

Zukünftige Abwasserentsorgung im ländlichen Raum – Fallstudie 1

Abschlussbericht für die Gemeinde



Quelle: CC BY-SA 3.0, Autor: Daniel Guggisberg

Impressum:

Projekt: DezSWWJuraSO – Entscheidungsfindung beim Übergang von zentralen zu alternativen Systemen in der Abwasserentsorgung

Version Bericht: v1.2

Datum Bericht: 17.01.2020

Autoren/-innen: Philipp Beutler (philipp.beutler@eawag.ch, +41 58 765 52 85)
Judit Lienert (judit.lienert@eawag.ch, +41 58 765 55 74)

Unter Mitwirkung von: Tove Larsen (tove.larsen@eawag.ch, +41 58 765 50 39)
Max Maurer (max.maurer@eawag.ch, +41 58 765 53 86)
Philipp Staufer (philipp.staufer@bd.so.ch, +41 32 627 26 91)
Martin Würsten (martin.wuersten@bd.so.ch, +41 32 627 28 06)

Herausgeberin: Eawag
Abteilung Umweltsozialwissenschaften (ESS)
Cluster Entscheidungsanalyse
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
SCHWEIZ

Datei: 200117_dezswwjuraso_Fallstudie_1_Gemeindebericht_v1.2.docx

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurde durch den Kanton Solothurn mitfinanziert. Wir bedanken uns ganz herzlich bei Fridolin Haag für die Unterstützung im Projekt und während der Workshops.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 4 |
| Summary | 7 |
| Projekthintergrund | 10 |
| Anlass und Projektpartner | 10 |
| Ziele und Methode..... | 10 |
| Die Fallstudiengemeinde | 11 |
| Allgemeines..... | 11 |
| Das existierende Abwassersystem..... | 12 |
| Aktivitäten mit Vertretern/-innen der Gemeinde | 12 |
| Ergebnisse | 13 |
| Zielhierarchie..... | 13 |
| Präferenzen..... | 13 |
| Technische Optionen | 16 |
| Resultate der MCDA-Berechnung | 20 |
| Empfehlung zum weiteren Vorgehen | 24 |
| Abkürzungsverzeichnis | 26 |
| Referenzliste | 27 |

Zusammenfassung

Wie kann die Abwasserentsorgung in einer ländlichen Gemeinde in der Schweiz in Zukunft gewährleistet werden? Welche Bedürfnisse der lokalen Nutzer/-innen muss ein modernes Abwassersystem erfüllen? Das Wasserforschungsinstitut Eawag und das Amt für Umwelt Solothurn (AfU) sind diesen Fragen gemeinsam nachgegangen und zeigen die Ergebnisse in der vorliegenden Studie auf.

In der Schweiz sind ca. 97 Prozent aller Einwohner/-innen an ein zentrales, netzgebundenes Abwassersystem angeschlossen. Auch im Kanton Solothurn besitzen alle ländlichen Gemeinden ein solches System aus Kanalisation und Abwasserreinigungsanlage (ARA). Diese Systeme wurden ursprünglich mit Subventionen vom Kanton und vom Bund realisiert. Langfristig müssen diese nach dem Verursacherprinzip durch Gebühren finanziert werden.

Heute, in einer Zeit ohne Subventionen, übersteigen die Kosten zentraler Abwassersysteme die finanzielle Tragfähigkeit ländlicher Gemeinden sowie die akzeptierte Gebührenhöhe der Nutzer/-innen. Im ländlichen, dünn besiedelten Raum können netzgebundene Systeme zudem eine zu geringe Auslastung haben. Daraus ergeben sich technische Schwierigkeiten im Betrieb. Dezentrale Abwasseranlagen (z. B. kleine Kläranlagen für jedes Grundstück) wurden in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt. Sie haben als eine mögliche Alternative vermehrt Aufmerksamkeit erhalten.

Für eine ländliche Gemeinde (Fallstudiengemeinde 1) im Kanton Solothurn wurde untersucht, wie die Entsorgung des häuslichen Abwassers in Zukunft gewährleistet werden kann. Mittelfristig besteht Handlungsbedarf, da die lokale ARA der Gemeinde das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht. Es wurden Lösungen für die an die Kanalisation angeschlossenen und die nicht angeschlossenen Haushalte gesucht. Um die Gemeinde bei der Lösungsfindung zu beraten, wurde ein strukturierter Prozess durchgeführt. Dieser basiert auf der Methode der multi-kriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA).

Es wurden zehn konzeptionelle technische Optionen entwickelt. Diese decken eine grosse Palette an technischen Möglichkeiten ab. Sie reichen vom heutigen zentralen System mit einer lokalen ARA in der Gemeinde, über zentrale Systeme mit Anschluss an eine ARA in einer Nachbargemeinde, zu verschiedenen dezentralen Abwassersystemen und hybriden Mischformen. Um den Übergang vom heutigen zentralen System zu verschiedenen, zukünftigen Abwassersystemen bis ins Jahr 2040 zu gestalten, wurden 50 Pfade erarbeitet.

Im Prozess wurde viel Wert auf die Einbindung wichtiger Akteure gelegt. In Interviews, Workshops und mittels einer Online-Umfrage wurde ein breites Meinungsspektrum abgefragt. Gemeinsam mit den Akteuren wurden Ziele erarbeitet, mit deren Hilfe die Leistung der technischen Optionen bewertet wurde. Im Ergebnis wurden 14 Ziele aus den Bereichen Umwelt, gesellschaftliche Akzeptanz, Kosten und Technologie in einer Zielhierarchie zusammengefasst. Basierend auf den Präferenzen (z. B. Gewichtung der Ziele) von zwei lokalen Gruppen (Vertretern/-innen der Gemeinde) und eines Vertreters des AfU, konnte eine Rangfolge der technischen Optionen erstellt werden. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse wurde die Robustheit der Ergebnisse unter verschiedenen Randbedingungen getestet.

Die Ergebnisse der MCDA zeigen, dass überwiegend dezentrale und auch zentrale Abwasseranlagen für die Fallstudiengemeinde 1 empfehlenswert sein können. Für an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte sind (1) Trockentrenntoiletten, (2) kleine Abwasserreinigungsanlagen (KLARA) und (3) der Anschluss an die Kanalisation einer Nachbargemeinde

die besten Entscheidungsoptionen. Diese Optionen haben unter verschiedenen Randbedingungen gut abgeschnitten, die Ergebnisse sind also robust. Diese Optionen schneiden hauptsächlich deswegen so gut ab, weil sie eine gute Reinigungsleistung des Abwassers gewährleisten, was allen Teilnehmer/-innen sehr wichtig war. Die dezentralen Optionen haben weitere Vorteile, wie zum Beispiel eine mögliche Rückgewinnung von Phosphor als Düngemittel, Wasser zu sparen sowie eine höhere Flexibilität (z. B. einfacher Umbau bei Bevölkerungszunahme oder -rückgang). Zudem sind für die Fallstudiengemeinde 1 diese dezentralen Optionen billiger als der Anschluss an eine zentrale ARA in einer Nachbargemeinde. Obwohl der Anschluss zwar die teuerste Option ist, hat dieser aber den Vorteil, dass sich die Nutzer/-innen im Haushalt nicht weiter um ihr Abwasser kümmern müssen. Hier werden also die Ziele zur „hohen gesellschaftlichen Akzeptanz“ besser erreicht (z. B. geringerer Zeitbedarf für Endnutzer/-innen, hohe Attraktivität der Hausinstallationen).

Für die nicht an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte ist eine klare Empfehlung wegen der Unsicherheiten in den Ergebnissen nur schwer möglich. Vielmehr werden die Ziele ähnlich gut für eine Palette an dezentralen Optionen erfüllt. Hervorgehoben haben sich (1) Trockentrenn toiletten, (2) durchflossene Faulbehälter (Mehrkammergruben) mit Verwertung des Abwassers in der Landwirtschaft, (3) abflusslose Gruben sowie (4) KLARA. Der Anschluss an die zentrale, lokale ARA mit einer neuen Kanalisationsleitungen schneidet für die Fallstudiengemeinde 1 durchwegs am schlechtesten ab und ist nicht zu empfehlen.

Die Untersuchung hat auch gezeigt, dass nach einer Entscheidung für eine technische Option eine schnelle Umsetzung sinnvoll ist. Ein frühzeitiger Umbau führt zur besseren Erreichung der Ziele und damit zur besseren Erfüllung der Bedürfnisse der Nutzer/-innen. Ein Abwarten lohnt sich für die Fallstudiengemeinde 1 nicht und kann zu höheren Risiken führen (z. B. Gefahr eines Ausfalls der heutigen, lokalen ARA).

In der Zielhierarchie wurde allerdings nicht berücksichtigt, dass auch später (z. B. in fünf Jahren) die definitive Wahl eines Abwassersystems getroffen werden kann („Flexibilität des Entscheidens“). Dafür muss aber bereits jetzt über ein Vorgehen mit notwendigen Zwischeninvestitionen entschieden werden. Dieses Offenhalten von Möglichkeiten durch eine schrittweise Vorgehensweise kann aber für die Fallstudiengemeinde 1 erwünscht sein. Zur Diskussion steht dann, ob eine schlechtere Zielerreichung und bleibende Risiken in Kauf genommen werden, zu Gunsten des Vorteils, sich jetzt noch nicht auf ein definitives Abwassersystem festlegen zu müssen.

Für die Empfehlungen zum weiteren Vorgehen wurden die Präferenzen der lokalen Vertreter/-innen stärker berücksichtigt als die des AfU-Vertreters. Die lokalen Nutzer/-innen in der Fallstudiengemeinde 1 müssen mit dem Abwassersystem leben und es finanzieren. Daher spielen deren Präferenzen eine grössere Rolle.

Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Für die Fallstudiengemeinde 1 ist es sinnvoll, zuerst eine Einigung zu Gunsten einer konzeptionellen technischen Option zu treffen. Anschliessend sollte diese Lösung möglichst zeitnah umgesetzt werden. Dadurch wird das Erreichen der Ziele und Bedürfnisse der lokalen Nutzer/-innen frühzeitig verbessert.

Wir empfehlen die Erarbeitung von konkreten Massnahmen zur Umsetzung der technischen Optionen. Die Ergebnisse des bis jetzt durchgeführten Prozesses der Entscheidungsunterstützung sollten dafür als Ausgangslage dienen. Konkret empfehlen wir, dass ein Ingenieurbüro eine detailliertere Varianten-/Machbarkeitsstudie durchführt. Dazu gehören genauere Abklärungen zu Bauorten und -zeiten, die Technologiewahl und eine Kostenschätzung (+/- 25 %) für die drei Optionen, die für die Fallstudiengemeinde 1 vielversprechend sind:

- Einführung von Trockentrenntoiletten (*deutlich beste Option, basierend auf den Präferenzen der Vertreter/-innen der Gemeinde*);
- Einführung von Kleinen Abwasserreinigungsanlagen (KLARA) für einzelne Häuser oder als Gruppenlösungen für mehrere Liegenschaften (*bekannteste dezentrale Option; Erfahrungen in Gemeinde und Kanton vorhanden*);
- Anschluss an die Kanalisation einer der drei Nachbargemeinden und Abführen des Abwassers zu deren ARA (*beste zentrale technische Option*).

Zudem empfehlen wir, dass die Gemeindevertreter/-innen und Interessierte aus der Bevölkerung Anlagen wie z. B. moderne Trockentrenntoiletten oder KLARAs besichtigen, um sich über die konkreten Vor- und Nachteile einen eigenen Eindruck zu verschaffen.

Hinweis:

Der *Abschlussbericht für die Gemeinde* richtet sich an die Gemeinde und beteiligte Akteure/-innen. Er enthält zusammengefasst die wesentlichsten Ergebnisse des Prozesses der Entscheidungsunterstützung. In einem separaten Teilbericht (*Technischer Bericht*) sind detailliert die Aktivitäten und Ergebnisse im Zusammenhang mit der Fallstudiengemeinde 1 dargestellt.

In Absprache mit allen Projektbeteiligten, ist auf die Nennung des Namens der Fallstudiengemeinde 1 in beiden Berichten verzichtet worden.

Summary

How to ensure future wastewater disposal in rural communities in Switzerland? What needs of local stakeholders should a modern wastewater system meet? Eawag, the Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, and the Office for the Environment Solothurn (AfU) have jointly investigated these questions and present the results in this study.

In Switzerland, approximately 97 percent of all inhabitants are connected to a centralized, grid-based sewer system. In the canton of Solothurn, all rural municipalities make use of such a system, consisting of a sewer network and a wastewater treatment plant (WWTP). From the 1960s to the early 1990s, communities initially implemented these systems with subsidies from the cantonal and the federal government. To finance these systems in the long term, legal regulations prescribe fees to be charged according to the polluter-pays-principle.

Today, in a period without subsidies, costs of centralized wastewater systems may exceed the financial capacity of rural communities as well as the acceptable level of user costs in some places. In rural, sparsely populated areas, grid-based systems may also be underutilized. This leads to costly idle capacity as well as technical difficulties in system operation. Decentralized wastewater treatment plants (e.g. package plants designed for single properties or small groups of households) have improved in recent years. Therefore, decentralized systems are becoming increasingly viable alternatives on a community scale. Additionally, decentralized systems may very well achieve other important objectives for wastewater management, including high nutrient and pollutant removal, water savings or high flexibility (e.g. possibility of simple extension or shutdown of modular elements with increasing or decreasing population).

We investigated how domestic wastewater disposal could be provided in the future for a rural municipality (case study 1) in the canton of Solothurn. There is an increasing need for action, as the local WWTP approaches the end of its service life. Thus, the community is interested in finding good solutions for households that already are connected to the sewer system, as well as those that are not. We carried out a structured process to support decision-making based on the method of multi-criteria decision analysis (MCDA) to advise the municipality's representatives.

We focused on ten conceptual technical options covering a wide range of technologies for wastewater management. These ranged from the current centralized system with a local WWTP, to centralized systems with a pipe connection to a larger WWTP in a neighboring municipality, to various decentralized and hybrid wastewater systems. In order to organize the transition from the current system to various future wastewater systems by 2040, we developed 50 paths of action.

Involvement of key stakeholders in the process was crucial. We gathered a broad spectrum of opinions and preferences using interviews, workshops, and an online survey. Together with stakeholders, we identified objectives to assess the performance of the technical options. As a result, we determined 14 lowest-level objectives, which we arranged in an objectives hierarchy. Three higher-level objectives covered aspects related to environmental protection and resource conservation, social acceptance, costs and technology. We established a ranking order for the technical options based on the preferences (e.g. weighting of objectives) of two groups (local representatives of the municipality) and one representative of the

AfU. Finally, we tested the robustness of our results under varying constraints with sensitivity analyses.

MCDA results indicate that mainly decentralized and centralized wastewater treatment plants are recommended for case study 1. For households connected to the sewer system, (1) urine diverting dry toilets, (2) package plants, and (3) a pipe connection to the sewer system of a neighboring municipality were the best decision options. These options performed best, achieving the majority of the stakeholder objectives. We found these results to be robust under various boundary conditions. Most important was that these options are able to ensure a high wastewater treatment performance, which was of crucial importance to all stakeholders.

Decentralized options provide additional advantages, such as phosphorus recovery (fertilizer), water savings, and more flexibility (e.g. possibility of simple extension or shutdown of modular elements with increasing or decreasing population). Furthermore, decentralized options are cheaper than a pipe connection to a central WWTP in a neighboring municipality for case study 1. Although connecting to a neighboring WWTP is the most expensive option, it has the advantage that end users in the household do not have to personally handle their wastewater disposal. Thus, the higher-level objective: "high social acceptance" was better achieved (e.g. low time requirement for end users, high attractiveness of sanitary installations).

For households not connected to the sewer system, it is difficult to make a clear recommendation due to uncertainties in the results. Instead, a range of decentralized options met the objectives similarly well. We highlight the following: (1) urine diverting dry toilets, (2) septic tanks (multi chamber pits) with reuse of wastewater for agricultural irrigation, (3) drainless pits, and (4) package plants. Connecting these households to the existing local WWTP with a new sewer system was consistently the worst option for case study 1 and is therefore not recommended.

Our study also showed that once a decision for a preferred technical option is made, quick implementation is advised. Immediate transition could in fact lead to earlier and closer achievement of the objectives and thus to better fulfilment of the end users' needs. Slow implementation, on the other hand, is not worthwhile for case study 1, as it could lead to increasing risks of system collapse (e.g. risk of failure of the aging local WWTP).

However, the objectives hierarchy did not account for the fact that a definitive choice for a wastewater system can be made at a later stage, (e.g. in five years), but at increased risk. Keeping options open through a step-by-step approach ("flexibility of decision-making"), may however be desirable for case study 1. Such an approach would require a procedure with additional investments down the line. It would then be open to discussion whether lower objective achievement and continuous risks are acceptable in favor of the advantage of delaying the commitment to a final wastewater system.

For our recommendations on how to proceed, we prioritized preferences of the local representatives over those of the AfU's representative. We justified this prioritization with a simple fact. Local end users in case study 1 will have to live with and finance the system.

Recommendations for further action

For case study 1, it is recommended to start with reaching an agreement on the conceptual technical option. Thereafter, this solution should be implemented immediately to improve the achievement of objectives and end user needs at an early stage.

We recommend the development of a concrete plan and measures to implement the technical options. Specifically, we recommend assigning an engineering consultancy to carry out a detailed feasibility study, including more precise clarification of construction sites, times, the choice of technology, and a cost estimate (+/- 25%). Results of the decision support process carried out so far should serve as a basis for this. Three options are most promising for case study 1:

- Implementation of urine diverting dry toilets (*by far the best option, based on the preferences of community representatives*);
- Implementation of small package plants for individual houses or groups of several properties (*best known decentralized option; experience available in case study 1 and in the canton Solothurn*);
- Pipe connection to the sewer system of one of the three neighboring municipalities and discharge of the wastewater to their WWTP (*best central technical option*).

We also recommend that community representatives and interested members of the public visit facilities such as modern urine diverting dry toilets or package plants. Gaining a personal impression of the concrete advantages and disadvantages of such alternatives can support the decision-making process.

Note:

The *Technical Report* contains a detailed presentation of all activities, methods, and results developed for case study 1. A separate report summarizes the main results and recommendations from the decision support process (*final report for the municipality*).

In agreement with all project partners, we did not mention the name of case study 1 in both reports.

Projekthintergrund

Anlass und Projektpartner

Zentrale Abwassersysteme, die durch ein Kanalnetz mit einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) verbunden sind, werden alt. Bevor sie ihre Funktion nicht mehr erfüllen können, müssen sie ersetzt werden. Die Frage ist, wie es danach weitergeht: Erneuerung der existierenden Infrastruktur oder Einsatz alternativer Technologien?

Das zentrale, netzgebundene System bietet einige Vorteile: zum Beispiel sichere Abwasserentsorgung, geringer Aufwand für die Nutzer/-innen und guten Gewässerschutz. Es hat aber auch Nachteile. Diese sind zum Beispiel geringe Flexibilität durch lange Planungshorizonte und hohe (Investitions-)Kosten. Solche Nachteile wirken sich vor allem unter wechselnden Randbedingungen stärker aus. Besonders in ländlichen, dünn besiedelten Regionen können die Nachteile überwiegen. Demgegenüber haben neue, insbesondere dezentrale Systeme in den letzten Jahren wachsende Aufmerksamkeit erhalten. Ein Grund dafür ist, dass ihr Einsatz höhere Flexibilität verspricht.

Im Kanton Solothurn gibt es eine Reihe von ländlichen Gemeinden mit bestehendem, netzgebundenem Abwassersystem (Kanalisation und eigene zentrale ARA). In Zusammenarbeit mit Vertretern/-innen einer solchen Gemeinde wurde untersucht, wie eine zukünftige Abwasserentsorgung aussehen könnte.

Das Projekt¹ ist ein gemeinsames Vorhaben der Eawag-Abteilungen Umweltsozialwissenschaften (ESS)² sowie Siedlungswasserwirtschaft (SWW)³. Es wird mit finanzieller Unterstützung und in enger Zusammenarbeit mit dem Amt für Umwelt des Kantons Solothurn (AfU)⁴ durchgeführt.

Ziele und Methode

Folgende Fragen sollten durch die Zusammenarbeit mit Vertretern/-innen der Gemeinde und verschiedener Ämter beantwortet werden:

- Welche Ziele sind für die Abwasserentsorgung im ländlich strukturierten Raum für die Akteure/-innen relevant? Wie wichtig sind diese Ziele?
- Welche Erwartungen haben die Akteure/-innen an das Abwassersystem?
- Welche technischen Optionen (das heisst, verschiedene Konzepte und Technologien zur Abwasserentsorgung) könnten zum Einsatz kommen?
- Welche technischen Optionen erfüllen die Bedürfnisse der Akteure/-innen in der Fallstudie 1 am besten? Was sind die Gründe dafür?

Um die Fragestellungen im Projekt zu beantworten, wurde die Methode der MCDA (multi-kriterielle Entscheidungsanalyse) angewendet (Abbildung 1). Ziel dieses Ansatzes ist es, komplexe Entscheidungen zu strukturieren und eine Lösungsfindung zu unterstützen. Die

¹ <http://tinyurl.com/dezswwjuraso>

² <https://www.eawag.ch/de/abteilung/ess/>

³ <https://www.eawag.ch/de/abteilung/sww/>

⁴ <https://www.so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/>

MCDA ermöglicht die Verbindung von objektiven Daten (z. B. Kostenberechnungen) mit subjektiven Aussagen (z. B. Wichtigkeit einzelner Ziele). Dadurch konnten die verschiedenen Akteure/-innen am Prozess der Entscheidungsunterstützung beteiligt und ihre Bedürfnisse einbezogen werden.

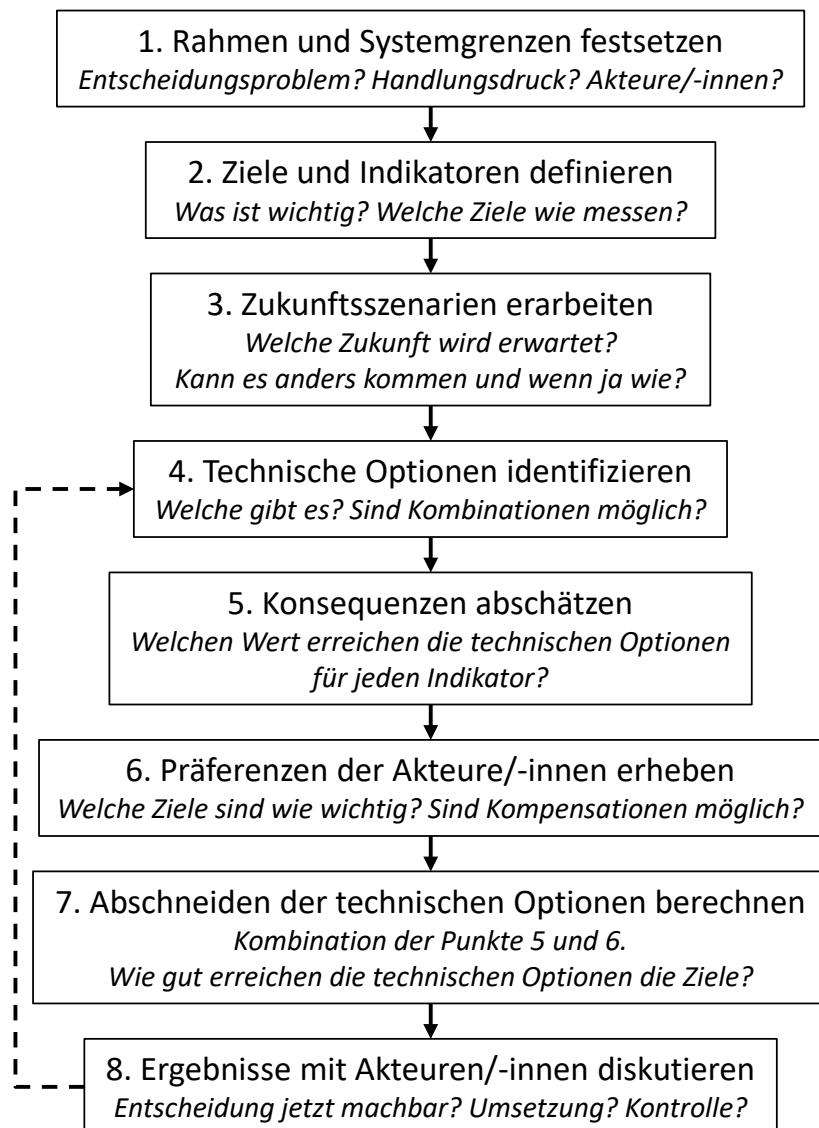


Abbildung 1: Ablauf des Prozesses der Entscheidungsunterstützung. Darstellung basierend auf Lienert et al. (2011), Schuwirth et al. (2012), Scholten et al. (2014) und dem Vorgehen in diesem Projekt.

Die Fallstudiengemeinde

Allgemeines

Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit Vertretern/-innen einer Gemeinde im Solothurner Jura von Ende 2016 bis Mitte 2018 durchgeführt (Fallstudie 1). Die Bevölkerungszahl beträgt weniger als 200 Einwohner/-innen. Die Gemeinde ist eine für ländliche Regionen typische Streusiedlung. Neben einem kleinen Dorfkern erstrecken sich einzelne Liegenschaften (Wohnhäuser, Bergwirtschaften und Landwirtschaftsbetriebe) in bis zu fünf Kilometer Entfernung. Es gibt nur wenige lokale Betriebe, darunter ein Unternehmen zur Gewinnung von Steinen und Erden.

Der Gemeinderat setzt sich zusammen aus Einwohnern/-innen und arbeitet im Milizsystem. Verwaltungsaufgaben wurden an eine Nachbargemeinde abgegeben. Die Gemeinde ist selbstständig für ihre Abwasserentsorgung verantwortlich.

Das existierende Abwassersystem

Das Abwasser der im Zentrum gelegenen Liegenschaften wird in der Kanalisation gesammelt und zur ARA weitergeleitet. Zum Zeitpunkt der Untersuchung sind rund 20 Haushalte (ca. 65 Einwohnerwerte, EW⁵) an die ARA angeschlossen. Rund 21 Haushalte (ca. 35 EW) besitzen eine eigene, dezentrale Lösung zur Abwasserentsorgung. Dazu gehören die landwirtschaftliche Verwertung des Abwassers, die Sammlung in abflusslosen Gruben sowie eine Pflanzenkläranlage (PKA) und eine Membrankleinkläranlage (MBR-KLARA).

Die ARA besitzt mit 27 Jahren bereits ein fortgeschrittenes Alter (bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 33 Jahren gemäss Vorgaben Spezialfinanzierung Werterhalt Solothurn). Die finanzielle Belastung der Gemeinde durch das zentrale Abwassersystem ist in der jüngeren Vergangenheit gestiegen. Aus diesen Gründen sollen im Projekt Möglichkeiten zur zukünftigen Abwasserentsorgung für alle Haushalte in der Gemeinde erarbeitet werden.

Aktivitäten mit Vertretern/-innen der Gemeinde

Im Verlauf des Projekts wurden die Vertreter/-innen der Gemeinde mit Hilfe verschiedener Aktivitäten einbezogen. Dabei wurden sie zu ihren Bedürfnissen und Vorstellungen in Bezug auf die zukünftige Abwasserentsorgung befragt. Zusätzlich wurden weitere Akteure/-innen aus verschiedenen Ämtern und einem Ingenieurbüro in die Befragung eingeschlossen.

Zu Beginn wurde mit 19 Personen ein persönliches Interview geführt (hauptsächlich von Oktober 2017 bis Februar 2018; sechs Interviews von April bis Mai 2017). Die Befragten gaben Auskunft zu möglichen technischen Optionen zur Abwasserentsorgung und den Zielen, die das System zukünftig erfüllen muss. Ausserdem wurden sie zu weiteren, beteiligten Akteuren/-innen im Entscheidungsprozess befragt: Wer könnte auch noch eine Rolle spielen? In einem zweiten Schritt wurden die Akteure/-innen gebeten, in einer Online-Umfrage die in den Interviews gesammelten Ziele noch einmal bezüglich ihrer Wichtigkeit zu bewerten (März bis April 2018). Daraufhin wurde eine Zielhierarchie erstellt: Was ist wichtig, wenn es um ein neues Abwassersystem geht? Was sollte ein solches Abwassersystem erfüllen?

An einem ersten Workshop (zweigeteilt am 11. und 12. April 2018) nahmen sieben Teilnehmern/-innen teil, von denen fünf in der Gemeinde leben. Gemeinsam wurde eine finale Zielhierarchie erstellt und die Liste möglicher technischer Optionen vervollständigt. In Gruppen wurden die Präferenzen der Teilnehmer/-innen zu den Zielen und ihre Risikoeinstellung erhoben. Zum Beispiel wurde gefragt, wie wichtig es ist, ein Ziel zu erreichen, im Vergleich zur Erreichung eines anderen Ziels.

In einem zweiten Workshop am 04. Mai 2018 (sieben Teilnehmer/-innen, fünf aus der Gemeinde, ein Vertreter des Amts für Umwelt Solothurn, ein Vertreter einer Nachbargemeinde) wurden die Ergebnisse der MCDA-Berechnung für die Gemeinde präsentiert, gemeinsam diskutiert und Fragen beantwortet. Zudem wurden in Gruppen verschiedene Managementoptionen für unterschiedliche Abwassersysteme erarbeitet und diskutiert. Abschliessend einig-

⁵ Erläuterungen zu verwendeten Abkürzungen finden sich im Abkürzungsverzeichnis (S. 26).

ten sich die Vertreter/-innen der Gemeinde mit dem Vertreter des AfU auf die nächsten Schritte des weiteren Vorgehens.

Ergebnisse

Wir zeigen nachfolgend nur die wichtigsten Ergebnisse und Aussagen auf. Detaillierte Angaben zu den Untersuchungen und den Ergebnissen finden sich im *Technischen Bericht*.

Zielhierarchie

Gemeinsam mit den Vertretern/-innen der Gemeinde haben wir eine finale Zielhierarchie erarbeitet (Abbildung 2). Diese Ziele müssen aus Sicht der Akteure bei einer Entscheidung über ein neues Abwassersystem in der Gemeinde unbedingt berücksichtigt werden. Mit Hilfe der Ziele wurden die technischen Optionen bewertet. Eine technische Option ist ein mögliches Abwassersystem (vgl. S. 16). Damit ein Abwassersystem von den Akteuren/-innen als gute Lösung akzeptiert werden kann, muss es diese Ziele möglichst gut erfüllen.

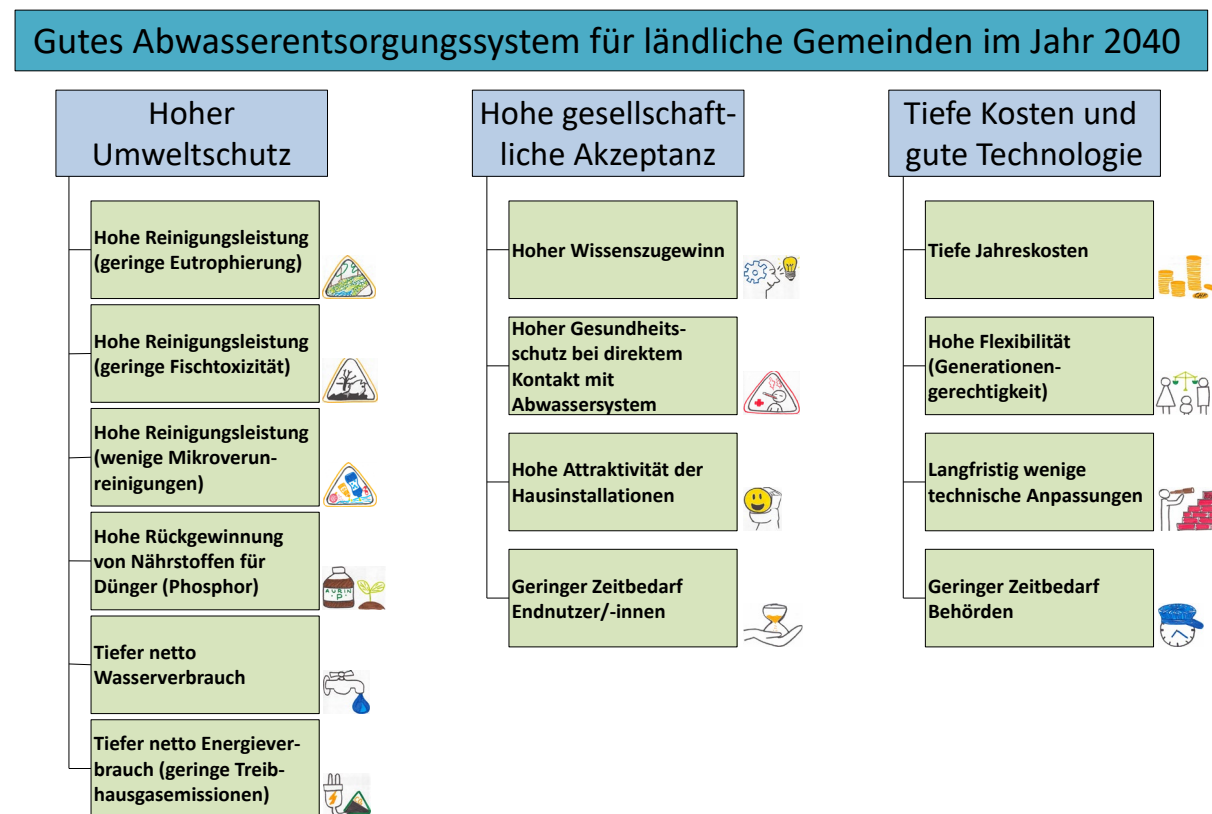


Abbildung 2: Für die Fallstudiengemeinde 1 verwendete Zielhierarchie zur Bewertung der technischen Optionen.

Präferenzen

Menschen können unterschiedliche Präferenzen haben, weil ihnen unterschiedliche Dinge wichtig sind. Dazu gehört zum Beispiel, wie wichtig ein Ziel im Vergleich zu den anderen Zielen ist (sogenannte „Gewichte“), aber auch andere Präferenzen; zum Beispiel wie viel Risiko eine Person eingehen möchte. Eine MCDA versucht, diese persönlichen Präferenzen gleichberechtigt in die Analyse mit einzubeziehen.

Wichtiger Hinweis

Die nachfolgenden Gewichte stellen *nicht* die allgemeine Wichtigkeit der Ziele dar. Die Gewichte beziehen sich auf die Höhe der Unterschiede zwischen den technischen Optionen in der Fallstudiengemeinde 1. Das heisst, sie zeigen, wie wichtig den Akteuren/-innen ein Ziel als Unterscheidungshilfe zwischen den technischen Optionen ist.

Ein Beispiel: Ein Ziel wie „Tiefe Jahreskosten“ kann allgemein wichtig sein. Würden die Unterschiede aller technischen Optionen in der Gemeinde aber nur wenige Franken betragen (z. B. Mindestkosten: 300 CHF pro Person und Jahr, Maximalkosten: 310 CHF) würde dieses Ziel eher unwichtig sein. Für die meisten Akteure würden 10 CHF Unterschied im Jahr kein gutes Unterscheidungsmerkmal sein, um sich für eine technische Option zu entscheiden.

Um herauszufinden, wie wichtig die einzelnen Ziele bei der Entscheidung für ein zukünftiges Abwassersystem sind, haben wir Gewichte erhoben. Die Gewichte wurden im ersten Workshop überwiegend von Vertretern/-innen der Gemeinde (Gruppen 1 und 2) und später in einem persönlichen Interview von einem Vertreter des AfU Solothurn erhoben (Abbildung 3 und Abbildung 4). Wir haben für alle drei Gewichtssets die MCDA-Berechnungen durchgeführt, um eventuelle Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei den Ergebnissen zu entdecken.

Für die Vertreter/-innen der Gemeinde (Gruppen 1 und 2) sind Umweltschutzziele die wichtigsten Ziele (Abbildung 3). Die anderen beiden Oberziele „Hohe gesellschaftliche Akzeptanz“ sowie „Tiefe Kosten und gute Technologie“ erreichen zusammen maximal ein Gewicht von 50 %. Im Vergleich dazu sind die Gewichte aus der Perspektive des AfU gleichmässiger verteilt. Die Umweltschutzziele erhalten aber auch hier das grösste Gewicht.

Obwohl die Oberziele der Gruppen 1 und 2 nahezu identische Gewichte aufweisen, sind die Unterziele zum Teil sehr unterschiedlich bewertet worden (Abbildung 4). Zum Beispiel ist die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser für Gruppe 1 wenig wichtig (2,5 %) wohingegen für Gruppe 2 das gleiche Ziel fast vier Mal so wichtig ist (9,7 %). Für Gruppe 1 war der Zeitaufwand der Behörde überhaupt nicht wichtig (0 %) im Vergleich zur Gruppe 2 (3,9 %). „Tiefe Jahreskosten“ sind für Gruppe 1 dafür deutlich wichtiger (12,3 %) als für Gruppe 2 (5,5 %).

Die Gewichte des AfU fallen nochmals anders aus. Zum Beispiel wurde ein tiefer Verbrauch von Wasser (in der Fallstudiengemeinde 1) als überhaupt nicht wichtig beurteilt (0 %). Das gleiche Ziel ist für die Gruppen 1 (8 %) und 2 (7,8 %) allerdings sehr ähnlich und besitzt eine deutlich höhere Gewichtung. Um diese Unterschiede zu berücksichtigen, wurden alle drei Gewichtssets für die Berechnungen verwendet. Weitere Präferenzen werden im *Technischen Bericht* detailliert dargestellt und diskutiert.

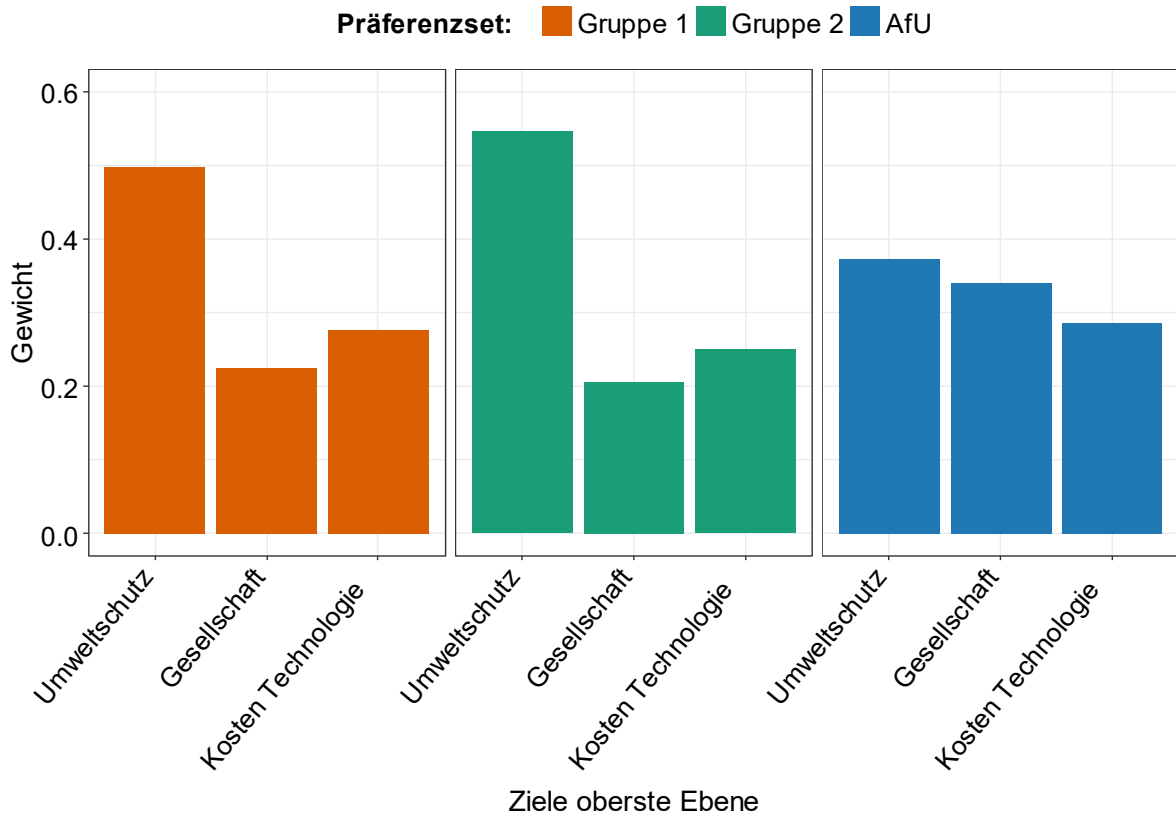


Abbildung 3: Gewichte für die drei Oberziele «Hoher Umweltschutz», «Hohe gesellschaftliche Akzeptanz» und «Tiefe Kosten und gute Technologie». Die drei Präferenzsets (hier: Gewichte) kommen von Vertreter/-innen der Gemeinde (Gruppe 1, 2) und des AfU Solothurn. Die Gewichte sind ohne Einheit als Anteile am Gesamtgewicht angegeben. Das Gesamtgewicht von 1 (100 %) ergibt sich, wenn man alle Gewichte zusammenzählt. Ein Gewicht von 0.5 für Umweltschutz in Gruppe 1 (oranger Balken ganz links) entspricht also 50 % am Gesamtgewicht.

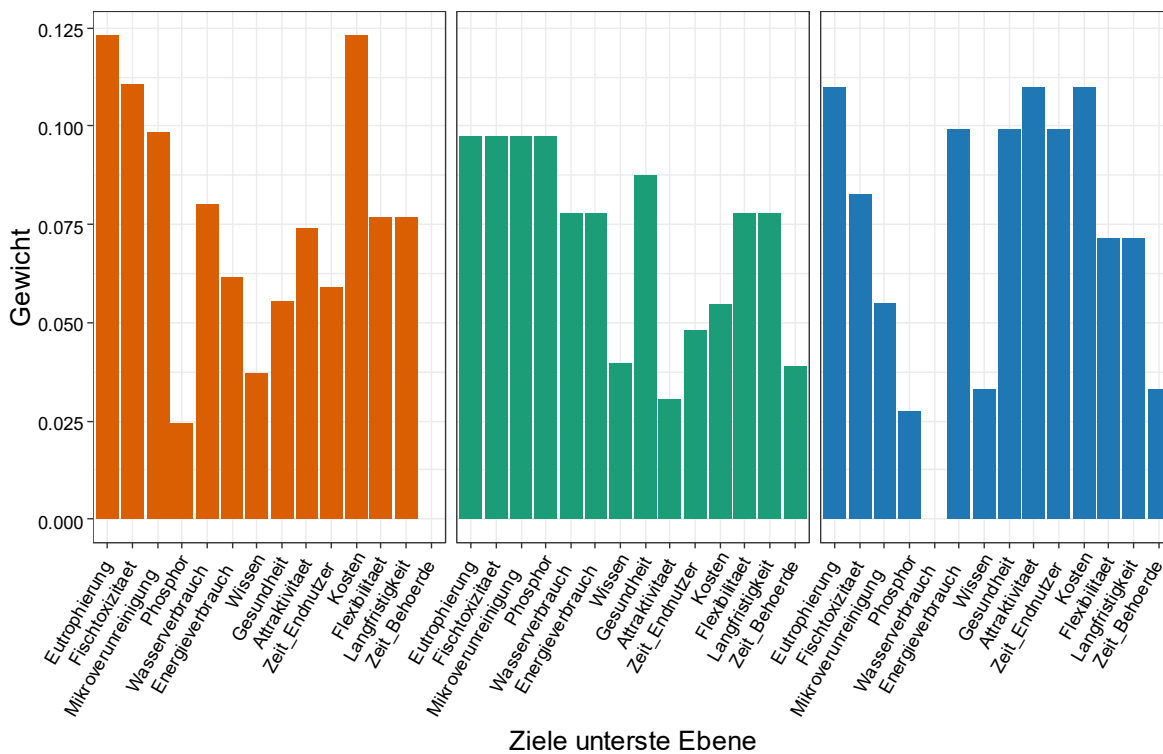


Abbildung 4: Gewichte für die 14 Unterziele (vgl. Abbildung 2) und drei Präferenzsets (Gruppen 1 und 2, AfU). Die Gewichte sind auf der y-Achse (links) ohne Einheit als Anteile am Gesamtgewicht (= 1) angegeben (z. B. „0.125“ entspricht 12.5 %). Fehlende Balken zeigen ein Nullgewicht an; das heisst, dieses Ziel wurde von der jeweiligen Gruppe als «überhaupt nicht wichtig» eingeschätzt.

Technische Optionen

Wie kann Abwasser in ländlichen Gemeinden sicher entsorgt werden? Für die Fallstudien-gemeinde 1 haben wir zehn konzeptionelle technische Optionen betrachtet (Abbildung 5). Diese lassen sich den Kategorien „zentral“, „dezentral“ und „hybrid“ zuordnen. Ein zentrales System besteht aus einer ARA und einer Kanalisation. Ein dezentrales System besteht aus mehreren, kleineren Abwasserreinigungsanlagen, meist für ein einzelnes Haus oder ein paar benachbarte Häuser. Hybride Systeme enthalten zentrale und dezentrale Elemente (z. B. eine Kanalisation mit einer ARA und zusätzlich Urintanks in einzelnen Häusern).

Im *Technischen Bericht* haben wir Faktenblätter zu den einzelnen konzeptionellen techni-schen Optionen bereitgestellt. Diese dienen als Überblick und ermöglichen ein grundlegen-des Verständnis über die technische Gestaltung der Systeme sowie deren Vor- und Nachtei-le. Die Faktenblätter wurden den Teilnehmern/-innen während des ersten Workshops (April 2018) zur Verfügung gestellt.

Auf Basis der zehn konzeptionellen Optionen wurden insgesamt 50 technische Optionen (Pfade) entwickelt. Diese Pfade beschreiben den Übergang vom heutigen zu verschiedenen, zukünftigen Abwassersystemen. Es wurden 27 Pfade für die an die Kanalisation ange-schlossenen Haushalte (A-Optionen) sowie 23 Pfade für die nicht an die Kanalisation ange-schlossenen Haushalte entwickelt (B-Optionen). Im *Technischen Bericht* haben wir detaillier-te Grafiken und Beschreibungen zu den 50 einzelnen Pfaden zur Verfügung gestellt. Die Darstellung der Ergebnisse wurde für diesen Bericht zusammengefasst (vgl. S. 20). Wir er-läutern daher nur kurz die hier relevanten technischen Optionen. Eine detaillierte Beschrei-bung der einzelnen Optionen findet sich im *Technischen Bericht*.

An die Kanalisation angeschlossene Haushalte (A-Optionen)

Trockentrenntoiletten (TTT)

Bei dieser Option wird die lokale ARA innerhalb der nächsten Jahre ausser Betrieb genom-men und bestehende Hausanschlüsse an die Kanalisation verschlossen. Zuvor werden de-zentrale Trockentrenntoiletten für die Haushalte eingeführt. Die Hausinstallationen (Toiletten, Wasserleitungen etc.) werden so umgebaut, dass Urin, Fäzes und Grauwasser (aus Wasch-becken, Dusche, Geschirrspüler, Waschmaschine) strikt voneinander getrennt gesammelt werden. Der Urin wird in einem Tank im Keller oder im Untergrund im Garten gespeichert und einmal im Jahr durch ein Transportunternehmen abgeholt. Aus dem Urin wird in einer zentralen Anlage ein Dünger für Pflanzen hergestellt. Alternativ kann er direkt in der Land-wirtschaft als Dünger verwendet werden (z. B. nach einer Hygienisierung / Desinfektion mit Urea). Die Fäzes werden in einem speziellen Kompostierungsbehälter für mehrere Monate gelagert. Dieser Behälter ist meistens im Keller vorgesehen. Der Behälter wird anschliessend geleert und die kompostierten Fäzes können noch weiter abgelagert werden, bevor sie als Humus im Garten oder in der Landwirtschaft verwendet werden können. Eine Wasserspü-lung für die Toilette gibt es nicht mehr. Zur Reinigung des Grauwassers (aus Dusche, Waschmaschine, etc.), werden im Keller oder im Untergrund im Garten Anlagen gebaut, die einer KLARA (siehe unten) in Funktion und Aufbau sehr ähnlich sind. Das gereinigte Grau-wasser wird über eine Bodenschicht in den Untergrund versickert. Alternativ kann es als Be-wässerungswasser für den Garten verwendet werden. Durch die Installation von weiteren, technischen Anlagen (z. B. Membranen oder ultravioletten Lampen zur Desinfektion) kann das Grauwasser auch als Brauchwasser (z. B. für den Geschirrspüler und die Waschma-

schine) im Haushalt wiederverwendet werden. Diese Option entspricht dem Pfad „A7“ im *Technischen Bericht*.

Anschluss an die Kanalisation einer Nachbargemeinde (Anschluss)

Diese Option sieht vor, das bisherige zentrale Abwassersystem weiter zu betreiben und die lokale ARA nicht mehr zu nutzen. Stattdessen wird eine mindestens fünf Kilometer lange Abwasserleitung gebaut, die die Kanalisation an das Abwassersystem einer Nachbargemeinde anschliesst. Das Abwasser muss ggf. über längere Strecken gepumpt werden und wird schliesslich in einer grossen, regionalen ARA gereinigt. Weitere Haushalte können an das Abwassersystem angeschlossen werden. Diese Option entspricht dem Pfad „A6.2“ im *Technischen Bericht*.

Kleine Abwasserreinigungsanlagen (KLARA)

Bei dieser Option wird die lokale ARA innerhalb der nächsten Jahre ausser Betrieb genommen und die bestehende Kanalisation verschlossen. Zuvor werden für einzelne Liegenschaften oder kleine Gruppen von Liegenschaften dezentrale KLARA gebaut (vgl. Faktenblätter im *Technischen Bericht*). Sie reinigen das Abwasser vor Ort. Eine Kanalisation wird nicht benötigt. Das gereinigte Abwasser wird vor Ort im Untergrund versickert oder über eine kleine Leitung in einen Fluss geleitet. Die Anlagen können für unterschiedliche Haushaltsgrössen konstruiert werden und befinden sich im Keller oder werden häufig im Untergrund einer Liegenschaft verbaut. Zu den KLARA gehören auch „natürliche“ Lösungen wie oberirdische „Pflanzenkläranlagen“ (bepflanzte Bodenkörper). Bei Neubau von Gebäuden werden je nach Bedarf weitere KLARA hinzu gebaut. Diese Option entspricht dem Pfad „A1“ im *Technischen Bericht*.

Kleine Abwasserreinigungsanlagen mit Urinseparierung (KLARA NoMix)

Diese Option gleicht der dezentralen Option „KLARA“. Zusätzlich werden aber Trenntoiletten (NoMix-WCs) in den Haushalten eingebaut und neue Leitungen zu einen Speichertank für Urin im Keller oder im Untergrund im Garten verlegt. Der Urin wird einmal im Jahr von einem Transportunternehmen abgeholt. Aus dem Urin wird in einer zentralen Anlage ein Dünger für Pflanzen hergestellt. Das an der Eawag entwickelte Verfahren „Vuna“ produziert z. B. bereits einen vom Bundesamt für Landwirtschaft zugelassenen Flüssigdünger für Zierpflanzen und Gemüse („Aurin“). Diese Option entspricht dem Pfad „A5.2.1.2“ im *Technischen Bericht* (siehe dort auch das Faktenblatt „Urinseparierung“).

Neubau einer lokalen Abwasserreinigungsanlage (Lokale ARA)

Das bestehende, zentrale Abwassersystem wird auch zukünftig langfristig genutzt werden. Ein Neubau der ARA wird durchgeführt. Die neue Anlage ist technisch moderner und wird eine etwas geringere Kapazität als die alte ARA haben. Trotzdem können weitere Haushalte an die Kanalisation angeschlossen werden. Diese Option entspricht dem Pfad „A4“ im *Technischen Bericht*.

Nicht an die Kanalisation angeschlossene Haushalte (B-Optionen)

Trockentrenntoiletten (TTT)

Bei dieser Option gibt es im Vergleich zur Einführung von TTT bei den an die Kanalisation angeschlossenen Haushalten (A-Optionen) keinen Unterschied (siehe oben). Diese Option entspricht dem Pfad „B7“ im *Technischen Bericht*.

Kleine Abwasserreinigungsanlagen (KLARA)

Bei dieser Option gibt es im Vergleich zur Einführung von KLARA bei den an die Kanalisation angeschlossenen Haushalten (A-Optionen) keinen Unterschied (siehe oben). Diese Option entspricht dem Pfad „B1.1“ im *Technischen Bericht*.

Kleine Abwasserreinigungsanlagen mit Urinseparierung (KLARA NoMix)

Bei dieser Option gibt es im Vergleich zur Einführung von KLARA mit NoMix-WCs bei den an die Kanalisation angeschlossenen Haushalten (A-Optionen) keinen Unterschied (siehe oben). Diese Option entspricht dem Pfad „B1.2“ im *Technischen Bericht*.

Abflusslose Gruben mit Anlagen zur Grauwasserbehandlung (Gruben GW)

Bei dieser Option werden bestehende, abflusslose Gruben genutzt oder neu gebaut. Darin wird das Schwarzwasser aus der Toilette (Fäzes, Urin) gesammelt. Das Schwarzwasser wird landwirtschaftlich auf den Feldern als Gülle-Zugabe verwertet (z. B. nach einer Hygienisierung / Desinfektion mit Urea). Zur Reinigung des Grauwassers (aus Waschbecken, Dusche, Geschirrspüler, Waschmaschine) werden im Keller oder unterirdisch im Garten zusätzlich Anlagen gebaut, die einer KLARA in Funktion und Aufbau sehr ähnlich sind. Das gereinigte Grauwasser wird über eine Bodenschicht in den Untergrund versickert oder alternativ als Bewässerungswasser für den Garten verwendet. Die landwirtschaftliche Verwertung des Schwarzwassers ist rechtlich noch unklar, da dies zur Zeit nur für ausreichend grosse Landwirtschaftsbetriebe zulässig ist. Diese Option entspricht dem Pfad „B4.1“ im *Technischen Bericht*.

Anschluss an die bestehende Kanalisation in der Gemeinde (Anschluss)

Bei dieser Option werden nahezu alle Haushalte, die noch nicht an die Kanalisation angeschlossen sind, mit dem bestehenden zentralen Abwassersystem verbunden. Um die nicht angeschlossenen Haushalte zu verbinden müssen etliche weitere Leitungen durch teilweise schwieriges Gelände verlegt werden. Für die B-Optionen meint „Anschluss“ nur den Aufwand, alle nicht angeschlossenen Haushalte mit dem System zu verbinden (eine Anschlussleitung in eine Nachbargemeinde ist noch nicht inbegriffen). Diese Option entspricht dem Pfad „B6“ im *Technischen Bericht*.

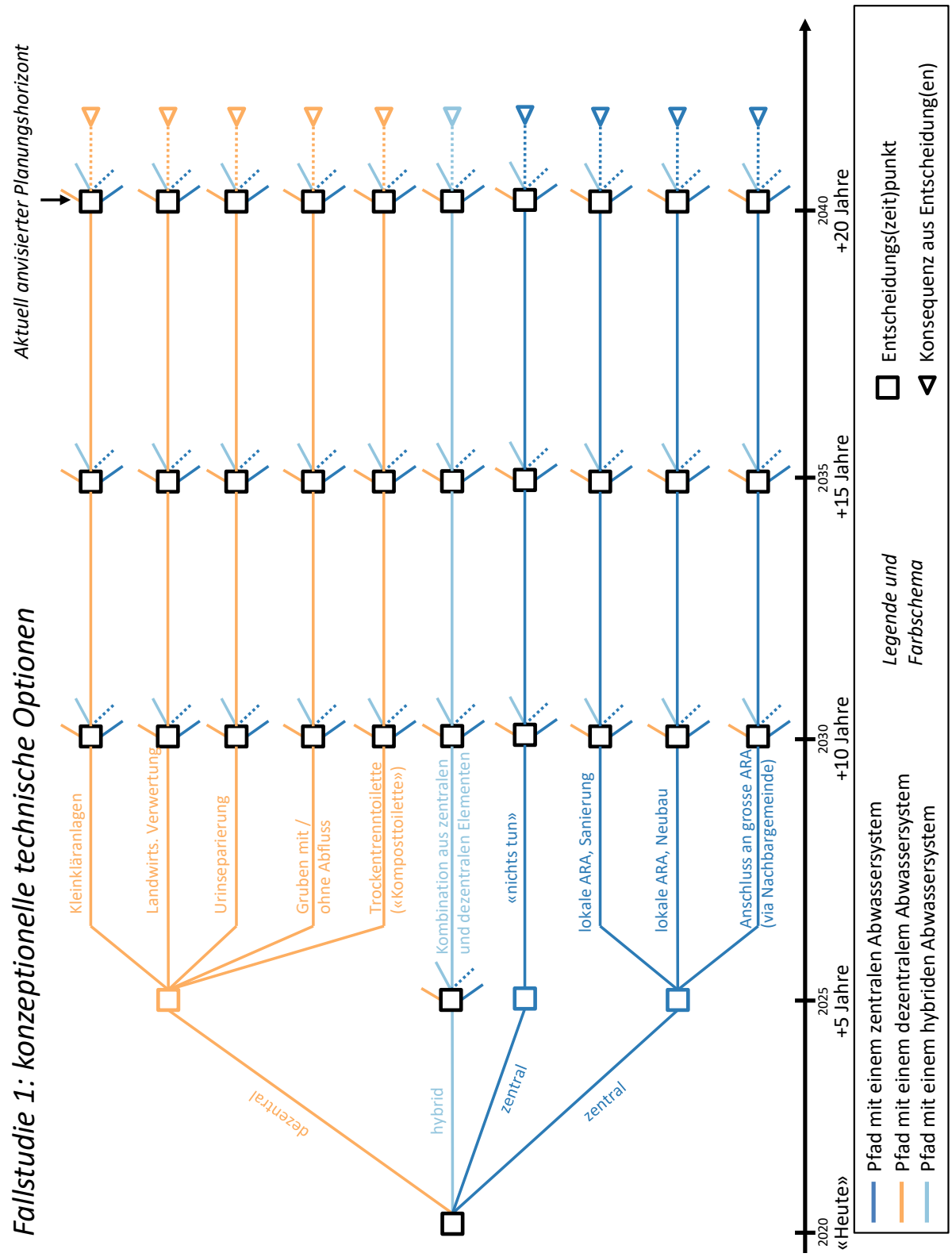


Abbildung 5: Übersicht über die zehn konzeptionellen technischen Optionen für die Fallstudiengemeinde 1 („Was kann grundsätzlich gemacht werden?“). Für die 50 Pfade wurden die Entscheidungszeitpunkte so gewählt, dass sinnvolle technische Übergänge ermöglicht werden.

Resultate der MCDA-Berechnung

Dieser Bericht enthält eine gekürzte Zusammenfassung der Resultate. Der Fokus liegt auf den wichtigsten / besten technischen Optionen. Im *Technischen Bericht* finden sich ausführlich erläuterte Darstellungen sowie Interpretationen zu den Untersuchungen und den Ergebnissen für alle Optionen.

Die Berechnungen wurden für mehrere Entscheidungszeitpunkte (2020, 2025, 2030, 2035) und für den Endzustand des Planungshorizonts im Jahr 2040 durchgeführt. Die Unsicherheit in den Daten wurde durch mehrfache Berechnungen (1'000 Durchläufe pro Analyse) berücksichtigt. Die Methoden und mathematischen Modelle sind ebenfalls im *Technischen Bericht* detailliert erläutert. Mit Hilfe mehrerer Tests (Sensitivitätsanalysen) haben wir herausgefunden, dass die hier gezeigten Ergebnisse robust sind. Das heisst, unsere Aussagen zu den Ergebnissen bleiben unverändert, selbst wenn sich die Ausgangsbedingungen für die Berechnungen leicht ändern.

Ein Beispiel einer Sensitivitätsanalyse: Wir haben das Gewicht für „Tiefe Jahreskosten“ auf 0.2 (= 20 %) erhöht, da die Kosten in den Gruppen möglicherweise etwas unterschätzt worden sind (Gruppe 1 = 0.123 (12,3 %), Gruppe 2 = 0.054 (5,4 %), AfU = 0.11 (11 %); siehe Abbildung 4). Für dieses neue Gewicht haben wir die Berechnungen erneut durchgeführt. Das Ergebnis zeigt: steigt die Gewichtung für das Ziel „Tiefe Jahreskosten“, so werden besonders teure Optionen unattraktiver (z. B. Varianten mit Anschluss an die ARA in einer Nachbargemeinde oder auch der Neubau einer lokalen ARA). Dafür verbessern sich einfache, dezentrale Systeme (z. B. Kleine Abwasserreinigungsanlagen), weil sie sowohl billiger sind, aber dennoch eine gute Reinigungsleistung haben. Werden verschiedene Sensitivitätsanalysen durchgeführt und die Ergebnisse bleiben in Bezug auf ihre Hauptaussage gleich, kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse robust sind.

Die Ergebnisse für die fünf wichtigsten / besten technischen Optionen für die an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte sind in Abbildung 6 (S. 21) dargestellt. Für die nicht an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte finden sich die Resultate in Abbildung 7 (S. 23).

Erläuterung der Ergebnisgrafiken: Die beiden Abbildungen enthalten jeweils drei Grafiken, die die Ergebnisse für eine der drei Akteursgruppen (Gruppe 1, Gruppe 2, AfU) und deren originale Präferenzsets aufzeigen. Auf der Horizontalen (x-Achse) sind die technischen Optionen aufgelistet (z. B. KLARA). Auf der Vertikalen (y-Achse) sind die errechneten Werte zwischen „0“ und „1“ ablesbar. Eine Option schneidet umso besser ab, je erfolgreicher sie alle Ziele erfüllt. Der Wert „1“ steht immer für den theoretisch bestmöglichen Fall (alle Ziele werden vollständig erreicht) und „0“ für den theoretisch schlechtestmöglichen Fall (kein Ziel wird erreicht). In der Realität liegen die Resultate meistens irgendwo zwischen einem Wert von „0“ und „1“. Das obere Ende der farbigen Balken zeigt den Wert an, der im Mittel nach 1'000 Berechnungen durch die jeweilige technische Option erreicht wird. Ober- und unterhalb dieses Mittelwerts sind mit einem schwarzen Stirch die Unsicherheitsbereiche angezeigt, in denen der Wert des Ergebnisses schwanken kann. Der obere Horizontalstrich markiert den Maximalwert, der in 95 % aller Berechnungen erreicht werden kann (95 %-Quantil), der untere Horizontalstrich den Minimalwert (5 %-Quantil).

Lesebeispiel: Basierend auf den Präferenzen der Gruppe 1, sind die beste Option Trockentrenntoiletten (TTT) für alle an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte. Sie erreichen den Wert von knapp 0.63 (Abbildung 6, oranger Balken ganz links). Das heisst, knapp 63 % aller Ziele werden durch die Option TTT erreicht. Das Ergebnis ist jedoch etwas unsicher. Im besten Fall werden sogar ca. 69 % aller Ziele erreicht (0.69: kleiner schwarzer Strich oben), im schlechtesten Fall nur etwa 56 % (0.56: kleiner schwarzer Strich unten). Die farbigen Abschnitte des Balkens (Länge) zeigen den Beitrag der einzelnen Oberziele zum Gesamtwert: „Hoher Umweltschutz“ (grün; 21 %), „Tiefe Kosten und gute Technologie“ (blau; 22 %) sowie „Hohe gesellschaftliche Akzeptanz“ (orange, 20 %).

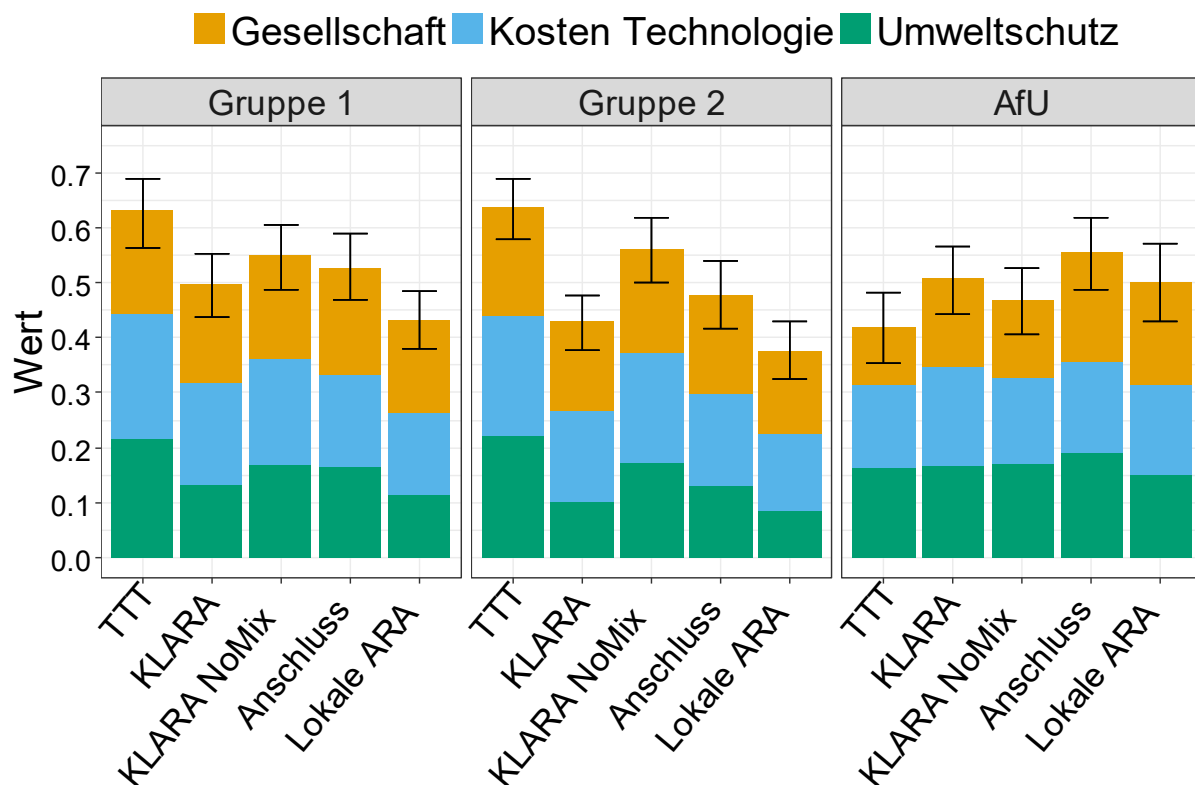


Abbildung 6: Berechnungsergebnisse für die Optionen, die in der Analyse am besten abgeschnitten haben. Dargestellt sind die Ergebnisse für die an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte: „TTT“ = Trockentrenntoiletten“, „KLARA“ = Kleine Abwasserreinigungsanlagen, „KLARA NoMix“ = Kleine Abwasserreinigungsanlagen mit Urinseparierung, „Anschluss“ = Anschluss an die Kanalisation einer Nachbargemeinde, „Lokale ARA“ = Neubau einer lokalen ARA für die Fallstudiengemeinde 1. Zu sehen sind die Ergebnisse nach 1'000 Berechnungsdurchläufen mit dem geometrischen Entscheidungsmodell und den originalen Gewichtssets für alle drei Akteure (Gruppen 1 und 2 sowie AfU).

An die Kanalisation angeschlossene Haushalte (A-Optionen)

Abbildung 6 zeigt, dass für die Gruppen 1 und 2 (Vertreter/-innen der Fallstudiengemeinde 1) die beste Option mit den höchsten Mittelwerten die Trockentrenntoiletten (TTT) sind. Diese Option erreicht für das AfU allerdings die schlechtesten Werte. Grund für diesen Unterschied sind die unterschiedlichen Gewichtungen der Ziele (vgl. Abbildung 4, S. 15). Beispielsweise werden die Umweltziele alle gut erreicht und insbesondere „Geringer netto Wasserverbrauch“ und „Hohe Rückgewinnung von Phosphor“ durch TTT sehr gut erreicht. Diese beiden Ziele sind aber für das AfU weniger wichtig (z. B. geringer Wasserverbrauch mit einem Gewicht von „0“), als für die Vertreter/-innen der Gemeinde. Gleichzeitig sind die Ziele zur „Hohen gesellschaftlichen Akzeptanz“ für den Vertreter des AfU insgesamt wichtiger, als für

die Gruppen 1 und 2. Gerade diese Ziele werden aber durch TTT eher schlecht erreicht, da sich Nutzer/-innen mit neuen Hausinstallationen auseinandersetzen müssen.

Dezentrale KLARA mit einer zusätzlichen Urinseparierung schneiden für die Vertreter/-innen der Gemeinde besser ab, als KLARA ohne eine Urinseparierung. Durch eine Urinseparierung werden die Umweltziele noch besser erreicht. Dies gilt insbesondere für die Rückgewinnung von Phosphor. Da Gruppe 2 ein höheres Gewicht auf die Rückgewinnung von Phosphor gelegt hat, schneiden KLARA mit Urinseparierung sogar deutlich besser ab, als solche ohne Urinseparierung. Für das AfU ist es umgekehrt: KLARA ohne Urinseparierung sind besser als solche mit einer Separierung. Dies liegt an dem höheren Gewicht für „Tiefe Jahreskosten“. KLARA ohne eine Urinseparierung sind günstiger.

Der Anschluss an die Kanalisation einer Nachbargemeinde ist für die Gruppen 1 und 2 die drittbeste Option. Aus der Perspektive des AfU ist dies sogar die beste Option überhaupt. Für alle drei Akteure gilt aber, dass der Anschluss an die Kanalisation einer Nachbargemeinde in jedem Fall die beste zentrale Option ist. Ein Anschluss an eine Nachbargemeinde ist aber auch die teuerste Option. Dafür schneidet sie bei den Reinigungszielen („Eutrophierung“, „Fischtoxizität“, „Mikroverunreinigungen“⁶) sehr gut ab und erreicht auch die Ziele zur „Hohen gesellschaftlichen Akzeptanz“ besser als die dezentralen Optionen (z. B. hat sie den geringstmöglichen Zeitbedarf für Endnutzer/-innen).

Eine Entscheidung zu Gunsten des Neubaus einer lokalen ARA ist aus der Perspektive der Gruppen 1 und 2 die schlechteste Option. Aus Sicht des AfU handelt es sich um die zweit- bzw. drittbeste Option (gleich gut wie KLARA), weil sie – wie die Anschluss-Option – die Ziele zur „Hohen gesellschaftlichen Akzeptanz“ besser erreicht als dezentrale Anlagen. Der Neubau einer lokalen ARA gehört aber zu den teureren Optionen und erfüllt die Umweltziele schlechter, als der Anschluss an eine Nachbargemeinde. Für die Gruppen 1 und 2 erreicht eine lokale ARA die Umweltziele zum Teil deutlich schlechter als TTT.

Nicht an die Kanalisation angeschlossene Haushalte (B-Optionen)

In Abbildung 7 sehen wir die besten Optionen für die nicht an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte. Für die Vertreter/-innen der Gemeinde (Gruppen 1 und 2) schneiden TTT am besten ab. Für den Vertreter des AfU sind sie nur die viertbeste Option. Die Gründe dafür sind die gleichen wie für die an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte: unterschiedliche Gewichtungen für die Umweltziele und die gesellschaftlichen Akzeptanzziele (siehe Interpretationen oben).

Auch für dezentrale KLARA und KLARA mit Urinseparierung ergibt sich das gleiche Bild wie für die an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte (siehe ebenfalls Kommentare oben). Der einzige Unterschied ist, dass KLARA aus der Sicht des Vertreters des AfU nun die beste Option sind. Im Vergleich zu den Trockentrenntoiletten und KLARA mit Urinseparierung sind KLARA ohne Urinseparierung etwas günstiger und erreichen die Ziele zur „Hohen gesellschaftlichen Akzeptanz“ besser.

Für die Gruppen 1 und 2 ist die Option zum dezentralen Bau von abflusslosen Gruben für die Sammlung von Schwarzwasser (Fäzes und Urin aus der Toilettenbenutzung) sowie zusätzliche Anlagen zur Grauwasserbehandlung die zweitbeste Option. Sie schneidet fast ähnlich

⁶ Mikroverunreinigungen sind z. B. Pharmazeutika, Hormone, Kosmetika.

gut ab, wie die Option mit KLARA und zusätzlicher Urinseparierung. Die Gruben sind geringfügig besser aus Sicht der beiden Gruppen, weil sie einerseits eine noch höhere Rückgewinnung von Phosphor erreichen (durch die landwirtschaftliche Ausbringung von Urin und Fäzes). Andererseits sind die Gruben wegen der landwirtschaftlichen Verwertung des Abwassers günstiger als KLARA mit einer Urinseparierung und auch günstiger als der Transport des Abwassers zu einer regionalen ARA mit einem LKW. Aus der Sicht des AfU ist dies die schlechteste der hier präsentierten fünf Optionen.

Deutlich ist aus Sicht der Gruppen 1 und 2 das schlechte Abschneiden des Anschlusses der Haushalte an die heutige Kanalisation. Aus der Perspektive des AfU schneidet diese Option genauso gut ab wie KLARA mit einer Urinseparierung. Der Anschluss an die bestehende Kanalisation der Fallstudiengemeinde 1 bedeutet, dass das Abwasser dann in der lokalen ARA mit gereinigt würde. Moderne, dezentrale Anlagen (TTT, KLARA, KLARA mit Urinseparierung) reinigen das Abwasser aber heute schon genauso gut oder sogar besser als die lokale ARA. Zusätzlich wären diese Optionen günstiger, da keine neuen Kanalisationsleitungen gelegt werden müssten.

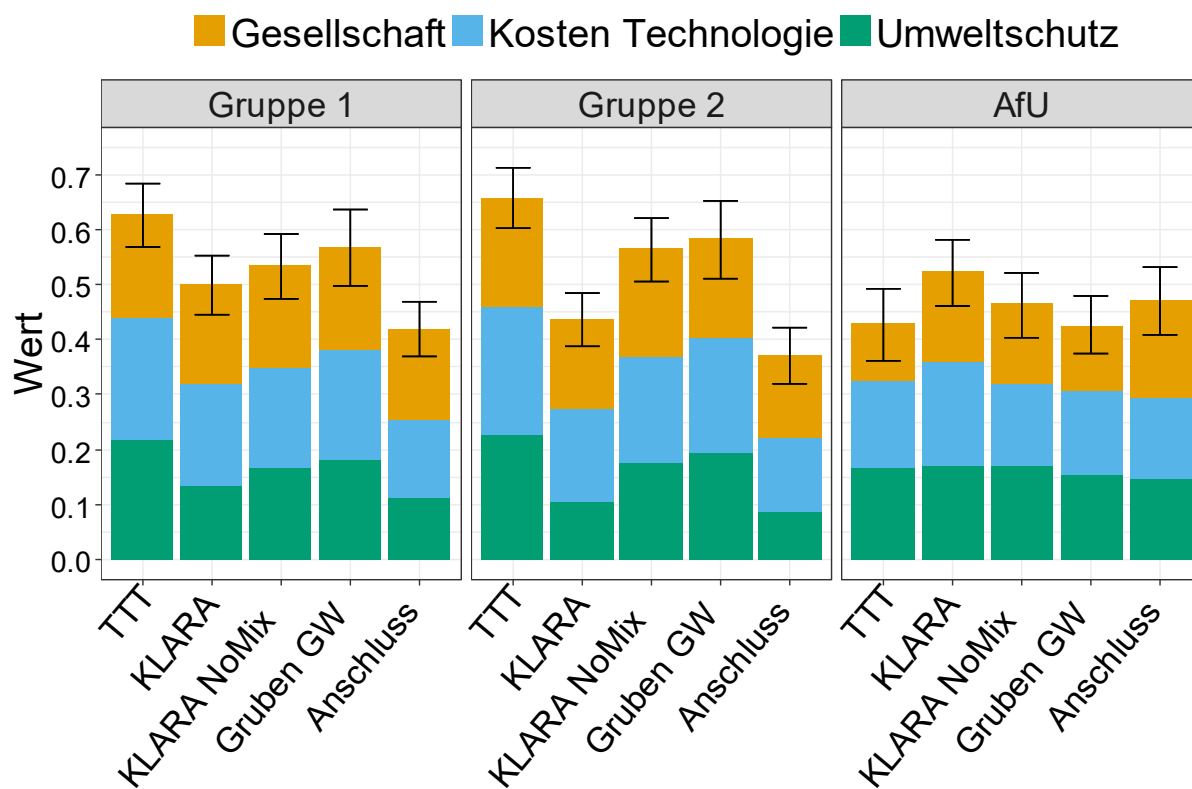


Abbildung 7: Berechnungsergebnisse für die B-Optionen, die in der Analyse am besten abgeschnitten haben. Dargestellt sind die Ergebnisse für die *nicht* an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte: „TTT“ = Trockenrenntoiletten, „KLARA“ = Kleine Abwasserreinigungsanlagen, „KLARA NoMix“ = Kleine Abwasserreinigungsanlagen mit Urinseparierung, „Gruben GW“ = Abflusslose Gruben mit Separierung von Grauwasser und landwirtschaftlicher Verwertung von desinfiziertem Schwarzwasser (Fäzes und Urin), „Anschluss“ = Anschluss an die bestehende Kanalisation in der Fallstudiengemeinde 1. Zu sehen sind die Ergebnisse nach 1'000 Berechnungsdurchläufen mit dem geometrischen Entscheidungsmodell und den originalen Gewichtssets für alle drei Akteure (Gruppen 1 und 2 sowie AfU).

Auswirkung verschiedener Entscheidungszeitpunkte

Mit Hilfe der Betrachtung verschiedener Entscheidungszeitpunkte (im Jahr 2020, 2025, 2030, 2035, 2040) haben wir untersucht, ob sich die Einführung bestimmter Optionen zu früheren oder späteren Zeitpunkten lohnt. Bei konzeptionell gleichen Optionen (z. B. Einführung KLA-

RA in fünf Jahren im Vergleich zu einer Einführung von KLARA in zehn Jahren), schneiden solche Optionen besser ab, die frühzeitig mit einer Umsetzung beginnen. Der Grund ist, dass durch eine frühere Einführung auch die Ziele zu einem früheren Zeitpunkt besser erreicht werden. Jedes „Abwarten“ mit Zwischenlösungen ermöglicht ein späteres Entscheiden, hat aber einen „Preis“, nämlich höhere Jahreskosten.

Für die konkrete Situation in der Fallstudie 1 schlagen wir vor, dass diskutiert wird, ob ein Aufschub bzw. ein schrittweises Vorgehen wünschenswert erscheinen. Falls es für die Vertreter/-innen der Fallstudiengemeinde 1 sinnvoll scheint, dass Zwischenschritte eine erfolgreiche Strategie sein könnten, empfehlen wir, den *Technischen Bericht* genauer anzuschauen. Für jede Option, die in Frage kommt, kann ermittelt werden, welche Ziele (zu welchem Zeitpunkt) wie gut oder wie schlecht erreicht werden. Es sollte dann diskutiert werden, ob diese schlechtere Zielerreichung in Kauf genommen wird, zugunsten des Vorteils, dass man sich noch nicht definitiv festlegen muss.

Empfehlung zum weiteren Vorgehen

Der Prozess der Entscheidungsunterstützung ist für die Fallstudiengemeinde 1 abgeschlossen. Auf Basis der Resultate lassen sich für die Entscheidungsträger/-innen Empfehlungen ableiten. Für die nächsten Schritte ist es wichtig, die eigentliche Entscheidung durch die Gemeindeversammlung gut vorzubereiten.

Es ist sinnvoll, die im Prozess aufgezeigten Optionen mit fundierten Zahlen eines Ingenieurbüros zu untermauern. Dazu gehören genauere Abklärungen zu Bauorten und -zeiten, die Technologiewahl und eine Kostenschätzung (+/- 25 %). Wir empfehlen dafür die Auslösung einer Varianten- oder Machbarkeitsstudie für die drei besten technischen Optionen. Diese ingenieurtechnische Studie stellt dann eine konkrete Entscheidungsgrundlage für die Gemeinde dar. Wir empfehlen, die folgenden drei Optionen für die Fallstudiengemeinde 1 in der Machbarkeitsstudie zu betrachten:

- Einführung von Trockentrenntoiletten (*beste Option, basierend auf den Präferenzen der Vertreter/-innen der Fallstudiengemeinde 1*)
- Einführung von Kleinen Abwasserreinigungsanlagen (KLARA) für Einzelliegenschaften oder als Gruppenlösungen für mehrere Liegenschaften (*bekannteste dezentrale Option, Erfahrungen in der Gemeinde und im Kanton vorhanden*)
- Anschluss an die Kanalisation einer der drei Nachbargemeinden und Ableiten des Abwassers zu einer grösseren, regionalen ARA (*beste zentrale technische Option*)

Aufgrund unserer Analyse ist für die gegenwärtig nicht an die Kanalisation angeschlossenen Haushalte (B-Optionen) ein Anschluss an eine Kanalisation nicht zu empfehlen. Stattdessen sollten individuelle, dezentrale Lösungen gewählt werden. Für die nicht angeschlossenen Haushalte werden die Ziele ähnlich gut für eine Palette an dezentralen Optionen erfüllt. Hervorgehoben haben sich (1) Trockentrenntoiletten, (2) durchflossene Faulbehälter (Mehrkammergruben) mit Verwertung des Abwassers in der Landwirtschaft, (3) abflusslose Gruben sowie (4) KLARA. Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie eines Ingenieurbüros wären als Entscheidungsgrundlage ebenfalls nützlich für diese Haushalte.

Wir sprechen keine Empfehlung aus für eine Machbarkeitsstudie einer modernen, lokalen ARA. Diese Option hat in unserer Analyse sehr häufig am schlechtesten abgeschnitten (für die Präferenzen der Vertreter/-innen der Fallstudiengemeinde 1). Aus Sicht der Entscheidungsunterstützung sollte diese Option nicht weiter verfolgt werden.

Bezüglich Umsetzung ist eine wichtige Frage, wie der Übergang vom heutigen System zu einem möglichen neuen System gestaltet werden soll. Für den Zeitpunkt der Einführung von neuen technischen Optionen empfehlen wir der Gemeinde ein Vorgehen, bei dem man sich zuerst auf eine konzeptionelle technische Option einigt und danach eine möglichst schnelle Umsetzung der gewählten Option erfolgt. In unseren Analysen hat sich dies als das Beste Vorgehen herauskristallisiert.

Wie im Technischen Bericht ausführlich diskutiert (siehe dort ab S. 116) wurde in unserer Zielhierarchie nicht berücksichtigt, dass auch später (z. B. in fünf Jahren) die definitive Wahl eines Abwassersystems getroffen werden kann („Flexibilität des Entscheidens“). Dafür muss aber bereits jetzt über ein Vorgehen mit notwendigen Zwischeninvestitionen entschieden werden. Dieses Offenhalten von Möglichkeiten durch eine schrittweise Vorgehensweise kann aber für die Fallstudiengemeinde 1 erwünscht sein. Diskutiert werden muss dann, ob eine schlechtere Erreichung der Ziele über die Zeit sowie bleibende Risiken (z. B. Ausfall der lokalen ARA; vgl. Technischer Bericht S. 112) in Kauf genommen werden, zugunsten des Vorteils, sich noch nicht auf ein definitives Abwassersystem festlegen zu müssen.

Zudem empfehlen wir, dass die Gemeindevertreter/-innen und Interessierte aus der Bevölkerung solche Anlagen wie z. B. moderne Trockentrenntoiletten oder KLARAs besichtigen, um sich besser über die konkreten Vor- und Nachteile einen eigenen Eindruck zu verschaffen.

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| AfU | Amt für Umwelt Solothurn |
| ARA | Abwasserreinigungsanlage; auch: Kläranlage; siehe KA |
| A-Optionen | Häufig verwendete Abkürzung in diesem Bericht. Kurzform für technischen Optionen für Haushalte, die bereits an die Kanalisation angeschlossen sind (z. B. „A3“ = „nichts tun“). Siehe auch „B-Optionen“. |
| B-Optionen | Häufig verwendete Abkürzung in diesem Bericht. Kurzform für technischen Optionen für Haushalte, die nicht an die Kanalisation angeschlossen sind (z. B. „B3“ = „nichts tun“). Siehe auch „A-Optionen“. |
| EW | Ein Einwohnerwert entspricht ungefähr der Menge Abwasser und Schmutzstoffe, die täglich durch eine Person verursacht wird. |
| KA | Kläranlage; siehe ARA |
| KLARA | Kleine Abwasserreinigungsanlage (max. Ausbaugrösse 200 EW) |
| MBR-KLARA | KLARA mit einem Membranbioreaktor |
| MCDA | MCDA ist eine Methode zur Entscheidungsunterstützung und steht im Englischen für „Multi Criteria Decision Analysis“; auf Deutsch: Multi-kriterielle Entscheidungsanalyse. |
| PKA | Pflanzenkläranlage; auch: bepflanzter Bodenkörper (für Details siehe Faktenblatt „KLARA“) |
| VUNA | Eine Technologie zur Separierung und Aufbereitung von Urin zu einem flüssigen Pflanzendünger (Vuna GmbH; http://www.vuna.ch). |

Referenzliste

- Eisenführ, F., M. Weber and T. Langer (2010). Rational Decision Making. Heidelberg, Springer Verlag.
- Gujer, W. (2007). Siedlungswasserwirtschaft. Berlin Heidelberg New York, Springer.
- Lienert, J., M. Koller, J. Konrad, C. S. McArdell and N. Schuwirth (2011). "Multiple-Criteria Decision Analysis Reveals High Stakeholder Preference to Remove Pharmaceuticals from Hospital Wastewater." *Environmental Science & Technology* **45**(9): 3848-3857.
- Scholten, L., C. Egger, J. Zheng, J. Lienert and M. Maurer (2014). "Multikriterielle Entscheidungsanalyse: Neue Ansätze für langfristige Infrastrukturplanung in der Wasserver- und -entsorgung." *Aqua & Gas*(5): 62-69.
- Schuwirth, N., P. Reichert and J. Lienert (2012). "Methodological aspects of multi-criteria decision analysis for policy support: A case study on pharmaceutical removal from hospital wastewater." *European Journal of Operational Research* **220**(2): 472-483.

Weitere Referenzen / Unterlagen:

Genereller Entwässerungsplan Fallstudiengemeinde 1 (2004).

Aus Gründen der Anonymisierung stehen die genauen Angaben nur auf Nachfrage zur Verfügung.

Generelles Wasserversorgungsprojekt Fallstudiengemeinde 1 (2007).

Aus Gründen der Anonymisierung stehen die genauen Angaben nur auf Nachfrage zur Verfügung.

