

Wasserversorgung in Uyoma im Distrikt Rarieda in Kenia

Joachim Dettmar, Christopher Tritz und Frank Hanus

Eingereicht: 16.05.2016

Wasserversorgung, humanitäres Hilfsprojekt, Rotary Club, Global-Grant-Projekte, Wasserverteilung, Bestandsaufnahme, Netzberechnung, EPANET 2, Zustandsbewertung

Im Jahr 2011 hat der Rotary Club Neunkirchen/Saar ein humanitäres Hilfsprojekt im Südwesten von Kenia initiiert. Im Mittelpunkt des Vorhabens stehen die medizinische Versorgung, die Gesundheitsvorsorge und der Aufbau der Eigenversorgung der Familien in der Gemeinde Uyoma im Distrikt Rarieda am Viktoriasee. Uyoma und der Distrikt Rarieda zählen zu den ärmsten Regionen Kenias. Die zuverlässige und ausreichende Versorgung mit hygienisch einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser wird als ein wesentlicher Schlüsselfaktor für eine nachhaltige Entwicklung der Region angesehen. Im Rahmen einer Master-Thesis [1] wurde projektbegleitend eine Bestandsaufnahme und Zustandsbewertung wesentlicher Elemente des Wasserversorgungssystems in Uyoma durchgeführt. Die Ergebnisse der Abschlussarbeit verdeutlichen die elementaren Defizite des Systems, deren unmittelbaren Einfluss auf die Lebensverhältnisse der einheimischen Bevölkerung und die Notwendigkeit einer zeitnahen Verbesserung der heutigen Situation.

Water supply in Uyoma in Rarieda District, Kenya

In 2011 the Rotary Club Neunkirchen / Saar (Germany) has initiated a humanitarian aid project in the southwest of Kenya. The project focusses on medical care, preventive health care and the organization of self-sufficiency of families in the community of Uyoma in Rarieda District, Lake Victoria. Uyoma and Rarieda District are among the poorest regions of Kenya. The reliable and adequate supply of the population with hygienically safe and affordable drinking water is an essential key factor for a sustainable development of the region. In the course of the project inventory and a condition assessment of main elements of the water supply system in Uyoma was done in the framework of a master-thesis [1]. The results of the thesis show the elementary deficits of the system, which directly affects the living conditions of the native population and demand an immediate improvement of the present situation.

1. Einleitung

Im Jahr 2011 hat der Rotary Club Neunkirchen/Saar ein humanitäres Hilfsprojekt im Südwesten von Kenia initiiert. Aufgrund der Dringlichkeit und des Umfangs erforderlicher Hilfsmaßnahmen wurde das Projekt Ende 2011 von dem Rotary International Distrikt 1860, ein Zusammenschluss der Rotary Clubs im Südwestdeutschen Raum, übernommen. Die Finanzierung der humanitären Leistungen erfolgt über mehrere so genannte Global-Grant-Projekte mit Förderhöhen zwischen 245 000 und 285 000 US-\$. Die Hilfsmaßnahmen des Projektes werden gemeinsam mit dem Rotary Partnerclub „Nairobi Utumi-

shi“, der Rotary Foundation, dem Rotary Deutschland Gemeindienst e. V. (RDG) sowie der regionalen Hilfsorganisation „RAFIKI wa maendeleo“ organisiert und durchgeführt.

Im Mittelpunkt des Vorhabens stehen die medizinische Versorgung, die Gesundheitsvorsorge und der Aufbau der Eigenversorgung der Familien in der Gemeinde Uyoma im Distrikt Rarieda am Viktoriasee (**Bild 1**). Rarieda liegt rund 400 km von der Hauptstadt Nairobi entfernt und etwa 80 km westlich von Kisumu, der drittgrößten Stadt des Landes. Hauptziel des Vorhabens ist eine nachhaltige Verbesserung der Lebenssituation der Bevölke-

zung. Ein bedeutender Teil des Projektes beschäftigt sich mit der Wasserversorgung in der Gemeinde Uyoma.

Es wurde im März 2014 gestartet. Dazu wurden im Rahmen einer Master-Thesis [1] projektbegleitend eine Bestandsaufnahme und Zustandsbewertung wesentlicher Elemente des aktuellen Wasserversorgungssystems der „West Uyoma Water Services“, dem örtlichen Wasser-versorgungsunternehmen, vorgenommen.

2. Randbedingungen des Hilfsprojektes

2.1 Lebensverhältnisse und Gesundheitszustand

Rarieda gehört zu den ärmsten Regionen Kenias. Im Jahr 2011 hatte etwa 70 % der Menschen weniger als 1 US-\$ pro Tag zur Verfügung und lebten somit unter der Armutsgrenze. Haupteinnahmequelle stellte für einen Großteil der Menschen die Landwirtschaft, Viehzucht oder Fischerei dar [4, 5]. Die HIV- und Malaria-Raten waren die höchsten im Land. Mindestens 24 % der Menschen waren mit HIV infiziert. Rund 35 % der Kinder und Jugendlichen sind Waisen. Viele Menschen haben trotz der unmittelbaren Nähe zum Viktoriasee keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Dieser Umstand begünstigt die Ausbreitung wassergebundener Krankheiten, wie z. B. Typhus, Cholera, Ruhr oder Bilharziose [4 – 6].

2.2 Strategie und Hilfsmaßnahmen

Übergeordnete Projektstrategie ist es, „Hilfe zur Selbsthilfe“ zu leisten. In der praktischen Umsetzung dieser Strategie werden die Bevölkerung, die Dorfkomitees, die Dorfältesten und die kenianischen Behörden bei den Hilfsmaßnahmen aktiv eingebunden. Durch das so eingeforderte Engagement von Menschen und Institutionen soll eine nachhaltige Verbesserung der Lebenssituation erreicht werden. Die Hilfsmaßnahmen des Projektes sind:

- medizinische Versorgung,
- Aufbau der Eigenversorgung der Familien,
- Gesundheitsvorsorge.

Für die medizinische Versorgung der Bevölkerung wurden zwei bestehende Krankenstationen instandgesetzt.

Familien erhalten eine gezielte Schulung und Betreuung beim Aufbau der Eigenversorgung. Sie müssen dabei Engagement zeigen und Verantwortung übernehmen. Die Stärkung von Frauen und Mädchen wird vorrangig verfolgt, da sie häufig das Rückgrat der „Dorfökonomie“ bilden.

Für die Durchführung der Hilfsmaßnahmen wurde ein Team aus vornehmlich einheimischen Mitarbeitern zusammengestellt, das die Betreuung der Familien und den Betrieb der Krankenstationen leistet.

Dem Aufbau der Eigenversorgung wird ein höherer Stellenwert eingeräumt als der medizinischen Versor-



Bild 1: Gebiete der Gemeinden Uyoma und Asembo im Distrikt Rarieda in Kenia [2, 3, modifiziert]

gung, da die Übernahme von Verantwortung durch die einheimische Bevölkerung angestrebt wird. Zudem soll eine verbesserte Ausbildung der Kinder und Jugendlichen die berufliche Selbstständigkeit fördern.

Die Gesundheitserziehung wird an Schulen und Waisenhäusern durchgeführt. Dabei steht die Aufklärung der Kinder und Jugendlichen über Verhütung und Hygiene im Mittelpunkt. Wesentlicher Bestandteil der Gesundheitsvorsorge ist auch die dauerhafte Bereitstellung von bezahlbarem Trinkwasser in ausreichender Menge und guter Qualität [6].

3. Bestandsaufnahme des Wasserversorgungssystems

3.1 Administrativ-organisatorische Strukturen

Für die Versorgung der Bevölkerung in Rarieda mit Trinkwasser sind drei Wasserversorgungsunternehmen (WVU) zuständig. Die „West Uyoma Water Services“ versorgt das Gebiet West Uyoma sowie Bereiche von Central Uyoma. Wesentliche Elemente des von „West Uyoma Water Services“ betriebenen Wasserversorgungssystems werden nachfolgend näher betrachtet.

Die Organisationsstruktur der „West Uyoma Water Services“ ist in die Geschäftsbereiche Management, Finanzen, Technik und Sicherheit aufgeteilt.

Das WVU wird durch einen Aufsichtsrat, der sich aus gewählten Vertretern aus der Bevölkerung zusammensetzt, überwacht und gesteuert. Die Arbeit in dem Aufsichtsrat findet auf ehrenamtlicher Basis statt. Um Korruption und Misswirtschaft zu verhindern, wird der Aufsichtsrat turnusmäßig neu besetzt. Von staatlicher Seite wird das WVU durch eine Fachbehörde und das zuständige Ministerium überwacht.

Der gesamte Unternehmensbetrieb erfolgt derzeit noch ohne den Einsatz von IT-Technik. Die einzige Einnahmequelle des WVU ist der Verkauf des Trinkwassers an öffentlichen und privaten Zapfstellen. Die Wasserabgabe an den privaten Zapfstellen wird mittels Wasserzähler dokumentiert und einmal monatlich abgerechnet. Eine schlechte Zahlungsmoral der Kunden und eine nicht konsequente Verfolgung offener Rechnungen sind Gründe für die schlechte Finanzlage des Unternehmens [1].

3.2 Systemelemente und Betrieb

3.2.1 Systemelemente

Mithilfe eines handelsüblichen GPS-Gerätes erfolgte die lage- und höhenmäßige Erfassung wesentlicher Elemente des Wasserversorgungssystems mit allen privaten und öffentlichen Zapfstellen, Wasserspeichern, Netzknoten und Zwischenpunkten bei längeren Leitungsabschnitten. Für die genaue Positionsbestimmung nutzt das verwendete Gerät die Daten von GPS- und GLONASS-Satelliten. Die Ermittlung der Höhenlage erfolgt über einen integrierten barometrischen Höhenmesser, der automatisch über die Daten von Navigationsatelliten und manuell über die Eingabe von bekannten Höhenpunkten, abgeglichen wird. Insgesamt wurden 1503 Vermessungspunkte aufgenommen.

Zudem wurde der bau- und maschinentechnische Zustand der Systemkomponenten aufgenommen. Zur Bewertung der Betriebsbereitschaft erfolgten Funktionsprüfungen. Weitere Informationen zum baulichen und betrieblichen Zustand des Versorgungssystems konnten durch Befragungen von Mitarbeitern und Kunden der „West Uyoma Water Services“ ermittelt werden.

Bedeutende Elemente des Wasserversorgungssystems in Uyoma sind die Wassergewinnungseinrichtung am Viktoriasee, die Wasseraufbereitungsanlage, die Wasserförderung, mehrere Wasserspeicher, Versorgungsnetzwerke, öffentliche und private Zapfstellen. **Bild 2** verdeutlicht den Zusammenhang der Elemente des Wasserversorgungssystems der „West Uyoma Water Services“.

Die meisten Bauwerke und Anlagen des Systems wurden zu Beginn der 1970er Jahre in Betrieb genommen. Ein turnusmäßiger Austausch von alten oder defekten Elementen findet nicht statt. Erst bei ihrem Versagen werden entsprechende Instandhaltungs- oder Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Dies hat zur Folge, dass ganze Netzbereiche über Tage oder Wochen nicht mit Trinkwasser versorgt werden.



Tabelle 1: Analyseergebnisse der Wasserstichprobe und Grenzwerte

	Coliforme Bakterien [Anzahl]	Escherichia Coli [Anzahl]	pH-Wert	Trübung [NTU]	elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Eisen [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Nitrit [mg/l]
Wasserprobe	0/100 ml	0/100 ml	8,2	4,83	500	0,28	0,05	0,009
KEBS	0/100 ml	0/100 ml	6,5-8,5	5,00	2.000	0,30	10	1
TrinkwV 2001	0/100 ml	0/100 ml	6,5-9,5	1,00	2.790	0,20	-	0,5

KEBS: Kenya Bureau of Standards [7]

TrinkwV 2001: Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 [8]

3.2.2 Wassergewinnung

Das Rohwasser wird aus dem Viktoriasee, der als einzige nennenswerte Rohwasserressource zur Verfügung steht, gewonnen. Die Entnahme des Rohwassers erfolgt über zwei Entnahmeleitungen (Bild 2). Eine Leitung entnimmt das Seewasser ohne eine technische Schutzeinrichtung für den Rückhalt von Grobstoffen. Die zweite Leitung gewinnt das Seewasser aus einem Betonbecken am Ufer, das über Öffnungen mit dem See verbunden ist. Das Becken soll Wasserhyazinthen fernhalten, die zeitweise weite Teile der Uferbereiche des Viktoriasees überwuchern. Die Entnahmeleitungen können alternierend betrieben werden.

Die Analyseergebnisse einer an der Seewasserentnahmestelle gewonnenen Wasserstichprobe zeigen, dass wesentliche kenianische [7] und deutsche Grenzwerte [8] eingehalten sind (Tabelle 1).

3.2.3 Wasserförderung und Wasseraufbereitung

Mithilfe einer Kreiselpumpe mit einer maximalen Leis-

tung von 36,8 kW wird das dem Viktoriasee entnommene Rohwasser über eine etwa 3250 m lange Förderleitung um rund 88 m auf 1222 mNN zu zwei miteinander verbundenen Hochbehältern gepumpt (Bild 2). Die Förderleitung besteht aus geschweißten Stahlrohren. Im unmittelbaren Oberstrom der Kreiselpumpe wird das Rohwasser durch Zugabe von Calciumhypochlorid desinfiziert (Bild 2). Das pulverförmige Calciumhypochlorid wird manuell mit Wasser angerührt und über eine automatische Dosiereinrichtung dem Wasserstrom zugegeben.

3.2.4 Wasserspeicherung und Wasserverteilung

Die beiden Wasserspeicher haben ein Fassungsvermögen von 16 m³ (Hochbehälter 1) und von 139 m³ (Hochbehälter 2). Von den Hochbehältern führen drei Hauptleitungen in die drei etwa 132 km langen Verteilungsnetze mit einer Verästelungsstruktur. Eine Leitung versorgt das nördliche Teilnetz, die zweite Leitung führt zum südlichen und die dritte Leitung zum westlichen Teilnetz

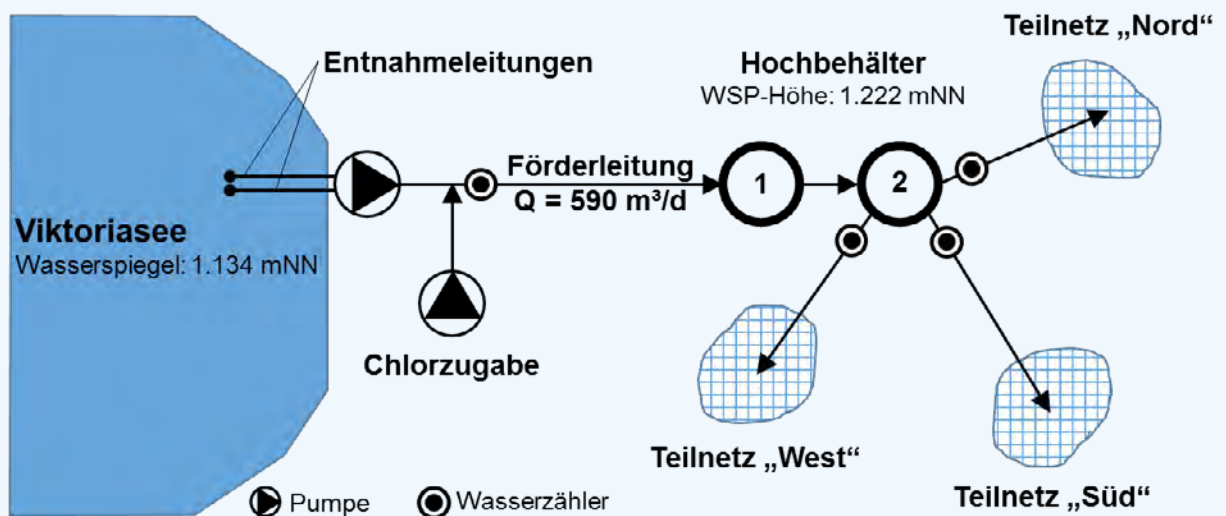


Bild 2: Schema wesentlicher Elemente des Wasserversorgungssystems

(Bild 2). Die Leitungen bestehen vornehmlich aus dünnwandigen PVC-Rohre mit Durchmessern zwischen 0,5 und 6 inch (12,7 mm und 152,4 mm). Eine fachgerechte Verlegung der Leitungen erfolgt in der Regel nicht. Sie werden in höchstens 40 cm tiefen Gräben verlegt. Da häufig keine Rohre mit vorgeformten Muffen zur Verfügung stehen, werden sie über offenem Feuer erwärmt, Muffen geformt und miteinander verklebt.

Die Abgabe des Trinkwassers an die Bevölkerung erfolgt an 514 privaten und 41 öffentlichen Zapfstellen. Bei den öffentlichen Zapfstellen handelt es sich um 19 sogenannte Wasser-Kioske und 22 Standrohre. Bild 3 zeigt beispielhaft zwei öffentliche Zapfstellen.

In den Teilnetzen dienen 23 Behälter mit einem Volumen zwischen 5 m³ und 139 m³ als Zwischenspeicher für die Wasser-Kioske und Standrohre, an denen die Bevölkerung Wasser kaufen kann (Bild 3).

Die Zwischenspeicher sind aus Stahlbeton oder Mauerwerk gefertigt. Das Mauerwerk ist an den Innen- und Außenseiten mit wasserundurchlässigem Beton beschichtet. Teilweise sind die Behälter mit selbsttätigen Absperrrichtungen in Form von Schwimmer- oder Niederschraubventilen ausgerüstet, die von den Mitarbeitern der Wasser-Kioske und Standrohre auch manuell bedient werden. Derzeit sind keine elektrischen sowie elektronischen Bauteile im Einsatz. Die Zwischenspeicher werden nur dann mit Trinkwasser gefüllt, wenn Strom für den Pumpenbetrieb zur Verfügung steht.

Bei der Bestandsaufnahme der Zwischenspeicher wurden verschiedene Schäden und Mängel registriert. Dabei erfolgte eine Unterscheidung zwischen den Schadensbildern „Undichtigkeit“, „Fehlendes Ventil“, „Fehlende Abdeckung“, „Fehlendes Schloss“ und „Fehlende Leiter“. Die Behälter weisen insgesamt 56 Einzelschäden auf. An 14 Behältern wurden Undichtigkeiten registriert.

4. Hydraulische Netzberechnung

Zur Prüfung des Betriebsverhaltens des aktuellen Rohrleitungsnetzes wurden unter Anwendung des Programms EPANET 2.0 [9] zunächst ein Netzmodell entwickelt und anschließend hydraulische Berechnungen durchgeführt.

4.1 Grundlagendaten der Netzmodellierung

Flächen- und Einwohnerdaten wurden durch lokale Behörden zur Verfügung gestellt [10]. Die Einwohnerinformationen basieren auf den Daten vom Zensus 2009. Fehlendes Datenmaterial wurde durch eine Übertragung statistischer Mittelwerte benachbarter Bereiche ergänzt. Aus zugehörigen Flächengrößen und Einwohnerzahlen wurden zunächst Einwohnerdichten ermittelt. Sie dienen zusammen mit den Flächengrößen der Versorgungsgebiete der öffentlichen Zapfstellen als Grundlage für die Bestimmung der Gesamtzahl der zu versorgenden Einwohner zu 16 850. Zusätzlich beziehen noch 4440 Menschen ihr Trinkwasser an privaten Zapfstellen. Insgesamt werden rund 21 290 Menschen versorgt.

Zur Ermittlung des täglichen Wasserverbrauchs wurden die dem Viktoriasee entnommen und in die drei Teilnetze (Bild 2) stündlich abgegebenen Wassermengen mithilfe vorhandener Wasserzähler erfasst. Der mittlere Wasserentnahmestrom beträgt 590 m³/d. Die mittlere Wasserabgabe an die drei Teilnetze summiert sich auf 500 m³/d. Aufgrund von Undichtigkeiten in der Förderleitung zu den Hochbehältern kommt es zu Wasserverlusten von rund 15,3 %. Der einwohnerspezifische Wasserverbrauch im Versorgungsgebiet liegt mit rund 23,5 l/(E·d) nahe an dem von der Weltgesundheitsorganisation angegebenen Mindestbedarf von 20,0 l/(E·d) [11]. Auch wenn die Messung der Wasserströme wahrscheinlich mit gewissen Fehlern behaftet ist, so bleibt der spezifische Wasserverbrauch immer noch in einer sehr kritischen Größenordnung.



Bild 3: Öffentliche Zapfstelle Wasser-Kiosk (Foto links) und Standrohr (Foto rechts) [1]

Tabelle 2: Anzahl von Systemknoten in vier Druckhöhenbereichen, Leitungslängen in drei Fließgeschwindigkeits- und Durchflussbereichen

	Druckhöhenbereiche			
	< 10 mWS	10 - 20 mWS	20 - 30 mWS	> 30 mWS
Knotenanzahl [Stück]	447	263	243	553
	Fließgeschwindigkeitsbereiche			
	< 0,005 m/s	0,005 - 0,1 m/s	> 0,1 m/s	
Leitungslänge [km]	100,01	22,08	9,93	
	Durchflussbereiche			
	< 0,1 l/s	0,1 - 0,5 l/s	> 0,5 l/s	
Leitungslänge [km]	122,06	2,99	6,97	

4.2 Netzberechnung

4.2.1 Modellentwicklung

Für die Entwicklung eines Netzmodells wurden zunächst die erfassten Daten der Systemelemente (Kap. 3.2.1) in das Open-Source-Programm „QGIS“ [11] importiert und durch die Verbindung der aufgenommenen Knotenpunkte sowie durch Zuweisung von Attributen eine Netzstruktur erstellt. So wurden beispielsweise den Knotenverbindungen Durchmesser und den Zapfstellen Verbrauchswerte zugeordnet. Anschließend erfolgte über die Schnittstelle „GHydraulics“ ein Transfer der Netzdaten von QGIS zu EPANET 2.0. Das Modell bildet die drei Teilnetze mit insgesamt 1503 Knoten und Verbindungen ab.

Aufgrund des Netzalters, der praktizierten Instandhaltung (Feuerwehrstrategie) und der Wasserqualität (**Tabelle 1**) kann von vergleichsweise (deutscher Standard) starken Verkrustungen auf den Rohrrinnenwandungen ausgegangen werden. Daher wurde in Anlehnung an die Vorgaben des DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 [13] für alle Rohrleitungen des Netzmodells Uyoma eine betriebliche Rauheit von 1,0 mm angesetzt.

Eine Kalibrierung des Rechenmodelles durch Abgleich der berechneten Werte mit gemessenen Daten konnte nicht durchgeführt werden, da keine Möglichkeit bestand, Drücke und Fließgeschwindigkeiten zu messen.

4.2.2 Berechnungsergebnisse

Da keine technischen Anforderungen für Wasserversorgungssysteme in Kenia bekannt sind, werden zur Bewertung der Berechnungsergebnisse relevante Empfehlungen des DVGW-Arbeitsblattes W 400-1 (2004) herangezogen. Das Arbeitsblatt [14] empfiehlt je nach Leitungstyp die Einhaltung folgender Richtwerte bei den Fließgeschwindigkeiten:

- Haupt- und Versorgungsleitungen in Verteilungsnetzen: ≤ 1,0 m/s
- Anschlussleitungen: ≤ 2,0 m/s
- Pumpendruckleitungen: 1,0 - 2,0 m/s

Bei einem mittleren Stundendurchfluss soll zur Vermeidung von Eintrübungen, Verfärbungen, Geschmacksbeeinträchtigungen, Ablagerungen und Verkeimungen eine Mindestfließgeschwindigkeit von 0,005 m/s eingehalten werden. Zudem ist gemäß [14] aufgrund einer eingeschossigen Bebauung, die innerhalb des betrachteten Versorgungsgebietes vorliegt, ein Mindestversorgungsdruck von 20 mWS (2,0 bar) nachzuweisen.

Die Berechnung erfolgte mit einer stündlichen Verbrauchsganglinie, der an die Teilnetze abgegebenen Wassermengen. Die Auswertung der Ergebnisse wurde für den maximalen Stundendurchfluss (Spitzenlastrechnung) vorgenommen, um Schwachstellen in den vorhandenen Teilnetzen aufzuzeigen. In **Tabelle 2** sind wesentliche Resultate der Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse zusammengestellt.

Es wurden Durchflüsse bis 1,58 l/s, Fließgeschwindigkeiten bis 0,40 m/s und Versorgungsdrücke von höchstens 81,5 mWS ermittelt.

Bild 4 zeigt die räumliche Verteilung der berechneten Druckhöhen und Fließgeschwindigkeiten im Wasserversorgungsnetz der „West Uyoma Water Services“.

Es wird deutlich, dass der Mindestversorgungsdruck von 20 mWS an etwa der Hälfte aller Netzknoten eingehalten werden kann. Vornehmlich im Teilnetz „Süd“ geht der Druck an zahlreichen Knoten unter den empfohlenen Mindestwert.

Bereits in der Spitzenstunde wird die Mindestfließgeschwindigkeit von 0,005 m/s in einem Großteil des Netzes unterschritten. Die Fließgeschwindigkeiten bei dem mittleren Stundendurchfluss sind dementsprechend noch geringer.

5. Bewertung und Empfehlungen

Die Ausgangslage für die Wasserversorgung in Uyoma kann aufgrund der unmittelbaren Lage am Viktoriasee grundsätzlich als gut bezeichnet werden. Denn sowohl

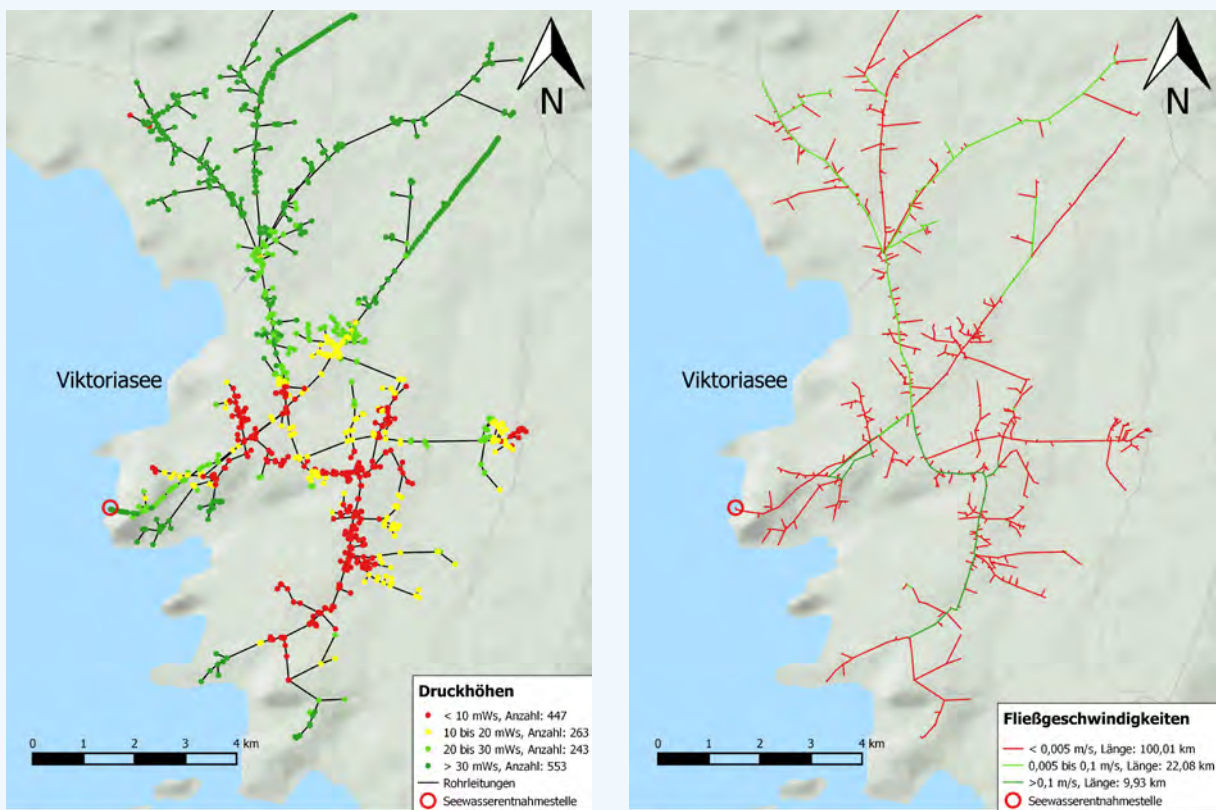


Bild 4: Berechnete Druckhöhen und Fließgeschwindigkeiten im derzeitigen Wasserversorgungsnetz der „West Uyoma Water Services“

das Wasserdargebot als auch die Rohwasserqualität bieten eine grundlegende Voraussetzung für eine qualitativ und quantitativ sichere Wasserversorgung.

Dennoch befindet sich das derzeitige System aufgrund diverser Mängel in einem schlechten Zustand. Das Rohrleitungsnetz besteht vornehmlich aus PVC-Leitungen, die nicht fachgerecht verlegt wurden. Zahlreiche Leckage Stellen sind die Folge. Viele Zwischenbehälter sind undicht. Zudem fehlen automatische Absperr- und Zugangssicherungseinrichtungen. Das vorhandene Verästelungsnetz und die unzureichend praktizierte Instandhaltung bieten nur eine geringe Versorgungssicherheit. Ein Austausch von defekten Systemelementen erfolgt erst bei einer weitreichenden Betriebsbeeinträchtigung. Daher fällt die Wasserversorgung in betroffenen Teilbereichen oft wochenlang aus.

Die geringe Anzahl der privaten und öffentlichen Zapfstellen, der defizitäre technische Anlagenzustand sowie die instabile Stromversorgung führen im Vergleich zu deutschen Standards zu einer erheblich eingeschränkten Trinkwasserverfügbarkeit in Uyoma. Daher, als auch aufgrund der bei der Bevölkerung nur sehr begrenzt vorhandenen monetären Mittel, müssen vornehmlich Frauen, Kinder und Jugendliche oft kilometerlange Fußwege zu Tümpeln zurücklegen, um ihre Familien mit Wasser zu versorgen. Folgen dieser praktizierten Art der Wasser-selbstversorgung sind:

- Verbreitung von wasser gebundenen Krankheiten,
- Entkräftung und Krankheiten durch Fußmärsche,
- unregelmäßiger Schulbesuch der Kinder und Jugendlichen,
- Vernachlässigung der Haus- und Feldarbeit,
- sehr geringer einwohnerspezifischer Wasserverbrauch.

Das defekte Wasserversorgungssystem und die unzureichende Betriebsweise wirken somit unmittelbar auf den Gesundheitszustand und die Lebensverhältnisse aus.

Die mehr als 40 Jahre alten Bauwerke und Anlagen bedürfen einer fachgerechten Instandhaltung sowie einer kurzfristigen und qualifizierten Sanierung. Folgende sanierungs- und betriebstechnische Maßnahmen werden dringend empfohlen:

- Kurzfristige Sanierung der Zwischenbehälter zur Behebung der Undichtigkeiten.
- Ausrüstung der Zwischenbehälter mit Schwimmerventilen und Abdeckungen zur Überlauf- sowie Einbruchsicherung.
- Mittel- und langfristiger Austausch vorhandener PVC-Leitungen gegen HDPE- oder PP-Leitungen.
- Mittel- und langfristiger Ausbau des verästelten Rohrleitungsnetzes zu einem Ringnetz, um eine Erhöhung der Versorgungssicherheit und Erweiterung des Versorgungsgebietes zu erreichen.

- Die Versorgungssicherheit sollte durch eine weitgehend kontinuierliche Stromversorgung erhöht werden.

Zum Ausgleich von Verbrauchsschwankungen und zur Versorgung bei Stromausfällen wurden der mittelfristige Neubau von zentralen Wasserspeichern und einer Druckerhöhungsanlage empfohlen.

Bei einem prognostizierten Anstieg der Bevölkerung und des Wasserbedarfes kann eine langfristige Versorgung nur gewährleistet werden, wenn die Leistungsfähigkeit des Rohrleitungsnetzes sowie die Wasserentnahme- und Aufbereitungsvolumina erhöht werden.

Neben der Sanierung und Erweiterung der technischen Infrastruktur sind auch Maßnahmen zur Verbesserung der Verwaltungsstruktur und des Abrechnungssystems anzustreben.

6. Schlussanmerkungen

Nach den ersten Projektjahren wurde festgestellt, dass die Zahl der Erkrankungen und Todesfälle deutlich rückläufig, die Impfraten der Bevölkerung sowie die Schulbesuche von Kindern und Jugendlichen gestiegen sind. Zudem haben die Eigeninitiative und Eigenversorgung der Familien zugenommen [6].

Projektbegleitend wurden in einer Master-Thesis [1] eine Bestandsaufnahme und Zustandsbewertung wesentlicher Elemente des Wasserversorgungssystems vorgenommen und Empfehlungen zur Verbesserung von Bauwerken, Anlagen und Betriebsstrategien erarbeitet. Die Umsetzung der Empfehlungen ist eine wesentliche Voraussetzung für die dauerhafte Verbesserung des Gesundheitszustandes und der Lebensverhältnisse in Uyoma. Die Bereitstellung zusätzlicher Finanzmittel über ein weiteres Global-Grant-Projekt erlaubt ab Mitte 2016 die technische Ertüchtigung der zentralen Wasserversorgung von Uyoma.

Literatur

- [1] *Tritz, C.*: Wasserversorgung in Uyoma im Distrikt Rarieda in Kenia. Masterabschlussarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes. Saarbrücken 2014 (unveröffentlicht).
- [2] N.N.: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Kenya_Map.png, entnommen am 06.04.2016.
- [3] N.N.: OpenCycleMap Landscape, <http://opencyclemap.org>, entnommen am 1.12.2015.
- [4] N.N.: Bestandsaufnahme Wasserversorgung Uyoma, Bericht des Rotary Club Neunkirchen/Saar, ohne Datum (unveröffentlicht).
- [5] *Hanus, F.* und *Hornecker, H.*: Unterlagen und persönliche Mitteilungen zum Wasserprojekt „West Uyoma“ im Distrikt Rarieda in Kenia des Rotary Distrikt 1860. Saarbrücken 2014 (unveröffentlicht).
- [6] *Finkler, M., von Bierbrauer, A., Scheid, D.* und *Groß, G.*: Das Rarieda/Kenia Distriktprojekt, [http://www.rotary1860.org/dist-](http://www.rotary1860.org/dist-rikt/02_foundation/Global_Grants/2013-02-15-kenia.pdf)

rikt/02_foundation/Global_Grants/2013-02-15-kenia.pdf, entnommen am 16.03.2016.

- [7] N.N.: Kenya Bureau of Standards (KEBS), August 2014.
- [8] N.N.: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001), „Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist“.
- [9] *Rossman, L. A.*: EPANET 2.0, User Manual. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, September 2000.
- [10] N.N.: Unterlagen und persönliche Mitteilungen, Kenya National Bureau of Statistics, August 2014.
- [11] N.N.: WHO Water, Sanitation, Hygiene and Health Unit: Technical notes on drinking water, sanitation and hygiene in emergencies, Juli 2013, http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/WHO_TN_09_How_much_water_is_needed.pdf?ua=1, entnommen am 05.04.2016.
- [12] N.N.: QGIS - freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem, Benutzerhandbuch 2.2 der Software QGIS, <http://www.qgis.org>, entnommen am 01.06.2014.
- [13] DVGW: Technische Regel, Arbeitsblatt GW 303-1, Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung. Bonn, Oktober 2006.
- [14] DVGW: Technische Regel, Arbeitsblatt W 400-1, Wasserverteilungsanlagen – Teil 1: Planung. Bonn, Oktober 2004.



Autoren

Prof. Dr.-Ing. **Joachim Dettmar**

Korrespondenzautor |

joachim.dettmar@htwsaar.de |

Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes |

University of Applied Sciences |

Goebenstraße 40 |

D-66117 Saarbrücken



M. Eng. **Christopher Tritz**

Schweitzer GmbH - Beratende Ingenieure |

Am Staden 27 |

D-66121 Saarbrücken



Dipl.-Ing. **Frank Hanus**

Rotary Club Sinsheim |

Wiesenweg 26 |

D-74918 Angelbachtal