

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Extended Abstract	IV
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen der Elektrolyse	3
2.1 Elektrochemische Prozesse	5
2.2 Ablaufende Mechanismen in einer Elektrolyse	8
2.3 Kinetik elektrochemischer Reaktionen	11
3 Silber	14
3.1 Einsatz von Silber und Silberlegierungen	14
3.2 Silbergewinnung	19
3.3 Stand der Technik der Silberraffinationselektrolyse	20
4 Elektrochemisches Verhalten von Kupfer und Palladium im Zuge der Raffinationselektrolyse von Silber	25
4.1 Die Bedeutung von Kupfer während der elektrolytischen Raffination von Silber	25
4.2 Die Bedeutung von Palladium in der Raffinationselektrolyse	31
4.3 Anodische Auflösungsreaktionen von Kupfer und übertragbare Mechanismen aus der Kupferraffinationselektrolyse	39
5 Forschungsbedarf und Ableitung der Zielsetzung dieser Arbeit	48
6 Elektrochemische Messungen	50
6.1 Theoretische Grundlagen elektrochemischer Messungen	50
6.2 Versuchsaufbau zu Stromdichte-Potential-Kurven (LSV) und Cyclovoltammetrie (CV)	54
6.3 Linear Sweep Messungen im nicht prozesstechnisch relevanten Stromdichtebereich	56
7 Elektrolysegroßversuche	62
7.1 Anodengießen und Anodenvorbereitung	65
7.2 Versuchsdurchführung	66
7.3 Versuchsparameter der durchgeführten Versuche	68
8 Charakterisierung der Edukte und Produkte der Großversuche	72
8.1 Struktur der eingesetzten Standardanoden	72
8.2 Gefügestruktur desoxidierter sowie palladiumreicher Anoden	76

8.3	Charakterisierung des erzeugten Anodenschlamm	81
8.4	Einfluss der untersuchten Elektrolyseparameter auf den Anodenschlamm	84
9	Einfluss der Anode auf die kathodische Mitabscheidung von Kupfer und Palladium	89
9.1	Einfluss der Anoden-Desoxidation auf den Elektrolyseprozess	89
9.2	Untersuchungen zum Einfluss der Palladiumkonzentration in der Anodenlegierung auf den Elektrolyseprozess	91
10	Abhängigkeit der Kupfer- und Palladiummitabscheidung an der Kathode von den Elektrolytparametern	96
10.1	Einfluss des Säuregehalts und der anodischen Stromdichte auf das erzeugte Feinsilber	96
10.2	Einfluss der Elektrolytzusammensetzung	100
10.2.1	Kupfermitabscheidung	100
10.2.2	Palladiummitabscheidung	103
11	Gesamtfazit	106
12	Prozessverbesserungspotential und weiterer Forschungsbedarf	110
13	Literatur	XVI
14	Abkürzungsverzeichnis	XXII
15	Anhang	XXIII
15.1	Elektrochemische Spannungsreihe	XXIII
15.2	Hydratisierung von Metallionen	XXIV
15.3	Die Elektrolytische Doppelschicht	XXIV
15.4	Entfernung von Palladium aus Altelektrolyt	XXVII
15.5	Weiterführende Informationen zum Versuchsaufbau und Durchführung der Versuche	XXVIII
15.5.1	Elektrochemische Messungen	XXVIII
15.6	LSV und CV Messungen im prozessrelevanten Stromdichtebereich	XXX
15.7	Ergänzende Informationen zu den Großversuchen	XXXIII
15.7.1	Zusammenbau der Elektrolyseanlage	XXXIV
15.8	Ergebnisse der orientierenden Versuche und generelle Versuchsbeobachtungen	XXXV
15.9	Ergebnisse des XRD-Analysen des erzeugten Anodenschlammes	XXXIX
15.9.1	Chemisches Lösungsverhalten während Ruhephasen der Anlage	XXXIX
15.10	Ergänzende ESMA Untersuchungen	XL

15.11	Ergänzende Untersuchungen zum Einfluss der Elektrolyseparameter auf den Anodenschlamm	XLII
15.12	Ergänzungen zum Einsatz von statistischer Versuchsplanung	XLIV
15.13	Vergleich der Kathodensilberproben in den unterschiedlichen Zellen zur Darstellung der Abweichung der Analytik aufgrund ungleichmäßiger Kathodenoberfläche	XLVII
15.14	Weitere Ergänzungen zur Auswertung	LI