
Rolf Stiefel

Abwasserrecycling: Technologien und Prozesswassermanagement

Das Konzept Prozesswasserautarkie

Inhaltsverzeichnis

1	Die Wasserwende in der Prozesswassernutzung	1
1.1	Wasser im Kreislauf	1
1.2	Ziele der Prozesswasserautarkie	3
1.3	Der anthropogene Wasserkreislauf	4
2	Prozesswassermanagement	7
2.1	Aufgaben des Prozesswassermanagements	7
2.1.1	Interaktionen von Abwasserinhaltsstoffen	8
2.1.2	Abwasserpass für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zur Datenerhebung des Istzustandes	10
2.2	Betriebsaudit – Prozesswasser	15
2.3	Prozesswasserversorgung des Betriebes	18
2.3.1	Wasserbezug der einzelnen Produktionseinheiten	19
2.3.2	Mehrfachnutzung der Prozesswässer in den einzelnen Produktionseinheiten	21
2.3.3	Recycling von Prozesswässern	21
2.3.4	Abwasserbelastung	23
2.3.5	Abfallanfall bei der Abwasserbehandlung	24
2.3.6	Möglichkeiten der Reduzierung der Frischwassermengen	25
2.3.7	Möglichkeiten der Wertstoffrückgewinnung	29
2.3.8	Verwertung der Abwasserenergie	30
2.4	Sicherheit der Wasserversorgung	31
2.5	Sichere Abwasserentsorgung	31
2.6	Ergebnisse Betriebsaudit	32
2.7	Betriebliche Wasserbilanz (BWB)	34
3	Innerbetriebliche Maßnahmen zur Steigerung der Prozesswassereffizienz	37
3.1	Optimierung der Wassernutzung	37
3.2	Mehrfachnutzung von Prozesswasser	39
3.3	Effiziente Nutzung von Prozesswässern	40
3.4	Die Substitution von Wasser	41
3.5	Pilotverfahren zur Abwasseraufbereitung	42

4	Abwasserrecyclingverfahren	45
4.1	Verfahrensauswahl	45
4.2	Absetz- und Sedimentationsverfahren	46
4.3	Adsorptionsverfahren	50
4.4	Adsorberharze	53
4.5	Biologische Abwasserbehandlung	54
4.5.1	Aerobe Abwasserbehandlung	54
4.5.2	Anaerobe Abwasserreinigung	56
4.6	Elektrolyse	65
4.6.1	Elektrolytische Verfahren	65
4.7	Extraktion – Extraktionsverfahren	68
4.8	Flotation	70
4.9	Fällung und Fällungsverfahren	71
4.10	Flockung und Verfahren der Flockung	73
4.11	Ionenaustauscher und Verfahren – Ionenaustauscheranlage	75
4.12	Membrantechnik	76
4.12.1	Mikrofiltration	78
4.12.2	Ultrafiltration	79
4.12.3	Nanofiltration	79
4.12.4	Umkehrosmose	80
4.13	Neutralisation und Neutralisationsanlagen	80
4.14	Oxidationsverfahren	83
4.14.1	Cyanidoxidation	83
4.14.2	Verfahren zur Nitritoxidation	84
4.14.3	Oxidation zur Desinfektion	84
4.15	Siebung	84
4.16	Strippung	85
4.17	Verdampfungsanlagen	90
4.18	Verdunstung	95
4.19	Verbrennung	97
4.20	Flüssig-Flüssig-Extraktion	97
4.21	Biochemische Mikroaktivitäten im Kreislaufwasser	98
5	Wertstoffrückgewinnung aus Industrieabwässern	103
5.1	Von der Abwasserentsorgung zum <i>Wastewater Mining</i>	103
5.2	Beispiele für Wertstoffrückgewinnung	108
6	Regenwassernutzung im Prozesswasserkreislauf	123
6.1	Wasserkreisläufe durch Regenwassernutzung schließen	123
6.1.1	Regenwassernutzung hilft den betrieblichen Wasserkreislauf zu schließen	123
6.1.2	Regenwasseranfall und Nutzung im industriellen Bereich	124
6.2	Regenwassererfassung	125

6.3	Regenwassernutzungscluster in Industriegebieten	126
6.4	Trinkwasserverordnung (TVO) beachten	127
6.5	Checklisten und Hinweise bei der Einführung der Regenwassernutzung	130
6.6	Checkliste für die Regenwassernutzung	131
6.7	Behördenmanagement	133
6.8	Wirtschaftlichkeitsprüfung	133
6.9	Beispiele für Regenwassernutzung	134
7	Energierückgewinnung aus Industrieabwässern	137
7.1	Möglichkeiten der Energierückgewinnung	137
7.1.1	Potenziale der Abwasserwärmenutzung	137
7.1.2	Nutzung der Abwasserwärme in Industriebetrieben	143
7.2	Beispiele für Wärmerückgewinnung aus Abwasser	145
7.3	Abwasserwärmecheck	154
7.4	Energiegewinnung aus Abwasser mittels anaerober Behandlung . .	155
7.4.1	Rohstoffe mit Potenzial für Energiegewinnung im Industrieabwasser	156
7.4.2	Beispiele für Energiegewinnung aus Industrieabwasser mittels anaerober Verfahren	158
7.5	Checkliste anaerobe Abwasserbehandlung	163
8	Eigenanalytik des betrieblichen Wasserkreislaufes (EABW)	165
8.1	Eigenanalytik als Tachometer der Qualitätssicherung	165
8.2	Probenahme in der Eigenanalytik	166
8.2.1	Allgemeine Anforderungen an die Probenahme	166
8.2.2	Probenahmearten	167
8.3	Parameter der Prozesswasseranalytik	170
8.4	Instrumentarien für die Eigenanalytik	171
8.4.1	Basisgerätschaften	171
8.4.2	Fotometer	173
8.4.3	Organische Summenparameter	174
8.4.4	Biologische Abbaubarkeit in fünf Tagen – BSB ₅	177
8.5	Akute Abwassertoxizität	177
8.6	Keimzahl	178
8.7	Onlinemessungen im Abwasser	186
9	Wissensmanagement für die betriebliche Wasserwirtschaft	189
9.1	Die Ziele des Wissensmanagements	190
9.2	Aufbau der Wissensbasis für die betriebliche Wasserwirtschaft . .	192
9.3	Wissensnutzung und Wissenspflege	194
9.4	Elemente für die betriebliche Wasserwirtschaft	195

10	Das Konzept Prozesswasserautarkie als Zukunftsinvestition	197
10.1	Steigende Anforderungen an die betriebliche Abwasserwirtschaft .	197
10.2	Die Wasserwende in der betrieblichen Abwasserwirtschaft als Chance und Zukunftsperspektive	198
10.3	Der Einstieg in die Kreislaufwirtschaft der Prozesswässer	199
10.4	Möglichkeiten für Wasser-und Energieautarkie in der Produktion .	200
10.5	Innerbetriebliche Maßnahmen senken den Abwasseranfall	200
10.6	Ressourcenschonende Techniken als Zukunftsinvestitionen	205
10.7	Das Konzept Prozesswasserautarkie als Standortsicherung.	207
Literatur		209
Stichwortverzeichnis		221