

# KARSTQUELLEN IM KETTENJURA

## QUALITÄT DES QUELLWASSERS UND AUSBAU DER WASSERAUFBEREITUNG DER GEMEINDE LAUWIL

**Soll die Trinkwasserversorgung kleiner Gemeinden eigenständig bleiben? Lauwil im Kanton Basel-Landschaft hat sich für diesen Weg entschieden. Dies obwohl ihre Karstquelle – wenngleich mit guter Schüttung – immer wieder mit Keimen belastet ist. Der Einbau eines Ultrafilters unter beengten Platzverhältnissen im kleinen Reservoir sichert nun hohe Trinkwasserqualität.**

*Thomas Mosimann\*, Prof. em. für Physische Geographie, Gemeindepräsident Lauwil*

*Isabel Martinez; Martin Nideröst, Sutter Ingenieur- und Planungsbüro AG*

*Benoît Walter; Taufik Wenger, Filados AG*

### RÉSUMÉ

#### APPROVISIONNEMENT EN EAU DE SOURCES KARSTIQUES DANS LE JURA

Lauwil dispose d'une source karstique au Passwang. Dû à une situation géologique particulière, de l'eau s'écoule en surface lors de fortes pluies et arrive dans les sources en 2 à 6 heures par les lits des ruisseaux du Bürtengraben. Cela engendre de fortes poussées de prolifération de germes dans l'eau brute, avec des pics pouvant aller jusqu'à 2000 UFC d'*E. coli* et d'entérocoques par 100 ml. Comme – durant les années de sécheresse – le débit de source minimal est largement suffisant pour l'approvisionnement, même avec une réduction possible de 30 % en raison du changement climatique, et vu les coûts élevés du raccordement à des installations voisines de distribution d'eau, la commune a décidé de maintenir l'approvisionnement autonome et d'étendre le traitement de l'eau par ultrafiltration dans une 2<sup>ème</sup> étape.

Vu l'espace réduit dans le petit réservoir, l'installation de l'ultrafiltre compact a nécessité des solutions particulières et une configuration hautement personnalisée de l'installation. L'unité de filtrage, avec une filière de traitement et trois membranes, est installée de manière quasi-flottante au-dessus du puits avec les conduites d'alimentation et d'évacuation. La capacité de filtrage s'élève à 120 l/min. Cependant, dans des conditions de consommation d'eau normales, les filtres ne sont utilisés que d'un tiers à deux tiers de leur capacité de charge. La filtration lente préserve les membranes et diminue fortement la fréquence d'entretien.

### SICHERUNG DER TRINKWASSERVERSORGUNG ALS HERAUSFORDERUNG FÜR KLEINE GEMEINDEN

Drei zentrale Punkte beeinflussen heute die Überlegungen zur Planung und zum Betrieb von Trinkwasserversorgungen kleiner Gemeinden im Jura: zum einen die mit dem Klimawandel möglicherweise abnehmende Quellschüttung, zum andern die steigenden qualitativen Anforderungen bei der Aufbereitung des Trinkwassers und als Drittes der Trend zum Zusammenschluss der Wasserversorgungen. Daraus resultieren drei Kernfragen:

1. Reichen die Quellwasserreserven auch in Zukunft, d. h. für den Zeitraum einer Generation, für die Trinkwasserversorgung aus?
2. Kann und soll die Trinkwasserversorgung autonom bleiben, und was kostet der eigene Weg im Vergleich zum Anschluss an einen Verbund?
3. Welchen Standard wünscht die Bevölkerung bei der Aufbereitung des eigenen Trinkwassers?

Die Verkeimung des Rohwassers ist bei Karstquellen ein verbreitetes Phänomen. Bis 1975 wurde in der Gemeinde Lauwil das Quellwasser unbehandelt ins Netz abgegeben. Ab 2001 konnte nach dem Bau des neuen Reservoirs mit einer Kombination von

\* Kontakt: [thomas.mosimann@lauwil.ch](mailto:thomas.mosimann@lauwil.ch)

UV-Bestrahlung und Verwurf die hygienische Qualität im Netz mit zwei Ausnahmen sichergestellt werden. Diese Lösung war jedoch nicht mehr genügend sicher und nicht zukunftsfruchtig. Eine Erweiterung mit zweistufiger Aufbereitung wurde unumgänglich und damit stellten sich die vorgängigen Fragen in voller Breite.

**ABFLUSSSITUATION ALS URSACHE FÜR DIE KEIMBELASTUNG**

Das Gemeindegebiet von Lauwil liegt im östlichen Kettenjura und reicht vom Rand des Tafeljuras bis zum Passwang (Vogelberg). Das etwa 1,8km<sup>2</sup> grosse Quelleinzugsgebiet befindet sich in einer Höhe von 830-1170 m.ü.M. in der nördlichsten, durch die Erosion aufgebrochenen Synklinale des in diesem Bereich stark zusammengeschobenen Faltenjuras [1, 2]. Die Gesteinsschichten formen hier eine Mulde (Fig. 1). In deren Kern bildet die mit der Jurafaltung angehobene Untere Süsswassermolasse die oberste Schicht. Diese teils sandigen, teils mit Kalkeinlagerungen durchsetzten Mergel verwittern gut und sind wenig bis begrenzt durchlässig. Unter den tertiären Mergeln folgen die etwa 100 m mächtigen, stark zerklüfteten hellen Kalke der Vellerat- und Court-Formation. Unter dem Kalk liegen die weitgehend wasserstauenden Effinger Schichten (blau-graue Mergel mit dünnbankigen Kalkeinlagerungen). Der Wasserstauer bildet eine langgestreckte Schüssel, in der sich das Karstgrundwasser ansammelt. Der Bürtenbach hat die tektonische Mulde im Bereich des Bürtengrabens markant angeschnitten. Die Bürtengrabenquellen liegen wenige Meter über dem Bach im Grenzbereich der Kalke und Mergel, der mit Gehängeschutt bedeckt ist (Fig. 2). Sie sind Überlaufquellen mit kurzzeitigem Anstieg der Schüttung durch infiltrierendes Bachwasser (Fig. 1 und 3).

Aus der geschilderten Gesteinssituation ergeben sich im Quelleinzugsgebiet komplexe Abflussverhältnisse (Fig. 4). Dabei muss grundsätzlich zwischen den Flächen mit Kalkstein als oberste Gesteinsschicht und den Bereichen mit dem tertiären Mergel unterschieden werden. Der Kalkstein steht nur im Bereich der Schichtkämme und kleinen Verebnungen an Schichtstufen mehr oder weniger direkt an der Oberfläche an. Hier gibt es direkte Karstinfiltration. Für den Bereich Grauboden bis Hohwacht sind die Fließ-

zeiten aus Tracerversuchen bekannt [3, 4]. Sie betragen im quellnäheren Bereich 14-36 Stunden und im quellferneren Bereich mindestens sieben Tage. Alle Hänge im Bereich des Kalks sind mit bis zu meh-

ren Metern unterschiedlich steinigen und lehmigen Gehängeschutt und Gehängelehmen bedeckt [2]. Hier findet keine direkte Karstinfiltration statt, sondern das einsickernde Wasser wird wenigstens

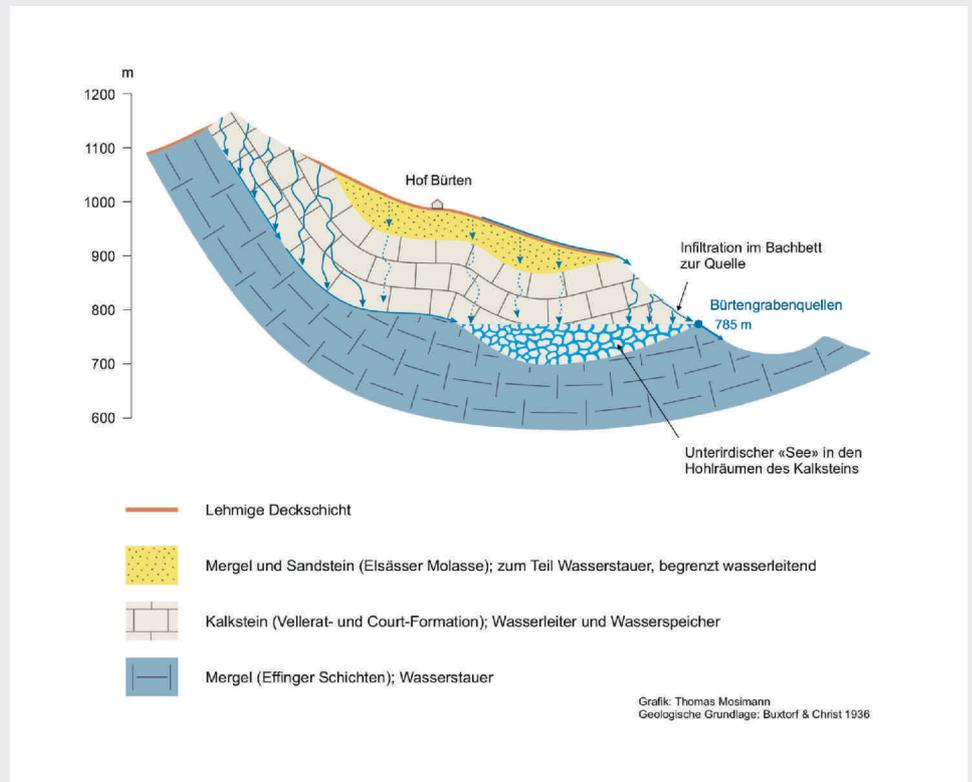


Fig. 1 Gesteinsaufbau und Karstwassersituation im Einzugsgebiet der Bürtengrabenquellen. Entscheidend für die besondere Situation beim Oberflächenabfluss sind die nur lokal vorkommenden tertiären Mergel als oberste Gesteinsschicht über der Juraserie.

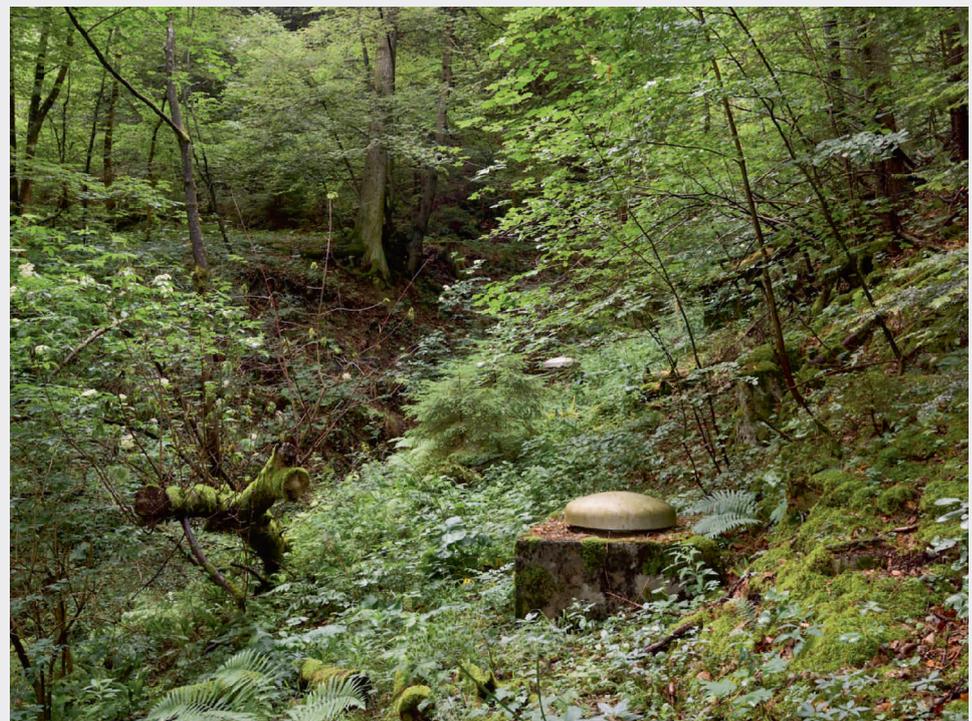
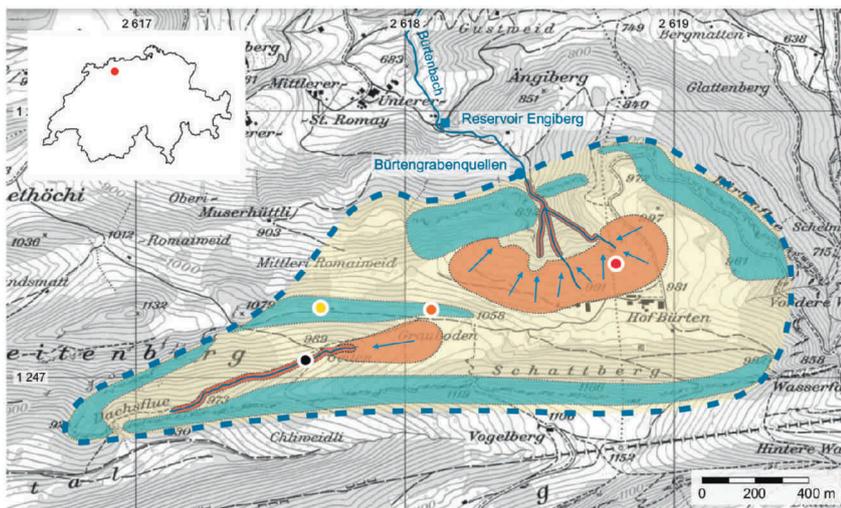


Fig. 2 Lage der Bürtengrabenquellen. Die drei Quellen liegen mit Abständen von 5-10 m wenige Meter über dem Bürtenbach.



Fig. 3 Das Gebiet Bürten auf der Nordseite des Passwangs (950–1030 m ü. M.). Auf der rechten Seite der direkt an die Wiesen und Weiden angrenzende Bürtengraben mit drei Bächen.



Grafik: Thomas Mosimann  
Topographische Grundlage:  
Bundesamt für Landestopographie

Fig. 4 Infiltrations- und Abflusssituation im Einzugsgebiet der Bürtengrabenquellen. Besonders problematisch für die Keimbelastung der Quellen ist der Oberflächenabfluss zum Bürtengraben und die Infiltration von Wasser hoher Trübung in den Bachbetten.

teilweise gefiltert. Die Filterwirkung der Deckschichten ist im Allgemeinen gut, weil deren Lehmenteile meist mindestens 30% und maximal bis 90% betragen [2].

Knackpunkt für die Verkeimung der Bürtengrabenquellen ist der Oberflächenabfluss auf den nur begrenzt durchlässigen, die Hänge der Bürtenweid bil-

denden Mergeln der Elsässer Molasse. Auf ihren lehmigen Böden fließt bei Regen von mehr als etwa 10 mm rasch Wasser oberflächlich ab und gelangt direkt in die drei Bäche des Bürtengrabens (Fig. 3). Hier sickert es in der Bachsohle in den Kalkschutt und den Kalk und ist 2–6 Stunden nach Beginn des Regens Teil der Quellschüttung. Es gibt also eine direkte Verbindung von den Bewirtschaftungsflächen des Hofes Bürten zu den Quellen.

## REICHLICHE WASSERRESERVEN – AUCH IM KLIMAWANDEL?

### SCHÜTTVERHALTEN DER QUELLEN

Die drei Bürtengrabenquellen sind Karstquellen mit starkem Anstieg der Schüttung nach Regenfällen. Vor allem die Quellen 2 und 3 reagieren innerhalb weniger Stunden auf Regenfälle; generell steigt deren Schüttmenge innerhalb von ein bis zwei Tagen nach Regenfällen von mehr als 15 mm an [3]. Fig. 5 zeigt die mittleren und minimalen monatlichen Schüttungen der Messperiode 2004–2017. Die Unterschiede der drei Quellen werden sofort deutlich. Die mittlere Schüttung der Quelle 1 ist äusserst konstant. Der Unterschied zwischen dem ertragreichsten Monat (April) und den ertragärmsten Monaten (Oktober und November) beträgt lediglich 18%. Die Quellen 2 und 3 schwanken im Jahresgang viel stärker (Unterschiede in der Schüttung von 100–200%).

Entscheidend für die Wasserversorgung sind die minimalen Schüttungen der einzelnen Monate. Sie bewegen sich bei Quelle 1 zwischen 71 l/min (März) und 46 l/min (Oktober). Dies entspricht auch im trockensten Monat der letzten 14 Jahre dem Normalbedarf der Gemeinde. Die Minima der beiden andern Quellen liegen ähnlich (Quelle 3) oder tiefer (Quelle 2). Die gesamten Messungen der letzten 14 Jahre demonstrieren, dass die drei nah beieinanderliegenden Quellen zwei verschiedenen Quelltypen zuzuordnen sind:

- Quelle 1 wird als Überlaufquelle von einem «Grundwassersee» im Kalkfels gespeisen, der sich in der Mulde der Effinger Mergel anstaut (Fig. 1). Aufgrund der Lage und Erstreckung im Einzugsgebiet kann das Gesteinsvolumen dieser Muldenstruktur auf etwa 20 Mio m<sup>3</sup> geschätzt werden. Bei einem angenommenen Hohlraumanteil

im verkarsteten Kalk von 1% [5] umfasst das eingelagerte Karstgrundwasservolumen vorsichtig geschätzt rund 200 000 m<sup>3</sup>. Dies ist eine sehr grosse Reserve, die bei allfälligen zukünftigen Problemen mit der Quellschüttung von schräg unten angebohrt werden könnte.

- Die Quellen 2 und 3 sind Überlaufquellen mit stärkerem Einfluss durch schnelles Karstwasser und besonders starkem Kontakt zu den weiter oben liegenden Bachsohlen.

### BEURTEILUNG DER WASSERRESERVEN

Die öffentliche Wasserversorgung der Gemeinde Lauwil beliefert rund 300 Personen und einen Hof mit Kleinvieh. Der durchschnittliche Wasserbedarf liegt bei 55 m<sup>3</sup>/Tag; im Hochsommer steigt der Bedarf auf maximal 120 m<sup>3</sup>. Die Gemeinde will nur geringfügig wachsen.

In den trockensten Monaten hat die Quelle 1 alleine bisher immer mindestens 66 m<sup>3</sup>/Tag geschüttet (Fig. 5). Dies reicht mit Ausnahme regenarmer Perioden im Hochsommer für die Versorgung aus. Die minimalste gemessene mittlere Tagessumme aller drei Quellen beträgt 164 m<sup>3</sup>. Dies ist dreimal mehr als der Durchschnittsbedarf und rund 50% mehr als der Maximalbedarf.

Dies wird sich in Zukunft möglicherweise ändern. Im Zusammenhang mit der grösseren und länger andauernden Sommerhitze und längeren Trockenperioden muss mit einem Rückgang der Schüttung von Karstquellen um bis zu 30% gerechnet werden, auch wenn sich bisher ein solcher Trend noch nicht nachweisen lässt [6]. Dies ist für den Normalbedarf von Lauwil völlig unproblematisch. Selbst der Spitzenbedarf (120 m<sup>3</sup>/Tag) könnte mit allen drei Quellen noch ohne Wassersparen gedeckt werden.

### SCHWANKENDE KEIMBELASTUNG: AUSMASS UND URSACHEN

#### VERKEIMUNG DER BÜRTENGRABENQUELLEN

Im Einzugsgebiet der Bürtengrabenquellen gibt es drei Landwirtschaftsbetriebe. In zwei Betrieben ist die Bewirtschaftung heute extensiv, von deren Flächen gibt es nur über den Karstwasserzufluss eine Verbindung zu den Quellen. Der grosse direkt über dem Bürtengraben liegende Bürtenhof hat 1993 zunächst auf Mutterkuhhaltung und später schrittweise auf reine Pferdehaltung umgestellt. Gülle

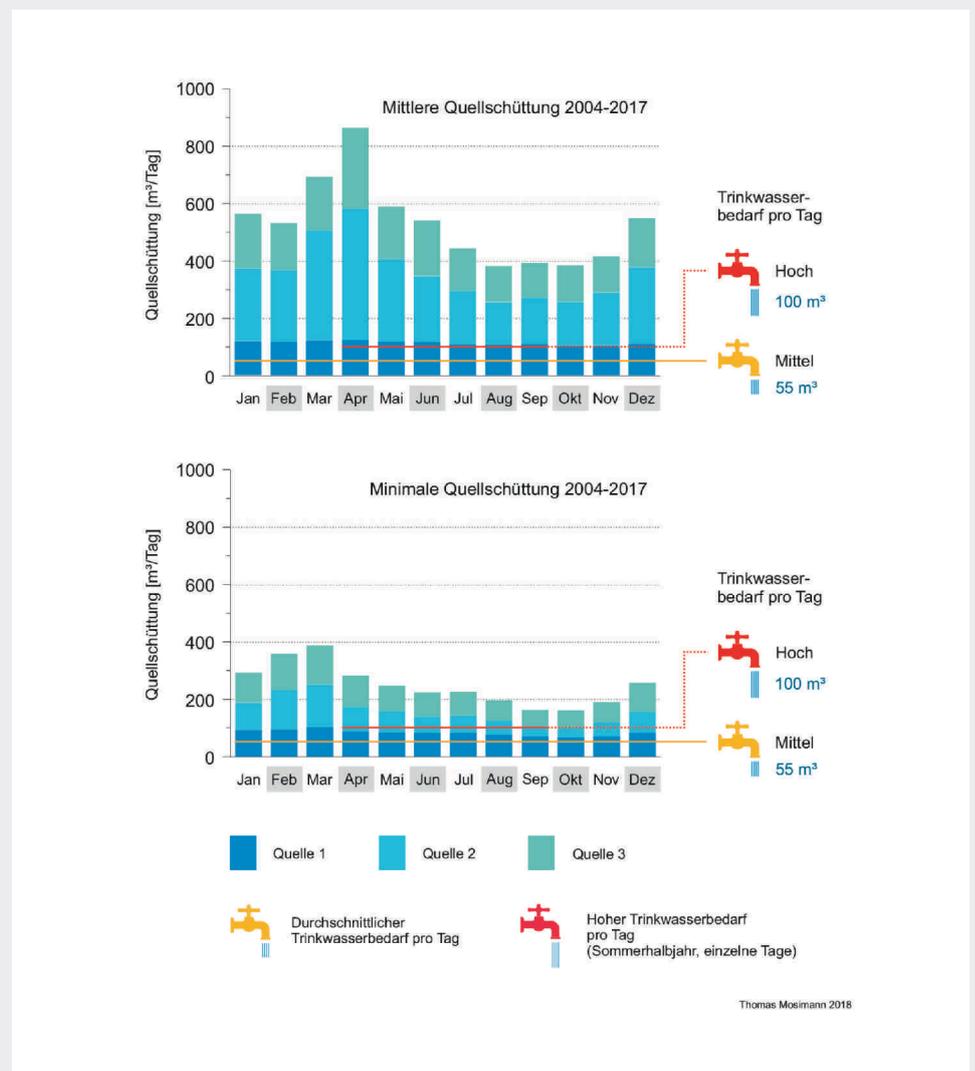


Fig. 5 Mittlere und minimale tägliche Schüttung der drei Bürtengrabenquellen im Zeitraum 2004–2017. Auch im trockensten Monat der letzten 14 Jahre lag die tägliche Schüttung aller drei Quellen rund 60% über dem maximalen Tagesbedarf der Trinkwasserversorgung Lauwil.

fällt heute nur noch in geringem Umfang an. Die häuslichen Abwässer werden seit 2004 in einer Pflanzenkläranlage gereinigt. Quelle für die Fäkalien im Quellwasser sind also zum grössten Teil die Düngung mit Mist und die Pferdeweiden im Gebiet Bürtten [4].

Figur 6 stellt die Situation der Verkeimung des Rohwassers für die Jahre 2014–2017 dar (reguläre Kontrollproben und Ereignisproben). Es zeigen sich die typischen witterungs- und wetterabhängigen Unterschiede. Nur bei etwa einem Viertel der Kontrollen wurden im Rohwasser keine Indikatorkeime (*Coli*-Bakterien und Enterokokken) gefunden. In diesen Fällen lag die Belastung mit aeroben mesophilen Keimen meistens unter 50 KBE/ml. Die grosse Mehrheit der Analysen ergab – mit Ausnahme von zwei Extremfällen – bis zu 12 KBE/100 ml *Escherichia coli* und bis zu 50 KBE/100 ml Enterokokken.

Eine empirische Analyse der Niederschlagstageswerte der Messstation Reigoldswil (Meteoschweiz) in den Zeiträumen vor der Beprobung zeigt für die 72-h-Summe der Regenfälle die besten Zusammenhänge zwischen Regenmenge und Keimbelastung (Fig. 6): Bei 3-Tages-Regenfällen bis 12 mm kann die Keimbelastung bei 0 KBE liegen und beträgt max. 11 KBE/100 ml (*Escherichia coli*) und max. 45 KBE/100 ml (Enterokokken). Bei mehr als 12 mm Regen in den 72 Stunden vor der Beprobung ist das Quellwasser stets belastet und ab 20 mm Regen in drei Tagen treten teilweise sehr hohe Keimzahlen auf.

Kontinuierliche Messungen im Jahr 2005 zeigten, dass nach Regenfällen die Keimzahlen innerhalb von 4–5 Stunden auf ein Maximum steigen und innerhalb von 24 Stunden stark zurückgehen (auf 15–20% des Maximums) [3]. Da die Quellen

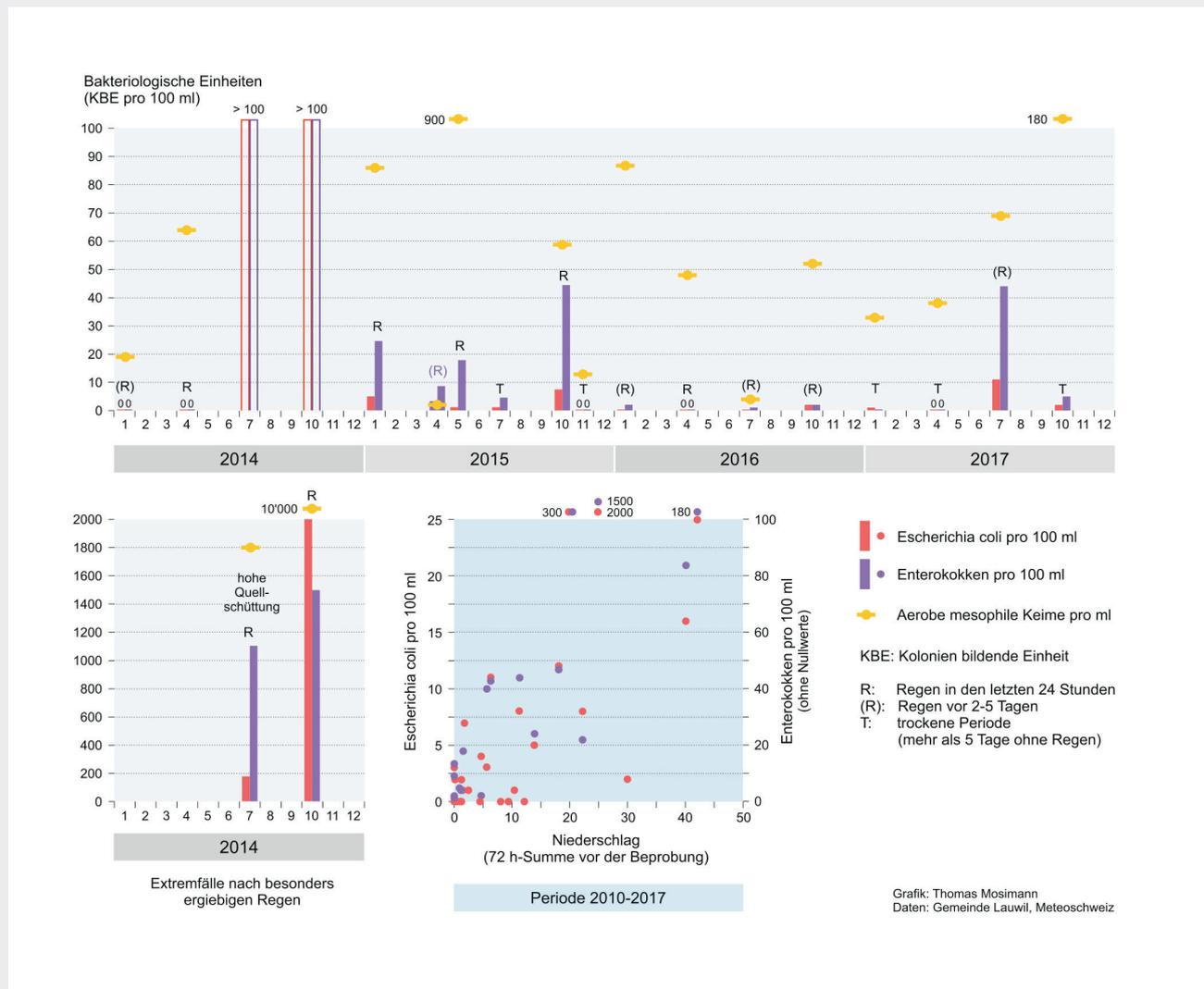


Fig. 6 Keimbelastung der Bürtengrabenquellen (Gesamtrohwasser). Bei mehr als 12 mm Niederschlag in den letzten 72 Stunden liegt die Belastung fast immer über 5 KBE/100 ml (Escherichia coli) bzw. 20 KBE/100 ml (Enterokokken).

2 und 3 eine direktere Verbindung zum Bach haben, ist deren Keimbelastung auch höher als bei Quelle 1.

#### VERGLEICH MIT ANDEREN KARSTQUELLEN IM KANTON BASEL-LANDSCHAFT

Für eine Einordnung der Verkeimung der Bürtengrabenquellen standen Analysen von 27 Quellen bzw. Quellbereichen mit mehreren Quellen aus dem Tafel- und Kettenjura des Kantons Basel-Landschaft zur Verfügung (Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, [7]). Der Datensatz umfasst dabei ausschliesslich Ereignisproben, also Analysen nach Regenfällen in den Vortagen. Der Vergleich ergibt eine eindeutige Bilanz: Zwei von den 27 Quellen sind höher belastet und sieben Quellen weisen ähnlich hohe Verkeimungen wie die Bürtengrabenquellen auf. In allen Fällen handelt es sich um sporadisch auftretende Verkeimungsschübe nach stärkeren Regenfällen.

Eine Analyse der räumlichen Situation der Quellen mit starker Verkeimung lässt einzelne Zusammenhänge erkennen. Die Quellen im Kettenjura befinden sich mit einer Ausnahme am Nordrand des Gebirges im Bereich steil gestellter und tektonisch stark beanspruchter Schichten. Die Quellen im Tafeljura befinden sich mit einer Ausnahme im südlichen Tafeljura unterhalb und nahe grösserer Plateaus. Sieben der zehn besonders belasteten Quellen liegen nahe bei Bächen bzw. in Einschnitten und nur drei im Hang.

#### VARIANTEN FÜR DEN AUSBAU DER ROHWASSERBEHANDLUNG

##### TECHNISCHE SANIERUNGSVARIANTEN

Für die Prüfung der Erweiterungsvarianten der Rohwasserbehandlung war der Bau bzw. Einbau eines Filters Vorgabe. Die für eine Kleinwasserversorgung

wichtigen Entscheidungskriterien sind die Aufbereitungsmengen, der verfügbare Platz im Reservoir, die Notwendigkeit von Bauten, der von der Bevölkerung gewünschte Standard, die Kosten (mit den Auswirkungen auf die Wasserbezugsgebühr), der Arbeitsaufwand im Betrieb und die Zukunftsträchtigkeit der gewählten Lösung. Vor diesem Hintergrund untersuchte das Ingenieurbüro *Sutter* die vier in Frage kommenden Sanierungsvarianten [8]:

- Keramikfilter
- Ultrafiltration
- Hectron-Partikelfilter
- Kieslangamsandfilter

##### Keramikfilter

Keramikfilter sind eigentlich für Wasserversorgungen von Einzelhöfen, Weilern, abgelegenen Restaurants, Berghütten u.ä. geeignet und nicht unbedingt für öffentliche Wasserversorgungen. Für

die Wasserversorgung Lauwil mit rund 130 Haushaltungen kann jedoch z. B. der grösste *Katadyn*-Multifilter MF-54 die geforderte maximale Filterleistung von 120 l/min bewältigen. Der grösste Vorteil dieser Lösung sind die niedrigen Investitionskosten (3- bis 4-mal niedriger als bei einer Ultrafilteranlage) und die einfache Technik. Gewichtige Nachteile sind der Arbeitsaufwand für die Reinigung der Filterelemente und das Risiko, dass zukünftige Anforderungen beim maximal zulässigen Trübungswert nicht mehr eingehalten werden können.

#### Ultrafiltration mit Membranfilter

Ultrafiltration mit Membranfilter wird immer mehr Standard [9, 10, 11] und etabliert sich auch in Wasserversorgungen von Gemeinden mit deutlich weniger als 1000 Einwohnern. Sie liefert auch bei sehr hohen Trübungswerten unter günstigen Bedingungen Filtrate mit Trübungen von unter 0,01 FNU und vermindert die Keimzahlen sehr wirksam. Sie ist deshalb für Wasserversorgungen mit hohen Trübungsspitzen im Rohwasser besonders geeignet. Gelöste Verunreinigungen (z. B. Nitrat, Pestizide, Pharmaka, VOC) werden jedoch nicht entfernt. Allerdings sind diese in den Bürtengrabenquellen auch nicht vorhanden (keine Nachweise in den jährlichen Kontrollproben).

#### Hectron-Partikelfilter

Beim *Hectron*-Partikelfilter ergaben die näheren Abklärungen, dass er die geforderte Filterwirkung von mindestens 0,5 FNU nicht erreicht und sich deshalb als eigenständige Filterstufe nicht eignet. Gegen die Verwendung als Vorfilter zu einem Keramikfilter oder zum Schutz des Ultrafilters sprechen der Platzbedarf und die zusätzlichen Kosten.

#### Kieslangsamsandfilter

Ein Kieslangsamsandfilter erzielt seine Reinigungsleistung mit den drei ineinandergreifenden Reinigungsprozessen mechanische Reinigung, adsorptive Reinigung und mikrobiologische Reinigung. Unabhängig vom Trübungsgrad im Zulauf kann er dauerhaft einen Trübungsgrad von unter 0,5 FNU im Reinwasser gewährleisten. Solche Filter sind eine wirksame, technisch einfache Lösung mit niedrigen externen Wartungskosten. Im Falle der Wasserversorgung Lauwil sind jedoch die Investitionskosten wegen des

### TRINKWASSERVERSORGUNG DER GEMEINDE LAUWIL

Die autonome Trinkwasserversorgung der Gemeinde Lauwil profitiert von einer einfachen räumlichen Struktur (Fig. 7):

- Die Höhenanordnung von Quellen, Reservoir und Dorf ermöglicht eine Speisung des Reservoirs und die Verteilung im Netz mit Ausnahme eines Hofes ausserhalb des Dorfes ohne Pumpen. Der Energiebedarf für den Betrieb ist gering (s. auch *UF-Anlage*).
- Das Netz kann mit einer Druckzone betrieben werden.
- Die Quellschüttung bietet auch in Trockenzeiten – gemessen am Normalbedarf – eine grosse Reserve.
- Mit der Reservoirkapazität von 300 m<sup>3</sup> können im Notfall 72 Stunden überbrückt werden.
- Wegen der grossen Quellschüttungsreserven können in Phasen mit hohen Keimzahlen grosse Rohwassermengen verworfen werden.
- Die Infrastruktur ist in sehr gutem Zustand (Brunnenstube und Reservoir in den letzten 20 Jahren komplett neu gebaut, Trinkwasserleitungen nirgendwo älter als 44 Jahre).

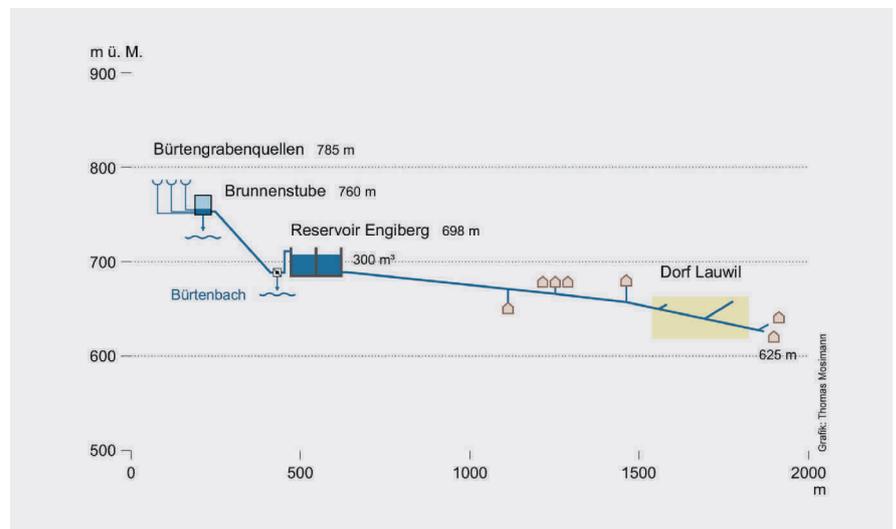


Fig. 7 Schema der Trinkwasserversorgung Lauwil. Aufgrund der Lage von Quellen, Reservoir und Dorf wird nur für die Versorgung eines Hofgebäudes oberhalb des Dorfes Pumpenergie benötigt.

erforderlichen Neubaus etwa 70% höher als beim Einbau eines Ultrafilters. Dazu kommt der im Vergleich zur Ultrafiltration höhere Zeitaufwand des Brunnenmeisters für die Wartung.

#### ZUSAMMENSCHLUSS ALS FINANZIELLE ALTERNATIVE?

Der Kanton Basel-Landschaft strebt einen weitgehenden Zusammenschluss der Trinkwasserversorgungen an [12]. Im Falle eines Anschlusses an die Wasserversorgung Reigoldswil-Ziefen müsste das Wasser der Bürtengrabenquellen in die 170 m tiefer gelegene Aufbereitungsanlage in Reigoldswil geleitet und Trinkwasser wieder ins Reservoir Engiberg hochgepumpt werden. Die Nachbargemeinde verfügt nicht über genügend Quellwasser. Dies würde den Bau einer doppelten Leitung (Rohwasser und Trink-

wasser) in teilweise schwierigem Gelände von 2,2 km Länge und einer Pumpstation erfordern. Die Investitionskosten eines solchen Anschlusses liegen grob geschätzt bei 3 Mio. Franken, d. h. etwa zehnmal höher als die Kosten für die Sanierung der Wasseraufbereitung mit Ultrafiltration. Die Inselflösung mit eigener Aufbereitung ist im Fall von Lauwil weit günstiger.

### ZWEISTUFIGE ROHWASSER-DESINFEKTION

#### SITUATION RESERVOIR ENGIBERG

Das Reservoir Engiberg wurde im Jahr 2000 an seinem jetzigen Standort neu gebaut. Es verfügt über eine Kapazität von 300 m<sup>3</sup> (150 m<sup>3</sup> Trinkwasser, 150 m<sup>3</sup> Löschwasser). Aus Kostengründen wurde das Bauvolumen damals möglichst klein

gehalten. Die engen Platzverhältnisse haben nun zu einigen Problemen beim Einbau einer Ultrafilteranlage geführt. Der untere Raum vor den Reservoirkammern misst nur 3,5 × 5,1 m, die über eine Wendeltreppe zugängliche kleine Empore nur 3,5 × 2,5 m. Das Reservoir hat keinen Kanalisationsanschluss.

**KONFIGURATION**

Figur 8 zeigt die hydraulische Übersicht des Reservoirs Engberg nach dem Ausbau der Rohwasserbehandlung [13]. Eine Trübungsmessung überwacht das zufließende Rohwasser. Bei Überschreiten von 5 FNU geht das Wasser zur Schonung der Membranen in den Verwurf. Nach

der Membranfiltration erfolgt die zweite Trübungsmessung, die bei Überschreiten von 0,5 FNU die nachgeschaltete Verwurfklappe öffnet und bei FNU 0,25 wieder schliesst. Das gefilterte Wasser fließt anschliessend durch die UV-Anlage in die Reinwasserbehälter. Im Falle einer Störung der UV-Anlage wird das Wasser

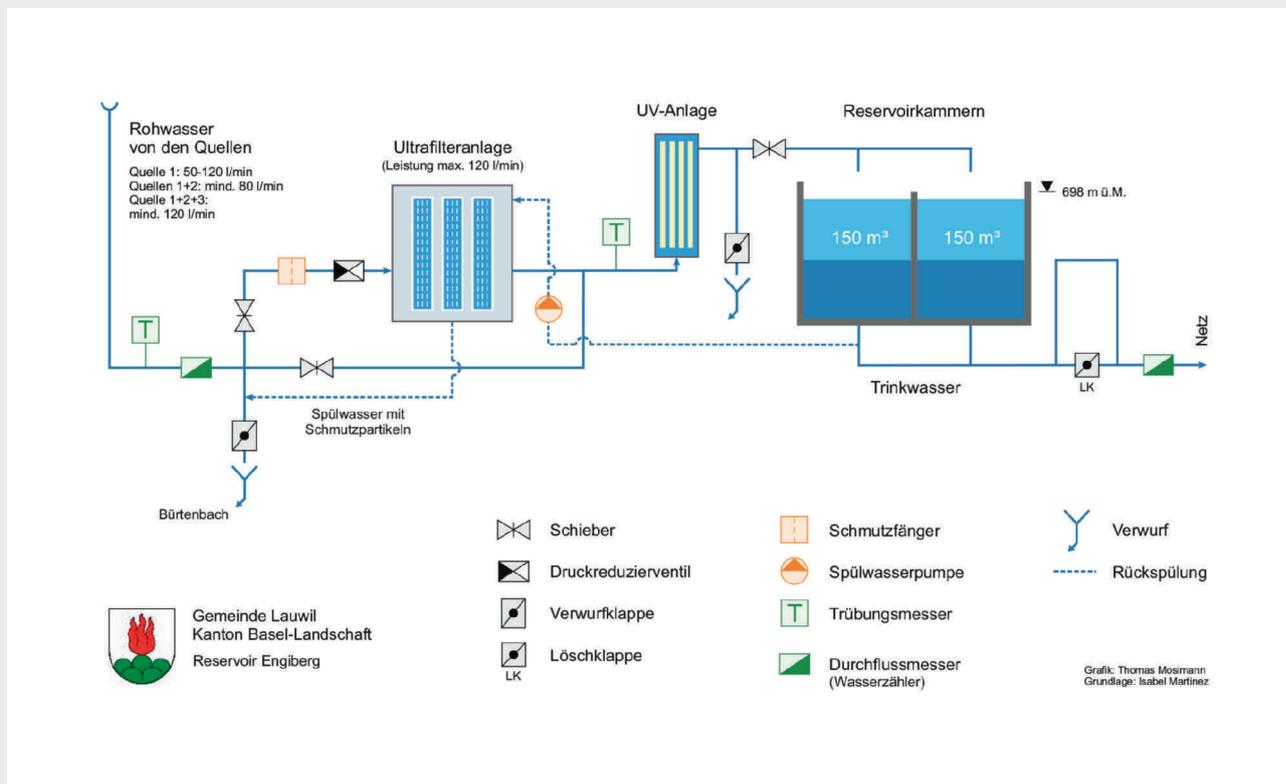


Fig. 8 Hydraulische Übersicht des Reservoirs Engberg mit zweistufiger Trinkwasseraufbereitung.

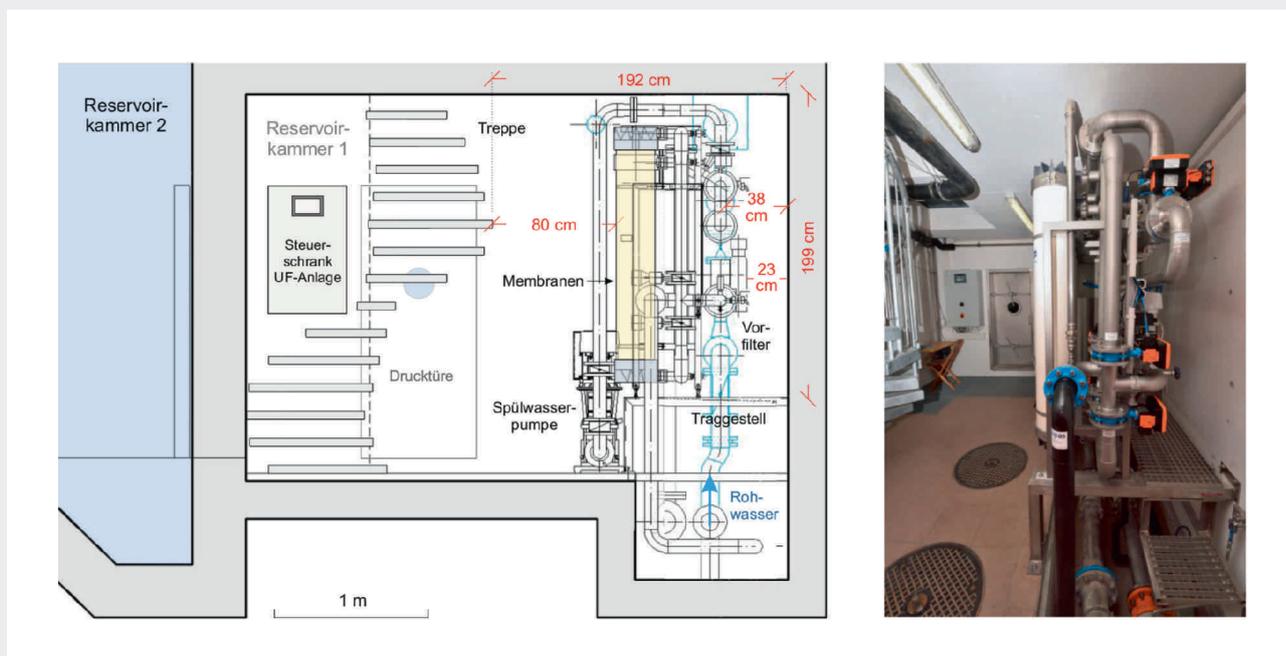


Fig. 9 Einbau der Ultrafilteranlage unter engsten Platzverhältnissen. Die Anlage musste auf einer Fläche von 89 × 180 cm «schwebend» über den Zu- und Abgangsleitungen installiert werden. Die Spülwasserpumpe steht versetzt neben der UF-Einheit. Der Steuerschrank befindet sich links neben der Drucktüre. Die Steuerluftversorgung musste in der oberen Etage platziert werden (Fig. 11).

ebenfalls bei der zweiten Verwurfsklappe in den Bach geleitet. Die Ultrafiltration reduziert die Keimzahlen sehr wirksam. Die UV-Bestrahlung als 2. Stufe bietet einen sicheren Schutz für den Fall undichter Membrane. Integritätsprüfungen müssen deshalb nur in grossen Abständen durchgeführt werden und ein Online-Monitoring der Membranintegrität erübrigt sich. Die zweite Barriere erhöht die Sicherheit und dient auch als Rückfallebene. Bei Ausfall der Ultrafiltration kann die Anlage abgetrennt und das Rohwasser direkt durch die UV-Anlage geleitet werden (bei Trübungswerten unter 1 FNU). Eine Trinkwasserproduktion bleibt in diesem Fall als Überbrückungslösung weiterhin möglich. Für das Rohwasser der Bürtengrabenquellen reicht die zweistufige Desinfektion, weil keine VOC, Pestizide und Pharmaka nachgewiesen sind. Viele vergleichbare Wasserversorgungen in der Nordwestschweiz müssen mit mehr als zwei Stufen aufbereiten.

#### WAHL DER ULTRAFILTERANLAGE

Für die Wahl der Ultrafilteranlage wurden die technischen Varianten, der Platzbedarf, die notwendigen Umbauten, die Anforderungen beim Unterhalt und die Unterhaltskosten untersucht. Ein Kernpunkt war dabei das Platzproblem. Die Wahl fiel letztlich auf die kompakte und im Einbau flexibelste Anlage mit austauschbaren Membranen, die für die Rückspülung nur Trinkwasser benötigt (*Filados W.E.T. pur 1-3-180*). Die Alternativen schieden wegen mehr Platzbedarf in der Höhe, weniger Anpassungsmöglichkeiten beim Einbau, mehr Umbauten (Verschiebung der bestehenden Druckerhöhungsanlage) oder des aufwendigen Baus von zwei Tanks für chemische Hilfsmittel ausserhalb des Reservoirs aus. Die ausgewählte Anlage bedingte ausser dem Versetzen der UV-Anlage und einer Anpassung bei den Lüftungsrohren keine Umbauten und ergab so insgesamt die niedrigsten Investitionskosten.

#### LÖSUNGEN FÜR ENGE PLATZVERHÄLTNISSE

Der einzig mögliche Ort für die Installation der UF-Anlage befindet sich über dem 100 cm breiten Schacht mit den Zu- und Abgangsleitungen des Roh- bzw. Trinkwassers und verschiedenen Messeinrichtungen. Somit kam nur eine Anlage mit geringer Höhe in Frage. Diese musste auf einem Gestell über diesem Schacht platziert werden, und zwar so, dass sie von



Fig. 10 Die Ultrafilteranlage FILADOS W.E.T. pur. Links vorne die Spülwasserpumpe, links neben den Membranen die Ventilinsel für die Verteilung der Steuerluft zu den pneumatischen Klappen und über dem Löschbogen die nach oben versetzte UV-Anlage.



Fig. 11 Kompressor und Kältetrockner der Steuerluftversorgung für die Steuer- und Absperrklappen der Ultrafilteranlage. Rechts die in die erste Etage versetzte bisherige UV-Anlage mit Steuerschrank.

hinten zugänglich ist und Durchflussmesser, Trübungsmesser und Schieber im Schacht unter der Anlage weiter bedient werden können (Fig. 9 und 10). Es stand nur eine Fläche von 90 × 180 cm zur Verfügung. Wie Figur 9 zeigt, bleibt vor den Membranen und hinter den Zuflussleitungen und Instrumenten nur minimaler Platz sowie neben der UF-Einheit kein Spielraum. Die weiteren Einrichtungen

mussten deshalb im Reservoir verteilt werden (Spülwasserpumpe getrennt von der Anlage vor dem Löschbogen, Schaltschrank für die Ultrafiltration links neben der Drucktüre zur Reservoirkammer 1 und Kompressor sowie Kältetrockner für die Steuerluftversorgung eine Etage höher auf der Empore (Fig. 11). Nahezu die gesamte UF-Anlage musste individuell konfiguriert werden (Zufluss Rohwas-

ser und Wegfluss filtriertes Wasser auf zwei verschiedenen Seiten, Verlauf der Rohre auf der UF-Einheit selbst, Position und Auslegung der Ventile, Ort der Ventilsinsel für die Steuerluft).

**AUFBAU UND FUNKTION DER ANLAGE**

Figur 12 gibt eine Gesamtübersicht zum Aufbau der Ultrafiltration und zum Einbezug der Anlage in die gesamte Wasseraufbereitung. Die wichtigsten

technischen Daten können dem Schema entnommen werden. Die Anlage ist einstrassig aufgebaut mit einer Filterleistung von max. 120l/min. Im Normalbetrieb bewegt sich die Aufbereitungsleistung zwischen 55l/min im Maximum und 11l/min im Minimum. Im Hochsommer muss die Leistung auf maximal 80l/min erhöht werden. Die Anlage fährt also meistens mit 30-50% der möglichen Durchflussmenge. Nur im Hochsommer

muss kurzzeitig auf 65%-Last hochgefahren werden. Dies schont die Membranen und verlängert die Wartungsintervalle. Die Schmutzpartikel können weniger tief in die Poren eindringen und deshalb beim Spülen leichter gelöst werden. Vor der Filtration findet eine Druckreduzierung von 6,2 auf unter 3 bar statt. Ein Vorfilter, der in einem voreingestellten Zyklus von fünf Stunden rückgespült wird, trennt zum Schutz der Membran-

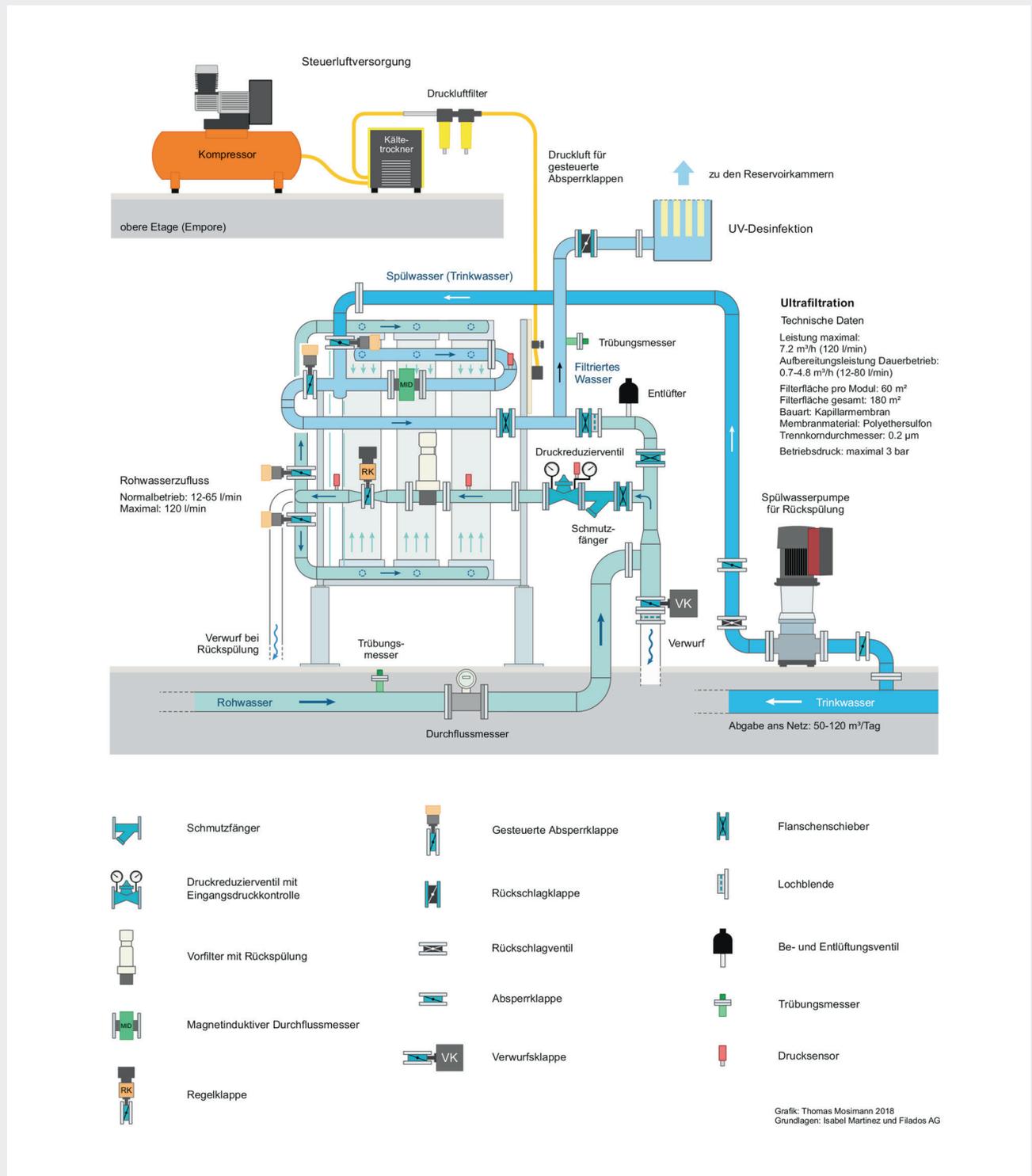


Fig. 12 Trinkwasseraufbereitung im Reservoir Engiberg: Schema der Anlagen.

anlage die Grobstoffe aus dem Rohwasser ab. Das Rohwasser fliesst von unten und oben im Gegenstrom in die Kapillarmembranen.

Die Rückspülung mit Trinkwasser wird in Abhängigkeit von Aufbereitungsmenge und Zeit automatisch ausgelöst und läuft in zwei Phasen ab. Zuerst löst ein Vorwärts-Flush mit Rohwasser die auf der Membranoberfläche angelagerten Schmutzpartikel möglichst weitgehend ab und spült diese in den Verwurf. Anschliessend werden die Module über die Permeatseite (das Wasser fliesst von aussen ins Innere der Membranröhrchen) mit Reinwasser aus den Reservoirkammern gespült. Die Rückspülung benötigt ca. 2% der produzierten Trinkwassermenge.

Die Klappen werden mit Druckluft gesteuert. Diese kommt vom Kompressor und Lufttrockner in der ersten Etage und wird auf der linken Seite der Anlage von der Ventilinsel auf die sieben pneumatischen Klappen verteilt (Fig. 10). Die Steuerung mit Druckluft ist sehr zuverlässig und lässt geringen Verschleiss der Ventile erwarten.

Die Anlage hat einen geringen Energiebedarf, weil der notwendige Druck für die Filterung durch Rückstau der Zugangsleitung von der Brunnenstube aufgebaut wird.

#### ERSTE BETRIEBSERFAHRUNGEN

Im Normalbetrieb muss lediglich die maximale Aufbereitungsleistung in Abhängigkeit von der Wasserabgabe ins Netz angepasst werden. Im Hochsommer schwankt der Trinkwasserbedarf stark zwischen 50 und 120 m<sup>3</sup>/Tag. Nähert sich der Füllstand in den Reinwasserbehältern dem Maximum, fährt die Anlage die Produktion automatisch zurück. Zur Schonung der Membranen ist es jedoch wichtig, die maximale Aufbereitungsleistung immer nur so hoch einzustellen wie unbedingt nötig. Die geringen Druckdif-

ferenzen an den Membranen belegen die günstige Wirkung der Filterung mit möglichst niedrigen Durchflussmengen.

Die AMK-Werte (aerobe mesophile Keime) nach der Ultrafiltration liegen bisher deutlich unter 10 KBE/ml (Zielwert des Kantons nach UF: 20 KBE/ml). Im Reinwasser nach der UV-Bestrahlung liegt der Wert stets bei 0 KBE/ml (früher ohne UF mit einzelnen Ausnahmen 0–4 KBE/ml). Die Membranen müssen etwa einmal pro Jahr zur chemischen Reinigung und Entkeimung in die Filados-Werkstatt. Um möglichst grosse Intervalle für die externe Wartung zu erreichen, ist angestrebt, halbjährlich eine zusätzliche Entkeimung vor Ort (*Recovery Cleaning*) mit Wasserstoffperoxid durchzuführen.

#### FAZIT

Die neuen Anlagen und die komplett erneuerte Steuerung sind seit März 2018 in Betrieb, funktionieren einwandfrei und haben den Härtestest mit grossen Aufbereitungsmengen in der Hitzeperiode Juli/August 2018 bestanden. Sollte es in Zukunft Probleme mit abnehmender Quellschüttung geben, können mit der neuen Ultrafiltration auch die heute wegen der stärkeren Verkeimung meist abgehängten Quellen 2 und 3 dauerhaft genutzt werden. Lauwil ist durch reichliche Karstwasserreserven begünstigt. Das eigene Trinkwasser geniesst im Dorf einen hohen emotionalen Stellenwert. Die gesamten Ausbauten und Erneuerungen sichern mit einer hohen Investition von fast 1000 Franken pro Einwohner die autonome Wasserversorgung der Gemeinde für eine Generation.

#### BIBLIOGRAPHIE

[1] Buxtorf, A.; Christ, P.; Elber, R. (1936): *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blätter Laufen, Erschwil, Bretzwil, Mümliswil (Atlasblatt 3). Erläuterungen. Geol. Komm. Schweiz. Naturforsch.*

Ges: 45 p.

- [2] Mosimann, T. (2015): *Erdreich. Eine Reise durch die Böden des Kantons Basel-Landschaft und seiner Nachbargebiete. Liestal, 416 p.*
- [3] Auckenthaler, A.; Affolter, A. (2006): *Sampling strategy for Karst Waters. Mitt. Lebensm. Hyg. 97: p. 499–514*
- [4] Geotechnisches Institut (2005, 2016): *Gemeinden Lauwil/Reigoldswil, Bürtengrabenquellen. Schutzzonenausscheidung nach Methode EPIK mit Aktualisierung des Konfliktplanes. Bericht 10 p. und 8 Beilagen*
- [5] Bauer, M.; Selg, M. (2006): *Altersstruktur und mittlere Verweilzeit im Grundwasser des Blautopfs und anderer Quellen und Brunnen im Oberjura-Karst Süddeutschlands. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten C98, Tübingen, p. 17–44*
- [6] Scheiwiler, S.; Figura, S.; Hoehn, E.; Haldimann, P. (2013): *Klimaänderung und Karstquellenertrag. Zeitreihenanalyse des Ertrags der Pertusio-Quelle T1 und Ursprung-Quelle NW. Aqua & Gas 7/8, p. 14–20*
- [7] Besmer, M.; Hammes, F. (2016): *Trinkwasser aus Karstgebieten und mikrobiologische Trinkwassersicherheit. Regionale Wasserversorgung Basel-Landschaft 21, Teilprojekt 1, Liestal – Dübendorf, 114 p.*
- [8] Sutter Ingenieur- und Planungsbüro AG (2016): *Wasserversorgung der Gemeinde Lauwil. Wasseraufbereitung Reservoir Engiberg (Bürtengrabenquellen). Optimierungsvorschläge mit Kostenanfragen. Liestal, 14 p.*
- [9] Hartmann, P. (2010): *Membrantechnologie. Erfahrungen – schweiz- und weltweit. GWA 1, p. 11–17*
- [10] Strecker, D. (2015): *Ultrafiltrationsanlage ohne Einsatz von Chemikalienrückspülung. Aqua & Gas 9, p. 56–59*
- [11] Dessimoz, J.-J.; Bonvin, F.; Hugo, V. (2017): *Wasseraufbereitung mit Inline-Mikrokoagulation in La Sagne. Aqua & Gas 6, p. 108–112*
- [12] Auckenthaler, A.; von Gunten, U. (2016): *Regionale Wasserversorgung Basel-Landschaft 21. Gesamtsynthese. Liestal-Dübendorf, 60 p.*
- [13] Sutter Ingenieur- und Planungsbüro AG (2017): *Bauprojekt Wasseraufbereitung Reservoir Engiberg (Bürtengrabenquellen). Technischer Bericht. Liestal, 10 p.*

**WASSER ▼ BODEN ▼ LUFT**  
Analytische Untersuchungen und beratende Leistungen

**envilab**

ANALYTIK AUS LEIDENSCHAFT

ENVILAB AG  
Mühlethalstrasse 25, 4800 Zofingen  
T 062 745 70 50, www.envilab.ch