

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Wasserressourcen auf alpinen Schutzhütten

Anhang

im Auftrag von Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Kofinanzierung des Projekts durch den Deutschen Alpenverein, Österreichischer Alpenverein, Alpenverein Südtirol, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Land Salzburg, Land Tirol und Land Oberösterreich

Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Krause

Dr.-Ing. Lisa Broß M.Sc.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Schaum

Universität der Bundeswehr München

Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Werner-Heisenberg-Weg 39

85577 Neubiberg

PD DI Dr. Reinhard Perfler

Dipl.-Ing. Christoph Schönher

Dipl.-Ing. Philipp Proksch

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)

Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG)

Muthgasse 18

1190 Wien

Danksagung

Die Autoren der vorliegenden Handlungsempfehlungen bedanken sich bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, dem Deutschen Alpenverein, dem Österreichischen Alpenverein, dem Alpenverein Südtirol, dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus sowie den Ländern Salzburg, Tirol und Oberösterreich für die finanzielle Förderung des Projektes und die gewährte Unterstützung bei der Projektbearbeitung.

Besonderer Dank gilt allen Mitgliedern des Projektbegleitkreises für die fachliche Unterstützung, die offenen Diskussionen im Rahmen der Projekttreffen und die Hilfe bei der Beschaffung von Informationen und Daten zum Betrieb der Schutzhütten.

An dieser Stelle soll das Engagement von Dr. Ludwig Walters und Hansjörg Wiesböck bei der Begehung von Hütten zur Datenerhebung sowie bei der Planung und Durchführung von Probenahmekampagnen herausgehoben werden. Auch Winfried Kunrath gebührt besonderer Dank für die intensive Diskussion, die Bereitstellung von Bildmaterial und das gewissenhafte Korrekturlesen während der Fertigstellung der Handlungsempfehlungen.

Ohne sie namentlich zu nennen, sei auch allen Sektionen und Hüttenbetreibern gedankt, die die erfolgreiche Bearbeitung des Projektes durch die Bereitstellung von Daten zum Betrieb und zur Technik ihrer Hütten überhaupt erst ermöglicht haben.

Für ihre Beiträge zum Projekt im Rahmen ihrer Abschluss- und Seminararbeiten soll auch den Studierenden Imke Grätz, Michael Mayerl und Christian Hoos gedankt werden.

Den Firmen Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH, HTI Gienger, Wasser in Bayern GmbH & Co. KG, Ingenieurbüro Dr. Borho, Technisches Büro Gunnar Amor, TB Klinger – Kulturtechnik GmbH und dem Ingenieurbüro Dr.-Ing. Dieter Schreff danken die Autoren für die fachliche Diskussion sowie für die Bereitstellung von Informationen und Bildmaterial.

Vorbemerkungen

Das vorliegende Dokument enthält Informationen, die über die Ausführungen in den Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Wasserressourcen auf alpinen Schutzhütten hinausgehen. Sie dienen einerseits als Ergänzung, andererseits beschreiben sie die Methodik und die Datenbasis, die für die Ausarbeitung der vorliegenden Empfehlungen verwendet wurden.

Inhaltsverzeichnis

1	Akteure und Aufgaben in der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten	0
1.1	Der Hüttenwirt bzw. Pächter der Hütte	0
1.2	Der Hüttenwart	0
1.3	Die Sektion	1
1.4	Die Alpenvereine	1
1.5	Die Behörden	1
1.6	Übersicht der Verantwortlichkeiten	2
2	Erfassung des Ist-Zustands	5
2.1	Methodik zur Erfassung des Ist-Zustands	5
2.2	Erkenntnisse zum Istzustand	10
2.2.1	Die verfügbaren Wassermengen nehmen ab	10
2.2.2	... und reichen nicht mehr bis zum Ende der Saison	10
2.2.3	... und reichen an einzelnen Tagen nicht für die Bedarfsdeckung aus ...	10
2.3	Die Wasserqualität... ..	11
2.3.1	... des Rohwassers entspricht nicht den Anforderungen	11
2.3.2	... des Wassers in der Wasserversorgungsanlage oder nach Entnahme in der Hausinstallation erfüllt nicht die Anforderungen	11
2.3.3	... führt trotz Vorfiltration zu einer Störung der UV-Anlage	12
2.4	Wasserbedarf	12
2.4.1	Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf von alpinen Schutzhütten	12
2.5	Verwendete Datengrundlagen	15
2.5.1	Daten von Hütten und Sektionen	15
2.5.2	Informationen zum Nutzerverhalten	15

2.5.3	Ergänzende Literaturangaben.....	16
2.6	Ergebnisse der Datenauswertung zum Wasserbedarf	20
2.6.1	Zeitliche Variation des Wasserbedarfs	20
2.6.2	Einzelverbräuche der Nutzergruppen.....	20
3	Dokumentation des Baus einer Quelfassung.....	23
4	Untersuchungen zur mikrobiologischen Wasserqualität	26
4.1	Zielsetzung	26
4.2	Vorgehensweise	26
4.3	Ergebnisse.....	28
4.3.1	Hütte E.....	28
4.3.2	Hütte F.....	31
4.3.3	Hütte G	34
4.3.4	Hütte H	37
4.3.5	Hütte I.....	40
4.3.6	Hütte J.....	43
4.3.7	Hütte K.....	46
4.3.8	Hütte L.....	49
4.3.9	Hütte M.....	52
4.4	Kontinuierliche Beprobungen	55
4.5	Zusammenfassung	58
5	Literaturverzeichnis	60

1 Akteure und Aufgaben in der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten

Für eine sichere Wasserversorgung auf alpinen Schutzhütten ist bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb die Zusammenarbeit verschiedener Akteure erforderlich. In manchen Fällen werden mehrere Aufgaben von einer einzelnen Person übernommen. Zur Stärkung des Bewusstseins für die vielfältigen Aufgaben sowie die Erwartungen an die Akteure und zur Förderung der Zusammenarbeit werden die möglichen Akteure und deren Aufgaben im Folgenden erläutert.

1.1 Der Hüttenwirt bzw. Pächter der Hütte

Der Hüttenwirt ist in Deutschland, Österreich und Südtirol der Pächter einer Schutzhütte. Er schließt mit dem Eigentümer der Hütte einen Pachtvertrag ab und ist für den Betrieb der Hütte zuständig. Als Eigentümer fungieren in der Regel die Sektionen der alpinen Vereine (z.B. der Deutsche Alpenverein [DAV], der Österreichische Alpenverein [ÖAV] und der Alpenverein Südtirol [AVS]).

Für die Umsetzung der rechtlichen Anforderungen sind der Hüttenwirt (Bewirtschafter) sowie der Eigentümer der Schutzhütte (Sektion) bzw. der Eigentümer der saisonal bewirtschafteten Alm und der Bewirtschafter (Almbewirtschafter) verantwortlich. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Verantwortlichen ist unverzichtbar.

Als Betreiber der Wasserversorgungsanlage hat der Hüttenwirt gemäß Trinkwasserverordnung die Bringschuld für das Beauftragen und Abwickeln der Trinkwasseruntersuchung. Die Untersuchung und Begutachtung im Rahmen der Eigenkontrolle gemäß Trinkwasserverordnung ist von Untersuchungsanstalten oder berechtigten Personen durchführen zu lassen (LMSVG, TrinkwV). Dies umfasst auch die Durchführung einer Sichtkontrolle der Anlage.

Die jeweils aktuelle Liste der Gutachterinnen und Gutachter gemäß § 73 LMSVG findet sich auf der Homepage des Bundesministeriums für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK) unter:

https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/trinkwasser/Untersuchung_und_Begutachtung.html

1.2 Der Hüttenwart

Der Hüttenwart fungiert als Bindeglied zwischen den Pächtern der Schutzhütte (Hüttenwirten) und der Sektion als Eigentümerin der Hütte. Er ist somit Ansprechpartner sowohl für den Hüttenwirt, als auch für die jeweils zuständige Sektion. Der Hüttenwart weist den Pächter (Hüttenwirt) in die Technik und die Besonderheiten der Hütte ein. Des Weiteren unterstützt der Hüttenwart den Pächter bei der Inbetriebnahme der Hütte.

Bei anstehenden Bau- und Sanierungsmaßnahmen oder sonstigen Investitionen bespricht der Hüttenwirt diese in der Regel zunächst mit dem Hüttenwart, der diese dann im Sektionsvorstand vorbringt. Baumaßnahmen werden meist durch den Hüttenwart

koordiniert. Durch ihn wird auch die Finanzplanung überwacht und die Hütte regelmäßig begangen.

In der Regel ist der Hüttenwart ein ehrenamtlich tätiger Funktionär. Der Hüttenwart wird je nach Satzung der Sektion gewählt oder bestimmt, er kann Mitglied des Vereinsvorstands der zuständigen Sektion sein. Er vertritt die Interessen der Sektion im Zusammenhang mit Bau und Betrieb der Trinkwasserversorgung, sichert die Einhaltung der behördlichen Auflagen sowie der Hüttenordnung der alpinen Vereine.

1.3 Die Sektion

Die Sektionen der Alpenvereine sind rechtlich selbständige gemeinnützige Vereine. Sie sind in der Regel Eigentümer der Hütten und gemeinsam mit dem Hüttenwirt für die Umsetzung des Hygienerechts verantwortlich.

1.4 Die Alpenvereine

Die Alpenvereine führen in Zusammenarbeit mit dem Dachverband Salzburger Wasserversorger (DSWV), dem OÖ Wasser Genossenschaftsverband eGen (OÖ Wasser), der Abt. Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung und der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) jährlich Schulungen im Rahmen eines Hüttentechnikseminars durch. Die Teilnahme an diesen Schulungen dient unter anderem dem Erfüllen der Anforderungen in § 5 Ziffer 1 der Österreichischen Trinkwasserverordnung (Wartung und Instandhaltung durch fachgerecht geschulte Personen, dokumentiert durch entsprechende Schulungsnachweise). In den Hüttentechnikseminaren werden u.a. verschiedene Aspekte der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung gelehrt. In zahlreichen anlagenspezifischen Bescheiden wird die Teilnahme an diesen oder gleichwertigen Schulungen als Auflage verbindlich festgelegt.

1.5 Die Behörden

Den Wasser(rechts)behörden obliegt in Deutschland und in Österreich der Vollzug der wasserrechtlichen Bestimmungen. Die Wasserrechtsbehörden sind u.a. für die Kontrolle von Maßnahmen zur Überwachung der baulichen Anlagen zuständig. Nachweise über die Qualität des Trinkwassers werden von den Gesundheitsbehörden kontrolliert bzw. von der lt. Österr. Trinkwasserverordnung zuständigen Behörde (Landeshauptmann).

Die Behörden werden beim Erfüllen ihrer gesetzlichen Aufgaben insbesondere von Amtssachverständigen der relevanten Fachgebiete unterstützt. Im Zuge der behördlichen Tätigkeit können auch Revisionen und Probeziehungen durchgeführt werden und Beratungen angeboten werden.

1.6 Übersicht der Verantwortlichkeiten

Akteur	Bei der Grundlagentermittlung ...	Bei der Planung ...	Beim Bau von WVA ...	Beim Betrieb ...
... hat der Hüttenwirt die Aufgabe	Planungsdaten (z.B. Wasserverbrauch, Gästezahlen) zu erfassen die Betriebssituation und Betriebsabläufe darzustellen	als Ansprechpartner vor Ort den Planer zu unterstützen	Zu beobachten, um die Anlage kennen zu lernen. Nicht jedoch die Durchführung einer Bauaufsicht oder das Treffen von Entscheidungen.	einen sicheren, konsens- und gesetzeskonformen Betrieb der WVA zu gewährleisten ein Betriebstagebuch zu führen und Berichte an die Behörde zu übermitteln
... hat der Hüttenwart die Aufgabe	dem Hüttenwirt vorzugeben, welche Daten für die Planungen zu erheben sind. Voraussetzungen für die Datenerhebung (z.B. Einbau von Datenloggern) zu schaffen. Mit den Behörden Vorabstimmungen durchzuführen.	als unmittelbarer Ansprechpartner und Bauherrnvertreter den Planer zu unterstützen. die Umsetzung der Planungsziele gemeinsam mit dem Planer und dem Hüttenwirt zu erarbeiten	Den Bau als Bauherrnvertreter zu begleiten und als Ansprechpartner für den Planer zu unterstützen Sofern der Vorstand ihn dazu ermächtigt, ist er berechtigt (in Abstimmung mit dem Planer) Entscheidungen zu treffen.	den Hüttenwirt bzgl. eines sicheren, gesetzeskonformen und anlagenschonenden Betriebs zu informieren und zu unterstützen. Nötige Erhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an der Anlage zu erkennen und für deren Umsetzung zu sorgen. gemäß gesetzlicher/bescheidmäßiger Vorgaben, welche sich an die Sektion richten, an die Behörde zu berichten.
... hat die Sektion die Aufgabe	Den Rahmen für die Baumaßnahmen vorzugeben. Planungsleistungen zu vergeben.	Den Umfang der Planungen sowie das Planungsziel zu definieren. Die Finanzierung sicherzustellen.	Den Bauauftrag zu erteilen und den Baufortschritt zu verfolgen. Die laufenden Zahlungen sicherzustellen.	Den Rahmen für die Betriebsführung vorzugeben. Wartungsverträge abzuschließen.

Akteur	Bei der Grundlagentermittlung ...	Bei der Planung ...	Beim Bau von WVA ...	Beim Betrieb ...
... hat der Alpenverein die Aufgabe	Die allgemeinen Standards vorzugeben. Erfahrungen aus anderen Projekten zur Verfügung zu stellen. Wissen z.B. durch Veranstaltungen oder Seminare weiterzugeben.	Die Sektion durch Wissen aus anderen Projekten zu unterstützen	bei der Finanzierung zu unterstützen, z.B. durch die Vermittlung verschiedener Förderöpfe.	Veranstaltungen zum Erfahrungsaustausch und zur Ausbildung zu organisieren
... hat das Planungsbüro die Aufgabe	den Umfang der Grundlagenerhebung vorzugeben. Erhobene Grundlagen auf Schlüssigkeit zu prüfen. Ortsbegehungen bzw. Erhebungen gemeinsam mit Hüttenwart/-wirt durchzuführen. Mit den Behörden die Grundlagen vorabzustimmen.	Die Unterlagen für die Einreichung bzgl. Wasserrecht und Förderung auszuarbeiten Sicherstellung der Einhaltung der spezifischen Anforderungen in Gesetzen und Verordnungen sowie der Einhaltung der a.a.R.d.T. bzw. des Standes der Technik	Ausschreibungsunterlagen zu erstellen und die Vergabeverfahren für erforderliche Leistungen abzuwickeln Die Bauleitung zu übernehmen und die örtliche Bauaufsicht zu gewährleisten	Den Hüttenwirt idealerweise gemeinsam mit dem Hüttenwart bzgl. des Betriebs anzuleiten für die konkrete Anlage übersichtliche, umfassende Bestandsunterlagen und Betriebsanleitungen zu erstellen.
die Behörden (inkl. beizuziehender Sachverständiger) und Förderstelle(n)	stehen für Abstimmungsgespräche zur Verfügung	prüfen die Einreichunterlagen, erteilen gegebenenfalls Verbesserungsaufträge, erlassen Bewilligungsbescheide inkl. erforderlicher Auflagen	führen nach Baufertigstellung Kollaudierung durch; Förderstellen zahlen zugesicherte Mittel auf Basis von Leistungsnachweisen aus	prüfen, ob Bescheidauflagen sowie allgemeine rechtliche Vorgaben und Förderungsbedingungen eingehalten werden.



2 Erfassung des Ist-Zustands

2.1 Methodik zur Erfassung des Ist-Zustands

Das Projekt HaWalpS verfolgt das Ziel der Ableitung von Handlungsempfehlungen für den nachhaltigen Umgang mit Wasserressourcen auf alpinen Schutzhütten. Der Fokus der Hüttenbegehungen lag daher auf der Identifikation von geeigneten Lösungsansätzen für relevante und häufig auftretende Probleme.

Der Hüttenbericht aus dem Projekt IEVEBS umfasst vielfältige Daten von 100 Hütten. Das Projekt IEVEBS hatte zum Ziel, die Situation der Schutzhütten aufzuzeigen und die Hütten zu charakterisieren. Weitere Datensätze mit Grundmerkmalen der Hütten wurden durch den DAV (201 Hütten) sowie den AVS (12) Hütten bereitgestellt. Für das Projekt HaWalpS relevante Daten wurden als Projektgrundlage ausgewertet. Hierbei wurden insbesondere Daten mit Bezug zu Wasserbedarf und Wasserverfügbarkeit ausgewertet.

Die Datenauswertung zeigte, dass der Wasserbedarf bei Hütten geringer ist, wenn angegeben wurde, dass die verfügbare Wassermenge knapp bzw. nicht ausreichend ist. Entsprechend ist der Wasserbedarf höher, wenn ausreichend Wasserressourcen verfügbar sind. Darüber hinaus konnten die für das Forschungsprojekt HaWalpS relevanten Fragestellungen mit dem IEVEBS Datensatz nicht beantwortet werden. Gesonderte Begehungen von gezielt ausgewählten Hütten waren somit notwendig.

Um die für die Beantwortung der Projektfragestellung relevanten Hütten zu identifizieren, wurde ein Projektworkshop durchgeführt. Ziel des Workshops war es, die relevanten Probleme der Hütten bei der Wasserversorgung zu identifizieren sowie zugleich Hütten mit diesen Problemen und mögliche Lösungsansätze zu erfassen. Im Rahmen des Workshops wurden zwei Methoden zur Teilnehmerbeteiligung angewandt. Die individuelle Einschätzung wurde durch quantitative messbare Meinungsäußerung anhand Klebepunkten an Themenpostern abgefragt. In drei World Café Diskussionsrunden tauschten sich die Teilnehmenden zu den Fragestellungen der qualitativen und quantitativen Probleme auf Hütten sowie der Gästekommunikation aus.

Abbildung 2-1 zeigt die Ergebnisse der Meinungsabfrage. Die auftretenden Probleme liegen insbesondere in der verfügbaren Wassermenge sowie im Bereich der Wasserqualität. Hierbei ist sowohl die Begrenzung der Wassermenge aufgrund von natürlichen Gegebenheiten als auch die Kapazität der vorhandenen Speicherbehälter Ursache für Herausforderungen bei der Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten.

Welche Probleme treten auf?

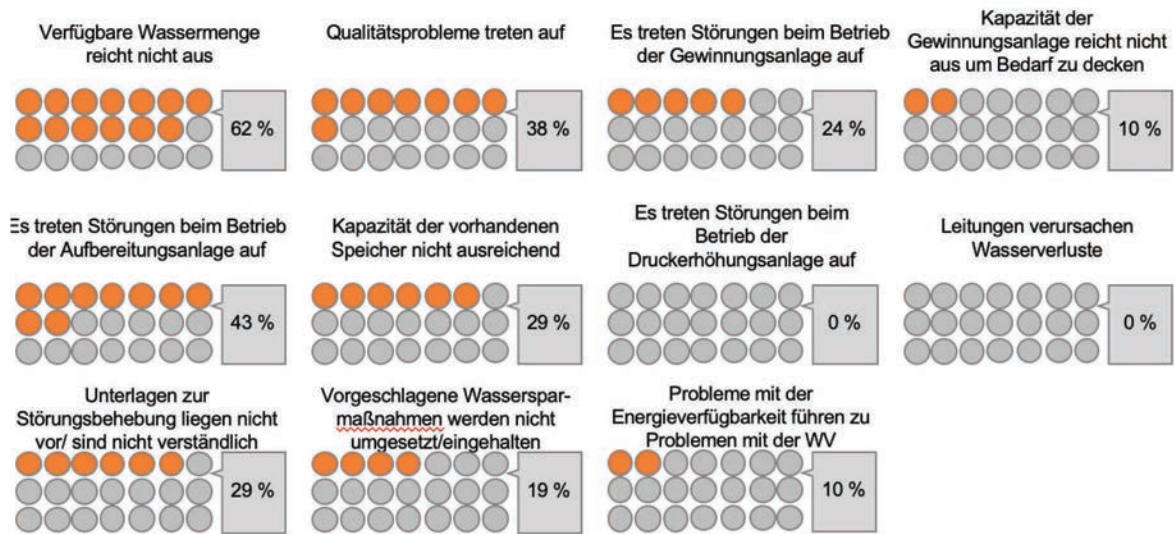


Abbildung 2-1: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Welche Probleme treten auf?“

Die Abbildung 2-2 verdeutlicht die bereits zum Einsatz kommenden Lösungsmöglichkeiten bei Qualitäts- oder Quantitätsproblemen. Insbesondere Einschränkungen der Wassernutzungen sowie die Nutzung von Trockentoiletten werden zur Reduktion des Wasserbedarfs umgesetzt. Sofern möglich, werden zusätzliche Rohwasservorkommen erschlossen oder zusätzliche/größere Speicher gebaut.

Welche Lösungsmöglichkeiten nutzen Sie bei Qualitäts- oder Quantitätsproblemen?

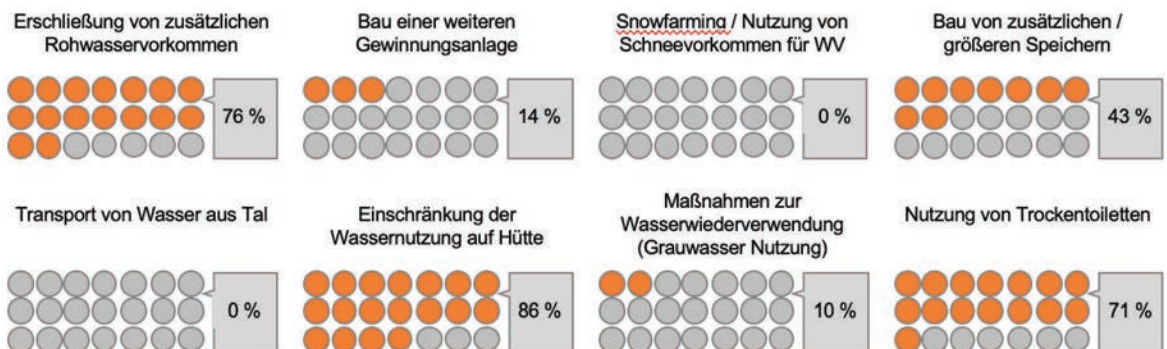


Abbildung 2-2: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Welche Lösungsmöglichkeiten nutzen Sie bei Qualitäts- oder Quantitätsproblemen?“

Als Grundlage für die Erarbeitung der Handlungsempfehlung wurden die Teilnehmer nach ihren Wünschen hinsichtlich weiterer Unterstützung gefragt. Es zeigt sich, dass insbesondere technische Lösungsmöglichkeiten und Wassersparmaßnahmen sowie Notfallmanagement und Informationsmaterial für Hüttengäste von Interesse ist (Abbildung 2-3). Dies

wurde bei der weiteren Projektbearbeitung berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in die vorliegenden Handlungsempfehlungen eingeflossen.

Wobei wünschen Sie sich weitere Unterstützung zum Thema Wasserversorgung?

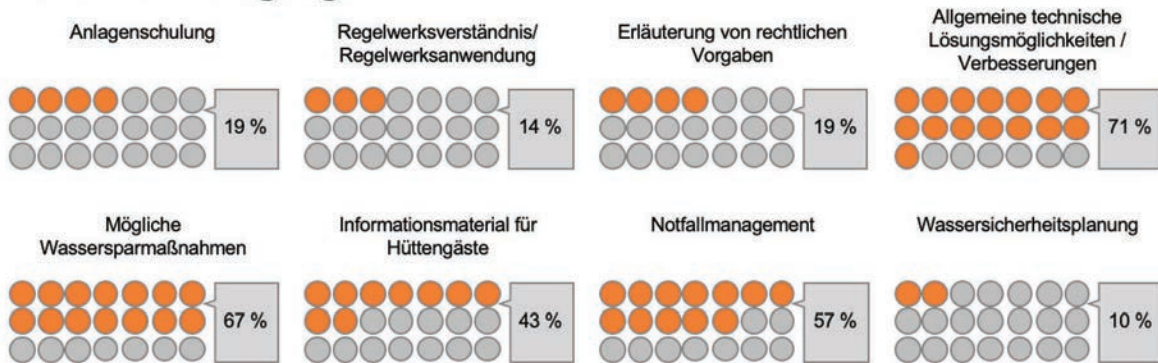


Abbildung 2-3: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Wobei wünschen Sie sich weitere Unterstützung zum Thema Wasserversorgung?“

Mögliche Quellen für Informationen zur Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten stellen nach Meinung der Teilnehmenden insbesondere die Veranstaltungen der Alpenvereine (Hüttenfachsymposium und Hüttentechnikseminar) der Austausch mit anderen Hüttenbetreibern sowie das Betriebshandbuch der Anlage dar.

Worüber beziehen Sie Informationen zur Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten?

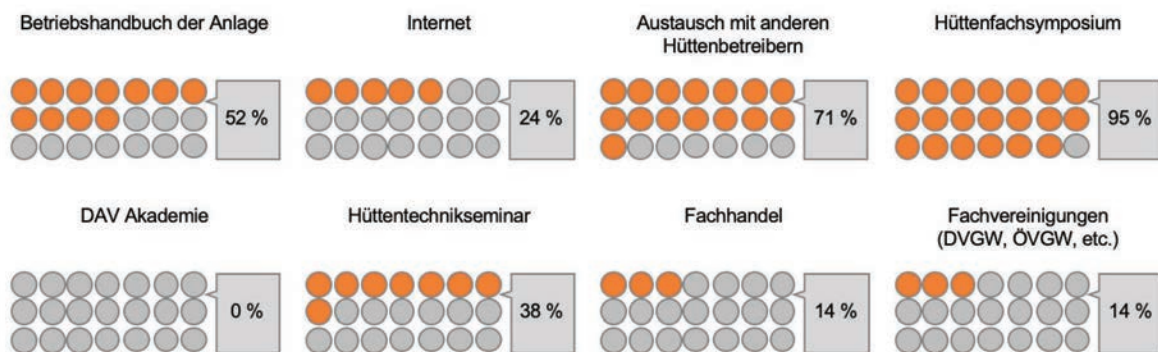


Abbildung 2-4: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Worüber beziehen Sie Informationen zur Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten?“

Vertiefende Einblicke in die Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze bei der Wasserversorgung wurden durch die Diskussionsrunden im Rahmen des World Cafés möglich. Hierbei wurde deutlich, dass insbesondere Probleme durch unzureichende Wasserverfügbarkeit zunehmen. Mögliche Ursachen hierfür sind die rückgängigen Gletschermengen. Zudem nehmen die verfügbaren Wassermengen im Laufe der Saison ab. Aus der abnehmenden Wasserverfügbarkeit resultieren auch Probleme bei der Abwasserbehandlung, da hierfür eine gewisse Mindestwassermenge benötigt wird, sodass das konsequente Einsparen von Trinkwasser nur begrenzt möglich ist.

Die Diskussionen im Bereich „Wasserqualität und Hygieneprobleme“ verdeutlichen, dass die Probleme sowohl innerhalb als auch außerhalb der Hütten auftreten. Es sind folglich sowohl Aspekte der Rohwasserqualität als auch der Wasserverteilung von Relevanz. Die Wasserqualität außerhalb der Hütten wird zum einen durch Starkregenereignisse als auch Trockenphasen beeinflusst. Der Einsatz von Kunstdünger bei Pistenbegrünungen sowie menschliche oder tierische fäkale Ausscheidung führen ebenfalls zur Beeinträchtigung der Wasserqualität. Ergänzend wurde durch die Teilnehmenden erwähnt, dass die saisonbedingte In- und Außerbetriebnahme von Leitungen und Anlagen zu Problemen mit der Wasserqualität führen kann.



Das World Café diente neben der Identifizierung von Problemen auch zur Diskussion von geeigneten Kommunikationswegen für den Transfer der Projektergebnisse. Die Ergebnisse dieser Diskussionsrunden bestätigen das bei der Meinungsabfrage entstandene Bild (Abbildung 2-4). Die Zielgruppen der Handlungsempfehlungen sind insbesondere die Hüttenwirte und -warte, sowie teilweise Planer und Gäste. Generell werden Kombinationen der Kommunikationsformen gewünscht. Insbesondere sind dies Schulungen, Handbücher, Checklisten sowie Aushänge. Die Projektergebnisse werden daher als knapp gefasste, zielorientierte Informationen mit Checklisten erarbeitet. Ergänzend werden Beispiele für Hüttenaushänge als Gästeinformationen erarbeitet.

- Schachenhaus
- Waltenberger Haus
- Wankhaus
- Weilheimer Hütte

Im Rahmen der Hüttenbegehungen wurden die wesentlichen Herausforderungen für die Wasserversorgung auf alpinen Hütten vertiefend betrachtet. Diese Herausforderungen werden im Folgenden detailliert beschrieben..

2.2 Erkenntnisse zum Istzustand

2.2.1 Die verfügbaren Wassermengen nehmen ab ...

Infolge des Klimawandels kann es in Teilen der alpinen Region immer trockener werden, was sich direkt auf die für Schutzhütten verfügbaren Wasserressourcen auswirkt. Bereits heute sind einige alpine Schutzhütten mit zeitweisem Wassermangel konfrontiert und müssen für die Versorgung mit Trinkwasser einen immer höheren Aufwand betreiben. Dabei ist von Bedeutung, dass Störungen der Trinkwasserversorgung auch erhebliche Auswirkungen auf die hygienische Sicherheit des Hüttenbetriebes haben können.

2.2.2 ... und reichen nicht mehr bis zum Ende der Saison

Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich u.a. an den zurückgehenden Gletschern und in einigen Regionen am Rückgang der Niederschläge, vor allem im Sommer. Der Betrieb von alpinen Schutzhütten erfolgt in der Regel jedoch hauptsächlich in den Sommermonaten. Die räumliche und zeitlich ungleiche Verfügbarkeit von Wasserressourcen führt bereits heute zu Engpässen, da das verfügbare, gespeicherte Wasser nicht für den Betrieb bis zum Ende der Saison ausreicht. Als Folge der trockeneren und wärmeren Sommer bestehen dagegen sogar Bestrebungen, die Dauer der Saison zu verlängern.

Die möglichen Ursachen variieren insbesondere in Abhängigkeit von der genutzten Rohwasserart (z.B. Versiegen von Quellen) und der Struktur des Wasserversorgungssystems (z.B. unzureichende Speicherkapazität). Lösungsmöglichkeiten bestehen in der Reduktion des Wasserverbrauchs sowie in der Erhöhung der verfügbaren Wassermengen durch zusätzliche Rohwassererschließung oder Verwendung von verschiedenen Wasserqualitäten für Zwecke, die keine Trinkwasserqualität erfordern.

Wasserversorgungsanlagen, deren Rohwasser aus der Gletscherschmelze oder aus Fließgewässern gewonnen wird, die von der abnehmenden Pufferwirkung von Gletschern abhängig sind, stehen vor der Herausforderung, dass weniger Wasser als vor einigen Jahren verfügbar ist. Aufgrund der fehlenden Aussicht auf eine positive Veränderung der Rahmenbedingungen, werden andere Lösungen zur Rohwassergewinnung benötigt.

2.2.3 ... und reichen an einzelnen Tagen nicht für die Bedarfsdeckung aus

An Tagen mit erhöhten Gästezahlen und hohen Temperaturen kann es zu einem Spitzentagesbedarf kommen, der die vorhandenen Wassermengen übersteigt. Infolge dessen leeren sich die Speichervolumina und die Sicherheit der Wasserversorgung wird gefährdet.

Die Ursache hierfür kann z.B. in einem temporär höheren Wasserbedarf durch erhöhtes Gästeaufkommen oder in einem höheren spezifischen Verbrauch liegen. Eine größere Anzahl an Gästen benötigt eine höhere Anzahl an Speisen und Getränken, führt mehr

Toilettengänge durch und nutzt häufiger die Waschräume. Bei hohen Temperaturen steigt der spezifische Wasserbedarf der Gäste, da diese häufiger die Wasch- und Duscmöglichkeiten aufsuchen werden.

Lösungsmöglichkeiten bestehen zum einen in der Reduzierung des Wasserverbrauchs z.B. durch Veränderung des Toilettensystems oder durch Nutzungseinschränkungen. Zum anderen kann die Erhöhung der verfügbaren Wassermenge durch Erschließung weiterer Rohwasservorkommen eine Lösungsmöglichkeit darstellen.

2.3 Die Wasserqualität...

Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel, das auch auf alpinen Hütten in hygienisch einwandfreier Qualität bereitgestellt werden muss. Aufgrund des hohen Standards der europäischen Wasserversorgung sind die Risiken von wasserbezogenen Gesundheitsgefahren bei der Bevölkerung und somit bei den Gästen in den Hintergrund getreten. Zum Schutz der Konsumenten sind europaweit einheitliche Trinkwasserqualitätsstandards festgesetzt, die auch für die Wasserversorgung auf alpinen Hütten gelten. Durch die besonderen Rahmenbedingungen ist jedoch der zu betreibende Aufwand zur Gewährleistung einer sicheren Wasserversorgung wesentlich höher als bei der zentralen Wasserversorgung im Tal. Die Herausforderungen mit Bezug auf die Wasserqualität umfassen sowohl die Rohwasserqualität als auch die Qualität des Wassers in der Wasserversorgungsanlage und Hausinstallationen.

2.3.1 ... des Rohwassers entspricht nicht den Anforderungen

Die Qualität des Rohwassers kann aufgrund von mikrobiologischen oder chemischen Verunreinigungen beeinträchtigt sein. Die Ursachen dieses Problems können vielfältig sein. Zur Gewährleistung von nachhaltigen Lösungen ist die Ursachenidentifikation unumgänglich.

Die Lösungsmöglichkeiten umfassen primär Maßnahmen im Einzugsgebiet. Sind diese Maßnahmen nicht zielführend, ist die Erschließung einer anderen Rohwasserquelle oder eine Aufbereitung des Wassers in Erwägung zu ziehen.

2.3.2 ... des Wassers in der Wasserversorgungsanlage oder nach Entnahme in der Hausinstallation erfüllt nicht die Anforderungen

Das in die Hütte eingespeiste Wasser erfüllt die Qualitätsanforderungen. Dies ist jedoch an einzelnen oder allen Entnahmestellen innerhalb der Hütte nicht der Fall. Verunreinigungen werden innerhalb der Hütte insbesondere durch undichte Leitungen oder Stagnation ggfs. in Kombination mit falscher Materialwahl und Installationsfehlern verursacht. Die Identifikation der Problemstelle(n) ist für die Sicherstellung der Wasserversorgung zwingend notwendig.

Die in den vorliegenden Handlungsempfehlungen aufgezeigten Lösungsmöglichkeiten umfassen insbesondere die Integration einer Aufbereitungsanlage sowie die Anpassung des Durchsatzes der UV-Anlage. Liegen die Ursachen der Beeinträchtigung in den Anlagenteilen nach der Aufbereitung, sind für deren Behebung die entsprechenden Technischen Regelwerke (z.B. DVGW, ÖVGW) heranzuziehen.

2.3.3 ... führt trotz Vorfiltration zu einer Störung der UV-Anlage

Trübstoffe im Wasser können durch eingeschwemmte Bodenbestandteile, Partikel aus dem Zerfall des Gesteins im Grundwasserleiter, Mikroorganismen sowie partikuläre Nährstoffe sein. Durch diese Trübstoffe kann das Wasser hygienisch belastet und das Wiederverkeimungspotential erhöht sein. Zudem kann die Desinfektionsleistung beeinträchtigt werden.

Eine zwingende Voraussetzung für den Einsatz von UV-Desinfektionsanlagen ist eine Vorfiltration. Jedoch kann die Desinfektionsleistung auch bei funktionstüchtiger Filtration beeinträchtigt werden, wenn das Wasser eine Färbung (z.B. aufgrund von Huminstoffen) aufweist. Mögliche Lösungen bestehen in der Abschlagung des Rohwassers (bei Quellen), Entfernung der Färbung durch den Einsatz von Pulveraktivkohle oder durch Flockung oder in der Anpassung des Betriebs von UV-Anlagen.

2.4 Wasserbedarf

Im Rahmen des Projektes wurde eine umfangreiche Recherche zum Wasserbedarf alpiner Schutzhütten durchgeführt. Im Folgenden werden die verwendete Methodik und die Ergebnisse der Datenauswertung vorgestellt. Kerngedanke des Vorgehens ist, dass der Wasserbedarf von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Daher waren diese parallel zu den Verbrauchsdaten zu erfassen bzw. abzuschätzen. Die Interpretation und Übertragung der Verbrauchsdaten muss dann die für die jeweilige Hütte geltenden Randbedingungen bzw. deren Veränderung berücksichtigen. Damit wird es möglich, die Auswirkungen bestimmter technischer Maßnahmen auf den Wasserbedarf möglichst exakt abschätzen zu können und eine Prognose für ein geändertes Gästeaufkommen vorzunehmen.

2.4.1 Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf von alpinen Schutzhütten

Grundsätzlich sind bei Betrachtungen zum Wasserbedarf von Schutzhütten die genannten Nutzergruppen mit ihrem jeweiligen Nutzverhalten und die vorhandene technische Ausstattung zu berücksichtigen. Die Tabelle 2-1 fasst die wesentlichen Determinanten des Wasserbedarfs zusammen.

Der Wasserbedarf einer Schutzhütte wird auch vom verfügbaren Wasserdargebot beeinflusst. Je geringer dieses ist, umso eher werden vom Betreiber wassersparende Maßnahmen (Zugangsbeschränkungen, Druckbegrenzung, Durchflussbegrenzung etc.) ergriffen. Dies erschwert den Vergleich von Daten verschiedener Hütten zusätzlich. Von den im Projekt erfassten 205 Hütten, zu denen entsprechende Daten vorlagen, gaben 169 Hütten an, dass sie nach eigener Einschätzung über ausreichend Wasserressourcen verfügen. Nur 23 Hütten gaben an, dass Ressourcenknappheit besteht, weitere 12 berichten davon, dass bereits heute das zur Verfügung stehende Wasserdargebot nicht ausreichend ist.

Die technische Infrastruktur der einzelnen Schutzhütten unterscheidet sich zum Teil sehr stark voneinander und beeinflusst die Höhe des täglichen Wasserverbrauchs wesentlich. Die Ausstattung der Küche (insbesondere die Spülmaschine und der Gläserspüler) und das gastronomische Angebot haben ebenfalls Einfluss auf die täglich verbrauchte Wassermenge.

Durch die Art des Toilettensystems (wasserlos oder Betrieb mit Brauchwasser oder Trinkwasser) und der Waschbereiche (technische Nutzungsbeschränkungen) sowie das

Vorhandensein von Duschen für die Gäste und das Personal wird die täglich verbrauchte Wassermenge sehr stark beeinflusst. Tabelle 2-2 zeigt die Varianz der benötigten Wassermenge in Abhängigkeit von der Art des Toilettensystems. Durch eine Reduzierung des spezifischen Verbrauchs pro Spülung kann die insgesamt verbrauchte Wassermenge bei gleichbleibendem Nutzerverhalten erheblich reduziert werden.

Die Wassermenge eines Duschgangs wird zudem durch eine Begrenzung der Nutzungszeit gesteuert. Wassersparmaßnahmen in den Waschräumen und Toilettensystemen ermöglichen ebenfalls eine deutliche Reduzierung der spezifischen Wassermenge, die für deren Nutzung benötigt wird.

Tabelle 2-1: Determinanten des Wasserbedarfs

Kategorie	Kennzahlen
Nutzergruppen	Tagesgäste, Übernachtungsgäste, Hüttenpersonal
Nutzungen	WC, Händewaschen, Duschen, Zubereitung von Speisen, Reinigung von Geschirr, Reinigung der Räumlichkeiten
Nutzerverhalten	Dauer des Aufenthaltes, Häufigkeit der einzelnen Nutzungen, Umfang und Breite des Speisenangebotes, Bewusstsein und Bereitschaft zum Wassersparen
Technik	Art der Sanitäranlagen insbesondere der Toiletten, Einsatz von Durchflussbegrenzern, Ersatz von Trinkwasser durch Brauchwasser für bestimmte Nutzungen
Ressourcenverfügbarkeit	Implementierung von Maßnahmen zum Wassersparen

Tabelle 2-2: Spezifische Wassermengen in Abhängigkeit des Toilettensystems bzw. der Dusche

	spezifischer Verbrauch	Quelle
WC mit Wasserspülung	6 l/Spülung	Neunteufel et al. (2010)
WC mit reduzierter Spülmenge	3 l/Spülung	Neunteufel et al. (2010)
Kompost- / Trockentoilette	0 l/Spülung	Fehr (2013)
Urinal mit Wasserspülung	4 l/Spülung	Flanagan und Randall (2018)
Urinal mit reduzierter Spülmenge	2 l/Spülung	Flanagan und Randall (2018)
wasserloses Urinal	0 l/Spülung	Fehr (2013)
Dusche wassersparend	7 l/min, 56 l /Dusche ¹⁾	Neunteufel et al. (2010)
Dusche normal	12 l/min, 96 l /Dusche ¹⁾	Neunteufel et al. (2010)
Dusche Komfort	14 l/min, 112 l /Dusche ¹⁾	Neunteufel et al. (2010)
1) bei durchschnittlicher Duschkdauer von 8 min.		

Weitere Einflussfaktoren auf den saisonalen Wasserverbrauch sind u.a. der Bewirtschaftungszeitraum, die Bewirtschaftungsdauer und saisonbedingte Spitzenbelastungen. Der Trinkwasserverbrauch wird zudem von einer ggfs. vorhandenen Brauchwassernutzung und von Maßnahmen der Wasserwiederverwendung beeinflusst.

Für die Analyse von Daten zum Wasserbedarf und eine mögliche Übertragung bzw. Extrapolation wird von folgendem Ansatz ausgegangen:

$$Q_d = q_{d,TG} \cdot TG + q_{d,NG} \cdot NG + q_{d,P} \cdot P \quad (1)$$

mit:

Q_d - gesamter täglicher Wasserbedarf der Hütte in l/d

q_d - spezifischer Wasserbedarf in l/d je Gast bzw. Personal

TG - Zahl der Tagesgäste je Tag

NG - Zahl der Nächtigungsgäste je Tag

P - Anzahl Hüttenpersonal je Tag

Im Wasserbedarf Q_P , der dem Personal zugeordnet ist, werden auch alle Verbräuche summiert, die als Grundaufwand unabhängig vom Gästeaufkommen interpretiert werden können. Dazu zählt z.B. der Aufwand für die Reinigung der Räume.

Die Auswertung der Daten erfolgte im Zuge einer multiplen linearen Regression mit dem Paket OriginPro der Firma OriginLab.

2.5 Verwendete Datengrundlagen

2.5.1 Daten von Hütten und Sektionen

Basierend auf den Erhebungen im Rahmen des Projektes „Integrale Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten - IEVEBS“ (Steinbacher et al. 2010) und Informationen der Alpenvereine wurde eine Liste mit 239 Hütten erstellt, von denen sich 228 in den im Projekt betrachteten Ländern Deutschland, Österreich und Südtirol befinden. Mit Unterstützung der Alpenvereine wurden die Hütten über die Sektionen kontaktiert, um Daten zum Wasserbedarf zu erhalten.

Für die statistische Auswertung lagen Datensätze von 66 Hütten in unterschiedlichem Umfang vor. Diese reichten von Daten über den Verlauf einer gesamten Saison mit stündlicher Auflösung des Wasserbedarfs und mit entsprechender Zahl an Gästen bis zu Datensätzen, in denen nur die Summe an Bedarf und Gästezahl für eine Saison vorlagen. Teilweise waren die Gästezahlen und Wasserbedarf unterschiedlich aggregiert, d.h. die Zahl der Gäste lag als Summer per Saison vor, während der Wasserbedarf tages- oder stundenweise dokumentiert wurde. Zum Teil wurde der Wasserbedarf auf ganze Kubikmeter pro Tag gerundet, was bei kleinen Hütten zu sehr großen Schwankungen bei der Berechnung eines personenbezogenen Tagesbedarfs führt.

Schwierigkeiten haben sich auch bei der tagesgenauen Zuordnung von Wasserbedarf und Gästezahlen ergeben. Oft war es nicht nachvollziehbar, ob sich die zum jeweiligen Datum angegebenen Gästezahlen auf die Anreisen an diesem Tag bezogen bzw. wann die Zählerstände zum Wasserbedarf abgelesen wurden, was bei kleinen Hütten wiederum zu sehr großen Schwankungen bei der Berechnung eines personenbezogenen Tagesbedarfs führt. Der Einfluss derartiger Unsicherheiten kann minimiert werden, wenn sowohl Wasserbedarf als auch Gästeaufkommen über einen größeren Zeitraum gemittelt werden.

Bei 35 Hütten wurden die technische Infrastruktur und soweit es möglich war auch der Wasserbedarf im Rahmen von Ortsterminen und Interviews erfasst.

In einer der Hütten wurde in der Saison 2019 eine einwöchige Erhebung des Nutzerverhaltens und des Wasserbedarfs vor Ort durchgeführt.

2.5.2 Informationen zum Nutzerverhalten

Um den gästespezifischen Wasserbedarfs ohne Duscharmöglichkeit abschätzen zu können, wurde das Nutzerverhalten auf einer exemplarischen Hütte erhoben. Dazu wurde eine Hütte ausgewählt, deren Infrastruktur eine differenzierte und detaillierte Erfassung der Nutzungen der Toiletten und Waschräume durch die Gäste ermöglichte. Im Zeitraum von 24. bis 29.09.2020 wurden auf der ausgewählten Hütte durch das HaWalpS Projektteam 102 Gäste, die Häufigkeit deren Toiletten- und Waschräumenutzungen und die verbrauchten Wassermengen erfasst.

Die Auswertung der Daten zeigt, dass die Tagesgäste im Schnitt 2,1-mal die Toilette und 1,7-mal die Waschräume nutzen. Aufgrund der längeren Aufenthaltsdauer nutzen die Nächtigungsgäste die Toiletten (4-mal) und Waschräume (6,4-mal) häufiger.

Tabelle 2-3: Durchschnittliche Nutzungen der Tages- und Nächtigungsgäste im Betrachtungszeitraum

Nutzung	Tagesgäste	Nächtigungsgäste
Toilette	2,0	4,0
Waschraum	1,7	6,4

2.5.3 Ergänzende Literaturangaben

Die Recherche zum spezifischen Wasserbedarf von alpinen Schutzhütten in deutschsprachigen, englischen und auch französischen Quellen hat bestätigt, dass derartige Informationen kaum erfasst und veröffentlicht werden. Die Suche nach entsprechenden Daten wurde daher im Laufe der Projektbearbeitung auf Erhebungen zum Abwasseranfall und zu spezifischen Verbräuchen aus den Bereichen Gastronomie und Beherbergung erweitert. Die folgenden Kapitel fassen die Ergebnisse der Recherche zusammen.

2.5.3.1 Literaturdaten zum Trinkwasserbedarf

Bei der Recherche nach Daten zum Trinkwasserbedarf auf Schutzhütten konnten folgende Angaben erhoben werden

Quelle	spezifischer Wasserbedarf (l/(Person · d))			
	ausschließl. Toilettenbenutzung	Tagesgast	Nächtigungsgast	Personal
(Maioni 2019)	8	15	40	75
(Amor 2020)	-	5-15	20-75	60-100

2.5.3.2 Wasserbedarf für den Bereich gastronomische Versorgung

Der vom gastronomischen Angebot der Schutzhütten verursachte (Warm-)Wasserbedarf hängt vom Umfang und der Art der angebotenen Speisen ab. Zur Orientierung können die Literaturangaben aus Tabelle 2-4 verwendet werden (Feurich 1997). Diese berücksichtigen unter dem Begriff „Komfort“ auch die technische Ausstattung der jeweiligen Einrichtung (Küche und Sanitäranlagen) sowie die Auslastung (Besetzung der Sitzplätze).

Tabelle 2-4: Wasserbedarf gastronomischer Einrichtungen (Feurich 1997)

		Bezugsgröße	niedriger Komfort	mittlerer Komfort	hoher Komfort
Speiseres- taurant	einfache Gerichte	E	8 l/d	10 l/d	15 l/d
	bis 3 Gänge	E	12 l/d	15 l/d	20 l/d
	4 und mehr Gänge	E	20 l/d	25 l/d	30 l/d
Gaststätte	Besetzung mäßig	S	10 l/d	15 l/d	25 l/d
	Besetzung mittel	S	20 l/d	25 l/d	35 l/d
	Besetzung stark	S	25 l/d	30 l/d	45 l/d
E – Angaben je bereitgestelltem Essen; S – Angaben je verfügbaren Sitzplatz					

In Bezug auf die hier betrachteten Schutzhütten kann wohl am ehesten von einer Vergleichbarkeit des Wasserbedarfs dieser Hütten mit den in Tabelle 2-4 grau hinterlegten Werten für einfache Speiserestaurants ausgegangen werden.

Im Bereich der Küchen besteht bezüglich des Wasserbedarfes ein erheblicher Unterschied zwischen gewerblichen Spülmaschinen und Haushaltsspülmaschine. Durch die Wiederverwendung des Spülwassers (Aufbereitung durch geräteinterne Filtration) für das Vorspülen können bis zu 50 % des Frischwasserbedarfes eingespart werden (MEIKO 2020). Dies muss bei einer Übertragung dieser Werte auf Schutzhütten bzw. bei der Auswertung von Hüttdaten berücksichtigt werden.

2.5.3.1 Daten zum Abwasseranfall

Die Quelle, die nach der vorliegenden Recherche am häufigsten als Planungsgrundlage verwendet und zitiert wird, ist das ÖWAV-Regelblatt 1 "Abwasserentsorgung im Gebirge" (ÖWAV 2000). Der Rückgriff auf dieses Regelblatt bestätigt nochmals, dass entsprechende Zahlen im Trinkwasserbereich nicht verfügbar zu sein scheinen. Allerdings sind im Rahmend des Vollzuges der abwasserechtlichen Vorschriften (BMLFUW 2006) Daten zum Abwasseranfall und auch zum Gästeaufkommen (Frequentierung) zu berichten (Abegglen 2004; Albold und Cordt 2009). Insbesondere zu den Hütten, die sich auf dem Gebiet Österreichs befinden, sollte theoretisch eine bessere Datenverfügbarkeit über die eingesetzten Q-Logger gegeben sein. Die messtechnische Erfassung dieser Daten erfolgt mit größter Wahrscheinlichkeit über den Frischwasserbezug, da dort herkömmliche Wasserzähler verwendet werden können, anstatt aufwändige induktive Durchflussmesser, wie sie für feststoffhaltige Abwässer erforderlich wären.

Das Regelblatt berücksichtigt ebenfalls die Abhängigkeit des erwarteten Abwasseranfalls, der zuvor als Trinkwasser und ggfs. Brauchwasser bereitgestellt werden muss, von den gegebenen Nutzerguppen und der technischen Ausstattung der betrachteten Anlage.

Tabelle 2-5: Determinanten des Wasserbedarfs nach ÖWAV RB 1

Typ	Sanitäre Ausstattung / Gebäudeart
1	Keine: Biwakschachteln, Jagdunterstände, vorübergehende Zeltlager und Kampierplätze etc. <u>ohne übliche Wasserversorgung</u> (Transport in Eimern etc.), Grauwasser ins Gelände, <u>Trockentoiletten</u> etc.
2	Gering: Wochenendhäuschen, Jagdhütten, Selbstversorgerhütten etc., meist <u>ohne Fließwasser im Haus, Trockentoilette</u>
3	Mäßig: Schutzhütten <u>mit Fließwasser in Küche</u> , besser ausgestattete Wochenendhäuschen, Wirtschaftsraum und Waschanlagen, <u>WC-Anlagen vorhanden, Dusche nur für Personal</u>
4	Mittel: Schutzhütten, einfache Wohngebäude, alle mit <u>ausreichender Wasserversorgung, Waschbecken, Duschen, Wasch- und Geschirrspülmaschinen, WC</u> etc.
5	Gut: Berghotels und Restaurants, dauernd bewohnte Militärobjekte und Stationen, Ferienappartements, Wohnhäuser etc. mit <u>üblicher guter Ausstattung bis hin zum Bad</u>
6	Sehr gut: Erste-Klasse-Restaurants und Hotels, Appartementshäuser mit <u>gehobener Ausstattung</u> etc. in Hoteldörfern, hochgelegenen Ferienorten etc.

Die im vorliegenden Projekt HaWalpS betrachteten Schutzhütten sind in der Regel den grau hinterlegten Typen 3 und 4 zuzuordnen (Schreff und Berger 2006). Daraus ergeben sich gemäß ÖWAV-Regelblatt 1 die in Tabelle 2-6 dargestellten spezifischen Wasserbedarfe, die ggfs. um den zur Toilettenspülung verwendeten Anteil an Brauchwasser reduziert werden können.

Tabelle 2-6: Richtwerte für den Schmutzwasseranfall in l/(P·d) nach ÖWAV RB 1

Gebäudetyp	1	2	3	4	5	6
sanitäre Ausstattung	keine	gering	mäßig	mittel	gut	sehr gut
ständige Bewohner	5-15	10-25	25-75	75-120	120-150	150-225
24-h-Gast	5-15	10-20	25-50	50-75	75-150	200-375
übernachtender Gast	3-15	10-15	20-40	40-60	75-125	125-300
Tagesgast/langer Aufenthalt	2-3	5-10	10-15	10-15	15-25	30-60
Tagesgast/kurzer Aufenthalt	1-2	2-5	5-10	5-15	10-20	25-50

Die im Regelblatt zur Kategorisierung der Nutzer verwendeten Begriffe können den im Projekt definierten Nutzergruppen wie folgt zugeordnet werden:

Tagesgast	= taglanger Aufenthalt
Nächtigungsgast	= übernachtender Gast
Personal	= ständiger Bewohner

Aus dieser Zuordnung Nutzer und der Gebäudetypen ergeben sich die in Tabelle 2-7 aufgeführten spezifischen Bedarfe.

Tabelle 2-7: Übertragung der Werte aus ÖWAV-RB 1 auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen

	spezifischer Wasserbedarf (l/(Person · d))		
Quelle	Tagesgast	Nächtigungsgast	Personal
(ÖWAV 2000)	10-15	20-60	25-120

Ohne eine Differenzierung nach den oben aufgeführten Kriterien (Ausstattung und Nutzergruppen) geht das ÖWAV-Regelblatt 1 gemäß Kapitel 3.8 von einem durchschnittlichen Abwasseranfall (Wasserbedarf) von 50 l/(P·d) aus.

Einen ähnlichen Bereich für den Abwasseranfall/Wasserbedarf von 50 – 70 l/(P·d) geben der Österreichische und der Deutsche Alpenverein in ihrem VADEMECUM 2015 - Rechtliche Rahmenbedingungen bei Schutzhütten der Kategorie I in Österreich an (Kapelari et al. 2015).

2.5.3.2 Informationen zur Zusammensetzung des Gästeaufkommens

Es wurde bereits dargelegt, dass die Prognose des Wasserbedarfs den spezifischen Wasserbedarf einzelner Nutzergruppen (Tages-, Nächtigungsgäste, Personal) und deren Anteil am Gästeaufkommen berücksichtigen muss. Daher wurde nicht nur versucht, den spezifischen Bedarf dieser Nutzergruppen abzuschätzen, sondern basierend auf den Erhebungen im Rahmen des Projektes IEVEBS auch analysiert, welchen Anteil diese Nutzergruppen am täglichen Gästeaufkommen haben.

Tabelle 2-8: Prozentuale Anteile der Gästegruppen (Daten aus IEVEBS)

	Tagesgast	Nächtigungsgast	Personal
mittlere Auslastung	63 (12-97)	31 (1-82)	6 (1-5)
maximale Auslastung	66 (11-95)	32 (4-87)	2 (1-6)

Es wird deutlich, dass sich die Hütten bezüglich der Zusammensetzung des Gästeaufkommens sehr stark unterscheiden. Dies unterstreicht erneut, dass es kaum möglich ist,

Verbrauchsdaten verschiedener Hütten ohne weitere Informationen miteinander zu vergleichen. Die Hütten, deren Daten zum Wasserbedarf ausgewertet wurden, können durch einen mittleren Anteil an Tagesgästen von 31 %, an Nächtigungsgästen von 53 % und an Personal von 8 % charakterisiert werden.

2.6 Ergebnisse der Datenauswertung zum Wasserbedarf

2.6.1 Zeitliche Variation des Wasserbedarfs

Als Grundlage für die Auslegung von Speichern und Aufbereitungsanlagen wurden aus den Daten soweit sie in entsprechender Qualität vorlagen, die Tages- und Stundenspitzenfaktoren ermittelt. Ergänzend wurden die Daten aus dem IEVEBS-Projekt ausgewertet und Informationen zu Verbrauchsgruppen ausgewertet, die mit den Schutzhütten vergleichbar sind (Tabelle 2-9).

Tabelle 2-9: Tages- und Stundenspitzenfaktoren nach DVGW W 410

Verbrauchergruppe/Gebäudeart	f_d	f_h
Schulen	1,7	7,5
Hotels	1,4	4,4
Landwirtschaftliche Anwesen	1,5	7,6
Gemischte Gewerbegebiete	1,8	5,6

Exemplarische Saison-, Wochen- und Tagesverläufe des Wasserbedarfs sind in Kapitel 3 der Handlungsempfehlungen dargestellt.

2.6.2 Einzelverbräuche der Nutzergruppen

Alle Angaben zum Wasserbedarf und zu den Gästezahlen wurden zunächst je Hütte analysiert. Soweit es die Zahl der Datensätze je Hütte zuließ, wurden versucht, über eine multiple lineare Regression die Werte für die spezifischen Bedarfe $q_{d,NG}$, $q_{d,TG}$ und $q_{d,P}$ zu ermitteln. Für die meisten Hütten führt diese Auswertung nicht zu statistisch signifikanten Ergebnissen.

Während für die Ermittlung von Tages- oder Stundenspitzenfaktoren eine möglichst tages- bzw. stundengenaue Auflösung der Daten verwendet werden sollte, ist es bei der Ermittlung mittlerer Werte für die spezifischen Tagesbedarfe der Nutzergruppen besser, sowohl Bedarf als auch Gästezahlen über einen längeren Zeitraum zu mitteln, um Unsicherheiten der tagesgenauen Zuordnung der Wertepaare zu kompensieren.

Mit einer gemeinsamen Auswertung aller Daten ohne eine Differenzierung nach Hütten und deren technischen Merkmalen konnten die in Tabelle 2-10 dargestellten Werte ermittelt werden. Diese können als statistisch signifikant angesehen werden. Der angegebene Fehler beschreibt den Vertrauensbereich mit einer Prognosesicherheit von 95 %.

Tabelle 2-10: Ermittelte spezifische Tagesbedarfe

	spezifischer Wasserbedarf q_d (l/(Person·d))		
	Tagesgäste $q_{d,TG}$	Nächtigungsgäste $q_{d,NG}$	Personal $q_{d,P}$
alle Datensätze (n = 2586)	13 ± 3	39 ± 3	121 ± 24

Je nach dem Verhältnis der Anzahlen an Tages- und Nächtigungsgästen ergibt sich mit den Werten aus Zeile b) ein mittlerer Bedarf von 24 l/d (ausschließlich Tagesgäste und Personal) bis 47 l/d (ausschließlich Nächtigungsgäste und Personal). Dabei wurde ein Anteil des Personals an der Zahl versorgter Personen von 10 % angenommen.

Tabelle 2-11: Übertragung der Literaturwerte auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen

Quelle	spezifischer Wasserbedarf q_d (l/(Person · d))			o. Differenzierung	
	TG	NG	P	mittl. Auslastung	max. Anteil NG ¹⁾
eigene Erhebungen	13	39	121	24 – 28	38
(Maioni 2019)	15	40	75	26	37
(Amor 2020)	5-15	20-75	60-100	13 – 39	66
(ÖWAV 2000)	10-15	20-60	25-120	14 – 35	54
(Feurich 1997)	8-20				
(Kapelari et al. 2015)				50 - 70	
¹⁾ Annahme: 82 % NG, 2 % Personal, 16 % TG plus max. spezif. Bedarfe					

Trotz aller Einschränkungen und Unsicherheiten kann aus Tabelle 2-11 entnommen werden, dass die im Rahmen des Projektes HaWalpS durchgeführten Erhebungen die bisher verwendeten Bemessungsgrundlagen zum spezifischen Wasserbedarf weitgehend bestätigen. Auch die Annahme der 3. AEVKA, dass ein Tagesgast äquivalent zu 1/3 Nächtigungsgast ist, wurde bestätigt.

Die größten Unsicherheiten bestehen, beim Wasserbedarf, der dem Personal zugeordnet wird. Dieser schließt neben dem persönlichen Bedarf der Mitarbeiter auch den Bedarf für Reinigungsarbeiten in der Hütte und ggfs. Spülungen an den Ver- und Entsorgungsanlagen ein und ist daher noch schwieriger zu erfassen. Allerdings relativiert sich diese Unsicherheit dadurch, dass der entstehende Bedarf im Vergleich zum Bedarf der Gäste sehr gering und daher für die Bemessung kaum relevant ist.

Neben der bisher praktizierten Bemessung nach der Zahl der Tages- und Nächtigungsgäste kann eine Abschätzung des Wasserbedarfs für Tagesgäste auch auf Basis der

abgegebenen Essen und den in Tabelle 2-4 markierten Werten oder nach der Zahl der Sitzplätze im gastronomischen Bereich und der jeweiligen Auslastung erfolgen.

Allerdings bestehen offenbar Probleme bei der Erfassung der für die Auswertung erforderlichen Gästezahlen. Aus den im Rahmen der Eigenüberwachung erstellten Berichten geht zum Teil hervor, dass die gemeldeten Gästezahlen mit den gemessenen Schmutzfrachten nicht übereinstimmen. Allgemein werden die gemeldeten Gästezahlen eher als zu gering betrachtet.

Daher wird allen Sektionen dringend empfohlen, weiterhin Daten zum Wasserbedarf inklusive der Kontextdaten zu erfassen. Diese Daten sollten dann nicht nur die Basis für eigene Planungen bilden, sondern auch den Alpenvereinen zur Verfügung gestellt werden. Diese Empfehlung deckt sich mit der Formulierung im ÖWAV Regelblatt 1: "Für die Ermittlung des spezifischen Abwasseranfalles ist es notwendig, den täglichen Wasserverbrauch und die Angabe der Zahl von Tages- und Nächtigungsgästen objektiv und möglichst lückenlos über mindestens eine Saison zu dokumentieren." (ÖWAV 2000).

3 Dokumentation des Baus einer Quellfassung

Die folgenden Abbildungen dokumentieren beispielhaft den Bau einer Anlage zum Fassen, Ableiten und Sammeln von Quellwasser unter den Bedingungen alpiner Schutzhütten. Das Bildmaterial wurde von Herrn Werner Klinger, TB Klinger – alpECON KULTUR-TECHNIK GmbH bereitgestellt.



Messung von Schüttung und Leitfähigkeit



vorsichtiges Nachgraben



Schalen des Betonriegels



Betonriegel ausgeschalt



Untere Abdichtung mit Lehm



Verlegen des Sickerrohes



Einbringen des Drainagekieses



Abdichtung mit Lehmdeckel



Stahleinlage für Betondeckel



Betondeckel



Verlegen der Ableitung zum Quellschacht



fertiger Quellschacht

4 Untersuchungen zur mikrobiologischen Wasserqualität

4.1 Zielsetzung

Da für eine nachhaltige Wasserversorgung nicht nur die mengenmäßige Verfügbarkeit des Wassers eine Rolle spielt, sondern auch dessen Qualität, sollten im Rahmen des Projektes Untersuchungen zur Qualität entlang der gesamten Versorgungskette durchgeführt werden. Anhand ausgewählter Hütten, für die neben hygienischen Untersuchungen eine Erhebung der Betriebsbedingungen, Mengenverfügbarkeiten und Umgebungsbedingungen vorgesehen wurde, sollte ein Bild über bestehende Probleme und Herausforderungen geschaffen werden. Diese Untersuchungen sollten in weiterer Folge die Grundlage für die Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Wasserversorgung auf alpinen Schutzhütten darstellen.

4.2 Vorgehensweise

Insgesamt wurden im Zuge des Projektes neun verschiedenen Hütten in Deutschland, Österreich und Südtirol für die eben genannten Untersuchungen in Absprache mit den Projektpartnern ausgewählt. Im Sommer 2019 wurden diese neun Hütten jeweils begangen, und die Proben ins Labor des Institutes für Siedlungswasserbau an der Universität für Bodenkultur in Wien transportiert. Die untersuchten Hütten sind in Tabelle 4-1 aufgelistet.

Tabelle 4-1: Hütten, von denen Proben für mikrobiologische Untersuchungen gezogen wurden

Name	Betreiber	Lage
Keinprechthütte	ÖAV	Steiermark, Ö
Kellerjochhütte	ÖAV	Tirol, Ö
Marteller Hütte	AV Südtirol	Südtirol, I
Mindelheimer Hütte	DAV	Bayern, D
Neue Reichenberger Hütte	ÖAV	Osttirol, Ö
Nördlinger Hütte	DAV	Tirol, Ö
Riemannhaus	DAV	Salzburg, Ö
Tilisunahütte	ÖAV	Vorarlberg, Ö
Wiesberghaus	Naturfreunde	Oberösterreich, Ö

Alle Proben wurden innerhalb von 24h im Labor verarbeitet. Die mikrobiologischen Parameter die mittels Kultivierungsverfahren untersucht wurden sind Tabelle 4-2 aufgelistet. Zur Interpretation wurden, da die meisten Hütten in Österreich gelegen sind und die österreichische Trinkwasserverordnung (TWV) in Bezug auf die KBE bei 22 bzw. 37°C strenger ist, die Indikatorwerte der österreichischen TWV herangezogen.

Mit einem Handmessgerät der Firma WTW wurden vor Ort weitere Parameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redox-Potential und Temperatur) bestimmt. Dabei wurden immer Proben der ursprünglichen Ressource, an der Abgabestelle, und zumindest einer weiteren Stelle im Versorgungsnetz gezogen.

Zusätzlich wurden von allen Stellen, an denen die Kultivierung stattfand, aber auch an zusätzlichen Stellen entlang der jeweiligen Versorgungssysteme Proben für durchflusszytometrische Messungen entnommen. Für die Bestimmung der Zellzahlen wurde den Proben für die Totalzellzahlbestimmung (TCC – total cell count) mit dem Fluoreszenzfarbstoff SYBR-Green-I, bzw. für die Lebendzellzahlbestimmung (ICC – intact cell count) ein Farbstoffgemisch aus SYBR-Green-I und Propidiumiodid zugegeben. Nach 15-minütiger Inkubation bei 37°C wurden im BD Accuri C6 Durchflusszytometer in jeweils 50µl die Anzahl an Events in dreifacher Wiederholung bestimmt. Durch Setzen entsprechender Gates (Zunabovic-Pichler et al., 2018) können diese Events als Zellen definiert werden, und dadurch die Zellzahlen in den jeweiligen Proben ermittelt werden.

Die Messwerte der Durchflusszytometrie ergeben weitgehend ein Gesamtbild der vorhandenen Mikroorganismenzellen. Es gibt Schätzungen, wonach nur weniger als ein Prozent aller in Wasserproben vorgefundenen Mikroorganismen auf klassischen Kultivierungsnährmedien wachsen können. Die durchflusszytometrische Bestimmung der Anzahl der Mikroorganismenzellen stellen eine sehr sensitive Messung dar, ohne dass unmittelbar eine Aussage z.B. über die Genussfähigkeit von Trinkwasser getroffen werden kann. Der Verlauf der Messwerte entlang der „Versorgungskette“ ergeben jedoch ein sehr verlässliches Bild über Verkeimungs- oder Inaktivierungstendenzen.

Tabelle 4-2: Aufstellung der untersuchten Parameter und Parameter mit Indikatorfunktion im Rahmen der Untersuchungen zur hygienischen Beschaffenheit und die zugehörigen Grenzwerte in Deutschland und Österreich

Parameter / Indikator	Norm	TWV Deutschland	TWV Österreich
Escherichia coli	EN ISO 9308-1	0 / 100 ml	0 / 100 (250) ml*
Enterokokken	EN ISO 7899-2	0 / 100 ml	0 / 100 (250) ml*
coliforme Bakterien**	EN ISO 9308-1	0 / 100 ml	0 / 100 (250) ml*
Pseudomonas aeruginosa	EN ISO 16266	-	0 / 100 (250) ml*
Clostridium perfringens**, ***	EN ISO 14189	0 / 100 ml	0 / 100 (250) ml*
KBE 22°C**	EN ISO 6222	100 (20) / ml*	100 (10) / ml*
KBE 36 / 37°C**	EN ISO 6222	100 / ml	20 (10) / ml*
KBE 27°C – R2A****	EN ISO 6222****	-	-

*Die Werte in Klammer beziehen sich auf Proben unmittelbar nach Abschluss der Desinfektion

** Indikatorparameter bzw. Parameter mit Indikatorfunktion

*** Nur bestimmt wenn die Probe aus Oberflächenwasser stammt, oder durch Oberflächenwasser beeinflusst wurde

**** nicht in TWV enthalten, das Medium unterscheidet sich in Zusammensetzung von den KBE22/37°C

Anmerkung: Schreibweise der Parameter/Indikatoren entspricht der TWV in D und A

Außerdem wurden über einen Zeitraum von Juli bis September 2019 kontinuierlich Proben von zwei Hütten (Rappensee Hütte und Wankhaus, beide in Bayern, D) nach Wien für die Messung mittels Durchflusszytometrie versandt. Die Proben wurden gesammelt, und jeweils einmal wöchentlich mit einem Medizin-Logistik-Unternehmen nach Wien transportiert.

4.3 Ergebnisse

Um eine Anonymisierung der Ergebnisse zu gewährleisten, werden im Folgenden die untersuchten Hütten als Hütten E bis M bezeichnet.

4.3.1 Hütte E

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 17.06.2019
- Höhe zwischen 1800m und 2000m
- Bewirtschaftung Sommer und Winter
- Versorgung durch Regenwasser
- Speichervolumen insgesamt 39m³
- Trinkwasserversorgung aus dem Tal mit 5l Kanister

Die Versorgung erfolgt über zwei Zisternen mit jeweils 7,5m³ Speichervolumen in denen Regenwasser über das Dach gesammelt wird. Aus diesen Tanks wird das Wasser über Kerzenfilter in einen 17m³ fassenden Hochbehälter gepumpt. Von dort wird das Wasser über eine UV-Desinfektion in die Küche gepumpt, bzw. gravitativ in die Waschräume geführt. Die Versorgung mit Wasser zum Trinken erfolgt aus dem Tal mittels 5l Kanistern.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-1 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflussszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

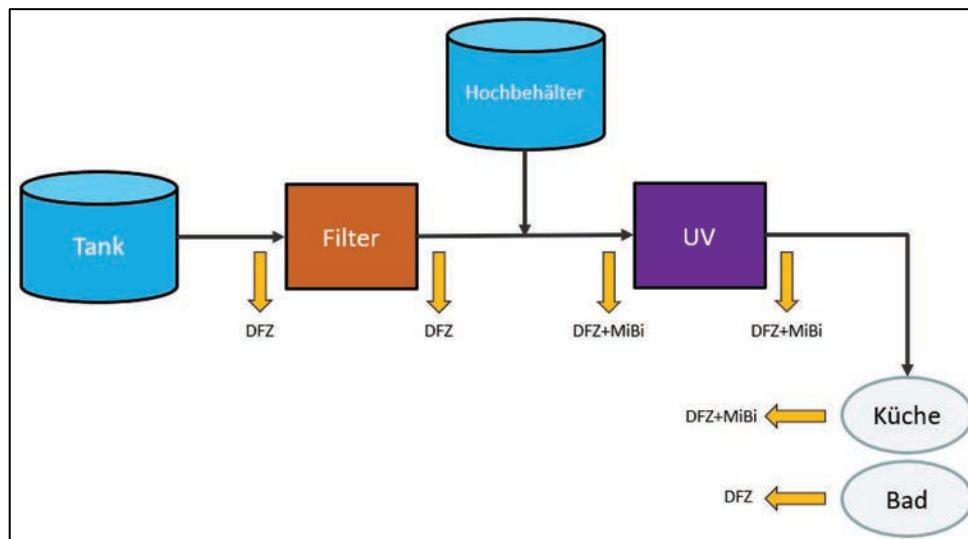


Abbildung 4-1: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte E

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-3 aufgelistet. Dabei zeigt sich im Versorgungssystem mit Brauchwasser, dass die Leitfähigkeit wie für Regenwasser erwartet sehr niedrige Werte um etwa $10\mu\text{S}/\text{cm}$ aufweist, und der pH-Wert unter dem Grenzwert für Indikatorparameter (österreichische TWV) zu liegen kommt. Außerdem weist die erhöhte Temperatur im Bad auf mögliche Stagnation hin – wobei darauf hinzuweisen ist, dass aufgrund der knappen Versorgungssituation auf „Spülen bis zur Temperaturkonstanz“ verzichtet werden musste.

Tabelle 4-3: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte E

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Vor Filter	17,0	12,4	5,97	337	10:20
Nach Filter	15,3	8,7	5,55	345	10:05
Vor UV	14,4	9,5	5,61	320	09:20
Nach UV	15,2	9,4	5,52	363	09:50
Küche	15,2	9,3	5,65	326	09:00
Bad Herren	20,9	9,7	5,59	349	09:55
TW-Kanister	8,9	313	7,81	260	10:34

In Abbildung 4-2 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte E dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die spezifischen mikrobiologischen Parameter (E. coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken, P. aeruginosa, C. perfringens) an keiner Stelle nachgewiesen werden konnten.

In der Durchflusszytometrie zeigt sich eine erhöhte Gesamtzellzahl (TCC) vor der UV-Desinfektion. Da der überwiegende Teil dieser Mikroorganismen lebendig ist (ICC), und ein Eintrag aus dem Regenwasser praktisch ausgeschlossen ist, ist davon auszugehen, dass entweder ein Eintrag vom Dach stattfindet, oder eine Vermehrung in den Zisternen besteht. Eine Vermehrung im Hochbehälter ist aufgrund der abnehmenden Zellzahlen (vor UV) unwahrscheinlich, aber nicht auszuschließen; das Wasser könnte auch direkt von den Zisternen zur Desinfektionsanlage fließen (der exakte Betriebszustand konnte nicht erfasst werden).

Unmittelbar nach UV-Desinfektion zeigt sich, dass die Zellzahlen sehr stark reduziert werden, was bisherigen Erfahrungen mit der Untersuchung von UV-behandeltem Wasser entgegensteht. Oftmals sind nach UV-Bestrahlung die Zellzahlen (TCC und ICC) nahezu unverändert, da die Zellen noch kurzfristig ihre volle Integrität und damit auch ihre Aktivität behalten. Diese nimmt erst nach einiger Zeit ab und verhindert dadurch die Zell-Vermehrung. Das hier beobachtete unmittelbare Schädigung der Zellen könnte ein Hinweis auf eine sehr starke Bestrahlung mit UV-Licht sein.

Allerdings zeigt sich dann eine starke Wiederverkeimung zu den Abgabestellen hin. Insbesondere in der Küche sind die durchflusszytometrischen Zellzahlen, als auch KBE bei 22°C (über dem Grenzwert der TWV) und am aktivitätsfördernden R2A-Agar (KBE bei 27°), der bei Trinkwasserproben tendenziell höhere Werte erzielt, stark erhöht. Aufgrund der gleichen Wassertemperatur in Küche und unmittelbar nach Desinfektion ist eine mangelnde Spülung als Ursache weitgehend auszuschließen.

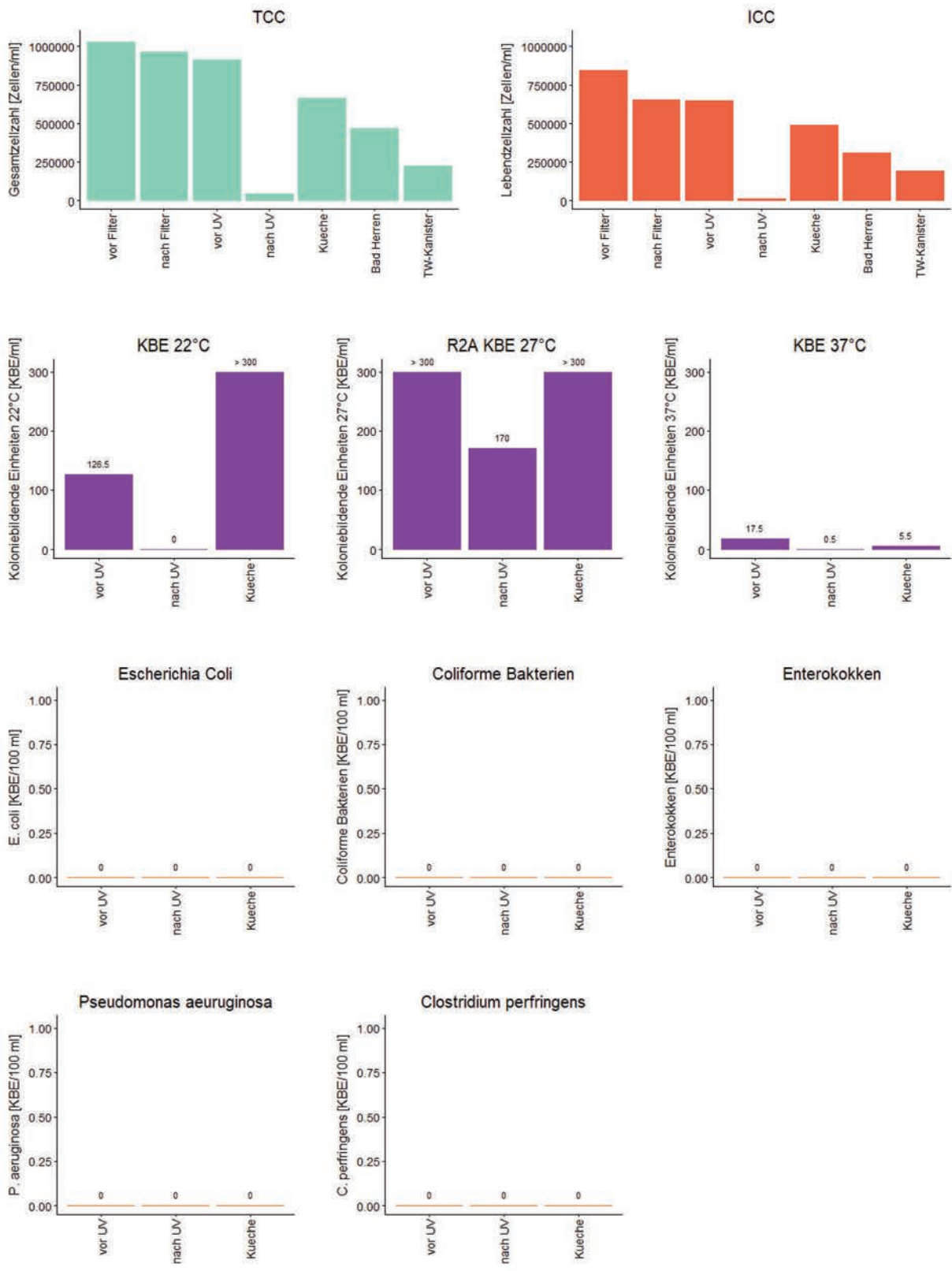


Abbildung 4-2: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte E

4.3.2 Hütte F

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 18.06.2019
- Höhe zwischen 1800m und 2000m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Versorgung durch zwei Quellen
- Speichervolumen insgesamt 14m³
- Arsenbelastung in einer Quelle

Die Versorgung erfolgt über zwei Quellen, wobei aufgrund erhöhter Arsenwerte vorzugsweise die obere der beiden Quellen genutzt wird. Insgesamt verfügt die Hütte über ein Speichervolumen von 14m³ für Rohwasser, wovon jeweils 2x 5m³ bei den jeweiligen Quellen gespeichert werden. Über einen Schieberschacht, in welchem die Quellen zu- bzw. weggeschaltet werden, kann die Versorgung der Sanitärräume von jener der Küche getrennt werden. Die Versorgung der Hütte findet ohne weitere Aufbereitung und ohne Desinfektion statt.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-3 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflussszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

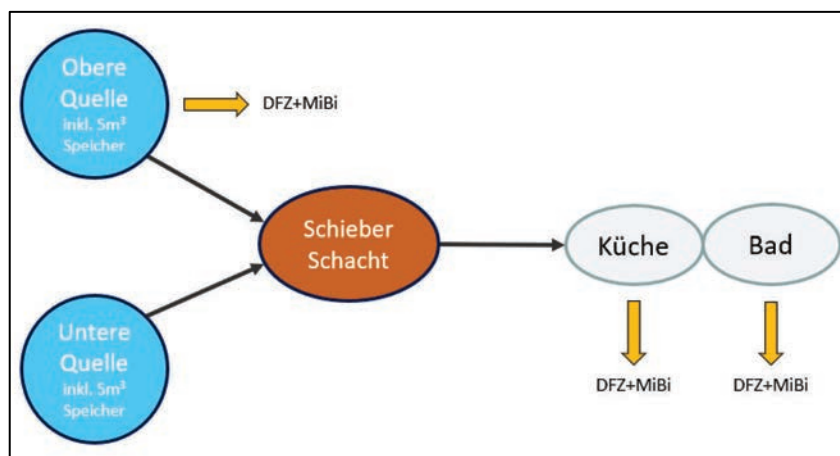


Abbildung 4-3: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte F

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-4 aufgelistet. Zum Zeitpunkt der Probenahme war nur die obere Quelle in Betrieb. Dabei zeigt sich eine sehr niedrige Leitfähigkeit, und ein eher niedriger pH-Wert. Diese Werte deuten auf eine sehr kurze Aufenthaltszeit des Wassers im Untergrunde hin. Das Absinken der Temperatur ist auf die Fließstrecke von der Quelle zur Hütte zurückzuführen – zum Zeitpunkt der Probenahme war der Boden noch schneebedeckt.

Tabelle 4-4: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte F

PN-Stelle	T [°C]	LF [μS/cm]	pH	Redox [mV]	Zeit
Obere Quelle	8,8	21	6,75	270	07:33
Küche	3,2	16	6,72	288	07:20
Bad	3,8	16	6,88	304	07:46

In Abbildung 4-4 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte F dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die spezifischen mikrobiologischen Parameter (E. coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken, P. aeruginosa, C. perfringens) an keiner Stelle nachgewiesen werden konnten.

Auch die KBE bei 22 bzw. 37°C liegen deutlich unterhalb des Grenzwertes der TWV. Die KBE bei 27°C auf R2A-Agar sind erwartungsgemäß etwas höher. Dabei ist anzumerken, dass in der Quelle keine KBE nachgewiesen werden konnten, sondern erst im Versorgungssystem.

Ein ähnliches Bild zeigt sich in der Durchflusszytometrie. Die Proben der Quelle weisen ausgesprochen niedrige Zellzahlen auf, und nehmen dann zu den Abgabestellen hin deutlich zu, bleiben aber trotzdem auf einem insgesamt niedrigen Niveau.

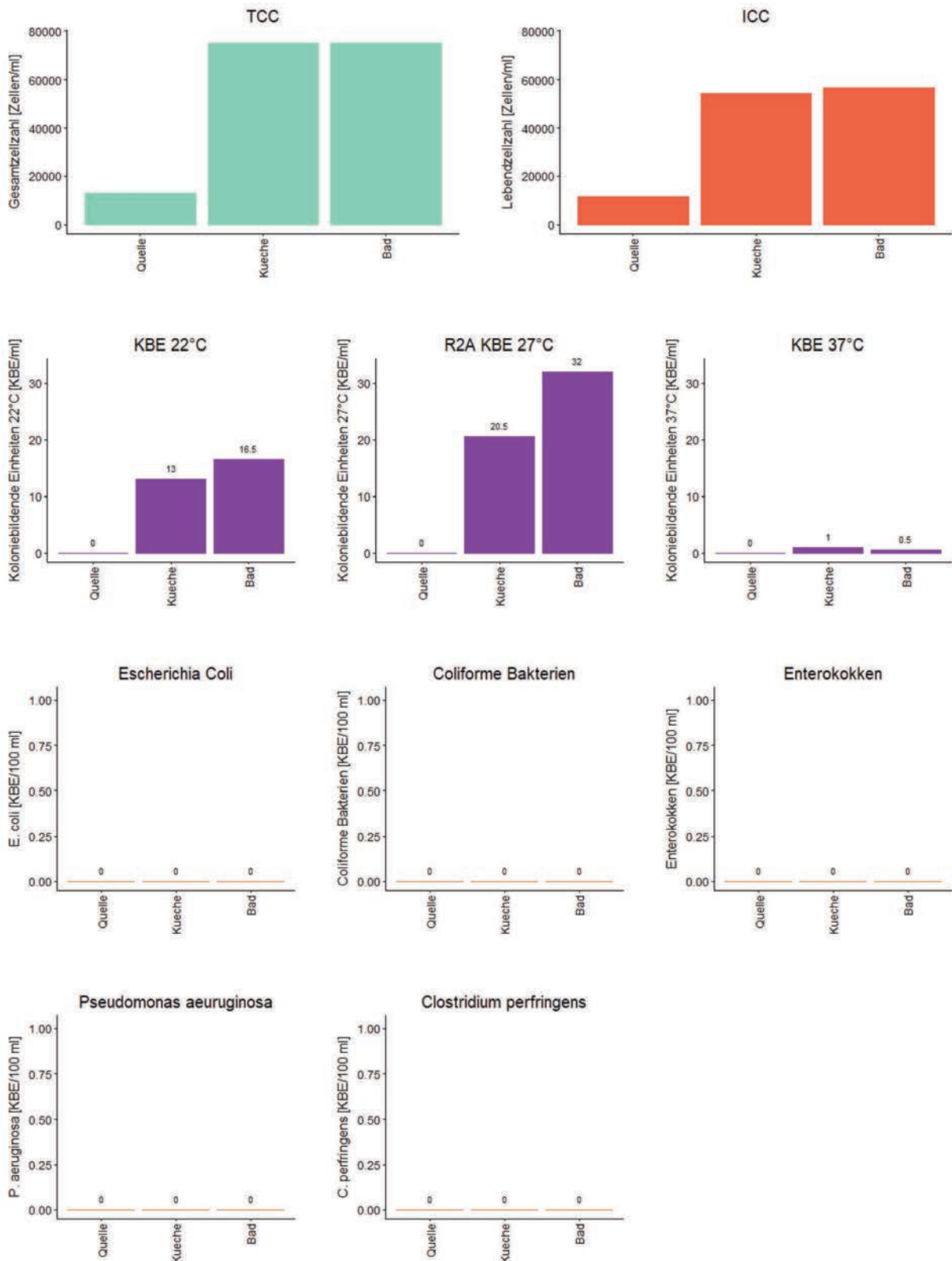


Abbildung 4-4: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte F

4.3.3 Hütte G

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 28.08.2019
- Höhe zwischen 2200m und 2400m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Versorgung durch drei Quellen
- Speichervolumen insgesamt 5m³

Die Versorgung erfolgt über drei Quellen, welche in einem Quellsammelschacht (QSS) zusammengeführt werden. Über einen hydraulischen Widder wird das Wasser in einen außerhalb der Hütte liegenden Hochbehälter mit 5m³ Fassungsvermögen gehoben. Von dort läuft das Wasser gravitativ zur Hütte, wo es mittels UV-Anlage desinfiziert wird. Unmittelbar nach der UV-Desinfektion befindet sich ein Hausanschluss-Kerzenfilter.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-5 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflussszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

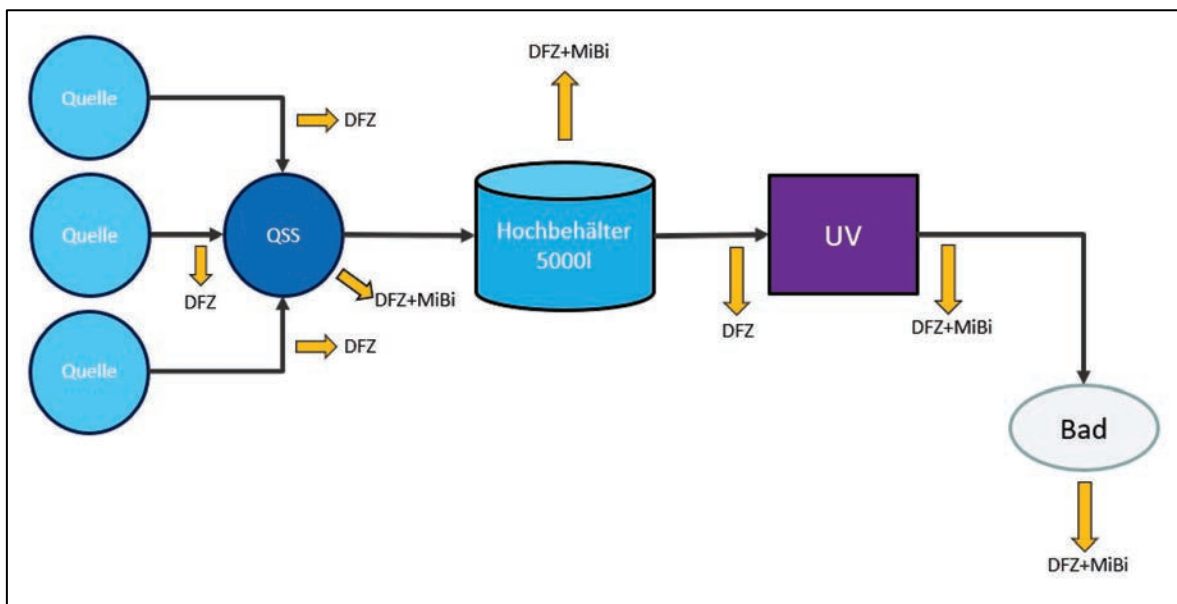


Abbildung 4-5: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte G

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-5 aufgelistet. Dabei zeigt sich eine sehr niedrige Leitfähigkeit. Diese Werte deuten auf eine kurze Aufenthaltszeit des Wassers im Untergrund hin. Die Erhöhung der Temperatur ist vermutlich auf die Fließstrecke vom QSS zum Hochbehälter zurückzuführen. Die Änderungen im Redox-Potential, insbesondere zwischen QSS und Hochbehälter können eventuell auf die Temperaturänderungen oder Änderungen im Sauerstoffgehalt zurückgeführt werden.

Tabelle 4-5: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte G

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Quelle L	-	-	-	-	-
Quelle M	-	-	-	-	-
Quelle R	-	-	-	-	-
QSS	6,8	52	7,1	105	15:00
Hochbehälter	12,6	35	7,2	194	14:15
Vor UV	-	-	-	-	-
Nach UV	13,1	31	7,2	184	13:30
Bad	13,5	33	7,3	220	13:50

In Abbildung 4-6 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte G dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass von den spezifischen mikrobiologischen Parametern (*E. coli*, coliforme Bakterien, Enterokokken, *P. aeruginosa*, *C. perfringens*) nur ein coliformes Bakterium im Hochbehälter, und somit vor Desinfektion, nachgewiesen werden konnte. Wichtig ist anzumerken, dass nach Desinfektion und entlang der weiteren Versorgung keine der oben genannten Organismen nachgewiesen werden konnten.

Bei den KBE bei 37°C bleiben die Werte durchgehend niedrig, während bei den KBE 22°C ein deutlicher Anstieg vom QSS zum Hochbehälter zu verzeichnen ist. Dieses Bild wird in der Durchflusszytometrie bestätigt (TCC und ICC), wobei hier sogar ein weiterer Anstieg bis zur UV-Anlage erkennbar ist. Dieser Umstand deutet klar auf bakterielles Wachstum im Hochbehälter hin.

Unmittelbar nach UV nehmen die Messwerte der Durchflusszytometrie stark ab, was auf eine -eher ungewöhnliche - unmittelbare Zerstörung der Zellen durch die UV-Anlage hindeuten würde. Allerdings bleiben trotzdem die KBE 22°C unmittelbar nach UV-Desinfektion über dem in der österreichischen Trinkwasserverordnung vorgesehenen Indikatorwert von 10 KBE/ml für desinfiziertes Wasser. Bis zur Abgabestelle kommt es zwar zu einer Erhöhung – sowohl der KBE 22°C bzw. 27°C und der Werte der Durchflusszytometrie – aber der TWV-relevante Wert der KBE bei 22°C bleibt unter dem vorgesehenen Indikatorwert von 100 KBE/ml. Der deutliche Anstieg der Zellzahlen bzw. der KBE bei 27°C bis zur Abgabestelle weist jedoch klar auf eine mikrobielle Vermehrung im Leitungssystem hin.

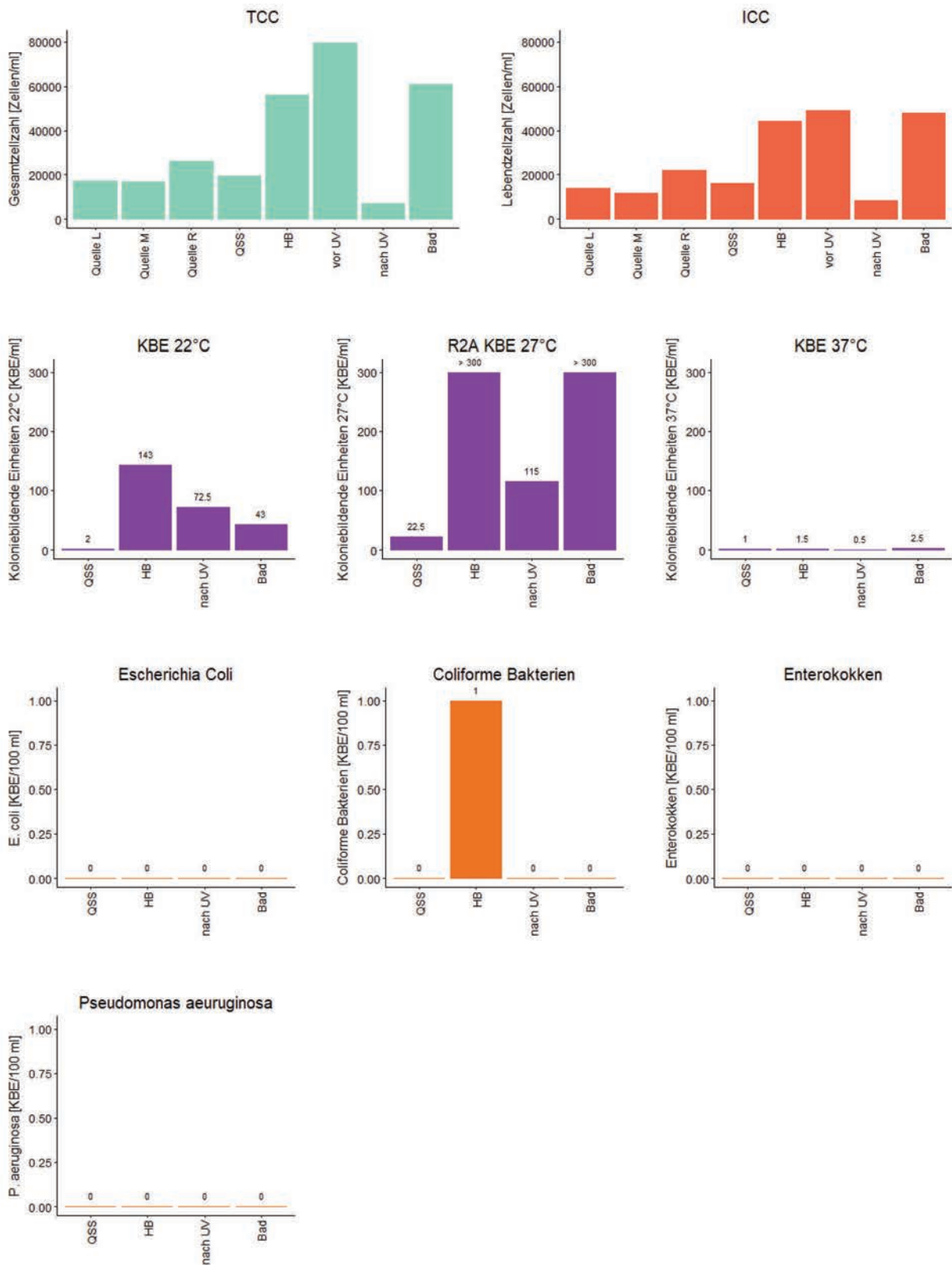


Abbildung 4-6: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte G

4.3.4 Hütte H

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 01.07.2019
- Höhe zwischen 2400m und 2600m
- Bewirtschaftung Februar bis Oktober
- Versorgung durch Quellwasser
- Speichervolumen insgesamt 0,8-1m³

Die Versorgung erfolgt über zwei Quellen welche in einen Zwischenspeicher mit etwa 0,8-1m³ gesammelt werden. Von dort aus wird die Hütte optional mit oder ohne Drucksteigerung, ohne weitere Aufbereitung bzw. Desinfektion versorgt. Im der gesamten Hütte ist das abgegebene Wasser als „Kein Trinkwasser“ ausgeschildert. Über die Schankanlage wird das Wasser über Kohlefilter geleitet und ausgeschenkt.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-7 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

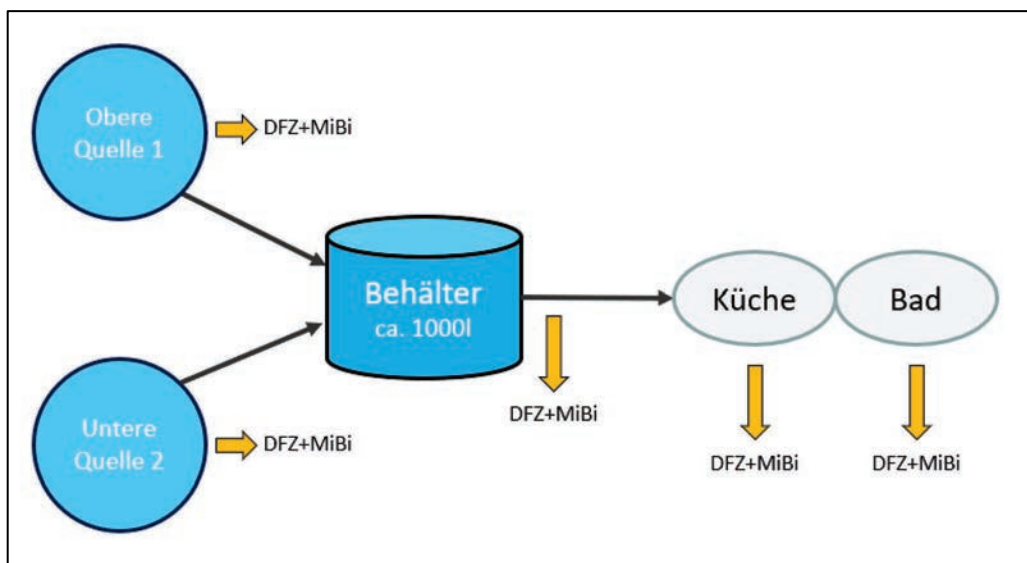


Abbildung 4-7: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte H

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-6 aufgelistet. Dabei zeigt sich, dass die Hütte zum Zeitpunkt der Beprobung aus einem Mischwasser von Quelle 1 und Quelle 2 betrieben wurde. Sowohl pH-Wert, Leitfähigkeit als auch Temperatur im Hochbehälter und den nachfolgenden Entnahmestellen liegen zwischen den Werten der einzelnen Quellen. Der Anstieg der Temperatur in der Hütte ist vermutlich auf die Fließstrecke im Haus zurückzuführen. Der Anstieg im Redox-Potential kann eventuell auf die Temperaturänderungen oder Änderungen im Sauerstoffgehalt zurückgeführt werden. Etwas auffällig erscheint jedoch das niedrige Redox-Potential in der oberen Quelle.

Tabelle 4-6: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte H

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Quelle 1 (obere)	3,8	355	6,9	75	08:40
Quelle 2 (untere)	6,4	266	7,4	233	09:00
Behälter	4,9	294	7,2	280	09:30
Küche	6,7	297	7,0	271	10:10
Bad	6,8	292	7,1	262	09:50

In Abbildung 4-8 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte H dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass zwar *E. coli* an keiner Stelle nachgewiesen werden konnte, und Enterokokken nur direkt in den Quellen in ausgesprochen niedrigen Mengen. Allerdings findet die Versorgung ohne Desinfektion statt, und daher kann ein Eintrag dieser Organismen in das weitere Versorgungssystem nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Bei den mikrobiologischen Parametern mit Indikatorfunktion zeigt sich in Quelle 2, Behälter und Küche für *P. aeruginosa* zumindest ein Nachweis, für coliforme Bakterien hingegen sogar ein deutliches Auftreten. Es ist klar zu erkennen, dass der Eintrag aus Quelle 2 stammt und es dann im weiteren Verlauf je nach Betriebssituation zu einer Verdünnung mit dem Wasser aus Quelle 1 kommt. Diese Annahme lässt sich auch klar durch die KBE bei 22°C bzw. 27°C und teilweise auch 37°C bestätigen. Diese Unterschiede zwischen Quelle 1 und 2 könnten auf den unterschiedlichen Ausbau zurückzuführen sein. Während Quelle 1 „ordentlich“ gefasst wurde, handelt es sich bei Quelle 2 anscheinend um eine Art Drainage mit geringer Aufenthaltszeit im Untergrund.

Ein etwas anderes Bild stellt sich allerdings durch die durchflusszytometrischen Untersuchungen dar. Zwar sind die Zellzahlen (TCC und ICC) in Quelle 2 gegenüber Quelle 1 leicht erhöht, dennoch findet die größte Veränderung erst im Behälter statt. Ab dem Behälter verzeichnet das Versorgungssystem durchgehend erhöhte Zellzahlen gegenüber den Quellen (etwa um das Vierfache), was auf ein deutliches Wachstum oder eine Verunreinigung im Behälter schließen lässt.

Die Diskrepanzen zwischen Kultivierungsergebnissen und Durchflusszytometrie lassen sich am besten durch die hohe Selektion bei der Anwendung von Kultivierungsmethoden erklären.

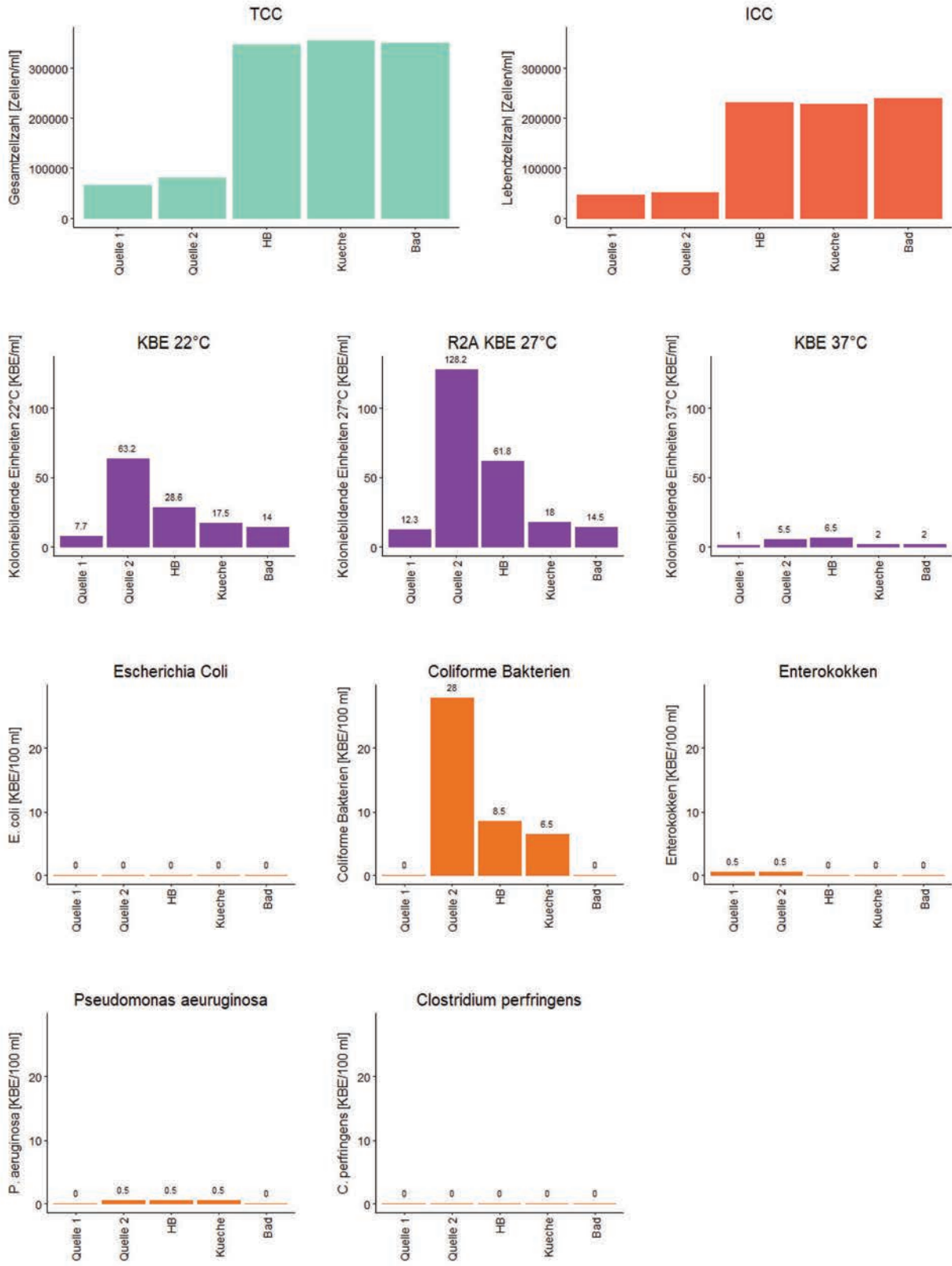


Abbildung 4-8: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte H

4.3.5 Hütte I

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 30.07.2019
- Höhe zwischen 2000m und 2200m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Trinkwasserversorgung durch drei Quellen
- Brauchwasser zum Teil aus Regen- bzw. Schmelzwasser
- Speichervolumen insgesamt 44m³

Zur Versorgung stehen drei Quellen zur Verfügung, wobei sich Quelle 1 und Quelle 2 oberhalb der Hütte befinden und in einem Quellsammelschacht (QSS) zusammengeführt werden. Das Wasser aus Quelle 3 wird von unterhalb der Hütte in einen weiteren QSS geführt, wo auch das Wasser des ersten QSS eingespeist wird. Bei Bedarf kann Wasser aus dem Tal zu Quelle 3 hochgepumpt werden. Über eine UV-Desinfektionsanlage (UV 1) wird aus dem zweiten Quellsammelschacht Wasser in einen außenliegenden Hochbehälter für Trinkwasser gepumpt – für Notfälle steht eine zusätzliche Chlordioxidzugabe zur Verfügung. Vom Trinkwasserhochbehälter wird das Wasser ohne weitere Desinfektion in die Waschräume geleitet (als „Kein Trinkwasser“ ausgeschildert), während für die Versorgung der Küche mit Trinkwasser eine zweite UV-Desinfektion (UV 2) zur Verfügung steht.

Für die WC-Spülungen steht ein zusätzlicher Brauchwasserkreislauf zur Verfügung, der vorwiegend aus Dach- und Schmelzwasser gespeist wird. Zur Speicherung dient hier ein weiterer Hochbehälter der bei Bedarf aus dem Sammelbehälter befüllt wird.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-9 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

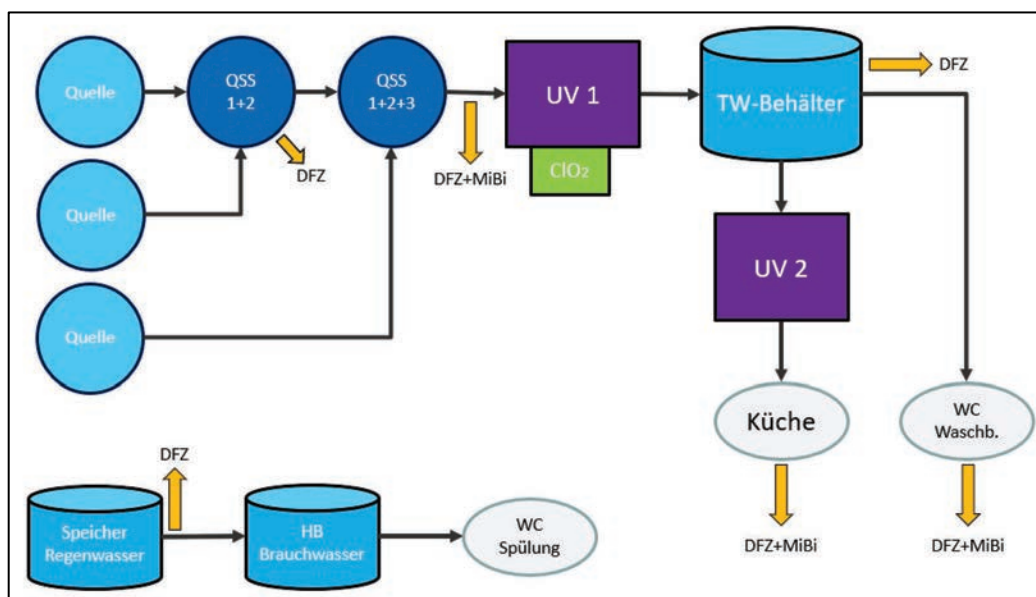


Abbildung 4-9: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte I

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-7 aufgelistet. Dabei zeigt sich, dass die Beschaffenheit im QSS, unmittelbar vor UV 1, nach UV2 und im WC sehr ähnlich ist. Interessanterweise ist die Leitfähigkeit im TW-Hochbehälter doch deutlich niedriger als unmittelbar vor UV1. Dieser Umstand könnte auf kurzfristiges Zu- bzw. Abschalten einzelner Quellen zurückzuführen sein. Das leicht erniedrigte Redox-Potential könnte ebenfalls einen Hinweis darauf geben.

Tabelle 4-7: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte I

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Regenwassertank	8,5	138,0	8,37	89	-
Quellsammelschacht	11,0	187,7	8,29	83	-
Vor UV1	11,3	189,4	8,30	120	-
TW-Hochbehälter	12,4	159,7	8,42	86	-
Nach UV2 (Küche)	12,5	180,0	8,28	142	-
WC Waschbecken	11,1	179,3	8,31	121	-

In Abbildung 4-10 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte I dargestellt. Vor UV 1, also unmittelbar nach dem zweiten QSS konnten sowohl E. coli, Enterokokken als auch coliforme Bakterien nachgewiesen werden. In der Küche, nach der zweiten UV-Desinfektion war keiner dieser Organismen vorhanden. In den Proben vom WC wurden noch höhere Werte festgestellt. Allerdings ist anzumerken, dass an dieser Probenahme-Stelle aufgrund der Rücksichtnahme auf die bestehende Einrichtung keine ordnungsgemäße Desinfektion möglich war – es ist daher nicht auszuschließen, dass die Wasserprobe erst durch die Probenahme selbst verunreinigt wurde.

Die KBE zeigen bei allen drei Temperaturen ein ähnliches Bild, und deuten auf eine Wiederverkeimung der Wasserprobe im Hochbehälter bzw. im Versorgungssystem hin. Somit wäre es empfehlenswert, die positiven Ergebnisse der oben genannten Mikroorganismen durch Folgeuntersuchungen zu bestätigen bzw. zu widerlegen.

Die vermutete Wiederverkeimung zeigt sich auch bei den Messwerten der Durchflusszytometrie – insbesondere, wenn man beachtet, dass die Proben auf der Zulaufseite des Behälters gezogen wurden. Beide ablaufseitig entnommenen Proben (nach UV 2 und WC) zeigen vergleichbare Zellzahlen – wobei durch die Bestrahlung mit UV-Licht die Kultivierbarkeit der Zellen (und damit der Nachweis auf Nährmedien) verhindert wird, die Messwerte der Durchflusszytometrie (TCC und ICC) jedoch meist unverändert erscheinen. Auffällig ist auch die deutliche Abnahme der Lebendzellzahlen (ICC) im Hochbehälter. Dieses Bild zeigt sich oft in gechlorten Proben – wobei vom Hüttenbetreiber angegeben wurde, dass die Chlorung zum Zeitpunkt der Probenahme nicht aktiv war. Eventuell könnten jedoch Restmengen eines z.B. vorangegangenen Funktionstests der Chlorungsanlage im Behälter zurückgeblieben sein.

Die erhöhten Zellzahlen (TCC und ICC) im Regenwassertank weisen auf erhöhte Aufenthaltszeiten und damit einhergehende Verkeimung des Wassers hin, da im ursprünglichen Regen- und Schmelzwasser von sehr niedrigen Zellzahlen auszugehen ist.

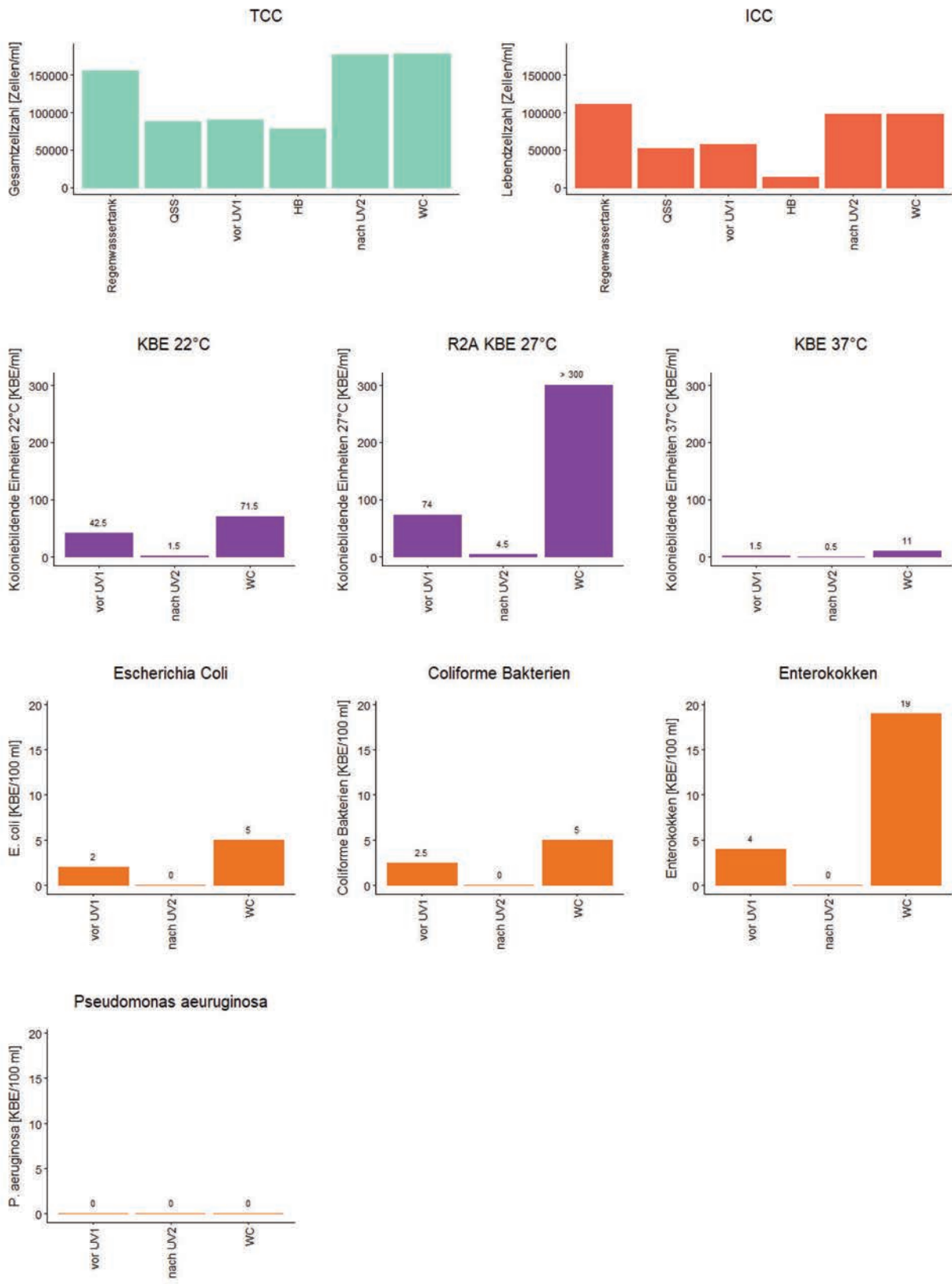


Abbildung 4-10: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte I

4.3.6 Hütte J

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 15.07.2019
- Höhe zwischen 2400m und 2600m
- Bewirtschaftung Juni bis September
- Wasserversorgung aus Quellwasser
- Speichervolumen insgesamt 10m³

Zur Versorgung der Hütte steht ausschließlich Wasser einer Quelle zur Verfügung. Das Wasser wird direkt in einen 10m³ Hochbehälter aus GFK geleitet, und von dort ohne weitere Aufbereitung oder Desinfektion in der Hütte verteilt. Die Versorgung der Toilettenspülung kann auch aus einer Bachwasserentnahme erfolgen.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-11 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

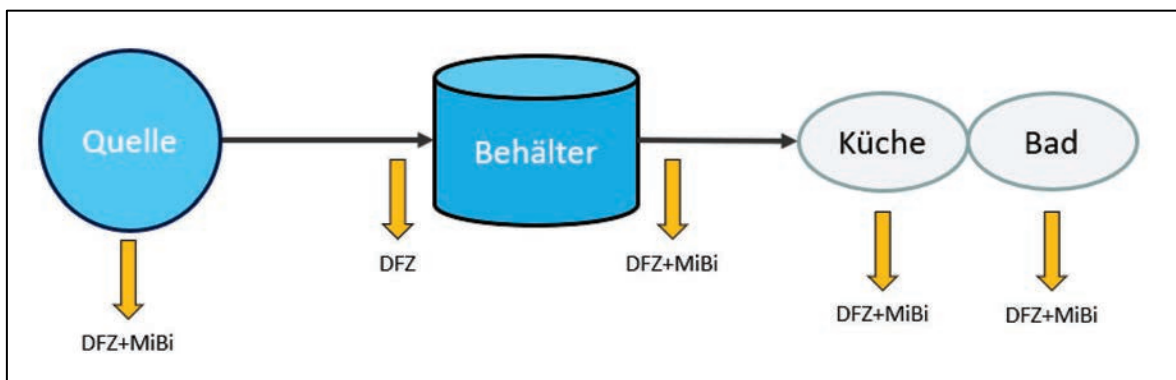


Abbildung 4-11: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte J

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-8 aufgelistet. Dabei zeigt sich, dass sich die Beschaffenheit des Wassers entlang des Versorgungsweges nur geringfügig ändert. Die Leitfähigkeit ist auf einem niedrigen Niveau, und deutet auf eine geringe Aufenthaltszeit des Wassers im Untergrund hin. Die niedrigen Temperaturen in der Quelle, und das Vorhandensein von Restschneefeldern könnten ein Hinweis auf einen starken Schmelzwassereinfluss sein.

Tabelle 4-8: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte J

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Quelle	2,4	85	8,4	178	12:15
Hochbehälter Zulauf	-	-	-	-	11:45
Hochbehälter Ablauf	6,1	86	8,2	193	11:50
Küche	8,2	85	8,3	192	13:15
Bad	-	-	-	-	13:00

In Abbildung 4-12 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte J dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die spezifischen mikrobiologischen Parameter (E. coli, coliforme Bakterien, Enterokokken, P. aeruginosa) an keiner Stelle nachgewiesen werden konnten.

Betrachtet man die KBE-Zahlen, erkennt man, dass in der Quelle und dem Hochbehälter das Niveau sehr niedrig bleibt, aber im Verteilungssystem eine starke Zunahme auftritt. Im Bad liegt KBE bei 22°C nur mehr knapp unterhalb des Indikatorwertes von 100 KBE/ml. Diese Beobachtung wird durch die zusätzliche Untersuchung der KBE bei 27°C unterstrichen.

Die Messwerte der Durchflusszytometrie zeigen ein durchgehend niedriges Niveau (TCC und ICC), welches unter Umständen auf die niedrigen Temperaturen im Quellwasser zurückzuführen ist. Auffällig ist, dass im Gegensatz zu den KBE die Zellzahlen zwischen Hochbehälter und Versorgungssystem nur einen geringfügigen Anstieg erfahren.

Es kann einerseits sein, dass durch den kontinuierlichen Temperaturanstieg bzw. durch eine Verschiebung der bakteriellen Gemeinschaft im Verteilungssystem eine bessere Kultivierbarkeit gegeben ist.

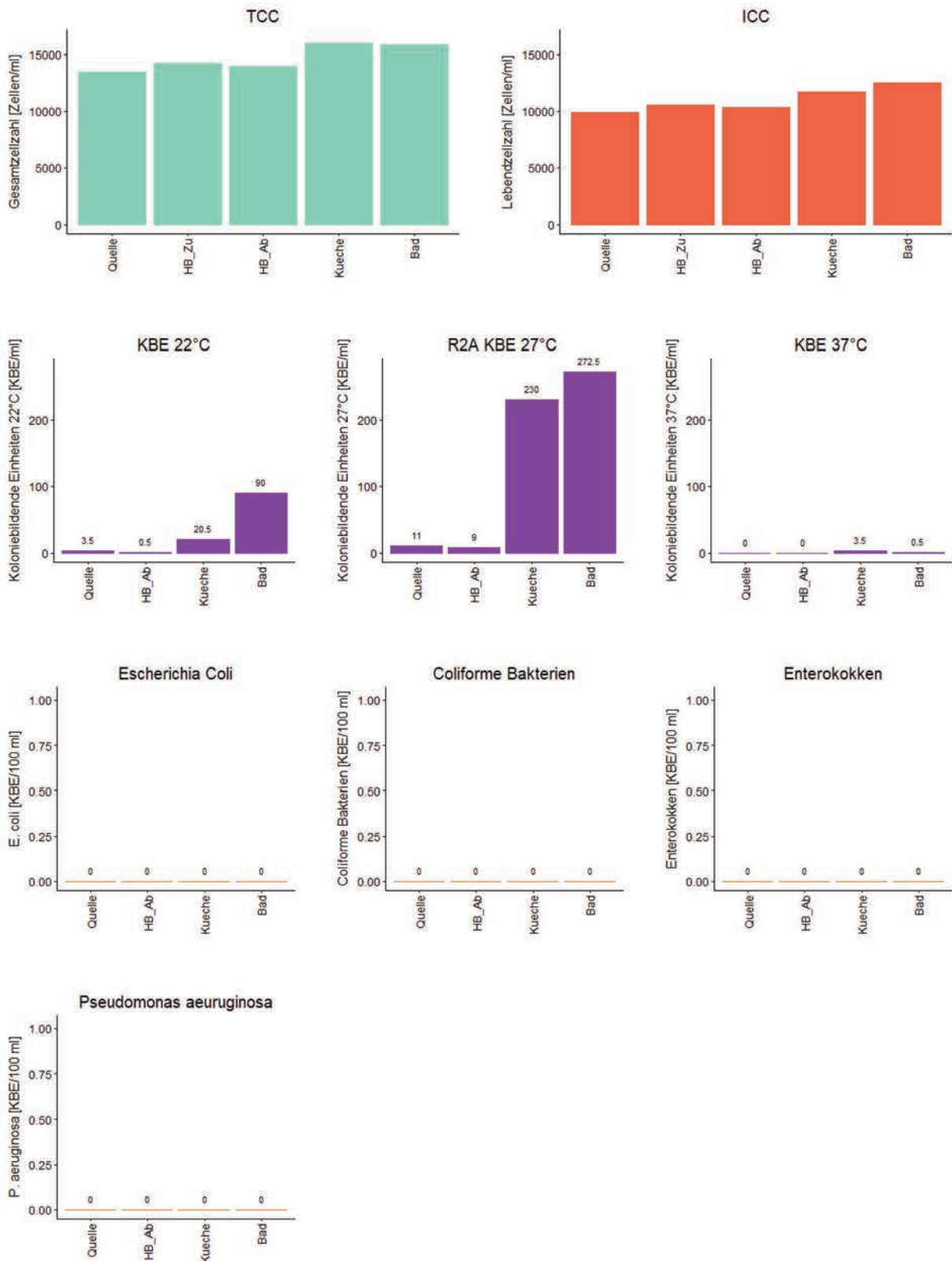


Abbildung 4-12: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte J

4.3.7 Hütte K

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 03.09.2019
- Höhe zwischen 2200m und 2400m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Wasserversorgung aus Regen- und Oberflächenwasser
- Speichervolumen insgesamt 44m³
- TW-Versorgung mittels Kanister

Zur Versorgung der Hütte stehen eine Vielzahl an Speichern und Behältern zur Verfügung. In 3 jeweils 5m³ fassenden Behältern wird Oberflächenwasser für den Normalbetrieb gehalten, in 7 jeweils 3m³ großen Speichern wird Regenwasser vom Dach gesammelt. Von diesen Behältern/Speichern wird das Wasser zur Partikelabscheidung über einen Sandfang geführt und mittels Chlordioxid-Zugabe desinfiziert. Zur Sicherstellung der Einwirkzeit wird das Wasser vor der Abgabe in einem innenliegenden, 250l fassenden Hochbehälter gespeichert. Aufgrund von mikrobiologischen Qualitätsproblemen in der Vergangenheit, wird die Trinkwasserversorgung (auch für die Küche) mittels Kanister aus dem Tal sichergestellt.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-13 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

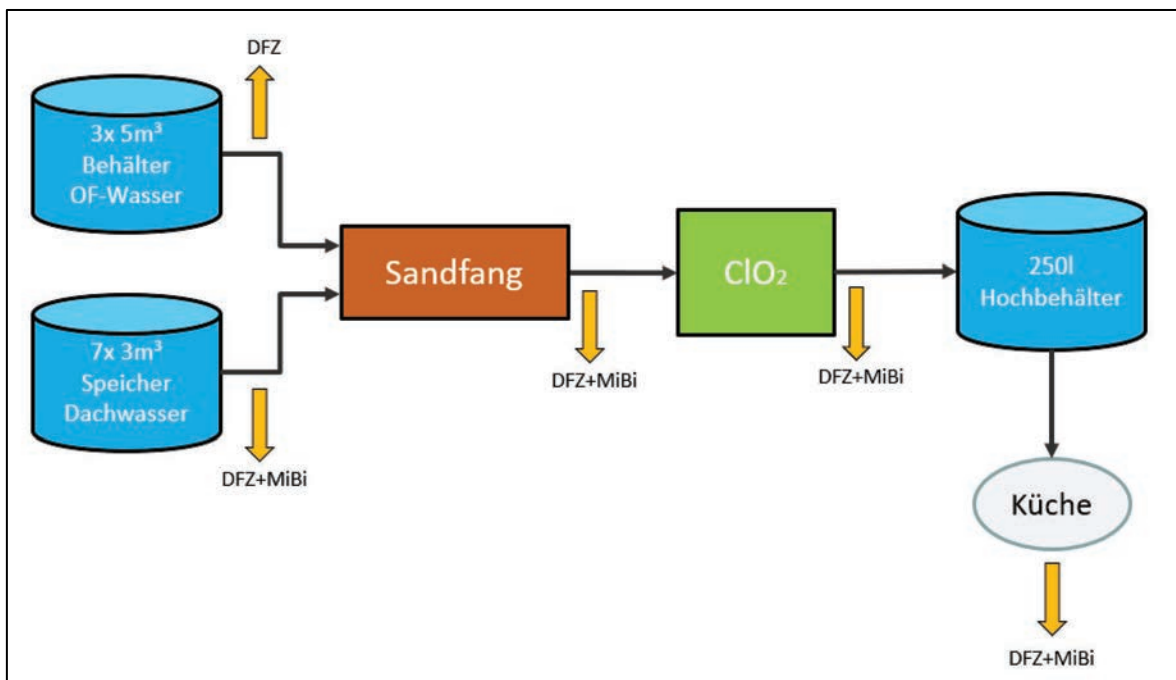


Abbildung 4-13: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte K

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-9 aufgelistet. Dabei zeigt sich, dass aufgrund der niedrigeren Leitfähigkeit im Regenspeicher die Hütte vermutlich aus dem Oberflächenwasserbehälter gespeist wurde. Zwischen Sandfang und Küche zeigt sich eine leichte Absenkung des pH-Wertes welche auf die Zugabe des Chlordioxid zurückgeführt werden kann. Auffällig ist der starke Temperaturanstieg im Versorgungssystem, der entweder auf Stagnation und/oder schlechte Isolierung schließen lässt.

Tabelle 4-9: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte K

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
OF-Behälter	-	-	-	-	-
Regenspeicher	11,1	89	8,2	244	-
Nach Sandfang	10,1	144	8,2	246	-
Nach ClO ₂	17,6	144	8,0	246	-
Küche	27,5	150	8,0	244	-

In Abbildung 4-14 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte K dargestellt. Im Regenwasserspeicher konnten mit Ausnahme der Enterkokken, die an keiner Stelle vorkamen, alle spezifischen Organismen, vor allem aber E. coli und coliforme Bakterien in stark erhöhter Zahl nachgewiesen werden. Bereits unmittelbar nach dem Sandfang gehen die Koloniezahlen zurück – wobei die vor-Ort-Parameter eher darauf hindeuten, dass das Wasser des Regenwasserspeichers zum Zeitpunkt der Beprobung nicht für die Versorgung der Hütte verwendet wurde. Unmittelbar nach Chlordioxid-Zugabe konnte keiner dieser Organismen nachgewiesen werden, in der Küche befand sich 1 KBE P. aeruginosa, die möglicherweise Biofilmen im Leitungssystem entstammt.

Ein ähnliches Bild stellt sich bei Betrachtung der KBE dar. Stark erhöhte Werte im Speicher, gefolgt von einer Reduktion im Sandfang und einer weiteren Reduktion nach Desinfektion.

Die Zellzahlen (TCC und ICC) unterstützen die oben beschriebenen Beobachtungen, weisen aber durchgehend ein ausgesprochen hohes Niveau dar (mehr als 1.500.000 TCC). Im Oberflächenwasserbehälter zeigt sich dabei ein noch höheres Vorkommen an bakteriellen Zellen als im Regenwasserspeicher, aber wiederum kommt es nach dem Sandfang zu einer deutlichen Reduktion der Zellzahlen. Durch die Abtrennung von Sedimenten und partikulären Stoffen im Sandfang geht also auch eine Reduktion der an diesen Stoffen anhaftenden Mikroorganismen einher. Vom Sandfang weg bleiben die Zellzahlen (TCC und ICC) auf einem ähnlichen, stark erhöhten Niveau. Ungewöhnlich ist, dass die Zugabe von Chlordioxid zu keiner nennenswerten Reduktion der Lebendzellzahlen (ICC) führt, wie das üblicherweise nach Chlorung zu beobachten ist. Möglicherweise kommt es zu einer frühzeitigen Zehrung des Chlors, welche auch das Auftreten vorhergehender mikrobiologischer Probleme erklären könnte.

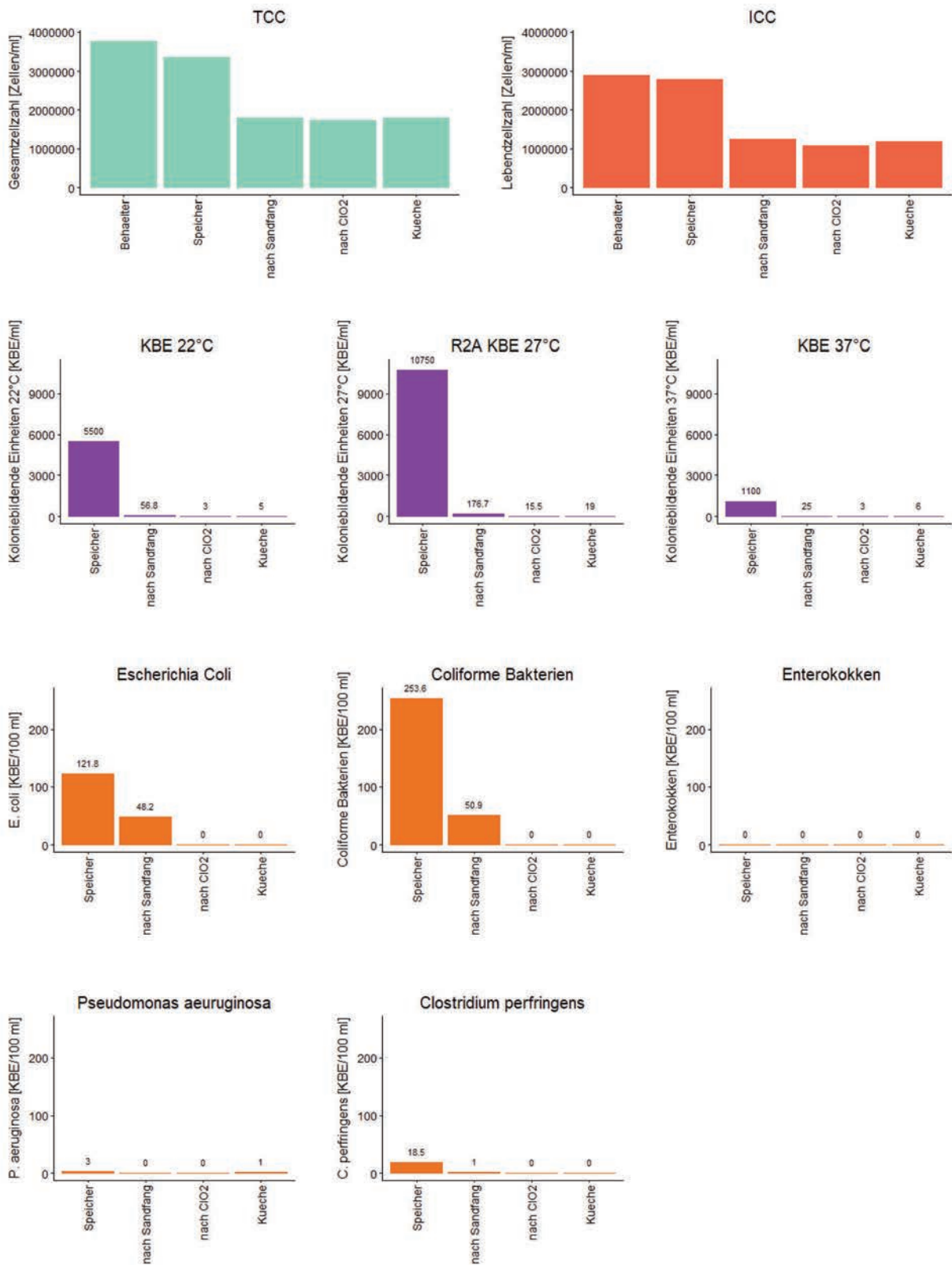


Abbildung 4-14: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte K

4.3.8 Hütte L

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 24.06.2019
- Höhe zwischen 2000m und 2200m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Wasserversorgung aus Regen- und Schmelzwasser
- Speichervolumen insgesamt 180m³
- TW-Versorgung mittels Flaschen

Zur Versorgung der Hütte wird einerseits Regenwasser über die Dachfläche bzw. eine Felswand gesammelt, und andererseits Oberflächen- bzw. Schmelzwasser über eine ca. 2,3km lange Leitung zur Hütte geleitet. Insgesamt stehen drei Tanks mit insgesamt 180m³ Speichervolumen zur Verfügung. Über einen Kiesfilter, und drei parallel betriebenen Aktivkohlefilter wird das Wasser zur ersten UV-Desinfektionsanlage geführt. Nach dem anschließenden Feinfilter wird ein Teil des Wassers direkt in einen der drei 1m³ Hochbehälter geleitet, während der Rest über eine Entsäuerungsanlage in den Hochbehälter gelangt.

Von diesen im Dachboden untergebrachten Hochbehältern wird das Wasser über eine zweite UV-Desinfektion in der Hütte verteilt. In der Küche wird das Wasser zum Kochen verwendet, aber nicht als Trinkwasser ausgegeben. Die Versorgung mit Trinkwasser wird über Flaschen sichergestellt.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-15 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

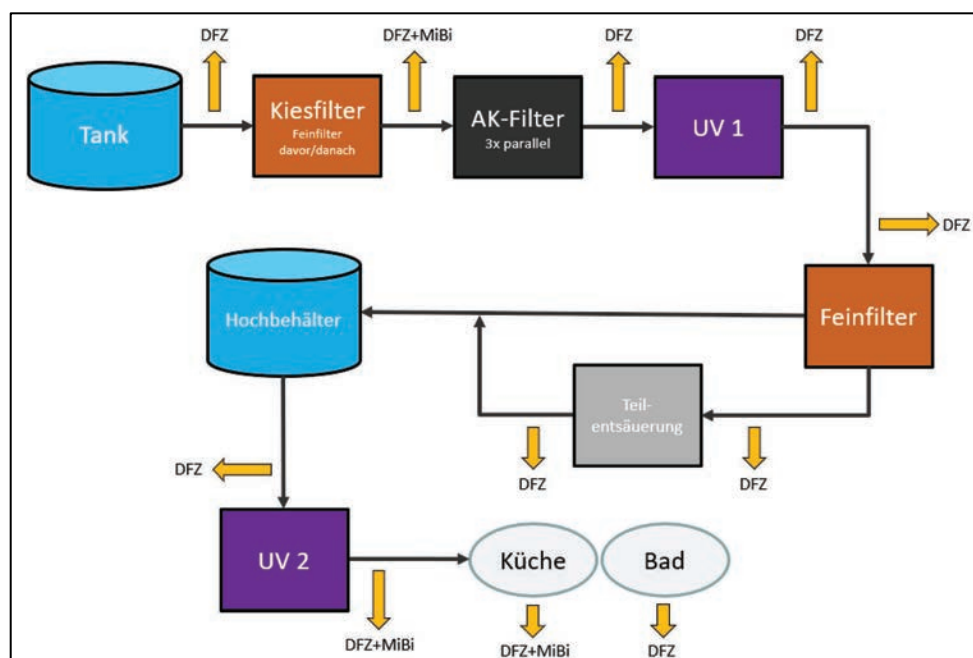


Abbildung 4-15: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte L

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-10 aufgelistet. Aufgrund der ausgesprochen niedrigen Leitfähigkeit ist zu vermuten, dass zum Zeitpunkt der Probenahme die Hütte vorwiegend mit Regenwasser versorgt wurde. Deutlich zu erkennen ist der Einfluss der Entsäuerung auf die Beschaffenheit des Wassers. So steigt die Leitfähigkeit und der pH-Wert durch die Entsäuerung über einen Kiesfilter deutlich an. Leider ist musste im Nachhinein eine fehlerhafte Kalibration der pH-Sonde festgestellt werden. Die angegebenen Messwerte sind etwa eine pH-Einheit zu hoch. Der Temperaturanstieg zwischen Feinfilter bzw. nach Entsäuerung und der Probenahmestelle vor UV 2 lässt sich auf die Speicherung in den Hochbehältern zurückführen.

Tabelle 4-10: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte L

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S/cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Wassertank	9,6	9,1	7,09*	213	10:10
Nach Kiesfilter	7,1	8,8	7,23*	198	09:30
Vor UV1	6,9	9,3	6,83*	173	09:20
Nach UV1	7,2	7,6	7,05*	156	09:15
Vor Feinfilter	8,0	8,9	7,05*	220	09:40
Vor Entsäuerung	7,0	8,5	7,03*	201	09:36
Nach Entsäuerung	7,0	19,8	9,02*	139	09:34
Vor UV2	10,4	24,8	8,89*	133	08:43
Nach UV2	12,0	24,8	8,79*	143	08:36
Küche	13,2	24,8	8,65*	147	08:10
WC	12,8	25,0	8,71*	162	09:55

*Kalibration möglicherweise fehlerhaft

In Abbildung 4-16 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte L dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die spezifischen mikrobiologischen Parameter (E. coli, coliforme Bakterien, Enterokokken, P. aeruginosa, C. perfringens) an keiner Stelle nachgewiesen werden konnten. Betrachtet man die KBE bei 22°C sieht man eine starke Belastung unmittelbar nach dem Kiesfilter, was durchaus typisch für Filteranlagen ist. Nach der zweiten UV-Bestrahlung finden sich nurmehr geringe Mengen, die aber zur Abgabestelle hin geringfügig zunehmen. Ein ähnliches Bild, aber mit etwas höheren Werten, zeigt sich bei den KBE bei 27°C, welche auf reaktivierendem R2A-Agar aufwachsen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Durchflusszytometrie, fällt auf, dass vom Wassertank bis nach der ersten UV-Desinfektion eine kontinuierliche Abnahme der Gesamtzellzahl (TCC) zu erkennen ist. Vor dem Feinfilter kommt es zu einer geringfügigen Erhöhung der Zellzahlen (TCC und ICC) welches bis unmittelbar vor der zweiten UV-Desinfektion anhält. Nach der zweiten UV-Anlage kommt es zu einer deutlichen Reduktion der Zellzahlen (TCC und ICC), was auf eine Desintegration der Zellen durch eine starke UV-Bestrahlung schließen lässt. Bis zu den Abgabestellen ist in weiterer Folge eine geringe Erhöhung,

insbesondere der Lebendzellzahlen zu erkennen, welche auf eine leichte Wiederverkeimung im Verteilungssystem der Hütte hindeutet.

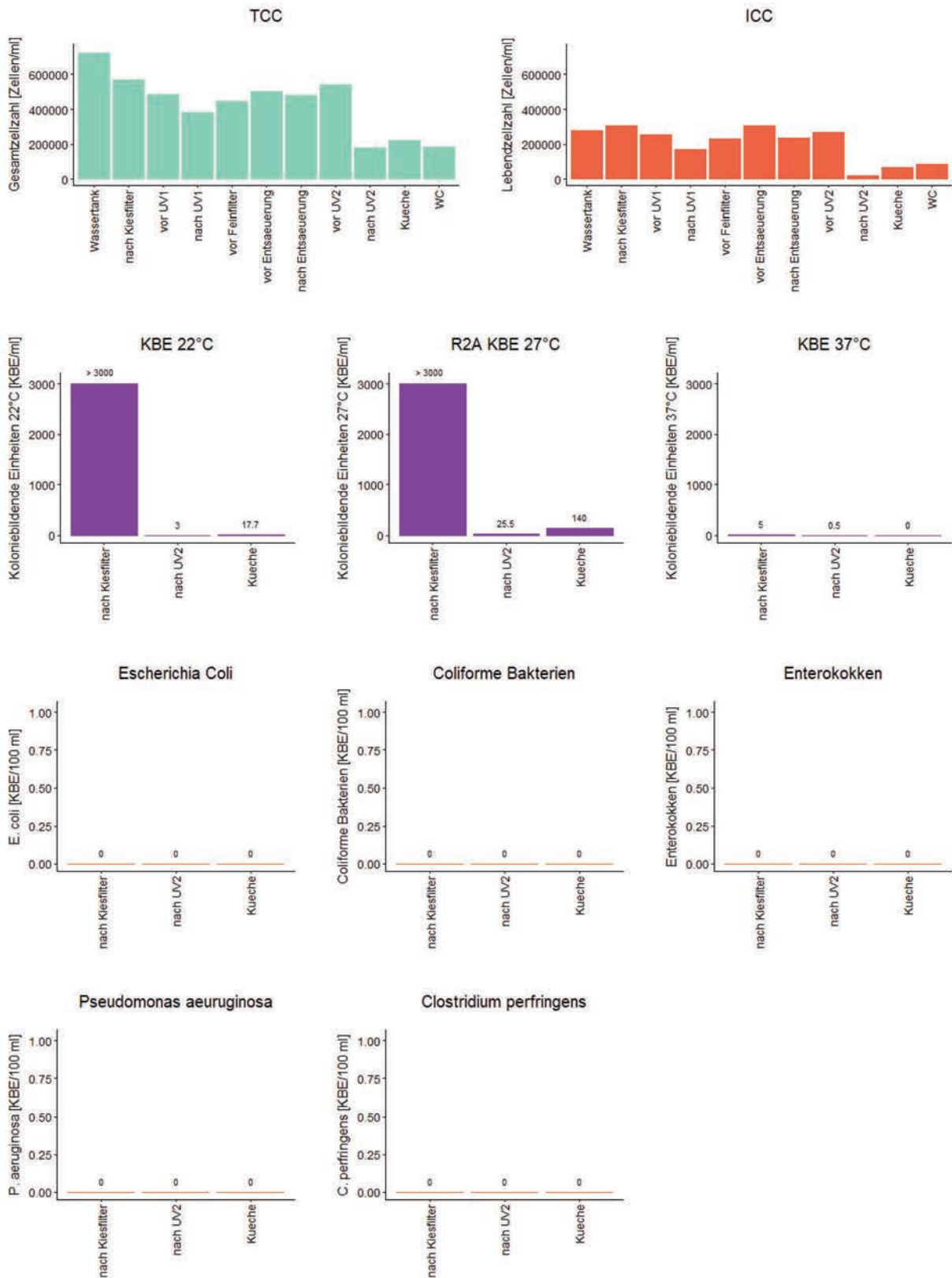


Abbildung 4-16: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte L

4.3.9 Hütte M

Eckdaten zur Hütte:

- Beprobung am 23.07.2019
- Höhe zwischen 2200m und 2400m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Wasserversorgung aus zwei Quellen
- Speichervolumen insgesamt 4m³

Zur Versorgung der Hütte stehen zwei Quellen zur Verfügung, wobei eine Quelle ausschließlich für Betriebswasser genutzt wird. Da die Betriebswasserversorgung zum Zeitpunkt der Probenahme beschädigt war, findet zurzeit die gesamte Wasserversorgung über die zweite Quelle statt, welche üblicherweise für die Trinkwasserversorgung genutzt. Zum Zeitpunkt der Begehung befand sich die Fassung einer dritten Quelle in Bau.

Um Engpässe bei erhöhten Besucherzahlen abfedern zu können, wurden im Freien hinter der Hütte provisorische Kunststofftanks (4x 1m³ IBC – intermediate bulk container) als Speicher genutzt. Von dort gelangt das Wasser in den Keller, wo es nach Zugabe von Chlordioxid direkt zu den Abgabestellen gelangt. (Durch die direkte Weiterleitung nach Zugabe des Chlordioxids, ist es wahrscheinlich, dass zumindest bei erhöhtem Verbrauch die mindestens sicherzustellende Einwirkzeit von 15 Minuten nicht eingehalten werden kann.)

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 4-17 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

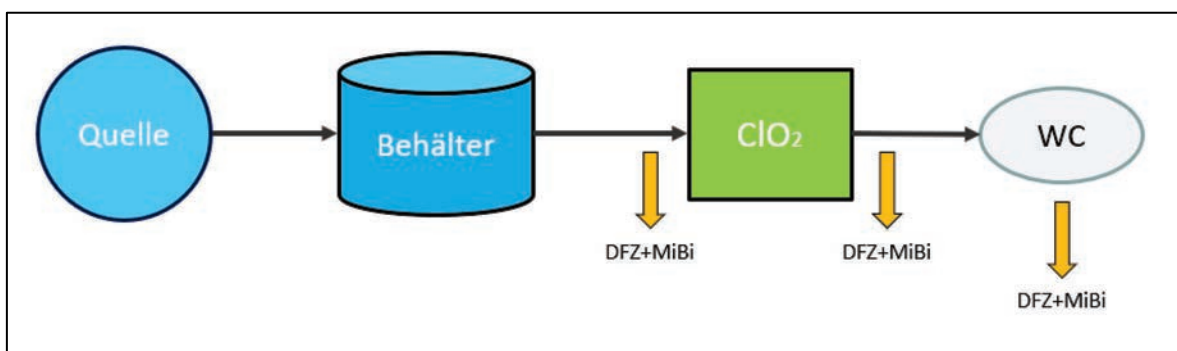


Abbildung 4-17: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte M

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 4-11 aufgelistet. Dabei konnten diese leider nur unmittelbar vor und nach Chlordioxidzugabe erfasst werden. Abgesehen vom Redoxpotential zeigt sich keine nennenswerte Veränderung. Die Zunahme des Redoxpotentials ist auf die Zufuhr von Chlordioxid als Oxidationsmittel zurückzuführen. Die Vor-Ort-Parameter der Quelle sind jene der - außer Betrieb befindlichen - Quelle für die Versorgung mit Betriebswasser. Eine Probenahme der Trinkwasserquelle war leider nicht möglich.

Tabelle 4-11: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte M

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Redox [mV]	Zeit
Obere Quelle	6,3	215	8,2	125	-
Vor ClO ₂	11,2	181	7,65	243	-
Nach ClO ₂	11,0	184	7,75	468	-
WC	-	-	-	-	-

In Abbildung 4-18 sind die mikrobiologischen Ergebnisse der Hütte M dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die spezifischen mikrobiologischen Parameter (E. coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken, P. aeruginosa, C. perfringens) an keiner Stelle nachgewiesen werden konnten.

Betrachtet man die KBE und die durchflusszytometrischen Ergebnisse, stellt sich für diese beiden Parameter ein vergleichbares Bild dar. Durch die Chlordioxidzugabe kommt es zu einer starken Reduktion der KBE bei 22°C bzw. 27°C, welche bis zur Entnahme am WC nahezu gleichbleibt. Es ist zu sehen, dass die Gesamtzahl an bakteriellen Zellen (TCC) vor und nach Chlordioxidzugabe nahezu unverändert bleibt, aber der Anteil an lebendigen Zellen (ICC) stark abnimmt – ein Muster das häufig bei Chlorung zu erkennen ist.

Es ist darauf hinzuweisen, dass trotz fehlender Sicherstellung der Einwirkzeit von 15 Minuten, die Chlordioxid benötigt um eine sichere Desinfektion zu gewährleisten, keine Überschreitungen der mikrobiellen Parameter bzw. Indikatorparameter festgestellt wurde. Dieser Umstand kann darin begründet sein, dass durch Stagnation sehr wohl mehr als 15 Minuten Einwirkzeit stattgefunden haben, dass die kürzere Einwirkzeit ausreichend war, dass die untersuchten Mikroorganismen bereits in der Ressource unterhalb der Grenzwerte lagen, oder dass bei der Probenahme die Zugabe von Natrium-Thiosulfat zur Inaktivierung des Chlordioxids zu spät erfolgt ist.

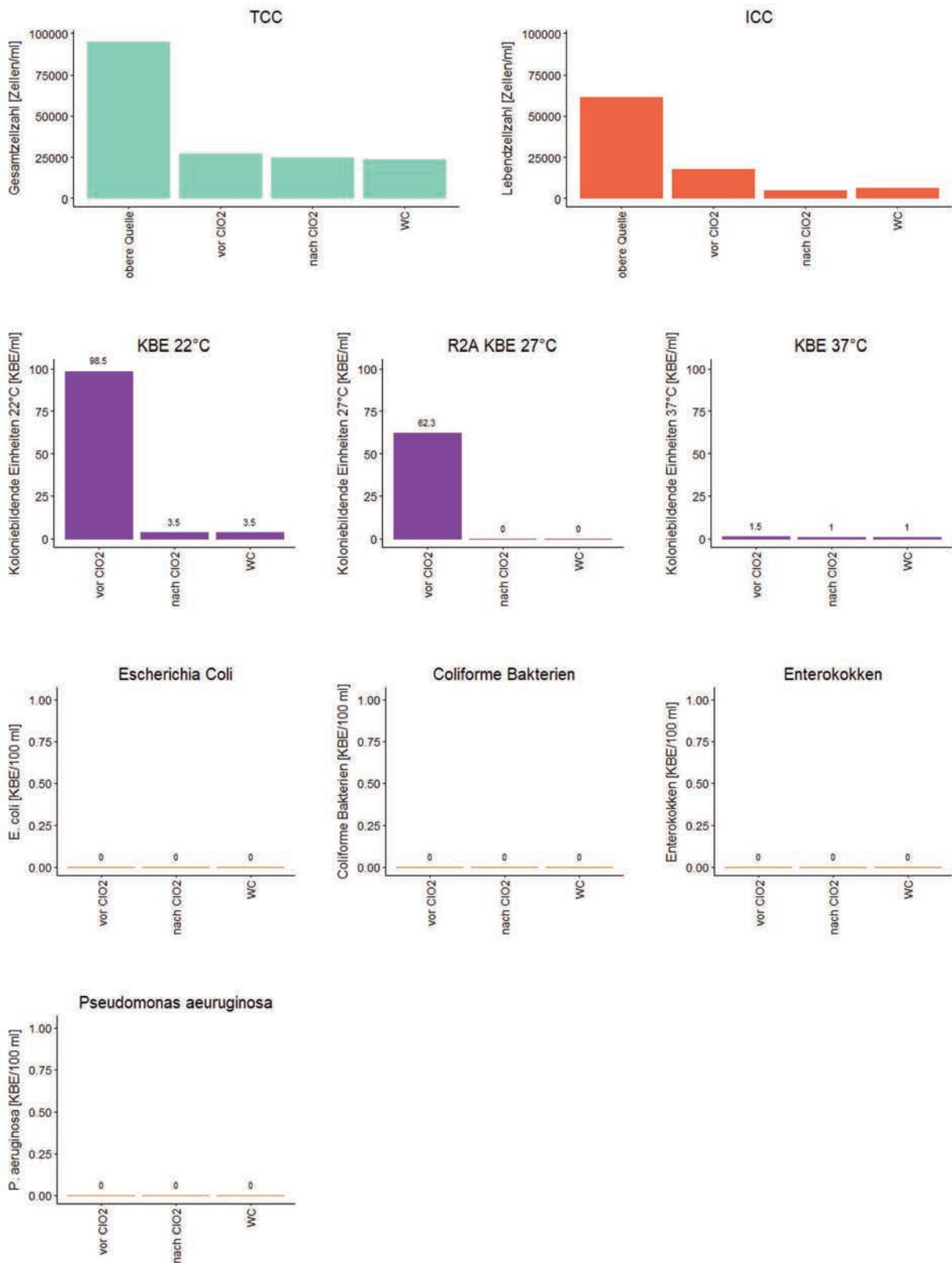


Abbildung 4-18: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte M

4.4 Kontinuierliche Beprobungen

Hütte N

Von 20. Juli bis 11. September wurden von einer Hütte in Bayern tägliche Proben für die Durchflusszytometrie entnommen. Diese Proben wurden anschließend gesammelt gelagert, und einmal wöchentlich per Kurierdienst nach Wien in das mikrobiologische Labor des Institutes für Siedlungswasserbau transportiert.

Folgende Daten der Hütte stehen zur Verfügung:

- Höhe zwischen 2000m und 2200m
- Bewirtschaftung Juni bis Oktober
- Wasserversorgung aus Quelle und Oberflächenwasser
- Aufbereitung mit Mikrofiltration und UV-Desinfektion
- Speichervolumen insgesamt 8,5m³

Die genannten Proben wurden vom Rohwasser bzw. unmittelbar nach UV-Desinfektion entnommen. Die Untersuchung mittels Durchflusszytometrie wurde wie in Kap. 4.2 beschrieben durchgeführt. In Abbildung 4-19 sind die Ergebnisse der durchflusszytometrischen Messungen dargestellt. Neben den Zellzahlen ist die Transportzeit der Probe bis ins Labor farblich dargestellt. Proben, die mit blaufarbenen Punkten dargestellt sind, wurden nach maximal 3 Tagen, Proben mit rotfarbenen Punkten erst nach mehr als 10 Tagen mittels Durchflusszytometrie gemessen.

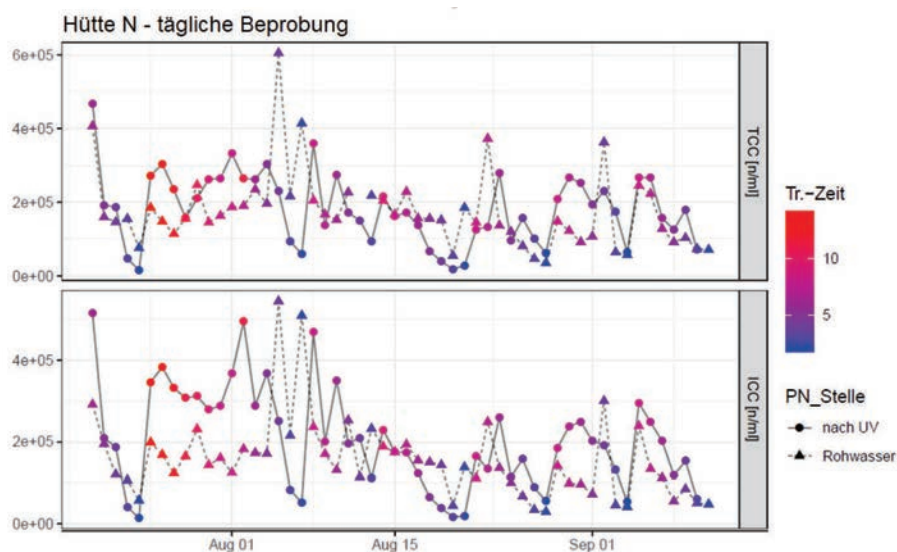


Abbildung 4-19: Ergebnisse der durchflusszytometrischen Untersuchungen der täglichen Proben auf Hütte N

Interessanterweise sind die Lebendzellzahlen (ICC) nahezu ident, bzw. teilweise sogar höher als die Gesamtzellzahlen (TCC), was auf biologisch sehr aktive Proben hindeutet. Außerdem ist es sehr ungewöhnlich, dass die Zellzahlen im Rohwasser (vor UV) niedriger als nach UV-Desinfektion sind.

Leider zeigt sich, dass die Transportzeit ins Labor einen weitaus größeren Einfluss genommen hat als ursprünglich angenommen. Dieser Umstand ist noch einmal weitaus deutlicher in Abbildung 4-20 zu erkennen, wo die gleichartige Färbung vorgenommen wurde. Es ist zu erkennen, dass ein klarer Zusammenhang zwischen Zellzahlen und Transportzeit vorliegt – je länger eine Probe bis ins Labor gebraucht hat, desto höher sind die vorliegenden Zellzahlen. Durch den längeren Transport aus Bayern nach Wien mitten im Hochsommer kamen die Proben zum Teil mit mehr als 25°C Temperatur im Labor an. In vergangenen Projekten konnte bei durchgehender Kühlung bei 4°C eine Lagerungsfähigkeit durchflusszytometrischer Proben von mehr als 7 Tagen vermerkt werden.

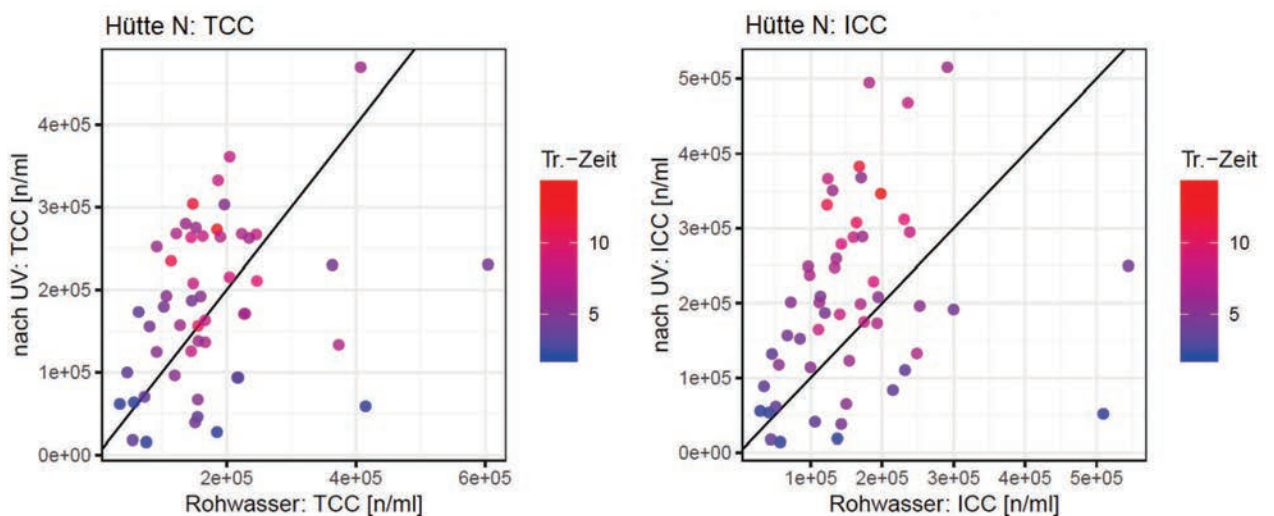


Abbildung 4-20: Zusammenhang zwischen Transportzeit und Zellzahlen bei den Proben von Hütte N

Dieser starke Zusammenhang zwischen Transportzeit und Zellzahl, der auf eine mikrobiologische Aktivität in den Proben hindeutet, kann auch die Diskrepanz zwischen Rohwasser und nach UV-Desinfektion erklären. So bewirkt die Bestrahlung mit UV-Licht einerseits einen gewissen Aufschluss organischer Substanzen, und andererseits eine Inaktivierung von Mikroorganismen, die in weiterer Folge für die verbliebenen aktiven Mikroorganismen als Nahrungsgrundlage dienen, und damit zu einem vermehrten Wachstum in der Probe führen können.

Probiert man zumindest die Zellzahlen der blau eingefärbten Messpunkte zu interpretieren, lässt sich eine Schwankung im Rohwasser, vielleicht bedingt durch einen Wechsel der maßgeblichen Ressource erkennen, während nach UV-Behandlung ein recht gleichmäßig niedrigeres Niveau an Zellen zu erkennen ist – möglicherweise kommt es durch die Mikrofiltration bereits zu einer Vereinheitlichung der Zellzahlen.

Hütte O

Von 08. August bis 24. Oktober wurden von einer weiteren Hütte in Bayern wöchentliche Proben für die Durchflusszytometrie entnommen. Diese Proben wurden anschließend

gesammelt gelagert, und gemeinsam mit den Proben von Hütte N per Kurierdienst nach Wien in das mikrobiologische Labor des Institutes für Siedlungswasserbau transportiert.

Folgende Daten der Hütte stehen zur Verfügung:

- Höhe zwischen 1600m und 1800m
- Bewirtschaftung nahezu ganzjährig

Leider stehen zu Hütte N keine weiteren Informationen – insbesondere zur Wasserversorgung zur Verfügung. Die Proben wurden vor und nach Aufbereitung entnommen. In Abbildung 4-21 sind die Ergebnisse der durchflusszytometrischen Messungen dargestellt. Der oben beschriebene Zusammenhang zwischen Transportzeit und Zellzahl scheint bei Hütte N nicht ganz so stark ausgeprägt zu sein – die Proben konnten auch spätestens nach 5 Tagen im Labor gemessen werden.

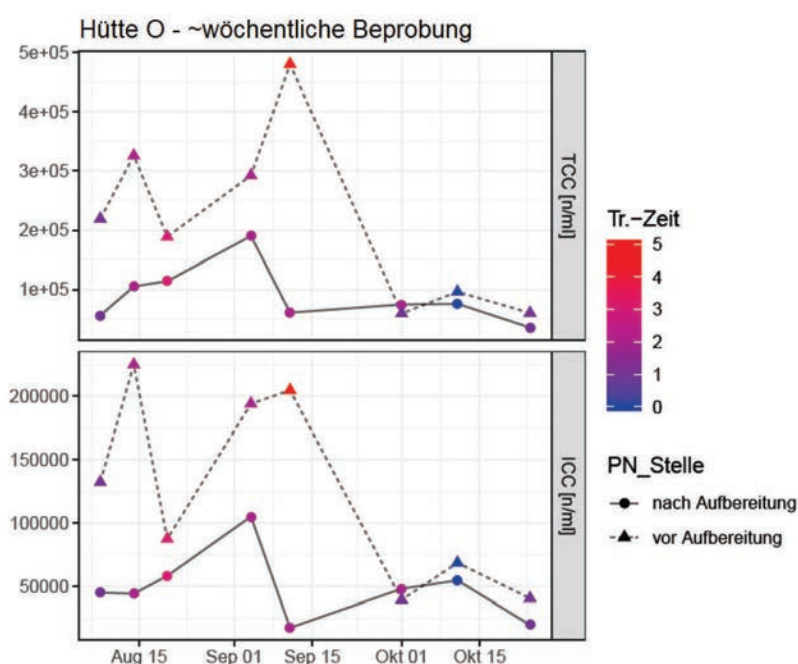


Abbildung 4-21: Ergebnisse der durchflusszytometrischen Untersuchungen der wöchentlichen Proben auf Hütte O

Die Untersuchungen zeigen, dass durch die Aufbereitung auf der Hütte eine nennenswerte Reduktion der Zellzahlen (TCC und ICC) zu erkennen ist. Die Proben vor Aufbereitung, die im August und September gezogen wurden, weisen deutlich höhere Zellzahlen auf als jene aus dem Oktober. Weiters ist ein durchgehend ein annähernd konstantes Verhältnis von lebenden zu Gesamtzellen von etwa 0,5 zu erkennen.

Eine weiterführende Interpretation der Ergebnisse ist ohne Kenntnis über die Betriebszustände während den Probenahmen und den Gegebenheiten vor Ort leider nicht möglich.

4.5 Zusammenfassung

Je nach örtlichen Gegebenheiten und Wasserdargebot bzw. Wasserbedarf müssen die Wasserversorgungssysteme von alpinen Schutzhütten auf die spezifischen Erfordernisse angepasst werden. Aus diesem Grund stellen diese Systeme ausgesprochen vielfältige und diverse Anlagen dar.

Im Rahmen dieses Projektes wurden 9 Schutzhütten für umfangreiche Untersuchungen herangezogen, die möglichst viele Arten von Ressourcentypen (Dach- bzw. Schmelzwasser, Quellwasser, Oberflächenwasser), einfache und komplexe Aufbereitungssysteme, verschiedenen Desinfektionsmaßnahmen (keine, UV, ClO₂) und Speichersysteme (Rohwasser, Trinkwasser) umfassen sollten. Darüber hinaus sollte eine möglichst umfassende Diversität in Lage (Staat, bzw. Bundesland) und Vereinszugehörigkeit geschaffen werden.

Die ausgewählten Hütten spiegeln nur einen Bruchteil aller möglichen Versorgungssysteme wider, dennoch sollen im Folgenden Aspekte angeführt werden, die vermehrt beobachtet wurden und als Grundlage für die Erstellung der Handlungsempfehlungen dienen:

Auf den meisten Hütten mangelt es an geeigneten **Probenahmestellen** entlang der Versorgungskette. Insbesondere im Falle einer Grenzwertüberschreitung und einer im Zuge dessen durchgeführten **Ursachenforschung** ist es unumgänglich, an jeder Stelle, die eine Veränderung der Wasserqualität bewirken kann, eine repräsentative Probe ziehen zu können. Das umfasst insbesondere Quellfassungen, Speicher- bzw. Behälterzu- und Behälterabläufe, Aufbereitungsschritte, Desinfektionsanlagen und Abgabestellen.

Es wurden, vor allem durch durchflusszytometrische Messungen, aber auch bei den KBE, immer wieder **Wiederverkeimungen** in den Versorgungssystemen festgestellt. Diese wurden oftmals **in den Verteilungen im Haus**, aber auch **vermehrt in den Behältern** festgestellt. Diese führten zum Teil zu einer Überschreitung, oder zumindest zu einem Nahekommen an die Grenzwerte für KBE bei 22°C der österreichischen TrinkwV.

Abgesehen von einigen Ausnahmen wurden an Abgabestellen, aber auch oftmals schon in der Ressource keine Indikatororganismen nachgewiesen. An jenen Abgabestellen wo Indikatoren nachweisbar waren, war „Kein Trinkwasser“ ausgeschildert. Eine **unmittelbare Gefährdung der Tagesgäste oder der Mitarbeiter** scheinen daher **unwahrscheinlich**.

Bei der Verwendung von **UV-Bestrahlung zur Desinfektion** wurde mittels Durchflusszytometrie vermehrt eine Desintegration bakterieller Zellen festgestellt, die in dieser Form selten bei UV-Anlagen größerer Versorgungssysteme beobachtet wurde. Daraus ergibt sich zwar keine hygienische Gefährdung, aber es lässt auf einen **ineffizienten Betrieb** schließen, da die **Bestrahlungsintensität viel zu hoch zu sein scheint**. Dieser Umstand kann auf eine Dimensionierung der Anlage auf (nur vereinzelt erreichte) Spitzenverbrauchswerte zurückzuführen sein.

In einer Hütte wurde nach Zugabe von Chlordioxid die **vorgesehene Einwirkzeit** (mindestens 15 Minuten) **nicht sichergestellt**. Dieser Umstand kann zu einer mangelnden Desinfektionsleistung führen, und ist daher unbedingt zu vermeiden. Bei der Verwendung von Chlor zur Desinfektion ist es daher unumgänglich, einen **kleinen Behälter nachzuführen**, der auch bei Spitzenverbräuchen die Mindesteinwirkzeit (bis zu 30 Minuten) garantieren

kann. Außerdem ist unbedingt darauf zu achten, dass eine **Messung des Restchlorgehaltes nach Desinfektion erst nach der vollen Einwirkzeit** stattfindet.

Aufgrund der zum Teil gravierenden Wasserknappheit auf Schutzhütten ist die Bevorratung und Speicherung von Wasser oftmals unumgänglich. Aber wegen der beobachteten Wiederverkeimung sollte die Aufenthaltsdauer von Trinkwasser (bzw. aufbereitetem und desinfiziertem Wasser) in Speichern möglichst kurzgehalten werden. Insbesondere bei der Anwendung von UV-Bestrahlung zur Desinfektion besteht kein nachwirkender Schutz vor Wiederverkeimung wie er z.B. beim Einsatz von Chlorsubstanzen gegeben ist. In solchen Fällen, und insbesondere bei langen Aufenthaltszeiten im Behälter scheint es daher ratsam zu sein, die **Bevorratung rohwasserseitig und vor der Desinfektion** anzulegen.

5 Literaturverzeichnis

- Abegglen, Christian (2004): Übersicht Abwasserentsorgungssysteme in SAC-Hütten. Teilprojekt des SAC-Projektes „Vom Plumpsklo zur umweltverträglichen Abwasserentsorgung“. Hg. v. Eawag. Eawag, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- Albold, Andrea; Cordt, Gerhard (2009): Membrananlagen zur Abwasserreinigung auf Hütten im alpinen Bereich. Abschlussbericht. Gefördert durch die DBU. Hg. v. DBU und OtterWasser GmbH. Lübeck.
- Amor, Gunnar (2020): Wassersparmaßnahmen. Unter Mitarbeit von DAV, ÖAV und DBU. Benediktbeuern (Wege- und Hüttenfachsymposium 2020), zuletzt aktualisiert am 2020, zuletzt geprüft am 25.08.2020.
- Amt der Oö. Landesregierung (Hg.) (2018): Trinkwasserversorgung aus Tankfahrzeugen und anderen Behältern, zuletzt geprüft am 23.02.2021.
- Bartel, Hartmut; Rickert, Bettina; Schmoll, Oliver (2013): Gesundes Trinkwasser aus eigenen Brunnen und Quellen. Empfehlungen für Betrieb und Nutzung. 2. Auflage. Hg. v. UBA, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- Bay. LfU (2008): Untersuchungen zur Entfernung von Uran aus Trinkwasser, zuletzt geprüft am 20.11.2020.
- BMASGK (2021): Codexkapitel des Österreichischen Lebensmittelbuches IV. Auflage - KVG, zuletzt aktualisiert am 11.02.2021, zuletzt geprüft am 11.02.2021.
- BMC (2018): Guidelines for Hut Managers. No. 10.2 - Private Water Supplies – 2. Scotland. Hg. v. BMC, zuletzt geprüft am 30.08.2020.
- BMG (2009): Leitlinie für eine gute Hygienepaxis in Schutzhütten in Extremlage (einfache Bergsteiger-Unterkünfte im Gebirge) sowie in saisonal bewirtschafteten Almen, zuletzt geprüft am 18.02.2020.
- BMG; UBA (2013): Leitlinien zum Vollzug der §§ 9 und 10 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), zuletzt geprüft am 01.12.2020.
- BMLFUW (2005): Quellbeobachtung im Hydrographischen Dienst in Österreich. Mitteilungen des Hydrographischen Zentralbüros, Heft 70, zuletzt geprüft am 11.11.2020.
- BMLFUW (2006): 3. AEVKA BGBl. II Nr. 249/2006, zuletzt geprüft am 22.09.2020.
- Bross, Lisa; Wienand, Ina; Krause, Steffen (2019): Sicherheit der Trinkwasserversorgung. Teil 2: Notfallvorsorgeplanung. Grundlagen und Handlungsempfehlungen für Aufgabenträger der Wasserversorgung in den Kommunen (Praxis im Bevölkerungsschutz, 15).
- Connecticut DPH (2010): Technical Guidelines Determining Disinfection CT When Using Chlorine For Disinfection of Groundwater Sources of Supply. 2. Aufl. Hg. v. State of Connecticut Department of Public Health, zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- DAV (2015): Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen und Herausforderungen. Broschüre zum DAV-Projekt „Klimafreundlicher Bergsport“, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. Hg. v. DAV. Online verfügbar

unter http://www.alpenverein.de/natur-umwelt/klimaschutz/klimawandel-im-alpenraum_aid_16469.html.

- SVGW Empfehlung W1016d: Desinfektion und Abtrennung von Mikroorganismen durch Membranfiltration in der Trinkwasseraufbereitung, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- DVGW twin 05, 2009: Desinfektion von Trinkwasser-Installationen zur Beseitigung mikrobieller Kontaminationen, zuletzt geprüft am 14.09.2020.
- DGUV (2017): DGUV Information 203-086 „Chlorung von Trinkwasser“. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- DIN 1988-2 (2012): Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen. Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW.
- DIN 2001-1 (2007): DIN 2001-1: Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen - Teil 1: Kleinanlagen - Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen. Mai 2007. Berlin: Beuth (Technische Regel des DVGW, DIN 2001-1, Beiblatt 1).
- Donegani, E.; Zotti, C.; Ditommaso, S.; Stefanetti, M.V. (2010): Empfehlungen der medizinischen Kommission der UIAA, Nr. 19, Legionellen in Berghütten Empfehlung zur Prävention von Legionelleninfektionen. Für Personen, die Berghütten betreiben oder für die Hygiene in derartigen Einrichtungen verantwortlich sind. Hg. v. UIAA. Bern.
- DVGW W 202 (2010): Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung.
- DVGW W 294-1 (2006): UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung. Teil 1: Anforderungen an Beschaffenheit, Funktion und Betrieb.
- DVGW W 294-2 (2006): UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung. Teil 2: Prüfung von Beschaffenheit, Funktion und Desinfektionswirksamkeit.
- DVGW Arbeitsblatt W 249, 2012: Entfernung von Arsen, Nickel und Uran bei der Wasseraufbereitung, zuletzt geprüft am 21.05.2021.
- Farreny, Ramon; Morales-Pinzón, Tito; Guisasola, Albert; Tayà, Carlota; Rieradevall, Joan; Gabarrell, Xavier (2011): Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. In: *Water research* 45 (10), S. 3245–3254. DOI: 10.1016/j.watres.2011.03.036.
- Fehr, Günter (2013): Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum - Abwasserentsorgung: Bauhaus-Universität Weimar.
- Feurich, Hugo (1997): Wasser - und Energieeinsparung in der Sanitärtechnik. Aspekte der Hygiene, Funktion und Nutzung, der Baukosten und der Wirtschaftlichkeit. In: *IKZ-Haustechnik* (10), S. 74. Online verfügbar unter <https://www.ikz.de/ikz-archiv/1997/10/9710074.php>, zuletzt geprüft am 22.08.2020.
- Flanagan, C. P.; Randall, D. G. (2018): Development of a novel nutrient recovery urinal for on-site fertilizer production. In: *Journal of Environmental Chemical Engineering* 6 (5), S. 6344–6350. DOI: 10.1016/j.jece.2018.09.060.

- Fleischer, Jens (2009): Informationen für die Trinkwasserversorgung aus Tankfahrzeugen und anderen Behältern. Hg. v. Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- Frei, Christoph; Schmidli, Jürg (2006): Das Niederschlagsklima der Alpen: Wo sich Extreme nahe kommen. In: *promet* 32 (1/2), S. 61–67, zuletzt geprüft am 31.10.2020.
- Friedmann, L.; Herb, Stefan; Höbel, W.; Höller, C.; Kaschube, M.; Lessig, U. et al. (2007): Untersuchungen zum Vorkommen von Uran im Grund- und Trinkwasser in Bayern, zuletzt geprüft am 20.11.2020.
- GEH-Wasserchemie (2021): Reinigung von Niederschlagswasser | GEH Wasserchemie. Online verfügbar unter <https://www.geh-wasserchemie.com/de/anwendungen/niederschlagswasser/>, zuletzt aktualisiert am 21.05.2021, zuletzt geprüft am 21.05.2021.
- Gikas, Georgios D.; Tsihrintzis, Vassilios A. (2012): Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. In: *Journal of Hydrology* 466-467, S. 115–126. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.08.020.
- Hagedorn-Rubbert, Tim; Treskatis, Christoph; Moshage, Mathrin; Sonnenburg, Alexander; Urban, Wilhelm; Brenda, Marian (2014): Konstruktive Optimierung von Trinkwasser-Quellfassungen im hydrologisch und ökologisch sensiblen Umfeld mit Hilfe der CFD-Modellierung (Computational Fluid Dynamics), zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- Humer, Franko; Wemhöner, Uta; Philippitsch, Ralph; Elster, Daniel; Schubert, Gerhard; Kaminsky, Elvira-Florina et al. (2019): Uran im Grundwasser. Endbericht zum DaFNE-Forschungsprojekt Nr. 101204. Hg. v. BMNT, zuletzt geprüft am 09.12.2020.
- Jekel, Martin (2009): Uranentfernung in der Trinkwasseraufbereitung. Schlussbericht zum Verbundprojekt - W 4/02/04-A, zuletzt geprüft am 20.11.2020.
- Kapelari, Peter; Unterberger, Georg; Kolbitsch, Robert; Wankerl, Xaver; Kiss, Remo (2015): VADEMECUM 2015. Rechtliche Rahmenbedingungen bei Schutzhütten der Kategorie I in Österreich. Hg. v. ÖAV und DAV, zuletzt geprüft am 24.08.2020.
- König, Klaus (2008): Regenwassernutzung von A - Z. Teil 2: Planung einer modernen Regenwassernutzungsanlage, zuletzt geprüft am 21.08.2020.
- Krause, Steffen (2012): Ultrafiltration für kleine Trinkwasseraufbereitungsanlagen. Empfehlungen zu Planung und Betrieb. München: Oldenbourg Industrieverl. (Edition GWF).
- Krause, Steffen (2017): Partikelentfernung durch den Einsatz von Filtrationsverfahren. DVGW-Wassertreff Hof, 11.05.2017.
- Land Kärnten (2005): Betriebs- und Wartungsbuch für private Hausbrunnen und Quellen, zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- Land Salzburg (2014): Trinkwasserbrunnen und Quellen - Prüfung, Wartung, Sanierung und Untersuchung, zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- Land Steiermark (2016): Hausbrunnen und Quellen. Tipps und Informationen zu Hausbrunnen und privaten Quellfassungen, zuletzt geprüft am 17.08.2020.

- Lee, Ju Young; Bak, Gippeum; Han, Mooyoung (2012): Quality of roof-harvested rainwater--comparison of different roofing materials. In: *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 162, S. 422–429. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.12.005.
- DVGW-Information Wasser Nr. 92, 2019: Leitfaden für die Erstellung eines Handbuchs zur Organisation des technischen Betriebs eines Trinkwasserversorgers, zuletzt geprüft am 12.02.2021.
- Lieb, Gerhard Karl (2020): Der Klimawandel und seine Folgen. DAV; ÖAV; DBU, 14.02.2020, zuletzt geprüft am 25.08.2020.
- Lippuner, Uli (2018): Quellwasser als natürliche Ressource. Technische und bauliche Rahmenbedingungen zur Quelfassung : ein praktischer Leitfaden. 1. Auflage.
- Maioni, Enrico (2019): Water, a precious resource! Online verfügbar unter <https://www.guidedolomiti.com/en/miscellaneous/water-is-in-short-supply/>, zuletzt aktualisiert am 18.08.2019, zuletzt geprüft am 22.08.2020.
- Maniak, Ulrich (2010): Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. 6., neu bearb. Aufl. Berlin: Springer.
- Meier, Rolf (2011): Quellensanierung Erfahrungsbericht aus Sicht des Betreiber-Brunnenmeisters. Schweizerischer Brunnenmeisterverband - Weiterbildungskurse 2011, zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- MEIKO (2020): Wasserverbrauch in der Gastronomie - MEIKO. Online verfügbar unter <https://www.meiko.de/de/magazin/tipps-zum-wasserverbrauch-in-der-gastronomie/>, zuletzt aktualisiert am 22.08.2020, zuletzt geprüft am 22.08.2020.
- Mendez, Carolina B.; Klenzendorf, J. Brandon; Afshar, Brigit R.; Simmons, Mark T.; Barrett, Michael E.; Kinney, Kerry A.; Kirisits, Mary Jo (2011): The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. In: *Water research* 45 (5), S. 2049–2059. DOI: 10.1016/j.watres.2010.12.015.
- Meyer, Volker (2014): TRWI-Kompendium 2014. Hg. v. DVGW. DVGW, zuletzt geprüft am 14.09.2020.
- Müller, Uwe; Witte, Marco; Baldauf, Günther (2007): Partikelentfernung in Kleinanlagen. Karlsruhe: DVGW (Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser Karlsruhe, Bd. 32).
- Neunteufel, Roman; Richard, L.; Perfler, Reinhard; Tuschel, S.; Mader, K.; Haas, E. (2010): Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch - Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen.
- Nicolics, Sandra; Mayr, Ernest; Salamon, Alexander; Perfler, Reinhard (2017): Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung – Ist-Stand Erhebung und Leitfadenerstellung. In: *Österr Wasser- und Abfallw* 69 (5-6), S. 263–274. DOI: 10.1007/s00506-017-0391-2.
- Nicolics, Sandra; Mayr, Ernest; Salamon, Alexander; Perfler, Reinhard (2018): Störfallplanung Wasserversorgung – Leitlinie für den Umgang mit Störfällen, Notfällen und

- Krisen von kleinen bis hin zu großen zentralen Wasserversorgungen in der Steiermark, zuletzt geprüft am 04.02.2020.
- ÖWAV (2000): ÖWAV-Regelblatt 1 Abwasserentsorgung im Gebirge. 3. Aufl. Wien (1), zuletzt geprüft am 14.08.2020.
- Panglisch, Stefan; Krause, Steffen (2010): Einzelwasserversorgungen. Gefährdungen und Schutz. In: *Tagungsband zum Seminar Wasserversorgung. Politik, Wirtschaftlichkeit, Anlagentechnik; Mitteilungen - Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München* (110), E1-E12.
- permanet (2011): Recommendations for the consideration of Permafrost in drinking water resources management. WP7 Water resources - Action 7.1. Online verfügbar unter http://www.permanet-alpinespace.eu/archive/pdf/WP7_1.pdf, zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- Provinz Bozen (2002): Qualitätsstandards bei Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasserleitungen, zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- Ritter, Robert (2017): Orographischer Niederschlag im Alpenraum. Analyse von Beobachtungsdaten und Modelldaten regionaler Klimamodelle. Diplomarbeit. Universität Graz, Graz, zuletzt geprüft am 31.10.2020.
- Schreff, Dieter; Berger, Michael (2006): Zwangsläufig dezentral: Abwasserbehandlung im alpinen Raum. In: *wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik* (6), S. 32–37, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- Staatliche Feuerweherschule Würzburg (Hg.) (2018): Wasserförderung über lange Schlauchstrecken. Merkblatt für Feuerwehren Bayerns. 4.1. Aufl. Würzburg.
- Steinbacher, Gottfried; Niederberger, Thomas; Hubmann, Johannes; Deubler, Hubert; Mayr, E.; Aschauer, C.; Lebersorger, S. (2010): Leitlinien IEVEBS, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- DVGW twin 12, 2019: Temporärer Einsatz endständiger Filter in mikrobiell kontaminierten Trinkwasser-Installationen, zuletzt geprüft am 11.09.2020.
- Treskatis, Christoph (2021): Schüttungsrückgang und Trockenfallen von Quelfassungen. mögliche Maßnahmen und Strategien zur Minderung witterungs- und klimabedingter Einflüsse. In: *Energie Wasser-Praxis* (1), S. 22–29.
- ÖVGW Richtlinie W 107: Trinkwasserdesinfektionsanlagen - Planung und Betrieb, zuletzt geprüft am 17.02.2021.
- UBA (2019): 10. Bekanntmachung der Ausnahmegenehmigungen, endgültiger ENT-WURF ohne Markierungen. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/191211_10._bekanntmachung_der_ausnahmegenehmigungen_gemaess_ss_12_trinkwasserverordnung_trinkwv.pdf, zuletzt geprüft am 01.12.2020.
- US EPA (2003): LT1ESWTR Disinfection Profiling and Benchmarking - Technical Guidance Manual. Hg. v. US EPA. US EPA, zuletzt geprüft am 10.02.2021.

DVGW Arbeitsblatt W 229 (A) E, 06 2020: Verfahren zur Desinfektion von Trinkwasser mit Chlor und Hypochloriten, zuletzt geprüft am 10.02.2021.

ÖVGW Richtlinie W 75, 2014: Versorgung mit Trink- und Nutzwasser aus transportablen Behältern und Leitungsprovisorien, zuletzt geprüft am 20.05.2021.

Walters, Ludwig; Wiesböck, Hansjörg (2013): Prävention und gesundheitliches Krisenmanagement auf Berghütten. Projektinformation. Hg. v. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. München. Online verfügbar unter <http://www.zpg-bayern.de/praevention-und-gesundheitliches-krisenmanagement-auf-berghuetten.html>.

DVGW twin 07, 2013: Wasserbehandlung in der Trinkwasser-Installation: mechanisch wirkende Filter, Dosieranlagen, Kalkschutzgeräte und Ionenaustauscher, zuletzt geprüft am 14.09.2020.

Wegelin, M.; Boller, Markus; Schertenleib, Roland (1987): Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. In: *Aqua London 2*, S. 80–90.

Wricke, Burkhard (2018): "Best practices" im Umgang mit Desinfektionsmitteln. WAT, 2018, zuletzt geprüft am 10.02.2021.

