

Wasser für Gesundheit in Entwicklungsländern: Herausforderungen am Beispiel Jemen

Von Kristina Meier und Johannes Rieckmann

Verbesserte Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung gehören zu den wichtigsten Zielen im Auf- und Ausbau der Infrastruktur in Entwicklungsländern. Die erwünschte Verbesserung der Wasserqualität innerhalb der angeschlossenen Haushalte wird aber nicht immer erreicht, beispielsweise wenn das Trinkwasser eine nennenswerte Keimbelastung aufweist. Eine möglichst geringe Keimbelastung ist aber eine wesentliche Voraussetzung für die Prävention von Krankheiten wie zum Beispiel Durchfall, die vor allem für Kinder unter fünf Jahren das Sterblichkeitsrisiko deutlich erhöhen. Unter Umständen bleiben die ursprünglich erwarteten positiven Effekte der Infrastrukturmaßnahmen für die Gesundheit der Bewohner aus, schlimmstenfalls ist auch eine Verschlechterung möglich.

Ein solcher Aus- und Aufbau der Infrastruktur wurde im Rahmen des Provincial Towns Program (PTP) von der jemenitischen Regierung mit Unterstützung der deutschen Entwicklungszusammenarbeit über die KfW Entwicklungsbank umgesetzt und anschließend gemeinsam mit der Universität Göttingen auf seine Wirkung für die Gesundheit der Bewohner zweier Provinzstädte evaluiert. Die Daten für diese Studie wurden im Jahr 2009 erhoben. Neben den Gesundheitsauswirkungen wurde der Verlauf der Keimbelastung entlang der Versorgungskette getestet. In einem dritten Schritt wurden die Determinanten bestimmter Verhaltensweisen innerhalb des Haushalts in Bezug auf Umgang mit Trinkwasser und Hygiene untersucht.

In Amran, einer Stadt im wasserarmen Hochland des Jemens, berichten die an die Infrastruktur angeschlossenen Haushalte von einer Verschlechterung ihrer Gesundheit. In Zabid, gelegen in den feuchten Gebieten der westlichen Küstenebene, zeigt sich dieser negative Zusammenhang hingegen nicht. Häufige Unterbrechungen der Wasserversorgung im Hochland können den Unterschied in der Wirksamkeit der Maßnahmen zum Ausbau der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung vermutlich erklären. Die Wasserunterbrechung zieht möglicherweise Verunreinigungen im Leitungssystem nach sich. Zusätzlich verschärft wird das Problem durch mangelnde Hygienevorkehrungen bei den Bewohnern der Projekthaushalte.

Die Reduktion der Kindersterblichkeit ist eines von acht Millenniums-Entwicklungszielen (*Millennium Development Goals*) der Vereinten Nationen. Trotz beachtlicher Erfolge bleibt die Weltgemeinschaft in Bezug auf dieses Ziel am weitesten hinter den Vorgaben zurück, nämlich einer Verringerung der Kindersterblichkeit um zwei Drittel zwischen 1990 und 2015.

Durchfallerkrankungen erhöhen die Kindersterblichkeit in Entwicklungsländern

Die gravierendsten Verzögerungen ergeben sich dabei im südlichen Asien sowie in Afrika südlich der Sahara.¹ Durchfallerkrankungen sind für knapp zehn² bis elf³ Prozent der Sterblichkeit von Kindern unter fünf Jahren in Entwicklungsländern verantwortlich und stellen damit nach Lungenentzündung und frühgeburtlichen Komplikationen die häufigste Todesursache dar. Im Jemen ist die Sterblichkeitsrate mit derzeit etwa sechs Prozent ebenfalls hoch.⁴ Durchfallerkrankungen können chronische Darmerkrankungen verursachen, die den menschlichen Körper bei der Aufnahme von Kalorien und Nährstoffen behindern.⁵

Das massenhafte Auftreten von Durchfallerkrankungen ist nicht nur für die Erkrankten selbst, sondern auch als gesamtwirtschaftliches Problem relevant. Häufige Durchfallerkrankungen im Kindesalter erhöhen nicht nur die Kindersterblichkeit, sie hemmen auch nachhal-

¹ Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2010): Die Millenniums-Entwicklungsziele. Hintergründe – Zielerreichung – Engagement. Berlin, Bonn.

² Liu, L. et al. (2012): Global, regional, and national causes of child mortality: an updated systematic analysis for 2010 with time trends since 2000. *The Lancet* 379(9832), 2151–2161.

³ Farr, N. M., Nelson, B. D. (2014): Child Mortality in Developing Countries. *The MassGeneral Hospital for Children Handbook of Pediatric Global Health*, 3–12.

⁴ Vgl. UNICEF (2014): *The state of the world's children 2014 in numbers*. New York, 24.

⁵ Dieser Umstand könnte laut eines kürzlich erschienenen Artikels der britischen Wochenzeitschrift *Economist* dazu beitragen, die nur langsame Verbesserung des Ernährungszustands von indischen Kindern trotz steigender Einkommen und verbesserten Nahrungsangebots zu erklären. Vgl. *Economist* (2014): Sanitation in India: The final frontier. 19, 47–48.

tig die körperliche und kognitive Entwicklung und führen zu erhöhten Abwesenheitszeiten in Schulen mit entsprechenden Folgen für die Alphabetisierung. Im Erwachsenenalter reduzieren Durchfallerkrankungen die Produktivität und somit sowohl das individuelle Einkommen als auch das gesamtwirtschaftliche Steueraufkommen.

Durchfallerkrankungen werden oft durch Keime im Trinkwasser verursacht. Die Reduktion dieser Keime ist also eine wichtige Präventionsmaßnahme. Wissenschaftler⁶ weisen den Feldern Hygiene, Abwasserentsorgung und Wasserversorgung bei der Bekämpfung von Durchfallerkrankungen eine Schlüsselrolle zu. Schätzungen zufolge kann das Risiko einer Durchfallerkrankung durch Handreinigung mit Seife um 48 Prozent, durch Wasserqualitätsverbesserung um 17 Prozent und durch eine verbesserte Fäkalienentsorgung um 36 Prozent reduziert werden.⁷ Insgesamt könnten⁸ 2,2 Millionen Kindstode im Jahr durch Zugang zu sauberem Wasser und adäquater Abwasserentsorgung vermieden werden.

Die in Projekte der internationalen Entwicklungszusammenarbeit zur Verbesserung der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung gesetzten Erwartungen zur Wirkung werden aber nicht immer erfüllt. So konstatierte beispielsweise die Weltbank⁹ im Zusammenhang mit einer übersichtsartigen Evaluierung ihrer Projekte der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts, dass sich Gesundheitsverbesserungen unter den Nutznießern von Leitungswasser-Projekten nur teilweise nachweisen ließen.

Vieles deutet mittlerweile darauf hin, dass sich das Problem der weiten Verbreitung schwerer Durchfallerkrankungen nicht mit der Verbesserung von Infrastruktur allein lösen lässt. Vielmehr sind ergänzend oft Verhaltensänderungen in den angeschlossenen Haushalten zu erwirken, die sich auf die gegebenenfalls notwendige Aufbewahrung¹⁰ des Trinkwassers, seine Handhabung sowie auf elementare Hygienegewohnheiten und -praktiken beziehen. Unhygienische Wasseraufbewah-

rung und -handhabung können nämlich den erwünschten Gesundheitseffekt eines Infrastrukturprojektes neutralisieren.¹¹

Das PTP hatte zum Ziel, die Wasserqualität durch gezielte Infrastrukturmaßnahmen zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in acht jemenitischen Provinzstädten zu verbessern. Hierzu wurden Brunnen gebohrt und eingerichtet, mit Pumpstationen und Wasseraufbereitungsanlagen ausgestattet sowie Trinkwasserrohrnetze und Abwasserentsorgungssysteme ausgebaut.

Aufbau der Wirkungsevaluierung

Für die Wirkungsevaluierung¹² wurde eine Umfrage in 2.418 zufällig ausgewählten Haushalten durchgeführt. In den Projektstädten Amran und Zabid waren Rohrnetzwerke ausgebaut worden, in den Vergleichsstädten Raydah und Al-Jarrahi hingegen nicht. Bei der Auswahl der Städte wurde den geographischen Besonderheiten des Landes Rechnung getragen, da die Stichprobe sowohl Haushalte aus der feuchteren Küsten-Tiefebene (Zabid, Al-Jarrahi) als auch aus dem trockenen Hochland (Amran, Raydah) einschließt.

Bei der Auswahl einer geeigneten Kontrollgruppe (Kasten 1) war zu berücksichtigen, dass die vorliegende Studie die Auswirkungen von zwei aufeinander aufbauenden Interventionen untersucht: Erstens, den Anschluss von Haushalten an Leitungswasser sowie zweitens, zusätzlich an ein Abwasserentsorgungssystem. Der Zugang zum Abwasserentsorgungsnetz ist aus technischen Gründen nur bei bestehendem Leitungswasseranschluss möglich. Es gibt also drei Arten von Haushalten: Solche ohne jeglichen Anschluss, solche mit Leitungswasseranschluss und schließlich solche mit Anschluss sowohl an das Wasser- als auch an das Abwasserentsorgungsnetz. Für die Wirkungsevaluierung wurden nun zwei verschiedene Kontrollgruppen gebildet. Zum einen sind dies die Haushalte der Projektstädte (Amran und Zabid), die nicht an das Wassernetz beziehungsweise das Abwasserentsorgungsnetz angeschlossen wurden (innerstädtische Kontrollgruppe). Zusätzlich hierzu wurden Haushalte aus benachbarten Städten ohne Intervention (Raydah und Al-Jarrahi) befragt. Diese doppelte Kontrollgruppenbildung wurde – wo möglich – gewählt, da einerseits aufgrund der na-

6 Bartram, J., Cairncross, S. (2010): Hygiene, sanitation, and water: forgotten foundations of health. *PLoS Medicine* 7(11), e1000367.

7 Cairncross, S. et al. (2010): Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. *International Journal of Epidemiology* 39(suppl 1), i193-i205.

8 Fink, G. et al. (2011): The effect of water and sanitation on child health: evidence from the demographic and health surveys 1986-2007. *International Journal of Epidemiology* 40(5), 1196-1204.

9 Parker, R. S. (2010): Water and development: An evaluation of World Bank support, 1997-2007. Washington, DC, 1 & 2.

10 Trinkwasser-Aufbewahrung im Haushalt ist in Entwicklungs- und Schwellenländern dann die Regel, wenn keine ununterbrochene Versorgung über das Leitungsnetz gewährleistet werden kann. Derartige Rationierungen sind beispielsweise im extrem wasserarmen Jemen zu beobachten.

11 Lechtenfeld, T. (2012): Why does piped water not reduce diarrhea for children? Evidence from urban Yemen. Courant Research Centre: Poverty, Equity and Growth-Discussion Papers, Göttingen, 119.

12 Detaillierte Informationen sind bei Klasen, S. et al. (2012): Benefits trickling away: the health impact of extending access to piped water and sanitation in urban Yemen. *Journal of Development Effectiveness* 4(4), 537-565 sowie bei Klasen, S. et al. (2011): Impact evaluation report: Water supply and sanitation in provincial towns in Yemen. Courant Research Centre: Poverty, Equity and Growth-Discussion Papers, verfügbar.

Kasten 1

Wirkungsevaluierung

Der methodisch fundierte Nachweis kausaler Zusammenhänge zwischen einer Intervention und den beobachteten Ergebnissen ist von großer Bedeutung in der entwicklungsökonomischen Forschung. Jede Wirkungsevaluierung steht hierbei vor der zentralen Herausforderung der Verzerrung (*Bias*), welche als Problem fehlender Daten charakterisiert werden kann. Im (hypothetischen) Idealfall würde man zur Messung der Wirkung einer Maßnahme die Situation *desselben* Individuums, zum *selben* Zeitpunkt, einmal mit und einmal ohne Intervention betrachten. Jedoch ist das sogenannte kontrafaktische Szenario hierbei nicht beobachtbar, da ein Individuum entweder an einer Maßnahme, im vorliegenden Fall am Ausbau der Wasser- und Abwasserinfrastruktur, teilnimmt oder nicht. In der quantitativen Wirkungsevaluierung wird versucht, diese nicht vorhandenen Daten so gut wie möglich unter Zuhilfenahme einer sogenannten Kontrollgruppe zu approximieren. Hierfür wird eine Bevölkerungsgruppe gewählt, die an der Intervention nicht teilnahm, ansonsten aber den Teilnehmern so ähnlich wie nur möglich ist. Da es keine identischen Individuen gibt, wird ein solcher Vergleich immer unter Approximationsfehlern leiden, die auch als Verzerrung bezeichnet werden. Um eine Minimierung dieser Verzerrung zu erreichen, wird in der quantitativen Wirkungsevaluierung mit unterschiedlichen ökonomischen Methoden gearbeitet. Diese lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen: Randomisierte Verfahren sowie quasi-experimentelle Verfahren. Bei einer Randomisierung erfolgt die Interventionsteilnahme zufällig, weswegen davon ausgegangen werden kann, dass die unerwünschte Verzerrung im statistischen Mittel verschwin-

det. Diese Herangehensweise wird häufig als Königsweg der Wirkungsevaluierung bezeichnet, ist allerdings gerade bei Infrastrukturprojekten wie dem hier beschriebenen in der Regel aus technischen Gründen nicht anwendbar.¹ Zur Gruppe der quasi-experimentellen Methoden gehören vor allem das *Propensity Score Matching* (PSM),² die Methode der doppelten Differenzen³ sowie auch der Instrumentalvariablenansatz (*IV*). Auf eine detaillierte Diskussion der einzelnen Ansätze soll hier verzichtet werden.⁴ Um die Robustheit der Ergebnisse zu erhöhen, werden in der diesem Bericht zugrunde liegenden Wirkungsevaluierung sowohl der Instrumentalvariablenansatz als auch PSM verwendet und die resultierenden Ergebnisse einander gegenüber gestellt.

1 Ein Rohrnetzsystem kann beispielsweise nicht zufällig über den Raum verteilte Punkte versorgen, sondern folgt seiner Netzwerkstruktur. Haushalten auf Zufallsbasis die Grundversorgung mit Wasser zu verweigern, lediglich um später den Effekt besser berechnen zu können, würde ethische Probleme aufwerfen.

2 Vgl. Rosenbaum, P. R., Rubin, D. B. (1983): The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika* 70(1), 41-55.

3 Vgl. Pitt, M. M., Khandker, S. R. (1998): The impact of group-based credit programs on poor households in Bangladesh: Does the gender of participants matter? *Journal of political economy* 106(5), 958-996.

4 Vgl. Angrist, J. D., Krueger, A. B. (2001): Instrumental Variables and the Search for Identification: From Supply and Demand to Natural Experiments. *Journal of Economic Perspectives* 15(4), 69-85 für einen Überblick wissenschaftlicher Wirkungsevaluierungen, die IV verwenden sowie eine Diskussion der verschiedenen Ansätze in Khandker, S. R. et al. (2010): *Handbook on impact evaluation: quantitative methods and practices*.

hezu flächendeckenden Anschlussrate an das Wasser-Netz in der Projektstadt Zabid für die Evaluierung der Wasseranschlüsse keine Kontrollgruppe innerhalb der Stadt zur Verfügung stand, zum anderen eine externe Kontrollgruppe auch die Messung überschwappender Effekte (*spillover effects*) vermeidet.¹³ Durch diesen doppelten Ansatz gewinnt die Analyse an Verlässlichkeit.

Wie wirken sich Verbesserungen in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung auf die Gesundheit der Bewohner jemenitischer Provinzstädte aus? Untersucht wird das Auftreten verschiedener Krankheitssymptome, die mit dem Umgang mit verschmutztem Wasser in Verbindung gebracht werden. Hierzu zählen Durch-

fall, Erbrechen, Bauchschmerzen und Fieber. Haushalte wurden befragt, ob diese Symptome in den vergangenen vier Wochen auftraten.¹⁴ Für die Analyse wurde dann pro Symptom¹⁵ der Anteil der erkrankten Haushaltsmitglieder ermittelt. Die Haushalte wurden ebenfalls nach der Stärke der Symptome befragt. Da die Erkrankung von Kindern unter fünf Jahren ein besonderes Risiko darstellt, wurden die Analysen auch getrennt für diese Altersgruppe durchgeführt (Kasten 2).

14 Eine Erinnerungsfrist von vier Wochen kann als zu lang kritisiert werden. Es ist hier allerdings darauf hinzuweisen, dass aufgrund des gewählten Kontrollgruppenansatzes hierdurch keine Verzerrung zu erwarten ist.

15 Der Übersicht halber beschränken wir uns bei der Präsentation der Ergebnisse auf zwei Krankheitsindikatoren. Zum einen ist dies ein Aggregat aus den vier genannten Symptomen. Zusätzlich hierzu wird, aufgrund seiner besonderen Bedeutung für durch Wasserverschmutzung verursachte Erkrankungen, die Inzidenz von Durchfall noch einmal gesondert untersucht.

13 So könnten angeschlossene Haushalte durch verbesserte hygienische Bedingungen den Infektionsdruck auch auf nicht angeschlossene, angrenzende Stadtviertel senken. Der Nachteil einer externen Kontrollgruppe ist die Nichterfassung möglicher systematischer Unterschiede zur Projektstadt.

Kasten 2

Schwierige Wasserversorgung im Jemen

Jemen sieht sich bezüglich der Wasserversorgung seiner Bevölkerung einer Vielzahl von Herausforderungen gegenüber. Während in den feuchten Küstengebieten Wasserknappheit weniger eine Rolle spielt, ist das trockene Hochland, wo der Großteil der Menschen lebt, in extremem Maß davon betroffen. Hier ist an manchen Stellen der Grundwasserspiegel auf bis zu 1 000 Meter abgesunken. Mit Schuld an dieser Entwicklung

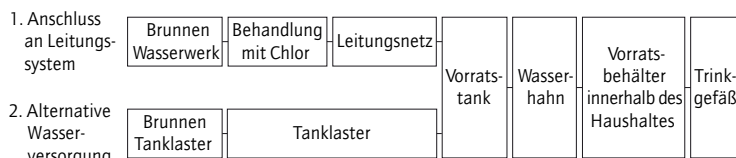
trägt nicht zuletzt der sehr wasserintensive Anbau der milden Kaudroge Qat, die sich im Jemen großer Beliebtheit erfreut. Mangels adäquater Versorgungssysteme erfolgt die Wasserversorgung der Haushalte oftmals über mobile Tanklaster, von denen in regelmäßigen Abständen größere Mengen an Trinkwasser eingekauft und dann im hauseigenen Wasserspeicher gelagert werden. Im Zuge des PTP-Programms wurde nun in ausgewählten Provinzstädten ein Leitungssystem für Wasser und Abwasser gebaut, um Haushalte direkt anzuschließen. Die Abbildung illustriert die einzelnen Abschnitte¹ der Wasserversorgung mit und ohne Anschluss an das Leitungsnetz.

Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass aufgrund häufiger Wasserrationierungen im Hochland auch die angeschlossenen Haushalte häufig gezwungen sind, kurzzeitig auf die Wasserversorgung über Tanklaster umzusteigen.

¹ Man beachte, dass der Vorrattank kein Bestandteil des Infrastrukturprojekts ist. Jedoch haben insbesondere im Hochland auch an Leitungswasser angeschlossene Haushalte einen solchen Tank, da Lieferunterbrechungen überbrückt werden müssen.

Abbildung

Schema der Wasserversorgung im Jemen



Quelle: Klasen, S. et al. (2011), a. a. O.

© DIW Berlin 2014

Ergebnisse der Wirkungsevaluierung

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Wirkungsanalyse für Haushalte, die ans Wassernetz angeschlossen wurden¹⁶. Betrachtet werden nur Haushalte, die zwar über einen Trinkwasseranschluss, nicht aber über Abwasserentsorgung verfügen.

Die Ergebnisse überraschen: Der erwartete positive Gesundheitseffekt eines Wasseranschlusses ist nicht zu beobachten. Stattdessen wird vor allem im Hochland häufig von Krankheitssymptomen berichtet. Besonders kritisch ist das vermehrte Auftreten von Durchfallerkrankungen bei Kindern unter fünf Jahren. Hier wird gegenüber der Kontrollgruppe eine Steigerung von fast zehn Prozent bei Anschluss an das Wassernetz beobachtet. Es fällt ebenfalls auf, dass die Stärke der Krankheitssymptome mit Zugang zu Leitungswasser deutlich zunimmt. Für Amran kann die Analyse mit einer innerstädtischen Kontrollgruppe wiederholt werden. Auch hier zeigt sich eine erkennbare Verschlechterung der Gesundheitssituation.

In einem zweiten Schritt wird nun der Effekt eines zusätzlichen Anschlusses an das Abwassersystem unter-

sucht. Hierbei besteht die Kontrollgruppe aus solchen Haushalten, die zwar über Zugang zu Leitungswasser, nicht jedoch zum Abwassernetz verfügen. Auch hier sind die Resultate ernüchternd (Tabelle 2). Der erwartete positive Effekt findet sich nur in der Küstenregion. Hier reduziert ein Anschluss an das Abwassernetz die Symptome um knapp vier Prozent. Im Hochland ist hingegen wieder eine Verschlechterung der Gesundheitssituation bei den Kindern unter fünf Jahren zu erkennen, wenngleich das Ausmaß verglichen mit dem Effekt eines Wasseranschlusses geringer ausfällt.

Wie können diese überraschenden Befunde erklärt werden? Hierzu wurden im Rahmen der Evaluierung Wasserproben an den einzelnen Punkten der Versorgungskette (sowohl für Haushalte mit als auch ohne Anschluss an das Wassernetz) entnommen und auf Verschmutzung untersucht. Im Vordergrund stand hier die Messung der Konzentration des Bakteriums *Escherichia coli* (E. coli), welches auf eine Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien hindeutet. Diese Bakterien können die hier untersuchten Krankheitssymptome (vor allem Durchfall) verursachen.¹⁷

¹⁶ Wie in Kasten 1 erläutert, wurden für diese Wirkungsevaluierung sowohl PSM als auch ein Instrumentalvariablen-Ansatz genutzt. Da die Ergebnisse aus beiden Analysen in dieselbe Richtung weisen, werden hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Resultate des PSM präsentiert.

¹⁷ Die Aussagekraft von E.coli-Tests in Bezug auf das Vorhandensein von Gesundheitsrisiken unterliegt allerdings Einschränkungen. So geben die Tests nicht Aufschluss über die Zahl der Krankheitserreger an sich, sondern lediglich über die Gesamtanzahl der E.coli-Bakterien – nicht jede Art geht mit einem Gesundheitsrisiko einher.

Tabelle 1

Einfluss von Wasseranschluss

Ergebnisse der Wirkungsanalyse

	Küste			Hochland					
	Außerstädtische Kontrollgruppe			Außerstädtische Kontrollgruppe			Innerstädtische Kontrollgruppe		
	ATT	t-Wert	N	ATT	t-Wert	N	ATT	t-Wert	N
Aggregierte Symptome	0,0399**	1,98	560	0,0455***	2,76	488	0,0268*	1,72	567
Durchfall	0,011	0,73	560	0,019	1,53	488	0,0195*	1,75	567
Stärke der Symptome	0,018	1,21	560	0,0329**	2,25	488	0,0239*	1,76	567
Aggregierte Symptome (Kind)	0,133	1,36	338	0,1078*	1,71	361	0,063	1,17	409
Durchfall (Kind)	0,015	0,38	338	0,0954***	3,19	361	0,041	1,3	409
Stärke der Symptome (Kind)	0,188	1,62	338	0,1347*	1,87	361	0,104	1,63	409

Signifikant auf dem * 90%, ** 95%, *** 99%-Niveau.

Quelle: Klasen, S. et al. (2011), a. a. O.

© DIW Berlin 2014

Der erwartete positive Gesundheitseffekt des Wasseranschlusses ist nicht zu beobachten..

Die Wasseranalyse zeigt, dass das Wasser in einwandfreiem Zustand in das Leitungssystem eingespeist wird. Die Verschmutzung entsteht hauptsächlich in zwei Abschnitten: Im Leitungssystem selber sowie im Haushalt. Bezüglich des ersten Abschnittes gibt es Hinweise darauf, dass häufige Wasserrationierung die Ursache sein könnte. Dass diese vor allem im trockenen Hochland vorkommt, jedoch so gut wie gar nicht in der Küstenregion, erklärt die negativen Gesundheitseffekte für Amran im Vergleich zu Zabid. Im Falle Amran sind also die nicht angeschlossenen Haushalte, welche ihr Wasser von Tanklastern beziehen und in Vorrattanks lagern, einer geringeren Gesundheitsbelastung ausgesetzt als solche, die über Zugang zu einem Leitungsnetz verfügen. Das Problem verschärft sich bei gleichzeitigem Anschluss an ein Abwasser-Entsorgungssystem, da dieses ohne regelmäßige Durchspülung verstopft und dadurch eine größere Infektionsquelle darstellt als eine traditionelle Latrine. Diese Art der Wasserverschmutzung ist in der vorliegenden Studie für etwa die Hälfte der positiv auf E.coli getesteten Wasserproben verantwortlich.¹⁸

Was das Hygieneverhalten innerhalb der Haushalte angeht, deuten die Wassertests auf gravierende Verschmutzung während oder kurz vor der Benutzung des Wassers hin. Diese Rekontaminierungen ließen sich durch Wasserbehandlung und grundlegende Hygienegewohnheiten eindämmen, die im Folgenden kurz thematisiert werden.

18 Durchfallerkrankungen könnten auch im Zusammenhang mit nicht beobachteten Variablen wie etwa Genuss kontaminierter Gemüse oder Gewohnheiten der Müllentsorgung ausgelöst werden. Da in Bezug auf die genannten Beispiele keine systematischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Stichprobengruppen zu erwarten sind, und in Amran überdies eine Kontrollgruppe innerhalb der Stadt gebildet wurde, ist hier mit keiner systematischen Verzerrung der Ergebnisse zu rechnen.

Tabelle 2

Einfluss von Abwasserentsorgung

Ergebnisse der Wirkungsanalyse

	Küste			Hochland		
	Innerstädtische Kontrollgruppe			Innerstädtische Kontrollgruppe		
	ATT	t-Wert	N	ATT	t-Wert	N
Aggregierte Symptome	-0,0373*	1,79	841	0,019	0,99	458
Durchfall	-0,0207	1,3	841	0,009	0,62	458
Stärke der Symptome	-0,0244	1,53	841	0,008	0,48	458
Aggregierte Symptome (Kind)	-0,1172	1,03	418	0,1382*	1,73	327
Durchfall (Kind)	-0,0223	0,51	418	0,015	0,4	327
Stärke der Symptome (Kind)	-0,0899	0,64	418	0,068	0,84	327

Signifikant auf dem * 90%-Niveau.

Quelle: Klasen, S. et al. (2011), a. a. O.

© DIW Berlin 2014

Der erwartete positive Effekt einer Abwasserentsorgung für die Gesundheit findet sich nur in der Küstenregion.

Präventive Wasserbehandlung in Haushalten ausbaufähig

Um das Risiko von verunreinigtem Wasser zu minimieren, können Haushalte ihr Wasser behandeln, beispielsweise durch Filtern oder Abkochen. Weniger als zehn Prozent der befragten jemenitischen Haushalte gibt an, ihr Trinkwasser zwischen Lieferung und Verbrauch zu behandeln.¹⁹ Tabelle 3 schlüsselt die

19 Von diesen greift die Mehrzahl auf Filtration des Wassers zurück (60 Prozent), gefolgt von Abkochen (28 Prozent), Sedimentation von Schwebstoffen (sieben Prozent), einfache Filtration mittels Gießen durch ein Tuch (vier Prozent), hinzufügen von Chlor (0,5 Prozent) und schließlich in sehr kleiner Zahl auf Alternativ-Methoden wie Bestrahlung mit ultravioletten Anteilen des Sonnenlichts in einem transparenten Kunststoffbehälter.

Tabelle 3

Relative Häufigkeiten von Wasserbehandlung nach Region und Anschluss

In Prozent

Anschluss	Wasserbehandlung	Bergregion		Küste	
		Projektstadt	Kontrollstadt	Projektstadt	Kontrollstadt
Keine	Ja	4,9	8,1	0,0	2,6
	Nein	39,0	91,9	0,0	97,5
Leitungswasser	Ja	4,4	-	0,2	-
	Nein	19,4	-	14,9	-
Kanalisation	Ja	9,9	-	2,7	-
	Nein	22,4	-	82,2	-
	Total	100	100	100	100
	N	836	297	841	432

Quelle: Rieckmann, J. P. (2014), a. a. O.

© DIW Berlin 2014

In den Bergen wird das Wasser häufiger vor der Benutzung behandelt.

Tabelle 4

Relative Häufigkeiten der Verwendung von Reiniger beim Händewaschen nach Region und Anschluss

In Prozent

Anschluss	Reiniger	Bergregion		Küste	
		Projektstadt	Kontrollstadt	Projektstadt	Kontrollstadt
Keiner	Ja	23,0	51,9	0,0	75,9
	Nein	20,9	48,2	0,0	24,1
Leitungswasser	Ja	15,8	-	11,4	-
	Nein	8,0	-	3,7	-
Kanalisation	Ja	23,2	-	72,9	-
	Nein	9,1	-	12,0	-
	Total	100	100	100	100
	N	836	297	841	432

Quelle: Rieckmann, J. P. (2014), a. a. O.

© DIW Berlin 2014

Die Mehrzahl der Haushalte in allen vier Städten und drei Anschlußgruppen verwendet Reiniger (Seife oder Waschmittel).

Häufigkeit der Wasserbehandlung nach Region und Infrastrukturanschluss auf.

In den Bergen wird das Wasser häufiger behandelt. Dies hängt möglicherweise mit den häufigen Unterbrechungen der Wasserzufuhr sowie der deutlich geringeren Abdeckung mit Wasseranschlüssen zusammen. Beides macht eine Vorratshaltung in Tanks im Haushalt notwendig; und scheint im Vergleich zur Küstenebene das Vertrauen der Bewohner in die Trinkwasserquali-

tät zu verringern.²⁰ Augenfällig ist die ausgesprochen geringe Verbreitung der unkomplizierten und kosteneffizienten Methode der Chlorierung auf Haushaltsebene. Ein möglicher Grund dafür ist der abträgliche Geschmackseffekt bei Überdosierung.

Um das allgemeine Hygieneverhalten innerhalb der Haushalte abzubilden, wurde die Nutzung von Reiniger (Seife oder Waschmittel) beim Händewaschen erfragt. Nahezu 60 Prozent der in der Bergregion gelegenen Haushalte berichten über die Verwendung von Reiniger, in der Küstenebene sind es sogar mehr als 80 Prozent (Tabelle 4). Der Anteil der Nutzer überwiegt den der Nicht-Nutzer in allen vier Städten und in allen drei Anschluss-Gruppen.²¹

Bildung und verbesserte Information beeinflussen das Hygieneverhalten positiv

Bei der Analyse der Determinanten des berichteten Verhaltens der Haushalte²² kristallisiert sich folgendes Bild heraus: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt Trinkwasser zwischen Lieferung und Verbrauch behandelt, ist – in abnehmender Reihenfolge – positiv korreliert (weist also einen positiven Zusammenhang auf) mit der Lage in der Bergregion, früherer Teilnahme an Hygienetrainings, Anschluss an Leitungswasser, zusätzlichem Anschluss an Kanalisation, Zugang zu Informations- und Kommunikationstechnologie,²³ Wohlstand und dem Bildungsniveau. Die Wahrscheinlichkeit einer Wasserbehandlung vor Nutzung hängt negativ mit männlichen Haushaltsvorständen sowie der Lage von Haushalten in der Küstenebene – dort besonders der Projektstadt – zusammen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Haushalt Reiniger beim Händewaschen Anwendung findet, weist einen positiven Zusammenhang mit Lage in der Küstenregion, Anschluss an Leitungswasser, Bildungsniveau, früherer Teilnahme an Hygiene-Trainings, zusätzlichem Anschluss an Kanalisation, Zugang zu Informations- und Kommunikations-Technologie, Grundwissen bezüglich wasserbezogener Krankheiten, kürzlicher Erfahrung

20 Dies erklärt allerdings nicht die ausgesprochene Seltenheit der Trinkwasserbehandlung in der küstennahen Kontrollstadt.

21 Es sei angemerkt, dass dies teilweise einen Übertreibungseffekt der Befragten widerspiegeln könnte, da erwünschtes Verhalten mutmaßlich von vielen Befragten antizipiert wird. Dieser Verzerrungseffekt ist jedoch anzunehmenderweise unabhängig von der Zugehörigkeit zu einer Anschluss-Gruppe.

22 Detaillierte Ausführungen zu den Analysen sowie ihren Ergebnissen sind dem dritten Kapitel folgender Quelle zu entnehmen: Rieckmann, J. P. (2014): Battle and Beating, Water and Waste: Micro-Level Impact Evaluation in Developing and Emerging Economies. Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

23 Dies betrifft den Zugang zu Mobiltelefonen, Fernsehen, Radio und Internet.

mit Symptomen wasserbezogener Krankheiten sowie Wohlstand auf. Ein negativer Zusammenhang scheint mit der Abhängigkeitsquote, also dem Verhältnis der Haushaltsmitglieder unter 15 und über 60 Jahren zur Gesamtanzahl der Haushaltsmitglieder, zu bestehen.

Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie machen deutlich, dass der gewünschte Gesundheitseffekt einer Modernisierung von Leitungswasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystemen von zwei wichtigen Faktoren abhängt. Zum ersten sollte vor Beginn einer solchen Baumaßnahme sichergestellt werden, dass ein ausreichendes Wasserangebot vorhanden ist. Idealerweise sollte die stetige Versorgung des Leitungssystems mit Was-

ser gewährleistet sein, denn sowohl durch Verstopfung von Abwasserleitungen, Eindringen von Abwässern in drucklose Rohre als auch durch bakterielles Wachstum können Verschmutzungen auftreten, die schwerwiegender sein könnten als bei der ursprünglich vorhandenen Variante der Wasserversorgung. Insbesondere wenn eine unregelmäßige Versorgung nicht ausgeschlossen werden kann, sollte eine Modernisierung der Leitungswasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssysteme von einem Hygienetraining sowie Informationskampagnen für die betroffene Bevölkerung begleitet werden, um die Wahrscheinlichkeit der Rekontaminierung von in Trinkwasserqualität geliefertem Wasser zu verringern – oder die im Rohrleitungsnetzwerk bereits erfolgten Verunreinigungen unschädlich zu machen. Dies könnte zu einer Reduktion der Kindersterblichkeitsrate beitragen.

Kristina Meier ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Entwicklung und Sicherheit am DIW Berlin | kmeier@diw.de

Johannes Rieckmann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Entwicklung und Sicherheit am DIW Berlin | jriekmann@diw.de

CHALLENGES TO SECURING CLEAN WATER FOR THE DEVELOPING WORLD: THE EXAMPLE OF YEMEN

Abstract: Improved drinking water supply and sewage disposal are among the top priorities for developing and expanding infrastructures in emerging economies. However, infrastructure projects do not always achieve the desired improvement in water quality for households connected to piped water, for example, if drinking water is contaminated with high levels of bacteria. Yet the lowest possible contamination level is an essential prerequisite for preventing diseases such as diarrhea, which significantly increases the risk of mortality, particularly in children under five. In certain circumstances, the positive impact on the health of the inhabitants that had originally been anticipated as a result of the infrastructure measures fails to materialize and, in the worst case scenario, the situation might even deteriorate.

The Provincial Towns Program (PTP) implemented by the Yemeni government and funded through German development cooperation via the German Development Bank (KfW Entwicklungsbank) aimed to improve and expand the water infrastructure. Once the program was completed, an evalua-

tion of its impact on the health of the inhabitants of the two provincial project towns was conducted in cooperation with the University of Göttingen. Data for this study were collected in 2009. As well as assessing the health impacts, the evaluation also examined bacterial contamination along the supply chain. In a third step, determinants of certain types of household behavior with regard to hygiene and drinking water handling practices were also analyzed.

In Amran, a town situated in the Yemen's mountainous region, where water is in short supply, households connected to the water infrastructure reported deterioration in health. For Zabid, on the other hand, a coastal town located in the west of the country, there was no evidence of this negative correlation. The discrepancy in the health effectiveness of this project for the development of water supply and sewage disposal can probably be explained by the frequent interruptions to the water supply to the mountainous areas of the country, resulting in impurities in the pipe system. The problem is further exacerbated by the inadequate hygiene practices of inhabitants and project households.

JEL: D19, I10, I38, Q53

Keywords: Yemen, Water Handling, Water Supply, Sanitation, Hygiene



DIW Berlin – Deutsches Institut
für Wirtschaftsforschung e.V.
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin
T +49 30 897 89 -0
F +49 30 897 89 -200
www.diw.de
81. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Pio Baake
Prof. Dr. Tomaso Duso
Dr. Ferdinand Fichtner
Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.
Prof. Dr. Peter Haan
Prof. Dr. Claudia Kemfert
Prof. Karsten Neuhoff, Ph.D.
Dr. Kati Schindler
Prof. Dr. Jürgen Schupp
Prof. Dr. C. Katharina Spieß
Prof. Dr. Gert G. Wagner

Chefredaktion

Sabine Fiedler
Dr. Kurt Geppert

Redaktion

Renate Bogdanovic
Andreas Harasser
Sebastian Kollmann
Dr. Claudia Lambert
Dr. WolfPeter Schill

Lektorat

PD Dr. Elke Holst, Dr. Markus Grabka
Nina Wald

Textdokumentation

Manfred Schmidt

Pressestelle

Renate Bogdanovic
Tel. +49-30-89789-249
presse@diw.de

Vertrieb

DIW Berlin Leserservice
Postfach 74, 77649 Offenburg
leserservice@diw.de
Tel. 01806 - 14 00 50 25,
20 Cent pro Anruf
ISSN 0012-1304

Gestaltung

Edenspiekermann

Satz

eScriptum GmbH & Co KG, Berlin

Druck

USE gGmbH, Berlin

Nachdruck und sonstige Verbreitung –
auch auszugsweise – nur mit Quellen-
angabe und unter Zusendung eines
Belegexemplars an die Serviceabteilung
Kommunikation des DIW Berlin
(kundenservice@diw.de) zulässig.

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.