

Integrales Risikomanagement für die Trinkwasserversorgung in Österreich

Zusammenfassung: Als kritische Infrastruktur, deren Ausfall oder Beeinträchtigung signifikante Folgen für die Bevölkerung hat, ist eine funktionierende Wasserversorgung umfassend zu schützen. In der vorliegenden Studie wird die Verknüpfung von zwei Werkzeugen (FEIS und ACHILLES), die von der Universität für Bodenkultur und der Universität Innsbruck zur Risikominimierung bzw. Schwachstellenidentifizierung in der Wasserversorgung entwickelt wurden, analysiert und validiert. Beide Werkzeuge können für die Sicherheits- und Prioritätenplanung (Investitions- und Rehabilitationsplanung) genutzt werden, unterstützen die Implementierung von Wassersicherheitsplänen und zielen auf eine erhöhte Versorgungssicherheit ab.

FEIS ermöglicht durch die qualitative Risikobetrachtung eine Fehlernetz- und Risikoanalyse. ACHILLES dient auf Basis der quantitativen Risikobetrachtung zur Schwachstellenidentifizierung und als Planungswerkzeug. Durch die Kombination der beiden Betrachtungsweisen wird eine gegenseitige Ergänzung der beiden Systeme erreicht, um ein integrales Risikomanagement zu erleichtern.

Integral risk management for Austria's water supply

Summary: A functioning water supply system is a critical piece of infrastructure that needs comprehensive protection, since any failure or impairment has significant consequences for the population. The study described in this report analyses and validates a linkup of two tools, FEIS and ACHILLES, which have been developed by the Vienna University of Natural Resources and Life Sciences and the University of Innsbruck for minimising risks and identifying points of potential vulnerability in the water supply system. Both tools can be used for planning safety and priority programmes (investment and rehabilitation planning), they are a help in the implementation of water safety plans and aim at an improved security of supply.

FEIS enables failure net and risk analyses by means of a qualitative risk assess-

ment. ACHILLES identifies points of potential vulnerability and serves as a planning tool, using quantitative risk assessment. Combination of the two approaches leads to mutual supplementation of the two systems so as to facilitate integral risk management.

1. Ausgangslage

Das österreichische Förderungsprogramm für Sicherheitsforschung – KIRAS – unterstützt nationale Forschungsvorhaben, deren Ergebnisse dazu beitragen, die Gewährleistung eines hohen Niveaus an Lebensgrundlagen und Entfaltungsmöglichkeiten für alle Mitglieder der Gesellschaft dauerhaft zu sichern. Dabei liegt derzeit der Schwerpunkt beim Schutz kritischer Infrastrukturen. Kritische Infrastrukturen sind Einrichtungen mit herausragender Bedeutung für das Gemeinwesen, deren Ausfall oder Beeinträchtigung signifikante Folgen für die Bevölkerung hat. Dazu zählt im internationalen Sprachgebrauch auch eine funktionierende Wasserversorgung. Der Schutz der Wasserversorgung als kritische Infrastruktur wurde auch bereits in einem Vorschlag für eine EU-Richtlinie (KOM, 2006) festgehalten. Die Beeinträchtigung der kritischen Wasserinfrastruktur erfolgt von unterschiedlichen Seiten. Beispielsweise können Unfälle und Sabotage, Ausfälle von Geräten in der Wasserinfrastruktur sowie Änderungen des Klimas oder der Landnutzung zur Veränderung der Wasserqualität oder -quantität führen und damit die sichere Versorgung der Bevölkerung gefährden.

Im Rahmen des KIRAS Sicherheitsforschungsprogrammes führten sowohl die Universität für Bodenkultur (BOKU-SIG) als auch die Universität Innsbruck Projekte zur Risikominimierung im Trinkwasserbereich durch, die die Grundlage für eine integrale Sichtweise in der Trinkwasserversorgung bilden:

- Failure Experience Improvement System (FEIS) zur Risikominimierung am Beispiel der kritischen Infrastruktur

Trinkwasser (BOKU-SIG, KIRAS Programmlinie 2)

- ACHILLES als Planungswerkzeug zur Identifikation von Schwachstellen im laufenden Betrieb und Notfall für die urbane Wasserinfrastruktur (Universität Innsbruck, KIRAS Programmlinie 3)

Während FEIS durch Fehlernetz- und Risikoanalyse von Infrastrukturen eine qualitative Risikobetrachtung ermöglicht, dient ACHILLES als Schwachstellenidentifizierungssystem und Planungswerkzeug durch quantitative Risikobetrachtung. Beide Werkzeuge können für die Sicherheits- und Prioritätenplanung (Investitions- und Rehabilitationsplanung) genutzt werden, unterstützen die Implementierung von Wassersicherheitsplänen (herausgegeben von der Weltgesundheitsorganisation) und zielen auf eine erhöhte Versorgungssicherheit ab. Durch die Verknüpfung der beiden Werkzeuge kann zusätzliche Information gewonnen werden, mit der die Risikobewertung besser angepasst werden kann. Deshalb wurden anhand einer Studie (im Rahmen der KIRAS Programmlinie 4, Unterstützungsmaßnahmen) die Verknüpfung der beiden Projekte und die Herstellung von möglichen Schnittstellen zwischen den zwei Werkzeugen FEIS und ACHILLES analysiert und validiert, sowie der daraus resultierende Mehrwert für integrales Risikomanagement erarbeitet.

1.1. Kurzbeschreibung von FEIS

FEIS nutzt die Betriebserfahrung zur Fehlernetz- und Risikoanalyse in Wasserversorgungssystemen. Dazu wurden Fehlerereignisse bei den Wasserversorgern gesammelt, kategorisiert und analysiert und in einem Fehlernetzwerk dargestellt (siehe Abb. 1). Die FEIS Datenbank besteht somit aus einzelnen Fehlerereignissen, die miteinander verbunden sind und Fehlerketten bilden. Den Verbindungen zwischen den Fehlerereignissen sind die Eigenschaften Impact und Timelag zugeordnet. Der Parameter Impact gibt an, wie stark sich ein Ereignis auf ein darauffolgendes auswirkt, während der Para-

meter Timelag den Zeitraum angibt, in dem sich ein Ereignis auf das nächste auswirkt. Auf Basis dieser Datenbank werden mit Hilfe der sozialen Netzwerkanalyse (SNA) kritische Faktoren im System aufgespürt und Risikolisten erstellt, in denen die einzelnen Risiken relativ zueinander bewertet werden. Den Wasserversorgungsunternehmen dient dieses Tool zur Visualisierung und Bewertung (Priorisierung) von Fehlerauslösern und Fehlereinflüssen auf das System und damit als Wissenssystem zur Prävention sowohl im Regelbetrieb als auch im Krisen- und Katastrophenfall (Notfall). Das FEIS ist ein Dokumentations- und Hilfetool zur Entscheidungsfindung für Bedarfsträger. Lokales Wissen wird gesammelt, fließt in das Gesamtsystem ein, wird allen zugänglich gemacht und an anderer Stelle wieder lokal genutzt (Mayr und Perfler 2009).

Das FEIS trägt zu folgenden operativen Verbesserungen bei und kann damit auf breiter Basis bei Wasserversorgern eingesetzt werden:

- Erkennung kritischer Faktoren und Erstellung von Risikoprioritäten (Criticality-Index)
- Beurteilung von Fehlerereignissen und ihrer möglichen Folgewirkungen im Gesamtsystem (Kaskadenwirkung, zeitliche Entwicklung)
- Ableiten von Maßnahmen für die Krisen- und Katastrophenvorsorge
- Erhöhung der Versorgungssicherheit durch permanente Fehlerminimierung
- Ursachenanalyse (z. B. zu geringe Personalressourcen, zu geringe Erneuerungsraten)
- Zusammenführung des Wissens von Einzelpersonen in ein Gesamtsystem (Wissensverbreitung und Erfahrungsaustausch)
- Eingebettetes Datenmanagement zur Verknüpfung mit bereits im Betrieb vorhandenen Daten (Umsetzung 2011 geplant)

1.2. Kurzbeschreibung von ACHILLES

An der Universität Innsbruck wurde eine Methodik entwickelt, um die Vulnerabilität der Systemkomponenten der Wasserversorgung zu bestimmen. Mit den bereits entwickelten Werkzeugen VulNetWS (Vulnerabilität von Wasserversorgungsnetzen) und VulNetUD (Vulnerabilität von Entwässerungsnetzen) können auf Basis von hydraulischen bzw. hydrodynamischen Simulationen Schwachstellen bzw. die örtlich verteilte, intrinsische Vulnerabilität der urbanen Wasserinfrastruktur be-

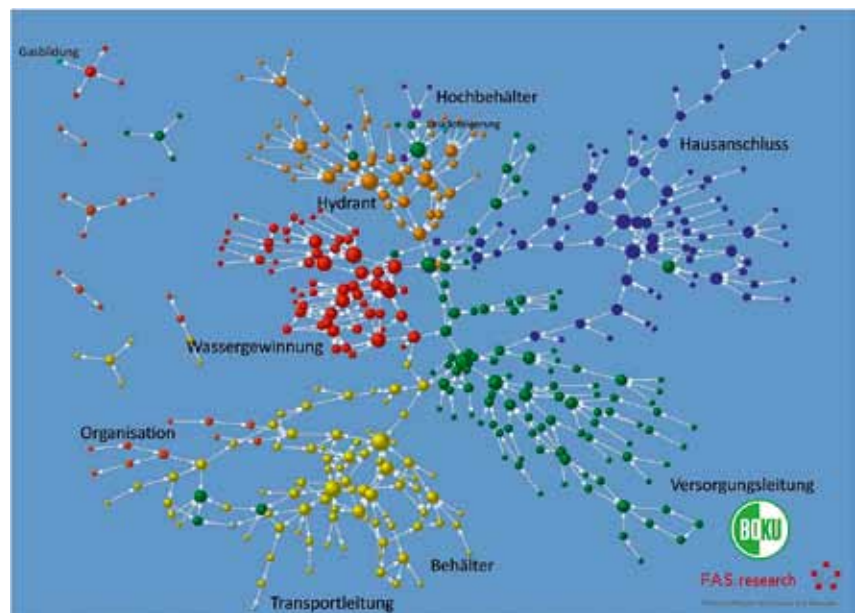


Abb. 1: Visualisierung von Fehlerketten der FEIS Datenbank

stimmt werden. Dabei werden die Auswirkungen von Komponentenausfällen und anderen Systemveränderungen (z. B. Erhöhung des Versiegelungsgrades) holistisch bewertet. Zusätzlich zur Vulnerabilitätsbeurteilung kann auch das Gefährdungspotential abgeschätzt werden, was in weiterer Folge eine Risikoanalyse ermöglicht. Ziel des ACHILLES-Projektes ist die Weiterentwicklung eines Softwareprototyps namens VulNetUW (Vulnerabilität von Netzen der urbanen Wasserwirtschaft), der die beiden bereits vorhandenen Werkzeuge VulNetWS und VulNetUD fusioniert. Im Rahmen dieser Zusammenführung werden beide Werkzeuge auch erweitert (z. B. Vulnerabilitäts-simulation des Eintrags von Giften in den Versorgungsnetzwerken). Die praxisnahe Einbindung dieses Planungswerkzeuges wird bei der Entwicklung von Rehabilitierungsstrategien an mehreren Bedarfsträgern (Kommunen und Stadtwerken) getestet. Synergien zwischen Sicherheitsplanung und Rehabilitierungsplanung können dabei genutzt werden. Endresultat ist ein Schwachstellenidentifizierungssystem inklusive Planungswerkzeug, welches auf jeden Bedarfsträger anwendbar ist und mit dem eine erhöhte Versorgungs- bzw. Entwässerungssicherheit in der Siedlungswasserwirtschaft erreicht werden kann (siehe Abb. 2).

Zusätzlich kann mit Hilfe der Simulationsmodelle erfasst werden, in welchen Bereichen in Krisenfällen qualitative oder quantitative Defizite auftreten. Dadurch kann z. B. der Einsatz einer Notversorgung

zieltgerecht geplant werden, diese kommt dadurch dort zum Einsatz, wo Hilfe am dringendsten benötigt wird. Eine weitere Anwendung im Krisenfall sind Spülkarten. Sie zeigen, wo und wie lange das System gespült werden muss. Eine ausführliche und übergreifende Beschreibung der Ausgangslage zu ACHILLES wird in Möderl (2009) gegeben.

2. Abgrenzung zwischen den beiden Werkzeugen

FEIS basiert auf dem Abbild der funktionalen Elemente der Infrastruktur und ihrer Verknüpfungen. Es generiert Wissen aus den Erfahrungen von vielen einzelnen Wasserwerken mittels qualitativer Beschreibung von Gefahren und Ereignissen sowie deren Ursachen und Wirkungen. Im FEIS werden für jeden Ereignispunkt aufgrund des Gesamtsystems (Fehlernetzwerks) Abhängigkeit und Einfluss des Fehlerereignisses berechnet und dementsprechend visualisiert (Fehlerdrehscheiben, Fehlerhäufungspunkte, Einzelgefahrenbewertung.). Die Abhängigkeit eines Fehlerereignisses von verschiedenen Auslösern und sein Einfluss auf Folgewirkungen im Gesamtsystem stellen das Risikopotential eines Ereignisses dar.

Im Unterschied dazu wird bei ACHILLES eine konkrete Versorgungsstruktur abgebildet und die Schadenshöhe (Vulnerabilität) aufgrund eines Fehlerereignisses für bestimmte Versorgungsstrukturen bzw. an bestimmten Punkten im Versorgungsnetz quantitativ ermittelt. Auf

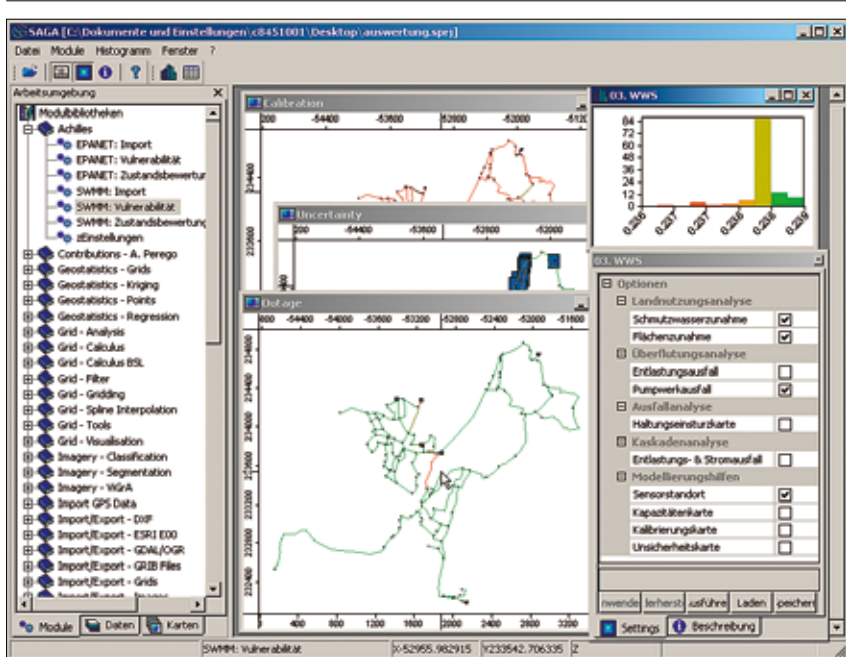


Abb. 2: ACHILLES Anwendersoftware

Basis unterschiedlicher Eingangsdaten und der Modellbildung als Voraussetzung werden einzelne Gefährdungen (Szenarien) angenommen und deren Schadensauswirkung simuliert und räumlich verteilt bewertet.

3. Unterschiedliche Risikobetrachtungen

Der grundlegende Unterschied zwischen den beiden Anwendungen FEIS und ACHILLES liegt in den angewendeten Risikobetrachtungen, welche im Folgenden kurz beschrieben werden.

3.1. Quantitative Risikobetrachtung

Die quantitative Risikobewertung hat zum Ziel, objektive numerische Werte für alle Komponenten der Risikoanalyse zu berechnen. Der Vorteil der quantitativen Risikobetrachtung besteht vor allem darin, dass die Ergebnisse für EntscheidungsträgerInnen gut verständlich, als absolute Werte vorliegen. So müssen für ein Ereignis, das zu einer Beeinträchtigung der Wasserversorgung führt, die Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses sowie das Ausmaß des dadurch verursachten Schadens quantifiziert werden. Die rein quantitative Risikobewertung bringt somit einige Schwierigkeiten mit sich. Es gibt keinen strikten Weg, die Werte für die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß zu berechnen. Für die Bestimmung der Eintrittswahr-

scheinlichkeit können historische Daten als Grundlage verwendet werden, die aber in vielen Fällen nicht verfügbar sind. Das Schadensausmaß, beispielsweise der Ausfall der Wasserversorgung für einige AbnehmerInnen über einen bestimmten Zeitraum oder eine Beeinträchtigung der Qualität, lässt sich ebenfalls nur schwer einheitlich quantifizieren. Außerdem ist für die quantitative Risikobetrachtung die Abbildung des individuellen Wasserversorgungssystems notwendig. Da jedoch heute einige Wasserversorger bereits ein Geoinformationssystem (GIS) haben, bleibt in diesen Fällen der Aufwand für die Abbildung des Wasserversorgungssystems und die Modellierung überschaubar.

3.2. Qualitative Risikobetrachtung

Anders als bei der quantitativen Risikobetrachtung, werden bei der qualitativen Analyse nur relative numerische Werte berechnet werden. Dies gilt auch für die Berechnung der möglichen Auswirkungen eines eingetretenen Risikos. Der Vorteil einer qualitativen Herangehensweise liegt darin, dass keine umfangreiche Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaß erfolgen muss, um eine Prioritätenreihung zu erstellen und Wissen zu den einzelnen kritischen Punkten zu sammeln. Vor allem für kleinere Organisationen mit beschränkten Finanz- und Personalmitteln bietet sich daher die qualitative Herangehensweise an. Der

Nachteil einer qualitativen Risikobetrachtung besteht darin, dass die resultierenden Zahlen auf subjektiven Schätzungen basieren und nicht absolut sind. Durch das Einbringen einer systematischen Methodik und von Erfahrungswerten, wie zum Beispiel durch FEIS, kann die Subjektivität reduziert und die qualitative Risikobetrachtung zu einem ExpertInnensystem ausgebaut werden.

3.3. Lokale Risikobetrachtung

Bei der lokalen Risikobetrachtung wird hauptsächlich die externe Gefahrenlage (Muren, TerroristInnen, Unfälle etc.) erhoben und örtlich referenziert. ACHILLES führt eine solche Betrachtung durch. Der Vorteil dieser Betrachtung besteht durch die Referenzierung des Ortes, von dem eine Gefahr ausgeht bzw. wo der Schaden am größten ist. Nachteil dabei ist, dass funktionale Zusammenhänge und die Anzahl von Szenarien begrenzt sind. Lokale Risikobetrachtungen werden jeweils für einen bestimmten Wasserversorger durchgeführt und sind nicht allgemein zugänglich.

3.4. Funktionale Risikobetrachtung

Bei der funktionalen Risikobewertung werden hauptsächlich Betriebserfahrung (Erfahrungen, Ereignisse, Fehler etc.) erfasst und funktionale Zusammenhänge im Wasserversorgungssystem analysiert. Im FEIS werden zusätzlich dazu auch Erfahrungswerte der Wasserversorger zu externen Gefahrenlagen gesammelt und beschrieben. Das FEIS bildet eine Plattform für den Erfahrungsaustausch zwischen vielen Wasserversorgern, um auf Wissen über bekannte Fehler und Maßnahmen zurückgreifen zu können.

4. Integrale Risikobetrachtung durch Verknüpfung der Betrachtungen

Durch die Verknüpfung von qualitativer und quantitativer sowie von funktionaler und lokaler Risikobetrachtung wird zusätzliche Information gewonnen, mit der die Risikobewertung besser angepasst werden kann. Bei der funktionalen Fehlernetzanalyse werden Erfahrungen über Bedrohungen (Fehler) und ihre Auswirkungen von verschiedenen Wasserversorgern gesammelt und in einem allgemeinen System qualitativ beschrieben. Im Gegensatz dazu werden bei der numerischen und lokalen Risikoanalyse bei

einem bestimmten Wasserversorger für konkrete Fehlerszenarien numerische und örtlich referenzierte Bewertungen von Risiken berechnet. Der notwendige Informationstransfer zur Verknüpfung der beiden Prozesse ist in *Abbildung 3* abgebildet.

Erstens werden aus der funktionalen Objektanalyse Szenarien ausgegeben, die als Ausgangspunkt für die numerische Systemanalyse dienen. Für die vorliegende Kombination bedeutet das, dass FEIS kritische Fehlerursachen (Ereignisse) und deren Fehlerketten als Input für die Modellierung in ACHILLES liefert. Somit wird die Information aus den gesammelten Erfahrungen vieler Wasserversorger anderen Nutzern zur Verfügung gestellt und für die individuelle numerische Systemanalyse bei einzelnen Wasserversorgern angewendet.

Zweitens werden aus der quantitativen Systemanalyse numerische Werte aus einzelnen Szenarien ausgegeben, die zur Kalibrierung der funktionalen Objektanalyse dienen. Dabei dient die Bewertung der Auswirkungen von konkreten Fällen bei einzelnen Wasserversorgern aus der ACHILLES Modellierung als Input für die Kalibrierung der Parameter Impact und Timelag in FEIS. Darüber hinaus werden Szenarien bzw. Vulnerabilitätskarten aus ACHILLES als Input für neue, in den meisten Fällen externe, Gefährdungen und Auswirkungen (Fehlerketten) im Wasserversorgungssystem in die FEIS Datenbank importiert.

Durch diesen Informationsaustausch können insbesondere kleine Wasserversorger mit begrenzten Personalressourcen auf die Erfahrungen der allgemeinen Wissensdatenbank zurückgreifen. Da fast zwei Drittel der österreichischen Bevölkerung in (kleinen und mittleren) Gemeinden mit weniger als 50.000 EinwohnerInnen leben, ist für die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Wasserversorgung in Österreich daher in besonderem Maße auf die kleinräumige Siedlungsstruktur Bedacht zu nehmen.

Beim Entwurf der Schnittstelle für den Informationstransfer zwischen FEIS und ACHILLES wurde sichergestellt, dass numerische Bewertungen von konkreten Fällen immer aggregiert und in anonymisierter Form in die allgemeine Wissensdatenbank fließen. Die technischen Kriterien und die Schnittstellenbeschreibung für den Informationstransfer in beide Richtungen wurden bereits in der Studie berücksichtigt und stellen die Grundlage für die Umsetzung dar.

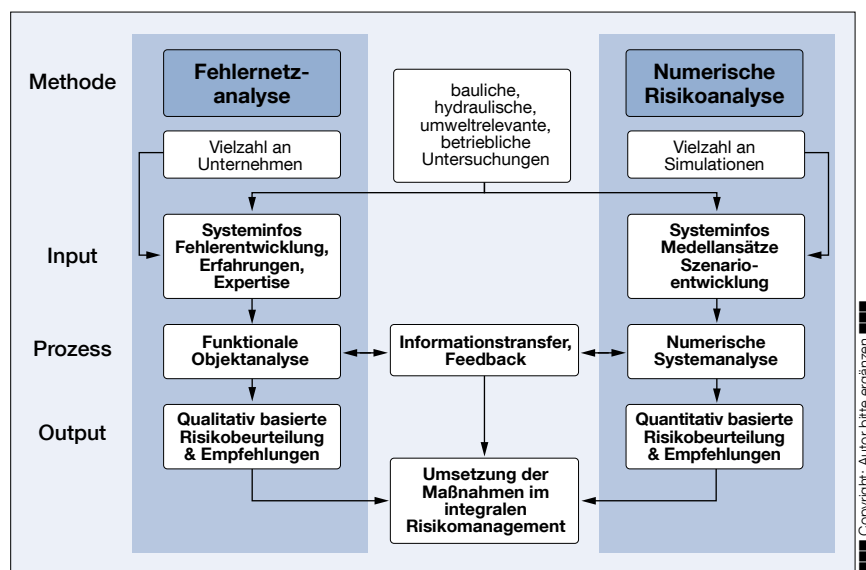


Abb. 3: Informationstransfer im integralen Risikomanagement (Ertl et al. 2010)

5. Mehrwert und Anwendungen für Bedarfsträger im Regel- und Notfall

Wie bisher ausgeführt wurde, liegen die Stärken von FEIS in der qualitativen Gefahrenbewertung, der Fehlerkettenanalyse und der funktionalen Betrachtung. Hingegen liegen die Stärken von ACHILLES bei der quantitativen Vulnerabilitätsbewertung und der örtlichen Referenzierung. Wesentlicher Unterschied ist auch, dass bei FEIS ca. 1.200 Fehlerrelationen und bei ACHILLES nur ca. 20 unterschiedliche Auswirkungen von Systemänderungen analysiert werden. Durch eine Verknüpfung der beiden Anwendungen FEIS und ACHILLES kann eine gegenseitige Ergänzung der beiden Systeme und ein Mehrwert für den Wasserversorger als Nutzer einer kombinierten Anwendung erreicht werden. Dieser Mehrwert wird in den folgenden Punkten zusammenfassend dargestellt:

5.1. Realitätsnähere Kalibrierung des Fehlernetzwerkes in FEIS

Bisher konnten die grundlegenden Parameter Impact und Timelag in FEIS nur aufgrund von (subjektiver) Expertenmeinung festgelegt werden. Nachdem ACHILLES für einzelne simulierte Szenarien die Fehlerauswirkung für eine bestimmte Versorgungsstruktur modelliert, können diese numerischen Simulationsergebnisse als Input für FEIS zur Berechnung der Parameter Impact und Timelag verwendet werden. Dadurch kann eine realitätsnähere Kalibrierung der Fehlerfortpflanzung in FEIS erreicht werden.

5.2. Erweiterung der FEIS Datenbank mit Fehlerereignissen

Aus ACHILLES werden neue Fehlerereignisse exportiert, welche nach Überprüfung und Freigabe durch den FEIS Administrator in die FEIS Datenbank aufgenommen werden.

5.3. Erweiterung von ACHILLES mit zusätzlichen Vulnerabilitätskarten

Innerhalb von FEIS werden Gefährdungsereignisse mit hohem Stellenwert für das Gesamtsystem identifiziert. Solche Gefährdungen haben in FEIS entweder eine hohe relative Priorität oder Verknüpfungen mit Fehlerketten mit hohem Impact und niedrigen Timelag-Werten. Auf diese Weise identifizierte Gefährdungen werden in die ACHILLES Anwendung exportiert um dort zusätzliche Vulnerabilitätskarten zu erstellen.

5.4. Kalibrierung der Angreifbarkeitsmatrix in ACHILLES

In ACHILLES werden mit Hilfe der sogenannten Angreifbarkeitsmatrix alle Elemente der Wasserversorgung in Relation mit Gefährdungen gebracht. Sie dient der Kopplung von Vulnerabilitäts- und Gefahrenkarte. Werden die Ereignisketten von FEIS auf den Zusammenhang zwischen gefahrenbedingter Einwirkung und schadensabhängiger Auswirkung analysiert, so kann die Angreifbarkeitsmatrix, welche bisher nur auf Expertenmeinungen beruhte, kalibriert werden.

Diese Ansätze werden mit Wasserversorgungsunternehmen weiterentwickelt, um ein in der Praxis anwendbares Produkt zur Marktreife zu entwickeln, welches den Wasserversorger bei der Umsetzung von integralem Risikomanagement unterstützt.

Ziel des integralen Risikomanagements ist eine gemeinsame Lösung, bei der FEIS und ACHILLES vor Ort implementiert werden und beide Systeme für den hier beschriebenen Informationstransfer miteinander kommunizieren. Die damit erzielte Kombination von quantitativer und qualitativer Risikobetrachtungen ist besonders für die dezentrale Versorgungsstruktur und den damit einhergehenden begrenzten Personalressourcen, wie sie in Österreich verbreitet vorhanden sind, von großem Nutzen.

Danksagung

Das Projekt wurde durch das österreichische Sicherheitsforschungsprogramm KIRAS, einer Initiative des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, gefördert. ■

Korrespondenz:

DI Ernest Mayr, DDI Aditya Lukas, Priv.Do. DI Dr. Reinhard Perfler
Universität für Bodenkultur, Wien / Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz
Muthgasse 18
1190 Wien
Österreich
E-Mail: ernest.mayr@boku.ac.at, aditya.lukas@boku.ac.at, reinhard.perfler@boku.ac.at

DI Dr. Michael Möderl, Univ.Prof. DI Dr. Wolfgang Rauch
Universität Innsbruck / Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Umwelttechnik
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck
Österreich
E-Mail: michael.moederl@uibk.ac.at, wolfgang.rauch@boku.ac.at

LITERATUR

- KOM Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2006)** Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über die Ermittlung und Ausweisung kritischer europäischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern, KOM (2006) 787, Brüssel, Belgien
- Ertl T, Kretschmer F, Mayr E, Plihal H, Perfler R (2010)** Verknüpfung von Fehlernetz- und Risikoanalyse für das Risikomanagement in der Siedlungswasserwirtschaft, ÖWAV-Seminar Risikomanagement und Vorsorge für kritische Wasserinfrastrukturen, Innsbruck, Österreich
- Mayr E, Perfler R (2009)** Failure Experience Improvement System (FEIS). Conference Proceedings 3rd LESAM Leading-Edge Conference on Strategic Asset Management November 11–13, Miami, Florida
- Möderl M (2009)** Modelltechnische Analyse von Netzwerksystemen der Siedlungswasserwirtschaft, Dissertation am Institut für Infrastruktur der Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich