

# Inhalt

Verzeichnis der Abkürzungen .....	XIII
1 Das Atom .....	1
1.1 Die Elemente .....	1
1.2 Die Elektronenhülle .....	6
1.3 Chemische Begriffe und Definitionen .....	21
2 Die Chemische Bindung .....	25
2.1 Allgemeines .....	25
2.2 Die Atombindung .....	26
2.3 Die Ionenbindung .....	34
2.4 Die Metallbindung .....	37
2.5 Van-der-Waals-Kräfte und Wasserstoffbrücken .....	37
2.6 Die Struktur des Wassers .....	43
3 Das Lösungsvermögen des Wassers .....	55
3.1 Allgemeines .....	55
3.2 Lösungsvorgänge .....	56
3.3 Zur Thermodynamik chemischer Reaktionen .....	59
3.4 Berechnung der Löslichkeit von $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .....	68
3.5 Die Protolyse .....	72
3.6 pH- und pK-Werte .....	75
3.7 Die Neutralisation .....	88
3.8 Puffersysteme .....	89
3.9 Löslichkeit von Gasen .....	92
3.9.1 Kohlendioxid .....	92
3.9.2 Gasförmige Alkalisierungsmittel .....	95
3.10 Löslichkeit organischer Säuren, Basen und Gruppierungen .....	100
3.11 Cyclische Kohlenwasserstoffe und ihre Wasserlöslichkeit .....	102
3.12 Kationensäuren und Redoxeinflüsse .....	106
4 Betriebsparameter und ihre Messung .....	117
4.1 Elektrische Leitfähigkeit .....	117
4.2 Der pH-Wert .....	126
4.3 Der Einfluß des Redoxpotentials auf die Schutzschichtbildung .....	138
4.4 Konzentrationsmessungen mit ionenselektiven Elektroden .....	151
4.5 Chemische Analyse der Inhaltsstoffe (Laborvorschriften) .....	152
4.6 Elektrochemische Depolarisation .....	154
5 Die Korrosion .....	159
5.1 Allgemeine Hinweise .....	159

5.2	Die Metallkorrosion im Wasser .....	161
5.3	Passivität .....	170
5.4	Einfluß kleiner Ammoniakmengen – Phasenwechselbetrachtungen ....	179
6	Der Wasser-Dampf-Kreislauf von konventionellen Anlagen (WDK) ..	191
6.1	Beschreibung des Wasser-Dampf-Kreislaufes .....	191
6.2	Richtlinien und Betriebsweise .....	193
6.2.1	VdTÜV-Richtlinien .....	194
6.2.1.1	Erläuterungen zu den Richtlinien VdTÜV-Merkblatt 1453, Ausg. 4.83	196
6.2.1.1.1	Wasserchemische Fahrweisen von Dampfkesselanlagen .....	196
6.2.1.1.2	Allgemeine Bemerkungen .....	197
6.2.2	VGB-Richtlinien* .....	200
6.3	Bedeutung der Richtlinien .....	206
6.3.1	Ablagerung von Korrosionsprodukten auf Wärmeübertragungsflächen	206
6.3.2	Dampfreinheit .....	207
6.3.3	Erosion und Erosionskorrosion .....	209
6.3.4	Spaltkorrosion .....	215
6.3.5	Spannungsrißkorrosion .....	217
6.3.6	Schwingungsrißkorrosion .....	218
6.3.7	Überlegungen zum Mechanismus der Rißbildung .....	222
6.3.8	Lochfraß .....	224
6.4	Diskussion ausgewählter Fahrweisen .....	229
6.4.1	Neutrale Fahrweise (NF) .....	229
6.4.2	Kombi-Fahrweise (KF) .....	241
6.4.3	Phosphat-Konditionierung bei Umlaufkesseln .....	244
7	Der Druckwasserreaktor (DWR) .....	249
7.1	Chemie beim Primärkreislauf .....	254
7.1.1	Metallabgaben und pH-Einstellung .....	256
7.1.2	Selektive Korrosionsformen .....	262
7.1.3	Korrosionsprodukt-Transport und -Ablagerung .....	263
7.1.4	Wasserradiolyse .....	270
7.1.5	Chem. Maßnahmen bei der Inbetriebsetzung .....	275
7.2	Reaktorhilfsanlagen .....	277
7.2.1	Kühlmittelreinigung TC .....	277
7.2.2	Brennelementbecken-Reinigung TG .....	286
7.2.3	Abwasseraufbereitung TR .....	286
7.3	Der Wasser-Dampf-Kreislauf (WDK) beim DWR .....	289
7.3.1	Wasserchemische Grundlagen .....	289
7.3.2	Diskussion von Dampferzeuger-Fragen .....	301
7.3.2.1	KWU-Ausführung .....	301
7.3.2.2	Westinghouse-Ausführung .....	311
7.3.2.3	Das Babcock und Wilcox-Konzept .....	321

7.3.3	Komponenten des Sekundärkreislaufes .....	331
7.4	Der Natrium-gekühlte Reaktor .....	331
7.5	Der Schwerwasser-moderierte Reaktor .....	332
8	Der Siedewasserreaktor (SWR) .....	337
8.1	Chemie beim Wasser-Dampf-Kreislauf (WDK), Die Systeme .....	337
8.1.1	Allgemeines .....	337
8.1.2	Reaktorwasserreinigung bei Siedewasserreaktoren .....	345
8.1.3	Speisewasser-Konditionierung .....	363
8.2	Die Kondensatreinigung .....	364
8.2.1	Die Anschwemmfiltration .....	366
8.2.2	Das Kondensat-Mischbettfilter .....	377
8.3	Wasserspezifikationen – Maßnahmen zur Senkung der Korrosionsabgaberraten .....	381
8.4	Überwachungs-Programm für den Siedewasser-Reaktor (AKZ-System, Typ KKB) .....	392
8.4.1	Wasserchemische analytische Überwachung .....	392
8.4.2	Radiochemische Überwachung des Wasser-Dampf-Kreislaufes .....	402
8.4.3	Chemische analytische Überwachung von Gasen .....	406
8.5	Reaktionen der radikalischen Primärprodukte mit $H_2$ und $H_2O_2$ .....	408
8.5.1	Zersetzung des Wassers in Gegenwart von Sauerstoff .....	411
8.5.2	Die pH-Abhängigkeit der Radiolyseprodukte des Wassers .....	412
9	Die Voll- und Teilentsalzung – Eigenschaften von Ionenaustauschern ..	415
9.1	Verfahren .....	415
9.1.1	Vollentsalzung .....	419
9.1.2	Vollentsalzung als Gegenstromverfahren und als kontinuierliches Verfahren .....	420
9.1.2.1	Gegenstromverfahren .....	420
9.1.2.2	Kontinuierliches Verfahren .....	422
9.1.3	Entsalzung (ohne Mischbett) .....	423
9.1.4	Enthärten .....	423
9.1.5	Entbasen .....	423
9.1.6	Entcarbonisieren .....	425
9.1.7	Entfernen organischer Verunreinigungen .....	425
9.1.8	Titrationenkurven von Ionenaustauschern .....	425
9.1.9	Maßnahmen gegen Eiseneinflüsse aus dem Rohwasser .....	427
9.2	Zur Theorie des Ionenaustausches .....	428
9.2.1	Gleichgewichts-Betrachtungen .....	428
9.3	Die Regeneration von Ionenaustauschern .....	432
9.3.1	Das Ziel der Regeneriermethoden und die ökonomische Arbeitsweise der Ionenaustauscher .....	432
9.3.2	Die wichtigsten Regeneriermethoden und Chemikalien .....	432
9.3.2.1	Sparregenerierung .....	433

9.3.2.2	Rückführung der Regenerierchemikalien .....	434
9.3.2.3	Rückgewinnung der Regenerierchemikalien .....	435
9.4	Verhalten und Beständigkeit von Ionenaustauschern .....	436
9.4.1	Quellung – Schrumpfung – Körnung – Zersetzung .....	436
9.4.2	Thermischer Abbau – Elastizität – Wechseldruckbeanspruchung – Reinigung – Mechanische Belastung – Sauerstoffeinfluß .....	439
9.4.3	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -Einfluß bei Pulverharze – Zersetzung – Verhalten gegenüber radioaktiver Strahlung .....	441
9.4.4	Zusammenfassung ( <i>F. Martinola</i> ) .....	446
9.5	Hinweise zur Auslegung und allgemeine Wasseranalytik .....	447
10	Das Kühlwasser .....	453
10.1	Die Durchflußkühlung .....	453
10.1.1	Verfahrenstechnologie für FeSO <sub>4</sub> .....	460
10.2	Die Umlaufkühlung mit offenem Kreislauf (Verdunstungskühlung) ....	462
10.2.1	Die Chemie bei der Umlaufkühlung mit offenem Kreislauf .....	465
10.2.2	Das Kreislaufkühlwasser .....	472
10.3	Die Umlaufkühlung bei geschlossenem Kreislauf .....	477
10.3.1	Die Trockenkühlung (Luftkondensation) .....	477
10.3.2	Interne Kühlkreisläufe .....	478
10.3.3	Zusammenstellung der Kühlwassersysteme eines Druckwasserreaktors	481
10.3.4	Die Generatorkühlung .....	481
10.4	Die Werkstoffe für Kondensatoren und Wärmeüberträger .....	483
11	Der Störfall von Harrisburg in einfacher Darstellung .....	487