2.2.1	Bergbau und Aufbereitung zu marktfähigem Konzentrat.....	46
2.2.2	Phosphatverarbeitung .....	49
2.2.2.1	Dünger, Futter und Industriephosphate .....	52
2.2.2.2	Phosphogypsum.....	53
2.2.2.3	Stoff- und Energietransformationen: Ressourcenspezifische Abhängigkeiten am Beispiel von Schwefel.....	55
2.2.3	Reserven und Ressourcen .....	60
2.2.3.1	Peak Phosphor.....	60
2.2.3.2	Reserven.....	61
2.3	Standortspezifische Analyse.....	66
2.3.1	Phosphatminen: Status quo, Entwicklung, Besonderheiten .....	66
2.3.2	Ressourcengeographische Kartierung weltweiter Phosphatminen	75
2.3.3	Kartographische Interpretation .....	86
2.3.4	Minenspezifische Produktion von PR-M im Vergleich.....	87
2.3.5	USGS- und IFA-Daten im Vergleich .....	91
2.3.6	Aussagekraft der erhobenen Daten.....	96
2.4	Koppelproduktion bei der Phosphatverarbeitung: Eine Potentialanalyse...	98
2.4.1	Fluor.....	98
2.4.2	Uran .....	100
2.4.3	Cadmium.....	104
2.4.4	Seltene Erden .....	106
2.5	Recycling.....	111
2.5.1	TetraPhos .....	113
2.5.2	EcoPhos.....	114
2.5.3	RecoPhos .....	115
2.5.4	IHP.....	116

---

2.5.5	Gesetzliche und soziale Hindernisse der Phosphor- Rückgewinnung.....	117
2.6	Phosphor und industrielle Phosphate .....	119
2.6.1	Gereinigte Phosphorsäure.....	120
2.6.2	Phosphorsäurereinigung .....	124
2.6.2.1	Reinheit.....	125
2.6.2.2	Futterphosphate .....	127
2.6.3	Elementarer Phosphor .....	129
2.6.3.1	Derivate.....	132
2.6.3.2	Anwendungsspektrum .....	134
2.6.4	Ausgewählte Beispiele industrieller Phosphate .....	137
2.6.4.1	Lithium-Eisen-Phosphat.....	138
2.6.4.2	Glyphosat .....	145
2.6.4.3	Chemisch Nickel.....	148
<b>3</b>	<b>Kritikalitätsbewertung spezifischer Wirk- und Funktionsformen von Phosphor - Schlussbetrachtungen.....</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>159</b>
	<b>Anhang A - Kritikalität .....</b>	<b>189</b>
	<b>Anhang B - Phosphor .....</b>	<b>199</b>