

MODULARE KLEINKLÄRANLAGEN – LOHNT ES SICH?

Modulare, dezentrale Kleinkläranlagen sind heute noch zu teuer und für den breiten Einsatz nicht geeignet. Das kann sich in naher Zukunft aber ändern und die optimale Versorgung heute zentral erschlossener Gebiete dramatisch beeinflussen. Für ländliche und suburbane Gebiete lohnt sich deshalb eine frühzeitige Auseinandersetzung mit den modularen Kleinkläranlagen, um nicht von der Entwicklung überrollt zu werden.

André Müller, Ecoplan*

Roman Elbel, Ecoplan

RÉSUMÉ

UTILISATION DE PETITES STATIONS D'ÉPURATION MODULAIRES – LE JEU EN VAUT-IL LA CHANDELLE?

Quels rôles les petites stations d'épuration modulaires et décentralisées peuvent-elles jouer dans la gestion des eaux urbaines en Suisse à l'avenir? Dans le cadre du projet COMIX du Programme national de recherche «Economie durable» (PNR 73), Ecoplan a développé un modèle d'optimisation qui représente l'infrastructure centrale existante d'évacuation des eaux usées et qui permet de surcroît le recours ultérieur à des installations modulaires. Deux études de cas se basant sur des données réelles ont été réalisées avec le modèle. Les résultats montrent que les installations modulaires engendrent un potentiel d'économies considérable du seul point de vue des coûts. Cela tient notamment au fait qu'une partie du réseau de conduites existant ne devrait plus être renouvelé dans les zones rurales. Si l'on a recours à des installations modulaires encore moins coûteuses, on observe même des effets de basculement: à partir d'un certain niveau de coût, approvisionner de manière modulaire des zones entières sur le long terme se révèle efficace. Afin d'exploiter à longue échéance le potentiel des installations modulaires, il est central que les décideurs et exploitants des infrastructures d'évacuation des eaux usées se penchent dès à présent sur l'utilisation possible des installations modulaires et qu'ils tiennent compte de cette option dans leur planification à long terme.

ZENTRALE VERSUS MODULARE, DEZENTRALE ABWASSERINFRASTRUKTUR

Wie sieht die Schweizer Siedlungswasserwirtschaft in Zukunft aus? Der Artikel von *Truffer et al.* in dieser Ausgabe (S. 60) befasst sich mit den technischen Entwicklungen und Szenarien im Zusammenhang mit modularen Kleinkläranlagen wie auch mit den davon ausgehenden Chancen und Herausforderungen für die Schweiz. Dies wirft die Frage auf, welche Rolle modulare Anlagen mittel- und langfristig in der Schweiz spielen können. Neben dem immer wichtiger werdenden Umweltgedanken spielen dabei auch finanzielle Überlegungen eine Rolle: Lohnt sich ein Technologiewechsel von der bewährten, zentralen zu einer modularen, dezentralen Abwasserinfrastruktur? Falls ja, in welchen Gebieten? Im Rahmen des Projekts COMIX des Nationalen Forschungsprogramms NFP 73 «Nachhaltige Wirtschaft» ist Ecoplan diesen Fragen nachgegangen und hat dazu das ökonomische Optimierungsmodell COMMIT² entwickelt, das die bestehende, zentrale Abwasserinfrastruktur abbildet und zusätzlich den künftigen Einsatz von modularen, dezentralen Anlagen erlaubt. Damit ist es möglich, das Potenzial modularer Reinigungsanlagen für einzelne Räume oder ganze Einzugsgebiete zu untersuchen. Konkret wird analysiert, in welchen Teilen der untersuchten Perimeter der Einsatz modularer An-

* Kontakt: mueller@ecoplan.ch

(© Adobe Stock)

lagen bei optimaler Planung aus rein finanzieller Perspektive langfristig effizient ist und wie der kostenoptimale Transitionsfad hin zu dieser Lösung aussehen würde.

MODELL ERLAUBT PRAXISNAHE POTENZIAL-ANALYSE

Die heutige Siedlungsentwässerung ist ein komplexes System mit vielen verschiedenen Elementen, und mit der Einführung alternativer Technologien erhöht sich der Komplexitätsgrad noch zusätzlich. COMMIT² erfasst nicht nur die kostentreibenden Grundelemente wie Bau- und Unterhaltskosten von Anlagen und Leitungen, sondern optimiert das Gesamtsystem über einen langen Zeithorizont unter Einbezug der Einnahmeseite und der individuellen Wahlentscheidungen der einzelnen Hausbesitzer. Ein wichtiger Punkt ist dabei der Umgang mit der bestehenden Infrastruktur: Aus finanzieller Sicht ist es fast immer effizient, das bereits bestehende zentrale Leitungsnetz noch so lange wie möglich zu nutzen und, wenn überhaupt, erst dann auf modulare Anlagen umzusteigen, wenn bei der bestehenden Infrastruktur eine Sanierung oder ein Ersatzneubau ansteht. Daher ist es entscheidend, die Altersstruktur der bestehenden Kanalisation in die Analyse miteinzubeziehen. Ebenfalls wichtig sind Abhängigkeiten im Leitungssystem und die Auswirkungen auf die zentrale ARA: Ist beispielsweise die Sanierung einer langen Zuleitung in eine Berggemeinde sehr teuer, könnte es sich aus finanzieller Sicht lohnen, wenn die gesamte Gemeinde auf einmal auf modulare Lösungen umsteigt. Ist dies im Perimeter der zentralen ARA mehrfach der Fall, könnte sich dies potenziell auf die zukünftig nötige Kapazität der ARA auswirken. All diese Mechanismen sind im Modell COMMIT² berücksichtigt.

FALLSTUDIEN ZEIGEN POTENZIAL MODULARER ANLAGEN

COMMIT² wurde in zwei realen Fallstudien erfolgreich getestet. Analysiert wurde ein grösseres, ländlich geprägtes Seitental im Berggebiet, das über ein relativ weit verzweigtes Netz an Abwasserleitungen verfügt und heute durch eine längere Zuleitung mit einer mittgrossen zentralen ARA verbunden ist. Als zweites Fallbeispiel wurde ein von Einfamilienhäusern geprägtes Gebiet

am Rand eines urbanen Zentrums untersucht, dessen Abwasser durch die ARA der benachbarten Stadt behandelt wird. Für beide Fallstudien wurde COMMIT² separat und – wo vorhanden – mit realen Daten aus den Leitungskatastern und den Finanzbuchhaltungen parametrisiert. Diese Daten wurden für dieses Projekt von den jeweiligen Netzbetreibern zur Verfügung gestellt. Bei den modularen Anlagen wurde ein stilisiertes, aber plausibles Produkt abgebildet, dessen Eigenschaften und Kosten in *Box 1* genauer beschrieben werden.

HYBRID-SYSTEME LANGFRISTIG GÜNSTIGER

COMMIT² geht von der heute bestehenden Abwasserinfrastruktur aus und sucht nach derjenigen Kombination von zentraler und modularer Abwasserentsorgung, die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht über die nächsten rund 100 Jahre am günstigsten kommt. In den untersuchten Fallbeispielen sprechen rein finanzielle Gesichtspunkte für den Ein-

satz von modularen, dezentralen Anlagen (vgl. *Tab. 2*). Richtig eingesetzt, erscheint ein Hybrid aus zentraler und modularer Abwasserentsorgung in beiden Fallstudien günstiger als der Fortbestand des heutigen zentralen Systems. Die Resultate zeigen aber auch Unterschiede im optimalen Anteil modularer Technologien: Während im Szenario des Einfamilienhausquartiers am Stadtrand der Einsatz modularer Anlagen langfristig nur bei rund 4% aller Häuser günstiger ist, ist dies, gemäss Modellberechnungen, im ländlich geprägten Berggebiet bei jedem fünften Haus der Fall. Intuitiv ist dies plausibel, denn es handelt sich bei den neu modular versorgten Gebäuden häufig um Häuser in vergleichsweise dünn besiedelten Gebieten, wo die Erneuerung des bestehenden öffentlichen Leitungsnetzes oder der privaten Hauszuleitungen relativ teuer wäre. Anschaffung und Betrieb modularer Anlagen sind in diesen Fällen günstiger als der Ersatz der Hauszuleitung oder der Feinerschliessung.

KOSTEN MODULARER ANLAGEN SINKEN MIT DER MASSENPRODUKTION

Bei der Abbildung modularer Anlagen im Modell wurde kein bestimmtes reales Produkt unterstellt, sondern eine stilisierte Kleinkläranlage, die angesichts der Industriedynamik in naher Zukunft realistisch erscheint. Weiter wurde angenommen, dass eine Anlage pro Haus installiert wird und dass diese betreffend Reinigungsleistung äquivalent zu einer zentralen Anlage ist. Denkbare umwelttechnische Vorteile modularer Anlagen wurden in der Analyse nicht berücksichtigt.

Auf der Kostenseite ist es entscheidend, alle relevanten Faktoren miteinzubeziehen (*Tab. 1*). Dazu gehören neben den eigentlichen Anschaffungskosten (abhängig von der Anlagengrösse) und Ausgaben für Installation und Betrieb auch Opportunitätskosten. Letztere entstehen dadurch, dass die Anlage beispielsweise im Keller Platz braucht, der anderweitig hätte verwendet werden können. Zusätzlich wurde angenommen, dass die Anschaffungskosten für modulare Anlagen aufgrund steigender Produktionskapazitäten in den nächsten 20 Jahren noch sinken werden.

Unter diesen Annahmen kostet eine Anlage für 6 Einwohnerwerte im Jahr 2040 bei einer Lebenszeit von 20 Jahren rund 16 000 Franken. Hinzu kommen laufende Servicekosten von ca. 300 Franken pro Jahr unter der Annahme, dass die Anlage weitestgehend vollautomatisch überwacht und der Abtransport etwaiger Reststoffe effizient organisiert wird.

Kosten (Basisannahmen)	im Jahr 2020	im Jahr 2040
Anschaffungskosten	10 100 Franken	4800 Franken
Installationskosten	4000 Franken	
Opportunitätskosten (u. a. Platzbedarf)	7200 Franken (über die gesamte Lebensdauer)	
Total Investitionskosten	21 300 Franken	16 000 Franken
pro Jahr und EW	207 Franken	155 Franken
Laufende Servicekosten	300 Franken/ Jahr	
Lebensdauer Anlage	20 Jahre	

Tab. 1 Basisannahmen für die Kosten modularer Anlagen; im Beispiel für eine Anlage mit sechs Einwohnerwerten.

Box 1

Auswirkungen unter Basisannahmen	EFH-Quartier am Stadtrand	Ländlich geprägtes Seitental
Anteil Häuser mit modularen Anlagen	4%	18%
Anteil der Leitungsmeter der Kanalisation, der nicht mehr erneuert wird	4%	33%
Effizienzgewinn pro Jahr und Haus im Perimeter	41 Franken	97 Franken
Effizienzgewinn in % der Kosten des zentralen Systems im Perimeter	4%	6%

Tab. 2 Auswirkungen des langfristig optimalen Einsatzes modularer Anlagen unter Basisannahmen.

Insgesamt müsste im Szenario des ländlich geprägten Berggebiets rund ein Drittel des bestehenden Leitungsnetzes nicht mehr betrieben werden.

Die wegfallenden Kosten für Sanierung und Betrieb eines Teils des Kanalisationsnetzes sind auch der Haupttreiber für die in Tabelle 2 gezeigten Effizienzgewinne. Diese fallen mit 40 bis 100 Franken pro Haus und Jahr zwar auf den ersten Blick nicht besonders gross aus. Der Wert kumuliert sich aber über die Jahre und wird rasch gross, selbst wenn man die Ergebnisse nur vorsichtig auf den gesamten ländlichen Raum extrapoliert. Im Gegensatz dazu spielen modulare Anlagen in städtischen Gebieten nur eine kleine Rolle, da dort das Kanalisationsnetz engmaschiger ist und intensiver genutzt wird. Hinzu kommt, dass in den städtischen Räumen das Versickerungspotenzial für Regenwasser – zumindest heute noch – beschränkt ist und die Abwasserleitungen in Mischsystemen unter solchen Bedingungen nicht vollständig stillgelegt werden können. Im ländlichen Raum ist dies häufig anders, weil dort die direkte Versickerung des Regenwassers eine realistische Option darstellt.

Damit stellen modulare Reinigungsanlagen eine echte Alternative für den ländlichen Raum und suburbane Gebiete dar. Richtig eingesetzt, reicht ihr Potenzial weit über den vereinzelt Einsatz – beispielsweise für abgelegene Gebäude wie SAC-Hütten – hinaus.

DISRUPTIVE MODULARE TECHNOLOGIE

Wie entwickelt sich der optimale Einsatz modularer Anlagen, wenn diese teurer oder günstiger werden als in den vorausgegangenen Abschnitten angenommen? Die Antwort auf diese Frage illustriert Figur 1, die den gesamtwirtschaftlich optimalen Durchdringungsgrad (in %) in Abhängigkeit von den Gesamtkosten einer modularen Anlage im Jahr 2040

zeigt. Die vorgängig unterstellten Kosten sind als Basisannahmen in Figur 1 speziell gekennzeichnet.

Interessant ist insbesondere, was passiert, wenn der Optimierung geringere Kosten als bisher unterstellt werden. In beiden Fallbeispielen hat die modulare, dezentrale Abwassertechnologie ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes

Disruptionspotenzial: Werden die modularen Anlagen immer billiger, steigt der optimale Durchdringungsgrad mit modularen Anlagen sprunghaft an. Es ist plötzlich grossflächig effizienter, modulare Anlagen einzusetzen, als den Anschluss an das zentrale Netz beizubehalten. Erwartungsgemäss tritt dieser Effekt im ländlichen Gebiet früher auf, d. h. bei höheren Kosten für die modularen Anlagen, als beim Einfamilienhausquartier am Stadtrand. Bei Kosten für modulare Anlagen von ca. 13 000 Franken lohnt es sich im analysierten ländlich geprägten Berggebiet nicht mehr, die Transportleitung zur zentralen ARA zu erneuern. Mit anderen Worten, modulare Anlagen müssen nur wenig günstiger sein als gemäss den Basisannahmen und sie würden aus gesamtwirtschaftlicher Sicht für das ge-

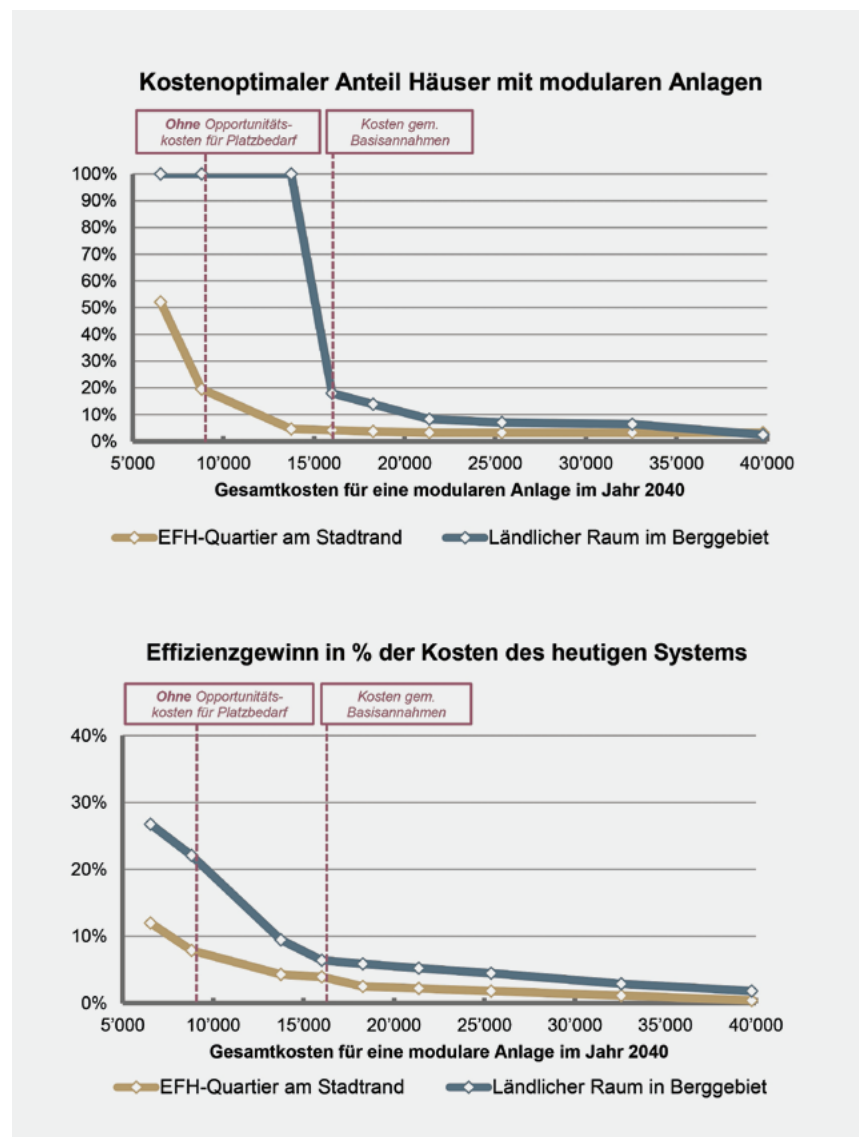


Fig. 1 Langfristig optimaler Anteil Häuser mit modularen Anlagen bei kostenoptimalem Einsatz modularer Technologien (oben) und daraus resultierender Effizienzgewinn relativ zum heutigen System (unten), jeweils in Abhängigkeit von den Gesamtkosten modularer Anlagen.

samte Tal zur kostengünstigsten Wahl. Dies ist vor allem auch deshalb interessant, weil Kosten unter 13 000 Franken speziell in ländlichen Gebieten nicht unplausibel erscheinen, denn die Opportunitätskosten für den Platzbedarf werden hier möglicherweise weniger hoch eingeschätzt, als dies in den Basisannahmen vorgesehen ist.

Betrachtet man zusätzlich zum Durchdringungsgrad die daraus entstehenden Effizienzgewinne, zeigt sich das erwartete Muster von steigenden Gewinnen bei günstiger werdenden Anlagen. Die Einsparungen bewegen sich dabei je nach Preisentwicklung zwischen 5 und 20 Prozent der Kosten des heutigen Systems, wobei die höheren Werte primär bei günstiger Preisentwicklung der modularen Anlagen und in dünn besiedelten Gebieten realistisch sind, die für modulare Anlagen prädestiniert sind.

LANGFRISTIGE PLANUNG NÖTIG FÜR ERFOLGREICHE TRANSITION

Die oben ausgeführten Analysen zum Potenzial modularer Anlagen basierten auf der Annahme, dass diese gesamtwirtschaftlich gesehen am richtigen Ort zum richtigen Zeitpunkt eingesetzt werden. In der Praxis ist die Umsetzung aber komplizierter und setzt zum Beispiel eine Lockerung der heutigen Anschlusspflicht voraus (Genauerer hierzu findet sich im Artikel von *Lieberherr et al.* in der kommenden *Aqua & Gas*-Ausgabe). Ein in die Praxis umsetzbares Vorgehen wäre, dass Gemeinden oder Kantone – beispielsweise im Rahmen der Aktualisierungen der GEP – eine Auslegeordnung zum möglichen Einsatz modularer Anlagen vornehmen und Gebiete festlegen, wo mittelfristig auf die Sanierung des Kanalisationsnetzes verzichtet wird und stattdessen auf modulare Technologien gesetzt wird. Entsprechende Modellsimulationen zeigten, dass so ein Grossteil des theoretischen Sparpotenzials der modularen Lösungen realisiert werden kann, wenn diese Gebiete richtig definiert werden.

Die Analysen ergaben aber ebenfalls, dass es bei einem Wechsel zu modularen Technologien neben Gewinnern auch Verlierer gibt: Nicht in jedem Fall ist die für ein Teilgebiet insgesamt günstigste Lösung auch für jeden einzelnen betroffenen Gebäudebesitzer positiv. Soll gewährleistet werden, dass keiner der heute an das zentrale System Angeschlossenen schlechter gestellt wird, braucht es ein finanzielles «Ausgleichssystem». Beispielsweise könnten mittels Beiträgen an modulare Anlagen mögliche Verluste einzelner Gebäudebesitzer kompensiert werden.

PLANUNG FRÜHZEITIG BEGINNEN

Für eine gewinnbringende Transition von einem rein zentralen Abwassersystem in ein hybrides System mit modularen, dezentralen Kleinkläranlagen sind eine frühzeitige Bestandaufnahme und Planung entscheidend. Wie eingangs erwähnt, sollte aus Kostensicht die bestehende Infrastruktur, soweit möglich, noch bis ans Ende ihrer Lebenszeit verwendet werden. Spezielle Beachtung gehört den ländlich geprägten oder suburbanen Gebieten, in denen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten Sanierungen des Kanalisationsnetzes, der Hausanschlüsse oder der ARA anstehen. Wie beschrieben, verfügen modulare Anlagen in diesem Bereich allein aus Kostensicht über ein Potenzial, das nicht ausser Acht gelassen werden darf. Kommen zusätzlich noch umwelttechnische Vorteile dazu, beispielsweise mit der Nährstoffrückgewinnung und Inwertsetzung, oder werden modulare Anlagen günstiger als angenommen, so haben modulare Anlagen ein Disruptionspotenzial. Entsprechend wichtig ist es, dass sich die Akteure aller Ebenen frühzeitig mit dem Thema auseinandersetzen, damit sie nicht von der potenziell disruptiven modularen Abwassertechnologie überrollt werden, sondern diese im Dienste einer kostengünstigen, nachhaltigen und zukunftsfruchtigen Abwasserinfrastruktur gezielt in ihren Einzugsgebieten einsetzen.

Umgang mit Wasser

SCHWAMMSTADT

Hilfestellungen und Standards für Gemeinden und Städte im klimaangepassten Wassermanagement

» vsa.ch/schwammstadt



Niederschlag dezentral bewirtschaften



Starkniederschlag: temporär fluten
Notabfluss vorsehen



Nach Niederschlag: verzögerte Verdunstung
Wasser versickern, nutzen



Hitzeinseln minimieren



mehr Natur, mehr Biodiversität, mehr Lebensqualität