



MULTIKRITERIELLE ENTSCHEIDUNGSANALYSE

NEUE ANSÄTZE FÜR LANGFRISTIGE INFRASTRUKTUR- PLANUNG IN DER WASSERVER- UND -ENTSORGUNG

Im NFP-61-Forschungsprojekt «Langfristige Planung nachhaltiger Wasserinfrastrukturen» der Eawag wurden für die Planung der Wasserver- und Abwasserentsorgung unterschiedliche Alternativen miteinander verglichen. Die multikriterielle Entscheidungsanalyse berücksichtigt dabei die Präferenzen der Akteure und die Szenarienanalyse testet die Robustheit der Alternativen gegenüber unsicheren Zukunftsentwicklungen. Dieser neue Ansatz ergänzt die generelle Wasserversorgungsplanung (GWP) sowie die generelle Entwässerungsplanung (GEP) und bringt die Infrastrukturplanung auf eine nachhaltige Basis.

Lisa Scholten*; Christoph Egger; Jun Zheng; Judit Lienert, Eawag

RÉSUMÉ

ANALYSE DÉCISIONNELLE MULTICRITÈRE: NOUVELLE APPROCHE POUR LA PLANIFICATION DE L'INFRASTRUCTURE À LONG TERME RELATIVE AU TRAITEMENT ET À L'ÉVACUATION DES EAUX USÉES

La planification stratégique des infrastructures aquatiques en Suisse est confrontée à d'importants défis. Actuellement, les approches constructives de planification pour aborder les systèmes existants et garantir un futur durable font défaut. Le projet de recherche «Planification à long terme des infrastructures durables de l'eau» de l'Eawag s'est penché sur le développement de nouveaux concepts pour le long terme et les a éprouvés au moyen d'une étude de cas dans l'Oberland zurichois. Conjointement avec les acteurs et à l'aide d'une analyse décisionnelle multicritère, les objectifs fondamentaux pour une bonne infrastructure de l'eau ont été définis et utilisés pour l'évaluation des systèmes conventionnels et novateurs de distribution, traitement et d'évacuation des eaux usées, des formes d'organisation et des stratégies de gestion. Des pronostics sur la prestation à long terme de ces systèmes ont été pris en compte pour cette évaluation, ainsi que les préférences des acteurs centraux. Des scénarios ont été développés afin de tester la solidité des options d'action pour différentes évolutions futures. L'analyse décisionnelle multicritère a permis une meilleure compréhension de la puissance des infrastructures dans le cadre d'un avenir incertain et a aidé à révéler de possibles

EINLEITUNG

HERAUSFORDERUNGEN IN DER WASSERINFRASTRUKTURPLANUNG

Die Infrastrukturen der Wasserver- und Abwasserentsorgung übernehmen eine zentrale Rolle in unserer Gesellschaft. Sie bestehen hauptsächlich aus Leitungen bzw. Kanälen, für die eine Lebensdauer von 50 bis 100 Jahren üblich ist. Um die hohe Leistung dieser Systeme zu erhalten, müssen insbesondere die Leitungen vielerorts erneuert werden – was kostspielig ist. So müssen schätzungsweise 176 Mrd. Franken in den nächsten 40 Jahren in die schweizerischen Siedlungswasserinfrastrukturen investiert werden. Ein grosser Teil davon gehört der öffentlichen Hand; hier betragen die benötigten Investitionen etwa 81 Mrd. Franken. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass es sich lohnt, darüber nachzudenken, wie das Geld am besten investiert wird. Die Planung der Wasserinfrastrukturen ist komplex. Sie wird durch Instrumente wie GEP (Generelle Entwässerungsplanung) und GWP (Generelle Wasserversorgungsplanung/Generelles Wasserversorgungsprojekt) unterstützt. Diese Planungsinstrumente sind von zentraler Bedeutung, basieren aber meist auf einer Projektion des Ist-Zustandes in die Zukunft. Somit werden dynamische zukünftige Veränderungen, z. B. infolge der sozio-ökonomischen Entwicklung oder des Klimawandels,

* Kontakt: lisa.scholten@eawag.ch

nicht berücksichtigt. Folgenreiche Unsicherheiten oder vielversprechende Lösungen abseits der bekannten «Status quo-Systeme» werden hierbei meist ignoriert. Auch sehen GEP und GWP keine aktive Beteiligung zentraler Akteure vor. Verschiedene Autoren bemängeln, dass die Ingenieurspraxis und die finanziellen Ressourcen den anstehenden Planungsherausforderungen kaum gewachsen sind [1, 2]. In der Schweiz wird eine integrale, strategische Planung zusätzlich durch die starke Fragmentierung des Wassersektors erschwert (hier sei auf die etwa 2800 Wasserversorgungen und 750 Kläranlagen in der Schweiz verwiesen). Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 wurde an der Eawag das Projekt SWIP durchgeführt (s. *Box 1*). Ziel von SWIP war es, Instrumente und Methoden zu entwickeln, die den langfristigen Planungsprozess verbessern. Ein Fokus lag auf der Bestimmung des aktuellen und zukünftigen Zustands der Infrastruktur. Es wurden Modelle für die Rehabilitationsplanung entwickelt, die mit der typischen Datenlage kleiner Schweizer Gemeinden umgehen können. Diese Modelle werden an anderer Stelle beschrieben. Der vorliegende Artikel beschreibt den zweiten Themenbereich, nämlich die multikriterielle Entschei-

dungsanalyse (MCDA, von *Multi-Criteria Decision Analysis*) als Planungsansatz sowie die Ergebnisse einer konkreten Fallstudie. MCDA kann (z. B. auch in vereinfachter Form) die bestehende Planung mit GEP und GWP ergänzen. Sie unterstützt den Übergang von einem problembasierten Reparieren zu einer vorausschauenden, nachhaltigen Planung, die auch mit verschiedensten Unsicherheiten umgehen kann.

MCDA ALS PLANUNGSINSTRUMENT

Die MCDA wurde in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts entwickelt und ist insbesondere im englisch- und französischsprachigen Raum verbreitet. Sie findet praktische Anwendung in der strategischen Unternehmensplanung, aber auch zur Unterstützung von Entscheidungen z. B. im Umweltmanagement, Gesundheitswesen oder bei Fragen der nationalen Sicherheit.

Es gibt vielerlei Ansätze, die sich hinter dem Oberbegriff MCDA verbergen. Allen gemein ist das Ziel, komplexe Einzel- oder Gruppenentscheidungen zu strukturieren und zu unterstützen. Wir verwenden in diesem Artikel wertefokussierte Verfahren (und meinen diese, wenn wir MCDA schreiben). Ihre Stärke liegt genau in dieser Fokussierung auf Werte – d. h. das, was einem wirklich wichtig ist. Sie führt damit weg von einer oft vorurteilsbelasteten und damit gegebenenfalls wenig zielführenden Diskussion über mögliche Entscheidungsoptionen. Die MCDA ermöglicht es, Vorhersagen über «objektive Daten» (z. B. betreffend Kosten und Qualität des Trinkwassers) mit «subjektiven Präferenzen» zu verbinden. Die Methode erhöht so die Transparenz der Entscheidung, weil die Wichtigkeit, die verschiedene Akteure den einzelnen Zielen beimessen, klar erhoben und dargestellt werden kann.

ZIEL DES ARTIKELS

Im Projekt SWIP wurde exemplarisch gezeigt, wie verschiedene Interessensgruppen und ihre Meinungen und Werte mittels der MCDA-Methode systematisch in den Entscheidungsprozess einbezogen werden können [3, 4]. Man ist dabei in acht Schritten vorgegangen (*Box 2*). Der letzte Schritt, die Umsetzung, war jedoch nicht Bestandteil des Forschungsprojektes.

Ziel dieses Artikels ist es, in die MCDA-Methodik einzuführen und einen Teil der Ergebnisse aus einer Fallstudie, die im

ABLAUF DES MCDA-PROZESSES

Die im SWIP-Projekt verwendete MCDA-Methode gliedert sich in acht Schritte:

Schritt 1: Rahmen und Systemgrenzen klären
Entscheiden, worüber entschieden und wer in den Prozess involviert wird.

Schritt 2: Ziele definieren
Was ist wichtig für die Entscheidenden/die Gesellschaft/zukünftige Generationen? Attribute (Kennzahlen/Indikatoren) messen, wie gut die Ziele erreicht werden.

Schritt 3: Zukunftsszenarien entwickeln
Um die unsichere zukünftige Entwicklung zu berücksichtigen, wurde die MCDA mit einer Szenarioplanung kombiniert. Wie könnte die Welt im Jahr 2050 aussehen und wie beeinflusst dies die Wasserinfrastrukturen?

Schritt 4: Alternativen entwickeln
Wie können Haushalte mit Wasser versorgt und Abwässer entsorgt werden? Wie können Infrastrukturen erhalten, repariert oder ersetzt werden? Wie können die Institutionen, Firmen etc. organisiert werden?

Schritt 5: Konsequenzen abschätzen
Wie gut werden die Ziele (Schritt 2) für jede Alternative (Schritt 4) unter den Zukunftsszenarien (Schritt 3) erreicht? Für die Prognosen können Modelle benutzt oder Experten um Einschätzung gebeten werden.

Schritt 6: Präferenzen der Akteure erheben
Welche Ziele sind die wichtigsten? Kann eine Zielerreichung (z. B. steigende Kosten) gegen eine andere (z. B. bessere Gewässerqualität) abgewogen werden?

Schritt 7: Abschneiden der Alternativen berechnen
Hier werden die Prognosen (Schritt 5) mit den Präferenzen (Schritt 6) mittels eines mathematischen Modells kombiniert. Gibt es robuste Alternativen, die für die meisten Akteure und auch unter verschiedenen Zukunftsszenarien gut abschneiden? Falls nicht, können Kompromissalternativen erstellt werden, welche die Ziele für alle besser erreichen?

Schritt 8: Diskussion, Entscheid, Umsetzung und Erfolgskontrolle
Dieser letzte Schritt der MCDA wurde im SWIP-Projekt nicht durchgeführt.

LANGFRISTIGE PLANUNG NACHHALTIGER WASSERINFRASTRUKTUREN (SWIP)

Ziel des Projekts SWIP (Abk. des englischen Projekttitels: *Sustainable Water Infrastructure Planning*) ist eine verbesserte Planung von Trinkwasserversorgungs- und Entwässerungssystemen, die sich in die bestehenden Planungsstrukturen der Schweiz eingliedert. Der Fokus liegt auf dem Umgang mit Beschränkungen in den Daten, der Unsicherheit von zukünftigen Entwicklungen und einer hohen Akzeptanz des Entscheidungsprozesses durch Akteure.

Weitere Informationen finden sich auf der SWIP-Projektwebsite:
www.eawag.ch/forschung/sww/gruppen/swip

Kontakt:
Judith Lienert, judit.lienert@eawag.ch
Max Maurer, max.maurer@eawag.ch

Rahmen von SWIP durchgeführt wurde, darzustellen. Die MCDA wurde für die Planung von Trinkwasser- und Abwasserinfrastrukturen separat angewandt. Der Einfachheit halber wird nur auf vier Entscheidungsalternativen (von elf für die Trinkwasserversorgung bzw. 15 für die Abwasserentsorgung) und auf eines von vier sozioökonomischen Zukunftsszenarien, nämlich das Szenario «Status quo», mit kurzem Verweis auf das Szenario «Boom» eingegangen. Auf die beiden anderen Szenarien (Doom und qualitatives Wachstum) wird hier verzichtet.

VORGEHEN BEI DER FALLSTUDIE

AKTEURS-ANALYSE

An der Fallstudie «Mönchaltorfer Aa» haben vier Gemeinden im Zürcher Oberland, Egg, Gossau, Grüningen und Mönchaltorf, teilgenommen. In der Region lebten im

	A1 Interkommunale Anstalt, zentral, mittlerer Aufwand	A2 Privates Vertragsunternehmen, zentral, Minimalaufwand	A3 Private Verantwortung, dezentral einfach, Minimalaufwand	A4 Gemischte Verantwortung, de- zentral Hightech, mittlerer (TW) bzw. hoher (AW) Aufwand
Organisatorische Struktur	Interkommunale Anstalt (IKA), die weitere Sektoren (z. B. Strassenwesen und Energieversorgung) sowie sämtliche Gemeinden im Zürcher Oberland einschliesst.	Konsumenten wählen privates Vertragsunternehmen. Es bestehen keine Kooperationen zwischen Gemeinden oder mit anderen Sektoren.	Haushalte sind selbst verantwortlich. Nur der Trink- und Abwassersektor kooperieren miteinander. Teilweise gibt es Kooperationen über Gemeindegrenzen hinweg.	Dezentrale Systemelemente von Haushalten selbst verantwortet, zentrale Systemelemente von gemeindeübergreifenden Kooperativen. Keine organisatorische Kooperation mit anderen Sektoren.
Sanierung der Netzinfrastrukturen	TW: Jährlicher Ersatz von 2% der Leitungen in Abhängigkeit ihres Zustands. AW: Ersatz so, dass höchstens 10% der Netzlänge in einem schlechten Zustand ist.	Minimaler Sanierungsaufwand. Nur bei Bruch einer Trinkwasserleitung bzw. Einsturz einer Abwasserleitung werden Massnahmen ergriffen.	wie bei A2	Mittlerer bis hoher Rehabilitationsaufwand. Ersatz erfolgt anhand der geschätzten Anlagenlebensdauer. TW: nur dezentrale Anlagen werden rehabilitiert, zentrale Anlagen (z. B. das Leitungsnetz) zerfallen.
Wasserversorgung	Rohwasser (Grund- und Seewasser) wird zentral aufbereitet (Desinfektion, Entfernung von MV). Verteilung über zentrales Rohrnetz. In neuen Wohngebieten werden Rohrdurchmesser neu auf den Haushaltsverbrauch dimensioniert und zusätzliches Löschwasser zur Erfüllung der Löschwasservorgaben in dezentralen Tanks bereitgestellt.	wie bei A1	Nicht aufbereitetes Grundwasser wird mit Fahrzeugen an Konsumenten geliefert, in Behältern gespeichert und vor Ort behandelt (nur Desinfektion mit Chlorung). Löschwasser wird in separaten Behältern vorgehalten.	Regenwasser wird vorzugsweise verwendet (Brauch- und Trinkwasser). Falls nötig wird weiteres Rohwasser an Konsumenten geliefert. Löschwasser wird in Behältern vorgehalten. Die dezentrale Aufbereitung umfasst Desinfektion und Entfernung von MV.
Abwasserentsorgung	Bestehende Entwässerungssysteme bleiben unverändert und werden gemäss bestehender Planungen (GEP) ausgebaut. Neu ausgezonte Gebiete werden ausschliesslich im Trennsystem entwässert. Die ARA werden nach Bedarf ausgebaut und mit einer Reinigungsstufe zur Entfernung von MV ausgestattet.	Entwässerungssysteme wie bei A1; sofern möglich, wird 80% des Dachabwassers in Neuüberbauungen infiltriert (nur an wenigen Stellen möglich). Bestehende ARA werden bei Bedarf ausgebaut.	Bestehende Entwässerungssysteme bleiben unverändert. Regenabwasser wird in neuen Siedlungsgebieten oberflächlich abgeleitet. Mechanische Reinigungsstufen bestehender ARA werden weiterhin betrieben. In neuen Siedlungsgebieten werden Faulgruben installiert.	Entwässerung wie bei A1, in Neubaugebieten 80% der Dachflächen als Gründach; pro ha reduzierte Fläche werden 300 m ³ Regenrückhalteräume bereitgestellt. Nährstoffe werden aus Abwasser dezentral zurückgewonnen. Restliches Abwasser wird in bestehenden ARA geklärt (Ausbau nach Bedarf, zusätzliche Reinigungsstufe zur Entfernung von MV).

Tab. 1 Beschreibung der Alternativen A1–A4 für die Wasserver- und Abwasserentsorgung im Fallstudiengebiet

TW = Trinkwasser, AW = Abwasser, MV = Mikroverunreinigungen, ARA = Abwasserreinigungsanlagen

Description des alternatives A1–A4 pour l’approvisionnement en eau et l’évacuation des eaux usées dans la région d’étude

TW = eau potable, AW = eaux usées, MV = micropolluants, ARA = stations d’épuration des eaux usées

im Jahr 2050 aussehen könnte, nämlich Boom (extremes Wachstum), Doom (wirtschaftliche Krise) und Lebensqualität (moderates, nachhaltiges Wachstum). Das Szenario Status quo ist eine Projektion des Ist-Zustandes auf das Jahr 2050. Beim Szenario Boom wächst die Bevölkerung von heute 24 200 auf 200 000 Einwohner, es kommt zu einer grossen wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung. Für jedes Szenario sehen die Prognosen der Leistung der einzelnen Alternativen anders aus. Eine Alternative ist robust, wenn sie in verschiedenen Szenarien ähnlich gut abschneidet.

ATTRIBUTPROGNOSEN

Für jede Alternative wird prognostiziert, wie gut die Attribute abschneiden. Dies kann über komplexe Modellierungen geschehen, z. B. betreffend Zustand und

Rehabilitation der Leitungen oder auch mit Expertenschätzungen. Dabei werden beispielsweise die mittleren Kosten einer Alternative bestimmt, die Anzahl Mischwasserüberläufe pro Jahr oder wie viele Sektoren (nicht) zusammenarbeiten und Ärger über unnötige Strassenbaustellen hervorrufen. Der Prognosezeitraum reicht vom Referenzjahr 2010 bis 2050. Für die langfristige Planung sind langfristige Änderungen der Randbedingungen (z. B. Bevölkerungszahl, Wassernutzung, Klima) wichtig. Deshalb wurden die Prognosen für jedes Attribut und jede Alternative unter allen vier Zukunftsszenarien erstellt. Insbesondere die Prognosen für das Szenario Boom unterscheiden sich von den anderen Szenarien. Das Abschneiden der vier Alternativen bzgl. der Hauptziele im Szenario Status quo ist in *Figur 2* (Attribute der Wasserversorgung)

und *Figur 3* (Abwasserentsorgung) dargestellt (für weitere Alternativen, Teilziele und Szenarien siehe [5, 6]).

Einige Attribute hängen besonders stark von den Annahmen der Szenarien ab. Beispiele hierfür sind die Umsetzung des Rehabilitationsbedarfs (siehe Attribut *rehab* in *Fig. 2* und 3), das Ausschöpfen der Grundwasserneubildung (*gw_{hh}*), die hydraulische Beeinträchtigung (*hydr*), technische Zuverlässigkeit (z. B. der Löschwasserversorgung: *reliab_ffw* oder der Abwasseranlagen: *failure*), Ansteckung mit Krankheitserregern aus dem Abwasser (*illn*) oder die Jahreskosten (*costcap*) und der Kostenanstieg (*costchange*). Diese Attribute tragen massgeblich zur (In-)Stabilität der Alternativen unter den Zukunftsszenarien bei. Andere Attribute sind zwar für die Alternativen sehr verschieden, aber unter allen Szenarien ungefähr gleich. Das

ERGEBNISSE DER MCDA

Um eine Rangordnung der Alternativen zu erstellen (welche ist besser, welche schlechter?), wurden die Präferenzen der Akteure bezüglich der Zielerreichung und die Leistungsprognosen der Alternativen rechnerisch zusammengeführt.

WASSERVERSORGUNG

Szenario Status quo

In *Figur 5* sind die Ergebnisse der MCDA für Trinkwasser für die Alternativen A1-A4 (siehe *Tab. 1*) zusammengefasst. Im Szenario Status quo schnitt unter den berücksichtigten Zielen Alternative A1 (Interkommunale Anstalt, zentrale Versorgung, mittlerer Aufwand; in *Fig. 5 rote Kurve*) am besten ab, da sie bei allen zehn Akteuren die höchsten Werte erreichte (zwischen 0,7 und 0,95). Auf dem zweiten Rang lag Alternative A4 (Gemischte Verantwortung, dezentral Hightech, mittlerer Aufwand; *grüne Kurve*), wenn auch mit deutlich niedrigerem Gesamtwert für die meisten Akteure. Die Vertreter der lokalen Wasserversorgungsgenossenschaft (Nr. 3 in *Fig. 5*) schätzten A4 nur minimal schlechter als A1 ein, der Wert für A4 war aber mit weniger Unsicherheit behaftet. Bei Risikoaversion könnte also auch A4 vorgezogen werden. Um das zu bestimmen, wäre eine detaillierte Erhebung der Risikoeinstellung nötig.

Der dritte und vierte Rang waren weniger eindeutig. Für den Vertreter der

Hygienisierung des Trinkwassers und ein proaktives Rehabi-

lässt sich durch die der Alternative A1 zugrundeliegenden Rehabilitationsstrategie begründen. Die Bedingung für den Ersatz von Leitungen, nämlich dass 10% des Systems im schlechtesten Zustand sind (Tab. 1), wird bei einem massiven Ausbau der Infrastruktur erst über deutlich längere Zeiträume als die betrachteten 40 Jahre erreicht. Die detaillierte Analyse mit weiteren Alternativen ergab ähnliche Resultate.

Möglicherweise ein guter Kompromiss für alle Szenarien sind Alternative A4 (dezentral Hightech) oder auch Varianten des heutigen Systems, die hier nicht vorgestellt wurden (siehe [6]). Diese haben z. B. einen höheren Regenwasserrückhalt als heute oder weisen nur eine einzige Kläranlage auf, die zentral das Abwasser aus neun Gemeinden in der Region reinigt. Diese Varianten und A4 schnitten unter allen vier untersuchten Szenarien für die Akteure gut bis sehr gut ab. Zu erwähnen ist, dass eine hohe Zuverlässigkeit bezüglich der technischen Leistung der dezentralen Abwasseranlagen angenommen wurde. Ob dies in der Praxis so erreicht werden kann, ist nicht gesichert, doch sicherlich nicht unmöglich.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse, MCDA, kann die bestehende Planung mit GEP und GWP sinnvoll erweitern. Sie hilft, Schwächen in der derzeitigen Planung zu überwinden, erhöht die Transparenz und strukturiert den Planungs- und Entscheidungsprozess. Durch die Bewertung der Handlungsoptionen anhand derjenigen Ziele, die den Akteuren wichtig sind, wird eine partizipative und wertbasierte Planung erreicht. Unsicherheiten über die Prognosen oder Präferenzen können explizit mitberücksichtigt werden. Durch die Kombination mit der Szenarioanalyse ist es möglich, die Robustheit bestehender und alternativer Systeme unter unterschiedlichen zukünftigen Randbedingungen abzuschätzen. Im vorliegenden Artikel werden die Resultate einer MCDA, die im Rahmen einer Fallstudie durchgeführt wurde, für je vier Handlungsoptionen für die Wasserver- und Abwasserentsorgung vorgestellt. Die ausgewählten Alternativen sind nicht als Handlungsempfehlungen

zu verstehen, sondern sollen vielmehr die mögliche Spannbreite der Handlungswege aufzeigen. An den Ergebnisse lässt sich erkennen, dass trotz individueller Unterschiede bei den Präferenzen nur wenig Konfliktpotenzial vorhanden war. Die wichtigsten Ziele waren eine «gute Wasserver- und Abwasserentsorgung», ein «hoher Ressourcen- und Gewässer- bzw. Grundwasserschutz» und eine «hohe Generationengerechtigkeit». Die «soziale Akzeptanz» und «niedrige Kosten» waren in der Fallstudie im Vergleich dazu eher unwichtig.

Die MCDA-Resultate verdeutlichen ausserdem, dass ein klarer Zusammenhang zwischen dem Rehabilitationsmanagement und der Rangierung der Alternativen bestand. Insgesamt schnitten Alternativen mit einem soliden Rehabilitationsmanagement deutlich besser ab als solche mit einem rein reaktiven Vorgehen (reparieren, wenn etwas kaputt ist). Diese Alternativen waren auch in der Regel diejenigen mit einer höheren räumlichen und sektorübergreifenden Kooperation, als dies heute im Fallstudiengebiet der Fall ist. Erstaunlich ist, dass die technischen Unterschiede nur einen geringen Einfluss auf die Rangierung hatten. Die derzeit verwendeten zentralen Systeme schnitten insgesamt gut ab, sofern das Rehabilitationsmanagement vernünftig ist. Doch auch teildezentralisierte oder völlig dezentrale Ansätze (letztere vor allem beim Abwasser) rangierten recht weit oben.

Der nächste Schritt ist die Diskussion der Ergebnisse mit den Akteuren, beispielsweise darüber, ob die Akteure mit der Leistungsprognose und Rangierung einverstanden sind oder zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden sollten. Anhand der nun vorhandenen Prognosen und Kenntnis über die Präferenzen wäre es auch möglich, neue Alternativen zu definieren, welche die Ziele noch besser erreichen (d.h. einen höheren Gesamtwert erhalten). Dies ist eine der Stärken der hier verwendeten wertebasierten MCDA. In dieser wissenschaftlichen Fallstudie sind die Resultate rein informativer Natur. Sie zeigen aber, welche wichtigen Einsichten durch eine MCDA-unterstützte Planung zu erreichen sind. Die Ergebnisse sind selbstverständlich fallstudien-spezifisch und können nicht verallgemeinert wer-

den. Um generalisierbare Empfehlungen ableiten zu können, sind Anwendungen in weiteren Fallstudien nötig. Falls Sie ein Anwendungspotenzial sehen, melden Sie sich doch bei uns.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Arnbjerg-Nielsen, K.; Arnbjerg-Nielsen F.H.S. (2009): Feasible adaptation strategies for increased risk of flooding in cities due to climate change. *Water Science and Technology* 60(2): 273–281
- [2] Butler, J. et al. (2007): Sewer storage tank performance under climate change. *Water Science and Technology* 56(12): 29–35
- [3] Lienert, J. et al. (2014): Structured decision-making for sustainable water infrastructure planning and four future scenarios. Submitted to *EJDP*
- [4] Lienert, J.; Schnetzer, F.; Ingold, K. (2013): Stakeholder analysis combined with social network analysis provides fine-grained insights into water infrastructure planning processes. *Journal of Environmental Management* 125: 134–148
- [5] Scholten, L. et al. (2014): Tackling uncertainty in multi-criteria decision analysis – An application to water supply infrastructure planning. Submitted
- [6] Zheng, J.; Egger, C.; Lienert, J. (2014): Incorporating stakeholders' preferences in wastewater infrastructure planning in Switzerland (working title). In preparation

DANKSAGUNG

Das Projekt SWIP wurde vom Schweizer Nationalfonds Projektnr. 406140-125901 gefördert. Ohne die engagierte Teilnahme vieler lokaler, kantonaler und nationaler Akteure und Experten wäre SWIP nicht möglich gewesen. Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Unterstützung! Zusätzlich danken wir *Max Maurer* für die ausgezeichnete Zusammenarbeit im Projekt und Anmerkungen zu früheren Versionen dieses Artikels.

> SUITE DU RÉSUMÉ

conflits d'intérêts. Malgré des intérêts divergents, le potentiel de conflits était plutôt faible, et des solutions de compromis ont pu être identifiées. La méthodologie et les résultats sont présentés ici à titre d'exemple.