

Neuartige Sanitärsysteme

Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Braun-, Gelb-, Grau- und Regenwasser, Stoffliche Nutzung

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLEGG

Impressum:

Neuartige Sanitärsysteme
ISBN: 978-3-95773-179-1

Herausgeber:

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Bauhaus-Universität Weimar
Coudraystr. 7
99421 Weimar
Internet: <http://www.uni-weimar.de/wbbau/>

in fachlicher Kooperation mit der
DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef

Bezugsmöglichkeiten:

Bauhaus-Universitätsverlag als Imprint von VDG Weimar
www.vdg-weimar.de
T: 03643-83030
F: 03643-830313

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Bauhaus-Universität Weimar
Coudraystr. 7
99421 Weimar
T: 03643-584627
F: 03643-584637
info@bauing.uni-weimar.de
www.uni-weimar.de/wbbau/

DWA
T: 02242 872333
F: 02242-872100
kundenzentrum@dwa.de
www.dwa.de

Redaktion: Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Satz und Layout: Dipl.-Ing. Roy Holzhey

Druck: Schätzl Druck GmbH & Co. KG, Donauwörth

Kromsdorf, 2. Auflage 2015

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind über <http://d-nb.de> abrufbar.

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG



Vorwort

In der deutschen Wasserwirtschaft werden die Auswirkungen und die Konsequenzen von Änderungen der Randbedingungen kontrovers diskutiert. Klimawandel, demografische Entwicklung und Ressourcenverknappung sind hier die wesentlichen Themen. Weitere Herausforderungen ergeben sich aus dem Sanierungsbedarf der Kanalisation und weitergehender Anforderungen wie Hygienisierung und Entfernung von Mikroschadstoffen.

Erste Gedanken, das System grundsätzlich anders zu gestalten, wurden in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts primär aus universitärer Sicht publiziert und einige Pilotprojekte realisiert. Beim neuen Konzept standen die Stoffströme und deren Nutzung im Vordergrund. Die Konzepte bekamen Namen wie alternative Sanitärkonzepte, ökologische Sanitärkonzepte (ecosan), decentral sanitation and reuse (desar) und schließlich neuartige Sanitärsysteme (NASS).

Die DWA (damals noch ATV-DVWK) hat zum Thema der alternativen Sanitärkonzepte im Jahre 2002 einen ersten Arbeitsbericht erarbeitet, in dem Überlegungen zum Thema dargelegt wurden. Im Jahre 2004 wurde ein neuer Fachausschuss KA 1 gegründet, mit dem Ziel, Überlegungen und Erfahrungen zu Neuartigen Sanitärsystemen systematisch darzustellen und zu bewerten. Das Ergebnis liegt seit 2008 mit einem DWA-Themenband vor, der von einer Vielzahl von sehr engagiert ehrenamtlich arbeitenden Mitgliedern in den damals 6 Arbeitsgruppen und dem Fachausschuss erarbeitet wurde. Ein wesentlicher Meilenstein in der Arbeit des DWA-Fachausschusses war das 2014 erschienene, in der Arbeitsgruppe KA 1.4 unter Leitung durch Herrn Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand erarbeitete Arbeitsblatt A 272 „Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)“.

Obwohl es sich um ein neues und kontrovers diskutiertes Thema handelt, fanden sich neben vielen Universitäten und Hochschulen auch Ingenieurbüros und namhafte Betreiber, die es ihren Mitarbeitern ermöglichten, bei dieser DWA-Arbeit mitzuwirken. An dieser Stelle möchte ich allen Beteiligten für ihren großen persönlichen Einsatz danken.

Innerhalb des Weiterbildenden Studiums „Wasser und Umwelt“ wurde das Gebiet der Neuartigen Sanitärsysteme bereits kurz und mit einigen Teilaspekten innerhalb des Kurses WW59 „Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum“ angerissen. Dank der guten und intensiven Zusammenarbeit mit der DWA auf den Gebieten der Siedlungswasserwirtschaft und des Wasserbaus konnten nunmehr die Ergebnisse der Arbeiten des o.a. Fachausschusses genutzt werden, um den Kurs WW92 „Neuartige Sanitärsysteme“ zu erstellen.

Wir danken allen, die an der Bearbeitung der vorliegenden Ausgabe mitgewirkt haben, recht herzlich. Dieser Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Sonja Sauer (inawa Weimar), Herrn Dr.-Ing. Christian Springer und seinen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Weiterbildenden Masterstudiengangs „Wasser und Umwelt“ der Bauhaus-Universität Weimar, vor allem Frau Simone Conrad, M. Sc. für die Neustrukturierung und Aktualisierung einzelner Kapitel sowie Herrn Dipl.-Ing. Roy Holzhey – verantwortlich für den Satz und die Gestaltung. Weiterer Dank gilt den in Kapitel 1 aufgezählten Mitgliedern der Arbeitsgruppen des Fachausschusses, die die Beiträge zu diesem Buch geleistet haben.

Einen speziellen Dank richten wir an das Thüringer Kultusministerium, das im Rahmen einer mehrjährigen Projektförderung die Bearbeitung und Herausgabe der ersten Auflage erst ermöglichte.

Ich hoffe, dass das Studium dieses neuen Kurses hilft, die sich vor dem Hintergrund des Wandels bietenden Chancen zu nutzen.

Weimar, im März 2015

Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong

(Bauhaus Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is), Professur Siedlungswasserwirtschaft und Obmann des DWA-Fachausschusses KA 1)

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	I
1	Einführung	1
2	Neuartige Sanitärsysteme: Begriffe	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
3	Inhaltsstoffe des häuslichen Abwassers und seiner Teilströme	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
3.A	Weitere Ergebnisse zu Konzentrationen und Frachten von Teilströmen	17
4	Übersicht zu Neuartigen Sanitärsystemen	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
5	Erfassung und Transport von Stoffströmen aus Neuartigen Sanitär- systemen	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	Urinale - 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
6	Behandlung von Teilströmen aus Neuartigen Sanitärsystemen	65
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
6.A	Qualitätsanforderungen an Brauch- und Pflegewasser	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
7	Stoffliche Nutzung von Produkten aus Neuartigen Sanitärsystemen in der Landwirtschaft	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
7.A	Pharmakakonzentrationen im Urin	147
8	Ansätze zur Bewertung Neuartiger Sanitärsysteme	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	Bewertungsbeispiel	182
9	Systemintegration: Rahmenbedingungen und Fallbeispiele	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
10	Konsequenzen und Empfehlungen	205
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
11	Zusammenfassung	213
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
	Literaturverzeichnis	225
	Stichwortverzeichnis	247