

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Wasserressourcen auf alpinen Schutzhütten

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

mit inhaltlicher Unterstützung durch¹

Alpenverein Südtirol
insbesondere Martin Niedrist

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Deutscher Alpenverein
insbesondere Robert Kolbitsch und Xaver Wankerl

Land Oberösterreich
insbesondere Bernhard Brunn

Land Salzburg
insbesondere Winfried Kunrath

Land Tirol
insbesondere Dr. Stefan Wildt

Landratsamt Garmisch-Partenkirchen
insbesondere Hansjörg Wiesböck

Landratsamt Oberallgäu
insbesondere Dr. Ludwig Walters

Österreichischer Alpenverein
insbesondere Peter Kapelari

¹ in alphabetischer Reihenfolge der Institutionen

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 Land 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.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Grundsätze	2
3	Empfehlungen für Planung und Bau.....	5
3.1	Grundlagenermittlung	5
3.1.1	Wasserbedarf	5
3.1.2	Wasserverfügbarkeit.....	20
3.1.3	Wasserbeschaffenheit	22
3.2	Gewinnungsanlagen.....	25
3.2.1	Quellfassungen.....	25
3.2.2	Brunnenschächte.....	29
3.2.3	Oberflächenwasser	29
3.2.4	Regenwasser.....	31
3.3	Wasserspeicherung.....	37
3.3.1	Speicherung verschiedener Wasserqualitäten	37
3.3.2	Dimensionierung der Speicher	39
3.3.3	Sonstige Anforderungen an Wasserspeicher	43
3.4	Aufbereitung.....	45
3.4.1	Aufbereitungsnotwendigkeit und Empfehlungen zur Verfahrenswahl	45
3.4.2	Partikelentfernung.....	46
3.4.3	Entsäuerung	51
3.4.4	Entfernung von Eisen, Mangan und Arsen.....	53
3.4.5	Entfernung von Uran.....	53
3.5	Desinfektion	54
3.5.1	Verfahrenswahl.....	54
3.5.2	UV	55
3.5.3	Chlor	57
3.6	Verteilung	60
4	Empfehlungen für den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen.....	63
4.1	Allgemeines	63
4.2	Maßnahmen bei Inbetriebnahme zu Saisonbeginn	64
4.3	Maßnahmen zum Saisonende	65

4.4	Brunnen	65
4.5	Quellfassungen	66
4.6	Oberflächenwasser	67
4.7	Dachwasser	67
4.8	Wasserspeicher	68
4.9	Wasserverteilung	69
4.10	Leitungsungebundener Wassertransport	69
4.11	Aufbereitung	70
4.12	Desinfektion	70
4.13	Hygienische Sicherheit der Installation.....	71
4.14	Untersuchungspflichten	73
5	Wassersicherheitsplanung	75
5.1	Konzept der Wassersicherheitsplanung	75
5.2	Elemente und Ablauf der Wassersicherheitsplanung	76
5.2.1	Zusammenstellung eines Teams, Festlegung von Verantwortlichkeiten.	77
5.2.2	Beschreibung des Wasserversorgungssystems.....	78
5.2.3	Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung	79
5.2.4	Maßnahmen zur Risikobeherrschung	80
5.2.5	Beurteilung der Maßnahmen und Monitoring	81
5.2.6	Dokumentation und Revision der Wassersicherheitsplanung.....	82
5.2.7	Stör- und Notfallplanung	83
6	Stör- und Notfallplanung	84
7	Kommunikation und Nutzerverhalten	88
7.1	Vor Hüttenbesuch	88
7.2	Während Hüttenbesuch	89
8	Anhang	90
8.1	Akteure und Aufgaben in der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten	90
8.1.1	Der Hüttenwirt bzw. Pächter der Hütte.....	90
8.1.2	Der Hüttenwart.....	90
8.1.3	Die Sektion	91
8.1.4	Die Alpenvereine	91
8.1.5	Die Behörden.....	91
8.1.6	Übersicht der Verantwortlichkeiten.....	92

8.2	Methodik zur Erfassung des Istzustands	94
8.3	Erkenntnisse zum Istzustand.....	99
8.3.1	Die verfügbaren Wassermengen nehmen ab	99
8.3.2	Die Wasserqualität... ..	100
8.4	Wasserbedarf	101
8.4.1	Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf von alpinen Schutzhütten.....	101
8.4.2	Verwendete Datengrundlagen	104
8.4.3	Ergebnisse der Datenauswertung zum Wasserbedarf	109
8.5	Dokumentation des Baus einer Quelfassung	112
8.6	Untersuchungen zur mikrobiologischen Wasserqualität.....	115
8.6.1	Zielsetzung	115
8.6.2	Vorgehensweise	115
8.6.3	Ergebnisse.....	117
8.6.4	Kontinuierliche Beprobungen	144
8.6.5	Zusammenfassung	147
9	Literaturverzeichnis	149

1 Veranlassung

Die Auswirkungen des Klimawandels und eine immer stärkere Nutzung der Schutzhütten durch eine stetig steigende Zahl an Gästen machen es erforderlich, dass die Alpenvereine und ihre Sektionen sich noch intensiver mit der qualitativen und insbesondere der quantitativen Sicherung der Ver- und Entsorgung auf den Hütten befassen. Prognosen zu weiteren Entwicklungen im Bereich Tourismus und Ressourcenverfügbarkeit lassen erwarten, dass es zukünftig zu einer weiteren Verschärfung der Situation kommen wird.

Die vorliegenden Handlungsempfehlungen wurden erarbeitet, um die verschiedenen Akteure, beginnend bei den Vereinen und Sektionen bis hin zum Hüttenwirt, dabei zu unterstützen, die Wasserversorgung unter den besonderen Bedingungen alpiner Schutzhütten zu sichern.

Zur Erreichung dieses Zieles wurde zunächst im Rahmen zahlreicher Hüttenbegehungen eine systematische Erhebung der bestehenden Wasserversorgungsanlagen, aufgetretener Probleme und realisierter Lösungen vorgenommen. Das Ergebnis der Erhebung wurde im Rahmen eines Workshops präsentiert und bildete die Basis für die anschließende Erarbeitung und Zusammenstellung von übertragbaren Lösungsansätzen. Die hier vorgestellten technischen Lösungsansätze (Kap. 3 und 4) berücksichtigen sowohl die geltenden Vorschriften und Regelwerke als auch die Erfahrungen aus der Praxis und die Besonderheiten alpiner Objekte. Gleiches gilt für die Empfehlungen zur Wassersicherheitsplanung (Kap. 5) und die Ausführungen zur Stör- und Notfallplanung (Kap. 6). Während die zuvor zitierten Kapitel möglichst knapp formuliert sind, finden sich die Grundlagen für die Herleitung der einzelnen Empfehlung ausführlicher im Anhang 8.

Der typische Ablauf von Projekten der Wasserversorgung kann in die Phasen Grundlagenermittlung, Planung, Bau und Betrieb gegliedert werden und beteiligt in diesen Phasen unterschiedliche Akteure. Daher hat sich das Projektteam entschieden, die Handlungsempfehlungen in die Abschnitte Planung/Bau und Betrieb zu gliedern. Dies soll es den jeweiligen Akteuren erleichtern, die für sie relevanten Inhalte schnell zu finden. Da während der Phasen Planung und Bau die Randbedingungen für den späteren Betrieb definiert werden, sind die betrieblichen Aspekte selbstverständlich bereits in diesen Phasen zu berücksichtigen.

2 Grundsätze

Die nachhaltige Sicherung der Wasserversorgung in qualitativer und quantitativer Weise erfordert eine systematische Erfassung von qualitativen und quantitativen Risiken über alle Prozesse und Anlagen der Wasserversorgung. Dies wird unter dem Begriff Wassersicherheitsplanung (Kap. 5) zusammengefasst. Im Zuge der Erarbeitung der Handlungsempfehlungen wurde deshalb auf der Grundlage von eigenen Erhebungen, Workshops und Expertenwissen eine Auswahl der wichtigsten und am häufigsten vorzufindenden Gefährdungen und Lösungsmaßnahmen sowohl aus der Sicht der Planung als auch des Betriebes alpiner Schutzhütten berücksichtigt.

Auch wenn in den Phasen „Planung/Bau“ und „Betrieb“ unterschiedliche Akteure beteiligt sind, müssen bereits bei der Planung die aus dem späteren Betrieb resultierenden Anforderungen berücksichtigt werden. Nur das, was geplant und gebaut wurde, ist im Betrieb bzw. Notfall verfügbar. Dies betrifft z.B. die Früherkennung eines drohenden Wassermangels, Störungen der Aufbereitung, Verblockung von Filtern, erforderliche Spülmöglichkeiten und das hygienisch sichere Arbeiten an Wasserspeichern. Eine frühzeitige Einbeziehung des Hüttenwirts bei Entscheidungen und die Erstellung verständlicher Betriebsanweisungen sollten daher selbstverständlich sein (Schreff und Berger 2006).

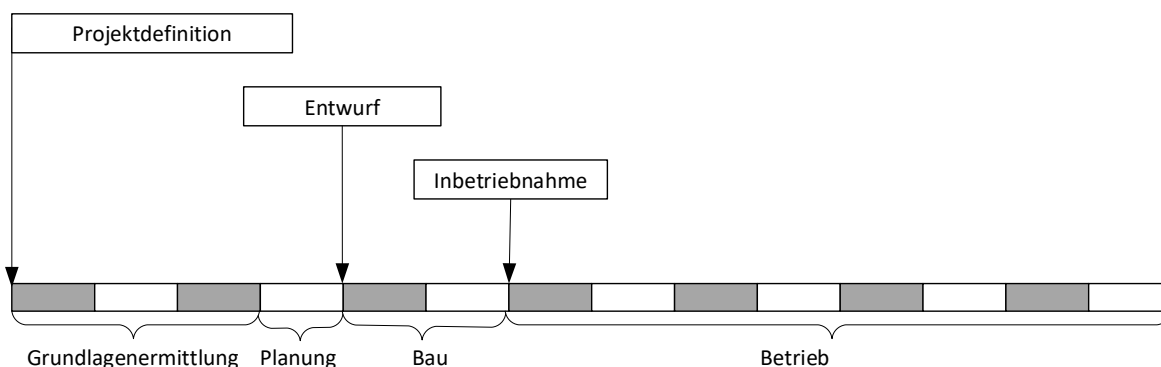


Abbildung 2-1: Schematischer Projektablauf

Die Einschaltung von Fachfirmen bei Planung und Bau ist wesentlicher Bestandteil des Sicherheitskonzeptes, denn die Einhaltung der rechtlichen Anforderungen und Regelwerke im Kontext alpiner Schutzhütten ist eine technische und wirtschaftliche Herausforderung. Die folgende Auflistung fasst die Besonderheiten der Wasserversorgung in alpinen Lagen zusammen und soll nochmals unterstreichen, dass Fachwissen und eine fundierte Grundlagenermittlung von entscheidender Bedeutung sind.

**quantitative
Sicherstellung**Rahmenbedingungen

- kaum Möglichkeiten der Ressourcenwahl, Ausweichen auf andere Wasservorkommen ist in der Regel ausgeschlossen
- teilweise Nutzung von Regenwasser und Wassertransport erforderlich
- Nutzung von oberflächennahem Grundwasser und Oberflächenwasser ist mit wesentlich größeren Schwankungen der Verfügbarkeit verbunden, die bis zum völligen Versiegen reichen können
- die Speicherwirkung der genutzten Aquifere ist sehr gering
- eine wesentlich kleinräumigere Betrachtung der hydrologischen Verhältnisse ist erforderlich
- Daten zur Verfügbarkeit (z.B. Quellschüttung) sind oft nicht vorhanden
- Differenzierte Daten zum Wasserbedarf auf Schutzhütten fehlen derzeit weitgehend
- vorhandene Daten zum Wasserbedarf sind meist nur bedingt auf andere Hütten übertragbar
- aufgrund der geringen Anlagengröße und ausgeprägter Verbrauchsspitzen im Tagesverlauf treten deutlich höhere Spreizungen zwischen durchschnittlichem und dem maximalen Bedarf auf
- die Anforderungen an den Ausgleich zwischen Wasserverfügbarkeit und Wasserbedarf durch geeignete Speicher sind wesentlich größer als in der kommunalen Wasserversorgung
- eventuell muss sowohl Roh- als auch Trinkwasser gespeichert werden
- in den Aufbereitungsanlagen ist meist keine Redundanz gegeben

Grundsätze

- Wasser effizient nutzen
- unterschiedliche Nutzungen priorisieren und ggfs. einschränken (z.B. erst Trinkwasserbedarf sichern dann Gastronomie o. Duschen)
- Effizienz der Gewinnung steigern (Fassungsanlagen)
- Ausbau von Speichermöglichkeiten
- Trinkwasser für bestimmte Nutzungen durch Brauchwasser substituieren, soweit die Eignung zulässig ist
- Aufbau eines Notfall- und Krisenmanagements

**qualitative
Sicherstellung**Rahmenbedingungen

- das Potenzial an anthropogenen Gefährdungen ist geringer aber die genutzten Wasservorkommen sind in der Regel schlechter oder gar nicht schützbar
- aus der geringen Schützbarkeit resultieren größere Risiken für die Trinkwasserhygiene
- durch Verwitterungsprozesse ist teilweise ein größeres Potenzial an geogenen Belastungen vorhanden (Arsen, Uran)
- wichtige Aspekte sind die Materialwahl bei Nutzung von Regenwasser und die Vermeidung von Weidebetrieb im Einzugsgebiet
- Aufbereitungsanlagen müssen unter wesentlich schwierigeren Bedingungen betrieben werden
- Betrachtungen zur Ausfallsicherheit müssen längere Reaktionszeiten von Servicefirmen und eingeschränkte Personalverfügbarkeit sowie fehlende Substitutionsmöglichkeiten (Ersatzwasserversorgung) berücksichtigen
- Ein Ausfall kann wesentlich schneller zur Eskalation und zum Entstehen eines Notfalls führen

Grundsätze

- mehr Augenmerk auf Hygiene und frühzeitige Erkennung von Störung
- Wahl robuster und sicherer Verfahren und Anlagen
- Aufbau eines Notfall- und Krisenmanagements

Vorhandene Regelwerke und Normen lassen sich im Falle der alpinen Schutzhütten nicht ohne Abweichungen anwenden. Dieses Abweichen von den technischen Regelwerken und die Entwicklung von Sonderlösungen setzen jedoch voraus, dass insbesondere eine Abschätzung möglicher Auswirkungen auf die Trinkwasserbeschaffenheit erfolgt. Eine solche Bewertung muss in Abstimmung mit den jeweils zuständigen Aufsichtsbehörden erfolgen. Gegebenenfalls muss dies mit einem höheren Aufwand in der Risikobewertung und bei Überwachung der Trinkwasserbeschaffenheit erkauft werden.

An der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten sind unterschiedliche Akteure in verschiedenen Rollen und in verschiedenen Projektphasen beteiligt. Die vorliegenden Handlungsempfehlungen wenden sich an alle Beteiligten. Der Anhang 8.1 gibt eine Übersicht zu den verschiedenen Akteuren und ihren Aufgaben.

Zur Sicherstellung der erforderlichen Trinkwasserqualität sind ordnungsgemäß geplante, errichtete und betriebene Anlagen zur Gewinnung und Verteilung des Wassers unverzichtbar, falls erforderlich auch Anlagen zur Aufbereitung und Speicherung. Von gleicher Bedeutung ist die Verwendung geeigneter Materialien, auch unter den extremen Anforderungen alpiner Schutzhütten, und die fachliche Unterweisung des Personals.

Die Umsetzung dieser Anforderungen unter den Bedingungen alpiner Schutzhütten erfordert die Einbindung von Fachfirmen, die über entsprechende Erfahrungen verfügen.

Die entsprechenden Prüfzeichen und Konformitätserklärungen nach den jeweiligen nationalen Standards bieten eine Hilfe bei der Auswahl der Materialien. Zulässige Aufbereitungsverfahren sind in den entsprechenden nationalen Trinkwasserverordnungen verankert. Dies sind für Deutschland die so genannte §11-Liste der zugelassenen Aufbereitungsstoffe und -verfahren und für Österreich das Lebensmittelbuch Kap. B1. Insbesondere bei Aufbereitungsstoffen, die dem Trinkwasser zugesetzt werden, wie z.B. Desinfektionsmittel, ist darauf zu achten, dass vom Händler die Konformität mit den entsprechenden Produktnormen garantiert wird. Nur so kann sichergestellt werden, dass keine unzulässigen Verunreinigungen in das Trinkwasser eingetragen werden.

Die Berücksichtigung der besonderen Anforderungen des alpinen Umfeldes, die geringe Anlagengröße, der Betrieb für meist nur wenige Monate und die große Spreizung zwischen durchschnittlicher Anlagenauslastung und der für die Auslegung relevanten Spitzenbelastung führen zwangsläufig dazu, dass die spezifischen Trinkwasserkosten von Wasserversorgungsanlagen in Extremlagen sehr viel höher sind, als man es von der öffentlichen zentralen Wasserversorgung kennt. Dies darf dennoch nicht dazu verleiten, an der falschen Stelle und zu Lasten der Gesundheit der Hüttengäste zu sparen. Vielmehr muss darüber nachgedacht werden, wofür auf den Hütten tatsächlich Trinkwasser aufbereitet und bereitgestellt werden soll, wo man dies durch Brauchwasser ersetzen kann und welche Nutzungen generell reduziert oder völlig ausgeschlossen werden sollten. Dies gilt umso mehr, wenn Einschränkungen bezüglich der Wasserverfügbarkeit bestehen.

Die Hüttengäste müssen über den entstehenden Aufwand informiert werden, um einen entsprechend sorgsamen Umgang mit dem Trinkwasser, Verständnis für eventuelle Einschränkungen und eine Wertschätzung für die Leistungen der Sektionen und Hüttenwirte zu erreichen.

3 Empfehlungen für Planung und Bau

3.1 Grundlagenermittlung

3.1.1 Wasserbedarf

3.1.1.1 Erhebung des Wasserbedarfs

Der Wasserbedarf ist die wichtigste Grundlage für die Dimensionierung von Gewinnungsanlagen, Aufbereitung und Speicherung. Ohne Kenntnis des zu erwartenden Wasserbedarfs ist es unmöglich, die Wasserversorgung einer Schutzhütte mit der erforderlichen Sicherheit zu betreiben.

Während die Gewinnungsanlagen in der Regel recht gleichmäßig Rohwasser liefern, ist die Wasserverwendung ausgeprägten Schwankungen unterworfen. Ein Ausgleich zwischen Gewinnung und Verwendung muss durch Speicherbehälter erfolgen.

Abhängig davon, wo in einer Wasserversorgungsanlage ein Ausgleich zwischen Gewinnung und Bedarf möglich ist, müssen die Erhebungen zum Wasserbedarf unterschiedliche Zeiträume berücksichtigen. Dies sind in der Regel der maximale Tagesbedarf $Q_{d,max}$ zur Bemessung der Gewinnung und der Reinwasserspeicherung und der stündliche Spitzenbedarf $Q_{h,max}$ am Tag des höchsten Bedarfs, soweit keine Reinwasserspeicherung erfolgt oder zum Beispiel eine Desinfektion erst im Auslauf des Speichers erfolgt. Häufig muss auch die Entwicklung der Differenz zwischen dem Bedarf und der Gewinnung über die gesamte Saison betrachtet werden, da in der Regel von einer im Laufe der Saison nachlassenden Schüttung ausgegangen werden muss.

Für längerfristige Betrachtungen zum Wasserbedarf und zur erforderlichen Speicherung wird im Rahmen von HaWalpS auch die bedarfsreichste Woche mit dem Spitzenfaktor f_w verwendet. Analog zu den bereits im Regelwerk definierten Spitzenfaktoren f_d und f_h beschreibt der Faktor f_w das Verhältnis zwischen der bedarfsreichsten Woche und einer Woche in der sieben Tage lang der durchschnittliche Bedarf $Q_{d,m}$ anfällt.

Die Abbildung 3-1 zeigt, wie bei einer Bedarfsprognose vorzugehen ist und welche Informationen dabei zu berücksichtigen sind.

Sowohl die aktuelle als auch die zukünftige Höhe des Wasserbedarfs sind abhängig von der technischen Ausstattung einer Hütte, dem Gästeaufkommen, den Anteilen an Tages- bzw. Nächtigungsgästen, der Dauer der Aufenthalte, dem Nutzerverhalten und natürlich auch vom Angebot an Leistungen in der Gastronomie und im Sanitärbereich (Tabelle 3-1). Eine ähnliche Differenzierung nach Nutzergruppen und technischer Ausstattung bzw. Leistungsangebot liegt den Angaben zum spezifischen Abwasseranfall im ÖWAV Regelblatt 1 zu Grunde (ÖWAV 2000).

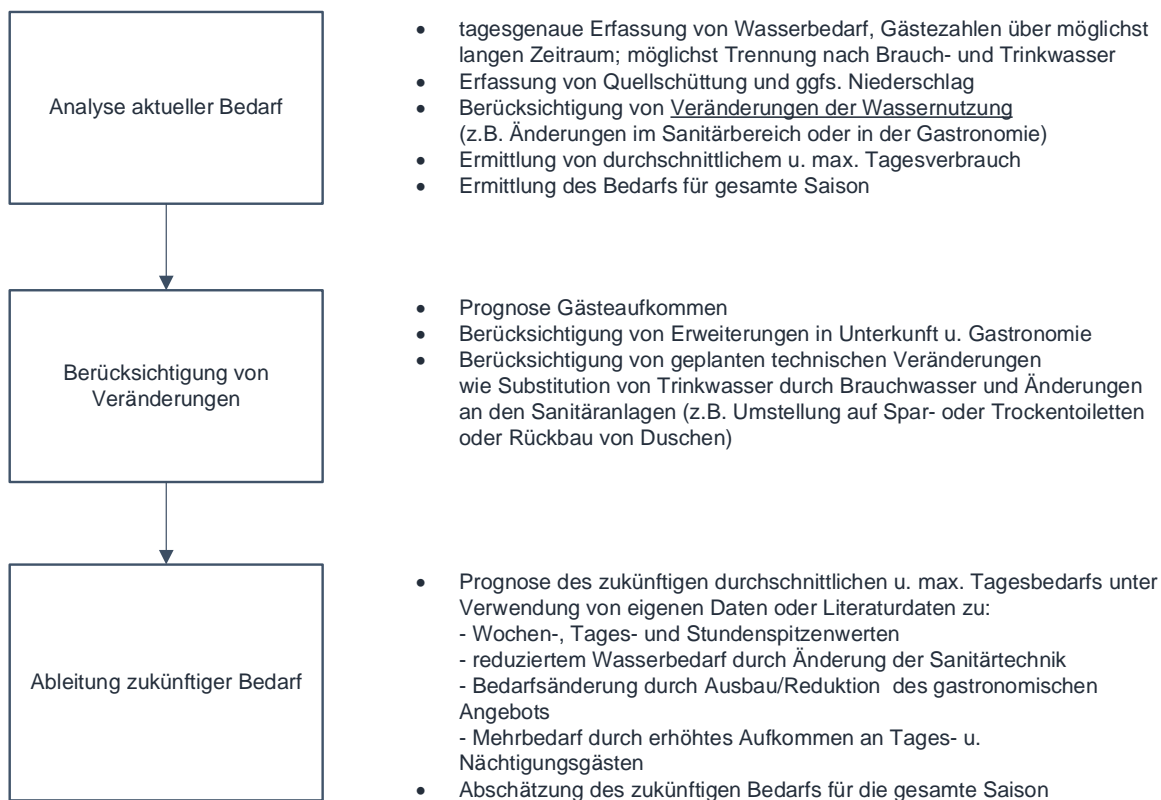


Abbildung 3-1: Ablauf einer Bedarfsprognose

Dies bedeutet, dass die jeweilige Situation einer Hütte als Einzelfall zu betrachten ist, und bei der Übertragung von Daten zum Wasserbedarf anderer Hütten die Besonderheiten der Hütten berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 3-1: 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

Die größte Sicherheit einer Prognose kann erreicht werden, wenn die Daten an der eigenen Hütte erhoben wurden. Dann kann davon ausgegangen werden, dass sowohl das für die Hütte typische Verbraucherverhalten, die Anteile an Tages- und Nächtigungsgästen sowie alle weiteren Einflussgrößen der Tabelle 3-1 berücksichtigt werden. Es ist daher allen Sektionen dringend zu empfehlen, derartige Daten frühzeitig zu erheben.

Häufig liegen die erforderlichen Daten jedoch nicht oder nicht in ausreichender Qualität vor. Daher war es eines der Projektziele von HaWalpS, Richtwerte für den spezifischen täglichen Wasserbedarf zu ermitteln. Vorgehensweise, Datengrundlagen und Ergebnisse dazu sind im Anhang 8.4 ausführlich dargestellt.

Zur Vermeidung quantitativer Engpässe bei der Versorgung spielt die zeitliche Variation des Wasserbedarfs eine besondere Rolle. Dies betrifft nicht nur die Einhaltung der erforderlichen Kontakt- bzw. Aufenthaltszeiten bei Aufbereitungsanlagen, sondern auch die Bemessung der Speicher und die langfristige Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen über den Verlauf einer Saison. Eine Auswertung der Daten zum Wasserbedarf bietet die Möglichkeit, den Wasserbedarf bezüglich dieser zeitlichen Aspekte zu beurteilen. Die folgenden Abbildungen zeigen exemplarisch den Verlauf einer Saison, ein typisches Wochenprofil und ein typisches Tagesprofil für eine ausgewählte Hütte.

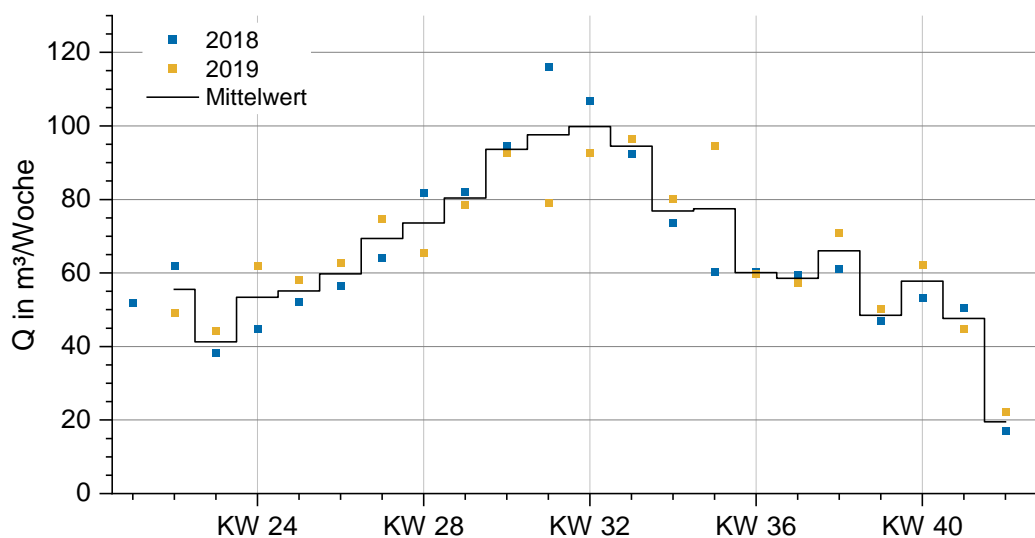


Abbildung 3-2: exemplarischer Jahresgang des Wasserbedarfs

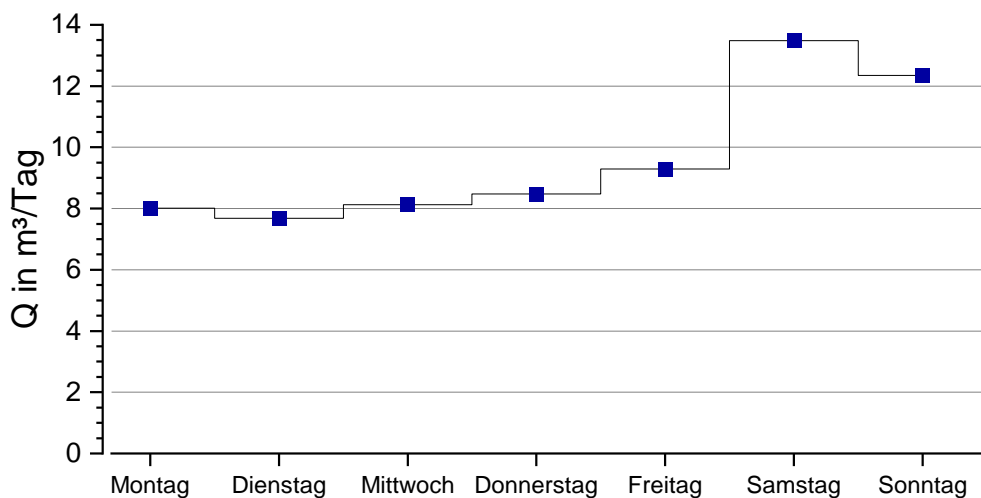


Abbildung 3-3: exemplarisches Wochenprofil des Wasserbedarfs

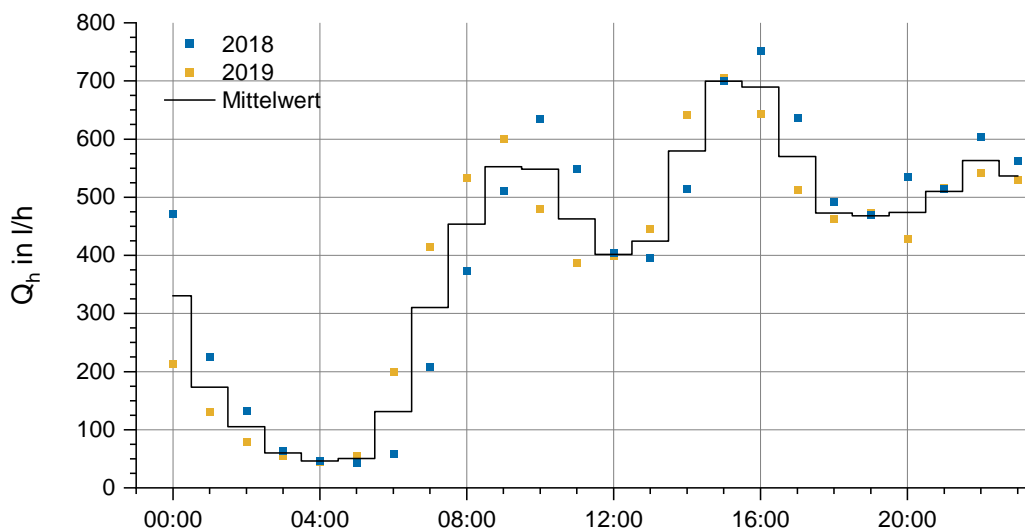


Abbildung 3-4: exemplarisches Tagesprofil des Wasserbedarfs

Auch wenn jede Hütte einzeln zu betrachten ist, machen die drei Abbildungen doch deutlich, dass der Wasserbedarf sowohl kurz- als auch langfristig erheblichen Schwankungen unterliegt, die nur bedingt mit technischen Mitteln ausgeglichen werden können, wenn die genutzten Rohwasserressourcen den maximalen Wasserbedarf nicht decken können.

Liegen, wie im oben dargestellten Beispiel, Daten zum Wasserbedarf in hoher zeitlicher Auflösung und für mindestens eine Saison vor, können daraus der Wochenspitzenfaktor f_w , der Tagesspitzenfaktor f_d und der Stundenspitzenfaktor f_h berechnet werden. Der Tagesspitzenfaktor gibt das Verhältnis zwischen dem maximalen Tagesbedarf und dem

durchschnittlichen Tagesbedarf an. Der Stundenspitzenfaktor gibt das Verhältnis zwischen dem maximalen Wasserbedarf am Spitzentag und dem durchschnittlichen Wasserbedarf pro Stunde an. Im vorliegenden Fall ergibt sich f_d zu 2,1 und f_h zu 6,1. Bei Kenntnis dieser Faktoren, können im Zuge der Bedarfsprognose für ein geändertes Gästeaufkommen der zukünftige maximale Tages- und der zukünftige maximale Stundenbedarf berechnet werden (Kap. 3.1.1.3).

Der zuvor für die Beispielhütte angegebene Tagesspitzenfaktor kann als typischer Wert angesehen werden (Abbildung 3-5). Die in dieser Abbildung dargestellten Tagesspitzenfaktoren wurden anhand der Daten berechnet, die im Rahmen des Projektes „Integrale Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten - IEVEBS“ erhoben worden sind. Die Abbildung zeigt aber auch, dass im Einzelfall durchaus eine noch größere Spreizung zwischen durchschnittlichem und maximalem Tagesbedarf auftreten kann. Tendenziell treten extrem hohe Spitzenfaktoren bei Hütten mit sehr geringem Wasserbedarf auf (Abbildung 3-6).

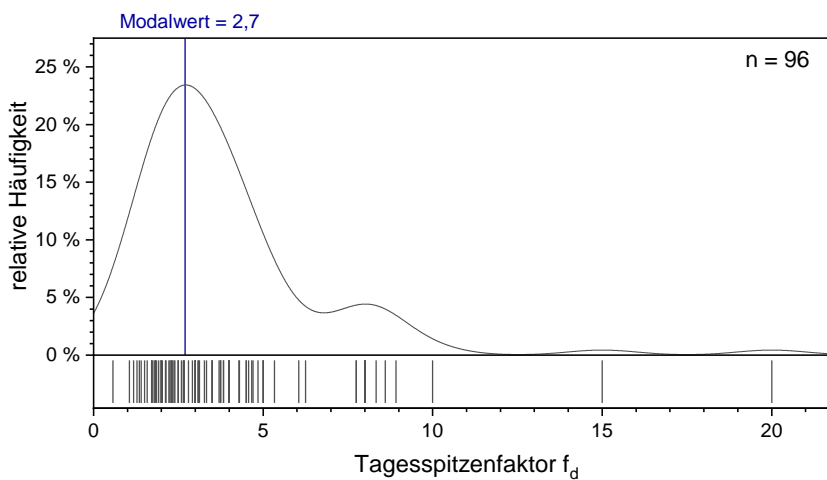


Abbildung 3-5: Tagesspitzenfaktoren (Datenbasis IEVEBS)

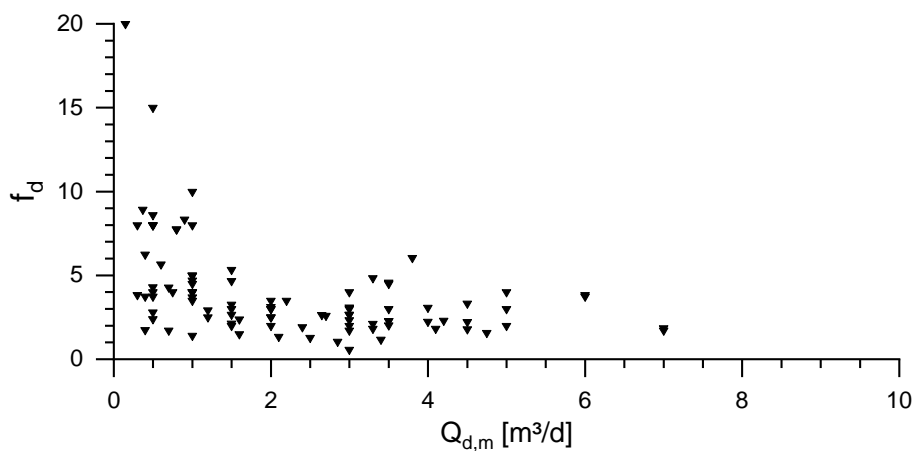


Abbildung 3-6: Tagesspitzenfaktoren als Funktion des Tagesbedarfs (Datenbasis IEVEBS)

Wie aus der Abbildung 3-4 hervorgeht, ist der Wasserbedarf auf alpinen Schutzhütten von einem ausgeprägten Tagesprofil gekennzeichnet. Wie stark die entstehenden Spitzen ausgeprägt sind, hängt neben der Erreichbarkeit der Hütte auf einem oder mehreren Wegen und der Anbindung an verschiedene Routen auch von der Zahl an Waschgelegenheiten und sicher auch von weiteren Faktoren ab. Der für die Beispielhütte ermittelte Stundenspitzenfaktor von 6,1 stimmt mit den Werten überein, die in der Fachliteratur für Einrichtungen veröffentlicht wurden, in denen von einer hohen Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme auszugehen ist (Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: 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

Soweit also keine zeitlich aufgelösten Daten zur jeweiligen Hütte vorliegen, sondern nur der Wasserbedarf für die gesamte Saison, kann man sich an den zuvor dargestellten Spitzenfaktoren orientieren. Bei kleineren Hütten sollte man tendenziell von den höheren Werten und bei größeren von den niedrigeren Spitzenwerten ausgehen.

Auf Basis des maximalen Tagesbedarfes sind die Volumina der Speicherbehälter und die Wasseraufbereitung zu bemessen (Kap. 3.3 und 3.4). Der Stundenspitzenbedarf ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn eine Desinfektion im Auslauf des Speichers erfolgt und kein Ausgleich zwischen Gewinnung und Verbrauch möglich ist. Diese Anordnung erfordert daher eine deutlich größere Aufbereitungskapazität, außerdem muss auch bei dieser maximalen Entnahme die geforderte Reaktionszeit des Desinfektionsmittels sichergestellt sein, sofern die Desinfektion durch Dosierung von chlorhaltigen Reagenzien erfolgt (Kap. 3.5.2).

Des Weiteren sind die Spitzendurchflüsse auch bei der Abschätzung der Reibungsverluste in den Leitungen und Armaturen anzusetzen. Insbesondere beim Einsatz von Filterkerzen zur Partikelentfernung kann es zu einem unzureichenden Durchfluss kommen, wenn nicht genügend Vordruck zur Verfügung steht.

Ein Ziel des Projektes HaWalpS war es, möglichst den personenbezogenen Wasserbedarf unterteilt nach den Nutzergruppen Tags- und Nächtigungsgäste und Personal zu ermitteln, da dieser sich in der Höhe deutlich unterscheidet. Die getrennte Erfassung soll eine möglichst differenzierte Prognose des gesamten Bedarfs ermöglichen, da zu berücksichtigen ist, dass sich die Zahlen für Tages- und Nächtigungsgäste unterschiedlich entwickeln können. Die folgende Tabelle fasst die im Rahmen des Projektes ermittelten Ergebnisse zusammen und stellt dazu die Ergebnisse einer Literaturrecherche dar.

Tabelle 3-3: Übertragung der Literaturwerte auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen (TG: Tagesgast, NG: Nächtigungsgast, P: Personal)

	Quelle	spezifischer Wasserbedarf q_d (l/(Person · d))				
		TG	NG	P	o. Differenzierung	
					mittl. Auslastung ¹⁾	max. Anteil NG
Schutzhütten	eigene Erhebungen	13	39	121	23 – 32	40
	(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
	(Kapelari et al. 2015)				50 - 70	
Gastronomie	(Feurich 1997)	8-20				
¹⁾ Annahme für die Berechnung: 82 % NG, 2 % Personal, 16 % TG plus max. spezif. Bedarfe						

Die im Rahmen des Projektes erhobenen spezifischen Bedarfswerte bestätigen die aus der Literatur und aus den Regelwerken bekannten Werte im Wesentlichen. Sie bestätigen auch die zur Differenzierung der Gästegruppen angewandten Regeln des ÖWAV Regelblattes 1.

Sie relativieren allerdings einige der Ergebnisse, die im Rahmen des Projektes IEVEBS erhoben wurden. Die Ergebnisse aus diesem Projekt umfassen zum Teil deutlich höhere Werte und sollten zumindest danach differenziert werden, ob bei der Versorgung der betreffenden Hütte Einschränkungen bzgl. der Wasserverfügbarkeit bestehen, in deren Folge bereits Maßnahmen zur Bedarfssenkung ergriffen wurden (Abbildung 3-7).

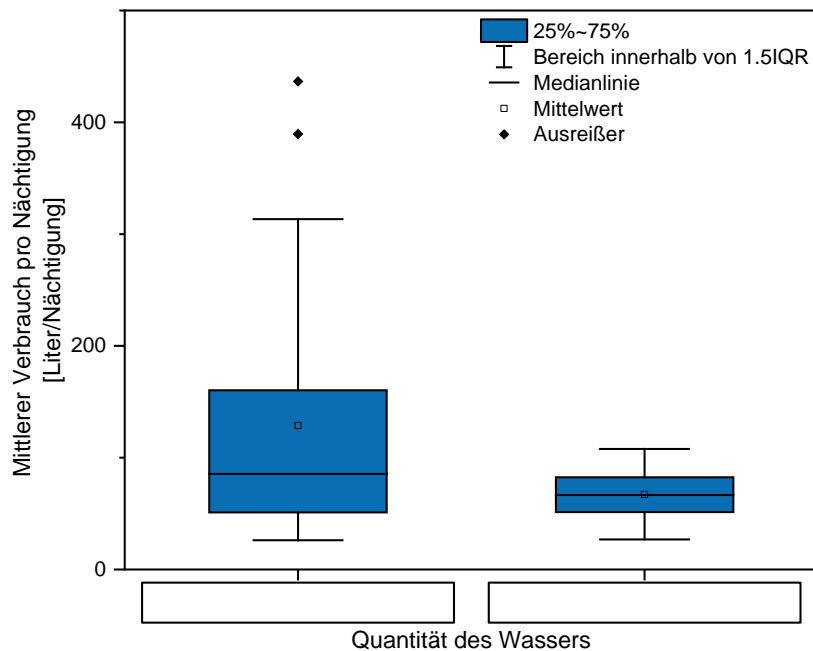


Abbildung 3-7: Mittlerer Wasserbedarf je Nächtigung (n = 29, Daten aus IEVEBS)

3.1.1.2 Möglichkeiten der Bedarfssenkung

Aus der zuvor beschriebenen Abhängigkeit des Wasserbedarfs von den in Tabelle 3-1 aufgeführten Einflussgrößen ergeben sich natürlich auch Möglichkeiten, gezielt auf die Höhe des Wasserbedarfs einzuwirken. Dies schließt technische Maßnahmen, die Optimierung von Betriebsabläufen und Änderungen des Nutzerverhaltens ein (Amor 2020).

Die wichtigsten Möglichkeiten zur Senkung des Bedarfs an Trinkwasser auf alpinen Schutzhütten sind in Tabelle 3-4 zusammengefasst. In welchem Maße der Wasserbedarf durch diese Maßnahmen reduziert werden kann, soll im Folgenden abgeschätzt werden. Die Tabelle 3-5 zeigt dafür zunächst typische Werte für die Häufigkeit, in der Sanitäreanlagen genutzt werden und die Verbrauchswerte der jeweiligen Sanitärobjekte. Die Ermittlung der Datengrundlagen ist in Anhang 8.4 dargestellt.

Tabelle 3-4: Möglichkeiten der Bedarfssenkung

Technik	<ul style="list-style-type: none"> ○ wassersparende Spülmaschine im Gastronomiebereich ○ wassersparende bzw. wasserlose Sanitärsysteme (Urinale, Trockentoilette) ○ Druckbegrenzung (außer Geschirrspüler) ○ wassersparende Armaturen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ersatz von Perlatoren durch Spargeräte ▪ Durchflussbegrenzung durch Einbau von einfachen Blenden ▪ selbstschließende Armaturen ▪ Reparatur tropfender Hähne ○ Begrenzung des Zugangs zu Trinkwasser ○ Rückbau von Duschen
Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Substitution von Trinkwasser durch Brauchwasser in Anwendungen, die keine Trinkwasserqualität erfordern (Toilettenspülung) ○ Rückbau von Duschen ○ Anpassung des Speisenangebotes in der Gastronomie ○ Optimierung von Arbeitsabläufen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Waschmaschine und Geschirrspüler komplett füllen ▪ Vorspülen von Geschirr nur bei Bedarf
Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Anleitung und Motivation zur wassersparenden Nutzung ○ Ausgabe von Duschmarken gegen Gebühr

Aus der Multiplikation von Nutzungshäufigkeit und Einzelverbrauchswerten ergibt sich der tägliche Wasserbedarf für die drei Nutzerprofile Tagesgast, Nächtigungsgast und Personal. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die ermittelten Nutzungshäufigkeiten und auch die Einzelverbrauchswerte nur eine Orientierung bieten können und im günstigsten Fall durch Daten der eigenen Hütte ersetzt werden sollten.

In der Tabelle 3-6 findet sich in Zeile 1 zunächst der mit den in Anhang 8.4 beschriebenen Daten und Verfahren ermittelte spezifische Tagesbedarf für die drei Nutzergruppen, für den Fall, dass keine weitergehenden Maßnahmen zur Senkung des Wasserbedarfs ergriffen wurden. In den folgenden Zeilen 2 bis 4 ist dann der jeweilige Wasserbedarf dargestellt, der verbleibt, wenn die in der zweiten Spalte aufgeführten Sparmaßnahmen umgesetzt werden. Der verbleibende Bedarf für die Tages- und Nächtigungsgäste kann dem personenbezogenen Aufwand für Gastronomie und Reinigung zugeordnet werden.

Tabelle 3-5: Annahmen zur Berechnung der Einsparpotenziale

Nutzungen pro Tag			
	Tagesgäste	Nächtigungsgäste	Personal
Toilettennutzung ¹⁾	2	4	4
Duschen	0	0,4 ²⁾	1,0
Waschraum	2	6	6
Reinigung	0	0	1
Sanitärtechnik			
Toilette bisher	6 l je Nutzung		
Toilette reduziert	3 l je Nutzung		
Trockentoilette	0 l je Nutzung		
Urinal bisher	4 l je Nutzung		
Urinal reduziert	2 l je Nutzung		
Urinal wasserlos	0 l je Nutzung		
Waschraum	je 2 L		
Dusche bisher	12 l / min; Duschkdauer 3 Minuten ²⁾		
Dusche reduziert	7 l / min; Duschkdauer 3 Minuten ²⁾		
¹⁾ - 25 % WC / 75 % Urinal			
²⁾ - persönliche Mitteilung DAV			

Tabelle 3-6: abgeleiteter Wasserbedarf für unterschiedliche Hüttenausstattungen

		spezifischer Wasserbedarf (l/(Person · d))		
	Hüttenausstattung	Tagesgast	Nächtigungsgast	Personal
1	normales WC/Urinal + Dusche	13 ± 3	39 ± 3	121 ± 24
2	Spar-WC/Urinal + Dusche	8 - 10	29 - 32	111 - 135
3	Trockentoilette ¹⁾ + Dusche	1 - 3	15 - 18	97 - 121
4	Trockentoilette ¹⁾ , Dusche nur Personal	1 - 3	7 - 10	75 - 100
¹⁾ derselbe Einspareffekt an Trinkwasser kann auch durch die Verwendung von Brauchwasser (Regenwasser) für die Toilettenspülung erreicht werden.				

Das größte Einsparungspotenzial ergibt sich demnach durch eine Umstellung der Sanitäranlagen auf Trockentoiletten bzw. wasserlose Urinale!

Soweit auf der betreffenden Hütte Brauchwasser mit ausreichender Sicherheit zur Verfügung steht, kann der Bedarf an Trinkwasser entsprechend reduziert werden, wenn für die Toiletten Brauchwasser verwendet wird. Für diese Art der Nutzung sind getrennte Speicher und Installationen für beide Wasserqualitäten erforderlich (s. Kap. 3.3).

Eine Umstellung der Toilettenspülung auf Brauchwasser erfordert keinen Eingriff in die bestehende Anlage zur Abwasserbehandlung und kann daher schneller realisiert werden. Wird für die Toilettenspülung Brauchwasser oder auch nicht aufbereitetes Rohwasser in einer separaten Leitung zugeführt, kann die Spülung auch bei einer Störung der Trinkwasseraufbereitung weiter betrieben werden.

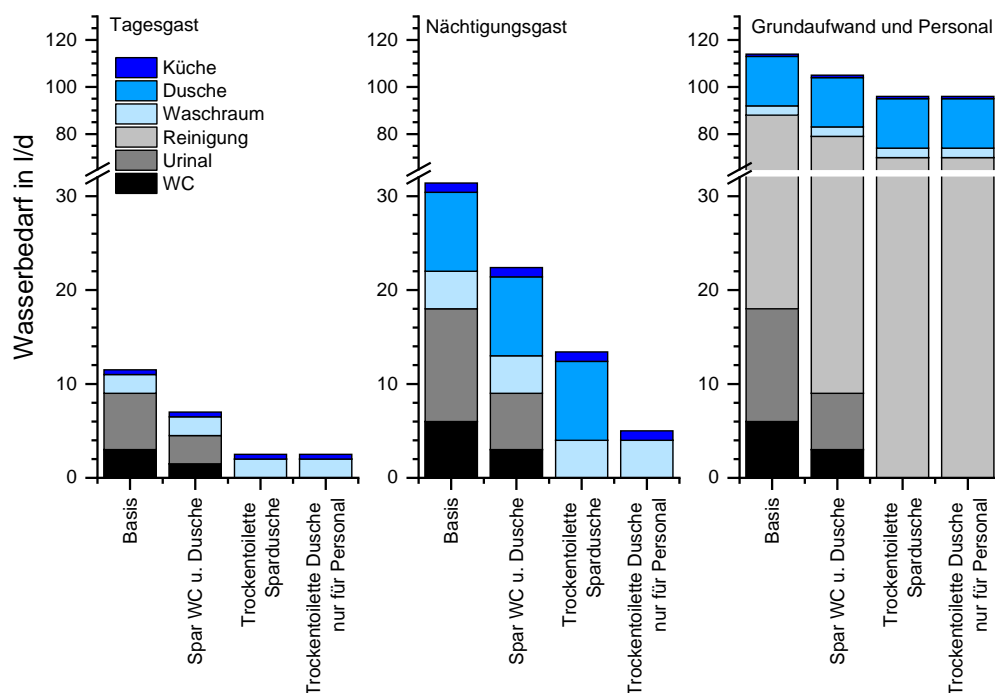


Abbildung 3-8: Wasserbedarf der Nutzergruppen

Welchen Beitrag der Einsatz von wassersparenden Perlatoren und der Wechsel auf Einhandmischern zur Senkung des Wasserbedarfs leisten können, zeigt Tabelle 3-7. Die dargestellten Werte gehen auf Auslaufversuche zurück (Amor 2020).

Aus den in Tabelle 8-4 und Tabelle 8-6 im Anhang dargestellten Werten des Wasserbedarfs geht hervor, welchen Einfluss der Umfang des gastronomischen Angebotes und das Gästeaufkommen auf die Höhe des Wasserbedarfs haben. Im Vergleich mit einem einfachen Speisenangebot und geringer Nutzung kann ein aufwändigeres Angebot bei starker Nutzung an Spitzentagen zu einer Verdreifachung des Wasserbedarfes führen. Hier besteht also eine beachtliche Möglichkeit der Einflussnahme. Insbesondere, wenn Mangel an Trinkwasser besteht oder zu befürchten ist, sollte der Wasserbedarf in der Küche überdacht werden.

Eine weitere Reduzierung des Trinkwasserbedarfs ist möglich, wenn für Reinigungszwecke Brauch-/Regenwasser genutzt werden kann.

Tabelle 3-7: Sparpotenziale durch Drucksenkung (Amor 2020)

Druck	Hahn ¾ Zoll frei	Einhandmischer	Perlator		Dusche	
			original	gute Qualität	normal	Ecoturbino
1 bar	0,25 l/s	0,17 l/s	0,15 l/s	0,08 l/s	0,08 l/s	0,05 l/s
2 bar	0,31 l/s	0,23 l/s	0,20 l/s	0,11 l/s	0,17 l/s	0,06 l/s
3 bar	0,45 l/s	0,29 l/s	0,25 l/s	0,13 l/s	0,13 l/s	0,07 l/s
4 bar	0,63 l/s	0,31 l/s	0,26 l/s	0,14 l/s	0,14 l/s	0,09 l/s

3.1.1.3 Inhalte und Ablauf einer Bedarfsprognose

Im Folgenden wird das in Abbildung 3-1 dargestellte Vorgehen bei einer Bedarfsprognose an einem Beispiel erläutert. Dabei wird davon ausgegangen, dass der gesamte Tagesbedarf sich nach der Gleichung 1 aus der Zahl der Tages- und Nächtigungsgäste und der Anzahl an Personal berechnen lässt, indem diese mit dem spezifischen Bedarf der jeweiligen Personengruppe multipliziert wird.

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

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

Für die Berechnungen werden die bereits dargestellten Werte für die spezifischen Bedarfe (Tabelle 3-3 und Tabelle 3-6) und die Nutzungshäufigkeiten (Tabelle 3-5) für die potenzielle Substitution von Trinkwasser durch Brauchwasser angewendet. Es wird unterstellt, dass für die Toiletten und Urinale Brauchwasser, für alle anderen Nutzungen Trinkwasser zu verwenden ist.

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes der Beispielhütte liegen die Ergebnisse der Bedarfsaufzeichnung und der Gästeerfassung vor (Tabelle 3-8). Im Ist-Zustand wird in der Hütte kein Brauchwasser genutzt. Es sind normale Duschen und WCs, also keine wassersparenden Geräte, vorhanden. Die Duschen sind sowohl für das Personal als auch für die

Nächtigungsgäste zugänglich. Zudem wurden keine Maßnahmen ergriffen, um den Gästen den Zugang zu Trinkwasser zu erschweren oder zu begrenzen.

Für die Planungen zur Erneuerung der Wasserversorgungsanlage der Beispielhütte wird davon ausgegangen, dass sich die Zahl der Gäste je Saison im Vergleich zum Ist-Zustand um 300 erhöhen wird. Als Grundlage für die Festlegung technischer Details (Speicherbemessung, Dimensionierung der Aufbereitung, teilweise Substitution von Trink- durch Brauchwasser), wurden verschiedene Szenarien erarbeitet, für die jeweils eine Prognose des Wasserbedarfs erstellt wurde. Dabei werden jeweils der gesamte Bedarf und der Bedarf, für den zwingend Trinkwasserqualität erforderlich ist, betrachtet. Der Anteil des Bedarfs, für den Brauchwasser verwendet werden kann, oder der durch Trockentoiletten eingespart werden kann, wird ebenfalls ausgewiesen. Die Tabelle 3-9 fasst die Charakteristika der Szenarien zusammen.

Tabelle 3-8: Kennzahlen der Musterhütte im Ist-Zustand

Dauer der Saison	Tage	72
Saison	KW	25 - 38
Gäste pro Saison	-	2300
Wasserbedarf pro Saison Q_{Saison}	m ³	85
durchschn. Zusammensetzung Gästeaufkommen in %	TG:NG:P	16:82:2
Wochenspitzenfaktor	-	1,5
Tagesspitzenfaktor	-	2
Volumen Hochbehälter	m ³	10
mittlerer Tagesbedarf $Q_{d,m}$	m ³ /d	1,2
max. Tagesbedarf $Q_{d,max}$	m ³ /d	2,4
mittlerer Wochendarf $Q_{w,m}$	m ³ /w	8,7
max. Wochendarf $Q_{w,max}$	m ³ /w	12
Wasser für Trinkwasserzwecke	%	55
Wasser für nicht-Trinkwasserzwecke	%	45

Tabelle 3-9: Im Rahmen der Bedarfsprognose untersuchte Szenarien

Szenario	
0	Ist-Zustand
A	300 Gäste pro Saison mehr, keine Anpassung der Technik
B	300 Gäste pro Saison mehr, Umstellung auf Spar-WC/Urinal u. Spar-Dusche
C	300 Gäste pro Saison mehr, Umstellung auf wasserloses Klosett/Urinal u. Spar-Dusche
D	300 Gäste pro Saison mehr, Umstellung auf wasserloses Klosett/Urinale Rückbau der Gästeduschen

Für jedes Szenario erfolgen Berechnungen ohne eine Differenzierung in Tages- und Nächtigungsgäste bzw. Personal (A1-D1) und mit einer solchen Differenzierung. Dabei wird einmal zu Grunde gelegt, dass die zusätzlichen 300 Gäste ausschließlich Tagesgäste sind (A2-D2), und einmal, dass es ausschließlich Nächtigungsgäste (A3-D3) sind. Für die verbleibende Zahl an zu versorgenden Personen wird davon ausgegangen, dass sich die Aufteilung auf Tages-, Nächtigungsgäste und Personal gegenüber dem Ist-Zustand nicht verändert. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Prognoserechnungen zusammen.

Tabelle 3-10: Ergebnisse der Bedarfsprognose

		0	A			B			C			D		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Q _{Saison}	m ³	85	96	89	97	74	69	75	53	48	53	35	32	35
Q _{d,m}	m ³ /d	1,2	1,5	1,3	1,4	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5
Q _{d,max}	m ³ /d	2,4	3,0	2,6	2,8	2,1	1,9	2,1	1,5	1,3	1,5	1,0	0,9	1,0
Q _{w,m}	m ³ /w	8,7	11	9	10	7	7	7	5	5	5	3	3	3
Q _{w,max}	m ³ /w	12	16	14	15	11	10	11	8	7	8	5	5	5
Trinkw.zw.	%	55	55	54	55	71	70	71	100	100	100	100	100	100
Brauchw.zw.	%	45	45	46	45	29	30	39	0	0	0	0	0	0

Die Ergebnisse in Tabelle 3-10 zeigen zunächst, dass ein Anstieg der Gästezahlen ohne Anpassungen in der technischen Ausstattung der Hütte erwartungsgemäß zu einem Anstieg des Wasserbedarfs führt. Dabei macht es einen geringen Unterschied, ob der Zuwachs an Gästen allein durch Nächtigung- oder durch Tagesgäste verursacht wird. Es wird weiterhin deutlich, dass das Wasser zu etwa gleichen Teilen für Zwecke verwendet wird, für die Trinkwasserqualität und für Zwecke, für die Brauchwasser ausreichend wäre.

Durch die Umsetzung der verschiedenen technischen Maßnahmen zur Senkung des Wasserbedarfs kann für die Szenarien B, C und D trotz des Anstiegs der Gästezahlen eine erhebliche Reduktion des Wasserbedarfs nachgewiesen werden. Die größten Einsparungen ergeben sich erwartungsgemäß durch die Umstellung auf wasserlose Toiletten und Urinale in Szenario C. Würden anstelle der wasserlosen Toiletten und Urinale die Spar-Toiletten und Urinale mit Brauchwasser betrieben (Szenario B), würde dieses ca. 30 % des verbliebenen gesamten Wasserbedarfs ausmachen (siehe Abbildung 3-9). Daraus würde sich unmittelbar eine Entlastung der Aufbereitungsanlage ergeben.

Soweit das Brauchwasser separat gespeichert wird, würde sich entsprechend auch die Reichweite des vorhandenen Trinkwasserspeichers vergrößern. Die Anforderungen bezüglich der Speicherung von Roh-, Trink- und Brauchwasser werden in Kap. 3.3 behandelt. Es sei aber bereits hier angemerkt, dass sich die Nutzungsdauer des vorhandenen Speichers im Szenario D bei einem mittleren Bedarf verdreifacht und selbst für den maximalen Bedarf immer noch verdoppelt.

Im Kapitel 3.2.4 wird dargelegt, wie die erforderliche Menge an Brauchwasser durch das Sammeln von Regenwasser gewonnen werden kann. Auf die Möglichkeiten, das Regenwasser im Bedarfsfall bis zu Trinkwasser aufzubereiten, wird ebenfalls eingegangen. Dabei wird auch betrachtet, welche Menge an Regenwasser zur Deckung des Bedarfs gewonnen werden kann, wenn die Saison um 4 Wochen verlängert werden würde.

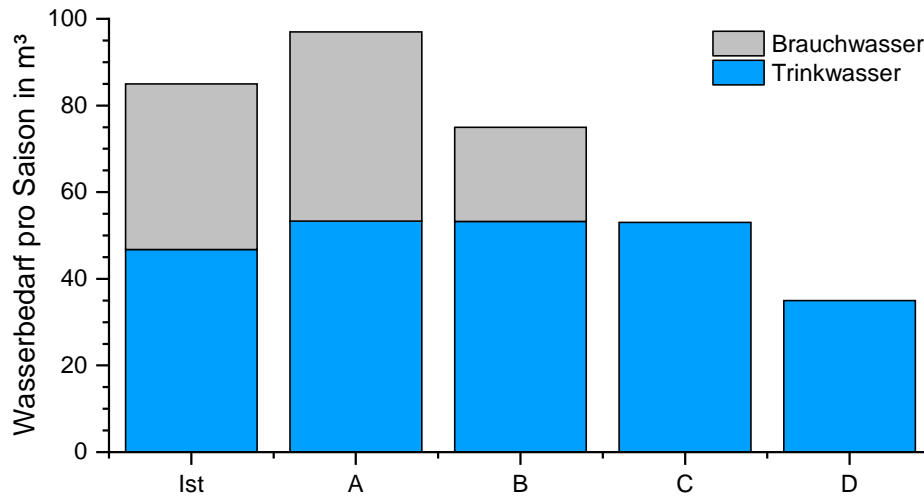


Abbildung 3-9: Veränderung des Wasserbedarfs

Im vorliegenden Beispiel hat die differenzierte Betrachtung des Wasserbedarfs nach Tages- und Nächtigungsgästen keine Ergebnisse geliefert, die wesentlich von einer pauschalen Betrachtung auf Basis eines mittleren Bedarfs für beide Gästegruppen abweichen würden. Dies ist sicher darauf zurückzuführen, dass sich das Gästeaufkommen nur um etwa 10 % erhöht hat und die Zusammensetzung der bisherigen Gästegruppe sich nicht verändert hat. Bei größeren Veränderungen der Gästezahl können sich durchaus signifikante Abweichungen zwischen beiden Berechnungsarten ergeben.

Die Prognose für den Bedarf eines Zuwachses an Tagesgästen kann auch unter Nutzung von Verbrauchskennwerten aus der Gastronomie erfolgen, welche die Frequentierung der angebotenen Sitzplätze berücksichtigen (Tabelle 8-4 im Anhang). Auf den Einfluss des gastronomischen Angebotes auf die Höhe des Wasserbedarfs je Gast wurde bereits hingewiesen.

3.1.2 Wasserverfügbarkeit

In der Regel können auf alpinen Schutzhütten keine echten Grundwässer für die Wasserversorgung genutzt werden, die aus ausreichender Tiefe gewonnen werden und durch filtrierende Bodenschichten geschützt sind. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass vorwiegend Schmelzwasser, Oberflächengewässer und Regenwasser genutzt werden müssen. Oft werden die genutzten Schmelzwasservorkommen dennoch als Quellen bezeichnet. Das Speichervermögen der genutzten Festgesteine ist meist sehr gering, sodass die Schüttung nach einem Regen oder nach der Schneeschmelze schnell nachlässt. Die Nutzung von Schmelzwasser ist dadurch gekennzeichnet, dass mit fortschreitendem Abschmelzen der Schneefelder ein Rückgang der Schüttung verbunden ist, der bis zum völligen Versiegen reichen kann. Zum Teil kommt es auch zu einer örtlichen Verlagerung des Wasseraustritts, was eine Nachführung der Fassungsanlagen erforderlich macht (Kap. 3.2).

Die Beurteilung der Wasserverfügbarkeit muss deren Entwicklung über die Dauer der gesamten Saison umfassen und ist nur standortbezogen möglich. Daher sind eigene Messungen zur Quellschüttung bzw. zum Quellüberlauf und Niederschlag erforderlich. Die Erfassung kann kontinuierlich über Durchflussmessungen, Höhenstandsmessungen an Messwehren, Lattenpegel oder im einfachsten Fall durch Auslitern des Überlaufs erfasst werden (BMLFUW 2005). Für die Erfassung der Niederschlagshöhe können Regenmesser nach Hellmann eingesetzt werden, die auch mit einem Schneekreuz ausgestattet werden können und deren Anschaffungskosten bei ca. 60 EUR liegen (Stand 2021). In der Fachliteratur finden sich Hinweise zur Nutzung dieser Messgeräte sowie Angaben zu Messfehlern (Maniak 2010). Wichtig ist, dass alle Volumenströme (Ableitung zur Hütte, Überläufe) erfasst werden, um eine Bilanz erstellen zu können.

Die so gewonnenen Aufzeichnungen können nicht nur als Frühwarnsystem für den aktuellen Betrieb genutzt werden. Aus dem zeitlichen Verlauf von Schüttung und Niederschlag lassen sich auch Information wie Leerlaufkoeffizient und Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe ableiten (Treskatis 2021). Diese Informationen können für die frühzeitige Erkennung eines Trockenfallens der Quelle genutzt werden.

Bei der Abschätzung des Potenzials für die Nutzung von Regenwasser kann unter Umständen auf die Daten benachbarter hydrologischer Stationen (z.B. <https://ehyd.gv.at>) zurückgegriffen werden. Allerdings sind die Einflüsse kleinräumiger Gegebenheiten zu beachten, die zu erheblichen Unterschieden führen können. Hier sind insbesondere Windeinflüsse zu erwähnen. Der Vorteil zentral erfasster hydrologischer Daten über lange Zeiträume ist die Möglichkeit, auch Aussagen zur durchschnittlichen Dauer von Trockenperioden, der durchschnittlichen Niederschlagshöhe und zu langfristigen Trends ableiten zu können (Abbildung 3-15).

Bei der Betrachtung der Wasserverfügbarkeit müssen die als Folge des Klimawandels zu erwartenden Entwicklungen berücksichtigt werden. Zu diesen gehören Gletscherschwund und Permafrost-Degradation (Lieb 2020), steigende Temperaturen, zeitliche Verschiebung von Niederschlägen, Verschiebung der Niederschläge von Schnee zu Regen und das häufigere Auftreten von Starkregenereignissen (DAV 2015; Frei und Schmidli 2006; Ritter 2017).

Neben den Auswirkungen auf den zukünftigen Wasserbedarf (Kap. 3.1.1) und die Wasserbeschaffenheit (Kap. 3.1.3), hat insbesondere die Verringerung der Schneefelder Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Wasser, da so die Speicherwirkung des Schnees verloren geht. Gleichzeitig bewirken steigende Temperaturen eine stärkere Verdunstung, was ebenfalls zu einem schnelleren Versiegen der Schüttung beiträgt.

Die beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels im Alpenraum gelten allgemein und als Mittelwert über ein größeres Betrachtungsgebiet. Durch den Einfluss des Gebirges (Steilheit des Geländes, Nord- oder Südtaulage, Richtung der Anströmung, inneralpine Lage) ergeben sich höhenabhängige Niederschlagsprofile, die sich regional stark unterscheiden können (Ritter 2017). Wichtig bleiben daher die hüttenspezifische Erfassung und Anwendung der Daten.

3.1.3 Wasserbeschaffenheit

Die Grundlagenermittlung muss Untersuchungen zur Beschaffenheit des Rohwassers einschließen, aus denen abgeleitet werden kann, ob und welche Art an Aufbereitung ggfs. erforderlich ist. Dabei sind auch ungünstige hydrologische Situationen, vor allem Tage mit bzw. nach Starkregen, zu berücksichtigen, da das Versorgungssystem einschließlich der Aufbereitung auch unter diesen Bedingungen die Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Menge und der geforderten Qualität gewährleisten muss.

Der Umfang der zu untersuchenden Parameter muss sich nicht nur an der Trinkwasserverordnung und einer Gefährdungsanalyse für das Einzugsgebiet orientieren. Die Untersuchungen müssen auch solche Parameter umfassen, die nur mittelbar Einfluss auf die Auslegung der Aufbereitungsanlagen haben (Tabelle 3-11). Insbesondere bei der Nutzung von Quelfassungen und vergleichbaren Ressourcen sollte über die Erfassung der Schüttung auch die Schüttungszahl ($Q_{\max}:Q_{\min}$) ermittelt werden, da aus ihr die Gefahr des Trübstoffeintrags abzuschätzen ist (ÖVGW WI 03).

Werden mehrere Fassungen genutzt, sind diese zumindest bezüglich der Trübung und der Mikrobiologie einzeln zu beproben. Unter Umständen führt diese Erhebung zu der Feststellung, dass einzelne Fassungsstränge weniger von Starkregen beeinflusst werden und weniger zur Eintrübung neigen. Soweit ihre Schüttung in solchen Situationen ausreichend ist, können Stränge geringer Qualität ausgeleitet werden und der Aufbereitungsaufwand dadurch reduziert werden. Hier wirkt sich aus, dass bei der Wassergewinnung für Schutzhütten meistens der Rückhalt durch filtrierende Deckschichten fehlt und hohe Abstandsgeschwindigkeiten im Festgestein auftreten, die zu einer hohen Trübstoffführung und zu einem raschen Eintreten von Verunreinigungen in die Fassungsanlagen führen.

Neben den schon zuvor beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels auf die Häufigkeit von Starkregenereignissen, die Verwitterung von Gesteinen und die damit verbundene Freisetzung von Metallen sind weitere Folgen zu berücksichtigen. So kann es durch Erosion schlagartig zu einer massiven Schädigung von Deckschichten kommen, aus der ein Eintrag von Trübstoffen resultiert. Auch Trocknungsrisse die infolge langer Hitzeperioden entstehen können, führen zu einer Schädigung von Deckschichten. Auf die Stufe der Partikelentfernung muss daher besonderes Augenmerk gerichtet werden.

Soweit Oberflächenwasser genutzt, wird steigt der Feststoffgehalt mit zunehmendem Abfluss stark an. Dies kann zu einer Verschlämzung der Anlagen führen und erfordert zwingend Vorkehrungen zum Rückhalt der Feststoffe.

Im Umfeld der Schutzhütten sind Verunreinigungen des Rohwassers durch chemische Stoffe (zum Beispiel Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln) kaum zu erwarten. Sie spielen daher in der Gefährdungsanalyse (Kap. 5) in der Regel keine Rolle. Wichtiger sind Gefährdungen, die aus dem Eintrag von Fäkalkeimen resultieren. Dazu gehört vor allem der Weidebetrieb, wobei das höchste Risiko bei einer Beweidung im Umfeld der Wassergewinnung besteht. Zudem sind Einträge zu berücksichtigen, die geogenen Ursprungs sind (zum Beispiel Eintrag von Schwermetallen aus dem Gestein).

Neben dem Eintrag von Partikeln, der an der Eintrübung erkannt werden kann und negative Auswirkungen auf alle Aufbereitungsanlagen hat, sind vor allem hygienische Verunreinigungen zu nennen. Diese werden durch Analysenparameter wie E.Coli, Enterokok-

ken, und *Pseudomonas aeruginosa* sowie durch die Indikatorparameter Coliforme Bakterien, *Clostridium perfringens* und Koloniezahlen bei 22 °C, 36 °C (37 °C in Österreich) erfasst. Auf Basis derartiger Untersuchungen lassen sich frische oder auch länger zurückliegende Einträge von Fäkalien (Weidevieh, Wild, Mensch) nachweisen.

Durch die Verwitterung von Gestein kann es zur Freisetzung unterschiedlicher Metalle und Schwermetalle kommen, die bis zur Überschreitung von Grenzwerten der Trinkwasserverordnung reichen kann. Häufige Beanstandungen sind erhöhte Konzentrationen an Eisen und Mangan aber auch an Arsen. Im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels (Freilegung von Gesteinen) wird von einer beschleunigten Verwitterung von Gesteinen (Pyrit) ausgegangen, die mit Bildung von Schwefelsäure und einer teilweise drastischen Absenkung des pH-Wertes verbunden ist. Dies begünstigt die Freisetzung von Arsen und anderen Metallen. Auch die direkte Freisetzung von Schwermetallen aus dem Eis des Permafrost wird als mögliche Ursache diskutiert, die zum Teil mit einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit des Schmelzwassers korreliert (permanet 2011).

Örtlich werden an Standorten von Schutzhütten auch erhöhte Konzentrationen an natürlichem Uran festgestellt. Ein Zusammenhang zwischen den Konzentrationen an Arsen und Uran besteht jedoch in der Regel nicht (Friedmann et al. 2007).

In oberflächennahen Wässern, insbesondere im Bereich des Kristallin, und im Niederschlagswasser kann sich das sogenannte Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht nicht einstellen. Daher weisen derartige Wässer oft einen zu geringen pH-Wert auf, was die Löslichkeit von Schwermetallen aus Leitungen und Armaturen sowie den Betonangriff begünstigt. Dies wird in der Trinkwasseranalyse durch den Parameter D_C (Calcitlösekapazität) erfasst.

Wird ein Wasser, das sich im Gleichgewicht befand, durch Erwärmung oder Druckänderung aus dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht gebracht, kann es kalkabscheidende Eigenschaften annehmen. Der Wert von D_C wird dann negativ und es müssen Kalkausfällungen befürchtet werden, die insbesondere für UV-Anlagen störend sind und einen höheren Reinigungsaufwand verursachen.

Der Eintrag von Huminstoffen durch Auswaschung aus Boden (Humus) führt zu einer gelb-bräunlichen Einfärbung des Rohwassers, die auf die Schwächung des Lichtes im sichtbaren und im UV-Bereich zurückzuführen ist. Huminstoffe werden durch die Parameter Spektraler Absorptionskoeffizient SAK_{524} (bestimmt aus der filtrierten Probe) und Spektraler Schwächungskoeffizient SSK_{254} (bestimmt aus der nicht filtrieren also trübstoffhaltigen Probe) erfasst. Huminstoffe liegen im Wesentlichen gelöst vor und können durch Partikelfilter daher kaum zurückgehalten werden. Dies kann dazu führen, dass die erforderliche Bestrahlungsstärke einer UV-Anlage soweit geschwächt wird, dass trotz funktionierender vorgeschalteter Partikelentfernung an der UV-Anlage eine Störung ausgelöst und die Trinkwasserzufuhr unterbrochen wird (Kap. 3.4.2).

Huminstoffe werden auch durch Ultrafiltrationsmembranen kaum zurückgehalten. Allerdings können bereits geringe Mengen an Huminstoffen innerhalb kurzer Zeit zu einer Verblockung der Membranporen führen, die sich durch Spülungen nicht entfernen lässt sondern in Abständen eine chemische Reinigung erfordert (Krause 2012).

Die Tabelle 3-11 listet wichtige Parameter auf, welche für die auf alpinen Schutzhütten am häufigsten genutzten Aufbereitungsarten von Bedeutung sind. Ggfs. werden von den Anbietern von Aufbereitungsanlagen weitere Untersuchungen empfohlen bzw. gefordert.

Tabelle 3-11: Zu analysierende Rohwasserparameter für häufige Aufbereitungsverfahren (erweitert nach SVGW Empfehlung W1016d)

Parameter	Partikelfilter		Desinfektion		Entfernung von		
	Schnellfilter	UF	OCI ⁻	UV	Fe/Mn	As	U
Trübung	x	x	x	x	x	x	x
SAK 254		x		x			
SSK 254		x		x			
DOC		x	x	x			
pH-Wert			x		x	x	x
Fe/Mn		x		x	x	x	x
D _c		x					
Sulfat							x
Hydrogencarbonat							x
Ammonium			x				

SAK – Spektraler Absorptionskoeffizient
SSK – Spektraler Schwächungskoeffizient
DOC – gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon)
D_c – Calcitlösekapazität (Kalklösevermögen)
OCI⁻ - Desinfektion mit Natriumhypochlorit
Fe – Eisen
Mn – Mangan
As – Arsen
U – Uran

Unabhängig von den hier formulierten Empfehlungen sind der von den Gesundheitsbehörden definierte Mindestumfang an Untersuchungen und die Vorgaben zur Beprobungshäufigkeit zu beachten. Kapitel 4.14 gibt einen Überblick über die Untersuchungspflichten beim Betrieb von Wasserversorgungsanlagen auf Schutzhütten.

Die Untersuchungen sollten um die Parameter ergänzt werden, die für eine Auswahl geeigneter metallischer Installationsmaterialien erforderlich sind.

3.2 Gewinnungsanlagen

3.2.1 Quelfassungen

Wird im Kontext der Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten von Quellwasser oder Quellen gesprochen, handelt es sich meist um die Nutzung von sehr seichten Fassungen also die Nutzung von sehr oberflächennahem Grundwasser. Im Extremfall reicht dies bis zur Fassung von Schmelzwasser mittels so genannter „fliegenden“ Fassungen (s. Abbildung 3-10).



Abbildung 3-10: Fassungsanlage der Fa. Aquatec. Quelle DAV

Die Fassung von Grundwasser mittels Brunnen ist eher die Ausnahme. Da, wo sandige Böden vorhanden sind, könnte eine einfache Erschließung mittels so genannter Abessiner-Brunnen oder auch Ramm- bzw. Schlagbrunnen erfolgen. Meistens führt aber das Vorhandensein größerer Gesteine dazu, dass die geschlitzten Rohre nicht in der gewünschten Weise eingebracht werden können.

Bei der Fassung von Quellen im alpinen Umfeld sollten möglichst Fertigteilerschächte aus PE oder Edelstahl, mindestens 1.4301, verwendet werden. Bei Bedarf können die Schächte aus vorgefertigten Teilen auch vor Ort erstellt werden, was jedoch mit deutlich höheren Baukosten verbunden ist.

Die folgenden Ausführungen beruhen auf der Auswertung zahlreicher Veröffentlichungen und bestehender Leitfäden. Die wesentlichsten Inhalte wurden ausgewählt und auf die Gegebenheiten von alpinen Schutzhütten übertragen (Bartel et al. 2013; Land Kärnten 2005; Land Salzburg 2014; Land Steiermark 2016; Meier 2011; Provinz Bozen 2002; BMC 2018).

In Anhang 8.5 ist der Bau einer Anlage zur Fassung, Ableitung und Sammlung von Quellwasser in Bildern dokumentiert.

Anlagen zur Quellwassergewinnung bestehen aus der eigentlichen Fassung (Sickerstränge, Sickerleitungen, Kiesdränagen etc.) und dem Sammelschacht, unterteilt in Absetz- und Sammelbecken. Die Gestaltung und die Lage der Fassungen bestimmen, welche Wassermenge in Abhängigkeit vom Grundwasserstand gewonnen werden kann. Um die austretende Grundwassermenge möglichst vollständig fassen zu können, sollten die Fassungsstränge quer zum Grundwasserstrom verlegt werden, talseitig und seitlich der Fassung sind Fassungsmauern bzw. Quellriegel zu errichten (Hagedorn-Rubbert et al. 2014).

Eine hohe Fließgeschwindigkeit in den Fassungsanlagen bedeutet einerseits große Entnahmemenge führt aber u.U. auch zu einer hohen Trübstoffführung. In der Praxis sollte eine Anpassung des Durchmessers der Sickerstränge in der Form erfolgen, dass das Wasser bei maximaler Schüttung ohne Aufstau abgeleitet werden kann und eine Geschwindigkeit von 0,2 – 0,4 m/s erreicht wird. Mindestens sollten die Stränge einen Durchmesser von DN 150 aufweisen (Hagedorn-Rubbert et al. 2014).

Die Kiespackung um die Sickerstränge und die Schlitzweite der Sickerstränge müssen an das anstehende Gebirge (Gestein) angepasst sein. Hier gelten die aus dem Brunnenbau bekannten und in den Regelwerken veröffentlichten Filterregeln (Deutschland: DVGW W 113). Wenn Fassungen im Festgestein verlegt werden und dieses nicht zum Absanden neigt, ist zumindest eine Kiespackung von 8/16 mm als Stützgerüst vorzusehen.

Bei der Wahl des Materials für die Fassungsstränge kann auf Wickeldrahtfilter zurückgegriffen werden, die bei gleicher Schlitzweite einen größeren freien Querschnitt als Schlitzbrückenfilter aufweisen.

Beginn und Ende der einzelnen Fassungsstränge sind an der Geländeoberfläche mit farbig markierten Steinen zu kennzeichnen. Zur Unterscheidung der Markierung von Fassungssträngen und Schutzgebietsgrenzen wird empfohlen, erstere mit blau gefärbten und letztere mit rot gefärbten Steinen zu markieren.

Die Leitungen von den einzelnen Fassungen zum Sammelschacht sollten mindestens einen Durchmesser von 150 mm aufweisen. Bei maximaler Schüttung und einem halbgelüfteten Rohr sollte die Fließgeschwindigkeit max. 0,5 m/s betragen (Provinz Bozen 2002). Mit der Wahl dieses Mindestdurchmessers wird nicht nur die Inspektion (z.B. eine Kamerabefahrung vom Sammelschacht aus) sondern auch das ggfs. erforderliche Freispülen von einzelnen Strängen erleichtert.

Die Quellsammelschächte, die bei kleineren Anlagen gleichzeitig als Speicher dienen können, sollten über einen horizontalen Zugang zu betreten sein. Soweit dies nicht möglich ist, muss ein entsprechender Einstieg mindestens 30 cm über die Geländeoberkante geführt werden. Der Einstieg ist mit einem gegen Oberflächenwasser dichten Deckel zu sichern und darf sich nicht über der freien Wasseroberfläche befinden. Der Zugang sollte eine lichte Höhe von mindestens 2 m und eine lichte Breite von mindestens 1,5 m haben. Von dieser Empfehlung muss natürlich abgewichen werden, wenn es sich um sehr kleine Behälter handelt (s. Abbildung 3-11).



Abbildung 3-11: seitlicher Zugang zu Behälter. Quelle links DAV; rechts W. Kunrath

Das Gelände um den Einstieg ist so zu gestalten, dass Regen- und Schmelzwasser ungehindert abfließen können. Sowohl der Schacht als auch die Schachtentwässerung und Überläufe dürfen sich nicht in einem Hochwasser gefährdeten Bereich befinden.

Quellsammelschächte sind in Wasserkammer(n) und Schieberkammer zu trennen. Die Wasserkammern müssen in Beruhigungsbecken und Entnahmebecken aufgeteilt sein. Im Beruhigungsbecken soll eine Abscheidung von Feststoffen durch Sedimentation erfolgen (Hagedorn-Rubbert et al. 2014; Lippuner 2018).

Erfolgen die Planung und der Bau von Quellfassungsanlagen mit dem Ziel, die maximale Wassermenge fassen zu können, kann dies mit einer erhöhten Trübstoffführung bei einer hohen Quellschüttung verbunden sein. Daher ist dann auf den technischen Rückhalt dieser Trübstoffe in den Sammelschächten und in der Aufbereitung besonderes Augenmerk zu richten.

Für die Optimierung der Feststoffabscheidung an Quellfassungsanlagen mittels Sandfängen wurden im Rahmen eines von der DBU geförderten Projektes die folgenden Empfehlungen erarbeitet (Hagedorn-Rubbert et al. 2014). Der Zulauf zum Absetzbecken sollte getaucht bzw. über Lochbleche erfolgen, um einen gleichverteilten Zulauf zu erreichen und Kurzschlussströmungen zu reduzieren. Um gleichzeitig der Empfehlung zu entsprechen, dass die einzelnen Leitungen einen freien Auslauf haben sollten, um sie einzeln beproben zu können (s.u.), muss ein Zwischenbecken vorgesehen werden. Der Ablauf

aus dem Sandfangbecken sollte nach einer Tauchwand und über ein Zackenwehr erfolgen. Auch dies dient der Vergleichmäßigung der Strömung und begünstigt den Sedimentationsvorgang. Angaben zur Geometrie derartiger Becken und zum erreichbaren Abscheidegrad führen Hagedorn-Rubbert et al. auf S. 36 ihres Berichtes auf (Hagedorn-Rubbert et al. 2014). Alle Becken sind für die größte anzunehmende Schüttungsmenge zu dimensionieren.

Physikalisch bedingt wird der Abscheidevorgang durch lang gestreckte Becken in schmaler Bauform begünstigt. Dies ist in der Regel mit den am Markt verfügbaren Fertigschächten nicht realisierbar.

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der Sandabscheidung an Quelfassungsanlagen ist das Nachrüsten von Lamellenabscheidern (Hagedorn-Rubbert et al. 2014). Für die Entfernung von Schwebstoffen bzw. Trübstoffen geringerer Teilchengröße ist die Filtration erforderlich (s. Kap. 3.4.2).

Die Verbindung zwischen dem Beruhigungs- und dem Entnahmebecken sollte über ein Wehr erfolgen, mit dem auch der Durchfluss erfasst und aufgezeichnet werden kann. Sollten weitere Abläufe bzw. Überläufe existieren, sind diese ebenfalls mit Messeinrichtungen auszustatten.

Der Querschnitt der Überläufe muss so bemessen und angeordnet werden, dass es nicht zum Rückstau in der Quelle kommt. Im Sinne des Naturschutzes sollte der Überlauf einer Quelle möglichst kurz nach der Quelfassung wieder in den natürlichen Verlauf der Quelle einmünden.

Alle Wasserbecken müssen zur Entleerung über eine zum Grundablass hin stark geneigte Sohle verfügen. Ein Grundablass ist auch für die Schieberkammer vorzusehen.

Die Entnahmeleitung ist mindestens 20 – 50 cm über der Sohle einzubauen.

Wenn das Wasser aus Überlauf und Grundablass gemeinsam abgeführt wird, müssen Vorkehrungen für den Fall von Reinigungsmaßnahmen getroffen werden. Soweit dabei Chemikalien zum Einsatz kommen, müssen diese vor der Ableitung neutralisiert bzw. allgemein entsprechend den gesetzlichen Anforderungen unschädlich gemacht werden. Grundablass und Überlauf sind mit einer Froschklappe zu sichern.

Die Zulaufrohre sind mindestens 20 cm über dem höchsten Wasserspiegel so anzubringen, dass sie gut von der Schieberkammer aus für die Probennahme erreichbar sind.

Quellsammelschächte können auch für mehrere Quelfassungen an deren Zusammenführung errichtet werden. In diesem Fall ist von jeder Quelfassung eine separate Leitung zum Quellsammelschacht zu führen, so dass getrennte Schüttungsmessungen, Beprobungen oder die Ausleitung einzelner Quellzuläufe möglich sind. Alle Zuläufe sind am Eintritt in den Sammelschacht entsprechend den behördlichen Auflagen zu kennzeichnen. Besteht die Gefahr, dass einzelne Quellen wegen Eintrübungen oder hygienischen Belastungen nicht nutzbar sind, sollten diese Quellen ausgeleitet werden können. Einfaches Abschiebern führt zum Einstau der jeweiligen Quellen und zu Schäden an der Fassung bis hin zum Verlaufen der Quelle.

Hilfsanlagen wie Einstiege und Leitern dürfen nicht über der freien Wasseroberfläche angeordnet werden. Gleiches gilt für Lüftungsöffnungen, die zudem mit Insektengittern bzw. Luftfiltern zu sichern sind.

Alle Materialien, die unmittelbar mit dem Trinkwasser in Kontakt kommen, müssen ihre Eignung mit entsprechenden Zertifikaten nachweisen. Bei Türen, Luken, Leitern und Armaturen ist auch auf Korrosionsbeständigkeit zu achten. Da Quellwässer in der Regel im Fassungszustand korrosive Eigenschaften haben, sollten wasserführende Teile wie Seiler und Armaturen in Edelstahl ausgeführt werden. Die erforderliche Qualität des Edelstahls sollte auf Basis von Wasseranalysen erfolgen, jedoch sollte mindestens Edelstahl 1.4301 verwendet werden.

3.2.2 Brunnenschächte

Die Abschlussbauwerke von Brunnen sollen mindestens 30 cm bis über Geländeoberkante geführt werden und sind mit bindigem Material (z.B. Lehm oder Bentonit) gegen Oberflächenwasser abzudichten.

Die Verwendung von Schachtringen ist für die Errichtung von Schachtbrunnen zur Trinkwasserversorgung ungeeignet, da die Stöße zwischen den Schachtringen nur schwer dauerhaft dicht zu halten sind.

Brunnenschächte müssen mit einer Be- und Entlüftung ausgestattet werden, um die Abscheidung von Kondenswasser und daraus resultierende Korrosion zu vermeiden. Bei Schachtbrunnen muss dadurch auch vermieden werden, dass mikrobiologisch belastetes Kondenswasser das Trinkwasser belastet. Die Be- und Entlüftung ist mit einem Insektengitter zu sichern.

Der Fassungsbereich um den Brunnen muss so gesichert werden, dass auch bei Starkregen oder Schneeschmelze keine Gefährdung durch den Eintrag von Fäkalien (Wild, Weidebetrieb) besteht. Es ist daher eine Umzäunung im Umkreis von 10 m vorzunehmen.

Einstiegsdeckel müssen dicht gegen eindringendes Oberflächenwasser sein. Sie sollten aus Edelstahl 1.4301 gefertigt sein und eine umlaufende Gummidichtung besitzen.

3.2.3 Oberflächenwasser

Bei der Nutzung von Oberflächenwasser kann in die Wasserentnahme aus stehenden Gewässern (Seen) und aus fließenden Gewässern (Bächen) unterschieden werden. Bei Letzteren ist insbesondere die von der Höhe des Abflusses abhängige Feststoffführung zu beachten. Soll Wasser aus Bächen für die Wasserversorgung genutzt werden, sind daher in der Regel Anlagen zum Rückhalt der Feststoffe durch Sedimentation erforderlich. Dies können im Bachbett angeordnete Fangbecken sein, die ggfs. zweistufig ausgeführt werden. Zum Schutz des ersten Fangbeckens ist ein Rechen vorzusehen. Je nach örtlicher Situation muss auch für den Rückhalt von Blättern, Kiefernadeln etc. durch Netze oder Siebe gesorgt werden.



Abbildung 3-12: Sandfang bei Entnahme von Oberflächenwasser. Quelle Kostrouch

Bei zweistufigen Fangbecken sind diese mittels eines Überlaufs miteinander zu verbinden. Aus dem zweiten Fangbecken kann dann das Wasser einer Anlage zur Sandabscheidung zugeführt werden. Dies kann ebenfalls mehrstufig ausgeführt werden. Auch hier gilt, dass eine lang gestreckte Bauform den Abscheidvorgang begünstigt. Die Anlagen sollten aus nichtrostendem Stahl ausgeführt werden und einen Deckel besitzen.

Im Ablauf des Sandfangs kann das Wasser für die Hütte mittels eines Rohres entnommen werden. Zum Rückhalt von Partikeln kann dieses Rohr als Filterrohr ausgeführt werden. Eine möglichst geringe Geschwindigkeit am Eintritt in das Rohr reduziert die Gefahr der Verblockung des Filters, daher sollte eine möglichst große Filterfläche gewählt werden. Allerdings muss sichergestellt werden, dass die verfilterte Länge des Rohres immer vollständig mit Wasser überstaut ist.

Bei der Wasserentnahme aus Seen sind die Anforderungen des Naturschutzes zu den zulässigen Entnahmemengen und den erforderlichen Restwassermengen bzw. Wasserständen zu beachten. Die Wasserbeschaffenheit unterliegt nicht nur jahreszeitlichen Schwankungen, sondern ist in der Regel auch von der Entnahmetiefe und vom Entnahmort abhängig. Beide sind so zu wählen, dass die zulässige Menge entnommen werden kann und qualitative Beeinträchtigungen durch aufschwimmende Stoffe (Pollen, Blätter), Schwebstoffe (Algen) und Sedimente möglichst ausgeschlossen werden können. Bewährt haben sich schwimmende Vorrichtungen, mit denen das Wasser ca. 30 cm unter der Wasseroberfläche entnommen werden kann.

Besonderes Augenmerk ist auf die Ermittlung von Gefährdungen zu legen, die durch Abschwemmungen im Einzugsgebiet des Gewässers und durch Einleitungen entstehen können.

Die Öffnung der Entnahmeleitung ist mit einem Seiher zu schützen. Die Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers sollte möglichst gering sein, um das Ansaugen von Trübstoffen und ggfs. Kleinstlebewesen so gering wie möglich zu halten.

3.2.4 Regenwasser

Die Sammlung und Nutzung von Regenwasser kann eine wesentliche Maßnahme sein, um die Wasserversorgung einer Hütte auch bei eingeschränkter Verfügbarkeit von Grundwasser und Oberflächenwasser sicherzustellen. Mit der Verwendung von Regenwasser als Brauchwasser wird zwar der gesamte Wasserbedarf einer Hütte nicht verringert, jedoch stellt Regenwasser oft die einzige Ressource dar, die zusätzlich erschlossen werden kann, um den Bedarf zu decken.

Regenwasser kann vorrangig Trinkwasser bei verschiedenen Nutzungen substituieren, für die keine Trinkwasserqualität erforderlich ist, oder sogar zu Trinkwasser aufbereitet werden, wenn die Versorgung anders nicht sichergestellt werden kann. Anwendungen, für welche die Regenwassernutzung zu empfehlen ist, sind die Toilettenspülung und die Verwendung für Reinigungsarbeiten.

Der zu erwartende Ertrag an Regenwasser V hängt von der Größe der Dachfläche (projizierte Grundfläche A), den Eigenschaften des Dachmaterials (Ertragsbeiwert η_E), den Eigenschaften des Filters / der Filter (Filterbeiwert η_F) und der Niederschlagshöhe N im Betrachtungszeitraum ab. Zusätzlich wirken sich örtliche Gegebenheiten wie insbesondere Windverfrachtungen f_w und Verdunstung von stark erwärmten Flächen oder Verspritzen von kleinen Dächern mindernd aus. Das zu erwartende Volumen kann nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$V = A \cdot \eta_E \cdot \eta_F \cdot N \cdot f_w$$

Werden die Fläche in m^2 , die Niederschlagshöhe in m und die Beiwerte als dimensionslose Größen (0 ... 1) angegeben, erhält man das Volumen in der Einheit m^3 . Die Abbildung 3-13 zeigt anhand einiger Annahmen, welcher Ertrag an Regenwasser pro Saison bei einem Hartdach erwartet werden kann. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Speicher stets alles Wasser aufnehmen kann, das vom Dach zuläuft.

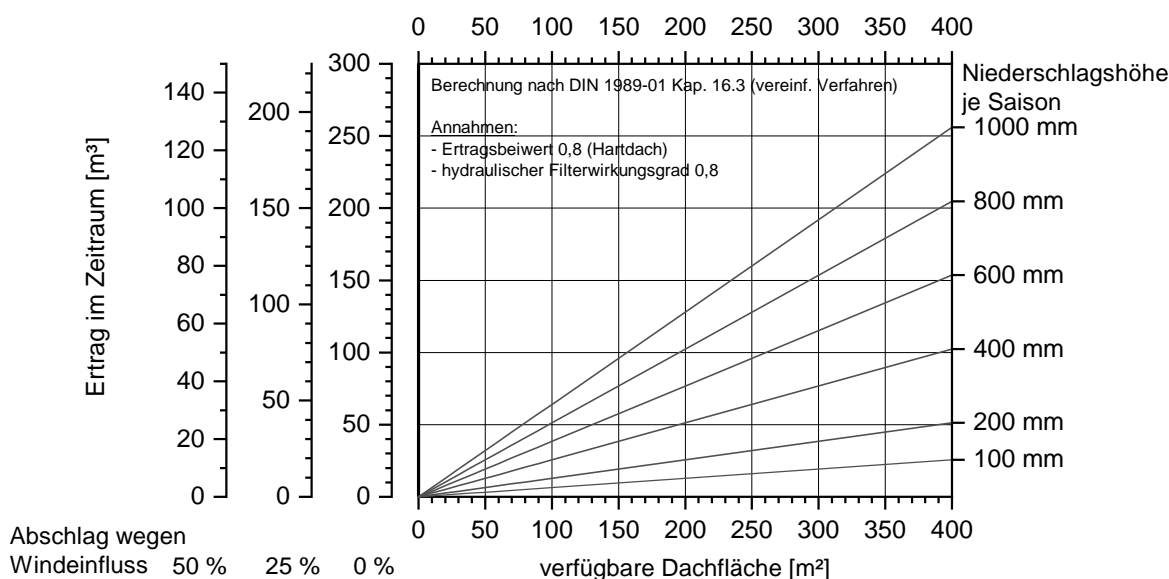


Abbildung 3-13: Abschätzung des möglichen Regenwasserertrags für die Dauer einer Saison

Eine Auswertung der im Rahmen des Projektes IEVEBS erhobenen Daten zu den Schutzhütten ergibt, dass der mittlere Tagesbedarf der Hütten im Durchschnitt bei ca. 2 m³/d liegt. Geht man von einer Saisondauer von 90 Tagen (Mitte Juni bis Mitte September) aus, ergibt sich ein typischer Wasserbedarf über die gesamte Dauer der Saison von etwa 180 m³. Bei einer Niederschlagshöhe von etwa 550 mm für den Zeitraum Juli – September (Abbildung 3-14) und einer Dachfläche von 200 m² wäre je nach Stärke des Windeffektes ein Ertrag an Regenwasser von 35 bis 70 m³ zu erwarten. Diese überschlägige Betrachtung für die Beispielhütte aus Kap. 3.1.1.3 zeigt, dass mit dem Sammeln von Regenwasser durchaus ein signifikanter Anteil des Wasserbedarfs einer Schutzhütte gedeckt werden kann.

Die Abbildung 3-14 zeigt die Niederschlagsdaten der Beispielhütte. Hervorgehoben ist der bisherige Zeitraum der Saison und die anschließenden 4 Wochen, um die der Saisonbetrieb evtl. verlängert werden soll. Die Daten stellen die Mittelwerte der letzten 20 Jahre einer kontinuierlichen Aufzeichnung dar.

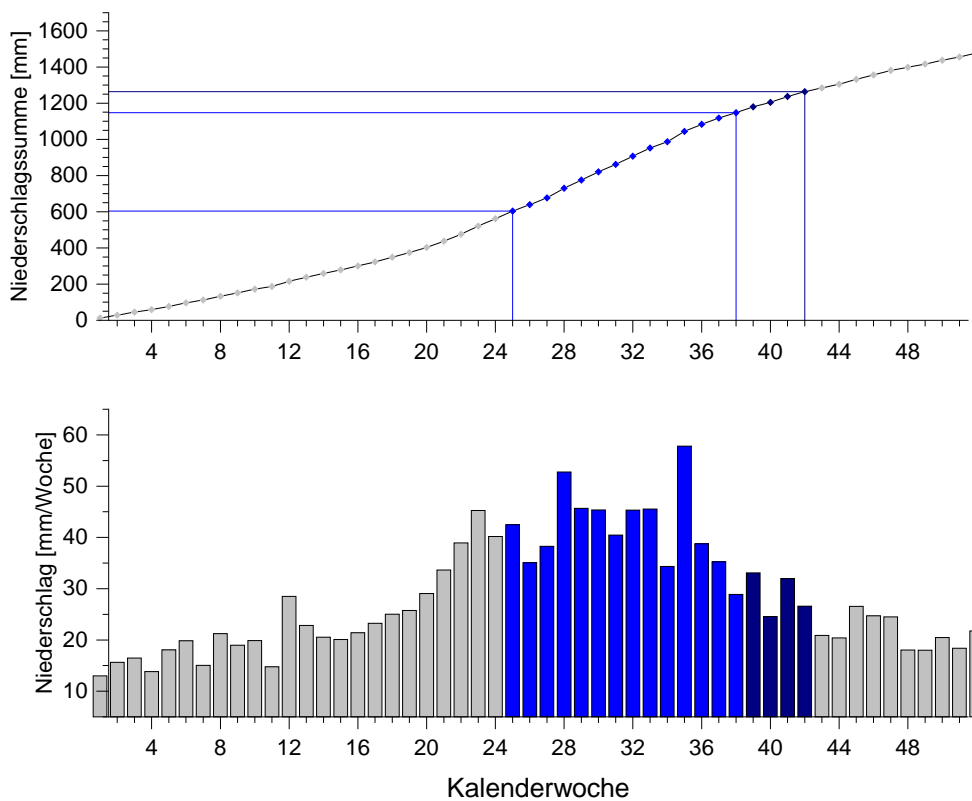


Abbildung 3-14: Niederschlagsdaten der Beispielhütte (Saison plus 4 Wochen Verlängerung)

Mit der Annahme einer Fläche vom 200 m², einem Abflussbeiwert von 0,8 und einem Filterbeiwert von 0,8 ergeben sich die in der Tabelle 3-12 dargestellten Mengen an Regenwasser, die für Brauch- oder auch Trinkwasserzwecke im Durchschnitt der Saison gewonnen werden können.

Tabelle 3-12: Erwarteter Ertrag an Regenwasser über eine Saison

Woche	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
N [mm]	42	35	38	53	46	45	40	45	46	34	58	39	35	29	33	25	32	27
Q [m ³]	5,4	4,5	4,9	6,8	5,8	5,8	5,2	5,8	5,8	4,4	7,4	5,0	4,5	3,7	4,2	3,1	4,1	3,4

Es ist an den Werten in Tabelle 3-12 zu erkennen, dass in der Periode, um die der Hüttenbetrieb möglicherweise verlängert werden soll, die Niederschlagshöhen bereits sinken und weniger Brauchwasser gewonnen werden kann.

Die Auswertung der Wetterdaten hatte für die Beispielhütte weiterhin gezeigt, dass die Pause zwischen zwei Regenereignissen zu mehr als 90 % unter einer Woche liegt, es also mindestens einmal pro Woche mehr als 0,1 mm/d regnet (Abbildung 3-15). Die durchschnittliche Niederschlagshöhe eines Regenereignisses lag bei 5 mm.

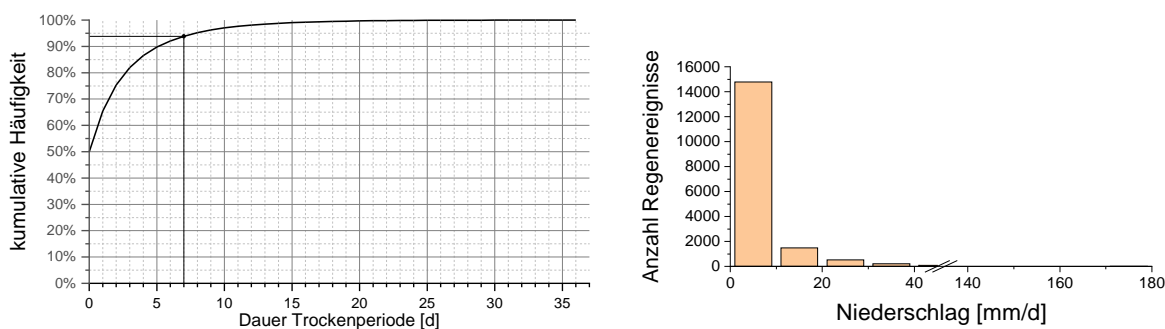


Abbildung 3-15: Statistische Charakterisierung der Niederschlagsdaten

Wenn eine Anlage zur Regenwassernutzung errichtet wird, ist dies je nach geltendem Recht der zuständigen Behörde anzuzeigen. Soll das Regenwasser für die Nutzung als Trinkwasser aufbereitet werden, ist dies genehmigungspflichtig.

Soll die Anlage zur Regenwassernutzung bei Bedarf mit Trinkwasser nachgespeist werden können, ist dies nach DIN 1988 als freier Auslauf mit dem entsprechenden Abstand zwischen maximalem Wasserspiegel im Speicher und der Unterkante der Leitung zu realisieren (mind. 20 mm; 2 x Innendurchmesser der Trinkwasserleitung).

Soweit das Regenwasser mit Genehmigung der Behörde bis zum Trinkwasser aufbereitet wird, sollte die Anlage so errichtet werden, dass das Regenwasser nur bei Bedarf in die Trinkwasseranlage eingespeist wird. In den sonstigen Zeiträumen sollte das Regenwasser abgeleitet werden. Tendenziell geht mit der Zumischung von Regenwasser immer die Gefahr einher, dass die Trinkwasserqualität nachteilig beeinflusst werden kann. Die Nutzung als Trinkwasser sollte daher nur in den Situationen erfolgen, in denen es wirklich erforderlich ist. Die Aufbereitungsanlage ist so auszulegen, dass sie auch beim maximalen Anteil von Dachablauf Trinkwasser in der geforderten Qualität liefert.

Die Wahl des Materials für ein Dach, von dem Regenwasser für Trinkwasserzwecke gesammelt werden soll, ist für die Qualität des Wassers entscheidend (Lee et al. 2012; Mendez et al. 2011; Gikas und Tsihrintzis 2012). Bewährt haben sich Dächer aus mattiertem bzw. patiniertem Edelstahl (z.B. Roofinox® oder Uginox), beschichtetem Aluminium oder Eindeckungen mit glasierten Ziegeln. Metallische Dächer können auch mit einem geeigneten Anstrich behandelt werden, um die Abgabe von Schwermetallen an das meist saure Regenwasser zu verhindern. Die Lebensmitteltauglichkeit der Anstriche ist zu prüfen. Zudem unterliegen derartige Anstriche der Verwitterung. Dies begrenzt die Haltbarkeit und kann zu einer Belastung des Trinkwassers mit Farbpartikeln führen.

Neben dem qualitativen Einfluss des Dachmaterials wird auch der erreichbare Ertrag von den Eigenschaften des Materials beeinflusst. Harddächer mit glatten Oberflächen sind als günstig zu bezeichnen. Völlig ungeeignet, sowohl aus qualitativer wie aus quantitativer Sicht, sind Gründächer. Soweit Regenwasser von Dächern gesammelt wird, die mit Holzschindeln gedeckt sind, ist aufgrund der Freisetzung von organischem Material aus dem Holz eine besondere Überwachung erforderlich.

Der quantitative Einfluss des Dachmaterials spiegelt sich bei der Berechnung im sogenannten Ertragsbeiwert wider.

Nach längeren Regenpausen ist das erste anfallende Dachablaufwasser meist deutlich stärker mit Keimen und Schwermetallen belastet als das nach einer gewissen Regendauer abgeleitete Wasser. Ursache für diese Belastungen sind Vogelkot, trockene Deposition (Staub) und Korrosionsprodukte, die aus dem Dachmaterial entstehen. Die gemessenen Konzentrationen sind dementsprechend um ein Vielfaches höher (Mendez et al. 2011). Daher ist es dringend anzuraten, diesen ersten Anteil des Regenwassers gezielt abzuschlagen und nicht in den Sammelbehälter gelangen zu lassen. Soweit kein Einfluss durch Stäube aus der Industrie zu erwarten sind, hat sich ein Abschlag von 0,5 l/m² Dachfläche als ausreichend erwiesen.

Für den Abschlag haben sich Systeme wie in Abbildung 3-16 bewährt. Bei einsetzendem Regen läuft so lange Wasser in den senkrechten Teil des Gerätes, bis die Kugel aufschwimmt und das Wasser waagrecht weiterfließen kann. Das Volumen unterhalb der Kugel kann dann nach dem Regen händisch abgelassen werden. Sollte das erforderliche Volumen von 0,5 l/m² Dachfläche nicht mit einem Gerät realisiert werden können, müssen mehrere Geräte angebracht werden.

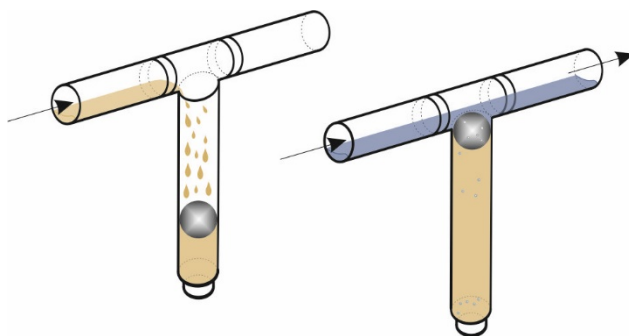


Abbildung 3-16: First Flush Verwurf (verändert nach Blue Mountain Corp.)

Filter, mit denen der Eintrag von Laub oder anderen gröberen Partikeln in den Speicher verhindert werden sollen, sind in der Regel so konzipiert, dass nur ein Teil des Wassers gefiltert wird und in den Speicher gelangt. Der restliche Wasserstrom soll das auf der Rohwasserseite des Filters abgeschiedene Material weiter transportieren. Dies spiegelt sich im sogenannten Filterbeiwert wider.

Abweichend davon können an einigen Stellen auch Filterkörbe oder -einsätze verwendet werden, die dann jedoch regelmäßig händisch gereinigt werden müssen. Sie sind daher eher als zusätzlicher Schutz unmittelbar vor dem Speicher und nicht als erste Stufe zu empfehlen.

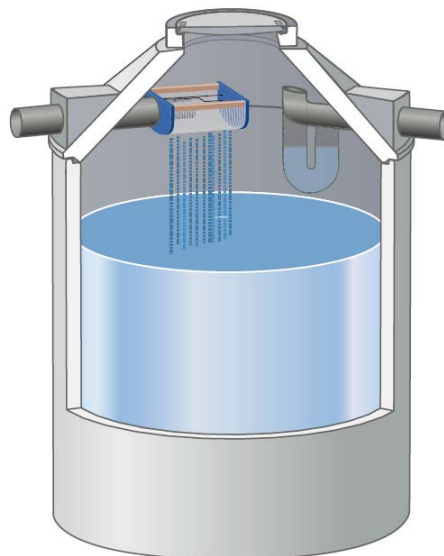


Abbildung 3-17: Beispiele für Filter für Regenzysternen. Quelle Mall / HTI Gienger

Die Anbringung der Filter ist sowohl in den Fall- und Zuleitungen im und als auch außerhalb des Gebäudes möglich. Für größere Wassermengen kann auch ein separater Schacht für den Filter vorgesehen werden.

Das von Dachflächen gesammelte Regenwasser ist in jedem Fall als hygienisch belastet anzusehen. Die Belastung ist in etwa mit der von Badegewässern vergleichbar (König 2008), jedoch besteht die Gefahr der Aufkeimung im Speicherbehälter. Die Nutzung als Trinkwasser setzt daher in jedem Fall neben den Maßnahmen zur Risikominimierung auch eine sichere Entfernung von Partikeln (Kap. 3.4.2) und eine Desinfektion voraus (Kap. 3.5). Die zuvor erwähnten Filter dienen ausschließlich dem Schutz des Auffangbehälters und stellen noch keine Aufbereitung dar. Eventuell durch saures Regenwasser vom Dach eingetragene Schwermetalle können ggfs. zurückgehalten werden, wenn in der Trinkwasseraufbereitung ohnehin eine Entsäuerung des Wassers mittels Filtration über Marmor erfolgt, da dabei der pH-Wert wieder angehoben wird (Kap. 3.4.3). Die Entsäuerung sollte dann vor dem Feinfilter angeordnet sein.

Die Entfernung von gelöstem Kupfer, Zink, Vanadium und einigen anderen Metallen ist auch mit granuliertem Eisenhydroxid (GEH) möglich. Auf dem Markt werden Produkte angeboten, welche die Anforderungen nach DIN EN 15029 und NSF Standard 61 erfüllen. Sie sind damit auch für die Trinkwasseraufbereitung zugelassen. In wie weit die erreichte Ablaufqualität bei einer Beschickung der Anlage mit Dachablauf den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht, ist im Einzelfall zu bewerten (GEH-Wasserchemie 2021). GEH kann auch zur Entfernung von Arsen aus Quellwässern eingesetzt werden.

Bei sehr großen Anlagen zur Regenwassernutzung, insbesondere für Brauchwasserzwecke, kann unter Umständen auf Technik zurückgegriffen werden, die für die Behandlung des Wassers von Verkehrsflächen entwickelt wurde. Dies schließt große Fertigteilbehälter, modulare Behälter und Aufbereitungsanlagen ein, die in Schächten angeordnet werden können und auch in der Lage sind, Feinpartikel und gelöste Schwermetalle zurückzuhalten. Auch wenn die hygienischen und chemischen Anforderungen dann geringer sind,

muss darauf geachtet werden, dass es durch Partikel nicht zu Störungen an Sanitärarmaturen kommt.

Bei der Nutzung von Regenwasser sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen (König 2008; Farreny et al. 2011):

- Kontamination des Wassers durch Abluft von Dieselaggregaten oder Schwermetalle aus dem Dachmaterial begrenzen
- Rückhalt von Blättern, Insekten, Kleinlebewesen etc. bereits beim Einlauf in die Sammelleitungen durch Anbringen von Sieben
- Abschlag des ersten Wassers bei einsetzendem Regen (ca. 0,5 l/m² angeschlossene Dachfläche)
- Einbau eines für Wartungsarbeiten gut zugänglichen Filters in den Zulaufleitungen
- Dimensionierung des Regenwasserspeichers
- Schutz des Speichers vor Lichteinfall und Erwärmung
- Verhinderung von Qualitätsproblemen bei längerer Stagnation durch gezielte Bewirtschaftung und vollständiges Entleeren von Leitungen nach Regenereignissen
- Verhinderung des Einsaugens von Schwimmstoffen (Pollen etc.) bei der Entnahme aus dem Speicher durch Überläufe und eine schwimmende Entnahmevorrichtung
- Abscheidung von sedimentationsfähigen Partikeln durch einen beruhigten Einlauf
- Behälter müssen so errichtet werden, dass sie bei Bedarf gereinigt und vollständig abgelassen oder abgepumpt werden können.
- Erstellung eines Wartungs- und Reinigungskonzeptes

3.3 Wasserspeicherung

3.3.1 Speicherung verschiedener Wasserqualitäten

Bei der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten können zum Ausgleich zwischen Wassergewinnung und Wasserbedarf Speicher an verschiedenen Stellen der Versorgungsanlage angeordnet werden (Abbildung 3-18). Für den Fall, dass Quell-, Grund- oder Oberflächenwasser gewonnen und zu Trinkwasser aufbereitet wird, kann die Versorgungsanlage allein mit einem Reinwasserspeicher betrieben werden, der nach der Aufbereitung angeordnet ist.

Im Falle einer stärker schwankenden Gewinnungsmenge, kann bereits rohwasserseitig ein Speicher angelegt werden, aus dem dann nach Bedarf Wasser entnommen und zu Trinkwasser aufbereitet werden kann. Dadurch kann sichergestellt werden, dass das Trinkwasser nach Desinfektion die vorgegebene Lagerungsdauer nicht überschreitet.

Für Verwendungszwecke, die keine Trinkwasserqualität erfordern, wie z.B. die Toilettenspülung, kann auch das noch nicht aufbereitete Rohwasser verwendet werden. Dieses kann dann direkt aus der Gewinnung oder aus dem optional vorhandenen Rohwasserspeicher entnommen werden.

Wird das Brauchwasser aus einer separaten Gewinnungsanlage (Dachablauf, Entnahme von Oberflächenwasser) bezogen, kann dies ebenfalls direkt der Hütte zugeführt, in einem separaten Speicher aufgefangen oder zusammen mit dem Rohwasser gespeichert werden. Dadurch kann sowohl ein Ausgleich für den Brauchwasserbedarf als auch für

Trinkwasserzwecke erfolgen. Wichtig ist dann jedoch, dass die Aufbereitungsanlage dafür ausgelegt und zugelassen ist.

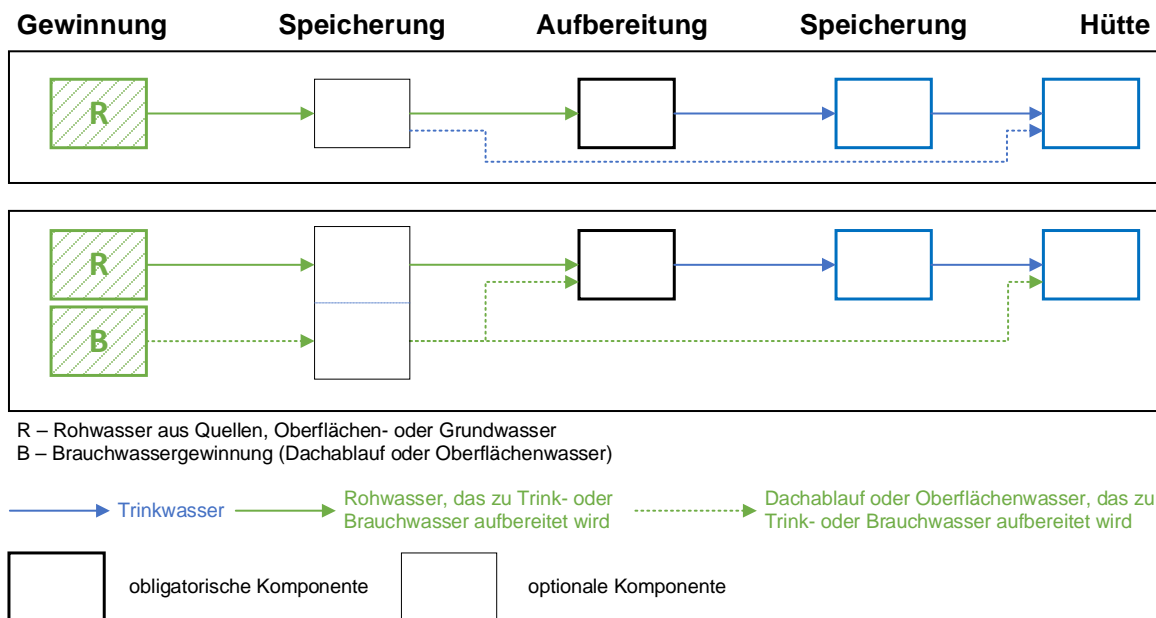


Abbildung 3-18: Optionen der Wasserspeicherung

Bei ausreichender Verfügbarkeit von Rohwasser kann auf die Speicherung von Rohwasser verzichtet werden. Durch die Zuleitung von nicht aufbereitetem Rohwasser für die Toilettenspülung kann die Aufbereitung entlastet werden, ohne dass Anpassungen an der vorhandenen Anlage zur Abwasserbehandlung erforderlich werden. Gleichzeitig vergrößert sich die Reichweite des vorhandenen Speichervolumens für das Trinkwasser.

Fällt das Rohwasser nicht mit ausreichender Menge und Sicherheit an, kann der Aufbereitung ein Rohwasserspeicher vorgeschaltet werden. Aus diesem kann dann Wasser zur Aufbereitung für Trinkwasserzwecke und Brauchwasser entnommen werden. Es ergeben sich die gleichen Vorteile bzgl. Speicherung an Trinkwasser und Weiternutzung der Abwasseranlage. Da an die Speicherung von Roh- bzw. Brauchwasser im Prinzip geringere Anforderungen gestellt werden können als an Trinkwasser, sind hierfür auch einfachere kostengünstigere technische Lösungen möglich.

Soll Brauchwasser für die Toilettenspülung genutzt und z.B. über Regenwasser gewonnen werden, ist eine Speicherung erforderlich, um Trockenperioden zu überbrücken. Eine separate Speicherung von Brauchwasser und Rohwasser verhindert, dass die Rohwasserqualität so beeinflusst wird, dass Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung bzw. bei der Trinkwasserqualität entstehen. Bei ausreichender Rohwasserverfügbarkeit kann der Brauchwasserbehälter auch mit Rohwasser nachgespeist werden.

3.3.2 Dimensionierung der Speicher

Zumindest die Speicherung von Reinwasser ist erforderlich, um für einen definierten Zeitraum einen Ausgleich zwischen dem Dargebot an (aufbereitetem) Wasser und dem Wasserbedarf zu schaffen und um eine Reserve für Notfälle zu gewährleisten. Gerade bei schwankendem Rohwasserdargebot (Quellwasser, oberflächennahes Grundwasser) kann es aber auch erforderlich sein, bereits das Rohwasser zu speichern und für einen Ausgleich über einen Zeitraum von mehreren Tagen zu sorgen. Dies kann z.B. dann der Fall sein, wenn ausgeprägte Verbrauchsspitzen an besonderen Feiertagen oder langen Wochenenden im Zusammenhang mit Brückentagen auftreten. Aus diesem Grund wurde bei der Analyse der vorhandenen Verbrauchsdaten und der Erstellung der Bedarfsprognose die bedarfsreichste Woche $Q_{w,max}$ als Bemessungsgrundlage eingeführt.

Die in Kapitel 3.1.1.3 vorgestellte Bedarfsprognose hatte für die Beispielhütte für die verschiedenen Szenarien den Wasserbedarf pro Saison, pro Tag (Mittelwert und Maximalwert) und für die Woche (Mittelwert und Maximalwert) ergeben (Tabelle 3-10). Die Szenarien waren definiert als 0 – Ist-Zustand; A – Zuwachs an Gästen ohne Anpassung der Technik; B – Spar-WC/Toiletten; C – Trockentoiletten und wasserlose Urinale; D – wie Trockentoiletten und wasserlose Urinale plus Rückbau der Gästeduschen. Zusätzlich wurde der Wasserbedarf für die Szenarien, in denen Brauchwasser verwendet wird, in die Anteile für Trinkwasserzwecke und für Brauchwasserzwecke aufgeteilt. Die Differenzierung nach Tages- und Nächtigungs-gästen wird im Folgenden nicht mehr weitergeführt.

Für die Bemessung der Speicher ist weiterhin die in Kapitel 3.2.4 vorgestellte Methode zur Abschätzung des Ertrages an Regenwasser auf den Fall der Beispielhütte anzuwenden.

Die Tabelle 3-13 fasst die Ergebnisse der Bedarfsprognose und der Prognose zum Regenwasser zusammen. In der Tabelle werden die erforderlichen Wassermengen unterteilt nach Trinkwasser und Brauchwasser dargestellt.

Es wird deutlich, dass in allen betrachteten Szenarien der Bedarf an Brauchwasser durch die Nutzung von Regenwasser gedeckt werden kann. Wenn das Regenwasser auch zu Trinkwasser aufbereitet werden würde, könnte auch ein großer Teil dieses Bedarfs gedeckt werden.

Tabelle 3-13: Ergebnisse der Bedarfsprognose und des Regenwasserertrages

		0	A1	B1	C1	D1
Q_{Saison}	m ³	85	96	74	53	35
$Q_{d,m}$	m ³ /d	1,2	1,5	1,0	0,7	0,5
$Q_{d,max}$	m ³ /d	2,4	3,0	2,1	1,5	1,0
$Q_{w,m}$	m ³ /w	8,7	11	7,0	5,0	3,0
$Q_{w,max}$	m ³ /w	12	16	11	8,0	5,0
Trinkw.zwecke	%	55	55	71	100	100
Brauchw.zwecke	%	45	45	29	0	0
$Q_{d,m}$ Trinkw.	m ³ /d	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5
$Q_{d,max}$ Trinkw.	m ³ /d	1,3	1,7	1,5	1,5	1,0
$Q_{w,m}$ Trinkw.	m ³ /w	4,8	6,1	5,0	5,0	3,0
$Q_{w,max}$ Trinkw.	m ³ /w	6,6	8,8	7,8	8,0	5,0
$Q_{d,m}$ Brauchw.	m ³ /d	0,5	0,7	0,3	0	0
$Q_{d,max}$ Brauchw.	m ³ /d	1,1	1,4	0,6	0	0
$Q_{w,m}$ Brauchw.	m ³ /w	3,9	5,0	2,0	0	0
$Q_{w,max}$ Brauchw.	m ³ /w	5,4	7,2	3,2	0	0
$Q_{\text{Regenwasser,m}}$	m ³ /w	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
$Q_{\text{Regenwasser,max}}$	m ³ /w	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
$Q_{\text{Regenwasser,min}}$	m ³ /w	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7

Für die Bemessung der Speicher können die Werte aus Tabelle 3-13 genutzt werden. Wie eingangs dargelegt, können verschiedene Kombinationen von Roh-, Trink- und Brauchwasserspeichern unterschieden werden. Die Tabelle 3-14 fasst Empfehlungen zusammen, nach denen die jeweiligen Speicher bemessen werden können. Dabei werden die Nutzung von Brauchwasser sowie die Sicherheit der Rohwasserverfügbarkeit und die Bedeutung der Trinkwasseraufbereitung berücksichtigt.

Die Bemessungsvorschläge beruhen auf den folgenden Grundsätzen:

- im Minimum muss Trinkwasser und Brauchwasser für das Doppelte des maximalen Tagesbedarfs $Q_{d,max}$ gesichert sein
- wird Brauchwasser verwendet und aus Regenwasser gewonnen, muss ein Vorrat an Brauchwasser von mindestens einer Woche gespeichert werden
- sind Probleme in der Rohwasserverfügbarkeit zu erwarten oder ist der Ausfall der Aufbereitung als kritisch zu bewerten, sollte eine Speicherung für den maximalen Wochenbedarf an Trink- und Brauchwasser erfolgen
- der maximale Wochenbedarf an Trinkwasser kann im Verhältnis 2/7 zu 5/7 auf den Reinwasser und den Rohwasserspeicher aufgeteilt werden

Die in Tabelle 3-14 dargestellten Unterscheidungen können in folgender Weise charakterisiert werden:

- 1) keine Nutzung von Brauchwasser
 - a) es ist ausreichend und sicher Rohwasser vorhanden
 - b) die Rohwasserverfügbarkeit ist stark schwankend bzw. unsicher
 - c) die Rohwasserverfügbarkeit ist stark schwankend bzw. unsicher und die Aufbereitung ausfallgefährdet
- 2) es wird Brauchwasser genutzt
 - d) es sind ausreichend Rohwasser und Brauchwasser vorhanden (schließt Regenwasser für die Brauchwassernutzung aus)
 - e) es ist ausreichend Rohwasser vorhanden, die Speicherung von Regenwasser zur Überbrückung von Trockenperioden ist erforderlich
 - f) Rohwasser- und Brauchwasserverfügbarkeit sind unsicher; gemeinsame Speicherung von Roh- und Brauchwasser
 - g) Rohwasser- und Brauchwasserverfügbarkeit sind unsicher; getrennte Speicherung von Roh- und Brauchwasser

Tabelle 3-14: Bemessungsgrundlagen für Speicher

		Speicher		
		Rohwasser	Brauchwasser	Trinkwasser
1. ohne Brauchwassernutzung				
	a)	-	-	$2 Q_{\text{ges,d,max}}$
	b)	$5/7 Q_{\text{ges,w,max}}$	-	$2 Q_{\text{ges,d,max}}$
	c)	-	-	$1 Q_{\text{ges,w,max}}$
2. mit Brauchwassernutzung				
	d)	-	-	$2 Q_{\text{Tw,d,max}}$
	e)	-	$Q_{\text{Bw,w,max}}$	$2 Q_{\text{Tw,d,max}}$
	f)	$5/7 Q_{\text{ges,w,max}}$		$2 Q_{\text{Tw,d,max}}$
	g)	$5/7 Q_{\text{Tw,w,max}}$	$Q_{\text{Bw,w,max}}$	$2 Q_{\text{Tw,d,max}}$
Indizes: Tw – Trinkwasser, Bw- Brauchwasser, ges – Gesamtbedarf; d – Tag, w – Woche				

In Abhängigkeit vom gewählten Szenario, d.h. von der Umsetzung von Maßnahmen zur Bedarfsreduktion, können mit diesen Ansätzen die Speicher bemessen werden.

Je nach Rohwasserbeschaffenheit und Standortbedingungen (Behältermaterial, Temperatur) kann sich die Wasserqualität mit zunehmender Speicherdauer nachteilig verändern. Dies kann sich in einer Aufkeimung (steigende Koloniezahlen) und sensorischen Beeinträchtigungen (Geruch, Geschmack) äußern. Aus diesem Grund sollte auch ein Rohwasserspeicher so bemessen sein, dass das Volumen innerhalb von ca. 2 Tagen ausgetauscht wird.

Wie man dem typischen Wochenprofil in Abbildung 3-3 entnehmen kann, ist bei der Versorgung alpiner Schutzhütten mit mindestens zwei Tagen in Folge zu rechnen, in denen ein erhöhter Bedarf auftreten kann. Im Falle von Brückentagen muss eher von drei Tagen in Folge ausgegangen werden. Daher sollte der Trinkwasserspeicher mindestens für diese zwei oder besser drei Tage mit maximalem Bedarf ausgelegt sein, um einen Ausfall der Aufbereitung oder Gewinnung ausgleichen zu können. Andererseits beträgt das Verhältnis zwischen maximalem und mittlerem Tagesbedarf ca. 3:1 (Abbildung 3-5). Daraus ergibt sich, dass die Forderung einer maximalen Verweilzeit des Trinkwassers im Speicher von 2-3 Tagen außerhalb der Spitzenzeiten nicht ohne weiteres einzuhalten ist.

Nach den Erhebungen des Projektes IEVEBS beträgt die durchschnittliche Reichweite der auf den Hütten vorhandenen Speicher ca. 2 Tage für den maximalen Tagesbedarf und ca. 5 Tage für den mittleren Tagesbedarf (Abbildung 3-19). Allerdings ist die Spannweite der vorhandenen Behältervolumina sehr groß. Eine einheitliche Vorgehensweise bei der Dimensionierung ist daraus nicht erkennbar.

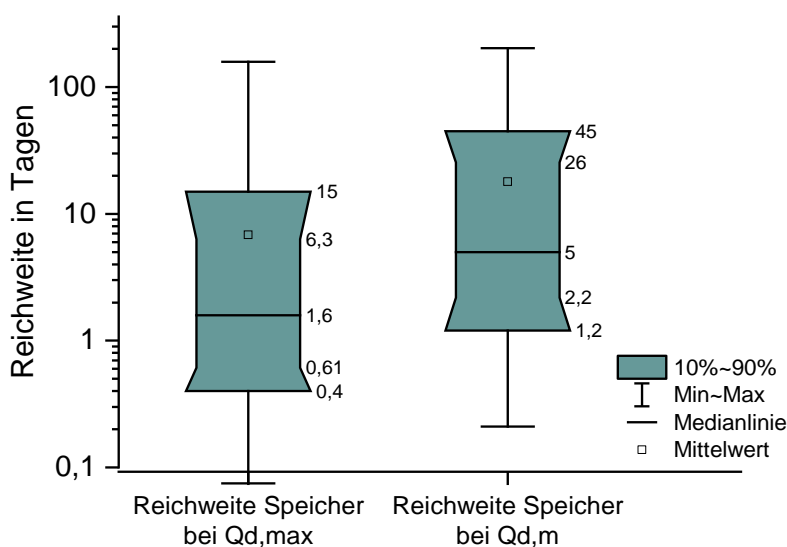


Abbildung 3-19: Durchschnittliche Reichweite der Wasserspeicher beim maximalen und beim mittleren Tagesbedarf (Daten IEVEBS)

Eine Möglichkeit, die Forderung nach einer kurzen Speicherzeit auch in den Phasen mit niedrigem Bedarf einzuhalten, wäre es, einzelne Wasserkammern gezielt zu bewirtschaften. Dazu sollten diese dann nur vor den erwarteten Spitzenzeiten befüllt werden. Für das verbleibende Speichervolumen würde sich dann der geforderte Austausch ergeben.

Eine gezielte Bewirtschaftung der Behälter über den Füllstand (Absenken bis auf Mindestreserve) stellt Austausch des Behälterinhaltes auch bei geringer Entnahme sicher. Ein Aufkeimen im Reinwasserspeicher kann vermieden werden, wenn der Inhalt des Behäl-

ters über die UV-Anlage rezirkuliert werden kann. Wenn das Wasser in einen Behälter zurückgeführt wird, aus dem die UV-Anlage beschickt wird, muss dies im freien Auslauf geschehen. Bei einer festen Verbindung ist ein Systemtrenner (z.B. Grünbeck Geno G5 oder Geno DK) vorzusehen.

Andere Desinfektionsmittel können nur bis zum Erreichen der maximalen Zugabekonzentration nachdosiert werden (Tabelle 3-15). Für bereits desinfiziertes Wasser kann die Wiederverkeimung ggfs. durch den Einsatz von silberhaltigen Stoffen verzögert werden. In Deutschland befindet sich derzeit ein Produkt der Firma [silvertex aqua GmbH](#) für diesen Zweck in der so genannten Erweiterten Wirksamkeitsprüfung nach §12 TrinkwV (UBA 2019).

Das in einem gemeinsamen Rohwasserspeicher oder einem separaten Regenwasserspeicher vorzuhaltende Volumen richtet sich nach der zeitlichen Verteilung des Regens (maximal zu überbrückende Trockenperiode hier eine Woche), der zu erwartenden Regenspende und dem im Betrachtungszeitraum zu deckenden Wasserbedarf. Letzterer ergibt sich als Differenz aus dem Bedarf der Hüttengäste und des Personals und den zur Verfügung stehenden Ressourcen (Grund-, Quell- und Oberflächenwasser).

3.3.3 Sonstige Anforderungen an Wasserspeicher

Für eine hygienisch sichere Wasserversorgung auch bei großen Speichern und den daraus resultierenden langen Speicherdauern ist es wichtig, dass der Eintrag von Material, das eine Aufkeimung begünstigt (Nährstoffe und Mikroorganismen im Rohwasser) vermieden bzw. minimiert wird. Dies kann zum Beispiel durch den gezielten Abschlag einzelner Quellen erfolgen. Zusätzlich muss, soweit es die örtlichen Gegebenheiten erfordern, durch den Einsatz von Pollenfiltern auch der Eintrag von Nährstoffen über die Belüftungsöffnungen der Behälter verhindert werden.

Die im Behälterinneren verwendeten Dichtungs- und Beschichtungsmaterialien sollten streng danach ausgewählt werden, dass durch entsprechende Zertifikate des ÖVGW bzw. DVGW nachgewiesen wird, dass sie möglichst keine Substanzen an das Wasser abgeben, die eine Aufkeimung begünstigen.

Wenn Möglichkeiten für eine gezielte Bewirtschaftung des Behälters durch Abpumpen oder Ablassen geschaffen werden, können auch in Zeiten geringen Bedarfs zu lange Aufenthaltszeiten vermieden werden.

Das Aufteilen des Speichervolumens auf mehrere Kammern ermöglicht die Nutzung nur eines Teils des Speichers, soweit nicht das gesamte Volumen benötigt wird. Das Befüllen der ungenutzten Kammern erfolgt dann ausschließlich, wenn ein entsprechender Bedarf erwartet wird. Dieses Vorgehen ist dann anzuraten, wenn eine sehr große Spreizung zwischen mittlerem und maximalem Tagesbedarf besteht.

Stagnation in den Behältern kann auch durch eine ausreichende Turbulenz und Durchströmung reduziert werden. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn der betreffende Behälter nicht auch für die Sedimentation von Trübstoffen genutzt werden soll.

Bei den typischerweise vorliegenden kleinen Anlagen und schwierigen Geländebedingungen ist der Einsatz von Fertigbauteilen zu empfehlen. Bei der Auswahl solcher Spei-

cher aber auch bei der Errichtung vor Ort sind die folgenden Anforderungen zu berücksichtigen.

Das Bauwerk muss zumindest aus Schieberkammer und Wasserkammer bestehen, günstig sind zwei Wasserkammern, um Reinigungsarbeiten durchführen zu können, ohne, dass die Versorgung eingestellt werden muss. Soweit nur eine Kammer vorhanden ist, sollte eine Bypass-Leitung zur Umfahrung des Speichers vorgesehen werden, die je nach Druckverhältnissen mit einem Druckminderer auszustatten ist. Somit kann die Wasserversorgung auch über die Reichweite des Tagwasserspeichers hinaus aufrechterhalten werden, wenn die Wasserkammer gereinigt werden muss.

Der Zugang zum Behälter soll über die Schieberkammer und am besten über einen horizontalen Zugang erfolgen. Dieser sollte eine lichte Höhe von mindestens 2 m und eine lichte Breite von mindestens 1,5 m haben.

Ist aufgrund der Geländebeschaffenheit der Zugang nur von oben möglich, muss das Zugangsbauwerk mindestens 30 cm über Geländeoberkante erhöht sein. Die entsprechende Luke muss dauerhaft dicht schließen und abschließbar sein. Sie darf nicht unmittelbar über der freien Wasseroberfläche liegen.

Die Schieberkammer ist so zu planen, dass die notwendigen Geräte für Wartungsmaßnahmen und auch die Geräte für eine Chlorung dort untergebracht werden können, die bei einem Notfall durch eine Fachfirma auszuführen ist.

Die Geometrie des Entnahmebeckens und die Anordnung von Zulauf- und Entnahmerohr müssen so gestaltet werden, dass mit dem einlaufenden Wasser ausreichend Turbulenz erzeugt werden kann und keine Totzonen mit langer Stagnation entstehen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass das Wasser bei ausreichend hohem Druck auf der Rohwasserseite über eine Düse eingespeist wird. Steht nicht genügend Druck zur Verfügung, sollte die Einspeisung oberhalb des Wasserspiegels erfolgen, wodurch mit der Fallhöhe entsprechend Turbulenz erzeugt werden kann.

Wasserkammern und auch die Schieberkammer müssen über einen Grundablass verfügen, um sie entleeren zu können. Dazu sollten die Sohlen über eine Neigung von mindestens 2 % in Richtung Entleerungsablauf aufweisen.

An den Zulauf- und Entnahmeleitungen sollten abflammbare Probenahmestellen für die Beprobung vorgesehen werden.

Rund um den Behälter ist eine Grunddrainage zu verlegen, um Tagwasser bzw. Wasser aus etwaigen undichten Stellen des Behälters abführen zu können.

Für die Wasserspeicher ist eine Wärmedämmung vorzusehen. Die eingesetzten Dämmstoffe müssen eine geringe Wasseraufnahme und hohe Druckfestigkeit aufweisen.

Alle Materialien, die direkt mit Trinkwasser in Kontakt kommen, müssen über entsprechende Prüfzeichen (ÖVGW, DVGW o.a.) verfügen, die deren Eignung bestätigen. Soweit Behälter aus Ortbeton erstellt werden, ist die Verwendung eines Schalungsvlieses zu empfehlen, um eine möglichst glatte Oberfläche zu erzielen, was für die Vermeidung von hygienischen Problemen von Bedeutung ist und das Reinigen und Desinfizieren der Behälter erleichtert.

Die Behälter müssen über Be- und Entlüftungsvorrichtungen verfügen, die sich nicht über der Wasseroberfläche befinden dürfen und mit Insektenschutzgitter oder besser mit einem Filter ausgestattet sein müssen. Es ist darauf zu achten, dass über die Lüftungsöffnungen keine Emissionen aus der Abluft von Dieselaggregaten o.ä. erfolgt. Soweit sich dies auch durch eine geänderte Leitungsführung nicht verhindern lässt, muss neben einem Partikelfilter gegen Insekten und Pollen auch ein Aktivkohlefilter verwendet werden.

Alle Ablauf- und Überlaufleitungen sind mit Froschkappen zu sichern. Die Leitungen sind so zu verlegen, dass keine Gefahr durch eindringendes Oberflächenwasser besteht.

Bei der Wahl des Behälterstandortes spielt die Höhenlage nicht nur aus Sicht des Schutzes gegen evtl. auftretende Überflutungen oder Abwasserableitungen eine Rolle. Durch die Höhenlage gegenüber der Hütte wird auch bestimmt, welches Energiegefälle für die Versorgung zur Verfügung steht. Unter Umständen kann so eine erhebliche Einsparung an elektrischer Energie erreicht werden, wenn Aufbereitung und Verteilung in der Hütte allein durch Schwerkraft erfolgen können. Wenn auch der Reinwasserspeicher ausreichend oberhalb der Hütte oder im Dachgeschoß der Hütte angeordnet werden kann, ist es auch bei einem Ausfall der Stromversorgung möglich, der Hütte zumindest zeitweise aufbereitetes Trinkwasser per Schwerkraft zuzuleiten. Dabei sind die Druckverluste zu berücksichtigen, die bei der Durchströmung der Filter (Grob- und Feinfilter) entstehen. Den Betrachtungen ist der maximale Durchfluss zu Grunde zu legen, wobei der Druckverlust mit dem Durchfluss quadratisch ansteigt und die Verblockung der Filter (zusätzlicher Druckverlust!) in der Regel nicht linear, sondern exponentiell voranschreitet.

3.4 Aufbereitung

3.4.1 Aufbereitungsnotwendigkeit und Empfehlungen zur Verfahrenswahl

Über die Notwendigkeit und den Umfang einer Aufbereitung ist auf Basis von Wasseranalysen und einer Risikobewertung (Einzugsgebiet, Gefährdungen) zusammen mit der Aufsichtsbehörde zu entscheiden. Sollte diese Bewertung zu dem Ergebnis führen, dass das Wasser bereits im Gewinnungszustand die Anforderungen an Trinkwasser sicher erfüllt, kann auf eine Aufbereitung verzichtet werden.

Unabhängig von der Notwendigkeit einer Aufbereitung sollten die Verteilung im Gebäude und die vorhandenen Armaturen nach DIN 1988-200 durch einen so genannten HauseingangsfILTER mit einer Maschenweite von ca. 80 µm geschützt werden (DVGW twin 07).

Wie in Kapitel 2 dargelegt, können die Bedingungen auf alpinen Schutzhütten nicht mit denen in Anlagen der kommunalen Wasserversorgung verglichen werden. Dies muss auch bei der Wahl der Aufbereitungsverfahren und der entsprechenden Geräte berücksichtigt werden. Für den Betrieb auf den Hütten ist es von besonderer Bedeutung, dass die Anlagen ohne großen Überwachungsaufwand und auch bei stark schwankender Rohwasserbeschaffenheit so betrieben werden können, dass Trinkwasser in der geforderten Qualität und Menge sicher bereitgestellt werden kann.

Auf Grund der Lage der Schutzhütten ist es im Falle einer Störung deutlich aufwändiger, Servicetechniker oder Ersatzgeräte vor Ort zu bringen. Daher müssen die Verfahren und Geräte auch sehr ausfallsicher sein und im Bedarfsfall auch vom Hüttenwirt instandgesetzt werden können. Technisch aufwändige und komplexe Aufbereitungsverfahren kön-

nen nur eingesetzt werden, wenn eine laufende Überwachung gewährleistet ist und ständig qualifiziertes Personal zur Verfügung steht (DVGW W 202 2010). Zusätzlich sollte es vermieden werden, dass auf den Hütten mit gefährlichen Arbeitsstoffen und wassergefährdenden Stoffen in größerem Umfang umgegangen werden muss.

Die im Folgenden aufgeführten Verfahren orientieren sich daher an der DIN 2001-3 für die Wasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen, welche die oben beschriebenen Umstände berücksichtigt und Vorzugsverfahren für die einzelnen Aufbereitungsziele empfiehlt. Aus der DIN 2001-3 resultiert auch die Empfehlung, die Anlagen so zu planen, dass der zu erwartende mittlere Tagesbedarf innerhalb von 12 Stunden aufbereitet werden kann.

3.4.2 Partikelentfernung

Für die Partikelentfernung können im einfachsten und kostengünstigsten Fall zweistufige Kerzenfilter eingesetzt werden (Müller et al. 2007; Panglisch und Krause 2010). In der Regel wird in der ersten Stufe solcher Filtersysteme eine deutlich größere Filterfläche eingesetzt, da diese als so genannter Vorfilter den größten Teil der Partikel zurückhalten soll. Meist werden in dieser Stufe zwei parallel durchströmte Filtergehäuse mit einer hohen Aufnahmekapazität für Trübstoffe installiert. Die Filtergehäuse verfügen nur über einfache Dichtungen und sind vergleichsweise preiswert. Je nach erwartetem Spitzendurchsatz können verschiedene Filtergehäuse gewählt werden, die ein oder auch mehrere Filterelement aufnehmen können. Die in der ersten Stufe eingesetzten Filterelemente haben eine Porenweite von $< 5 \mu\text{m}$. Es wird in Kauf genommen, dass ein Teil der kleineren Partikel den Filter passieren kann und in der zweiten Stufe entfernt werden muss.

Die zweite Stufe stellt die eigentliche Barriere dar und gewährleistet den weitest gehenden Rückhalt auch sehr kleiner Partikel. Es werden aufwändigere Gehäuse mit doppelten O-Ring-Dichtungen und Filterelemente der absoluten Nennweite von $1 \mu\text{m}$ oder $0,1 \mu\text{m}$ eingesetzt. Damit kann eine Wasserbeschaffenheit sichergestellt werden, die eine anschließende effiziente Desinfektion ermöglicht.

Die Dimensionierung der Filter erfolgt über die Fläche bzw. die Länge und Zahl der Filterelemente. Damit wird im Wesentlichen beeinflusst, welches Volumen filtriert werden kann, bis ein Filterwechsel erforderlich ist.

Durch die Verblockung der Filter steigt der Druckverlust beim Durchströmen der Filter an. Wie rasch dies geschieht, ist abhängig von der Art der verwendeten Filter und der Trübung des Rohwassers. Eine Verallgemeinerung ist kaum möglich, da nicht nur die Höhe der Trübung sondern auch die Eigenschaften der Partikel (Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit) von Bedeutung sind (Müller et al. 2007). Der Druck steigt zudem auch nicht linear, sondern in der Regel exponentiell an. Das heißt, wenn erst einmal eine gewisse Belegung des Filters erreicht ist, verbleibt nur wenig Zeit, bis der Filter vollständig verblockt. Derartige Zusammenhänge können nur durch Beobachtungen an der eigenen Anlage ermittelt werden. Durch Wechsel der Porenweite in der ersten Stufe und Anpassung der Filterfläche kann eine schrittweise Optimierung erreicht werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die filtrierte Wassermenge und die Drücke vor und nach den einzelnen Filterstufen erfasst werden.

Die Materialkosten für eine zweistufige Filteranlage mit zwei Filtergehäusen á 3 Filterelementen (5 µm) in der ersten Stufe und einem Filter (1 µm) in der zweiten Stufe liegen bei ca. 2.000 EUR netto (Stand 2021). Mit einer solchen Anlage können in der Spitze ca. 3 m³/h aufbereitet werden. Ein Dauerbetrieb mit diesem Durchsatz ist nicht möglich.



Abbildung 3-20: Zweistufige Partikelentfernung vor UV-Anlage. Quelle: DAV

Anstelle der zuvor beschriebenen nicht spülbaren Filterkerzen können auch manuell oder automatisch spülbare Filter eingesetzt werden. Die Materialkosten liegen bei derartigen Anlagen bei ca. 600 EUR netto für eine Anlage mit einer Aufbereitungskapazität von 0,5 m³/h (Stand 2021). Ein wesentlicher Vorteil dieser spülbaren Filter ist die deutlich größere Betriebssicherheit. Alternativ können bei hohen Trübungen auch automatisch spülende Kiesfilter eingesetzt werden, die für Durchsätze von 1,5 m³/h bis 8 m³/h ohne Inbetriebnahme und Montage ca. 2.000 EUR bis 7.000 EUR netto kosten (Stand 2021).



Abbildung 3-21: Kombination aus spülbarer Vorfilter, zweistufigem Feinfilter und UV-Desinfektion auf der Meilerhütte. Quelle: Wiesböck

Der sicherste Rückhalt von Partikeln ist mit Ultrafiltrationsmembranen möglich. Ultrafiltrationsmodule halten Bakterien und die für Oberflächenwasser typischen Parasiten zu mindestens 99,99 % zurück. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, dass es sich um zertifizierte Systeme handelt. Zertifikate werden zum Beispiel von der National Science Foundation (NSF) der USA ausgestellt. Zum Teil bestätigen diese Zertifikate auch den Rückhalt von Viren von 99 bis zu 99,99 %. Allerdings ist keine dauerhafte Überwachung der Membranintegrität möglich. Die meist durchgeführten Druckhaltetests sind nicht in der Lage, Membrandefekte $< 1 \mu\text{m}$ zu detektieren, was für die Absicherung des Virenrückhaltes aber erforderlich wäre. Momentan und auch auf absehbare Zeit wird die Ultrafiltration daher nicht als Desinfektionsverfahren anerkannt. Damit dieses weitreichend risikoreduzierende Verfahren lediglich als Filtration und nicht als Desinfektion zu bewerten. Ausnahmegenehmigungen können nur im begründeten Einzelfall erteilt werden, wenn andere Verfahren nicht in Frage kommen. Dies erfolgt dann stets in Verbindung mit Auflagen wie v.a. Abkochanordnungen.

Aus Sicht der Versorgungssicherheit bietet die Ultrafiltration den Vorteil, dass sie bei Anlagen, die allein unter Ausnutzung von Höhenunterschieden betrieben werden, auch bei einem Stromausfall eine sichere Barriere gegenüber Partikeln darstellt und die Wasserversorgung aufrechterhalten werden kann, soweit keine Desinfektion betrieben werden muss oder diese z.B. über Photovoltaik gespeist werden kann.

Die Ultrafiltration ist jedoch bestens dafür geeignet, die Trübung des Wassers soweit zu reduzieren, dass eine sichere Desinfektion erfolgen kann. Einschränkungen können bei der Desinfektion mit UV-Bestrahlung entstehen, wenn das Rohwasser Huminstoffe (Gelb-Braun-Färbung) in höherer Konzentration enthält. Huminstoffe können einerseits die Membran verblocken, was zu einem verringerten Durchsatz führt. Andererseits passiert ein Teil der Huminstoffe die Membran und verursacht damit eine Reduktion der Transmission der UV-Strahlung. Diese Schwächung kann so weit reichen, dass die UV-Anlage aus dem zulässigen Betriebsbereich gelangt. Abhilfe kann dann dadurch geschaffen werden, dass der Durchfluss durch die UV-Einheit reduziert wird, bis der zulässige Bereich wieder erreicht wird.

Die Bemessung von Ultrafiltrationsanlagen erfolgt anhand der so genannten Flächenbelastung. Diese gibt die Wassermenge an, die je Quadratmeter Membranfläche pro Stunde filtriert werden kann. Die bei der Bemessung zugrunde zu legende Flächenbelastung muss die Wasserqualität, die Temperatur und die verfügbare Druckhöhe berücksichtigen. Typische Werte für die Aufbereitung von Quellwässern liegen im Bereich von $80 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Aus dem im Rahmen der Grundlagenermittlung ermittelten maximalen Tagesbedarf an Trinkwasser wird dann anhand der Flächenbelastung die erforderliche Membranfläche und schließlich die Zahl der Module eines bestimmten Fabrikats berechnet. Die zuvor angegebene Flächenbelastung bezieht sich in der Regel auf den Dauerbetrieb. Kurzfristig sind auch höhere Werte möglich.



Abbildung 3-22: Ultrafiltrationsanlage. Quelle: WiB Heider

Die meisten Ultrafiltrationsanlagen werden im so genannten Dead End Modus betrieben. Das bedeutet, dass das gesamte Wasser, welches den Modulen am Kopf- oder Fuß-Ende zugeführt wird, als Filtrat gewonnen wird. Dabei reichern sich die zurückgehaltenen Trübstoffe auf der Rohwasserseite der Membran an. Sie können durch ein kurzzeitiges Öffnen eines rohwasserseitig angeordneten Ventils am gegenüberliegenden Modulende ausgebracht werden. Um die auf der Membran abgeschiedene Deckschicht zu entfernen, ist jedoch eine regelmäßige Rückspülung erforderlich. Dabei wird ein Teil des zuvor filtrierten Wassers von der Reinwasserseite durch die Module gefördert. Für eine wirkungsvolle Spülung sollten Flächenbelastungen von mindestens $200 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ erreicht werden, was eine entsprechend leistungsfähige Pumpe voraussetzt. Teilweise werden auch Systeme angeboten, die aus zwei Modulen bestehen, die sich dann in Abständen wechselseitig spülen können. Bei solchen Anlagen muss dann ein entsprechender Druck auf der Rohwasserseite zur Verfügung stehen, dass mit einem Modul die erforderliche Spülwassermenge produziert werden kann (Krause 2012).

Bei der Spülung allein mit Wasser werden nicht alle Ablagerungen auf der Membran bzw. in den Poren der Membran entfernt. Die Durchlässigkeit der Membran (Permeabilität) nimmt daher allmählich ab. Dies hat zur Folge, dass entweder der Druck auf der Rohwasserseite erhöht werden muss, um die gleiche Wassermenge pro Zeit filtrieren zu können, oder dass die Filtratmenge bei gleichbleibendem Vordruck abnimmt.

Soll der aus einem Höhenunterschied zwischen Wassergewinnung und Aufbereitung resultierende Druck ohne eine Druckerhöhungspumpe für die Filtration genutzt werden, ist zu beachten, dass die bei einem gegebenen Druck filtrierbare Wassermenge mit sinkender Temperatur abnimmt. Pro Grad nimmt die Viskosität des Wassers um ca. 3 % zu und die filtrierbare Menge dementsprechend um ca. 3 % ab.

In kommunalen Anlagen werden dem Spülwasser mehrmals am Tag Chemikalien wie Chlorbleichlauge, Lauge oder Säure zugesetzt. Das bei dieser Art der chemisch unterstützten Spülung anfallende Abwasser muss einer Behandlung unterzogen werden, ehe es eingeleitet oder versickert werden kann. Eine solche Spülung ist daher für alpine Schutzhütten nicht zu empfehlen. Bei der Auslegung der Anlagen sollte diese allmähliche Verblockung der Membranen berücksichtigt werden, die sich durch reine Wasserspülungen nicht entfernen lässt. Es ist dann mehr Membranfläche zu installieren (mehr oder größere Module). Die Module sollten am Ende der Saison ausgebaut und wenn möglich und wirtschaftlich sinnvoll, regeneriert werden. Zum Saisonbeginn können dann regenerierte bzw. neue Module eingesetzt werden (Müller et al. 2007). Die erhöhten Kosten für den Tausch und die Regenerierung der Module müssen zuvor ermittelt und in der Planung berücksichtigt werden.

Beim Betrieb und der Lagerung von Ultrafiltrationsmodulen ist zu beachten, dass sie einerseits nicht austrocknen dürfen und andererseits nicht frostfest sind.

Mittlerweile sind in kommunalen Anlagen auch Systeme im Einsatz, die langfristig allein mit einem Luft-Wasser-Gemisch und ohne Chemikalienzusatz gespült werden (Krause 2017). Dies ermöglicht gerade Anlagen mit mittlerer Kapazität einen kontinuierlichen Betrieb ohne Tausch oder Regenerierung der Module und ohne Behandlung von mit Chemikalien belasteten Abwässern.

Nach Untersuchungen des SVGW bietet die Ultrafiltration insbesondere bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser oder von Oberflächenwasser beeinflusstem Grundwasser deutlich mehr Sicherheit gegenüber Parasiten als chemische oder physikalische Desinfektionsverfahren, da diese Organismen mit Chlor gar nicht und mit UV-Bestrahlung allein kaum beherrscht werden können (SVGW Empfehlung W1016d).

Eine Verbesserung des Betriebsverhaltens von Ultrafiltrationsanlagen (seltenerer Reinigung, geringerer Druckverlust, weniger Chemikalien) kann erreicht werden, wenn einfache Sandfilter vorgeschaltet werden (Wegelin et al. 1987). Diese können horizontal oder auch von unten durchströmt werden. Allerdings werden dafür vergleichsweise große Flächen und Bauhöhen benötigt, sodass dies eher eine Lösung für größere Hütten bleibt.

3.4.3 Entsäuerung

Bei geringeren Gehalten an überschüssiger (aggressiver) Kohlensäure kann eine Entsäuerung durch einfache Belüftung erfolgen. Bei dieser Art der Entsäuerung kommt es nicht zu einer Erhöhung der Wasserhärte. Allerdings steigt auch die Pufferkapazität des Wassers, die aus Sicht des Korrosionsschutzes zu begrüßen ist, nicht an. Schwierigkeiten bei der physikalischen Entsäuerung durch Belüftung entstehen dadurch, dass bei einer falschen Auslegung und Nutzung der Anlage sowohl eine unzureichende als auch eine zu weit gehende Entsäuerung erfolgen kann. Während ersteres zu Korrosion und u.U. erhöhten Schwermetallkonzentrationen führen kann, besteht bei letzterem die Gefahr von massiven Kalkausfällungen in den Leitungen und Armaturen.

Bei kleinen Anlagen erfolgt die Entsäuerung meist durch Filtration über Calciumcarbonat (Marmor). Man spricht dann oft auch von einer „Aufhärtung“ des Wassers, da bei diesem Verfahren die Wasserhärte ansteigt. Die Dimensionierung der Filter basiert auf der Beschaffenheit des Rohwassers (insbesondere Gehalt an freier Kohlensäure, Hydrogencarbonat, Temperatur) und dem zu erwartenden maximalen Wasserbedarf. Es wird zunächst für ein gewähltes Filtermaterial die erforderliche Kontaktzeit zwischen Rohwasser und Filtermaterial ermittelt. Dazu werden von den Lieferanten der Entsäuerungsmaterialien in der Regel Datenblätter für zwei Aufbereitungsziele bereitgestellt. Als Aufbereitungsziel sollte bei den üblicherweise vorliegenden weichen Wässern der pH-Wert von 8 gewählt werden, da für die Erreichung des pH-Wertes der Calcitsättigung deutlich größere Anlagen geplant werden müssten. Wird der pH-Wert 8 erreicht, wird die zulässige Calcit-Lösekapazität von 5 mg/l in jedem Fall eingehalten.

Eine Entsäuerung durch Filtration über Marmor bietet gleichzeitig auch Vorteile für eine auf der Hütte betriebene biologische Abwasserbehandlung. Durch das Anheben der Wasserhärte (Pufferkapazität) kann eine Stabilisierung des Betriebes, insbesondere der Stickstoffentfernung erreicht werden.

Im Falle kleiner alpiner Schutzhütten bietet sich der Einsatz von Kompaktanlagen an (z.B. Grünbeck GENO-mat TE-Z). Diese Anlagen werden für verschiedene Nenndurchsätze im Bereich von 0,5 bis 4,0 m³/h angeboten. Die Anlagen können jedoch nicht dauerhaft bei diesem maximalen Nenndurchfluss betrieben werden, da die Kontaktzeit dann keinesfalls ausreichend ist. Der Einsatz ist dann möglich, wenn durch einen nachgeschalteten Behäl-

ter ein Intervallbetrieb möglich ist und Durchsatzspitzen reduziert werden können. Im Mittel sollte der Durchfluss nicht mehr als 25 % der Nennleistung betragen. Die Materialkosten für derartige Anlagen mit einer Aufbereitungsleistung von 0,5 m³/h bis 4 m³/h liegen bei 2.000 EUR bis 7.000 EUR netto (Stand 2021).



Abbildung 3-23: Geschlossener Filter zur Teilentsäuerung

Während des Aufbereitungsprozesses wird Filtermaterial verbraucht. Dies führt einerseits zur Bindung der aggressiven Kohlensäure und einem Anstieg der Wasserhärte. Andererseits sinkt die Höhe der Filterschicht und damit die Kontaktzeit zwischen Wasser und Filtermaterial. Das Material muss daher in Abständen ergänzt werden. Die Überprüfung erfolgt durch Demontage des Steuerkopfes und anschließende Sichtkontrolle.

Es ist zu empfehlen, die Filter so auszulegen, dass das Material nicht öfter als alle drei Monate ergänzt werden muss. Im Zuge der Planung ist festzulegen, bei welchem Füllstand das Filtermaterial zu ergänzen ist.

Bei größeren Aufbereitungsanlagen müssen offene Entsäuerungsfilter erstellt werden, die jedoch nach demselben Prinzip arbeiten und auf mehrere Kammern aufgeteilt werden können. Wichtig ist, dass der Durchfluss begrenzt wird und das Rohwasser gleichmäßig über die gesamte Filterfläche zuströmt. Dazu haben sich Zulaufrippen bewährt, die allerdings so ausgerichtet sein müssen, dass eine gleichmäßige Verteilung möglich ist.

Sowohl Kompaktfilter als auch offene Filter müssen in Abständen gespült werden, um Ablagerungen zu entfernen und die Oberfläche des Filtermaterials wieder zugänglich zu machen. Dazu müssen die für das verwendete Material vorgegebenen Spülgeschwindigkeiten und –zeiten eingehalten werden. Soweit das erforderliche Wasservolumen und der notwendige Druck durch das zulaufende Quell- oder Brunnenwasser nicht sichergestellt werden können, müssen Behälter und Druckerhöhung dafür vorgesehen werden.

Wird als Filtermaterial halbgebrannter Dolomit verwendet, können wegen dessen höherer Aktivität kleinere Filter geplant werden. Allerdings besteht die Gefahr, dass es bei Unterlast (sehr geringer Durchsatz) zu Verbackungen im Filter und ggfs. zu überhöhten pH-Werten im Trinkwasser kommt. Für kleine Anlagen mit stark schwankendem Durchsatz ist halbgebrannter Dolomit daher nicht zu empfehlen. Gleiches gilt für die Dosierung alkalischer Lösungen (Natronlauge). Auch hier können Störungen zu erheblichen technischen und gesundheitlichen Problemen führen.

3.4.4 Entfernung von Eisen, Mangan und Arsen

Die Entfernung von Eisen und Mangan aus dem Wasser erfolgt zumeist durch eine Oxidation dieser Elemente zu schwer löslichen Eisen(III)- bzw. Mangan(IV)-Verbindungen. Dafür sind in der Regel die Zugabe von Sauerstoff und/oder eine Anhebung des pH-Werts erforderlich. Die Abtrennung des oxidierten Eisens und Mangans erfolgt zumeist auf dem Filtermaterial (Quarzsand oder karbonatisches Material). Nur bei höheren Rohwasserbelastungen muss dem Filter eine Sedimentation vorgeschaltet werden.

Die Entfernung von Arsen kann durch Adsorption an Eisenoxide bzw. Eisenhydroxide erfolgen. Sollte eine derartige Aufbereitung erforderlich sein, kann ein geschlossener Filter mit Granuliertem Eisenhydroxid (GEH) eingesetzt werden (DIN 2001-1 2007; DVGW Arbeitsblatt W 249). Die Bemessung erfolgt auch hier nach der erforderlichen Wassermenge und der notwendigen Kontaktzeit zwischen dem aufzubereitenden Wasser und dem Filtermaterial. Hier sind in jedem Fall Fachleute einzuschalten. Für die Auslegung sind entsprechende Wasseranalysen über einen längeren Zeitraum auch unter ungünstigen Wetterbedingungen erforderlich (Kap. 3.1.3).

3.4.5 Entfernung von Uran

Zur Uranentfernung können prinzipiell Umkehrosmose und Ionenaustausch eingesetzt werden. Für die Wasserversorgung von Schutzhütten werden ausschließlich die Aufbereitung über Anionenaustauscher empfohlen (DIN 2001-1 2007). Der Einsatz von GEH wäre eine Option, wenn neben Uran gleichzeitig auch Arsen, Nickel oder andere gelöste Metalle, z.B. aus Dachablaufwasser, entfernt werden müssen (GEH-Wasserchemie 2021; DVGW Arbeitsblatt W 249). Derzeit werden in der so genannten §11-Liste, welche in Deutschland die für die Trinkwasseraufbereitung zugelassenen Verfahren und Materialien regelt, zwei für die Uranentfernung geeignete Materialien aufgeführt. Dabei handelt es sich um modifiziertes tertiäres Amin-Acryl-Copolymer (Nr. 21 der §11-Liste) und Styrendivinylbenzen-Copolymer mit Trialkylammoniumgruppen (Nr. 27 §11-Liste). Beispiele für solche Materialien sind Amberlite IRA 67 und Lewatit S6368. Aktuell ist jedoch keine Produktnorm vorhanden, auf die man sich bei der Beurteilung der Produktqualität (zulässige Verunreinigungen etc.) beziehen kann.

Einem derartigen Filter ist eine Stufe zur Partikelentfernung vorzuschalten, da die Oberfläche des Filtermaterials nicht mit Partikeln blockiert werden darf. Soweit gelöstes Eisen und Mangan im Rohwasser vorliegen, müssten auch diese zuvor abgeschieden werden. Da es zu einer Besiedlung des Austauscherharzes mit Mikroorganismen kommen kann, muss dem Uranfilter eine Stufe zur Desinfektion nachgeschaltet werden. Der Filter muss möglichst so beschickt werden, dass es nicht zu einem Druckabfall und dadurch zum Ausgasen kommt, da auch Gasblasen den Kontakt zwischen Wasser und Filter stören.

Für eine erfolgreiche Aufbereitung sind nur sehr kurze Kontaktzeiten (ca. 1 min) erforderlich. Damit kann eine Beladung des Materials von bis zu 30 g/kg Austauscher bzw. Standzeiten des Materials von bis zu 100.000 Bettvolumen erreicht werden. Dies bedeutet, dass in der Regel nur sehr kleine Filter errichtet werden müssen. Soweit diese als Kartusche errichtet werden, kann ein Wechsel der Kartusche zum Ende der Saison erfolgen. Dadurch können Probleme bei der Handhabung des Filtermaterials (Gefährdung durch Einatmen von Partikeln) vermieden werden. Auch wenn keine Probleme mit radioaktiver Strahlung entstehen, muss die Inkorporation von beladenem Material vermieden werden. Das Material ist durch eine Fachfirma zu entsorgen oder zu verwerten.

Für die Auslegung des Austauschers sind detaillierte Wasseranalysen erforderlich. Uran kann in unterschiedlichen Bindungsformen vorkommen. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die erreichbare Beladung und die Standzeit des Materials. Zusätzlich kommt es zu konkurrierenden Austauschreaktionen anderer Wasserinhaltsstoffe wie z.B. Sulfat, Chlorid, Nitrat (Jekel 2009; Bay. LfU 2008; Humer et al. 2019).

Für Anlagen mit einer Aufbereitungsleistung von ca. 2 m³/h, die als kompakter Druckfilter errichtet werden, können Investitionskosten von ca. 3.000 EUR zzgl. Kosten für das Austauscherharz von ca. 3.000 EUR (Nutzungsdauer etwa 10 Jahre) und weiteren 3.000 EUR für Lieferung, Inbetriebnahme und Begleitanalytik zugrunde gelegt werden (Stand 2021). Die Notwendigkeit eines Austausches des Harzes muss mittels Wasseranalysen beurteilt werden. Das Potenzial, auch mit sehr kleinen Filtern eine sichere Aufbereitung zu errichten, ist an Vorversuche und die Einschaltung von ausgewiesenen Fachleuten für diesen Bereich gekoppelt. Die dafür anfallenden Kosten sind in einer Vergleichsrechnung zu berücksichtigen.

3.5 Desinfektion

3.5.1 Verfahrenswahl

Die Notwendigkeit einer Desinfektion ergibt sich nicht erst durch Vorliegen entsprechender positiver Untersuchungsbefunde. Da die hygienische Unbedenklichkeit eines Wassers nicht kontinuierlich überwacht werden kann, ist eine Desinfektion auch dann erforderlich, wenn eine hygienische Belastung des Trinkwassers nur zu befürchten ist, ohne dass sie bereits nachgewiesen wurde. Dies kann auch dann der Fall sein, wenn im Zuge der Aufbereitung die Gefahr einer Aufkeimung von Filtermaterialien etc. entsteht (ÖVGW Richtlinie W 107). Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten alpiner Schutzhütten, ist davon auszugehen, dass das Trinkwasser in den meisten Fällen desinfiziert werden muss. Eine Entscheidung über die tatsächliche Notwendigkeit muss im Einzelfall basierend auf einer Risikoanalyse gemeinsam mit dem Amtsarzt getroffen werden.

Neben den Überlegungen zur Wahl der Aufbereitungsverfahren allgemein (Kap. 3.4.1) kann bei der Wahl eines Desinfektionsverfahrens für die Gegebenheiten von Schutzhütten auf Erhebungen des SVGW zurückgegriffen werden (SVGW Empfehlung W1016d, S. 22).

Die Desinfektion sollte im Zulauf des Reinwasserbehälters erfolgen. Dadurch kann sie auf einen geringeren Durchfluss dimensioniert werden, was gerade bei UV-Anlagen Vorteile bietet. Außerdem gelangt so ausschließlich hygienisch einwandfreies Wasser in den Behälter, wodurch die Gefahr einer Aufkeimung verringert wird.

Da eine wirkungsvolle Desinfektion ein trübstofffreies Wasser voraussetzt, muss die erforderliche Filtration der Desinfektion vorgeschaltet sein (Kap. 3.4.2). Dies gilt insbesondere bei der Nutzung von Oberflächenwasser oder von Oberflächenwasser beeinflusstem Grundwasser. Bei diesen ist davon auszugehen, dass sie Parasiten enthalten, die gegen Desinfektionsverfahren sehr widerstandsfähig sind und zuvor durch Filtration abgetrennt werden müssen!

DIN 2001-1 führt in Kap. 7.3.8.3 zur Notwendigkeit der Filtration Folgendes aus:

„Auf die Filtrationsstufe vor der Desinfektion darf mit Zustimmung des Gesundheitsamtes verzichtet werden, wenn die Trübung des Rohwassers vor der Desinfektion ständig, auch bei außergewöhnlichen Wetterereignissen wie Schneeschmelze oder Starkregen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht und das Rohwasser keine parasitären Protozoen enthält.“

Auch wenn das Wasser mittels UV-Bestrahlung desinfiziert wird, sollte für Notfälle im Rahmen von Wartungsverträgen auch die Möglichkeit einer Notchlorung durch eine Fachfirma vorbereitet werden. Auch für die Desinfektion von Teilen der Installation nach einer mikrobiologischen Kontamination oder nach Wartungsarbeiten sollten entsprechende Dosiermöglichkeiten vorgesehen werden, die dann von der Wartungsfirma genutzt werden können.

Eine etwaige Notchlorung bzw. Desinfektion kontaminierter Leitungssysteme ist dem Gesundheitsamt im Vorhinein anzuzeigen. Bei der Ableitung gechlorter Wässer sind die einschlägigen Vorgaben der Naturschutzbehörden zu beachten. Die Neutralisation des Restchlors kann dadurch erreicht werden, dass das betreffende Wasser über eine Schüttung (Filter) mit Aktivkohle geführt wird.

Vor und nach der Desinfektionsanlage müssen Möglichkeiten zur Probennahme für hygienische Untersuchungen eingebaut werden.

3.5.2 UV

Die Desinfektion mit UV-Bestrahlung ist das auf Schutzhütten am häufigsten eingesetzte Verfahren. Es bietet den Vorteil, dass durch die integrierten Strahlungssensoren dauerhaft überwacht werden kann, ob die Bedingungen eingehalten werden, unter denen eine sichere Desinfektionsleistung gewährleistet ist. Dies reduziert einerseits den Überwachungsaufwand durch das Betriebspersonal und erhöht andererseits die Betriebssicherheit. Soweit also die Strahlungsleistung eingehalten und der Durchfluss auf den für die jeweilige Anlage vorgegebenen Wert begrenzt wird, kann bei zertifizierten Anlagen (und nur solche dürfen eingesetzt werden), von einer sichereren Desinfektion ausgegangen werden.

Anlagen zur Desinfektion mit UV-Bestrahlung müssen der ÖNROM M 5873-1 oder ÖNORM M 5873-2 bzw. dem DVGW Arbeitsblatt W 294 -1 entsprechen und mit einem entsprechenden Konformitätszeichen gekennzeichnet sein.

UV-Desinfektionsanlagen werden mindestens auf einen Betriebspunkt hin festgelegt (max. Durchfluss und dabei vorherrschende minimale Transmission). Sind für die Anlage mehrere Betriebspunkte zertifiziert, kann in Abhängigkeit von der aktuellen Transmission

bzw. dem SSK254 der Durchfluss reduziert werden, um im zertifizierten Bereich zu bleiben und die Anlage nicht abschalten zu müssen (Abbildung 3-24). Allerdings ist die Zertifizierung mehrerer Betriebspunkte auch mit höheren Kosten verbunden und meist großen Anlagen vorbehalten.

Die Anpassung des Anlagendurchsatzes setzt voraus, dass entsprechende bauliche und technische Voraussetzungen gegeben sind. Dazu gehört neben einem Durchflussbegrenzer dann auch die Regelbarkeit der Rohwasserpumpe bzw. eine andere Möglichkeit zur Durchflussregelung. Auf die Bedeutung der Grundlagenermittlung zu Wasserbedarf und Wasserbeschaffenheit auch unter ungünstigen Wetterbedingungen sei hier nochmals hingewiesen (Kap. 3.1).

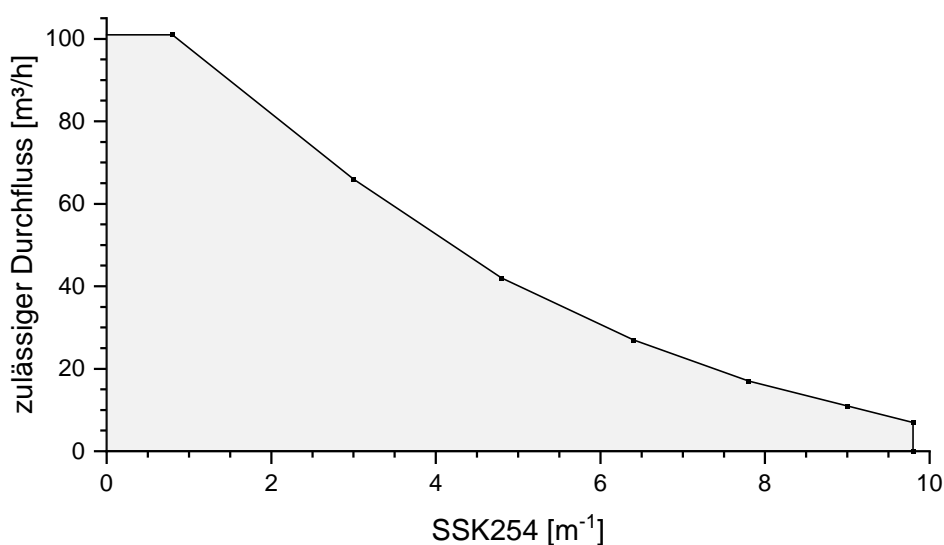


Abbildung 3-24: Beispiel für den zulässigen Betriebsbereich einer zertifizierten UV-Anlage (Spectron) mit mehreren Betriebspunkten

Kann eine ausreichende Bestrahlungsstärke von 400 J/m^2 nicht erreicht werden, muss die Versorgung durch automatisches Schließen eines Ventils unterbrochen werden und ein Alarmsignal ausgelöst werden, damit der Hüttenwirt geeignete Maßnahmen treffen kann.

Anders als bei der Desinfektion mit Chlor bietet die UV-Desinfektion keine Depotwirkung. Die Gefahr einer Wiederverkeimung in Speichern und in der Installation ist daher größer! Der Zustand der entsprechenden Anlagen und eventuell erwartete sehr lange Aufenthaltszeiten in den Speichern sollten also bei der Wahl des Desinfektionsverfahrens berücksichtigt werden. Die Zugabemenge an chemischen Desinfektionsmitteln ist wegen der Entstehung von Desinfektionsnebenprodukten begrenzt (Tabelle 3-15). Dies gilt bei der Desinfektion mittels UV-Bestrahlung nicht. Der Wiederverkeimung von Trinkwasser in Reinwasserspeichern kann daher entgegengewirkt werden, indem das Wasser nach einer Stagnationsdauer von z.B. 72 Stunden erneut über die UV-Anlagen rezirkuliert wird.

Kleinere UV-Anlagen können ggfs. mit Photovoltaikanlagen gekoppelt oder mittels Pufferbatterien betrieben werden, die über Photovoltaik gespeist werden.

Für den Fall, dass die Anlage wegen Unterschreitung der Bestrahlungsleistung außer Betrieb geht, sollten die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass ein Notbetrieb eingerichtet werden kann (Kap. 6). Dazu gehört die Möglichkeit, die UV-Anlage zu umfahren, was durch ein entsprechendes Pastsstück realisiert werden kann oder durch entsprechende manuelle Ventile, die jedoch verplombt werden müssen, um die Umfahrung auf solche Notfälle zu beschränken. Eine derartige verplombte Umfahrung, kann auch für den Fall vorgehalten werden, dass in einem Brandfall unabhängig vom Zustand der UV-Anlage und ohne Durchflussbegrenzer ausreichend Wasser bereitgestellt werden kann.

Die Nutzung eines solchen Bypasses im Normalbetrieb ist strikt untersagt. Muss der Bypass in einem Notfall aktiviert werden, muss dies der Gesundheitsbehörde umgehend angezeigt werden. Die Nutzung eines dann nicht sicher aufbereiteten Wassers ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden und bedarf ggf. anderweitiger Sicherungsmaßnahmen wie des Abkochens.

3.5.3 Chlor

Desinfektionsmittel auf der Basis von Chlor werden in der kommunalen Wasserversorgung schon lange eingesetzt und haben sich bewährt. Bei ihrem Einsatz ist zu beachten, dass es nach (DVGW W 229 (A)) und (ÖVGW Richtlinie W 107) Vorgaben zur zulässigen Zugabemenge, und zur minimalen und maximalen Konzentration an freiem Chlor am Ausgang der Wasseraufbereitung gibt.

Beim Einsatz von Chlorgas und Chlordioxid sind die hohen Anforderungen an die Arbeitssicherheit und an die Überwachung der Anlagen zu berücksichtigen. Aufgrund der einfacheren Handhabung von Hypochlorit (Chlorbleichlauge), der niedrigeren Baukosten (Lagerungsräume und deren Abtrennung bzw. Be- und Entlüftung) ist dies neben der UV-Desinfektion zwar das in kommunalen Kleinanlagen am häufigsten eingesetzte Desinfektionsmittel, der Einsatz auf Schutzhütten sollte jedoch durch Fachfirmen erfolgen bzw. nur dann, wenn die Hütte über fachkundiges Personal verfügt. Anders als bei UV-Anlagen kann es beim Einsatz von Chlor in Folge von Überdosierungen zu erheblichen Gesundheitsrisiken für die Hüttengäste kommen. Eine Unterdosierung führt in gleicherweise zu einer Gefährdung, da die Trinkwasserhygiene wegen unzureichender Desinfektion nicht sichergestellt werden kann.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass bei Einhaltung der zulässigen maximalen Zugabemenge an Hypochlorit, Parasiten, die gerade in Oberflächenwasser vorkommen, nicht sicher beherrscht werden können (DVGW Arbeitsblatt W 229 (A) E).

Für den Desinfektionserfolg ist neben der Konzentration des Desinfektionsmittels auch die Einwirkzeit maßgeblich. Dies wird mit dem Begriff c-t-Produkt bezeichnet. Aus diesem Grund existieren zum Teil auch rechtlich verbindliche Vorgaben zur Einwirkzeit zwischen Dosierung und Abgabe an den Verbraucher (Tabelle 3-15). Diese Zeiten sind nicht nur bei der Auslegung von Reaktionsbehältern und Leitungswegen zu berücksichtigen, sondern auch bei der Kontrolle der Konzentration an freiem Chlor zu beachten (BMASGK 2021).

Bei der Verwendung von Chlor ist es nach den Untersuchungen im Rahmen des Projektes HaWalpS unumgänglich, einen kleinen Behälter nachzuführen, der auch bei Spitzen-

verbräuchen die Mindesteinwirkzeit (bis zu 30 Minuten) garantieren kann. Außerdem ist unbedingt darauf zu achten, dass die Messung des Restchlorgehaltes nach Desinfektion erst nach der vollen Einwirkzeit stattfindet.

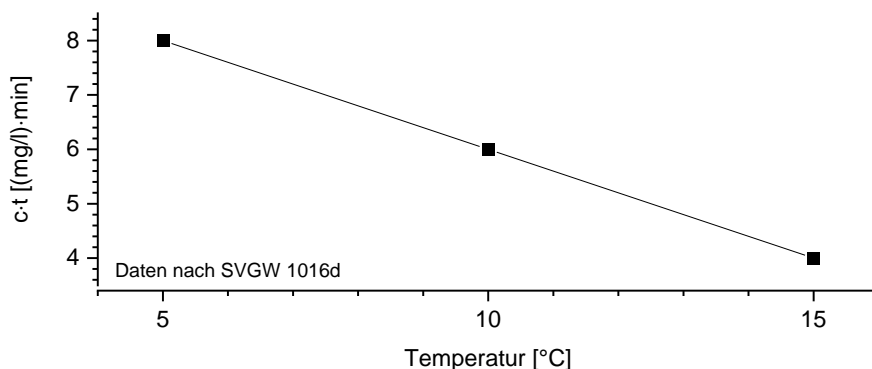


Abbildung 3-25: c-t-Werte für die Desinfektion von Grund- und Quellwasser nach SVGW W 1016

Der Desinfektionserfolg ist, wie nahezu alle chemischen und biologischen Prozesse, von der Temperatur abhängig. Mit sinkender Temperatur steigt das erforderliche c-t-Produkt an. Die vom SVGW geforderten Werte (Abbildung 3-25) haben zwar für Hütten in Österreich und Deutschland keine rechtsverbindliche Wirkung, sollen aber aufzeigen, wie groß der Temperatureinfluss ist und wo unter Umständen Ursachen für einen unzureichenden Desinfektionserfolg zu suchen sind.

Tabelle 3-15: Anwendungsbereiche von Desinfektionsverfahren

	zulässige Dosis		Reaktionszeit	Konzentration nach Aufbereitung
ClO ₂	A	≥ 0,2 mg/l ClO ₂ ≤ 0,4 mg/l ClO ₂	≥ 15 min.	≥ 0,05 mg/l ClO ₂
	D	≤ 0,4 mg/l ClO ₂	keine Vorgaben	
NaOCl	A	≤ 1,2 mg/l freies Cl ₂	≥ 30 min.	≥ 0,3 mg/l Cl ₂ ¹⁾ ≤ 0,5 mg/l Cl ₂ ²⁾
CaOCl ₂	D	≤ 1,2 mg/l freies Cl ₂	keine Vorgaben	≥ 0,1 mg/l Cl ₂ ≤ 0,3 mg/l Cl ₂
UV	A	≥ 400 J/m ²	Desinfektion während des Durchflusses durch das UV-Gerät mit der dazugehörigen Bestrahlungsstärke	
	D	≥ 400 J/m ²	Wellenlängenbereich 240 – 290 nm	
¹⁾ – bei längerer Reaktionszeit und nachweislicher Desinfektionswirkung ≥ 0,05 mg/l Cl ₂ ²⁾ – beim Verbraucher max. 0,3 mg/l				

Typische Handelsprodukte für Chlorbleichlauge enthalten bei der Herstellung ca. 150 g/l freies Chlor. Dieses unterliegt jedoch einem kontinuierlichen Zerfall, der sehr stark von der Temperatur abhängig ist. Die Konzentration des Wirkstoffes nimmt daher kontinuierlich ab. Gleichzeitig entsteht bei dieser Zerfallsreaktion Chlorat, dessen Konzentration im Trinkwasser jedoch den Wert von 0,07 mg/l nicht überschreiten darf. Ausgehend davon, dass dem Trinkwasser maximal 1,2 mg/l freies Chlor zugesetzt werden darf, wird der Grenzwert für Chlorat überschritten, wenn in der Chlorbleichlauge 5,4 % des freien Chlors als Chlorat vorliegen. Die Abbildung 3-26 zeigt für verschiedene Lagerungstemperaturen die Lagerungsdauer, nach der die zulässige Chlorat-Konzentration erreicht wird.

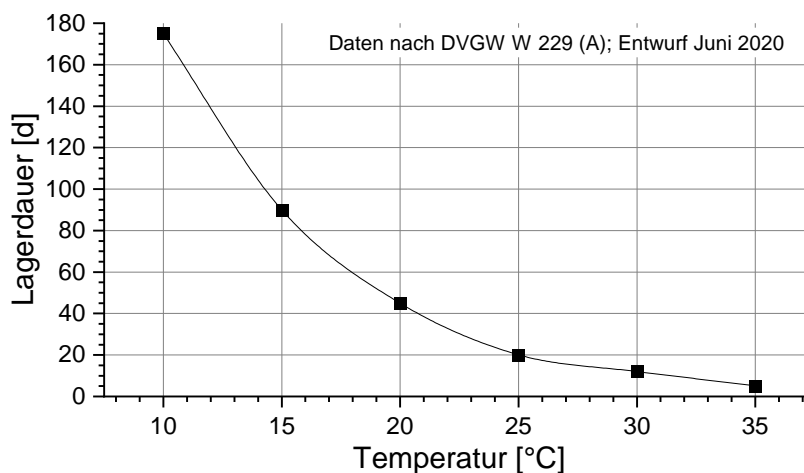


Abbildung 3-26: maximale Lagerdauer bis zum Erreichen der zulässigen Chlorat-Konzentration

Bei einer Lagerungstemperatur von 10 - 15 °C könnte ein Gebinde mit Chlorbleichlauge also ca. 90 Tage gelagert werden, bis in der Lösung so viel Chlorat entstanden wäre, dass bei der maximalen Zugabe von 1,2 mg/l freiem Chlor zum Trinkwasser der Grenzwert für Chlorat gerade noch eingehalten wäre.

Für den Desinfektionserfolg ist entscheidend, dass sich während der Lagerung der Gehalt an freiem Chlor deutlich verringert hat (Abbildung 3-27). Bei allen höheren Lagerungstemperaturen ist nicht nur die Einhaltung des Chlorat-Grenzwertes unsicher, sondern auch die Dosiermenge an Chlor kontinuierlich anzupassen. Dies erfordert auch regelmäßige Messungen des freien Chlors im desinfizierten Wasser.

Für die Lagerung der Chlorbleichlauge ist ein entsprechend isolierter Raum vorzusehen, der zwar kühl aber auch frostfrei sein und gegen Lichteinfall geschützt muss. Um den Zerfall der Chlorbleichlauge nicht zusätzlich zu begünstigen, sollten alle verwendeten Behälter vor einer erneuten Befüllung vollständig entleert und gesäubert werden, da Verunreinigungen den Zerfall katalysieren können (Wricke 2018).

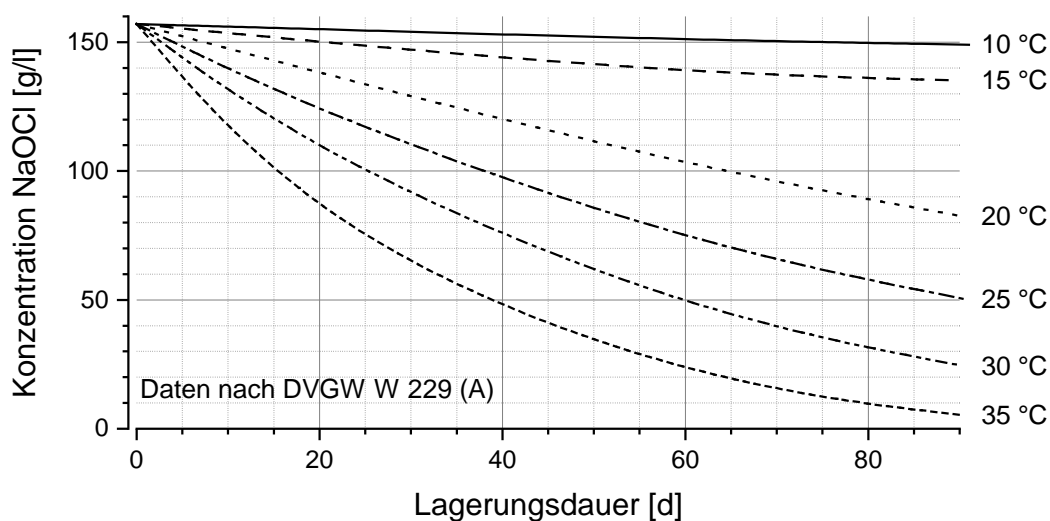


Abbildung 3-27: Abnahme des freien Chlors während der Lagerung

Neben der Konzentration an wirksamem Chlor, Temperatur und Zeit, hat auch die Einmischung und Verteilung des Chlors in das Trinkwasser einen Einfluss auf die Desinfektionswirkung. Günstig ist die Dosierung in Rohrleitungen, die in einer Pfropfenströmung durchflossen werden. Soll in den Zulauf von Behältern dosiert werden, müssen Kurzschlussströme mittels Tauch- oder Trennwänden vermieden werden. Bewertungsgrundlagen für unterschiedliche hydraulische Verhältnisse wurden von der US Umweltbehörde im Zusammenhang mit der Aufbereitung von Oberflächenwasser erarbeitet (US EPA 2003; Connecticut DPH 2010).

Für eine sichere Desinfektion auf Basis von Hypochlorit muss die Planung also für die niedrigste Temperatur und den maximalen Durchfluss erfolgen. Außerdem sollte der pH-Wert des zu desinfizierenden Wassers nicht über 8 liegen.

Die obigen Ausführungen machen deutlich, dass die Desinfektion mit chlorhaltigen Stoffen auf alpinen Schutzhütten besonderes Augenmerk im Betrieb erfordert. Zusammen mit den Anforderungen an den Arbeitsschutz, die aus dem Umgang mit konzentrierter Chlorbleichlauge resultieren, ist dieses Verfahren daher nur mit den eingangs formulierten Einschränkungen zu empfehlen.

3.6 Verteilung

Bei der Wasserverteilung für die Versorgung alpiner Schutzhütten sind die Bereiche außerhalb der Hütte (Leitung vom Hochbehälter zur Hütte) und innerhalb der Hütte (Installation mit Entnahmestellen) zu unterscheiden.

Die Bemessung des Leitungsdurchmessers muss das vorhandene Druckgefälle berücksichtigen, das zwischen dem Hochbehälter und der Hütte vorhanden ist. Die Höhe des Druckverlustes, der beim Durchströmen entsteht, steigt mit dem Durchfluss quadratisch an. Es muss sichergestellt sein, dass auch am Eingang der Hütte noch der Druck vorhan-

den ist, der zum Durchströmen von Aufbereitungsanlagen (Filtern) erforderlich ist. Ansonsten muss eine Druckerhöhungspumpe vorgesehen werden.

Sollte der Höhenunterschied zwischen Hochbehälter und Hütte so groß sein, dass der zulässige Nenndruck des Leitungsmaterials überschritten wird, kann entweder ein Material mit einer höheren Druckfestigkeit (PN 16 statt PN 10) gewählt werden, oder es muss ein Druckunterbrechungsschacht erstellt werden. Ggfs. kann dieser auch als Speicher ausgebaut werden, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Dann gelten die Ausführungen in Kapitel 3.3. In jedem Falle muss der Schacht vollständig entleert werden können. Soweit der Schacht als Trinkwasserspeicher genutzt wird, sollte die UV-Desinfektion im Zulauf zu diesem Behälter angeordnet werden. Es gelten dann die Anforderungen an Trinkwasserspeicher. Alle nachgelagerten Leitungen müssen dann ebenfalls trinkwassergeeignet sein. Das Öffnen des Zulaufs zum Behälter und somit der Durchfluss durch die UV-Anlage sollte an den Füllstand an den Behälter gekoppelt werden. Durch die Festlegung entsprechender Ein- und Ausschaltpunkte kann ein gezielter Austausch des Wassers im Behälter, auch bei geringem Bedarf, sichergestellt werden.

Die Grundlage für die Bemessung von Leitungen zur Hütte sollte der maximale Tagesbedarf sein, soweit innerhalb der Hütte ein Ausgleich für den maximalen Tagesbedarf möglich ist. Anderenfalls sollte die Leitung auf den maximalen Stundenbedarf ausgelegt sein. Dazu können die Spitzenfaktoren aus Kapitel 3.1.1 verwendet werden.

Die Leitungen sind im Gelände und auch in der Hütte so zu verlegen, dass ein vollständiges Entleeren möglich ist. Dies ist in der Regel erforderlich, da die Leitungen nicht in einer frostsicheren Tiefe verlegt werden können und daher zu Saisonende entleert werden müssen, um Frostschäden zu vermeiden. Wenn die Leitungen oberirdisch verlegt werden müssen, ist auf eine ausreichende UV-Beständigkeit des Rohrmaterials zu achten. Anderenfalls sollte zumindest eine Abdeckung der Leitungen mit lockerem Gestein erfolgen, wodurch ein Schutz gegen Steinschlag gegeben ist.

Für den Aufbau einer temporären Verteilung mittels Schläuchen sei auf eine Arbeitshilfe verwiesen, die von der Staatlichen Feuerwehrschiele erstellt wurde und [online](#) verfügbar ist (Staatliche Feuerwehrschiele Würzburg 2018).

Hinweise zu den erforderlichen Drücken und den auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten für verschiedenen Armaturen innerhalb der Installation finden sich in DIN 1988-2 2012. Bei der Bemessung der Leitungsdurchmesser in der Installation sollten maximal 60 % des verfügbaren Druckgefälles verplant werden.

Sofern Gästeduschen oder Warmwasser in den Wachschräumen angeboten werden, ist zur Gewährleistung der hygienischen Sicherheit (insbesondere Verhinderung des Aufwachsens von Legionellen) in der Installation eine thermische Isolation von parallel verlegten Kalt- und Warmwasserleitungen erforderlich. Die Installation müsste dann so geplant werden, dass sie bei Inbetriebnahme oder bei Behebung einer Verkeimung entleert, ausreichend gespült und desinfiziert werden kann. Dazu wären insbesondere an Endsträngen Spülventile wichtig. Beim Betrieb einer zentralen Warmwassererzeugung müssen Spülpläne und ggfs. Maßnahmen zur thermischen Desinfektion erarbeitet werden.

Beim Verzicht auf Gästeduschen und Warmwasser in den Wachschräumen können Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums auf den Bereich beschränkt wer-

den, der vom Pächter bzw. dem Personal genutzt wird. Dort wäre dann eine endständige Erwärmung die bevorzugte technische Lösung.

Im Zusammenhang mit der Senkung des Trinkwasserbedarfs sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Nutzung von Brauchwasser zum Beispiel für die Toilettenspülung getrennte Leitungen für Trink- und Brauchwasser voraussetzt. Dies sollte bei der Planung von Umbauten frühzeitig bedacht werden. Ggfs. kann die Installation so geplant werden, dass dann der Teil für die Toilettenspülung nach Errichtung einer Brauchwasserfassung (Regenwasser) leicht von der Trinkwasserinstallation getrennt werden kann. Werden der Hütte sowohl Trinkwasser als auch Brauchwasser über Leitungen zugeführt, ist darauf zu achten, dass die Leitungen verwechslungssicher gekennzeichnet sind und ein Fehlschluss sicher vermieden werden kann.

Trotz oder gerade wegen der für Schutzhütten typischen beengten räumlichen Situation muss an die spätere Wartung und an die Dokumentation der Leitungsführung gedacht werden. Es sei hier auch noch einmal daran erinnert, dass seitens der Betreiber und Planer häufig der Wunsch nach detaillierten Informationen zum Wasserbedarf in den verschiedenen Nutzungsbereichen (Küche, Waschraum, Toilette) geäußert wird. Mit der Schaffung einer geeigneten Installation und dem Einsatz mittlerweile sehr preiswerter elektronischer Wasserzähler können solche bislang fehlenden Daten erhoben werden.

4 Empfehlungen für den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen

4.1 Allgemeines

Die Wasserversorgungsanlagen auf alpinen Schutzhütten sind in der Regel individuelle Systeme, die auf die örtlichen Gegebenheiten angepasst sind. Dies führt dazu, dass es eine große Vielzahl unterschiedlicher Lösungen gibt, die im Rahmen des vorliegenden Leitfadens keinesfalls alle berücksichtigt werden können. Die folgenden Ausführungen erheben daher nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Zudem sind sicher nicht alle hier dargestellten Inhalte für alle Hütten von Bedeutung. Vielmehr ist diese Zusammenstellung der Versuch die wichtigsten Punkte für den sicheren Betrieb und die am häufigsten eingesetzten Verfahren zusammenzufassen.

Ziel dieser Empfehlungen ist es, die Hüttenwirte bei der Sicherung der Wasserversorgung zu unterstützen. Die Grundlagen für den sicheren Betrieb werden bereits bei der Planung und beim Bau der Anlagen gelegt. Die im Folgenden beschriebenen Tätigkeiten zielen darauf ab, quantitative und qualitative Beeinträchtigung der Wasserversorgung möglichst zu vermeiden bzw. frühzeitig zu erkennen, um dann entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

Weitere wichtige Informationsquellen für den Betrieb und die Wartung stellen die ÖVGW-Richtlinien W 59 (Technische Überwachung von Wasserversorgungsanlagen), W 60 (Leitfaden für die Technische Fremdüberwachung) und W 85 (Betriebs- und Wartungshandbuch für die Trinkwasserversorgung) sowie die DVGW-Information Wasser Nr. 92 dar.

Entsprechend der österreichischen Trinkwasserverordnung § 5 Abs. 1 ist die Wasserversorgungsanlage entsprechend dem Stand der Technik zu errichten und in ordnungsgemäßem Zustand zu halten, indem sie fachgerecht durch geschulte Personen oder durch einschlägig konzessionierte Fachbetriebe gewartet und instand gehalten wird. Gleiches gilt sinngemäß auch nach den Regelungen der deutschen Trinkwasserverordnung.

Entsprechende Schulungen werden in Österreich von der ÖVGW gemeinsam mit den Landesverbänden der Wasserversorger und den Ländern in Zusammenarbeit mit dem Alpenverein (Hüttentechnikseminare) angeboten.

Zur Instandhaltung der Wasserversorgungsanlagen gehören die Inspektion, Wartung und ggfs. die Instandsetzung der Anlagen. Viele dieser Tätigkeiten können vom Hüttenwirt auf Grundlage von Wartungsunterlagen der Gerätehersteller selbst durchgeführt werden. Für andere Aufgaben, die zum Beispiel spezielles Gerät benötigen oder besondere Fachkenntnisse voraussetzen, sollten Wartungsverträge abgeschlossen werden. Neben den Tätigkeiten und Leistungen, die ein Wartungsvertrag umfassen sollte, ist auch die Erreichbarkeit des Auftragnehmers (Telefonnummern, Betriebszeiten ggfs. Rufbereitschaft an Wochenenden und Feiertagen) und die einzuhaltende Reaktionszeit vertraglich zu fixieren. Planbare Wartungstätigkeiten können aus Gründen der Wirtschaftlichkeit auch mit der nach TrinkwV vorgeschriebenen Probenahme kombiniert werden, soweit die beauftragte Wartungsfirma die erforderliche Sachkunde dafür nachweisen kann.

Die jährlichen Kosten für einen Wartungsvertrag für eine UV-Anlage liegen z.B. in der Größenordnung von ca. 250 EUR netto. Ein solcher Vertrag umfasst Strahlerwechsel, Referenzsensorkontrolle (lt. W-294), Desinfektion des UVC-Reaktors, die elektrische

Überprüfung der Anlagen und deren Schaltpunkte (Kalibrierung), Ausbau u. Kontrolle des Quarzschutzrohrs.

Arbeiten, die aus Sicherheitsgründen nicht selbst durchgeführt werden sollten, sind insbesondere die Desinfektion von Leitungen und Behältern. Derartige Tätigkeiten sollten kostenmäßig als optionale Positionen in Wartungsverträgen verankert werden, damit sie im Bedarfsfall schnell beauftragt und vom Auftragnehmer ausgeführt werden können.

Bei allen Arbeiten, die zu einer nachteiligen Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit führen können, ist besonderes Augenmerk auf die erforderliche Hygiene zu legen. Dies gilt u.a. für das Schuhwerk und die Kleidung beim Arbeiten in Wasserspeichern aber auch beim Wechsel von Filterelementen oder Filtermaterial.

Nach Abschluss der Arbeiten an den Wasserversorgungsanlagen ist eine Reinigung erforderlich. Wenn keine ausreichende Rohwasserverfügbarkeit für diese Maßnahmen sichergestellt werden kann, sollten vor Beginn der Arbeiten möglichst alle Speicher aufgefüllt werden bevor mit den Wartungsarbeiten begonnen wird. Soweit sich aus hygienischen Untersuchungen ergibt, dass eine Desinfektion erforderlich ist, ist diese durch eine Fachfirma durchzuführen.

Vor dem Einsatz von Desinfektionsmitteln sollte stets zuerst eine mechanische Reinigung erfolgen. Dadurch wird die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel erhöht und die erforderliche Chemikalienmenge kann reduziert werden.

Bei allen Arbeiten, inkl. der von Dritten ausgeführten, sind die Vorschriften für die Arbeitssicherheit einzuhalten (Umgang mit Gefahrstoffen, Sicherheit elektrischer Betriebsmittel, ggfs. Absturzsicherung beim Einstieg in Behälter).

Alle Arbeiten sollten dokumentiert werden, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage nachweisen zu können.

Zu den wichtigen betrieblichen Aufgaben gehört es auch, einen Maßnahme- bzw. Notfallplan zu erstellen und zu aktualisieren (Kap. 6).

Die Ausführungen ersetzen nicht die erforderlichen Einweisungen durch die Planer und Anlagenbauer, sie sollen sie vielmehr ergänzen und den Leser bei der Umsetzung unterstützen.

4.2 Maßnahmen bei Inbetriebnahme zu Saisonbeginn

Es ist naheliegend, Empfehlungen für den Betrieb der Hütten mit den Tätigkeiten zum Saisonstart zu beginnen. Es soll aber betont werden, dass die Basis für die Wiederinbetriebnahme bereits mit der Außerbetriebnahme der Wasserversorgungsanlage zum Saisonende des Vorjahres gelegt wird! Dabei sollte bedacht werden, dass die Zugänglichkeit zu den Anlagen am Saisonanfang i.d.R. durch Schnee stark eingeschränkt ist und viele Tätigkeiten zum Saisonende einfacher zu erledigen sind.

Wichtige Maßnahmen insbesondere zur Sicherstellung der Hygiene umfassen nach Donegani et al. die folgenden Punkte (Donegani et al. 2010):

- Reinigung und falls erforderlich auch Desinfektion des Wasserspeichers
- thermische Desinfektion der Boiler (an drei aufeinander folgenden Tagen Aufheizen auf 70 - 80 °C für 30 Minuten)
- Spülen der Leitungen mit heißem Wasser (ca. 65 °C an allen Entnahmestellen); alternativ Desinfektion mit Hypochlorit durch Fachfirma
- Säuberung ggfs. Entkalkung aller Entnahmestellen (Wasserhähne, Duschköpfe)

Weitere Maßnahmen sind:

- Inspektion der Fassungsanlagen
- Inspektion der Aufbereitungsanlagen; ggfs. Nachfüllen von Material
- Inspektion aller Armaturen und Förderaggregate auf Gängigkeit und Funktion
- Kontrolle der Be- und Entlüftung sowie der Überläufe und Grundablässe
- Austausch des Desinfektionsmittels gegen frische Lösung, soweit dieses für die Arbeiten im Rahmen eines Wartungsvertrages auf der Hütte bevorratet wird

4.3 Maßnahmen zum Saisonende

Um Schäden an den Anlagen zu vermeiden und die Wiederinbetriebnahme zu erleichtern, sollten folgende Arbeiten durchgeführt werden:

- Spülen und Entleeren der Leitungen zum Frostschutz
- Reinigung der Behälter
- Sicherung der Be- und Entlüftungseinrichtungen sowie der Ablässe und Überläufe
- Spülen und Entleeren von Dosierleitungen zur Vermeidung des Auskristallisierens und Verbackens von Ventilen und Leitungen
- Ausbau frostempfindlicher Teile (z.B. Membranen und ggfs. Sensorarmaturen)
- Überprüfung der Aufbereitungsanlagen (z.B. noch vorhandene Menge an Entsäuerungsmaterial)
- Kontrolle der Geräte und Materialien für die Überwachung der Chlorkonzentration
- ggfs. Ersatzteile und Material für Wiederinbetriebnahme bestellen

4.4 Brunnen

Beim Betrieb von Brunnen sind folgende Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Kontrolle der Wasserspiegellage (ggfs. unterschieden nach Ruhewasserspiegel und Wasserspiegel bei Entnahme) im Zusammenhang mit Wetterereignissen. Der Wasserspiegel muss bei Brunnenbetrieb ausreichend oberhalb der Brunnenpumpe liegen, damit diese weder Luft ansaugt noch trocken fällt. Soweit das möglich ist, kann die Pumpe dann tiefer gehängt werden.
- mindestens einmal jährlich Begehung und Kontrolle des Schutzgebietes und des Umfeldes des Brunnens
 - Setzungen (Schäden am Brunnen)
 - Umzäunung
 - Entfernung von Bewuchs im Umkreis von 10 m; bei Bedarf auch tiefwurzelnde Pflanzen entfernen und die entstehenden Löcher ggfs. mit bindigem Material (Ton, Bentonit) auffüllen

- Sichtkontrolle am Bauwerk
 - Zutrittssicherung
 - baulicher Zustand
 - Dichtigkeit der Abdeckung und der Be- und Entlüftung
 - Dichtung der Abdeckungen
 - Tritte und sonstige Einstieghilfen
 - Kontrolle auf Eindringen von Kleinlebewesen und Insekten, Wurzeleinwuchs, Undichtigkeiten gegenüber Tagwasser (Verfärbungen, Rinnsuren)
- Funktionskontrollen
 - Leistung der Brunnenpumpe und Druck am Brunnenkopf
 - Be- und Entlüftungseinrichtungen
 - alle Armaturen auf Gängigkeit
 - Übertragung der Fernwirktechnik
- bei Bedarf
 - Reinigung
 - Ausbessern von Fehlstellen
 - Austausch Gummidichtungen

Neben einer tabellarischen Erfassung des Wasserspiegels und der Schüttung, sollten die Daten auch in einem einfachen Diagramm chronologisch dargestellt werden, um Trends visuell besser erkennen und bewerten zu können.

4.5 Quellfassungen

Beim Betrieb von Quellfassungen sind folgende Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Regelmäßige Kontrolle der Schüttung im Zusammenhang mit Wetterereignissen (aktueller Tag und Vortag) über den Verlauf der gesamten Saison. Dies kann durch Auslitern mit einem Gefäß bekannten Volumens und Stoppuhr erfolgen.
- mindestens einmal pro Saison (zu Beginn bzw. nach Abschmelzen des Schnees) Begehung und Kontrolle des Schutzgebietes bzw. des Umfeldes der Fassung
 - Kontrolle der Fassungsmarkierungen
 - Vertiefungen im Bereich der Quellüberdeckung, diese können ein Hinweis darauf sein, dass die Überdeckung unterspült wurde, das Material geschrumpft, zusammengefallen oder rissig und damit undicht ist
 - ungeordnete Wasseraustritte können auf Fehler bei der Ableitung des Oberflächenwassers hinweisen.
 - Umzäunung (ggfs. elektr. Weidezaun) des Fassungsgebietes, insbesondere bei Weidebetrieb in der Nachbarschaft der Fassung.
 - Bäume und Sträucher im Fassungsgebiet (20 m) der Quelle entfernen. Es besteht die Gefahr, dass Wurzeln in die Fassung wachsen, Drainagen verlegen, die Bodenüberdeckung lockern und dadurch Oberflächenwasser das Quellwasser verunreinigen. Wurzeln sollten vorsichtig herausgezogen, und die entstandenen Löcher anschließend mit bindigem Material abdichtet werden.
 - Gefährdungspotenzial durch Ablagerungen, Beweidung etc.
- Sichtkontrolle am Bauwerk
 - des Fassungsbauwerks auf eindringendes Tagwasser
 - der Türen und Einstiege auf Verschluss, Dichtigkeit und Korrosion
 - Dichtung der Abdeckungen
 - Dichtigkeit von Rohr- und Kabeldurchführungen
 - auf Ablagerungen

- auf Insekten und Kleintiere in den Wasserkammern (Hinweis auf undichte Klappen etc.)
- des Seiher an der Entnahmeleitung
- Gräben zur Ableitung der Überläufe und Grundablässe
- Funktionskontrollen
 - der Froschkappen an Überlauf und Grundablass
 - der Entlüftung
 - der Absperrschieber
 - Übertragung der Fernwirktechnik
- bei Bedarf Reinigung der Kammern, vorrangig ohne Chemikalien und ohne Hochdruckreiniger

4.6 Oberflächenwasser

Bei der Nutzung von Oberflächenwasser aus stehenden Gewässern für die Trinkwasserversorgung kommt der regelmäßigen Kontrolle des Einzugsgebietes auf Gefährdungspotenziale (Weidebetrieb, Abwasseranlagen, mögliche Verschmutzung durch Personen) besondere Bedeutung zu. Dazu ist ein ausreichend großer Bereich entlang des Ufers des Gewässers zu berücksichtigen.

Lage und Zustand des Entnahmekorbes bzw. -seihers müssen kontrolliert werden. Bei der Entnahme von Wasser aus Fließgewässern müssen neben den Entnahmebauwerken auch die Anlagen zur Feststoffabscheidung kontrolliert werden. Dies schließt die Lage im Bachbett, die Abdeckungen, die Entnahmeleitung und das Filterrohr ein. Bei Bedarf sollten die Absetzanlagen entleert werden, um ein ausreichendes Nutzvolumen sicherzustellen.

4.7 Dachwasser

Bei der Nutzung von Regenwasser für die Trinkwasserversorgung sind die im Folgenden aufgeführten Tätigkeiten von Bedeutung. Die Inhalte orientieren sich im Wesentlichen an der Checkliste der Blue Mountain Corporation, erhältlich auf der Web-Site rainharvesting.com.au.

- nach etwa jedem dritten Regenereignis Kontrolle der Vorrichtungen zum Erstabschlag
- ca. monatlich Kontrolle und ggfs. Reinigung der Filter in den Leitungen
- vierteljährlich bzw. einmal pro Saison Kontrolle und ggfs. Reinigung
 - der Einlaufkörbe an den Fallrohren
 - der Siebkörbe im Zulauf zum Speicher (soweit vorhanden)
 - der Insektengitter
- halbjährlich bzw. einmal je Saison Kontrolle und ggfs. Reinigung
 - der Überläufe und Armaturen
 - Pumpen und Filter der Entnahmeleitung

Zusätzlich muss geprüft werden, ob sich am Gefahrenpotenzial etwas verändert hat, das heißt, ob Gefahren durch Abgasanlagen, Veränderungen am Dach und der Dachdeckung hinzugekommen sind.

4.8 Wasserspeicher

Bei den Arbeiten an Wasserspeichern sind die Richtlinien der Arbeitssicherheit zu beachten. Dazu gehören insbesondere die bedarfsweise Sicherung gegen Absturz sowie der Umgang mit Gefahrstoffen beim Reinigen und Desinfizieren der Behälter. Aus Gründen der Arbeitssicherheit sollten diese Arbeiten nicht alleine durchgeführt werden!

Vor dem Betreten der Behälter empfiehlt sich der Wechsel des Schuhwerks bzw. das Aufstellen einer Reinigungswanne mit Desinfektionsmittel zur Reinigung des Schuhwerks vor dem Betreten der Wasserkammer. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn der Behälter nur über einen Zugang über der freien Wasseroberfläche verfügt.

Wenn möglich, sollten Verunreinigungen nur durch Abwaschen statt mit chemischen Mitteln beseitigt werden. Auch Hochdruckreiniger sollten nicht bzw. nur vorsichtig eingesetzt werden, um Schäden an den Behälteroberflächen zu vermeiden.

Nach Abschluss der Wartungs- bzw. Reinigungsarbeiten muss eine Desinfektion der Behälteroberflächen erfolgen. Dafür sind die entsprechenden Desinfektionsmittel und das zum Auftragen erforderliche Werkzeug vor Beginn der Wartungsarbeiten vorzubereiten. Dazu sollten die erforderlichen Mengen und Konzentrationen für den zu reinigenden Behälter vorab in einer Arbeitsanweisung fixiert werden. Der im Laufe der Lagerung nachlassende Wirkstoffgehalt von Desinfektionsmitteln muss dabei berücksichtigt werden (Kap. 3.5.2). In gleicher Weise ist schon im Vorfeld die Neutralisation der verwendeten Chemikalien vor einer Einleitung des Spülwassers in Gewässer sicherzustellen.

Beim Betrieb von Speichern sind folgende weitere Tätigkeiten zu berücksichtigen und durchzuführen:

- Entfernung des Bewuchses im Umfeld des Behälters
- Sichtkontrollen am Bauwerk
 - Risse
 - Ablagerungen
 - Dichtigkeit und Verschluss von Türen und ggfs. Fenstern
 - Be- und Entlüftungsöffnungen
 - Insektenschutz
 - Zustand Entnahmeseiher
 - freier Auslauf Grundablass und Überlauf inkl. Klappens
- Funktionskontrollen
 - Armaturen
 - Fernwirktechnik und Messtechnik (Füllstand etc.)
- bei Bedarf
 - Reinigung, wenn möglich nur durch Abwaschen statt chemischer Reinigung, möglichst keinen Hochdruckreiniger einsetzen
 - Reinigung des Entnahmeseiher
 - Austausch von Dichtungen
- Räumung von Sediment zum Saisonende
- beim Einstieg in Behälter:
 - möglicherweise Gefahr durch CO₂-Anreicherung (Erstickungsgefahr)
 - Absturzsicherheit beachten
 - möglichst nicht allein arbeiten

Sollte ein Behälter ausschließlich als Rohwasserspeicher genutzt werden, sind grundsätzlich weniger strenge hygienische Regelungen denkbar. Um sicher zu stellen, dass die erforderliche Trinkwasserqualität erreicht werden kann, sollte aber auch bei solchen Behältern der Eintrag von Keimen und Material, das die Aufkeimung begünstigt, so gering wie möglich gehalten werden.

4.9 Wasserverteilung

Bei den Leitungen von den Gewinnungsanlagen zu den Sammelschächten und zur Hütte sind folgende Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Sichtkontrolle der Leitungen auf
 - austretendes Wasser
 - mechanische Beschädigung
 - Lagerung (Sicherung gegen Rutschen und bei Kunststoffleitungen vor UV-Strahlung)
- Sichtkontrolle der Schächte
- Funktionskontrolle
 - Armaturen (Schieber)
 - Wasserzähler
 - Druckminderer
 - Be- und Entlüfter
 - ggfs. Spülauslässe

4.10 Leitungsungebundener Wassertransport

In Einzelfällen kann die Wasserversorgung nur durch Einsatz von Transportbehältern (Transport mit Seilbahn, Kraftfahrzeug oder Hubschrauber) aufrechterhalten werden.

Die folgenden Ausführungen beruhen auf verschiedenen deutschsprachigen Leitfäden und Regelblättern (Amt der Oö. Landesregierung 2018; Fleischer 2009; ÖVGW Richtlinie W 75; Bross et al. 2019).

Bei der Beschaffung und Nutzung solcher Behältnisse (Container, Fässer, Kanister, Faltschalen mit Inliner etc.) ist besonders auf eine einfache und hygienisch einwandfreie Handhabung zu achten. Die Wahl der Behälter muss sowohl auf die verfügbaren Transportmittel als auch auf die Lagerungsmöglichkeiten abgestimmt sein. Soweit Transport und Lagerung nicht abgedunkelt erfolgen können, sollten lichtundurchlässige Behältnisse verwendet werden, um Algenwachstum zu vermeiden.

Die Behälter müssen aus einem Material hergestellt sein, das für die Lagerung von Lebensmitteln zugelassen ist und entsprechend gekennzeichnet sein. Die Behälter dürfen zuvor für keinen anderen Zweck als für den Trinkwassertransport eingesetzt worden sein.

Es ist darauf zu achten, dass sich die Gefäße gut reinigen und desinfizieren lassen. Dies wird durch eine möglichst glatte Oberfläche erleichtert. Bevorzugt sollten Behälter eingesetzt werden, die vollständig entleert werden können.

Vor der Verwendung der Behälter sollten diese mit Trinkwasser mindestens zweimal gründlich ausgespült werden. Danach ist eine Desinfektion des Behälters mit Chlorbleichlauge für ca. 30 Minuten vorzunehmen. Die Konzentration der verwendeten Chlorbleichlauge sollte mindestens 50 mg/l betragen (Orientierungswert für Rohrleitungen nach DVGW W 291).

Nach der Desinfektion sollten die Behälter mindestens zweimal mit Trinkwasser befüllt und über die vorgesehene Entnahmevorrichtung wieder vollständig entleert werden, ehe sie für den Trinkwassertransport befüllt werden.

Die Behälter sollten während des Spülens und Desinfizierens so geschüttelt werden, dass auch der obere Teil des Behälterinneren ausreichend benetzt wird.

Die Verschlüsse müssen dicht schließen und das Eindringen von Insekten oder Verunreinigungen sicher verhindern.

Es ist vorab zu klären, wo und wie die Behälter befüllt und transportiert werden können. Eine Kontamination muss sowohl während des Befüllens als auch beim Transport ausgeschlossen werden können. Das zum Befüllen verwendete Material (Hydranten, Schläuche) muss für Trinkwasser zugelassen sein.

4.11 Aufbereitung

Bei den Aufbereitungsanlagen sind grundsätzlich die Wartungsanleitungen der Gerätehersteller zu beachten. Soweit derartige Unterlagen fehlen, sollten sie beim Hersteller bzw. Lieferanten nachgefordert werden.

Folgende Tätigkeiten sollten berücksichtigt werden:

- Vorfilter und Filtration zur Partikelentfernung:
 - Filterkartuschen bevorraten
 - Drücke kontrollieren (bei definiertem Durchfluss, Abgleich mit verfügbarer Druckhöhe)
 - Dichtigkeit der Gehäuse kontrollieren
 - Überwachung der Trübung im Filtrat
- Entsäuerung über Marmor:
 - regelmäßige Kontrolle des pH-Wertes
 - Kontrolle der Armaturen
 - Kontrolle der verbliebenen Menge an Filtermaterial (Beginn und Ende der Saison)
 - einmal pro Saison Kontrolle des Spülvorganges
- Filter zur Enteisung
 - Kontrolle der Drücke und des Durchflusses
 - Kontrolle der Armaturen
 - Kontrolle der Wasserbeschaffenheit im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Trinkwasseruntersuchungen
 - einmal pro Saison Kontrolle der Spülung

4.12 Desinfektion

Beim Betrieb von Desinfektionsanlagen sind neben den Wartungsunterlagen der Hersteller auch die Anforderungen der Arbeitssicherheit und Unfallverhütung zu beachten. Eine Musterbetriebsanweisung für den Umgang mit Chlorbleichlauge findet sich zum Beispiel

in (DGUV 2017). Die erforderliche persönliche Schutzausrüstung, bestehend aus Schutzbrille und Handschuhen ist beim Umgang mit Chlorbleichlauge anzulegen.

Die folgenden Empfehlungen beruhen auf zahlreichen nationalen und internationalen technischen Regelwerken (SVGW Empfehlung W1016d; DVGW W 294-1 2006; DVGW W 294-2 2006; ÖVGW Richtlinie W 107; Connecticut DPH 2010).

Desinfektion mittels UV-Bestrahlung

- Anlegen eines anlagenspezifischen Betriebstagebuches, in dem alle ausgeführten Tätigkeiten zu dokumentieren sind
- Austausch der UV-Strahler (gemäß Herstellerangaben)
- Ersatzstrahler vorhalten
- Funktionskontrolle der Anlage zur Meldung von Störungen und zur Notabschaltung der Anlage (automatisch schließendes Ventil)
- Funktionskontrolle des Spülventils und der Spülleitung
- Funktionskontrolle des Notchlorungsgerätes, soweit vorhanden
- Dokumentation von
 - o Betriebsstörungen
 - o Anzahl der Betriebsstunden mit Datum
 - o durchgeführten Wartungstätigkeiten

Desinfektion mit chlorhaltigen Mitteln

- Anlegen eines anlagenspezifischen Betriebstagebuches, in dem alle ausgeführten Wartungstätigkeiten und Messungen zu dokumentieren sind
- Festlegung der Konzentration an Desinfektionsmittel und der Probenahmestelle für die Überprüfung der Einwirkzeit des Desinfektionsmittels (0,1 mg/l freies Chlor nach 20–30 min)
- Kontrolle der Trinkwasserzulassung bei der Beschaffung von Desinfektionsmittel
- Haltbarkeit der Chlorprodukte beachten (Abbildung 3-27)
- erforderliche Dosiermengen für die Notchlorung vorab berechnen
- beim Ansetzen der verdünnten gebrauchsfertigen Lauge darauf achten, Spritzer zu vermeiden; dabei ausschließlich saubere Geräte aus Kunststoff oder Metall verwenden

4.13 Hygienische Sicherheit der Installation

Regelmäßiges Spülen der Leitungen durch Entnahme an den Zapfstellen verringert die Gefahr von hygienischen Problemen. Spülungen sollten bedarfsweise und ausschließlich mit Wasser durchgeführt werden. Standzeiten von mehr als zwei Tagen in Leitungen sind zu vermeiden, um den Folgen einer Stagnation (z.B. Anstieg der Trübung, Geschmacksbeeinträchtigung, Ablagerung und Verkeimung) vorzubeugen. Bei zu langen Standzeiten wird ein Zwangsdurchlauf empfohlen (analog Frostlauf).

Sollten Spülungen erforderlich sein, so sollte in den Leitungen eine Geschwindigkeit von ca. 2 m/s erreicht werden, um Ablagerungen entfernen zu können. Diese Geschwindigkeit kann erreicht werden, wenn die in Tabelle 4-1 angegebene Zahl an Entnahmestellen geöffnet wird und an jeder Entnahmestellen ein 10-Liter Gefäß in max. 20 s befüllt werden

kann (Meyer 2014). Dazu sind Strahlregler, Siebe etc. auszubauen. Evtl. vorhandene Druckminderer sind auf den maximalen Druck einzustellen. Das Leitungsvolumen sollte wenigstens 20 mal ausgetauscht werden.

Tabelle 4-1: Zahl der zu öffnenden Entnahmestellen bei Leitungsspülungen (TRWI-Kompendium)

Größte Nennweite im Spülabschnitt in mm	25	32	40	50	65	80	100
mindest. zu öffnende Zapfstellen (DN10)	2	4	6	8	14	22	32

Kann auch beim Einsatz einer Druckerhöhungsanlage keine ausreichende Spülgeschwindigkeit erreicht werden, kann auch ein Wasser-Luft-Gemisch eingesetzt werden (Einspeisung von ölfreier Luft mit Kompressor oder aus Druckflasche).

Bei der Desinfektion der Installation mit erhöhter Chlorkonzentration sind die Auswirkungen auf die biologische Abwasserbehandlung zu bedenken. Ggfs. eine Neutralisation des Restchlors mit H_2O_2 oder Thiosulfat vorzusehen. Vor der Einleitung einer chemischen Desinfektion der Installation sollte die Ursache der mikrobiologischen Belastung ermittelt worden sein, um die Maßnahme zielgerichtet durchführen zu können (DVGW twin 05).

4.14 Untersuchungspflichten

Zu den Pflichten des Betreibers einer Wasserversorgungsanlage gehört auch die Untersuchung von Wasserproben und je nach geltender Rechtslage auch die Begutachtung der gesamten Anlage durch einen Sachverständigen.

Tabelle 4-2 listet eine Empfehlung zum Untersuchungsumfang für so genannte f-Anlagen nach TrinkwV (D) auf. Dabei handelt es sich um Anlagen, die für eine zeitweilige Wasserverteilung (unter halbjährig zur gewerblichen Nutzung und/oder zur Versorgung Dritter betrieben) genutzt werden. Diese Anlagen sind einmal jährlich zu beproben.

Tabelle 4-2: Empfehlung zum Beprobungsumfang nach Walters und Wiesböck (2019)

Versorgungssituation	Gebirgsquell/ Oberflächenwasserversorgung, sonstige Gewinnungssysteme	Dachabflusswasser, sonstige Regenwassernutzung	Nutzung von Tafelwassersystemen (Postmixautomaten) u. Behältertransport	Trinkwassererwärmungsanlagen (3 Liter-Regel, > 400 Liter Speichervolumen)	
Parameter	Grundparameter	Beim Vorliegen der Voraussetzungen additiv zu beproben			
	Ammonium	Kupfer	Pseudomonas aeruginosa	Legionellenuntersuchung nach Zweck B (Kesselausgang, Ende Steigstrang, Rücklauf)	
	Clostridium perfringens	Eisen			
	Coliforme Keime	Nickel			
	Eisen	Blei			
	Elektrische Leitfähigkeit	Zink			
	Escherichia coli	Zinn			
	Färbung				
	Geruch				
	Geschmack				
	Koloniezahl 22 °C				
	Koloniezahl 36 °C				
	Trübung nach Aufbereitung 254 nm NTU				
	pH-Wert				
	Enterokokken				

- bei allen dezentralen Wasserversorgung mindestens 1 x jährlich zu beproben
- ergänzend zu den Grundparametern beim Vorliegen der Voraussetzungen zu beproben

Die Trinkwasserprobenahme und die Analytik sind sowohl in Deutschland als in Österreich grundsätzlich durch Mitarbeiter akkreditierter Labore durchzuführen. Der Probenehmer muss die entsprechende Fachkunde erworben haben und diese in den vorgeschriebenen Abständen auffrischen. Er und die von ihm verwendeten Gerätschaften müssen in die Qualitätssicherung eines akkreditierten Labors eingebunden sein. Die Untersuchungsergebnisse sind dem Gesundheitsamt / der Lebensmittelaufsicht unverzüglich zu übermitteln.

Für Hütten, die im Geltungsbereich der TrinkwV (A) betrieben werden, ist der Umfang der Untersuchungen durch die TrinkwV (A) und das Lebensmittelbuch CODEX Kapitel B1, Anh. 3 „Zusätzliche Kriterien“ definiert. In Österreich erfolgt auch eine Begehung der Hütten durch einen Sachverständigen, der einen Bericht mit den in Tabelle 4-3 aufgeführten Bestandteilen erstellt. Rechtsgrundlage der Begehungen und Berichte ist die TrinkwV (A) § 5 Abs. 1.

Tabelle 4-3: Bestandteile der technischen Berichte zu Schutzhütten (A)

Beschreibung der Anlage und der Anlagenteile	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Bestandteile der Versorgungsanlage (von Fassung bis Verteilung)
Erhebungen während des Lokalaugenscheins	<ul style="list-style-type: none"> • Lufttemperatur, Wassertemperatur, Quellschüttung, Durchfluss durch Aufbereitung, Wetterbeobachtung bei und vor Probenahme
Ergebnisse der Beprobungen und Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> • Rohwasser vor Desinfektion, Reinwasser nach Desinfektion, Reinwasser in der Verteilung
	<ul style="list-style-type: none"> • Coliforme Keime, Enterokokken, Koloniezahl, Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens
	<ul style="list-style-type: none"> • elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Säure- und Basenkapazität
	<ul style="list-style-type: none"> • Geruch, Färbung, Geschmack
	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Durchlässigkeit, Bestrahlungsstärke
	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidierbarkeit
	<ul style="list-style-type: none"> • Ammonium, Calcium, Eisen, Magnesium, Mangan, Natrium, Kalium (Härte)
festgestellte Überschreitung von Parameter- und Indikatorwerten	<ul style="list-style-type: none"> • Chlorid, Nitrit, Nitrat, Sulfat, Phosphat, Fluorid
	<ul style="list-style-type: none"> • soweit zutreffend
zusammenfassende Bewertung Trinkwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Wasser kann getrunken werden ja/nein
korrosionschemische Bewertung des Trinkwassers	<ul style="list-style-type: none"> • möglicher Angriff auf Kupfer und Beton in Folge überschüssiger Kohlensäure etc.
festgestellte Mängel der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Anlagerungen im Reinwasserbehälter, Undichtigkeiten bei Leitungseinführungen in Behälter etc.
Hinweise zur Behebung von Mängeln	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Reinigungen, Sanierung von Fassungen oder Schächten

5 Wassersicherheitsplanung

5.1 Konzept der Wassersicherheitsplanung

Die Wassersicherheitsplanung wurde von der WHO entwickelt und stellt eine anwendungsorientierte Methodik dar, um Gefährdungen für die Trinkwasserversorgung systematisch zu erfassen und ein Managementkonzept für gesundheits- und sicherheitsrelevante Risiken zu erstellen. Sie ist ein umfassender Ansatz der von der Wasserfassung bis hin zum Konsumenten alle Schritte der Trinkwasserversorgung berücksichtigt und mittlerweile in den Regelwerken fest verankert ist (ÖVGW W 88, 2019; DVGW W 1001, 2008; SVGW W 1002d, 2003).

Viele der hier beschriebenen Überlegungen sind, bewusst oder unbewusst, bereits in die Planung und den Betrieb der Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten eingeflossen. Das vorliegende Kapitel soll alle beteiligten Akteure dabei unterstützen, noch systematischer vorzugehen und die Sicherheit der Wasserversorgung weiter zu erhöhen.

Die in Abbildung 5-1 dargestellten Leitfragen können als gedankliches Grundgerüst jeder Wassersicherheitsplanung angesehen werden.



Abbildung 5-1: WSP-Konzept (Schmoll et al., 2018)

5.2 Elemente und Ablauf der Wassersicherheitsplanung

Die in der weiteren Folge beschriebenen Planungsschritte können als eine modifizierte Form der Wassersicherheitsplanung angesehen werden, da die einzelnen Elemente auf die Anforderungen von Objekten in Extremlagen angepasst wurden. Die sowohl von Rickert et al. (2014) als auch von Schmoll et al. (2018) ausgewiesenen sechs Grundelemente werden durch das Stör- und Notfallmanagement als siebtes Element ergänzt.

1. Zusammenstellung eines Teams und Festlegen von Verantwortlichkeiten
2. Beschreibung des Wasserversorgungssystems
3. Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung
4. Maßnahmen zur Risikobeherrschung
5. Beurteilung der Maßnahmen und Monitoring
6. Dokumentation und Revision der Wassersicherheitsplanung
7. Stör- und Notfallmanagement

Ein WSP-Konzept besteht grundsätzlich aus einzelnen, aufeinander aufbauenden Prozessschritten, welche in der Regel der Reihe nach abgearbeitet werden.

Aus der Praxis heraus und unter den erschwerten Bedingungen bei Anlagen in Extremlagen empfiehlt sich, alle benötigten Daten im Vorfeld zu erheben und auf Vollständigkeit zu überprüfen. Eine Ortsbegehung mit Einbindung der zuständigen Sektion und der Hüttenbetreiber ist für Punkt 2 (Beschreibung des Wasserversorgungssystems) und Punkt 3 (Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung) unerlässlich. Dabei entscheidet sich die Qualität und Treffsicherheit einer Wassersicherheitsplanung.

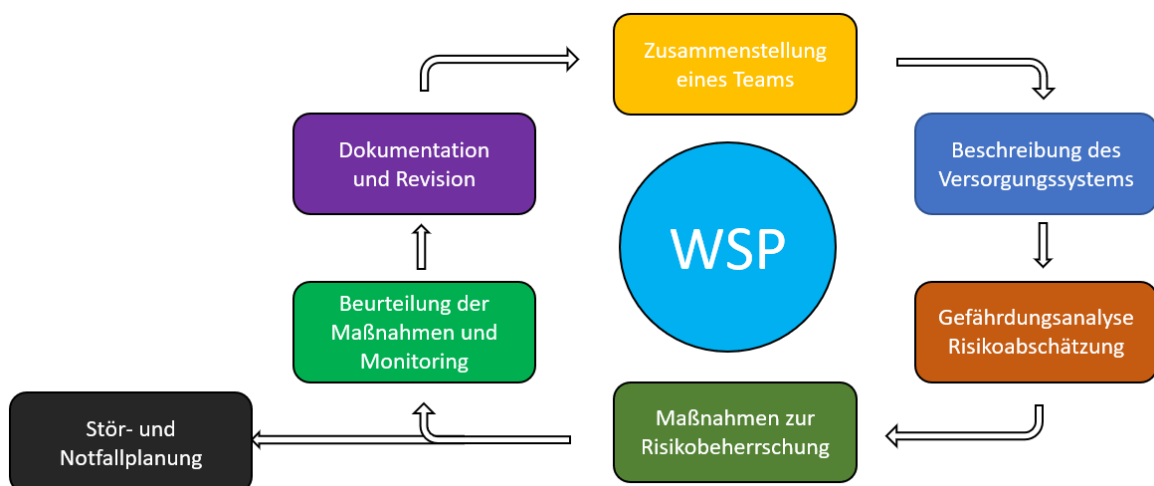


Abbildung 5-2: Ablauf der Wassersicherheitsplanung

5.2.1 Zusammenstellung eines Teams, Festlegung von Verantwortlichkeiten

Für die Bearbeitung der einzelnen Schritte der Wassersicherheitsplanung ist ein Team zusammenzustellen, das folgende Kompetenzen abdecken muss:

- Kenntnisse über Einzugsgebiet, Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung und Leitungsnetz
- Sachverstand und Erfahrung, um das Versorgungssystem hinsichtlich möglicher Gefährdungen und Risiken einschätzen zu können
- Kenntnisse über einschlägige Technische Regelwerke
- Entscheidungsbefugnisse, Personal- und Budgetverantwortung

In der Regel wird es erforderlich sein, externe Experten (Sachverständige, Ingenieurbüros) hinzuzuziehen, um alle Bereiche abzudecken.

Innerhalb des WSP-Teams ist ein Projektleiter (WSP-Beauftragter) zu benennen. Dessen fachliche Kompetenz ist für den Erfolg der Sicherheitsplanung und die Umsetzung der Ergebnisse maßgeblich (ÖVGW W 88, 2019). Ist der WSP-Beauftragte selbst kein Entscheidungsträger, sollte er zumindest mit diesem in engem Kontakt stehen, so dass die Verfügbarkeit notwendiger Mittel für Planung und Umsetzung gewährleistet ist.

Die Rolle der Akteure in einem WSP-Team können wie folgt beschrieben werden:

Eigentümer einer Schutzhütte ist meist die jeweilige AV-Sektion. Diese ist für die Planung und den Bau der Anlagenkomponenten zuständig und finanziert meist die im Planungs-verlauf entwickelten Maßnahmen. Aus der AV-Sektion sollte ein Verantwortlicher (= Hüttenwart) ernannt werden, der im weiteren Verlauf das Bindeglied zwischen Sektion und Hüttenwirt darstellt, die Interessen der Sektion im Zuge der Sicherheitsplanung vertritt und im Idealfall Erfahrung und Fachwissen im Bereich der Wasserversorgung der jeweiligen Hütte besitzt. Mit seiner zentralen Funktion ist dem Hüttenwart sinnvollerweise die Projektkoordination zuzuteilen.

Die **Hüttenwirtsleute** sind für den laufenden Betrieb und die Wartung der WVA zuständig und können daher Auskunft über bereits aufgetretene Probleme oder Schwachstellen geben.

Zur Ergänzung von Fachwissen können zeitweise oder themenspezifisch weitere Personen hinzugezogen werden, welche über Vorort- oder Spezialkenntnisse verfügen:

- **im Einzugsgebiet ansässige oder tätige Personen**
Darunter sind zum Beispiel Personen zu verstehen, die über weitere/besondere Ortskenntnisse verfügen oder deren Aktivitäten (z.B. Beweidung) die Qualität des Rohwassers beeinflussen können (z.B.: benachbarte Almbesitzer)
- **Sachverständige aus Behörden, Ingenieurbüros oder anderen Bereichen**
Dazu können unter anderem Fachleute für Hydrogeologie, Mikrobiologie, Hygieniker oder Wasseruntersuchungen sowie Vertreter der Zuständigen Umweltbehörden gezählt werden

5.2.2 Beschreibung des Wasserversorgungssystems

Die im Rahmen der Wassersicherheitsplanung durchzuführende Erhebung von Gefährdungen, Festlegung von Gegenmaßnahmen und Einrichtung von Überwachungsmaßnahmen sollte dem Weg des Wassers von der Gewinnung bis hin zum Verbraucher folgen.

Dazu empfiehlt sich eine graphische Darstellung der Wasserversorgungsanlage wie in Abbildung 5-3. Um ein derartiges Schema erstellen zu können, sollten zunächst die verfügbaren Dokumente und Informationen zusammengetragen und ausgewertet werden. Zu diesen Unterlagen gehören u.a.:

- Informationen zu Auflagen der Wassernutzung, Wasserrechtsverträge und wasserrechtliche Bewilligungen
- Werte von mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Parametern
- Anlagenkomponenten, Betriebs- und Wartungsbücher
- Übersichtspläne
- Vorhandene Schutzgebietspläne
- Bodenkundliche, hydro(geo)logische Gutachten etc.
- Wie fließt das Wasser? Welcher Wasserbedarf liegt vor? Wie hoch sind die Quellschüttung bzw. die Gesamtverfügbarkeit des Wassers?
- Möglichst genaue Gebietskarten

Reichen die gesammelten Informationen aus, kann bereits ein erster Entwurf des Fließschemas erstellt werden, in welchem der Weg des Wassers von der Gewinnung bis zur Abgabe ersichtlich ist. Das Schema kann auch wesentliche Eckdaten des Versorgungssystems wie z.B. Speichergröße oder Konsensmenge, beinhalten.

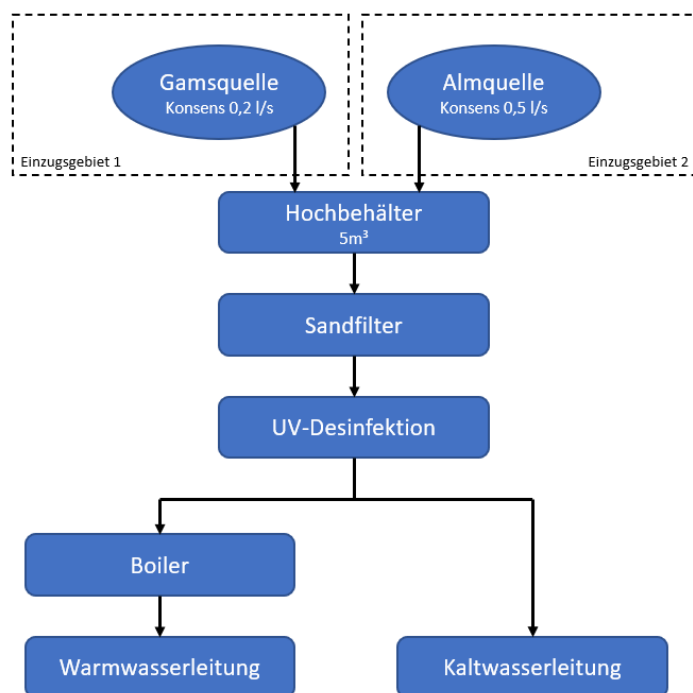


Abbildung 5-3: Beispiel – Fließschema

Im nächsten Schritt ist eine Vor-Ort-Begehung und Besprechung des Gewinnungsgebietes und aller Versorgungsanlagen durchzuführen, um ein möglichst vollständiges Bild der Gegebenheiten zu erhalten, Informationen zu aktualisieren und wenn notwendig etwaige Fehler in der Bestandsaufnahme und dem Fließbild zu korrigieren.

Wichtiger Bestandteil der Wassersicherheitsplanung ist die im Kapitel 3.1 aufgeführte Grundlagenermittlung zur **Wasserbeschaffenheit** und **Wasserverfügbarkeit** bzw. zum **Wasserbedarf**.

Der **Hüttenwirt**, welcher für die Wartung und den Betrieb der Wasserversorgungsanlage zuständig ist, ist oft am besten mit dieser und den aktuellen Gegebenheiten vor Ort vertraut. Er kann Fragen zum aktuellen Zustand der WVA, bereits aufgetretenen Problemen, gesetzten Maßnahmen, Wartungstätigkeiten und Verbesserungsvorschlägen am ehesten beantworten. Ist kein Wasserzähler oder Durchflussmesser vorhanden, ist die Befragung oftmals die einzige Gelegenheit, eine grobe Abschätzung von Wasserdargebot und Wasserbedarf zu erhalten.

5.2.3 Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung

Die Gefährdungsanalyse entlang des Weges des Wassers, als Herzstück der WSP, baut auf der zuvor erstellten Beschreibung des Wasserversorgungssystems auf. Gemäß ÖVGW Richtlinie W 88 (ÖVGW, 2019) können Gefährdungen nach Umfang und Dauer unterschieden werden. So können sie kleinräumig und nur auf einer Ebene der Versorgung oder wie z.B.: bei einem meteorologischen Ereignis großräumig und übergreifend wirken. Weiters können sie zeitlich begrenzt (z.B.: Ausfall von Anlagenteile) auftreten oder langanhaltend wirken.

Da Gefährdungen laut WHO (2014) zudem sowohl mikrobieller, chemischer oder physikalischer (technischer) Natur sein können, ist die Bedrohungslage für jede WVA individuell zu betrachten. Welche Gefährdung tatsächlich vorliegt ist stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig und kann sich von Fall zu Fall gravierend unterscheiden.

Gemäß den WHO Guidelines for drinking water (WHO, 2017) sowie dem Sanitation Safety Planing der WHO (WHO, 2016) sollen mittels Risikomatrix, anhand von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß, jene Gefahren identifiziert werden, die das größte Risiko für den Hüttenbetrieb darstellen und daher eliminiert oder soweit wie möglich minimiert werden müssen.

Es empfiehlt sich, vor allem bei schwer erreichbaren Hütten, die **Gefährdungsidentifizierung** vor Ort im Rahmen der ersten Ortsbegehung durchzuführen. Dabei wird zudem überprüft, ob die vorab gesammelten Informationen bzw. vermuteten Gefährdungen tatsächlich vorliegen oder die Annahmen korrigiert werden müssen. Weiters können vorab nicht erkannte Gefährdungen identifiziert werden.

Da sich in der Praxis häufig zeigt, dass in vielen Fällen nur wenige Daten zur Rohwasserbeschaffenheit und dem Wasserdargebot vorliegen (s. Kap. 3.1), empfiehlt es sich laut Schmoll et al. (2018) zeitlich begrenzte Messungen durchzuführen, um Gefährdungen richtig einschätzen zu können. Dabei sollen nach Möglichkeit Datenlogger im Quellschacht und im Rohwasserspeicher installiert werden. Alternativ kann eine Messung unter Nor-

malbedingungen an mehreren Tagen erfolgen. Zusätzlich sollten Stichtagsmessungen kurz nach einem Starkregenereignis, während der Schneeschmelze oder nach einer langen Trockenperiode durchgeführt werden, um evtl. auftretende Schwankungen in der (mikrobiologischen) Qualität der Rohwassers verstehen zu können. Die Untersuchungen sollten daher saisonal sowie ereignisbezogen ausgeführt sein.

Auf Basis von Erfahrungen aus früheren Ereignissen und der Einschätzung der potentiellen zukünftigen Gefahren für alle in der Gefährdungsanalyse identifizierten Ereignisse ist das bestehende Risiko (Ausgangsrisiko) festzulegen. Dies kann mithilfe der unten gezeigten Risikomatrix erfolgen. Dazu müssen für jede identifizierte Gefahr die Eintrittswahrscheinlichkeit und das erwartete Schadensausmaß in den drei Stufen „gering – mittel – hoch“ bewertet werden.



Abbildung 5-4: Ablaufschema einer Gefahrenanalyse (Wienand und Hasch, 2019)

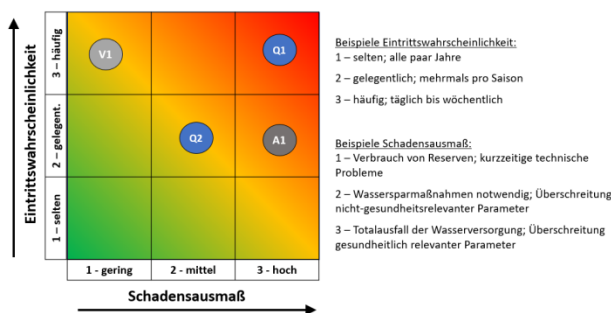


Abbildung 5-5: Risikomatrix – Beispiel

Diese Bewertung soll den Anwender dabei unterstützen, wichtige Dinge von weniger wichtigen Dingen unterscheiden zu können.

5.2.4 Maßnahmen zur Risikobeherrschung

Nach der Identifikation der Risiken ist zu entscheiden, ob und ggfs. welche Maßnahmen zur Beherrschung des Risikos ergriffen werden müssen. Dabei sind technische, organisatorische und personelle Maßnahmen (TOP-Prinzip) möglich, um die Gefährdung entweder vollständig zu eliminieren oder zumindest auf ein annehmbares Risiko zu minimieren.

Der ÖVGW-Richtlinie W 88 (ÖVGW, 2019) ist zu entnehmen, dass die Maßnahmen zur Risikobeherrschung zur Zielerreichung geeignet sein müssen und dem Stand der Technik entsprechen sollen. Weiters wird erwähnt, dass die Risikobeherrschung sowohl durch einmalige (z.B.: Einbau eines Notstromaggregates, Leitungsneubau etc.) als auch durch wiederkehrende Maßnahmen (z.B.: regelmäßige Überwachung von Betriebsparametern) erfolgen kann. Einmalig gesetzte Tätigkeiten werden im Betriebsbericht, wiederkehrende Maßnahmen und deren Überprüfungsintervalle im Betriebs- und Wartungsbuch protokolliert.

Können identifizierte Gefährdungen durch technische, organisatorische und personelle Maßnahmen nicht vollständig eliminiert werden, bleibt ein Restrisiko für die WVA bestehen. Dieses muss nach Umsetzung aller Maßnahmen erneut bewertet und dokumentiert werden.

Alle identifizierten Gefährdungen und die ihnen zugeordneten Maßnahmen zur Risikobeherrschung sollten in einem Maßnahmenplan aufgelistet werden. Zudem sollen Indikatoren festgelegt werden, anhand derer die Wirksamkeit der Maßnahmen sichtbar wird.

Zur frühzeitigen **Erkennung von Gefahren** und zur **Überprüfung der Funktionsfähigkeit** der gesetzten Maßnahmen empfiehlt es sich, Überwachungs- und Steuerungspunkte zu etablieren. Überwachungs- und Steuerungspunkte können zum Beispiel kontinuierlich erfasste Messdaten und Analysenergebnisse oder periodisch manuell durchgeführte Ablesungen und Messungen sein. Derartige Mess- und Kontrollaufgaben wurden daher in Kap. 4, unterteilt nach allgemeinen Aufgaben und Anlagenteilen, dargestellt. Gefährdungen können so frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden. Mittels Steuerungspunkt kann zum Beispiel die Bestrahlungsstärke und Durchflussmessung einer UV-Desinfektionsanlage online überwacht werden. Weitere wichtige Messgrößen sind Wasserstände in Behältern, Drücke und Durchflüsse.

Für die jeweiligen Parameter muss ein Schwellenwert definiert werden. Für den Fall, dass dieser Wert überschritten wird, müssen im Stör- und Notfallmanagement entsprechende Handlungsanweisungen festgelegt werden (s. Kap. 6).

Nach Fertigstellung des Maßnahmenplans und Definition der Überwachungs- und Steuerungspunkte kann mit der **Umsetzung der Maßnahmen** begonnen werden. Entsprechend der vorab getätigten Risikoabschätzung erfolgt eine Priorisierung der Maßnahmenimplementierung. Für die Umsetzung verantwortlich sind - abhängig von Art und Häufigkeit der Maßnahme - Hüttenwirt, Hüttenwart oder externe Beteiligte. Maßnahmen und Tätigkeiten werden im Betriebs- bzw. Wartungshandbuch der Anlage eingetragen.

5.2.5 Beurteilung der Maßnahmen und Monitoring

Um die Wirksamkeit der etablierten Maßnahmen beurteilen zu können, werden einmalig gesetzte Maßnahmen einer zeitlich begrenzten Kontrolle und Überwachung entsprechend geeigneter Kriterien unterzogen. Wiederkehrende Maßnahmen hingegen werden Bestandteil des regulären Anlagenbetriebs. Die Kontrolle kann durch Vor-Ort-Begehungen, Evaluierung von Daten oder durch gezielte Monitoring-Programme erfolgen. Abhängig vom Ergebnis werden die gesetzten Maßnahmen anschließend übernommen oder noch einmal nachgebessert. Sollte es zu gar keiner Veränderung kommen muss der Prozess wiederholt werden. Eine unvollständige Gefährdungsidentifizierung, falsche Maßnahmen oder eine fehlerhafte Umsetzung können zu diesem unerwünschten Ergebnis führen.

Die für das Monitoring gewählten Parameter müssen so gewählt werden, dass die Wirksamkeit der Maßnahmen sich eindeutig beurteilen lässt und sie dennoch möglichst einfach zu messen oder zu beobachten sind. Für die Festlegung der Überwachungshäufigkeit gilt: *„Je bedeutender eine Maßnahme zur Risikobeherrschung ist, desto enger ist der Überwachungsturnus zu wählen“* (Schmoll et al., 2018, S.50).

Es wird hier nochmals auf das Kapitel 4 zum Betrieb hingewiesen. Folgende Messgrößen bieten sich zur Überwachung an:

- Regelmäßige Inspektion der Anlagenkomponenten und Dokumentation von weiteren Schadensfällen
- Wasserverbrauch durch Installation von Wasserzählern
- Überprüfung der Wassermenge: Niederschlagsmessung, Messung der Quellschüttung bzw. verfügbare Wassermenge bei Oberflächenwassernutzung
- Untersuchung der Wasserqualität: Messung von physikalisch-chemischen und mikrobiologischen Parametern zu Trink-, Roh- und Brauchwasserqualität in Normalbetrieb und an situationsabhängigen Stichtagen.
- Trübungsmessung

Für Gefährdungen, die nicht vollständig eliminiert werden können, verbleibt ein Restrisiko. Daher sind wiederkehrende Maßnahmen und ein langfristiges Monitoring-Programm mit definierten Schwellen- und Alarmwerten zu etablieren. Dadurch können Gefahren frühzeitig erkannt und abwehrende Maßnahmen rechtzeitig vorbereitet bzw. eingeleitet werden.

5.2.6 Dokumentation und Revision der Wassersicherheitsplanung

Da die Wassersicherheitsplanung sich verändernde Größen beinhaltet (Hydrologie, Wasserbeschaffenheit, Alterung von Anlagenzeilen etc.), kann sie nicht als einmaliges Projekt angesehen werden. Bei einer Änderung der Gefährdungssituation durch z.B. die Erhöhung des Wasserbedarfs, Verknappung von Ressourcen durch den Klimawandel etc. muss also eine Anpassung der ausgearbeiteten Konzepte erfolgen. Es sollte daher in regelmäßigen Abständen eine Neubeurteilung der Gefahren erfolgen. Eine Evaluierung hat in jedem Fall bei baulichen Veränderungen oder bei einer geänderten Gefährdungslage zu erfolgen.

Eine neuerliche Wassersicherheitsplanung kann umso einfacher und erfolgreicher durchgeführt werden, je gründlicher die vorangegangenen Planungen und Dokumentationen stattgefunden haben. Alle erstellten Planunterlagen und Dokumente sollten daher immer aktuell gehalten werden.

5.2.7 Stör- und Notfallplanung

Für nicht eliminierbare Gefährdungen werden in vier Planungsschritten Sofortmaßnahmen nach Nicolics et al. (2018) vorbereitet.

Mittels **Störfallszenarien** werden zunächst Gefährdungen beschrieben, die durch vorangegangene Maßnahmen nicht vollständig eliminiert werden konnten und daher nach wie vor ein Risiko für die Versorgungssicherheit darstellen. Um den Eintritt eines Störfalls beherrschbar zu machen, werden auf Basis der identifizierten Gefährdungen Störfallszenarien festgelegt, die durch folgende Fragen gekennzeichnet sind:

- Wodurch wird der Störfall ausgelöst?
- Welche Konsequenzen bringt der Störfall mit sich?
- Was ist davon betroffen?
- Wie kann der Störfall beherrscht werden?

Das im Zuge der Wassersicherheitsplanung etablierte Monitoring-Programm dient der frühzeitigen **Erkennung von Störfällen**. Das Überschreiten der vorab definierten Schwellen- und Alarmwerte kann detailliertere Untersuchungen zur Abklärung bzw. ein tatsächliches Eingreifen zur Beseitigung einer Störung auslösen.

Vor allem Schwankungen oder Verschlechterungen der Wasserqualität müssen rechtzeitig erkannt werden, um Notfallmaßnahmen einzuleiten und die Gesundheit der Verbraucher zu schützen.

Für jeden Störfall werden **Sofortmaßnahmen entwickelt**, die bei Eintritt eines Störfalls eingeleitet werden. Eine eindeutige Verantwortlichkeitszuteilung ist essenziell. Im Fall von alpinen Schutzhütten sollte der Betreiber der Hütte für deren Umsetzung zuständig sein. Zusätzlich soll ein Notfallplan in ausgedruckter Form, leicht zugänglich und auffindbar für das Personal aufbewahrt werden.

Gezielte Vorbereitung (Notfallvorsorgeplanung) kann die Auswirkungen eines Störfalls minimieren und die Versorgungseinschränkungen reduzieren. Langfristig führt dies zu einer Erhöhung der gesamten Versorgungssicherheit. Zur Vorbereitung für den Ernstfall können daher z.B. Informations- und Warnschilder für Gäste oder ein Vorrat an Flaschenwasser bereits vorab erstellt bzw. angelegt werden (s. Kap. 6).

6 Stör- und Notfallplanung

Statistisch gesehen, kommt es geschätzt auf jeder der ca. 150 Hütten der Kategorie I des DAV pro Saison zu einer Betriebsstörung und insgesamt zu etwa drei bis fünf echten Notfällen. Diese Zahlen sind Beleg dafür, dass es notwendig ist, sich auf derartige Fälle vorzubereiten. Dies erfordert natürlich zunächst eine hüttenpezifische Betrachtung, welche Art an Notfällen eintreten kann, welche Schäden daraus resultieren können und was dann zu tun ist. Wichtig ist auch, das Auftreten von Störungen zu erfassen und die richtigen Konsequenzen für den weiteren Betrieb zu ziehen.

Zu den häufigsten Störungen, die auf alpinen Schutzhütten auftreten und entsprechende Vorsorgeplanung und Maßnahmen der Krisenbewältigung erfordern, gehören (BMG 2009; BMG und UBA 2013; Nicolics et al. 2017, 2018):

- Ausfälle der Anlage zur UV-Desinfektion durch
 - Stromausfall
 - Defekt eines Strahlers
 - Störungen der Steuerelektronik durch Überspannung oder Kondenswasser
 - unzureichende Bestrahlungsleistung wegen zu hoher Trübung und/oder zu hohem Gehalt an Huminstoffen (SSK254 zu hoch)
- Zusetzen des Vorfilters und damit unzureichender Durchfluss in allen nachgelagerten Anlagenteilen
- Wassermangel durch Versiegen der Quelle oder durch Rohrbruch

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bereits die Maßnahmen angesprochen, die bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb der Anlagen zu ergreifen sind, damit es möglichst nicht zu solchen Situationen kommt. Dazu gehören die Erhebung der Wasserbeschaffenheit bei ungünstigen Bedingungen zur richtigen Auslegung der Aufbereitung, die Ableitung des maximalen Wasserbedarf als Basis der sicheren Bemessung, der Einbau der notwendigen Überwachungsanzeigen (Druck, Durchfluss), die entsprechenden Inspektions-tätigkeiten und die Bevorratung von Ersatzteilen und Verbrauchsmaterial (Filterkerzen, Strahler).

In diesem Kapitel soll eine Hilfestellung für den Fall geboten werden, dass es dennoch zu einem Notfall kommt. Die Vorsorgeplanung soll den Hüttenwirt in die Lage versetzen, in einem solchen Fall auch unter Zeitdruck und mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln das Richtige zu tun.

Einer der Grundsätze ist dabei: „Wasser muss rinnen!“ Das heißt, die Nutzung der Toiletten sollte auch dann möglich sein, wenn die gesetzlichen Anforderungen an die Trinkwasserqualität nicht eingehalten werden. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass es im Umfeld der Hütte zu hygienisch untragbaren Bedingungen und ggfs. zu Gesundheitsgefährdungen kommt.

Wichtige Maßnahmen, die **im Vorfeld** geplant bzw. durchgeführt werden müssen, sollten folgende Inhalte umfassen:

- Erstellung eines Ablaufschemas für die Benachrichtigung der Verbraucher und der Aufsichtsbehörden, die Anforderung von Unterstützung und die ggfs. erforderliche Kennzeichnung der Entnahmestellen (Abbildung 6-1)
- Regelmäßige Überprüfung der Kommunikationswege (Ansprechpartner und Telefonnummern)
- Festlegung von Maßnahmen zur Begrenzung der Wassernutzung, um im Notfall den vorhandenen Inhalt der Speicher für die wichtigsten Nutzungen, einschließlich Spülen und Desinfizieren der Leitungen, zu sichern
- Festlegung der erforderlichen Maßnahmen zur Unterbrechung der Wasserversorgung; Kennzeichnung der dafür zu bedienenden Armaturen und der Reihenfolge, in der diese zu bedienen sind
- Berechnung der erforderlichen Mengen an Desinfektionsmittel für die Desinfektion von Anlagenteilen, Speichern und Leitungen (Lagerungsdauer und Zerfall der Chlorbleichlauge berücksichtigen!)
- regelmäßige Kontrolle der zu bevorratenden Hilfsmittel (Desinfektionsmittel; soweit nach örtlich geltendem Recht zulässig, endständige Filter für die Ausrüstung der Entnahmestellen in Küche und Waschraum (DVGW twin 12), Testsätze zur Überwachung der Chlorkonzentration) anhand einer zuvor erstellten Liste
- Festlegung der Handlungsabfolge und der Zuständigkeiten für die Notdesinfektion des Trinkwassers und die Desinfektion der Anlagenteile, Speicher und Leitungen (Inhalte eines Wartungsvertrages)
- Üben der entsprechenden Handlungsabläufe und des Zusammenwirkens der verschiedenen Beteiligten

Maßnahmen, die beim Eintreten eines Notfalls analog zum vorher festgelegten Ablauf- bzw. Maßnahmeplan (z.B. nach Abbildung 6-1) eingeleitet werden müssen und durch eine Fachfirma auszuführen sind:

- bei einer hygienischen Belastung der Installation
 - o Spülung der Leitungen s. Kapitel 4.13
 - o falls erforderlich, Desinfektion der Leitungen durch Dosierung eines Desinfektionsmittels (in der Regel Chlorbleichlauge) und sequentielles Öffnen der Entnahmestellen bis an allen Stellen die erforderliche Konzentration des Desinfektionsmittels messbar ist
 - o Desinfektionsmittel einwirken lassen (so genanntes statisches Verfahren) und danach vollständig ausspülen. Eine Einwirkkonzentration von 50 mg/l freiem Chlor und eine Einwirkdauer von 12 Stunden haben sich in der Praxis bewährt (DVGW W 291). Bei Bedarf muss die Desinfektion wiederholt werden. Bei der Verwendung von Wasserstoffperoxid kann eine Konzentration von 150 mg/l über 24 Stunden angewendet werden. Wird die Desinfektion im so genannten Durchlaufverfahren durchgeführt, sind deutlich kürzere Kontaktzeiten möglich. Das Leitungsvolumen muss mindestens dreimal ausgetauscht werden. Das verbliebene Chlor muss vor einer Einleitung in Gewässer durch die Zugabe von 3,5 Gramm Natriumthiosulfat je Gramm freiem Chlor gebunden werden.
 - o Einrichten einer vorübergehenden Desinfektion des Trinkwassers; die erforderliche Mindestkonzentration an Desinfektionsmittel (Tabelle 3-15) muss auch bei einer Dosierung in der Installation spätestens 30 Sekunden nach dem Öffnen der Entnahmestelle im Trinkwasser vorliegen; die maximal zulässige Zugabekonzentration ist zu beachten (Tabelle 3-15)

- eine thermische Desinfektion zur Beseitigung von Legionellen erfordert, dass an allen Stellen eine Temperatur von mindestens 70 °C für wenigstens 3 Minuten erreicht wird, auf den Schutz vor Verbrühungen und die erforderliche Kennzeichnung ist zu achten
- bei einem Ausfall der UV-Desinfektion
 - wenn möglich, Störung sofort beheben durch Austausch des Strahlers, Reduktion des Durchflusses, soweit die Anlage über entsprechende Betriebspunkte verfügt
 - wenn notwendig, UV-Anlage umfahren und Entnahmestellen mit dem Schild „Kein Trinkwasser“ kennzeichnen
 - soweit rechtlich zulässig, können an den Entnahmestellen endständige Filter installiert werden (DVGW twin 12); endständige Filter können nicht als alleinige Maßnahme für eine dauerhafte Entfernung von Trübstoffen vorgesehen werden!
 - wenn die UV-Anlage voraussichtlich länger nicht nutzbar ist, soweit vorbereitet und mit der Aufsichtsbehörde abgestimmt, durch Wartungsfirma ersatzweise Desinfektion durch Chlorung aktivieren
 - für eine Desinfektion durch Abkochen ist das Wasser mindestens 3 Minuten sprudelnd zu kochen
- beim Versiegen der Gewinnungsanlage
 - wenn die Hütte weiter betrieben werden soll, kann Wasser für Trinkwasserzwecke in Behältnissen nach Kap. 4.10 bereitgestellt werden
 - soweit Regenwasser gesammelt werden kann und eine geeignete Aufbereitung dafür vorhanden ist, kann dieses in die Aufbereitung eingespeist werden

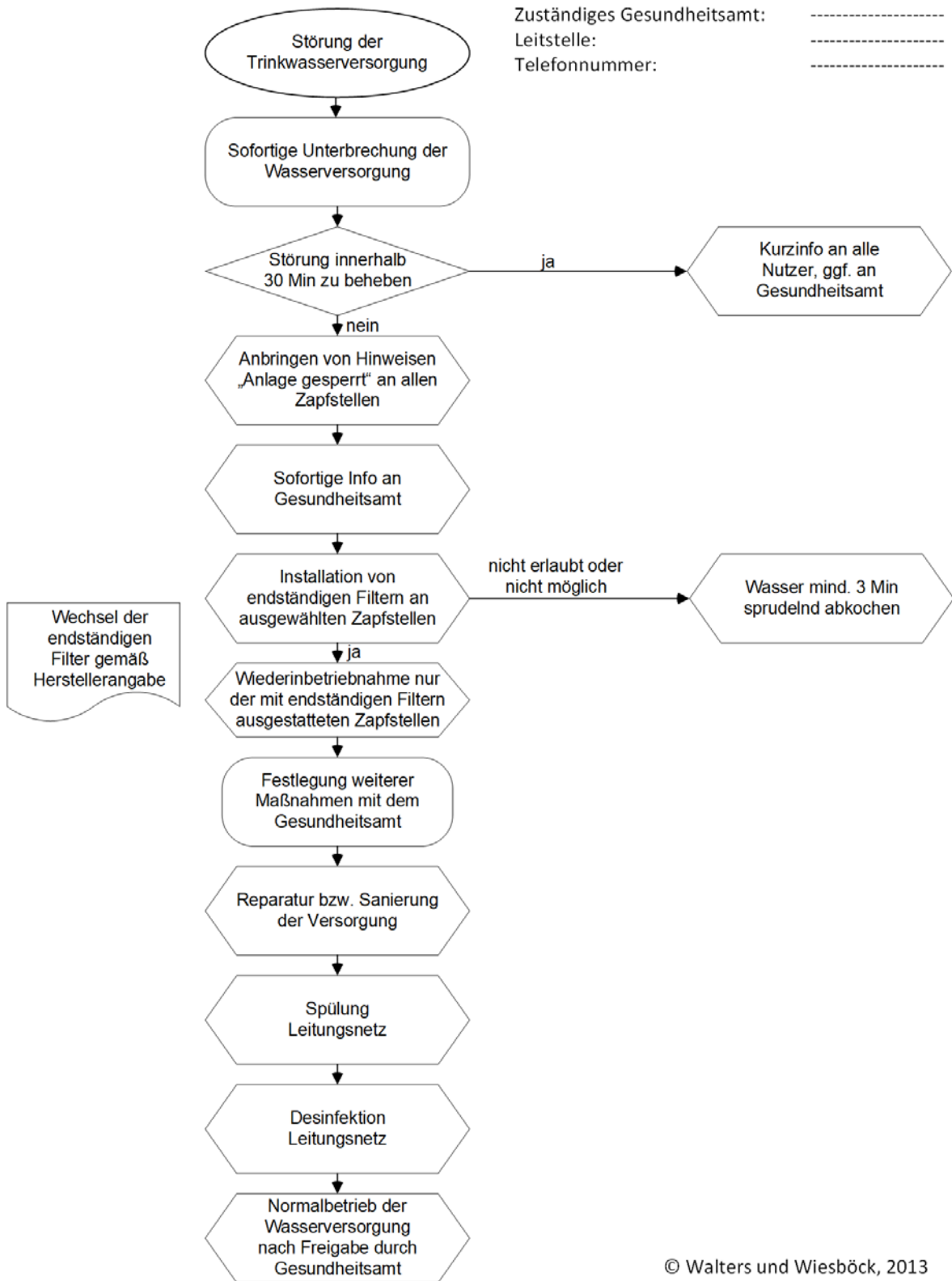


Abbildung 6-1: Exemplarisches Vorgehen zur Trinkwassernotversorgung auf Berghütten (Walters und Wiesböck 2013)

7 Kommunikation und Nutzerverhalten

In Kapitel 3 wurde dargelegt, dass der Wasserbedarf einer Hütte nicht nur von den technischen Gegebenheiten abhängig ist, sondern auch vom Verhalten der Nutzer. Diese tragen also eine Mitverantwortung für die Nutzung der meist nur begrenzt verfügbaren Ressource Trinkwasser.

Der Aufwand, den die Vereine und Sektion betreiben, um den Hüttengästen Trinkwasser und sanitäre Einrichtungen zur Verfügung zu stellen, ist erheblich. Er liegt beim Vielfachen dessen, was im gewohnten häuslichen Umfeld kalkuliert werden muss. Nach Angaben des BDEW aus dem Jahre 2020 muss der Bürger im Durchschnitt täglich nur 1:31 Minuten arbeiten, um seinen täglichen Wasserbedarf finanzieren zu können. Schon dies ist den Bürgern in der Regel nicht bewusst. Sicher auch nicht, wie groß der Aufwand für die Wasserver- und Entsorgung auf Schutzhütten ist.

Es ist daher durchaus zu überlegen, die tatsächlichen Investitions- und Betriebskosten für die Wasserversorgung zu kalkulieren und den draus resultierenden Preis für eine Liter Trinkwasser zu berechnen und diesen gegenüber den Hüttengästen offenzulegen. Eine Gegenüberstellung mit den Kosten für die kommunale Wasserversorgung verdeutlicht hierbei den Aufwand der Wasserversorgung auf Berghütten nochmals. Auf diese Weise kann dem steigenden Anspruchsdenken einiger Gäste entgegenget werden.

Die für die Hüttengäste bereitgestellten Informationen sollten neben den alpinistisch relevanten Angaben also auch Details zur Ver- und Entsorgung der Hütte enthalten. Die Kommunikation mit den Hüttengästen sollte nicht allein auf der Hütte erfolgen, sondern bereits vor dem Hüttenbesuch ansetzen. Mögliche Kommunikationsmaßnahmen werden im Folgenden aufgezeigt.

7.1 Vor Hüttenbesuch

Für eine bewusste Wahrnehmung der Wasserversorgungsstruktur und -situation der einzelnen Hütte sind mehrere Kommunikationspfade vorstellbar. Einen Kommunikationsweg stellt die Homepage der Hütte dar. Hier können den Gästen Informationen zu den vorhandenen Systemen, der Hütteninfrastruktur sowie möglichen (zeitweisen) Nutzungseinschränkungen bereitgestellt werden.

Ein weiterer Kommunikationsweg ist die Buchungsplattform der Alpenvereine. Neben den Informationen die auch auf der Homepage zu finden sein können, ist das Aufzeigen der inkludierten Kosten für den Wasserverbrauch in der Hüttenbuchung möglich. Dabei sollte klar werden, dass es sich um eine Schätzung auf Basis durchschnittlicher Verbräuche und der technischen Besonderheiten der jeweiligen Hütte handelt. Der Eindruck einer Flatrate mit dem Anreiz, diese auszunutzen muss vermieden werden. Zusätzlich können Informationen über die gästespezifischen Kosten der Abwasserbehandlung, Energieversorgung, etc. aufgezeigt werden. Dies dient der Sensibilisierung und der Wahrnehmung des Aufwands, da dieser durch Wiedergabe in tatsächlichen Kosten greifbarer wird.

Weiterhin kann eine Frage-Antwort-Liste (FAQ) auf der Homepage der Alpenvereine, der Sektionen oder der Hütten selbst aufgeführt werden. Hierdurch können mit einfachen Erklärungen die einzelnen Bereiche der Hütte und der zur Versorgung betriebene Aufwand

erklärt werden. Zudem können hier auch mögliche Einschränkungen erklärt werden, so dass der Überraschungseffekt bzw. der Erklärungsbedarf während des Besuchs reduziert wird.

7.2 Während Hüttenbesuch

Mündliche Hinweise des Personals an die Gäste bspw. beim Einchecken stellen einen Kommunikationsweg während des Hüttenbesuchs dar. Im Zuge der Mitteilung von Verhaltensregeln oder Hüttenspezifika kann auf den Aufwand der Wasserversorgung hingewiesen werden. So besteht die Möglichkeit, dass Gäste direkt Nachfragen stellen können.

Durch Aushänge in den Hütten werden bereits einige Aspekte der nachhaltigen Hüttennutzung aufgezeigt. An entsprechender Stelle (z.B. Waschräume, Toiletten) können Hinweise wie „eine Toilettenspülung verursacht Kosten von 6 Euro“ oder „ein Duschgang verbraucht Wasser im Wert von 15 Euro“ angebracht werden, um den Wert des verbrauchten Wassers monetär aufzuzeigen. Wassersparhinweise sind eine eher zurückhaltende Alternative (Abbildung 7-1).

Hinweistafeln mit Fließschemata sowie Erklärungen an den zugänglichen Anlagenteilen können als Kommunikationsweg während des Hüttenbesuchs dienen. Die Erklärungen sind hierbei allgemeinverständlich zu formulieren. Auf Fachvokabular ist zu verzichten oder dieses ist entsprechend zu erklären.

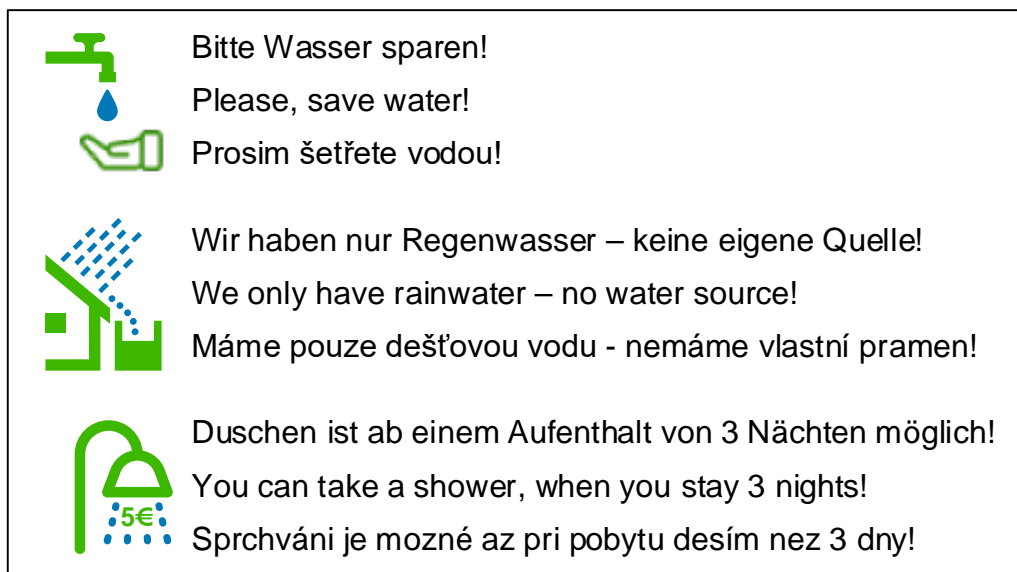


Abbildung 7-1: Exemplarischer Wassersparhinweis für Hüttengäste

8 Anhang

Im Folgenden finden sich über die Ausführungen in den Kapiteln 1 bis 7 hinausgehende Informationen. Diese dienen einerseits als Ergänzung, andererseits beschreiben sie die Methodik und die Datenbasis, die für die Ausarbeitung der vorliegenden Empfehlungen verwendet wurden.

8.1 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.

8.1.1 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 empfehlenswert.

Als Betreiber der Wasserversorgungsanlage hat der Hüttenwirt gemäß Trinkwasserverordnung die Bringschuld für die Durchführung 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.

8.1.2 Der Hüttenwart

Der Hüttenwart fungiert als Bindeglied zwischen den Pächtern der Schutzhütte (Hüttenwirten) und der hüttenverwaltenden Sektion. 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, sichert die Einhaltung der behördlichen Auflagen sowie der Hüttenordnung der alpinen Vereine.

8.1.3 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.

8.1.4 Die Alpenvereine

Die Alpenvereine führen in Zusammenarbeit mit dem DSWW/ÖVGW/OÖW jährlich Schulungen im Rahmen des Hüttentechnikseminars durch. In den behördlich anerkannten Schulungen werden u.a. verschiedene Aspekte der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung gelehrt. Durch die Teilnahme an diesen Schulungen kann die für den Betrieb der Schutzhütten erforderliche Qualifikation erworben werden.

8.1.5 Die Behörden

Den Wasser(rechts)behörden obliegt in Deutschland und Österreich der Vollzug der wasserrechtlichen Bestimmungen. Die Wasserrechtsbehörden sind für die Überwachung der baulichen Anlagen zuständig. Die Wasserqualität wird von den Gesundheitsbehörden kontrolliert. Im Zuge dieser Tätigkeit können auch Revisionen und Probeziehungen durchgeführt werden und Beratungen angeboten werden.

8.1.6 Übersicht der Verantwortlichkeiten

Akteur	Bei der Grundlagenermittlung ...	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 den Planer zur Abstimmung vor Ort 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 erstellen
... 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 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 Betrieb zu informieren und zu unterstützen. Nötige Instandsetzungsmaßnahmen an der Anlage zu erkennen und für deren Umsetzung zu sorgen. gemäß gesetzlicher/bescheidmäßiger Vorgaben 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 vergeben und den Baufortschritt zu verfolgen. Die laufenden Zahlungen sicherzustellen.	Den Rahmen für die Betriebsführung vorzugeben. Wartungsverträge abzuschließen.
... hat der Alpenverein die Aufgabe	Die allgemeinen Standards vorzugeben. Erfahrungen	Die Sektion durch Wissen aus anderen Projekten zu unterstützen	bei der Finanzierung zu unterstützen, z.B. durch die Vermittlung verschiedener Förder-	Veranstaltungen zum Erfahrungsaustausch und zur Ausbildung zu

Akteur	Bei der Grundlagentermittlung ...	Bei der Planung ...	Beim Bau von WVA ...	Beim Betrieb ...
	aus anderen Projekten zur Verfügung zu stellen. Wissen z.B. durch Veranstaltungen oder Seminare weiterzugeben.		töpfe.	organisieren
... hat das Planungsbüro die Aufgabe	den Umfang der Grundlagentermittlung 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 a.a.R.d.T.	Ausschreibungsunterlagen zu erstellen und Leistungen auszuschreiben Die Bauleitung zu übernehmen und die örtliche Bauaufsicht zu gewährleisten	Den Hüttenwart/-wart bzgl. des Betriebs anzuleiten Ausführliche Bestandsunterlagen und Betriebsanleitungen zu erstellen.
... hat die Behörde/Förderstelle die Aufgabe	für Abstimmungsgespräche zur Verfügung zu stehen.	Die Planung entsprechend der Zuständigkeit der Behörde zu übernehmen. Die Genehmigung sowie Förderzusage zu erteilen.	Kollaudierung und Abnahme nach Abschluss umzusetzen.	Betriebsauflagen mit Bescheid festzulegen. Auflagen bzw. gesetzliche Vorgaben zu überprüfen.

8.2 Methodik zur Erfassung des Istzustands

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 8-1 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?

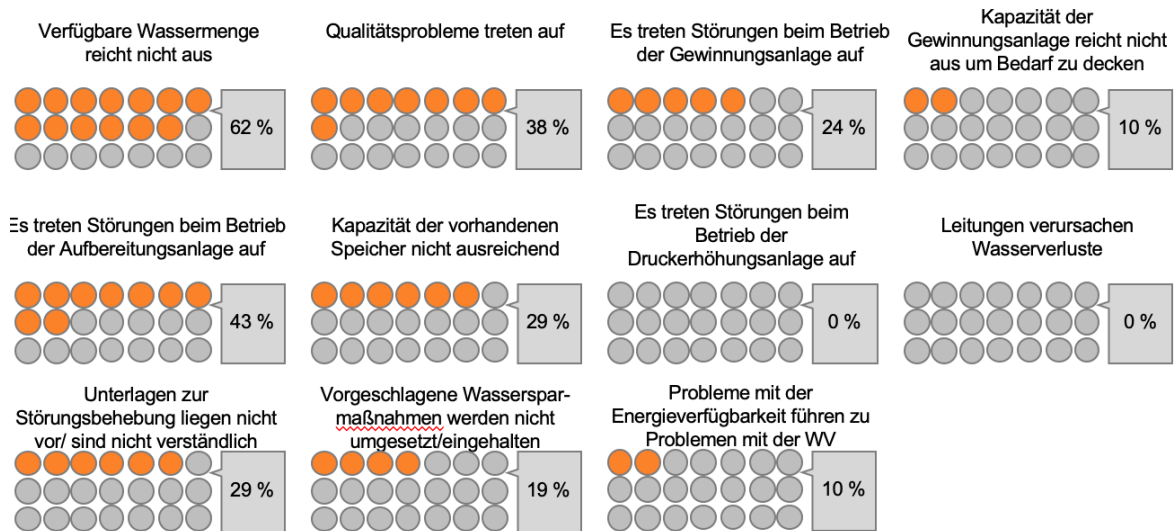


Abbildung 8-1: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Welche Probleme treten auf?“

Die Abbildung 8-2 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?

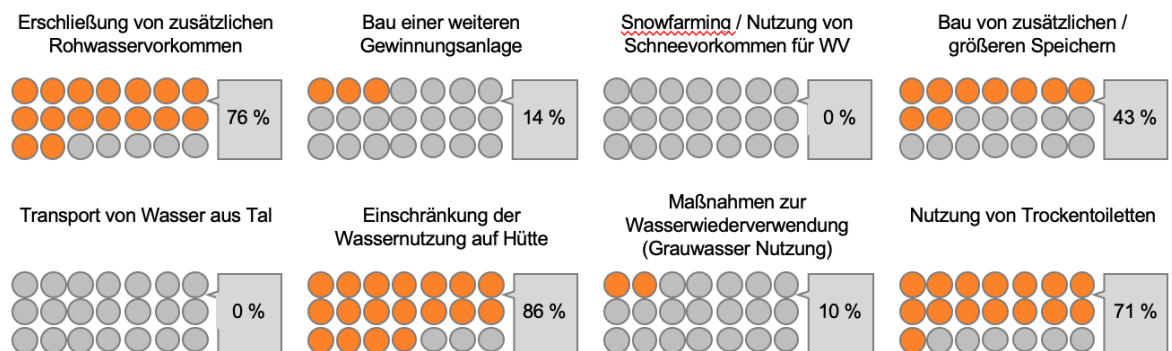


Abbildung 8-2: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Welche Lösungsmöglichkeiten nutzen Sie bei Qualitäts- oder Quantitätsproblemen?“

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 8-3). Dies wurde bei der weiteren Projektbearbeitung berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in die vorliegenden Handlungsempfehlungen eingeflossen.

Wobei wünschen Sie sich weitere Unterstützung zum Thema Wasserversorgung?

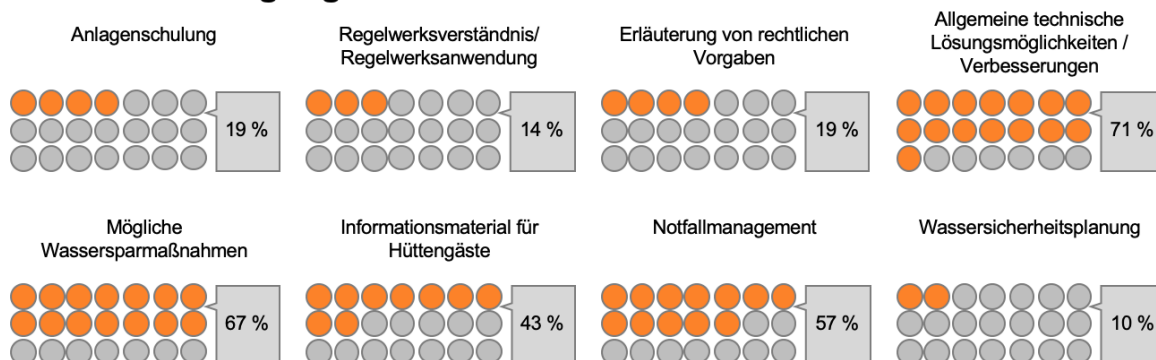


Abbildung 8-3: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Wobei wünschen Sie sich weitere Unterstützung zum Thema Wasserversorgung?“

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?

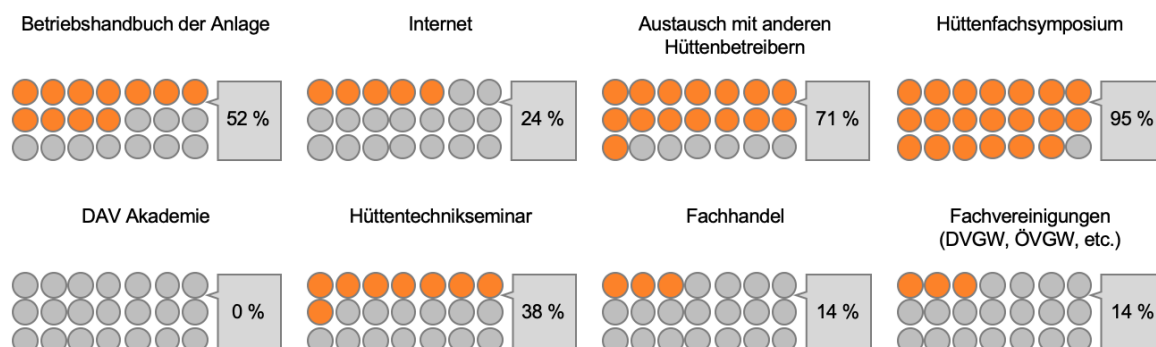


Abbildung 8-4: Ergebnisse der individuellen Meinungsabfrage zur Fragestellung „Worüber beziehen Sie Informationen zur Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten?“

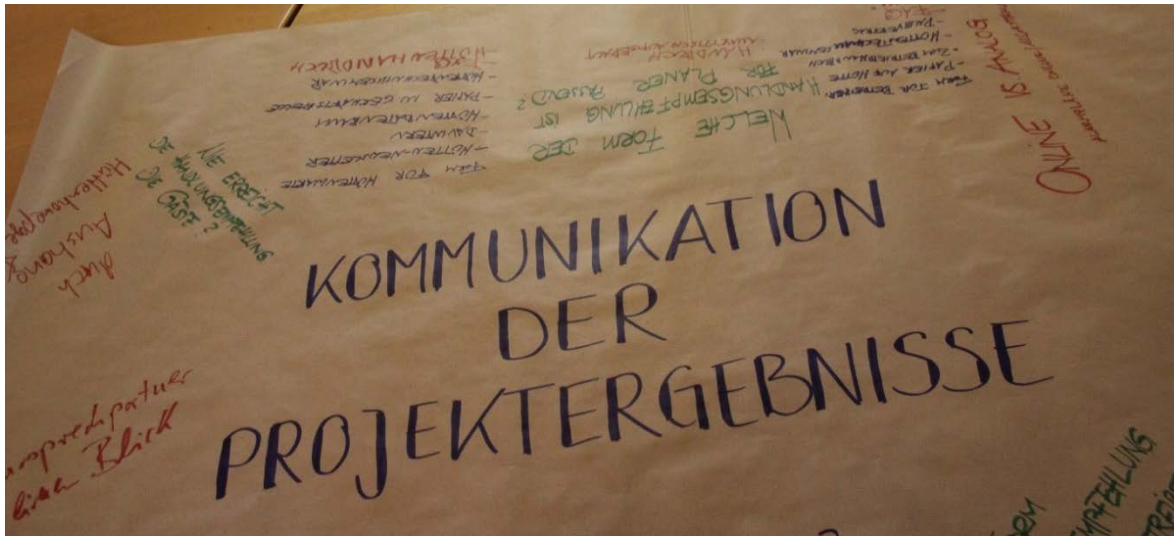
Vertiefende Einblicke in die Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze bei der Wasserversorgung wurden durch die Diskussionsrunden im Rahmen des World Cafés möglich. Hierbei wurde deutlich, dass insbesondere Probleme durch unzureichende Wasserverfügbarkeit zunehmen. Mögliche Ursachen hierfür sind 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 8-4). 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.



Die im Rahmen des Workshops identifizierten Herausforderungen und Lösungsansätze sowie Kommunikationsbedürfnisse dienen als Grundlage für die Planung der Hüttenbegehungen und Entwicklung der Handlungsempfehlungen. Zur vertiefenden Untersuchung der Probleme und Ableitung von technischen und organisatorischen Lösungsmöglichkeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Projektbegleitkreis Hütten identifiziert, bei denen diese Herausforderungen in der Vergangenheit aufgetreten sind.

Für die Hüttenbegehungen wurde ein einheitlicher Erhebungsbogen erarbeitet, der neben den Hüttencharakteristika insbesondere auftretende Probleme und ergriffene Lösungsansätze abfragt. Folgende Hütten wurden im Rahmen des Projekts mindestens einmalig in der Saison 2019 durch die UniBw oder BOKU begangen.

- Keinprechthütte
- Kellerjochhütte
- Marteller Hütte
- Mindelheimer Hütte
- Neue Reichenbergerhütte
- Nördlinger Hütte
- Riemannhaus
- Schobersteinhaus
- Tilisunahütte
- Wiesberghaus

Zusätzlich wurden durch Herrn Dr. Walters und Herrn Wiesböck folgende Hütten begangen und vor Ort Daten anhand des Erhebungsbogens erfasst:

- Brunnenkopfhäuser
- Höllentalangerhütte
- Kemptner Hütte
- Knorrhütte
- Meilerhütte
- Prinz-Luitpold-Haus
- Rappenseehütte

- Reintalangerhütte
- 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..

8.3 Erkenntnisse zum Istzustand

8.3.1 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.

8.3.1.1 ... 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.

8.3.1.2 ... 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 Duschkmöglichkeiten 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.

8.3.2 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.

8.3.2.1 ... 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.

8.3.2.2 ... 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 Anla-

genteilen nach der Aufbereitung, sind für deren Behebung die entsprechenden Technischen Regelwerke (z.B. DVGW, ÖVGW) heranzuziehen.

8.3.2.3 ... 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.

8.4 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.

8.4.1 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 8-1 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 8-2 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 8-1: 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 8-2: 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:

$$Q_d = q_{d,TG} \cdot TG + q_{d,NG} \cdot NG + q_{d,P} \cdot P \quad (2)$$

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.

8.4.2 Verwendete Datengrundlagen

8.4.2.1 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.

8.4.2.2 Informationen zum Nutzerverhalten

Um den gästespezifischen Wasserbedarfs ohne Duschköglichkeit 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 8-3: Durchschnittliche Nutzungen der Tages- und Nächtigungsgäste im Betrachtungszeitraum

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

8.4.2.3 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.

8.4.2.3.1 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

8.4.2.3.2 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 8-4 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 8-4: Wasserbedarf gastronomischer Einrichtungen (Feurich 1997)

		Bezugsgröße	niedriger Komfort	mittlerer Komfort	hoher Komfort
Speiserestaurant	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 verfügbarem Sitzplatz					

In Bezug auf die hier betrachteten Schutzhütten kann wohl am ehesten von einer Vergleichbarkeit des Wasserbedarfs dieser Hütten mit den in Tabelle 8-4 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 Hütten Daten berücksichtigt werden.

8.4.2.3.3 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 8-5: 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 hinterlegeten Typen 3 und 4 zuzuordnen (Schreff und Berger 2006). Daraus ergeben sich gemäß ÖWAV-Regelblatt 1 die in Tabelle 8-6 dargestellten spezifischen Wasserbedarfe, die ggfs. um den zur Toilettenspülung verwendeten Anteil an Brauchwasser reduziert werden können.

Tabelle 8-6: 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 8-7 aufgeführten spezifischen Bedarfe.

Tabelle 8-7: Übertragung der Werte aus ÖWAV-RB 1 auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen

Quelle	spezifischer Wasserbedarf (l/(Person · d))		
	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).

8.4.2.4 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 8-8: 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.

8.4.3 Ergebnisse der Datenauswertung zum Wasserbedarf

8.4.3.1 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 (Abbildung 3-5) und Informationen zu Verbrauchsgruppen ausgewertet, die mit den Schutzhütten vergleichbar sind (Tabelle 8-9).

Tabelle 8-9: 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 3.1.1 dieses Berichtes dargestellt.

8.4.3.2 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 8-10 dargestellten Werte ermittelt werden. Diese können als statistisch signifikant angesehen werden. Der angegebene Fehler beschreibt den Vertrauensbereich mit einer Prognosesicherheit von 95 %.

Tabelle 8-10: 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 8-11: Übertragung der Literaturwerte auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen

Quelle	spezifischer Wasserbedarf q_d (l/(Person · d))				
	TG	NG	P	o. Differenzierung	
				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 8-11 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 8-4 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).

8.5 Dokumentation des Baus einer Quellfassung

Die folgenden Abbildungen dokumentieren beispielhaft den Bau einer Anlage zum Fassung, 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

8.6 Untersuchungen zur mikrobiologischen Wasserqualität

8.6.1 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.

8.6.2 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 8-12 aufgelistet.

Tabelle 8-12: 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 8-13 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 durchflusssytemetrische Messungen entnommen. Für die Bestimmung der Zellzahlen wurde den Pro-

ben 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 8-13: 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.

8.6.3 Ergebnisse

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

8.6.3.1 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 8-5 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

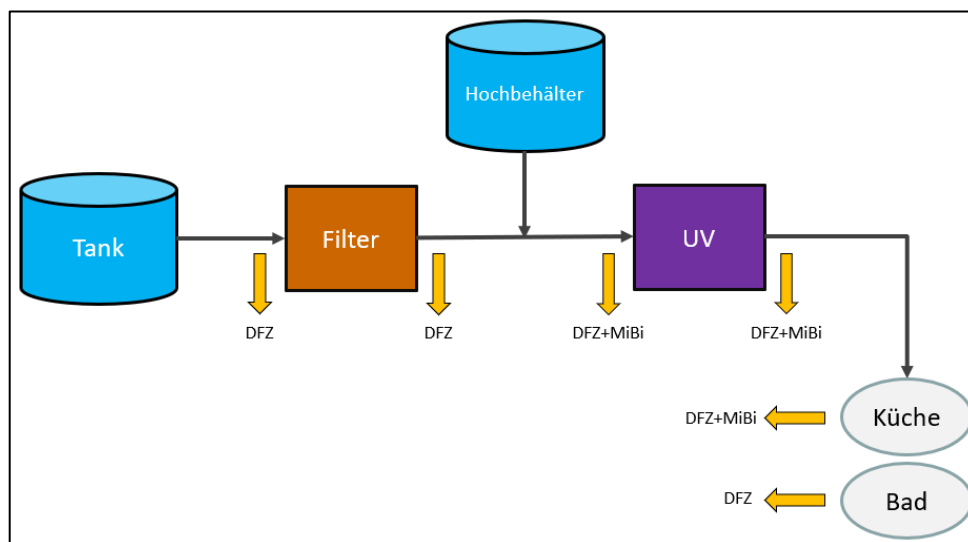


Abbildung 8-5: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte E

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-14 aufgelistet. Dabei zeigt sich im Versorgungssystem mit Brauchwasser, dass die Leitfähigkeit wie für Regenwasser erwartet sehr niedrige Werte um etwa 10 μ S/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 8-14: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte E

PN-Stelle	T [°C]	LF [μ S/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 8-6 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 Zellvermehrung. 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.

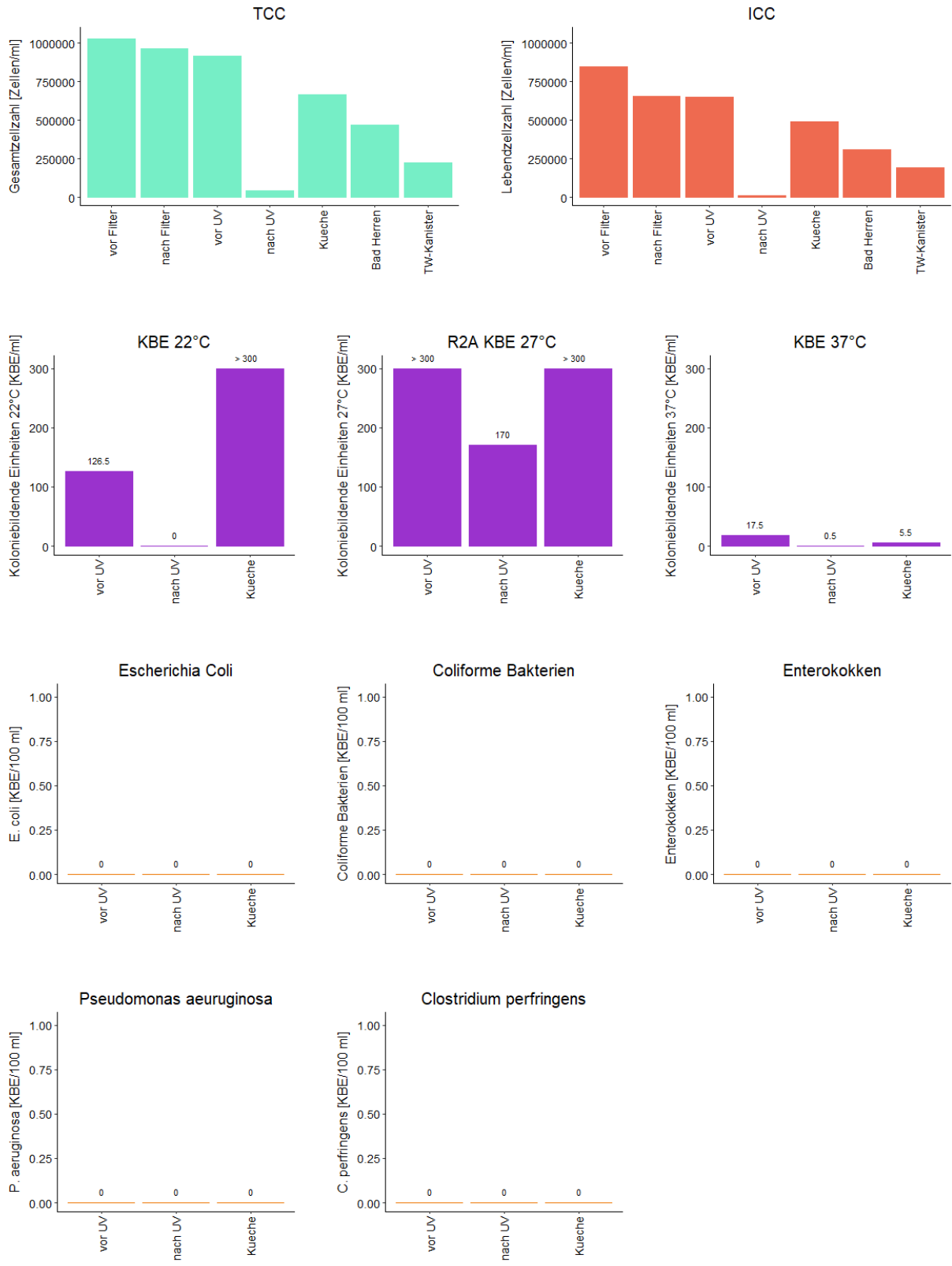


Abbildung 8-6: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte E

8.6.3.2 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 8-7 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

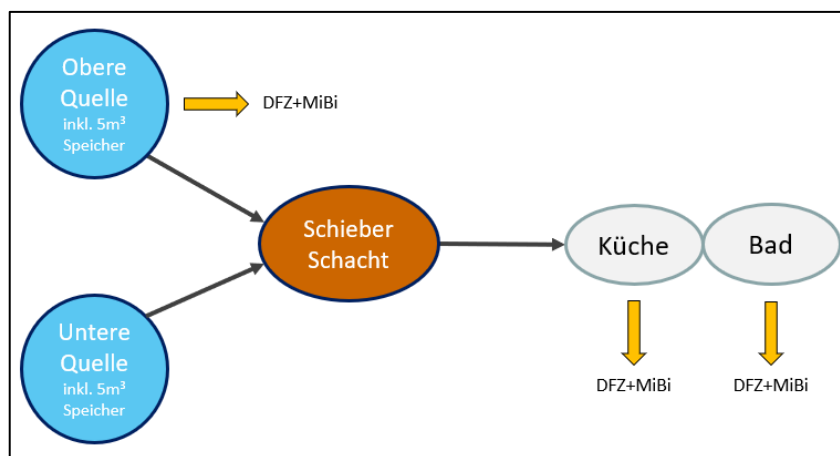


Abbildung 8-7: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte F

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-15 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 8-15: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte F

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	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 8-8 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.

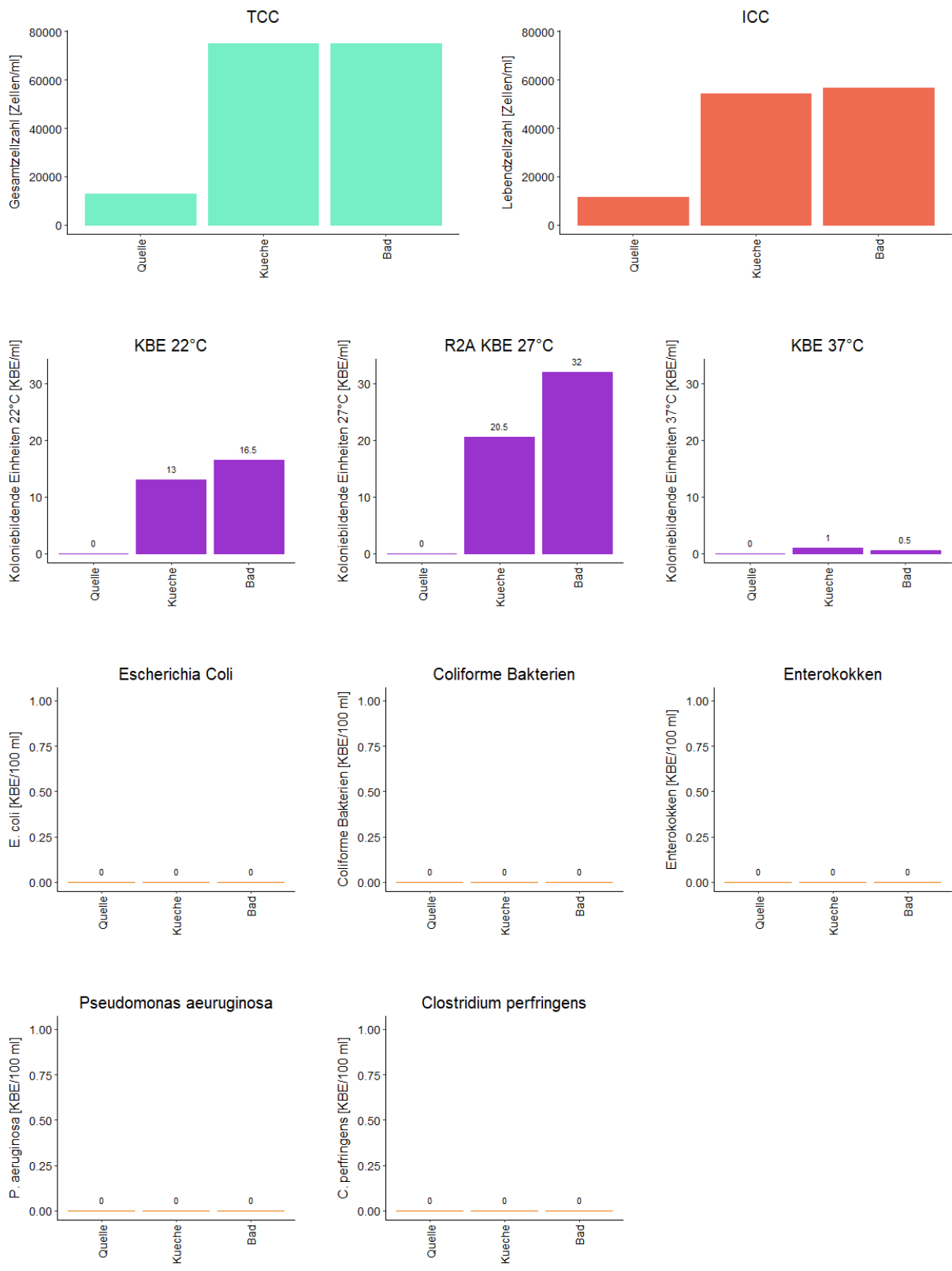


Abbildung 8-8: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte F

8.6.3.3 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 8-9 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

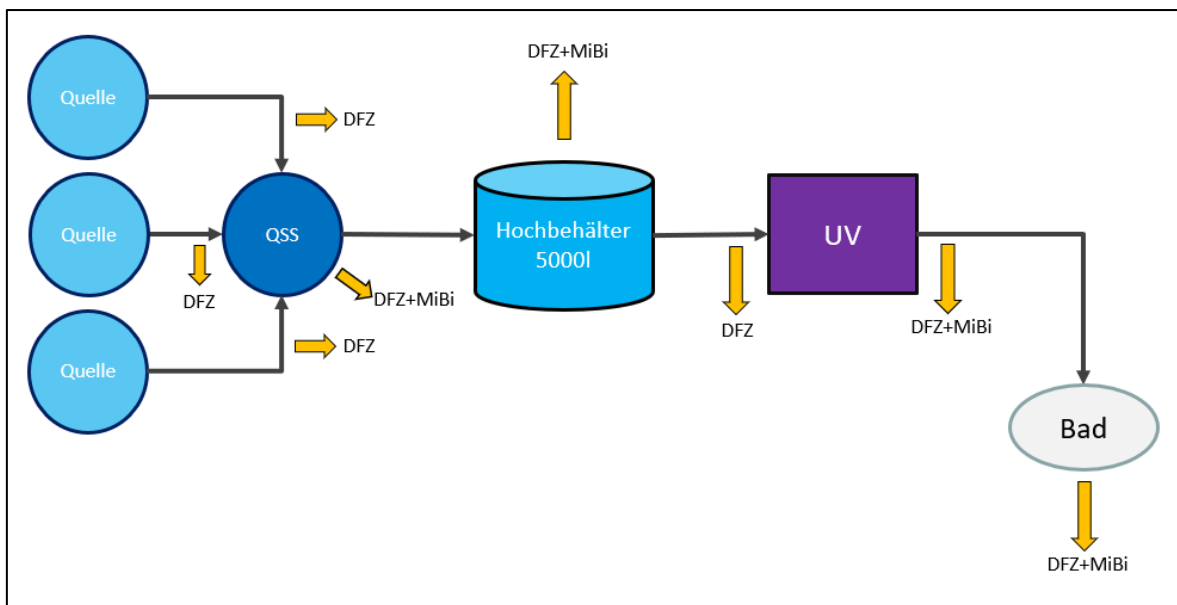


Abbildung 8-9: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte G

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-16 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 8-16: 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 8-10 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.

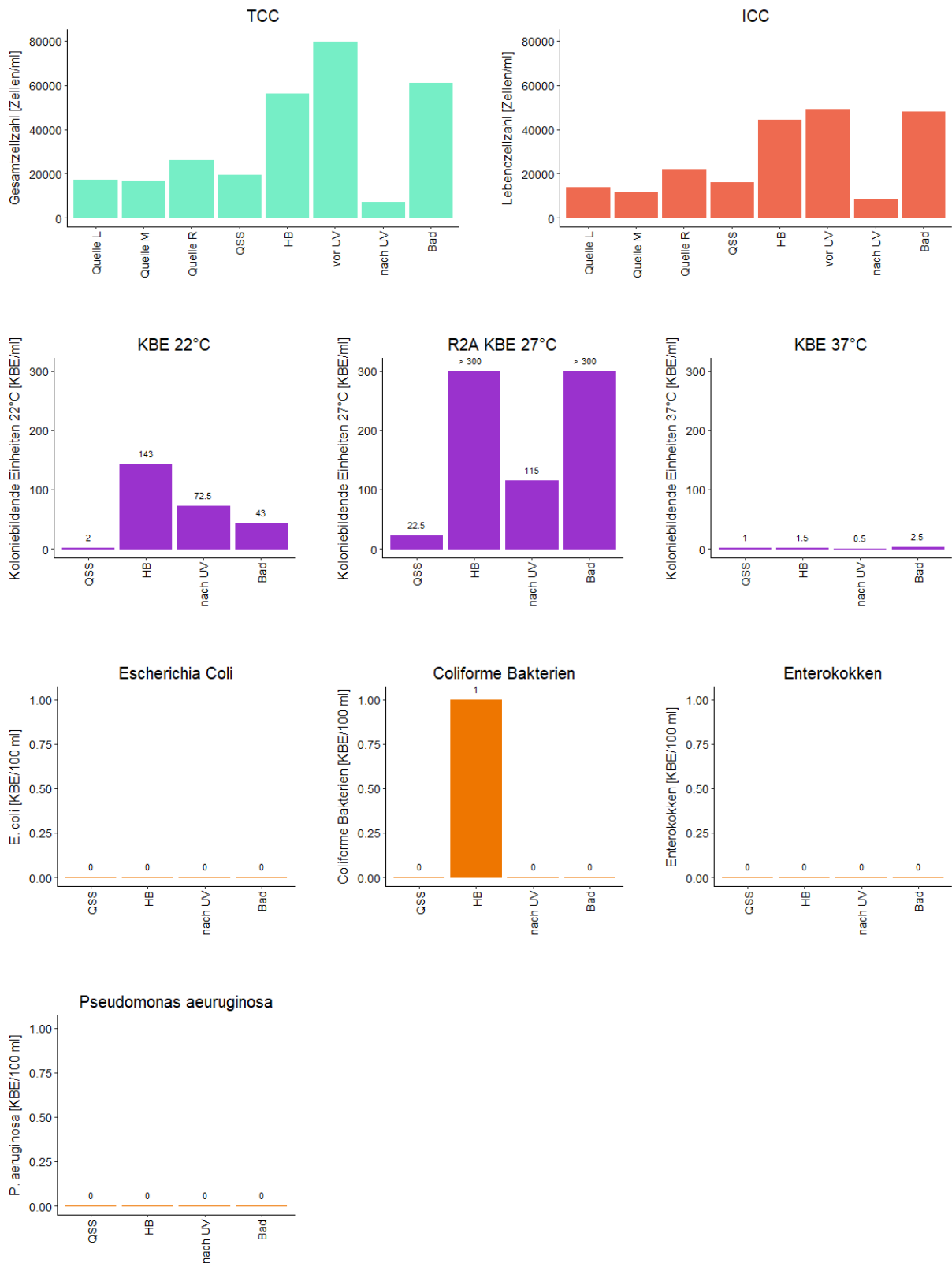


Abbildung 8-10: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte G

8.6.3.4 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“ ausgeschrieben. Über die Schankanlage wird das Wasser über Kohlefilter geleitet und ausgeschenkt.

Das Fließschema der Wasserversorgung ist in Abbildung 8-11 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

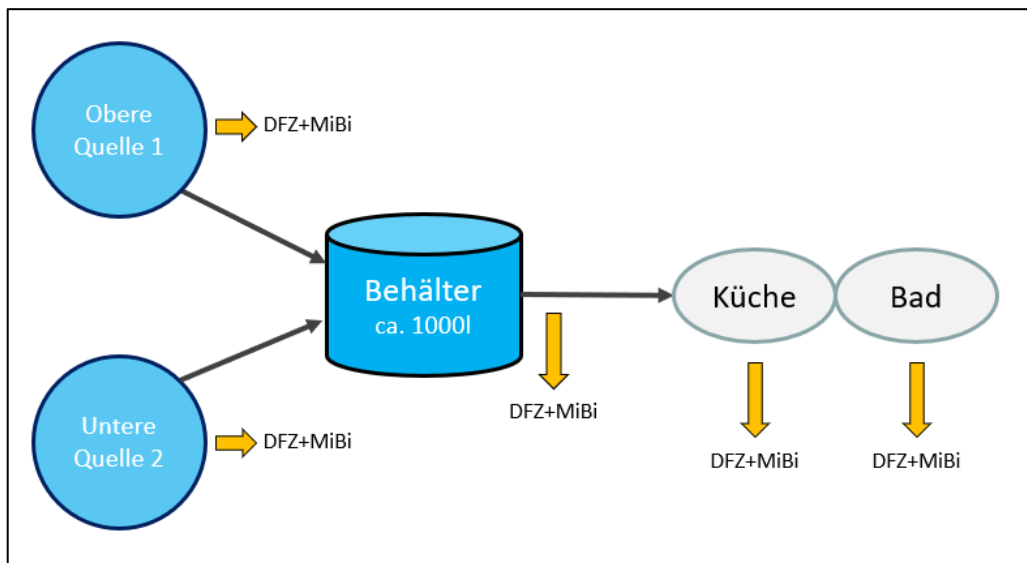


Abbildung 8-11: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte H

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-17 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 8-17: 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 8-12 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.

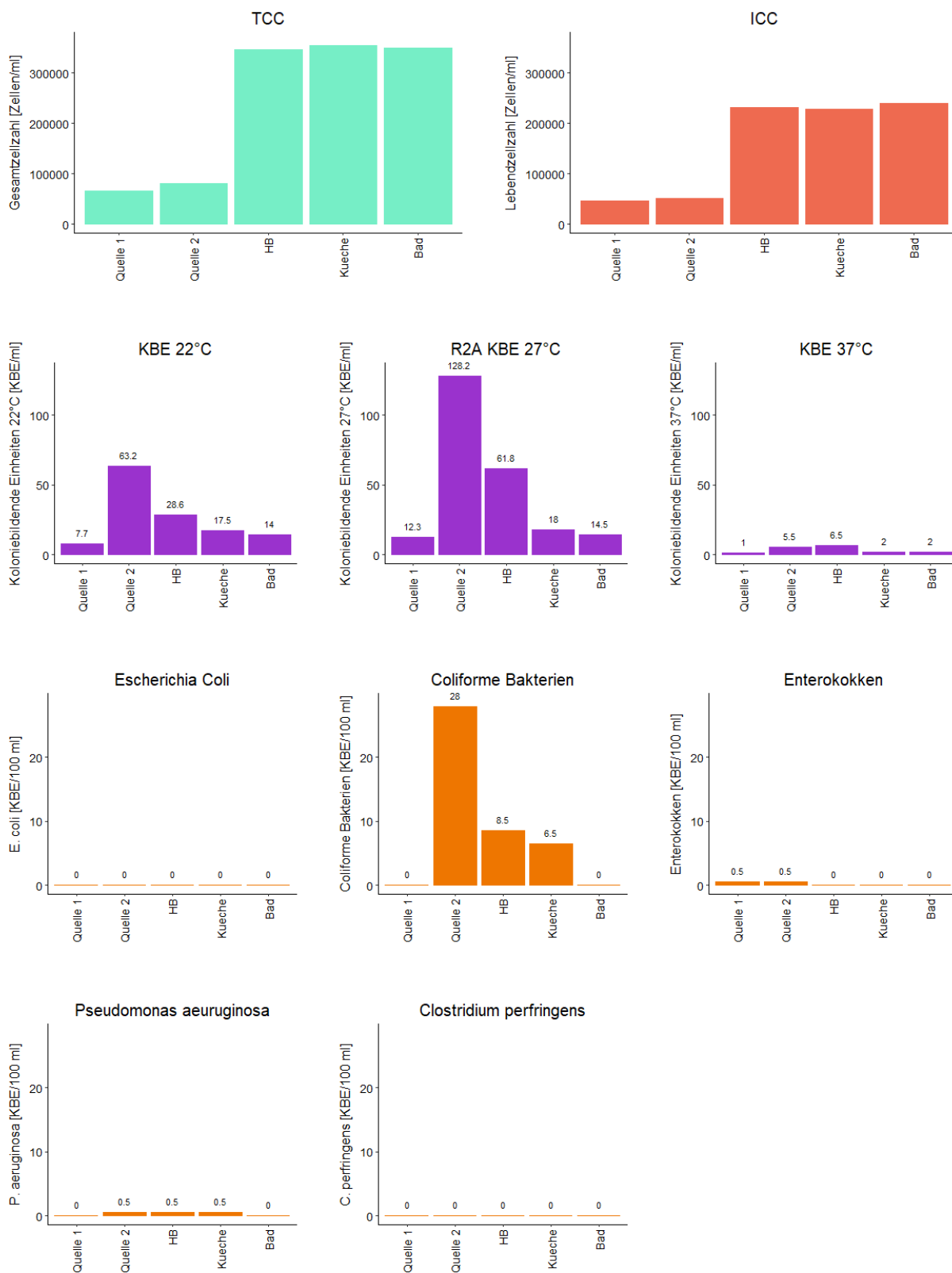


Abbildung 8-12: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte H

8.6.3.5 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 8-13 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

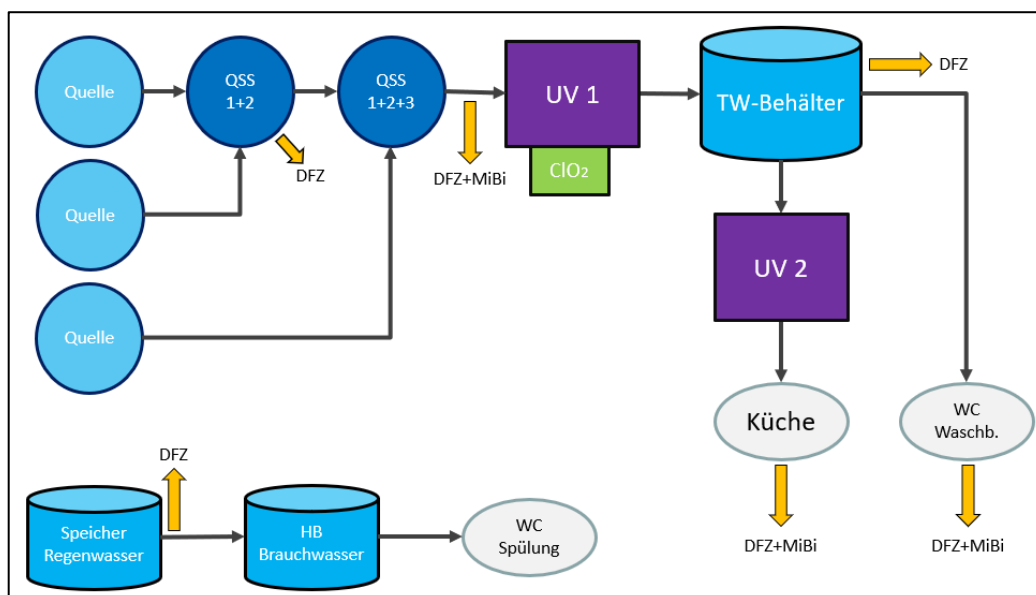


Abbildung 8-13: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte I

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-18 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 8-18: 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 8-14 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.

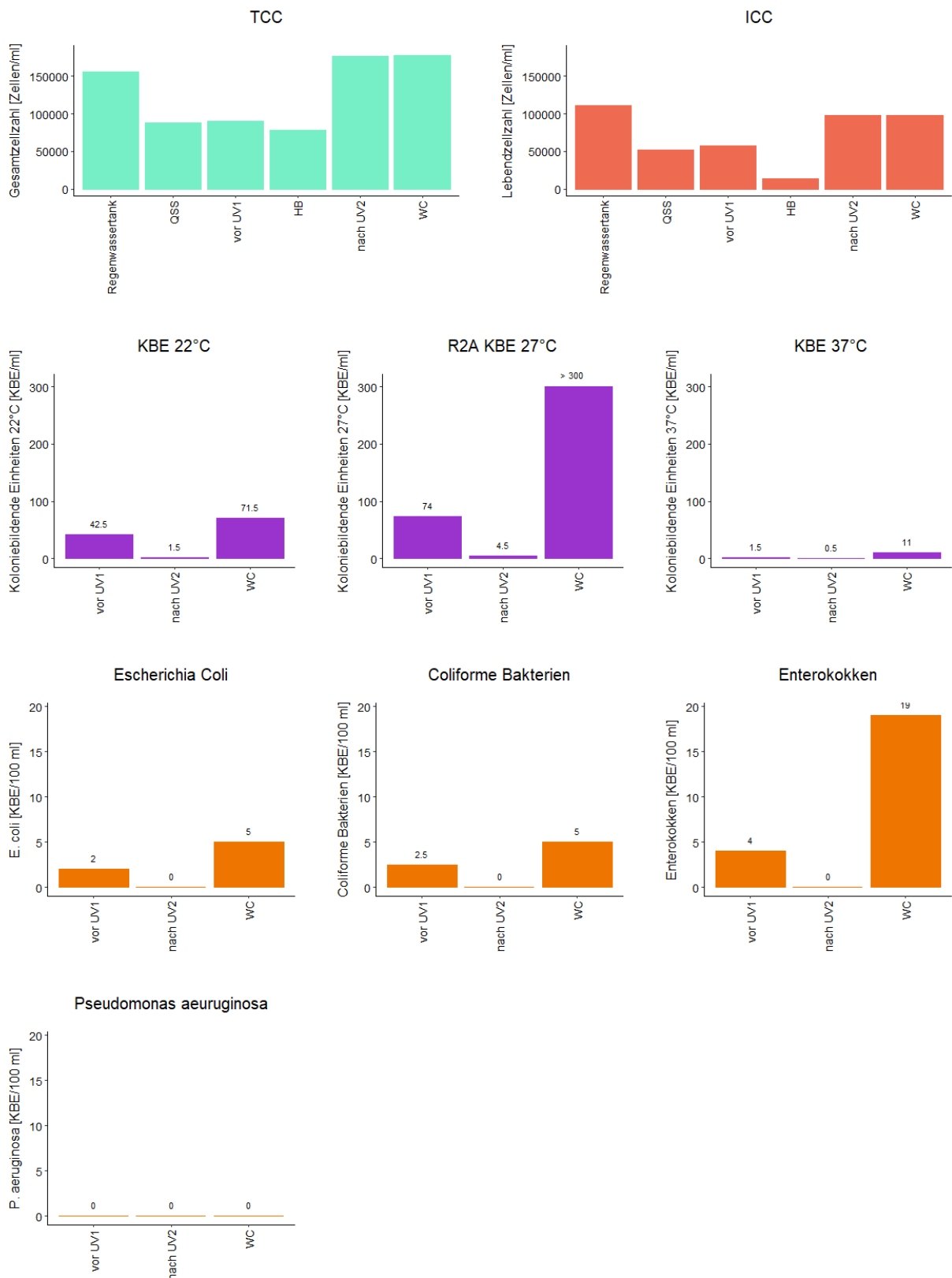


Abbildung 8-14: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte I

8.6.3.6 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 8-15 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

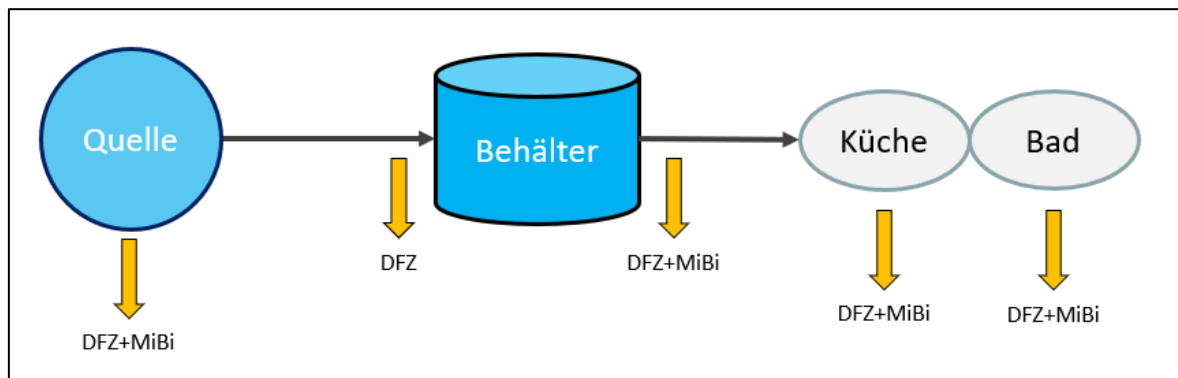


Abbildung 8-15: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte J

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-19 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 8-19: 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 8-16 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.

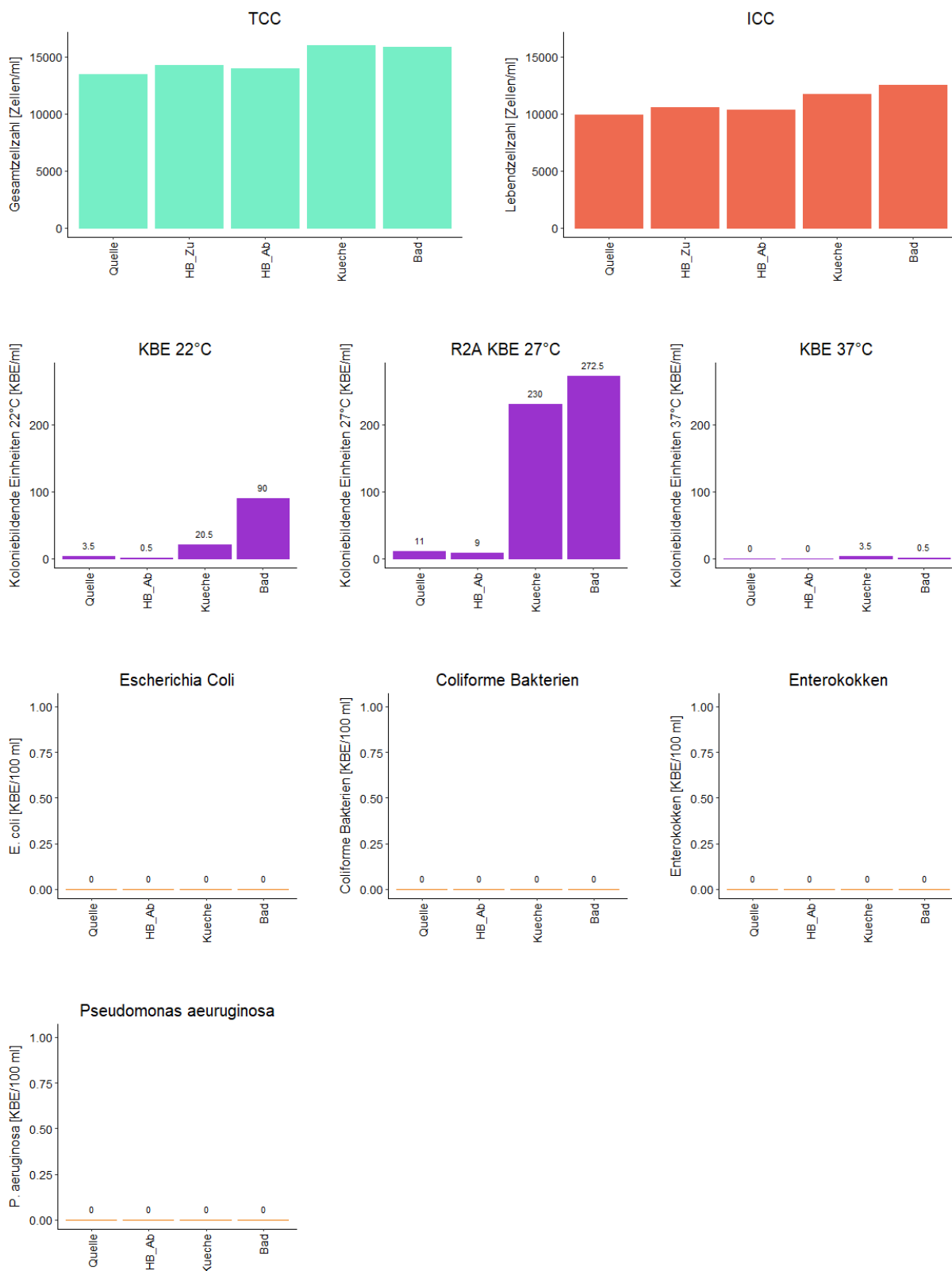


Abbildung 8-16: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte J

8.6.3.7 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 8-17 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

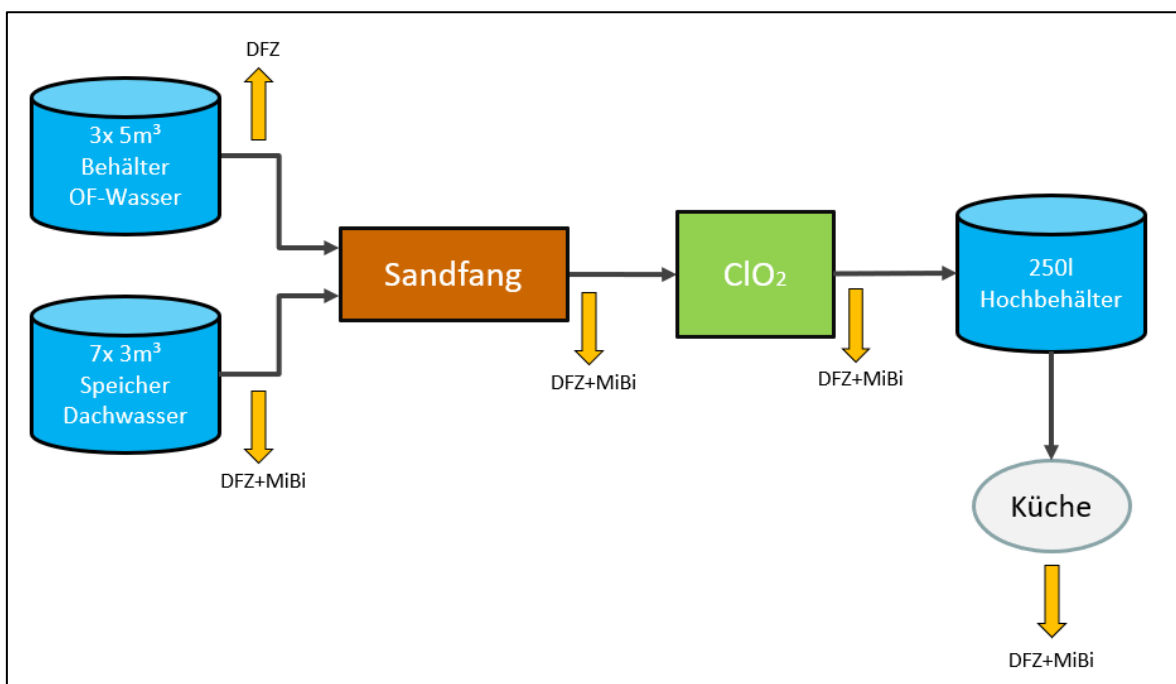


Abbildung 8-17: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte K

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-20 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 8-20: 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 8-18 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. Möglichweise kommt es zu einer frühzeitigen Zehrung des Chlors, welche auch das Auftreten vorhergehender mikrobiologischer Probleme erklären könnte.

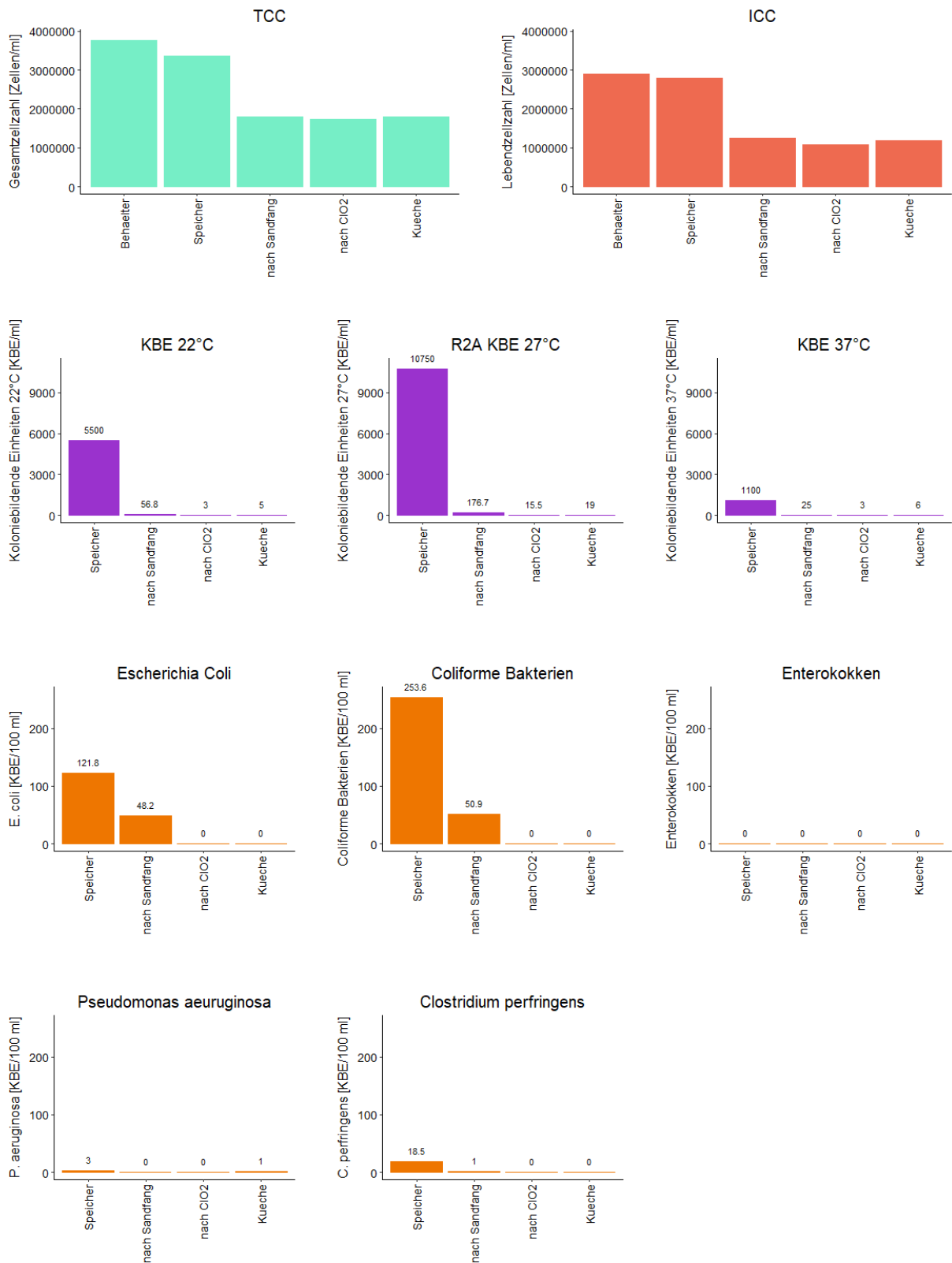


Abbildung 8-18: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte K

8.6.3.8 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 8-19 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

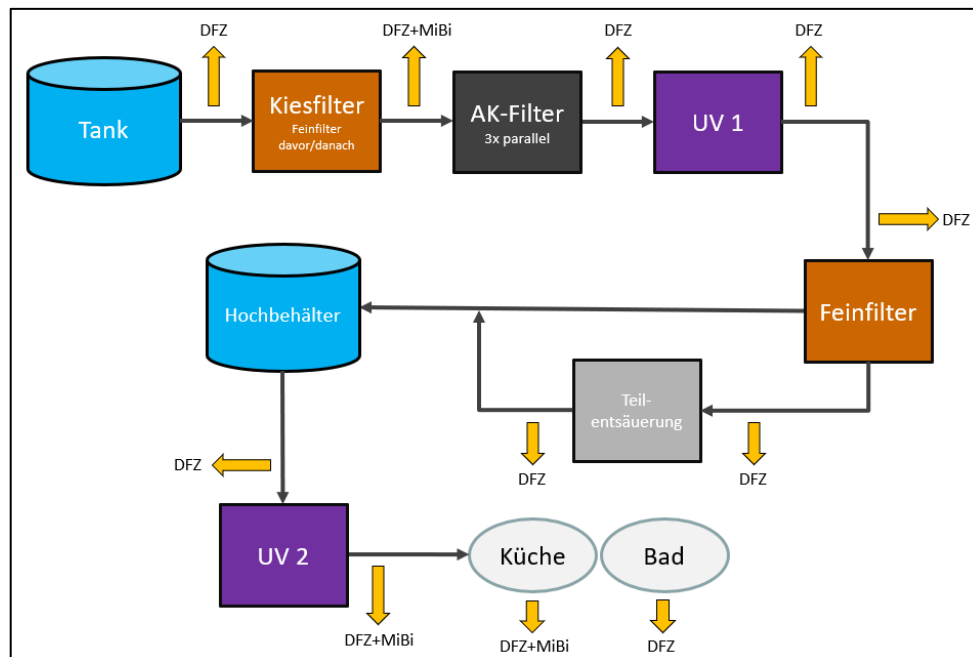


Abbildung 8-19: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte L

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-21 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 8-21: Aufstellung der Vor-Ort-Parameter auf Hütte L

PN-Stelle	T [°C]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	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 8-20 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 Wiederverkei-
mung im Verteilungssystem der Hütte hindeutet.

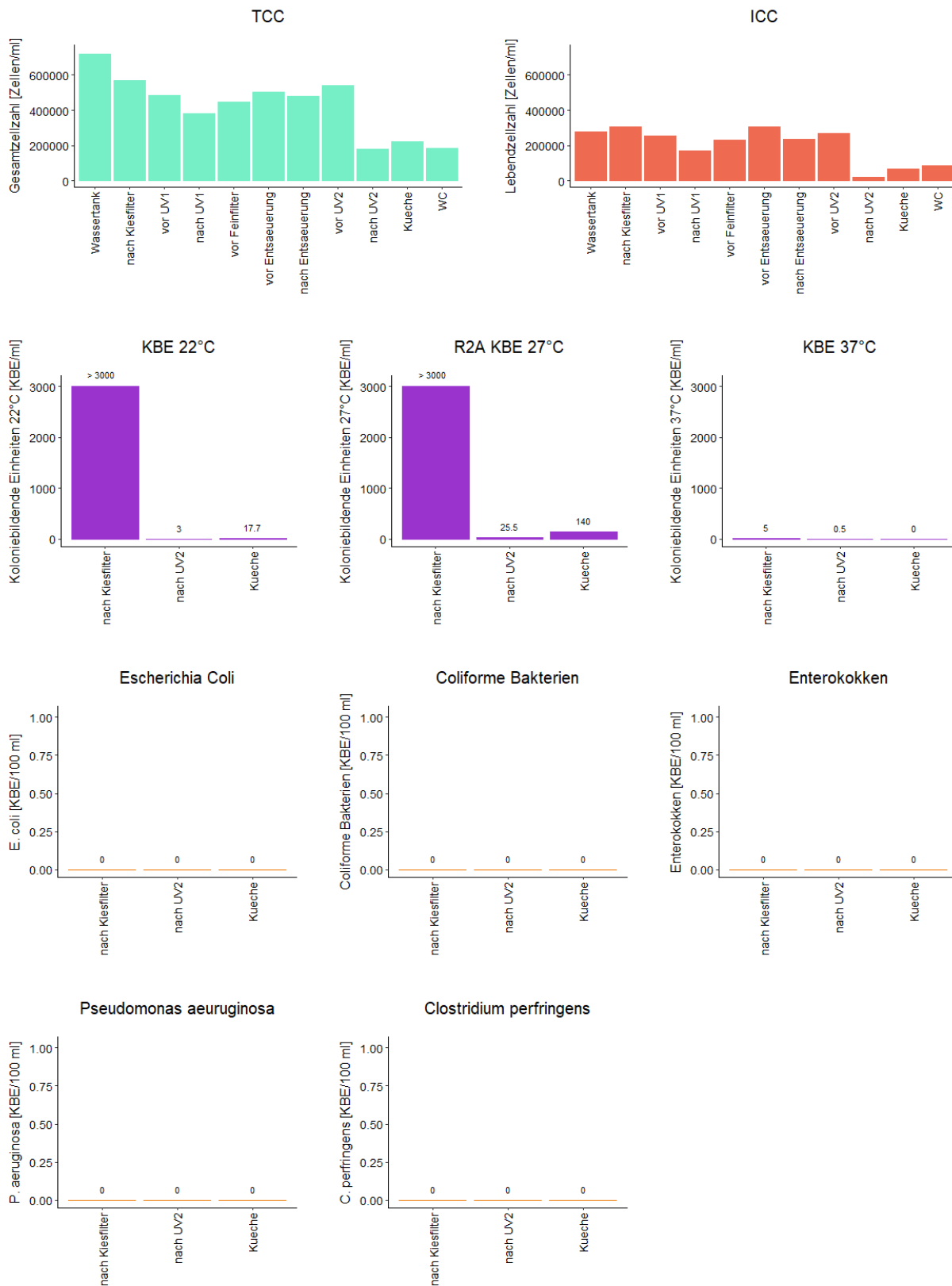


Abbildung 8-20: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte L

8.6.3.9 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 8-21 dargestellt. Probenahmestellen sind mit gelben Pfeilen dargestellt, wobei Stellen für die Kultivierung mit „MiBi“, und Stellen mit durchflusszytometrischen Proben mit „DFZ“ gekennzeichnet sind.

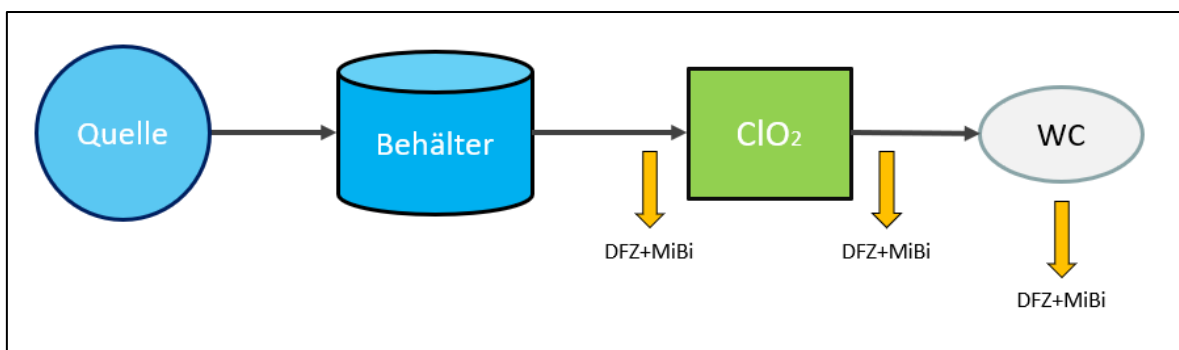


Abbildung 8-21: Fließschema der Wasserversorgung auf Hütte M

Die Ergebnisse der Vor-Ort Parameter sind in Tabelle 8-22 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 8-22: 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 8-22 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.

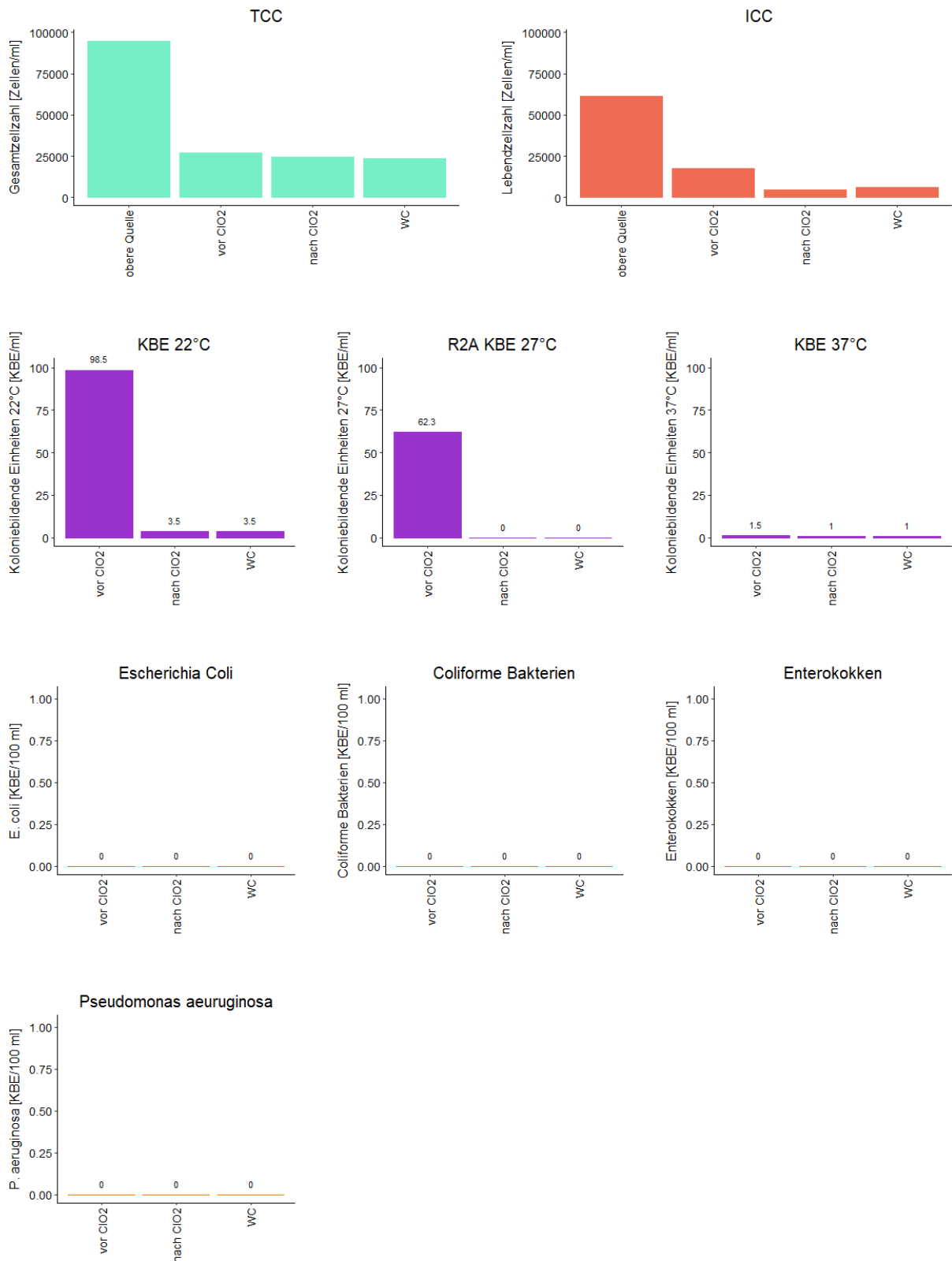


Abbildung 8-22: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen auf Hütte M

8.6.4 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. 8.6.2 beschrieben durchgeführt. In Abbildung 8-23 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.

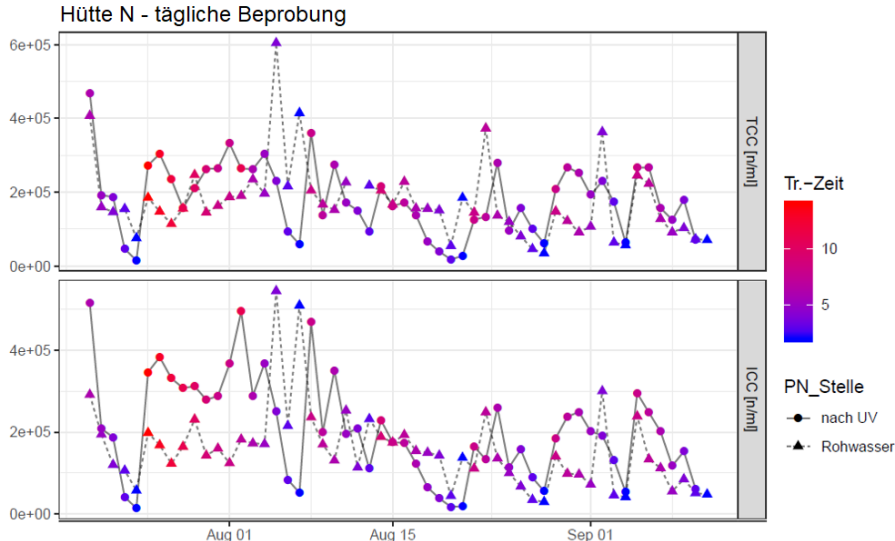


Abbildung 8-23: Ergebnisse der durchflusszytometrischen Untersuchungen der täglichen Proben auf Hütte N

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 8-24 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.

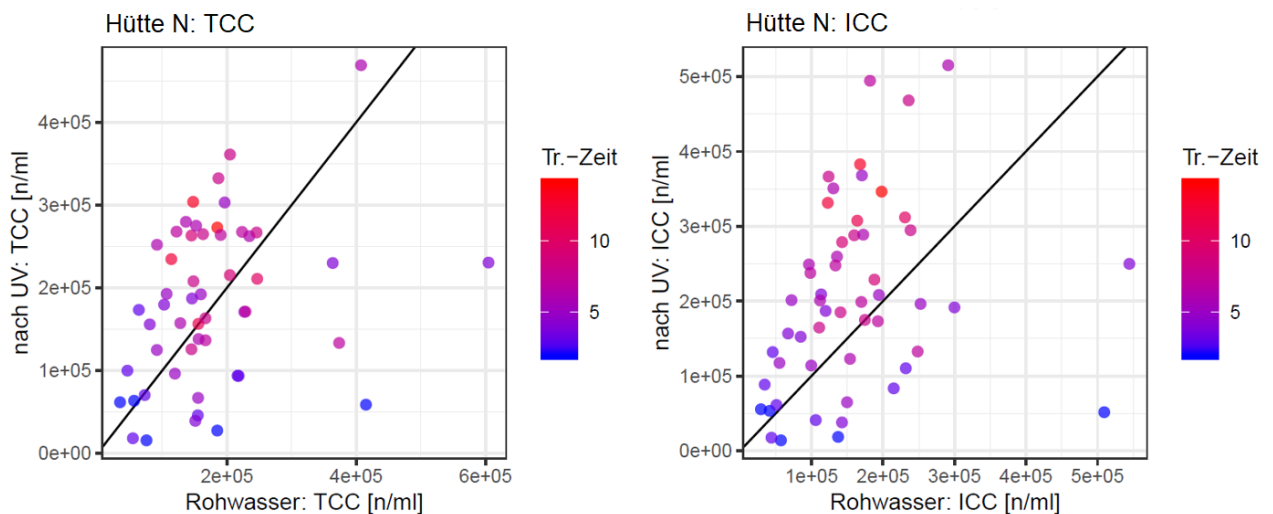


Abbildung 8-24: Zusammenhang zwischen Transportzeit und Zellzahlen bei den Proben von Hütte N

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 8-25 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.

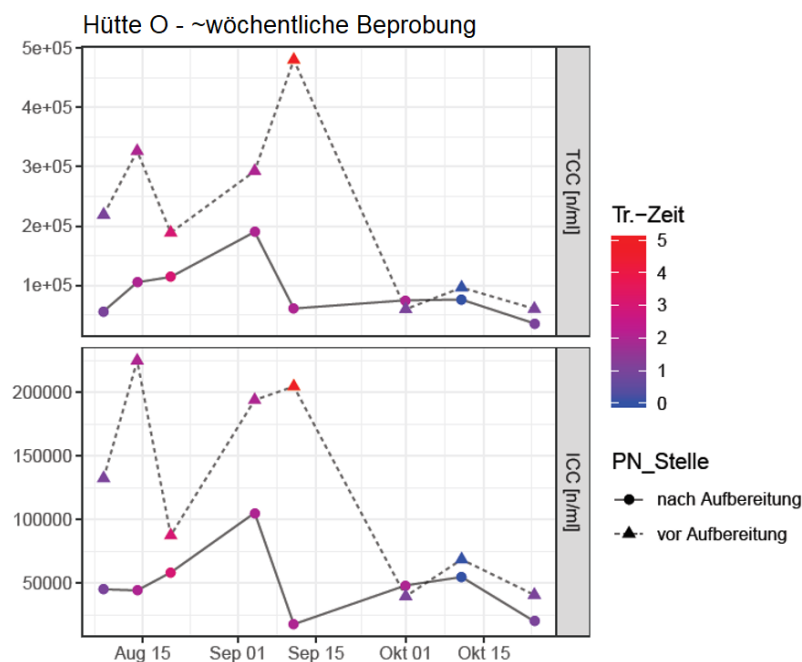


Abbildung 8-25: Ergebnisse der durchflusszytometrischen Untersuchungen der wöchentlichen Proben auf Hütte O

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.

8.6.5 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 Quelfassungen, 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) ga-

rantieren 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.

9 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 Grundund 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 DaF-NE-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 Quelfassungen, 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-Kompodium 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_trinkwasserordnung_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.