

Inhaltsverzeichnis

1	Basis der Anlagenplanung	1
1.1	Projekteingangsdaten	1
1.2	Projekttablauf Engineering	2
1.2.1	Basic Engineering	2
1.2.2	Front End Engineering Design	3
1.2.3	Detail Engineering	3
1.3	Anlagenphilosophie	4
1.3.1	Anlagenstandorte	4
1.3.2	Greenfield-Anlagen	5
1.3.3	Brownfield-Anlagen	6
1.4	Anlagenkategorisierung	8
2	Verfahrenstechnische Basis der Anlagenplanung	9
2.1	Die Verfahrenstechnik in der Projektorganisation	10
2.2	Verantwortung und Grundlagen der Verfahrenstechnik in der ingenieurtechnischen Planung	11
2.3	Allgemeine Aufgaben der Verfahrenstechnik in der Auftragsbearbeitung	13
2.4	Schnittstellen der Verfahrenstechnik zu Lizenzgebern	14
2.5	Abstimmung mit Lizenzgebern	15
2.6	Entwicklungsprozess einer technischen Anlage	18
2.7	Projektphasen der verfahrenstechnischen Bearbeitung	19
2.7.1	Conceptual Engineering	19
2.7.2	Basic Engineering	19
2.7.3	Unterteilung des Basic Engineering in Phasen	20
2.8	Internationale Begriffe und Abkürzungen in der Verfahrenstechnik	20
2.9	Prozesssimulation	21
2.9.1	Statische Simulation	23
2.9.2	Dynamische Simulation	24

3	Conceptual Engineering	27
3.1	Einordnung in das Gesamtprojekt	27
3.2	Konzeptionelle Verfahrensplanung bzw. Prozesssynthese	28
3.3	Auszuführende Arbeiten	30
3.4	Auslegungsbasis	31
3.5	Verfahrensgarantien	32
4	Basic Engineering	33
4.1	Designbasis	34
4.2	Massen- und Energiebilanzen	35
4.3	Verbrauchszahlen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	36
4.4	Zusammenstellung der gasförmigen und flüssigen Emissionen	37
4.5	Blockfließbild	37
4.6	Prozessfließbild	38
4.7	Equipmentliste	40
4.8	Prozesstechnische Datenblätter für alle Ausrüstungen	41
4.9	Spezifikation für Katalysatoren	42
4.10	Pipe-and-Instrument Diagram	43
4.10.1	Inhalt, Form, Arbeiten der Verfahrenstechnik und Status von Pipe-and-Instrument Diagram	43
4.10.2	Inhalte eines Pipe-and-Instrument Diagram	45
4.11	Verriegelungsbeschreibung	46
4.12	Grundlagen des Anlagenbetriebs	46
4.12.1	Prinzipielle Beschreibung des Anlagenbetriebs	47
4.12.2	Detailliertes Betriebshandbuch	47
4.13	Analysenhandbuch	48
5	Detail Engineering	49
5.1	Weitere Entwicklung des Pipe-and-Instrument Diagram	49
5.2	Nachrechnung der sicherheitstechnischen Ausrüstung	50
5.3	3D-Anlagenplanung	50
5.4	3D-Model Review	53
5.4.1	30-Prozent-Model Review	54
5.4.2	60-Prozent-Model Review	54
5.4.3	90-Prozent-Model Review	55
5.5	Prozesstechnische Begleitung des weiteren Engineerings und der Abwicklung	57
5.6	Datenkonsolidierung	58
5.7	Procurement	59
5.8	Montageunterstützung	59
5.9	Andere Aktivitäten	61

6	Inbetriebnahme, Commissioning	63
6.1	Inbetriebnahmeplanung	64
6.2	Durchführung der Inbetriebnahme	64
6.3	Training des Betreiberpersonals	65
7	Anlagentypen	67
7.1	Prozessanlagen	67
7.1.1	Raffinerien	67
7.1.2	Petrochemische Anlagen	68
7.1.3	Anlagen für Polymere	69
7.1.4	Anorganische Chemieanlagen	69
7.1.5	Biotechnologieanlagen	69
7.2	Nebenanlagen	70
7.2.1	Dampferzeugung	71
7.2.2	Wasseraufbereitungsanlagen	71
7.2.3	Demin-Anlagen	71
7.2.4	Kesselspeisewasseraufbereitung	71
7.2.5	Luftzerlegungsanlagen	72
7.2.6	Drucklufterzeugung	73
7.2.7	Kühlwassersysteme	73
7.2.8	Tanklager	74
8	Aufstellungsplanung	75
8.1	Plotplan bzw. Gesamtlageplan	75
8.2	Aufstellungsplan	77
8.3	Interfaces – Grundlagen	79
8.4	Entwicklung von Plot- und Aufstellungsplänen	80
8.5	Aufstellungsarten	82
8.5.1	Bodenaufstellung, Grade-Mounted Arrangement	82
8.5.2	Aufstellung in Strukturen, Structure-Mounted Arrangement	82
8.6	Aufstellung von Equipment	83
8.6.1	Verfahrenstechnische Anforderungen	84
8.6.2	Sicherheitstechnische Anforderungen	84
8.6.3	Kostenoptimierte Rohrleitungsführung	89
8.6.4	Betriebsanforderungen	89
8.6.5	Vorhandenes Baufeld	89
8.6.6	Ausrüstungsgrößen	90
8.6.7	Untergrundsysteme	90
8.6.8	Klimatische Bedingungen	90
8.7	Strukturen	91
8.7.1	Grundlagen von Prozessstrukturen	91
8.7.2	Statische Auslegung von Strukturen	91

8.7.3	Kleine Prozessstrukturen	92
8.7.4	Mittlere Prozessstrukturen	92
8.7.5	Große Prozessstrukturen	93
8.7.6	Rohrbrücken bzw. Rohrtrassen	94
8.8	Gebäude	99
8.8.1	Messwarte, Control Room Building	99
8.8.2	Schaltheis, Substation	101
8.8.3	Büro- und Verwaltungsgebäude, Administration Building	104
8.8.4	Wartungsgebäude, Maintenance Building	104
8.8.5	Analysecontainer bzw. Analyseräume	104
8.8.6	Laborgebäude	105
8.8.7	Lagerhäuser	105
8.8.8	Feuerwehrwachen	105
9	Grundlagen Equipment	107
9.1	Auslegung und Auswahl von Ausrüstungen	107
9.1.1	Allgemein	107
9.1.2	Auslegung	107
9.1.3	Auswahl	109
9.2	Grundlagen statischer Ausrüstungen	110
9.2.1	Behälter	110
9.2.2	Kolonnen	113
9.2.3	Reaktoren	115
9.2.4	Wärmetauscher	115
9.2.5	Dampfkessel, Prozessöfen und Raffinerieöfen	120
9.2.6	Tanke	122
9.2.7	Fackeln	123
9.3	Grundlagen Arbeitsmaschinen	123
9.3.1	Strömungsmaschinen	123
9.3.2	Verdrängermaschinen	124
9.3.3	Pumpen	124
9.3.4	Haltedruckhöhe	125
9.3.5	Kavitation	126
9.3.6	Laufäder	126
9.3.7	Verdrängerpumpen	126
9.3.8	Kompressoren, Verdichter	128
9.3.9	Hubkolbenverdichter	130
9.3.10	Schmier- und Regelölsystem	132
9.4	Turbinen	133
9.4.1	Dampfturbinen	133
9.4.2	Aufstellung von Turbinen	134
9.5	Gebläse und Ventilatoren	134

9.6	Mischer	136
9.6.1	Rührwerke	137
9.6.2	Auslegung von Rührwerken	137
9.6.3	Antriebe von Rührwerken	137
9.6.4	Typen von Rührwerken	138
9.7	Hebe-, Förder- und Transporteinrichtungen	139
10	Rohrleitungen	141
10.1	Auslegung von Rohrleitungen	141
10.1.1	Werkstoffe von Rohrleitungen	141
10.1.2	Wanddicken, Durchmesser, Druckstufen	142
10.1.3	Anzugsdrehmomente	142
10.1.4	Rohrleitungsanalysen	142
10.2	Rohrklassen	144
10.3	Allgemeine Grundsätze der Rohrleitungsplanung	147
10.3.1	Flanschverbindungen	148
10.3.2	Sonderrohrleitungsteile	149
10.3.3	Entleerungen und Entlüftungen	149
10.3.4	Rohrleitungstrassen	150
10.3.5	Kritische Rohrleitungen	151
10.3.6	Anordnung von Armaturen und Armaturengruppen	151
10.4	Untergrundrohrleitungen	152
10.4.1	Untergrundkühlwassersystem	153
10.4.2	Nicht behandlungsbedürftiges Abwasser	153
10.4.3	Behandlungsbedürftiges Abwasser	153
10.5	Löschwasserleitungen	154
10.6	Rohrleitungen an Ausrüstungen und Maschinen	155
10.6.1	Rohrleitungen an Maschinen	155
10.6.2	Rohrleitungen an Pumpen	156
10.6.3	Rohrleitungen an Turboverdichtern	156
10.6.4	Rohrleitungen an Hubkolbenverdichtern, Kolbenpumpen	156
10.6.5	Rohrleitungen an Dampfturbinen	157
10.7	Rohrleitungen an statischen Apparaten	158
10.7.1	Rohrleitungen an Wärmeaustauschern	158
10.7.2	Rohrleitungen an Kolonnen	158
10.7.3	Rohrleitungen an Reaktoren	159
10.8	Beheizen von Rohrleitungen	159
10.8.1	Begleitheizung mit Dampf	160
10.8.2	Elektrische Begleitheizung	162
10.9	Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen	163
10.10	Isometrie	164
10.11	Rohrleitungselemente bzw. Komponenten	166

10.11.1	Gerade Rohre	166
10.11.2	Flansche	166
10.11.3	Formstücke	167
10.11.4	Armaturen	167
10.11.5	Sicherheitstechnische Installationen	174
10.11.6	Kompensatoren	175
10.11.7	Schrauben, Bolzen und Muttern	176
10.11.8	Dichtungen	177
10.11.9	Rohrunterstützungen	178
10.11.10	Sonderunterstützungen	179
10.11.11	Rohrhalterungen	180
10.11.12	Federhalterungen	181
10.11.13	Federhänger und Federstützen	182
10.11.14	Konstanthänger und Konstantstützen	182
10.11.15	Gelenk- bzw. Pendelhalterungen	183
11	Grundlagen Instrumentierung	185
11.1	Allgemeines	185
11.2	Planungsdokumente Instrumentierung	186
11.3	Feldgeräte	186
11.3.1	Sensoren, allgemein	187
11.3.2	Durchflussmess- und Mengmessgeräte	187
11.3.3	Füllstandmessungen	187
11.3.4	Druckmessgeräte	188
11.3.5	Temperaturmessgeräte	189
11.3.6	Regelarmaturen	189
11.3.7	Auf-Zu-Armaturen	191
11.3.8	Prozessanalysen	191
11.3.9	Analysengeräteraum	191
11.3.10	Analysengeräteschrank	192
11.4	Automatisierungssystem	192
11.4.1	Distributed Control System	192
11.4.2	Emergency Shutdown System	193
11.4.3	Realisierung von Distributed Control System und Emergency Shutdown System	193
11.4.4	Software	195
11.4.5	Redundanzkonzept	195
11.4.6	Mess-Steuer-Regel-Schaltraumausrüstung und Anschluss der Feldgeräte	198
11.4.7	Bussystem	199
11.5	Input-Output-Liste	199
11.6	Verriegelungssystematik	203

12	Grundlagen Elektrotechnik	207
12.1	Elektrotechnische Planungsdokumente	207
12.1.1	Engineeringsspezifikationen	207
12.1.2	Single Line Diagram	207
12.1.3	Elektrische Verbraucherliste	209
12.1.4	Liste der elektrischen Lasten	209
12.1.5	Elektrische Systemarchitektur	210
12.1.6	Elektrische Schaltpläne	210
12.1.7	Montageanordnung	211
12.1.8	Erdung und Blitzschutz	211
12.1.9	Elektrische Netzanalyse	211
12.1.10	Hauptkabeltrassenplanung	213
12.1.11	Installationsengineering	213
12.2	Elektrische Hauptausrüstungen	214
12.2.1	Schaltanlagen	214
12.2.2	Transformatoren	214
12.2.3	Generatoren	214
12.2.4	Unterbrechungsfreie Stromversorgung/Batterien	215
12.2.5	Elektromotoren	215
13	Anlagensicherheit, HAZOP und SIL	217
13.1	Anlagensicherheitskonzept	217
13.2	Hazard-and-Operability-Studie	220
13.2.1	HAZOP-Durchführung	221
13.2.2	HAZOP-Studie Schritt 1: Prognose von Störungen	221
13.2.3	HAZOP-Studie Schritt 2: Ermittlung der Ursachen	221
13.2.4	HAZOP-Studie Schritt 3: Einstufung der Auswirkungen	223
13.2.5	HAZOP-Studie Schritt 4: Identifizierung von Gegenmaßnahmen	223
13.3	Safety Integrity Level	224
13.3.1	SIL-Durchführung	225
13.3.2	SIL-Klassifizierung, allgemein	225
13.3.3	SIL-Klassifizierung nach der Matrix-Methode	225
13.3.4	SIL-Konzeption	230
13.3.5	SIL-Nachweis	237
13.3.6	Praktisches Beispiel zu Konzeption und SIL-Nachweis	240
13.4	Verwendete Abkürzungen in der Instrumentierung	245
14	Statistische Methoden im Anlagenbau und Anlagenbetrieb	247
14.1	Beurteilung von Equipment und Komponenten bei Redundanz	247
14.1.1	χ^2 -Test	248

14.1.2	Schritt 1: Berechnen der mittleren (erwarteten) Ausfallhäufigkeit	249
14.1.3	Schritt 2: Berechnen des χ^2 -Werts	249
14.1.4	Schritt 3: Prüfung des χ^2 -Werts auf Signifikanz	250
14.1.5	Beispiel 2	254
14.2	Beurteilung der Performance	256
14.2.1	t -Test	256
14.2.2	Schritt 1: Berechnen des Mittelwerts	256
14.2.3	Schritt 2: Berechnen der Standardabweichung	257
14.2.4	Schritt 3: Berechnen des Standardfehlers	258
14.2.5	Schritt 4: Berechnen des t -Werts	260
14.2.6	Schritt 5: Prüfung des t -Werts auf Signifikanz	261
14.2.7	Beispiel 2	263
15	Normen und Vorschriften	267
15.1	Allgemeines	267
15.2	Motivation zur Analyse der zu verwendenden technischen Regelwerke	267
15.3	Rechtliche Grundlagen	269
15.4	Allgemeines zum Europarecht	270
15.5	Basis von technischen Regelungen im Recht der Europäischen Union	271
15.5.1	Technische Regelungen zur Vollendung des europäischen Binnenmarkts	271
15.5.2	Allgemeiner Hinweis zur Bedeutung der CE-Kennzeichnung	272
15.5.3	Technische Regelungen zu Maßnahmen zur Sicherheit der Arbeitnehmer	275
15.6	Unterschied bzw. Zusammenspiel von Produkt- und Betreiberrichtlinien	278
15.6.1	Unterschied bzw. Zusammenspiel von Produkt- und Betreiberrichtlinien am Beispiel Explosionsschutz	279
15.6.2	Verantwortung hinsichtlich Produktrichtlinien	279
15.6.3	Anlagenbauer als Hersteller (im Sinn der europäischen Richtlinien)	281
15.6.4	Grundsätzlicher Ablauf zur Erfüllung von Produktrichtlinien	281
15.6.5	Verantwortung hinsichtlich Betreiberrichtlinien	281
15.7	Zusammenspiel von Richtlinien und Normen auf europäischer Ebene	282
15.8	Überblick über die Situation in anderen Ländern	282
15.8.1	USA	284
15.8.2	Kanada	284
15.8.3	Russland und Staaten der GUS	285
15.8.4	China	285
15.8.5	Japan	285
15.8.6	Australien	285

15.9	Motivation für Normung	285
15.10	Strukturen in der Normung	287
15.10.1	Strukturen in Hinsicht auf Abstimmungsebenen	287
15.10.2	Strukturen in Hinsicht auf thematische Zuständigkeit	289
15.10.3	Internationale Normung	290
15.10.4	Normung in den USA	291
15.10.5	Normung in Australien, Japan und China	291
15.10.6	Normung in Europa	292
15.10.7	Übernahme einer europäischen Norm von den nationalen Normungsorganisationen	292
15.11	Kriterien zur Verwendung von Normen	295
15.12	Rolle der Normen innerhalb der Rechtsprechung	295
15.13	Vereinfachte Verbindlichkeitsstruktur	295
15.14	Pflicht zur Sorgfalt in der Rechtsprechung	295
15.14.1	Die (allgemein) anerkannten Regeln der Technik	296
15.14.2	Der Stand der Technik	297
15.14.3	Stand von Wissenschaft und Technik	297
15.15	TOP-Prinzip	298
15.16	Normenarten nach EN 45020	298
15.17	Normen zur Sicherheit von Maschinen und Geräten	300
15.17.1	Typ-A-Normen	301
15.17.2	Typ-B-Normen	301
15.17.3	Typ-C-Normen	302
15.18	Hinweis zur Normbeschaffung	302
15.19	Zitieren von Normen	303
16	Basiswissen zur DGRL und MRL	305
16.1	Druckgeräte richtlinie	305
16.1.1	Allgemeines	305
16.1.2	Einstufung von Druckgeräten nach dem Gefahrenpotenzial	307
16.1.3	Hinweis zu den Wesentlichen Sicherheitsanforderungen der DGRL	312
16.1.4	Risikoanalyse vs. Gefahrenanalyse	312
16.1.5	Hinweis zur Dokumentation gemäß Druckgeräte richtlinie	313
16.1.6	Leitlinien zur Druckgeräte richtlinie	314
16.1.7	Hinweise zu Baugruppen aus Druckgeräten	314
16.2	Maschinenrichtlinie	316
16.2.1	Allgemeines	316
16.2.2	Vereinfachte Darstellung der Konformitätsbewertung	318
16.2.3	Neufassung der Maschinenrichtlinie	318
16.2.4	Auslegung des Anwendungsbereichs der Maschinenrichtlinie	319
16.2.5	Risikobeurteilung	319

16.2.6	Dokumentation	321
16.3	CE-Kennzeichnung einer Gesamtheit von Maschinen von einem Lieferanten	321
Literatur	325
Sachverzeichnis	333