

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> .....	I
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Neuartige Sanitärsysteme: Begriffe</b> .....	5
2.1	Einleitung .....	5
2.2	Ein kurzer Blick zurück .....	5
2.3	Begriffsbestimmungen .....	7
2.3.1	Technische Begriffsdefinitionen .....	7
2.3.2	Sonstige Begriffe für NASS .....	9
<b>3</b>	<b>Inhaltsstoffe des häuslichen Abwassers und seiner Teilströme</b> .....	11
3.1	Einleitung .....	11
3.2	Vorgehensweise zur Erstellung der Kennzahlen .....	12
3.2.1	Datensammlung .....	12
3.2.2	Schwierigkeiten bei der Auswertung .....	12
3.3	Ergebnisse .....	12
3.4	Diskussion der Ergebnisse .....	14
3.4.1	Abweichungen über Raum und Zeit .....	15
3.4.2	Abweichungen innerhalb der Datensammlung .....	15
3.4.3	Abweichungen zu anderen Quellen .....	15
3.5	Schlussfolgerungen .....	16
<b>3.A</b>	<b>Weitere Ergebnisse zu Konzentrationen und Frachten von Teilströmen</b> .....	17
<b>4</b>	<b>Übersicht zu Neuartigen Sanitärsystemen</b> .....	21
4.1	Erläuterungen zu den Systemdarstellungen .....	21
4.2	Stoffstromsysteme .....	22
4.2.1	1-Stoffstromsystem .....	22
4.2.1.1	Konventionelles Verfahren mit N- und P-Elimination als „Referenzsystem“ .....	23
4.2.1.2	Verfahren mit nachgeschalteter Nährstoff- und Wasser-Rückgewinnung/ Wiederverwertung .....	23
4.2.2	2-Stoffstromsystem .....	23
4.2.3	2-Stoffstromsystem (Trenntoilette) .....	24
4.2.4	3-Stoffstromsystem (Trenntoilette) .....	25
4.2.5	2-Stoffstromsystem (Trockentoilette) .....	26
4.2.6	3-Stoffstromsystem (Trockentrenntoilette) .....	27
4.3	Produkte der Stoffstromsysteme und deren Verbleib .....	28
<b>5</b>	<b>Erfassung und Transport von Stoffströmen aus Neuartigen Sanitär- systemen</b> .....	29
5.1	Erfassung .....	29
5.1.1	Allgemeines .....	29
5.1.2	Einführung zur Erfassung von Urin, Fäzes und Fäkalien .....	29
5.1.3	Erfassung - Toiletten ohne Trennung .....	30
5.1.3.1	Spültoiletten - konventionell/Wasser sparend .....	30
5.1.3.2	Vakuumtoiletten .....	32
5.1.3.3	Trockentoiletten .....	34
5.1.4	Erfassung - Trenntoiletten .....	35
5.1.4.1	Spültrenntoiletten .....	35
5.1.4.2	Spültrenntoiletten - Urinableitung ohne Spülwasser .....	36
5.1.4.3	Spültrenntoiletten mit einer separaten Wasserspülung für Urin .....	37
5.1.4.4	Spültrenntoiletten - Fäzesableitung ohne Spülung .....	38
5.1.4.5	Vakuumtrenntoiletten .....	39
5.1.4.6	Vakuumtrenntoiletten - Urinableitung ohne Wasser .....	39
5.1.4.7	Vakuumtrenntoiletten mit einer separaten Wasserspülung für Urin .....	40
5.1.4.8	Trockentrenntoiletten .....	41

5.1.5	Erfassung - Urinale	42
5.1.5.1	Urine - konventionell/Wasser sparend	42
5.1.5.2	Vakuum-Urinal	43
5.1.5.3	Wasserlose Urinale	44
5.1.6	Erfassung von Bioabfällen	46
5.1.7	Grauwassererfassung	47
5.1.8	Regenwassererfassung	47
5.2	Ableitung	47
5.2.1	Allgemeines	47
5.2.2	Übersichtsmatrix zur Ableitung von Urin, Fäzes und Fäkalien mit oder ohne Spülwasser	49
5.2.3	Beschreibung der Ableitung innerhalb von Gebäuden	51
5.2.3.1	Schwerkraftentwässerung innerhalb von Gebäuden	51
5.2.3.2	Unterdruckentwässerung (Vakuumentwässerung) innerhalb von Gebäuden	53
5.2.3.3	Druckentwässerung innerhalb von Gebäuden	54
5.2.3.4	Trockene Sammelsysteme innerhalb von Gebäuden	56
5.2.4	Beschreibung Ableitung außerhalb von Gebäuden	56
5.2.4.1	Schwerkraftentwässerung außerhalb von Gebäuden	56
5.2.4.2	Unterdruckentwässerung (Vakuumentwässerung) außerhalb von Gebäuden	58
5.2.4.3	Druckentwässerung außerhalb von Gebäuden	59
5.2.4.4	Trockene Sammelsysteme außerhalb von Gebäuden	60
5.2.5	Besonderheiten bei der Ableitung von Schwarz-/Braunwasser	60
5.2.6	Besonderheiten bei der Ableitung von Fäkalien/Fäzes	61
5.2.7	Besonderheiten bei der Ableitung von Urin/Gelbwasser	61
5.2.8	Besonderheiten bei der Ableitung des Gemischs von Grau- und Braunwasser	63
5.2.9	Besonderheiten bei Ableitung bzw. Transport von Bioabfällen	63
5.2.10	Ableitung von Grauwasser und Regenwasser	63
<b>6</b>	<b>Behandlung von Teilströmen aus Neuartigen Sanitärsystemen</b>	<b>65</b>
6.1	Einführung	65
6.2	Übersicht zur Behandlung von Gelb-, Schwarz- und Braunwasser unter Berücksichtigung der unverdünnten Stoffströme	65
6.2.1	Übersichtsmatrizen zur Behandlung von Gelb-, Schwarz- und Braunwasser	65
6.2.2	Erläuterungen zu der Kurzbeschreibung (Schemata)	70
6.3	Behandlung von Schwarz- und Braunwasser	70
6.3.1	Trenn- und Aufkonzentrierungsverfahren	70
6.3.1.1	Allgemeines	70
6.3.1.2	Sedimentation	70
6.3.1.3	Zentrifugation – Hydrozyklon	71
6.3.1.4	Flotation	73
6.3.1.5	Filtration - Grobfilter	74
6.3.1.6	Siebung - Siebschnecke	75
6.3.1.7	Siebung – Bogensieb	76
6.3.2	Behandlungsverfahren für die feststoffreiche Phase des Schwarz- und Brauwassers	77
6.3.2.1	Allgemeines	77
6.3.2.2	Kompostierung	78
6.3.2.3	Anaerobe Behandlung – Biogasanlage	80
6.3.2.4	Trocknung (für Fäzes)	82
6.3.2.5	Kalkung (für Fäzes)	83
6.3.3	Behandlungsverfahren für die feststoffarme Phase des Schwarz- und Brauwassers	83
6.3.3.1	Allgemeines	83
6.3.3.2	Membran-Filtration	84
6.3.3.3	Fällung	85
6.3.3.4	Aerob - Pflanzenkläranlage	86
6.4	Behandlung von Gelbwasser	86
6.4.1	Chemische Eigenschaften von Urin und Gelbwasser	86
6.4.1.1	Einführung	86
6.4.1.2	Hydrolyse	87
6.4.1.3	Salzgehalt, Ionenstärke	87
6.4.1.4	Ausfällungen	87
6.4.1.5	Ammoniakausgasung – Arbeitssicherheit	88
6.4.1.6	Literatur	89

6.4.2	Übersicht zu Behandlungsverfahren für Gelbwasser	89
6.4.3	Lagerung	90
6.4.4	Ansäuerung	91
6.4.5	Hygienisierung	92
6.4.6	Eindampfung	92
6.4.7	Ausfrieren	94
6.4.8	Nanofiltration	94
6.4.9	Umkehrosmose	95
6.4.10	Elektrodialyse	96
6.4.11	Struvit Ausfällung	97
6.4.12	Ca-/Fe-/Al-Fällung	98
6.4.13	Ammoniak-Strippung	99
6.4.14	Ionentauscher	100
6.4.15	Aktivkohle	101
6.4.16	Nitrifikation	102
6.4.17	Anammox (Anaerobe Ammonium-Oxidation)	103
6.4.18	Biologische Nährstoffelimination	104
6.4.19	Ozonierung, AOP-Verfahren	105
6.4.20	IBDU Ausfällung	106
6.5	Behandlung des Gemisches aus Grau- und Braunwasser	106
6.6	Behandlung von Bioabfällen	106
6.7	Behandlung von Grau- und Regenwasser	106
6.7.1	Eigenschaften von Grau- und Regenwasser	106
6.7.1.1	Grauwasseranfall	106
6.7.1.2	Regenwasseranfall	107
6.7.1.3	Grauwasserbeschaffenheit	107
6.7.1.4	Regenwasserbeschaffenheit	109
6.7.2	Behandlungsverfahren für Grauwasser und Regenwasser	111
6.7.2.1	Einführung	111
6.7.2.2	Übersichtsmatrizen zur Behandlung von Grauwasser	111
6.7.2.3	Bepflanzte Bodenfilter	114
6.7.2.4	Belebungsverfahren	115
6.7.2.5	Festbettverfahren	117
6.7.2.6	Membranverfahren	119
6.7.2.7	Umkehrosmose	121
6.7.3	Vor- und Nachteile der verschiedenen Aufbereitungsverfahren in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzung	122
<b>6.A</b>	<b>Qualitätsanforderungen an Brauch- und Pflegewasser</b>	124
6.A.1	Allgemeine rechtliche Anforderungen für die Toilettenspülung	124
6.A.2	Allgemeine rechtliche Anforderungen für die Bewässerung	126
6.A.3	Allgemeine rechtliche Anforderungen für eine Teilnutzung in Wasch- und Spülmaschinen	127
6.A.4	Allgemeine rechtliche Anforderungen an die Einleitung/Versickerung von Grau- und Regenwasser	129
<b>7</b>	<b>Stoffliche Nutzung von Produkten aus Neuartigen Sanitärsystemen in der Landwirtschaft</b>	131
7.1	Düngemittel	131
7.1.1	Einführung	131
7.1.2	Gesetzliche Definition	131
7.1.3	Schlussfolgerung	134
7.2	NASS-Produkte und deren Inhaltsstoffe	134
7.3	Einordnung der Produkte aus Neuartigen Sanitärsystemen als Düngemittel	135
7.4	Fallbeispiel Urin	136
7.4.1	Ertragswirkung	136
7.4.2	Hygiene	138
7.4.3	Schadstoffe	139
7.4.4	Modell Stofffracht	140
7.4.5	Empfehlung zur Urinverwertung	145
7.5	Bewertung und Ausblick	146
<b>7.A</b>	<b>Pharmakakonzentrationen im Urin</b>	147
<b>8</b>	<b>Ansätze zur Bewertung Neuartiger Sanitärsysteme</b>	149
8.1	Grundsätze der Bewertung und Entscheidungsunterstützung	149

8.1.1	Allgemeine Hinweise	149
8.1.2	Relevante Bewertungskriterien	149
8.1.3	Weitergehende Aspekte	151
8.2	Beschreibung und Relevanz der Bewertungskriterien	152
8.2.1	Zielsetzung „Umwelt- und Ressourcenschutz“	153
8.2.2	Zielsetzung „Umwelthygiene und hygienische Sicherheit“	156
8.2.3	Ökonomische Ziele	158
8.2.4	Soziale Ziele	160
8.2.5	Technische Ziele	161
8.3	Bewertung von NASS durch Betrachtung deutschlandweiter Projekte	163
8.4	Übergreifende Zusammenfassung der Bewertung	168
8.4.1	Bewertung der betrachteten Systeme	168
8.4.2	Übergreifende Bewertung der Kriterien hinsichtlich der Zielsetzungen von Sanitärsystemen	170
8.4.2.1	Systemübergreifende Bewertung hinsichtlich Umwelt- und Ressourcenschutz	172
8.4.2.2	Systemübergreifende Bewertung hinsichtlich Hygiene und Gesundheit	172
8.4.2.3	Systemübergreifende Bewertung hinsichtlich der ökonomischen Ziele	173
8.4.2.4	Systemübergreifende Bewertung hinsichtlich der sozialen Ziele	175
8.4.2.5	Systemübergreifende Bewertung hinsichtlich der technischen Ziele	175
8.5	Beschreibung und Bewertung von Beispielprojekten	176
8.5.1	1-Stoffstromsystem	177
8.5.1.1	Das herkömmliche, konventionelle 1-Stoffstromsystem als „Referenzsystem“	177
8.5.1.2	Stoffstromsystem im Projekt Knittlingen („DEUS 21“-Konzept)	177
8.5.2	2-Stoffstromsystem	178
8.5.2.1	Lübeck-Flintenbreite	178
8.5.2.2	Kaiserslautern/Oberhausen (Projekt „KOMPLETT“)	178
8.5.3	2-Stoffstromsystem (Trenntoilette)	178
8.5.3.1	Linz – Österreich	178
8.5.3.2	Lambertsmühle	179
8.5.4	3-Stoffstromsystem (Trenntoilette)	179
8.5.4.1	Berlin-Stahnsdorf	179
8.5.4.2	Berching – Hans Huber AG	179
8.5.5	2-Stoffstromsystem (Trockentoilette)	179
8.5.5.1	Öko-Siedlung Allermöhe, Hamburg	179
8.5.5.2	Asahiyama Zoo, Asahikawa City, Japan	180
8.5.6	3-Stoffstromsystem (Trockentrenntoilette)	180
8.5.6.1	Gemeinschaftswohnprojekt Gebers, Orhem, Schweden	180
8.5.6.2	Eco-town, Dongsheng, Innere Mongolei, China	180
8.A	<b>Bewertungsbeispiel</b>	182
9	<b>Systemintegration: Rahmenbedingungen und Fallbeispiele</b>	187
9.1	Rahmenbedingungen und deren Veränderung im Überblick	187
9.1.1	Klimawandel	187
9.1.2	Verknappung wesentlicher natürlicher Ressourcen	187
9.1.3	Demografischer Wandel und Siedlungsentwicklung in Deutschland	188
9.1.4	Technischer Fortschritt	191
9.1.5	Wandel der Marktstrukturen	191
9.1.6	Zukünftige umweltpolitische Anforderungen	192
9.2	Wechselwirkungen mit der bestehenden Infrastruktur	193
9.2.1	Wasserversorgung	193
9.2.2	Abwasserentsorgung	193
9.2.3	Energie	196
9.2.4	Abfallentsorgung	196
9.3	Analyse der gesetzlichen Rahmenbedingungen	196
9.3.1	Einführung	196
9.3.2	Anwendbarkeit von Abwasserrecht/Abfallrecht	196
9.3.2.1	Einstufung eines Materials als Abfall, Produkt oder Nebenerzeugnis	197
9.3.2.2	Einstufung eines Materials als Produkt Düngemittel	197
9.3.2.3	Vorrang der Verwertung vor der Beseitigung	198
9.3.2.4	Beseitigung durch öffentliche Aufgabenträger	198
9.3.3	Rechtliche Rahmenbedingungen für Brauch- und Pflegewasser	198

9.3.4	Möglichkeiten der Stadtplanung zur Implementierung von NASS .....	198
9.3.4.1	Die Rolle des Städtebaurechts in der stadttechnischen Erschließung .....	199
9.3.4.2	Instrumente des Städtebaurechts .....	199
9.3.4.3	Ergänzende Normen auf Landes- und Kommunalebene .....	200
9.3.4.4	Planungspraxis – Status Quo und Möglichkeiten .....	201
9.3.4.5	Möglichkeiten weitergehender gesetzlicher Förderung von NASS .....	201
9.4	Fallbeispiele für NASS .....	201
9.4.1	Fallbeispiel 1 – Schrumpfende Mittelstadt .....	202
9.4.2	Fallbeispiel 2 – Wachsende Großstadt .....	202
9.4.3	Fallbeispiel 3 – Ländliche Kommune .....	203
9.4.4	Fallbeispiel 4 – Neubaugebiet 1 .....	203
9.4.5	Fallbeispiel 5 – Neubaugebiet 2 .....	203
9.4.6	Fallbeispiel 6 – Berg- und Ausflugsregion mit starken Belastungsvariationen .....	204
9.4.7	Fallbeispiel 7 – Entkernung großer Wohnblöcke .....	204
<b>10</b>	<b>Konsequenzen und Empfehlungen .....</b>	<b>205</b>
10.1	Berücksichtigung von NASS bei der Erarbeitung/Fortschreibung des technischen Regelwerks der DWA .....	205
10.1.1	Einleitung .....	205
10.1.2	Technisches Regelwerk der DWA .....	205
10.1.3	Analyse des technischen Regelwerks .....	207
10.1.4	Einbeziehung von NASS in das technische Regelwerk der DWA .....	207
10.2	Forschungs- und Entwicklungsbedarf .....	209
10.3	Aus- und Weiterbildungsbedarf .....	210
10.4	Hemmnisse und Chancen für die Implementierung von NASS .....	211
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>213</b>
11.1	Einleitung .....	213
11.2	Bemessungswerte .....	213
11.3	Übersicht über Neuartige Sanitärsysteme .....	214
11.4	Erfassung und Ableitung von Teilströmen .....	214
11.5	Behandlung von Teilströmen .....	216
11.6	Stoffliche Nutzung von Produkten aus Neuartigen Sanitärsystemen in der Landwirtschaft .....	221
11.7	Systemübergreifende Bewertung .....	222
11.8	Anwendungsbeispiele .....	222
11.9	Implementierung .....	222
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>225</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>247</b>