

NoMix-Technologie: Wie gut ist die Akzeptanz?

Ob sich eine neue Technologie in der Praxis durchsetzen kann, hängt von vielen Faktoren ab. Neben der technischen Überlegenheit gegenüber gängigen Lösungen spielen auch die Bedürfnisse der Beteiligten eine zentrale Rolle. Wir wollten wissen, ob der Markt bereit ist für die NoMix-Technologie, einem Sanitärkonzept zur Urinseparierung, welches das heutige System der Abwasserentsorgung grundlegend verändern würde. Umfragen bei Konsumenten und Bauern ergaben eine positive Einstellung, vorausgesetzt, die NoMix-Technologie ist adäquat, kostengünstig und sicher. Sanitärfirmen sind fähig und bereit, NoMix WCs weiterzuentwickeln. Sie warten jedoch auf ein starkes Engagement der Abwasserfachleute, denen damit eine entscheidende Rolle zukommt, der NoMix-Technologie den Weg in die Praxis zu ebnen.

Die Siedlungsentwässerung wurde ursprünglich als Transportsystem konzipiert. Ihr Prinzip hat sich in den letzten hundert Jahren kaum verändert. Mehr und mehr realisieren die Abwasserfachleute, dass es schwierig ist, mit dem alten System den modernen Ansprüchen im Gewässerschutz gerecht zu werden. Auf der einen Seite gibt es immer noch Lücken im Abwasserentsorgungssystem, z.B. durch Häuser, die nicht

an die Kanalisation angeschlossen sind, oder durch undichte Kanäle oder Hochwasserentlastungen, bei denen ungereinigte Abwässer direkt in die Gewässer oder ins Grundwasser abfließen. Auf der anderen Seite steigen die Anforderungen an die Kläranlagen stetig; noch weiss man zum Beispiel nicht, ob so genannte Mikroverunreinigungen wie Pharmazeutika und hormonaktive Substanzen, die grösstenteils

mit dem Urin ausgeschieden werden, mit vertretbarem Aufwand in der Kläranlage eliminiert werden können. Massnahmen an der Quelle – wie die Urinseparierung – wären ein Ausweg aus dieser Situation. Zudem macht Urin weniger als 0,5% des häuslichen Abwasservolumens aus, ist aber für den Grossteil der Nährstoffe im Abwasser verantwortlich. Urin trägt damit massgebend zur Belastung der Kläranlagen bei. Die separate Sammlung und Behandlung von Urin eröffnet daher vollkommen neue Möglichkeiten, die Abwasserbehandlung effizienter zu gestalten [1].

Urinseparierung durch die NoMix-Technologie

Mittels NoMix WC, einer speziell konstruierten Toilette, kann der Urin relativ einfach in einem Urintank gesammelt und zu günstigen Zeiten zur Kläranlage transportiert werden, sei es durch das bestehende Kanalisationssystem oder durch eigens eingesetzte Lastwagen. Ausserdem kann die NoMix-Technologie durch spezielle Urinaufbereitungsanlagen ergänzt werden (Tab. 1). Solche Anlagen wären von Vorteil, weil damit Mikroverunreinigungen leichter eliminiert werden könnten. Zudem kann der rohe Urin zu einem Düngerprodukt aufbereitet werden, der anstelle von Kunstdünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Die Technologieversion A – getrennte Sammlung und Ausbringen des gelagerten Urins als Dünger – wird schon heute angewendet. Die Versionen B und C sind hingegen neu, sie können jedoch einfach in die bestehende Kanalisation integriert werden und bieten Vorteile für die Kläranlagen (Tab. 1). Durch die NoMix-Technologie könnten also die heutigen Kläranlagen effizienter betrieben, der Gewässerschutz verbessert und Nährstoffkreisläufe geschlossen werden. Die EAWAG befasst sich im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts NOVAQUATIS mit der NoMix-Technologie [2] und untersucht neben Fragen zur Sanitärtechnologie, zu Lagerung, Transport und Aufbereitung des Urins und zur Düngerherstellung



Y. Lehnhard, EAWAG

Würden Sie dieses Gemüse kaufen, wenn Sie wüssten, dass es mit einem Urindünger produziert worden ist?

Positive Resonanz bei Konsumenten und Bauern

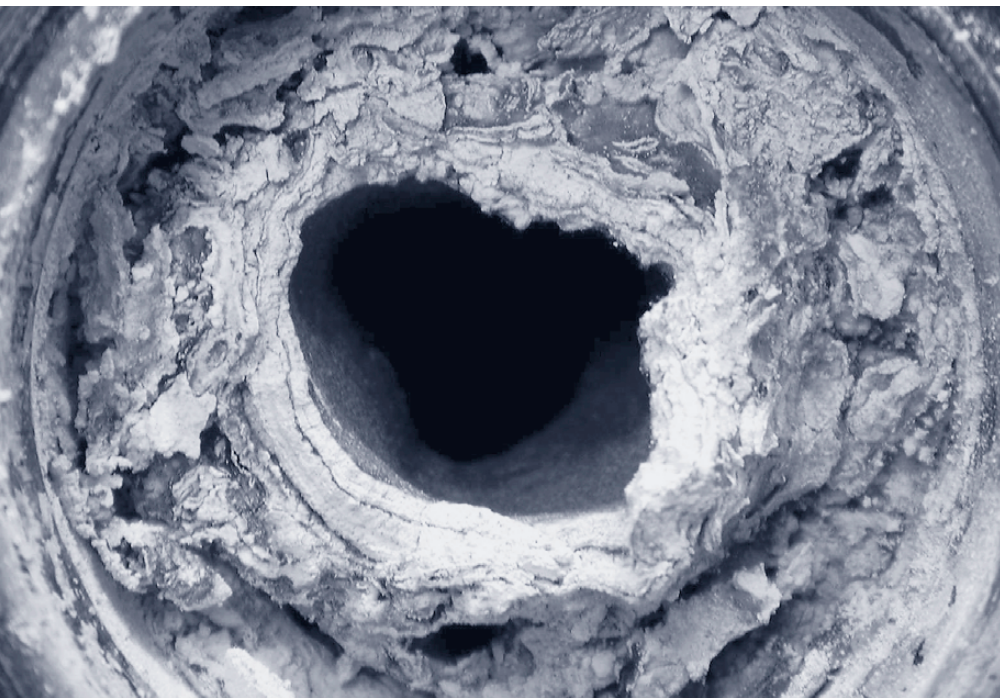
Die Haltung der Konsumenten gegenüber der NoMix-Technologie wurde in Form von Fokusgruppen untersucht [3]. Fokusgruppen sind moderierte Gruppendiskussionen mit informierten Bürgern zu einem bestimmten Thema. Die 44 Teilnehmerinnen und Teilnehmer informierten sich mit einem computergestützten Informationssystem [4] und besuchten ein NoMix WC. 71% der Männer und 89% der Frauen fanden das NoMix WC gut oder sehr gut. Von den Männern würden 88% in eine Wohnung mit NoMix WC ziehen, aber nur 42% würden selbst ein NoMix WC anschaffen. Bei den Frauen könnten sich 79% eine Mietwohnung mit NoMix WC vorstellen und sogar 63% wären bereit, ein NoMix WC zu kaufen. Es war den Konsumentinnen und Konsumenten sehr wichtig, das heutige Komfortniveau beizubehalten und Zusatzkosten zu vermeiden. Interessanterweise gaben nur 16% der Männer an, sich beim Urinieren nicht hinzusetzen – eine Voraussetzung für das richtige Funktionieren der heute erhältlichen NoMix WC. Mit 72% würde die Mehrheit der Befragten auch Lebensmittel kaufen, die mit einem Urindünger gezo-gen wurden und so-

gar 80% ziehen den Urindünger einem konventionellen Kunstdünger vor. Die Befragten unterstrichen jedoch, dass jegliches Risiko bezüglich Hygiene oder Mikroverunreinigungen ausgeschlossen werden müsse. Eine Briefumfrage bei 467 Bauern der deutschen Schweiz ergab ähnliche Resultate [5]. Leider kann diese Studie nicht als repräsentativ betrachtet werden; einerseits, weil nur 27% der ausgesandten Fragebögen zurückkamen, und andererseits, weil sich die Antworten der IP- (integrierte Produktion) und Bio-Bauern signifikant unterschieden. Die Umfrage lieferte trotzdem erste wichtige Hinweise. Für 57% der Bauern ist die Urinseparierung eine gute oder sehr gute Idee und 42% würden einen Urindünger kaufen. Die Marktchancen für einen Urindünger sind wahrscheinlich dort am grössten, wo sowieso Dünger zugekauft wird, insbesondere in der IP- und Gemüseproduktion. Auch für die Bauern ist ein risikofreier Dünger unabdingbar: 30% hatten Bedenken, dass der Dünger Mikroverunreinigungen enthalten könnte. Bevorzugt würde ein geruchloser, körniger Stickstoffdünger. Aus diesen ersten Umfragen schliessen wir, dass die NoMix-Technologie durchaus akzeptiert werden könnte, falls sie billig, sicher

auch, ob diese Technologie die nötige Akzeptanz bei den beteiligten Akteuren finden wird. Bisher wurden neue Technologien in der Abwasserwirtschaft von Fachleuten ohne Beteiligung der Bevölkerung entwickelt. Dies ist für die Urinseparierung im Haushalt nicht angebracht. NOVAQUATIS bezieht deswegen Menschen, die das NoMix WC benutzen, Bauern, die den Urindünger ausbringen sowie Sanitärfirmen und Abwasserfachleute, die die Technologie voranbringen sollen, schon früh in den Forschungsprozess mit ein. In diesem Artikel stellen wir Ergebnisse aus verschiedenen Umfragen und einer theoretischen Analyse vor.

	NoMix-Technologieversion		
	A	B	C
Dauer der Speicherung	6 Monate Lokale Speicherung des Urins zur Hygienisierung	3–7 Tage Kurzfristige lokale Speicherung des Urins	1–2 Tage NoMix WC mit integriertem Urinspeicher
Transport	Lastwagen	Kanalisation Zentral gesteuertes Ablassen des Urins durch bestehende Kanalisation in Nächten ohne Regen (d.h. wenn wenig andere Abwässer in der Kanalisation abfließen) Abzweigung des Urins kurz vor der Kläranlage zur zentralen Aufbereitung	Kanalisation Zentral gesteuertes Ablassen des Urins durch bestehende Kanalisation (wie bei Version B)
Urinaufbereitung	Nein	Ja In zentralen Urinaufbereitungsanlagen Entfernen von Mikroverunreinigungen und Aufbereitung zu Düngerprodukt	Ja Zusammen mit Abwasser in bestehenden Kläranlagen
Nährstoff-Recycling	Ja Direkte Nutzung des gelagerten Urins als Dünger in der Landwirtschaft	Ja Düngerprodukt für Landwirtschaft (evtl. Industrie)	Nein
Hauptzweck	Nährstoff-Recycling Verbesserte Abwasserreinigung und einfachere Kläranlagen	Nährstoff-Recycling Verbesserte Abwasserreinigung und einfachere Kläranlagen	Übergangsszenarium Ausgleichen der Nährstoffspitzen auf Kläranlage («peak-shaving»), wodurch Kapazität erhöht wird Durch Speicherung verhindern, dass Urin bei Regen via Hochwasserentlastung unbehandelt in Gewässer gelangt
Literatur	Johansson, 2001 [6]	Larsen und Gujer, 1996 [1]	Rauch et al., 2003 [12]

Tab. 1: Eigenschaften der drei NoMix-Technologieversionen [7]. Alle drei Versionen umfassen ein NoMix WC und einen Urintank.



K. Ullert, EAWAG

Durch Urinstein verstopfte Urinleitung.

und mindestens so komfortabel wie die heutige Technologie ist.

Sanitärfirmen: Absatzmarkt für NoMix fehlt noch

Die Urinseparierung ist eine seit Jahrtausenden bekannte Technologie, die vor ca. 30 Jahren in Skandinavien wieder aufgegriffen wurde. Seit 1990 werden in Schweden moderne NoMix WCs entwickelt und zwischen 1992 und 1996 wurden ca. 3000 NoMix WCs in über 15 Pilotprojekten installiert [6, 7]. Inzwischen ist ein technologisch raffiniertes und attraktives NoMix WC erhältlich [8]. Eine Weiterentwicklung im Sanitärbereich ist dennoch notwendig, da zum Beispiel das Problem der Ausfällung von Urinstein, das zum Verstopfen der Urinleitungen und zu unangenehmer Geruchsentwicklungen führen kann, noch nicht gelöst ist [9].

Seit Projektbeginn ist NOVAQUATIS in engem Kontakt mit Sanitärfirmen. Die grossen Firmen sind davon überzeugt, dass es möglich ist, moderne NoMix-Anlagen zu entwickeln. Leider ist der Markt momentan noch nicht bereit für die NoMix-Technologie, deshalb zögern die Sanitärfirmen, grössere Investitionen zu tätigen.

Abwasserfachleute an der Schlüsselstelle

Wie aber kann der NoMix-Technologie zu einer breiteren Akzeptanz und grösseren Verteilung verholfen werden? Sehr wahrscheinlich liegt der Schlüssel bei den Abwasserfachleuten. Um ihre Einstellung zu

verstehen und die Eckpunkte zu identifizieren, an denen angesetzt werden muss, damit die NoMix-Technologie vorankommt, haben wir die klassische Diffusionstheorie angewandt [10]. Sie geht von einem aus, dass fünf Hauptattribute ausschlagge-

bend sind für die Geschwindigkeit, mit der eine Innovation angenommen wird – nämlich relativer Vorteil, Kompatibilität, Komplexität, Überprüfbarkeit und Beobachtbarkeit (Definitionen siehe Tab. 2) – und zum andern zeigt sie, dass die Annahme einer Innovation über die Zeit meist einer S-förmigen Kurve folgt. Nach einer zögerlichen Anfangsphase «hebt eine erfolgreiche Innovation plötzlich ab» (Abb. 1).

Es scheint, dass die NoMix-Technologie von den Abwasserfachleuten in den meisten der fünf Attribute als nachteilig angesehen wird (Tab. 2) [7]. Im Folgenden diskutieren wir zwei besonders relevante Attribute:

- Der **relative Vorteil** einer Innovation gegenüber der bestehenden Technologie wird oft mit einer Kosten-Nutzen-Analyse ermit-

Definition der Attribute (gemäss Rogers, 1983 [10])	Mögliche Haltung von Abwasserfachleuten
Der relative Vorteil beschreibt das Ausmass, zu dem eine Innovation im Vergleich zur gängigen Technologie oder Idee als überlegen wahrgenommen wird (ökonomischer Vorteil, Statuserhöhung etc.).	Grosse Unsicherheiten: <ul style="list-style-type: none"> ■ Nutzen für Ökologie gross, aber schlecht quantifizierbar ■ Kosten in Anfangsphase unklar
Die Kompatibilität beschreibt das Ausmass, zu dem eine Innovation von potenziellen Benutzerinnen und Benutzern als konsistent mit soziokulturellen Werten und Ansichten, Erfahrungen und Bedürfnissen wahrgenommen wird.	<ul style="list-style-type: none"> ■ NoMix-Technologie muss ihre Überlegenheit in der Praxis beweisen ■ Paradigmawechsel von zentraler Abwasserbehandlung in Kläranlage zu dezentralem System «an der Quelle» nötig ■ Widerspruch zu traditionellem Problemlösungsverständnis
Die Komplexität beschreibt das Ausmass, zu dem eine Innovation als schwierig zu verstehen und anzuwenden wahrgenommen wird (nicht zu verwechseln mit dem naturwissenschaftlichen Verständnis von «Komplexität»).	Trennung flüssiger Abfälle: <ul style="list-style-type: none"> ■ evtl. schwierig zu verstehen (aber von Feststoffen bestens bekannt) ■ technologische Herausforderung
Die Überprüfbarkeit beschreibt, ob mit einer Innovation auf limitierter oder Pilot-Ebene experimentiert werden kann.	Limitierte Überprüfbarkeit, v.a. der Technologieversionen B und C (Tab. 1)
Die Beobachtbarkeit beschreibt, ob die Auswirkungen oder Vorteile einer Innovation für andere sichtbar sind.	Limitierte Beobachtbarkeit, da: <ul style="list-style-type: none"> ■ präventive Massnahmen ■ lange Zeiträume ■ abstrakte Konzepte

Tab. 2: Die fünf Attribute, die in vielen Fällen für die Diffusionsgeschwindigkeit einer Innovation ausschlaggebend sind [10], und ihre Anwendung auf die mögliche Haltung von Abwasserfachleuten gegenüber der NoMix-Technologie [7].

telt, z.B. indem der ökologische Vorteil den monetären Kosten gegenübergestellt wird. Eine solche Analyse ist für die NoMix-Technologie schwierig, da die Unsicherheiten, vor allem bezüglich Kosten, in der Anfangsphase sehr gross sind. Eine relativ kostengünstige Technologie wie z.B. Version C (Tab. 1), die es erlaubt, bereits im System getätigte Investitionen abzuschreiben, wird demzufolge die besten Chancen haben.

■ Die **Kompatibilität** von NoMix mit der existierenden Technologie wird als gering eingeschätzt. Gerade Abwasserfachleute sind – zu Recht – davon überzeugt, dass das bestehende System bezüglich Hygiene und Komfort sehr erfolgreich ist. Eine neue Technologie muss deshalb erst beweisen, dass sie ebenbürtig ist. Ein weiteres Hindernis, das die Umsetzung der NoMix-Technologie hemmt, ist die Tatsache, dass ein Paradigmawechsel vollzogen werden muss – weg von der zentralen Abwasserbehandlung in Kläranlagen, hin zur dezentralen Sammlung und Aufbereitung von Urin. Viele Abwasserfachleute sehen aber wahrscheinlich keine unmittelbare Notwendigkeit für eine radikale Abkehr vom gebräuchlichen System. Bisher konnten neu auftretende Probleme oft in einem einzigen Schritt auf der Kläranlage gelöst werden. Die Suche nach konzeptionell völlig neuen Ideen zur gleichzeitigen Lösung einer Vielzahl von Problemen entspricht daher nicht dem traditionellen Verständnis. Somit dürften auch

hier Technologieversionen, die einfach ins bestehende System integriert werden können, am erfolgreichsten sein.

Diese erste Analyse [7] könnte erklären, warum die Verbreitung der NoMix-Technologie unter Abwasserfachleuten nur langsam vorangeht. Weitere Studien sind nötig, um diejenigen Faktoren noch genauer zu charakterisieren, die der NoMix-Technologie zu einem erfolgreichen «Abheben» verhelfen könnten. Dabei spielen Pilotprojekte, die eine erfolgreiche Anwendung in der Praxis demonstrieren, eine wichtige Rolle [11].

Erstes Pilotgebäude mit NoMix-Technologie: Kantonsbibliothek Liestal

Die Kantonsbibliothek Basel-Landschaft in Liestal wird als erster Bau in der Schweiz vollständig mit der NoMix-Technologie ausgestattet. Die Anlage zur Urinseparierung umfasst neben den NoMix WCs und dem Urintank auch eine Computersteuerung zur Tankentleerung. Mitte 2005 soll das Pilotgebäude fertig gestellt sein. Es bietet beste Bedingungen für die Erprobung der neuen Sanitärtechnologie, denn die Toilettenanlagen werden durch ein gemischtes und interessiertes Publikum aus allen Bevölkerungsschichten stark frequentiert werden. Basierend auf den gemachten Erfahrungen will man im Anschluss an die Erprobungsphase Richtlinien für zukünftige Bauprojekte definieren [11].

In kleinerem Rahmen wird die NoMix-Technologie bereits in einer Reihe anderer Projekte auf ihre Eignung überprüft. So sind in einer grösseren schweizerischen Stadt vier Wohnungen mit NoMix WCs ausgestattet und seit einigen Jahren sind an der EAWAG und der Fachhochschule beider Basel (FHBB) einige NoMix WCs im Einsatz.

Diese Projekte sind überaus wichtig, um die Schwachstellen der neuen Sanitärtechnologie zu erfassen und um die Akzeptanz bei Benutzerinnen mittels Umfragen zu ermitteln. Aus den gemachten Erfahrungen werden Vorschläge für die Weiterentwicklung des NoMix WCs an die Sanitärindustrie gemacht.

Insgesamt gesehen scheint die Gesellschaft offen zu sein für die neue, unkonventionelle NoMix-Technologie, und auch die Sanitärfirmen sind bereit, entsprechende Weiterentwicklungen voranzutreiben. Die Anerkennung der NoMix-Technologie durch die Abwasserfachleute ist daher wahrscheinlich der kritischste Faktor für eine erfolgreiche Diffusion. Übergangsszenarien, welche einfach ins bestehende System integriert werden können (Version C, Tab. 1), haben gute Chancen, bei allen Akteuren – inklusive Abwasserfachleuten – auf eine hohe Akzeptanz zu stossen.



Judit Lienert, Biologin, ist Projektkoordinatorin und stellvertretende Projektleiterin von NOVAQUATIS. Ihr Interesse gilt der inter- und transdisziplinären Forschung und der Schnittstelle von Wissenschaft und Praxis.



Tove A. Larsen, Chemieingenieurin und Projektleiterin von NOVAQUATIS. Sie untersucht Möglichkeiten zur Einführung einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft.

Weiterführende Informationen unter www.novaquatis.eawag.ch

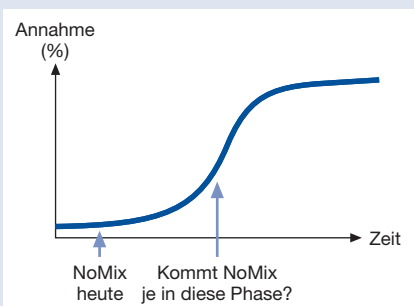


Abb. 1: Die Diffusion von Innovationen [10]. Nach einer zögerlichen Anfangsphase «hebt eine erfolgreiche Innovation plötzlich ab».

- [1] Larsen T.A., Gujer W. (1996): Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine). *Water Science and Technology* 34, 87–94.
- [2] Lienert J., Larsen T.A. (2002): Urinseparierung – eine Alternative für die schweizerische Siedlungswasserwirtschaft? *gwa – Gas Wasser Abwasser* 11, 819–826.
- [3] Pahl-Wostl C., Schönborn A., Willi N., Muncke J., Larsen T.A. (2003): Investigating consumer attitudes towards the new technology of urine separation. *Water Science and Technology* 48, 57–65.
- [4] www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/lernspiel_de.html
- [5] Lienert J., Haller M., Berner A., Stauffacher M., Larsen T.A. (2003): How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine). *Water Science and Technology* 48, 47–56.
- [6] Johansson M. (2001): Urine separation – closing the nutrient cycle. Final report on the R&D project «Source-separated human urine – a future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region?» Stockholm Water Company, Stockholm, 40 p.
- [7] Larsen T.A., Lienert J. (2002): Societal implications of re-engineering the toilet. Proceedings of the IWA Leading Edge Conference Series «Sustainability in the Water Sector», Venice, p. 29. *Water Intelligence Online*, submitted.
- [8] www.roevac.com
- [9] Udert K., Larsen T.A., Gujer W. (2003): Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems. *Water Research* 37, 2571–2582.
- [10] Rogers E.M. (1983): *Diffusion of Innovations*. Collier Macmillan Publishers, London, 453 p.
- [11] Kühni M., Koch G., Ott E. (2002): Zukunftsweisende Sanitär- und Abwassertechnik – Erstes Pilotprojekt der Schweiz für Urinseparierung, -speicherung und -steuerung im technischen Massstab. *gwa – Gas Wasser Abwasser* 11, 827–835.
- [12] Rauch W., Brockmann D., Peters I., Larsen T.A., Gujer W. (2003): Combining urine separation with waste design: an analysis using a stochastic model for urine production. *Water Research* 37, 681–689.