

8 Anhang

8.1 Tabellenverzeichnis (Teil 2)

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 8-1: | Übersicht über die verwendeten Geräte und Chemikalien | 226 |
| Tabelle 8-2: | Öffentliche Wasserversorgung und Klärschlammaufkommen 1998 und Bevölkerung 2000 in der EU | 230 |
| Tabelle 8-3: | Entwicklung des Klärschlammaufkommens in der EU 1992 – 2005 | 231 |
| Tabelle 8-4: | Anschlußgrad an öffentliche Kläranlagen in der EU, 1998..... | 232 |
| Tabelle 8-5: | Entsorgungswege für Klärschlamm in der EU, 1998 | 233 |
| Tabelle 8-6: | Mindestanforderungen der EU an die primäre, sekundäre und tertiäre Abwasserreinigung | 233 |
| Tabelle 8-7: | Eigenschaften von Bisphenol A..... | 234 |
| Tabelle 8-8: | Bindungsaffinitäten und endokrine Effekte von Bisphenol A in zellfreien bzw. <i>in vitro</i> -Testsystemen..... | 236 |
| Tabelle 8-9: | Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Invertebraten..... | 238 |
| Tabelle 8-10: | Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Fischen..... | 239 |
| Tabelle 8-11: | Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Amphibien | 240 |
| Tabelle 8-12: | Estrogene Effekte von Bisphenol A bei Säugetieren <i>in vivo</i> | 240 |
| Tabelle 8-13: | Namen und Eigenschaften einiger Diphenylalkane..... | 242 |
| Tabelle 8-14: | Namen und Eigenschaften einiger Weiterverarbeitungsprodukte von Bisphenol A und Bisphenol F | 243 |
| Tabelle 8-15: | Ausgewählte chemische und physikalische Eigenschaften von Tetrabrombisphenol A | 243 |
| Tabelle 8-16: | Endokrine Wirkung von Tetrabrombisphenol A in Zelltests..... | 244 |
| Tabelle 8-17: | Vorkommen von Tetrabrombisphenol A in Abwasser, Klär- schlamm und Recyclingpapierprodukten..... | 245 |
| Tabelle 8-18: | Vorkommen von Tetrabrombisphenol A in biologischen und Umweltproben | 246 |
| Tabelle 8-19: | Konzentrationen von Bisphenol A-DMA und Bisphenol A- GMA in (wäßrigen Extrakten von) zahntechnischen Materialien . | 247 |
| Tabelle 8-20: | Estrogene Wirkung von Bisphenol A-DMA, Bisphenol A- GMA und zahntechnischen Materialien in Zelltests..... | 248 |
| Tabelle 8-21: | Konzentration von Bisphenol F in Umweltproben und Lebens- mitteln | 249 |
| Tabelle 8-22: | Verfahrenstechnische Daten der beprobten großtechnischen Kläranlagen | 250 |
| Tabelle 8-23: | Betriebsparameter der Kläranlage Nr. 20 (Stand: 2000) | 251 |
| Tabelle 8-24: | Probenahmeregime beim anaerob-mesophilen Laborversuch..... | 251 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 8-25: | Meßwerte Begleitparameter eingesetzter Mischschlamm, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch | 252 |
| Tabelle 8-26: | Zusammensetzung der Nährlösung („synthetisches Abwasser“) nach DIN EN ISO 11733 bzw. OECD 303A für Versuche mit Nitrifikation, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 253 |
| Tabelle 8-27: | Versuchsdurchführung Untersuchung der aeroben biologischen Abbaubarkeit von Stoffen nach OECD 303A bzw. DIN EN ISO 11733 (simultan-aerobe Stabilisierung) mit Nitrifikationsstufe | 254 |
| Tabelle 8-28: | Übersicht über die bei den einzelnen Versuchen bzw. Probenahmen erhobenen Begleitparameter und die verwendeten DIN-Vorschriften | 255 |
| Tabelle 8-29: | Einstellungen des Gaschromatographen für die Analyse des bei der anaerob-mesophilen Klärschlammstabilisierung angefallenen Faulgases..... | 256 |
| Tabelle 8-30: | Bisphenol A-Konzentrationen im Abwasser kommunaler deutscher Kläranlagen im Jahr 2000..... | 257 |
| Tabelle 8-31: | Bisphenol A-Konzentrationen im Klärschlamm kommunaler deutscher Kläranlagen in den Jahren 2000/2001 | 258 |
| Tabelle 8-32: | Eliminationsraten für Bisphenol A im Schlamm großtechnischer deutscher Kläranlagen während der Faulung, 2000/2001 | 259 |
| Tabelle 8-33: | Verhältnis zwischen den Bisphenol A-Konzentrationen im Schlamm großtechnischer deutscher Kläranlagen vor und nach der Faulung, 2000/2001 | 259 |
| Tabelle 8-34: | Meßwerte Begleitparameter ausgefauter Schlamm, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch | 260 |
| Tabelle 8-35: | Meßwerte pH-Wert anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch..... | 261 |
| Tabelle 8-36: | Zusammensetzung und Menge des entstandenen Faulgases, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch | 262 |
| Tabelle 8-37: | Konzentrationen und Massenströme Bisphenol A, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch | 263 |
| Tabelle 8-38: | Meßwerte Begleitparameter, aerob-psychrophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren..... | 264 |
| Tabelle 8-39: | Konzentrationen Bisphenol A, aerob-psychrophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren..... | 264 |
| Tabelle 8-40: | Meßwerte Begleitparameter, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren..... | 265 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 8-41: | Berechnung der Hintergrundbelastung des eingesetzten Mischschlammes und der Wiederfindung der Bisphenol A-Nominalkonzentration in der Startprobe, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren..... | 265 |
| Tabelle 8-42: | Meßwerte Bisphenol A-Konzentrationen, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren..... | 266 |
| Tabelle 8-43: | Statistische Lageparameter der Meßwerte Temperatur, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 267 |
| Tabelle 8-44: | Statistische Lageparameter der Meßwerte pH-Wert, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 267 |
| Tabelle 8-45: | Meßwerte Begleitparameter Versuch b1, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch..... | 268 |
| Tabelle 8-46: | Meßwerte Begleitparameter Versuch b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch..... | 270 |
| Tabelle 8-47: | Meßwerte Begleitparameter Versuch m1, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch..... | 272 |
| Tabelle 8-48: | Meßwerte Begleitparameter Versuch m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch..... | 273 |
| Tabelle 8-49: | Elimination von DOC und CSB aus der Wasserphase, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 274 |
| Tabelle 8-50: | Einhaltung der Richtwerte nach OECD 303A bzw. DIN EN ISO 11733, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche..... | 274 |
| Tabelle 8-51: | Meßwerte Leitfähigkeit, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche..... | 275 |
| Tabelle 8-52: | Meßwerte Orthophosphatkonzentration, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 276 |
| Tabelle 8-53: | Statistische Lageparameter der Meßwerte Leitfähigkeit und Orthophosphatkonzentration, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 277 |
| Tabelle 8-54: | Versuchszeit für Austausch der Wasserkörper (DN, NI, NK) und hydraulische Aufenthaltzeit (gesamt), simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 278 |
| Tabelle 8-55: | Schlammalter, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 278 |
| Tabelle 8-56: | Volumenströme, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche..... | 279 |
| Tabelle 8-57: | Konzentrationen Bisphenol A, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 280 |
| Tabelle 8-58: | Massenströme Bisphenol A, Versuche b1 und b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 281 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 8-59: | Massenströme Bisphenol A, Versuche m1 und m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche | 284 |
| Tabelle 8-60: | Wiederfindung des Surrogatstandards Bisphenol A-d ₁₆ in Papier- und Zelluloseproben..... | 287 |
| Tabelle 8-61: | Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die Bestimmung von Bisphenol A in Papier- und Zelluloseproben..... | 287 |
| Tabelle 8-62: | Wiederfindung des Surrogatstandards 4- <i>n</i> -Nonylphenol in Papier- und Zelluloseproben..... | 287 |
| Tabelle 8-63: | Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die Bestimmung von Alkylphenolen und Nonylphenolmono- und -diethoxylat in Papier- und Zelluloseproben..... | 288 |

8.2 Glossar

Aneuploidie: Bei Lebewesen mit diploidem Chromosomensatz Veränderung des vollständigen (euploiden) Chromosomensatzes durch numerische Chromosomenaberration (im weitesten Sinne jegliche Anomalie bezüglich Struktur oder Zahl der Chromosomen). ^[65]

ELISA: Nachweis eines Antigens, z. B. eines Schadstoffes, mit Antikörpern: Die Zielsubstanz wird mit substanzspezifischen Antikörpern gebunden. Anschließend wird der Komplex mit einem Antikörper-Enzym-Paar verbunden, dessen Enzym ein bestimmtes Substrat in einer Farbreaktion umsetzt. Schließlich erfolgt die Substratzugabe, die Farbreaktion kann gemessen und quantifiziert werden.

Enterohepatische Rezirkulation: EHR. Das als EHR bezeichnete Rückschleusen von Stoffen aus der Galle in die Leber, wo die Stoffwechselprodukte wieder in die eigentlichen Substanzen umgewandelt und erneut resorbiert werden. Beginnt bei Ratten ab einer Molekülmasse von 350 Da und ist somit auch für BPA-Gluc. (404 Da) möglich. Beginnt beim Menschen jedoch erst ab 550 Da, wodurch BPA-Metabolite von der EHR ausgeschlossen sind. ^[221]

Eosin: Vom Fluorescein abgeleiteter saurer, roter Xanthenfarbstoff zur Färbung eosinophiler Gewebebestandteile wie Zytoplasma, Erythrozyten u. eosinophile Granula, Spermatozoen, zur Fluorochromierung der Markscheidenlipoide. Die Anzahl eosinophiler Granula im Blut steigt z. B. bei allergischen Reaktionen. ^[65]

Eosinophile Flüssigkeit: Sich bevorzugt mit → Eosin färbende Flüssigkeit. ^[65]

„First pass“-Metabolismus: Weitaus überwiegende Metabolisierung einer Substanz in der Leber nach oraler Aufnahme. ^[104]

Hypospadie: Angeborene Fehlmündung der Harnröhre an der Unterseite des männlichen Gliedes bzw. im vorderen Scheidengewölbe. Die äußere Harnröhrenöffnung befindet sich an der Unterseite der Eichel, der Kranzfurche oder des – gekrümmten – Gliedschaftes oder am Schaft-Hodensack-Übergang, am Damm oder im – gespaltenen – Hodensack. Oft kombiniert mit angeborenem Leistenbruch, evtl. auch Afterfehlbildung und → Kryptorchismus, immer mit Harninkontinenz. Evtl. fließender Übergang zum Pseudohermaphroditismus ^[65]

Karyotyp: Der „für ein bestimmtes Individuum, eine Gruppe oder eine Art charakteristische Phänotyp des Chromosomensatzes in der Metaphase der Mitose“. ^[65]

Kryptorchismus: Hodenhochstand. Jede Form des Bauchhodens, i. e. S. jedoch nur Störung des *Descensus testis* als Folge gestörter Geschlechtsdifferenzierung (d. h. als Intersextyp). Gilt als Risikofaktor für einen malignen Hodentumor. ^[65]

MCF-7: Eine menschliche Brustkrebszelllinie. Wird im sog. E-Screen-Test verwendet.

- Mediator:** auch Mediatorsubstanz, hier im Sinne von „zellulärer Mediator“: Substanz, die z. B. infolge einer Antigen-Antikörper-Reaktion (s. a. → ELISA) oder einer Entzündung gebildet wird, mit Antigen und Antikörper einen Komplex bildet, eine Signalkaskade aktiviert und so eine Antwort des biologischen Systems hervorruft. Mediatoren können z. B. Enzyme, Fette, Sauerstoffradikale oder Hormone (Serotonin) sein. ^[65]
- Plastisol:** Dispersion eines Kunststoffes in hochsiedenden organischen Lösungsmitteln, die zugleich als Weichmacher fungieren. Bei Erhitzung diffundieren die LM-Moleküle in die Kunststoffe, lagern sich dort bleibend ein und bewirken die Plastifizierung. Nach Abkühlung bilden sich flexible, aber stabile und abriebfeste Massen, i. d. R. Beschichtungen nach Tauchverfahren ^[64]. Beispiel: PVC und BADGE. ^[270]
- Relative Bindungsaffinität:** Quotient aus den Konzentrationen bzw. Dosen einer positiven Kontroll- und einer Zielsubstanz, bei denen in einem Bindungstest jeweils 50 % einer Vergleichssubstanz mit sehr starker Bindungsaffinität, z. B. der radioaktiv markierten Version der positiven Kontrollsubstanz, von den Rezeptoren verdrängt werden.
- RPP:** Relative Proliferationspotenz. Potenz, in einem Zelltest die Zellteilung zu verstärken, relativ zu einer positiven Kontrolle. 100 x Quotient zwischen den maximalen Effekten der Zielsubstanz und der Vergleichssubstanz, unabhängig von der notwendigen Dosis bzw. Konzentration. (%)
- Silanisierung:** Inaktivierung von Glasoberflächen durch Austausch von H-Atomen mit Dimethylchlorsilangruppen
- Syndrom der polycystischen Ovarien:** PCO-Syndrom. „Krankheitsbild, bei dem es infolge einer Zystenbildung im Eierstock zu einer gestörten hormonellen Funktion kommt [...] Klassische Symptome sind [...] Zyklusstörungen.“ ^[65]

8.3 Liste der verwendeten Chemikalien und Geräte

Tabelle 8-1: Übersicht über die verwendeten Geräte und Chemikalien

| Chemikalie / Gerät | Firma | Parameter/ Versuch ° | Kapitel |
|--|--|--|---------------------------------|
| Analysengeräte LF 325 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | LF | 3.4.1.3 |
| Analysengeräte MultiLab P5 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | CSB | 3.4.1.11 |
| Analysengeräte Oxi 340 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | sim-ae, O ₂ | 3.2.4, 3.4.1.14 |
| Analysengeräte pH 323, 325, 340, | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | T, pH | 3.4.1.1, 3.4.1.2 |
| Automatischer Probennehmer Modell PP MOS | Bühler, Tübingen | AW | 3.1.1 |
| Autosampler ASI - 5000A | Shimadzu Corporation, Kyoto, J | DOC, TOC | 3.4.1.8, 3.4.1.9 |
| Bio-Beads® S-X3 Beads Gel | Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA | | 3.4.2 |
| Bisphenol A (Zielanalyt) | | | 3.4.3 |
| Bisphenol A-d ₁₆ (Surrogatstandard) | | | 3.4.2, 3.4.3 |
| Denitrifikationshemmer: N- Allythioharnstoff Model NTH 600 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | BSB ₅ | 3.4.1.10 |
| Derivatisierungsreagenz Sylon BTZ® | Supelco, Bellefonte, PA, USA | | 3.4.2 |
| Druckfiltrationsapparatur SM 16249 | Sartorius AG, Göttingen | | |
| Elektroden | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | sim-ae, O ₂ | 3.2.4, 3.4.1.14 |
| Elix 10-Anlage für Herstellung von doppelt deionisiertem Wasser | Millipore GmbH, Eschborn/Taunus | | |
| Euro Turrax T20b für Probenhomogenisierung | Ika Labor Technik, Staufen | CSB | 3.4.1.11 |
| Gaschromatograph Auto System GC für Gasanalyse | Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA | an-me, CH ₄ | 3.2.1, 3.4.1.16 |
| Gaschromatograph GC HP 6890 | Hewlett Packard GmbH, Böblingen | BPA, BPA-d ₁₆ | 3.4.3 |
| Gaszähler Contador Gas Remus 3 G1,6 | | an-me, V _{Gas} , CH ₄ | 3.2.1, 3.4.1.15, 3.4.1.16 |
| Gefriertrocknungsapparatur | Heto Lab Equipment, Allerød, DK | | 3.4.2 |
| Glasfaservorfilter | Sartorius AG, Göttingen | Organische Säuren | 3.4.1.12 |
| Glasflaschen, diverse | Schott Glaswerke, Mainz | | |
| Hochleistungsschneidmühle SM 2000 | Retsch GmbH & Co KG, Haan | AP | 3.3 |

| Chemikalie / Gerät | Firma | Parameter/ Versuch ° | Kapitel |
|--|---|---|---------------------------------------|
| Ionenchromatograph | Metrohm GmbH & Co KG, Filderstadt, CH | NO ₃ -N, NO ₂ - N, PO ₄ ³⁻ | 3.4.1.6 |
| Kalibrierlösungen für pH = 4,01 und pH = 7,0 | Mettler-Toledo GmbH, Gießen (Ingold) | pH | 3.4.1.2 |
| Kaltaufgabesystem Cryofoc Typ 504 (Injektor) | Gerstel GmbH, Mülheim/Ruhr | | 3.4.3 |
| Kombi-Glaselektrode für pH-Wert, O ₂ -Messung | Mettler-Toledo GmbH, Gießen | an-me, ae-ps, pH, pO ₂ | 3.2.1, 3.2.2, 3.4.1.2, 3.4.1.13 |
| Kompressor 6-M | Jun-Air International A/S, Nørresundby, DK | ae-ps | 3.2.2 |
| Küvettestests Spectroquant® 1.14541 | Merck KG, Darmstadt | CSB | 3.4.1.11 |
| Küvettestests Spectroquant® 1.14555 | Merck KG, Darmstadt | CSB | 3.4.1.11 |
| Küvettestests Spectroquant® 1.14752 | Merck KG, Darmstadt | NH ₄ -N | 3.4.1.7 |
| Laborfermenter Biostat® B | B. Braun Biotech International GmbH, Melsungen | an-me, ae-ps | 3.2.1, 3.2.2 |
| Laborfermenter Biostat® M | B. Braun Biotech International GmbH, Melsungen | ae-th | 3.2.3 |
| Laborkläranlagen Behrotest® KLD4 | Behr Labor-Technik GmbH, Düsseldorf | sim-ae | 3.2.4 |
| LiChrolut RP18, LiChrolut EN Phasen für Festphasenextraktion | Merck KG, Darmstadt | | 3.4.2 |
| Massenselektiver Detektor (Massenspektrometer) MSD HP 5973 | Hewlett Packard GmbH, Böblingen | BPA, BPA-d ₁₆ | 3.4.3 |
| Membranfilter 0,2 µm | Schleicher & Schüll GmbH, Dassel | NO ₃ -N, NO ₂ - N, PO ₄ ³⁻ | 3.4.1.6 |
| Membranfilter 0,45 µm | Sartorius AG, Göttingen | Organische Säuren | 3.4.1.12 |
| Membranpumpe M2K3 | Schego, Schemele & Goetz GmbH & Co KG, Offenbach | an-me | 3.2.1 |
| Mirex (interner Standard) | Institute of Organic Industrial Chemistry, Warschau, PL | | 3.4.2 |
| O ₂ -Elektroden | Mettler-Toledo GmbH, Gießen (Ingold) | ae-th, pO ₂ | 3.2.3, 3.4.1.13 |
| Peristaltikpumpe 101 U | Watson-Marlow, Bredel Pumps Ltd., Falmouth, Cornwall, GB | | |
| Planetenmühle PM 4000 | Retsch GmbH & Co KG, Haan | | 3.4.2 |
| Querstromzerspaner Uni-Cut | MeWa Recycling Maschinen & Anlagenbau GmbH, Gechingen | AP | 3.3 |
| Rotationsverdampfer Laborota 4002 digital | Heidolph Instruments GmbH & Co KG, Kehlheim | | 3.4.2 |

| Chemikalie / Gerät | Firma | Parameter/ Versuch ° | Kapitel |
|---|--|---------------------------------|------------------------|
| Silanisierungsreagenz Dimethyldichlorsilan für Glasgeräte | Supelco, Bellafonte, PA, USA | | |
| Silicagel (70 - 230 mesh) | Merck KG, Darmstadt | | 3.4.2 |
| System OxiCal®-SL | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | sim-ae, O ₂ | 3.2.4, 3.4.1.14 |
| System OxiTop® Control | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | BSB ₅ | 3.4.1.10 |
| Thermoofen Carbolite Eurotherm 91e | Ströhlein Labortechnik, Korschenbroich | GR, oTR | 3.4.1.5 |
| Thermoreaktor CR 3000 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | CSB | 3.4.1.11 |
| Thermoschrank Aqua Lytic® FKS 3600 | WTW GmbH & Co KG, Weilheim | BSB ₅ | 3.4.1.10 |
| Titriersysteme 736 GP Titrino, 727 Stand | Metrohm GmbH & Co KG, Filderstadt, CH | Organische Säuren | 3.4.1.12 |
| TOC-Analyser SSM 500, TOC- 5000 | Shimadzu Corporation, Kyoto, J | DOC, TOC | 3.4.1.8, 3.4.1.9 |
| Trockenschrank WSU 100 | mlw, VEB MLW Labortechnik, Ilmenau | TR | 3.4.1.4 |
| Tygon®-Schläuche | Norton, Saint-Gobain, F | an-me, ae-ps, ae-th | 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 |
| Vakuumpumpe für Gefriertrocknung Ilmvac® PK2DC | Saskia Hochvakuum- und Labortechnik GmbH, Ilmenau | | 3.4.2 |
| Viton®-Schläuche | Merck KG, Darmstadt | an-me, ae-ps, ae-th | 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 |
| Zentrifuge J2-MC | Beckmann, München | | 3.4.2 |
| Zentrifuge Rotana | Hettich-Zentrifugen GmbH & Co KG, Tuttlingen | | 3.4.2 |

° Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

8.4 Abbildungen

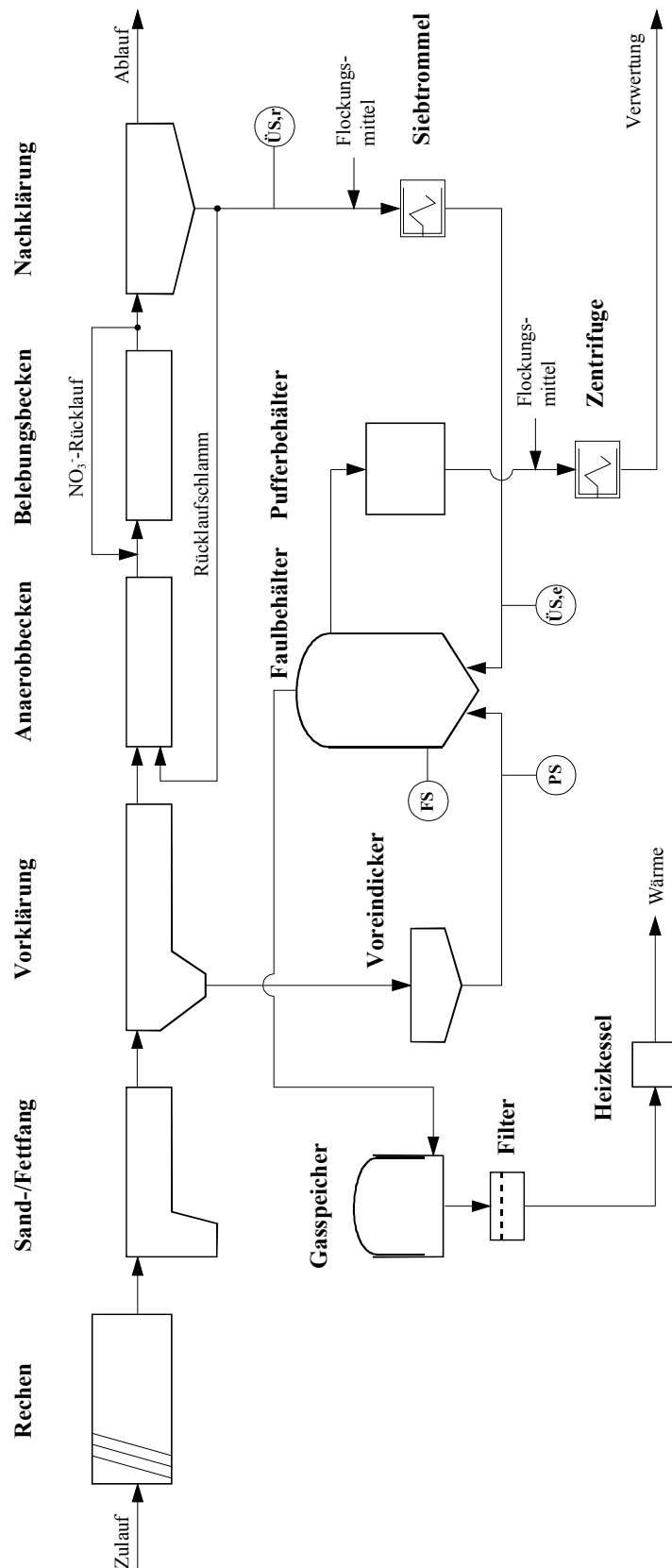


Abbildung 8-1: Verfahrensschema der KA 20 inkl. Probenahmepunkten

FS: Faulschlamm; PS: Primärschlamm; ÜS, e: Überschußschlamm, eingedickt;
 ÜS, r: Überschußschlamm, roh