

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Wasserressourcen auf alpinen Schutzhütten

Im Auftrag der Deutschen 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 durch

**Alpenverein Südtirol, insbesondere Martin Niedrist
Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
Deutscher Alpenverein, insbesondere Robert Kolbitsch und Xaver Wanknerl
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 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.

Zum Erreichen 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 das anschließende Erarbeiten und Zusammenstellen von übertragbaren Lösungsansätzen. Die hier vorgestellten technischen Lösungsansätze (Kap. 3 und 5) berücksichtigen sowohl die geltenden Vorschriften und Regelwerke als auch die Erfahrungen aus der Praxis und die Besonderheiten alpiner Objekte. Gleiches gilt für die Ausführungen zur Stör- und Notfallplanung (Kap. 4) und die Empfehlungen zur Wassersicherheitsplanung (Kap. 6). Während die zuvor genannten Kapitel möglichst knapp formuliert sind, finden sich die Grundlagen für die Herleitung der einzelnen Empfehlungen ausführlicher im Anhang, der *online verfügbar ist*.



Der typische Ablauf von Projekten der Wasserversorgung kann in die Phasen Grundlagenermittlung, Planung, Bau und Betrieb unterteilt werden (s. Grafik »Schematischer Projektablauf«, S. 4) 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 schneller zu finden. Da während der Phasen Planung und Bau die Randbedingungen für den späteren Betrieb definiert werden, sind die betrieblichen Aspekte zwingend bereits in diesen Phasen zu berücksichtigen. Sie finden sich daher als erstes Kapitel im Anschluss an die in Kapitel 2 formulierten Grundsätze.



Winnebachseehütte

2 Grundsätze (Hinweise für Planung, Betrieb)

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. 6) zusammengefasst. Im Zuge der Erarbeitung dieser Handlungsempfehlungen wurde deshalb auf der Grundlage von eigenen Erhebungen, Workshops und Expertenwissen eine Auswahl der wichtigsten und am häufigsten vorzufindenden Gefährdungen und Lösungsmaßnahmen sowohl im Hinblick auf die Planung als auch den Betrieb alpiner Schutzhütten berücksichtigt.

Auch wenn in den Phasen »Planung/Bau« und »Betrieb« unterschiedliche Akteure beteiligt sein können, müssen bereits bei der Planung die aus dem späteren Betrieb resultierenden Anforderungen berücksichtigt werden. Nur das, was geplant und gebaut wurde, ist im Betrieb beziehungsweise Notfall verfügbar. Dies betrifft zum Beispiel die *Früherkennung* eines drohenden Wassermangels, Störungen der Aufbereitung, Verblockung von Filtern, erforderliche Spülmöglichkeiten und das hygienisch sichere Arbeiten an Wasserspeichern. Ein frühzeitiges Einbeziehen des Hüttenwirts bei Entscheidungen und die Erstellung verständlicher Betriebsanweisungen sollten daher selbstverständlich sein (Schreff und Berger 2006).

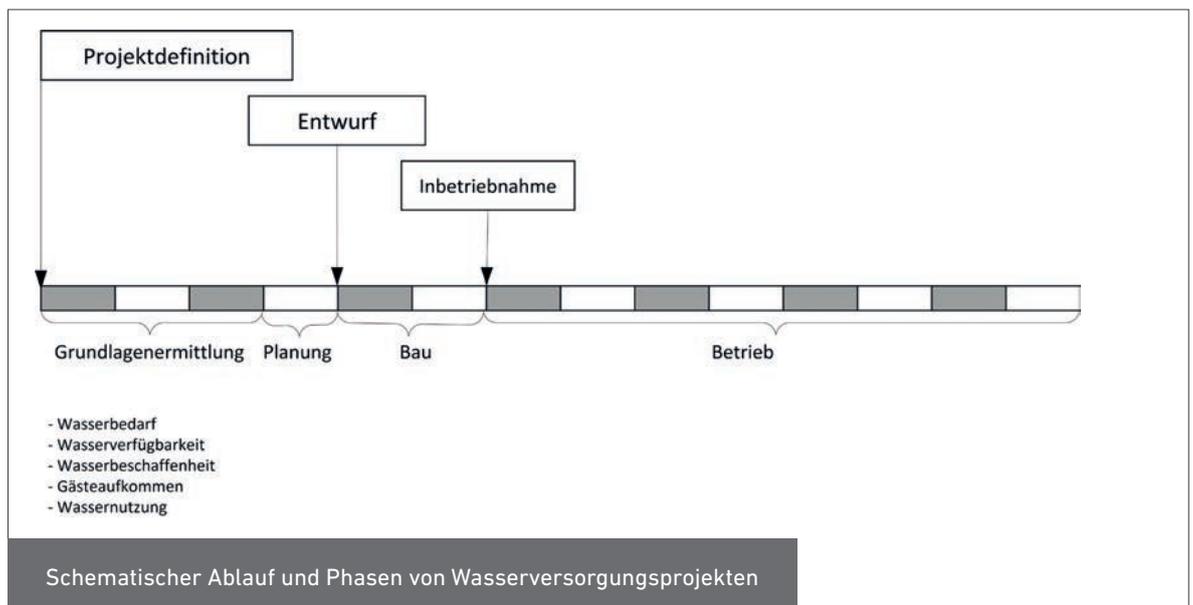
Kapitel 6

Kapitel 6



Kapitel 5.1.2,
5.4.2

Kapitel 3.5,
3.11



Das Hinzuziehen von Fachfirmen bei Planung und Bau ist wesentlicher Bestandteil des Sicherheitskonzeptes, denn das Einhalten der rechtlichen Anforderungen und Regelwerke im Kontext alpiner Schutzhütten ist eine technische und wirtschaftliche Herausforderung. Die folgenden Ausführungen fassen die Besonderheiten der Wasserversorgung in alpinen Lagen zusammen. Sie sollen nochmals unterstreichen, dass Fachwissen und eine fundierte Grundlagenermittlung von entscheidender Bedeutung sind.

Quantitative Sicherstellung

Im alpinen Bereich gibt es in der Regel keine Möglichkeit, aus mehreren Rohwasserressourcen nach Ergiebigkeit, Qualität und Schützbarkeit auszuwählen. In der Regel gibt es nur ein Vorkommen in akzeptabler Entfernung, mit dem man auskommen muss. Teilweise ist für die Wasserversorgung die Nutzung von *Regenwasser* und der *Transport in Behältnissen* erforderlich.

Kapitel 3.7,
3.10

Kapitel 5.2.4

Die Nutzung von oberflächennahem Grundwasser und Oberflächenwasser ist mit wesentlich größeren Schwankungen der Verfügbarkeit verbunden, die bis zum völligen Versiegen reichen können. Gleichzeitig ist die Speicherwirkung der genutzten Aquifere sehr gering. Überlegungen zur Wasserverfügbarkeit und deren Prognose erfordern auf alpinen Schutzhütten eine wesentlich kleinräumigere Betrachtung der hydrologischen und klimatischen Verhältnisse als im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung.

Daten zur Verfügbarkeit wie zum Beispiel *Quellschüttungen* sind oft nicht vorhanden, ebenso differenzierte Daten zum *Wasserbedarf*, welche die technische Ausstattung und Nutzung der jeweiligen Schutzhütten berücksichtigen. Daher sind vorhandene Daten zum Wasserbedarf meist nur bedingt auf andere Hütten übertragbar.

Kapitel 3.5

Kapitel 5.1

Aufgrund der geringen Anlagengröße und ausgeprägter Verbrauchsspitzen im Tagesverlauf treten deutlich höhere Spreizungen zwischen dem durchschnittlichen und dem maximalen Bedarf auf. Deshalb sind die Anforderungen an den Ausgleich zwischen Wasserverfügbarkeit und Wasserbedarf durch geeignete *Speicher* ebenfalls wesentlich größer als in der kommunalen Wasserversorgung. Dies wird nochmals dadurch verstärkt, dass ein Ausgleich nicht nur für den Tagesbedarf, sondern für deutlich längere Zeiträume erforderlich sein kann. Gegebenenfalls muss nicht nur aufbereitetes Trinkwasser, sondern auch Rohwasser gespeichert werden.

Kapitel 3.8

Kapitel 5.3



Rohwasserspeicher in Ortbeton

Aufbereitungsanlagen auf alpinen Schutzhütten werden in der Regel nicht in mehreren Einheiten errichtet und weisen keine Redundanz auf. Ein Ausfall kann daher nur durch einen vorhandenen Reinwasserspeicher kompensiert werden.

**Kapitel 3.11,
3.12**

**Kapitel 5.4,
5.5**

Qualitative Sicherstellung

Das Potenzial an anthropogenen Gefährdungen ist im alpinen Raum geringer als im Bereich der kommunalen Wasserversorgung, gleichzeitig sind aber die genutzten Wasservorkommen in der Regel schlechter oder gar nicht schützbar. Aus der geringen Schützbarkeit resultieren insbesondere größere Risiken für die Trinkwasserhygiene. Dies gilt umso mehr, wenn im Einzugsgebiet *Weidebetrieb* praktiziert wird.

**Kapitel 3.4,
3.5**

Durch Verwitterungsprozesse im Gestein ist teilweise ein größeres Potenzial an *geogenen Belastungen* vorhanden (Arsen, Uran). Bei der Nutzung von *Regenwasser* für die Gewinnung von Trinkwasser können zusätzliche stoffliche Belastungen auftreten, wenn ungeeignete Materialien für die betreffenden Dachflächen gewählt werden.

**Kapitel 3.14
Kapitel 5.1.3,
5.2.4**

Die auf den Hütten befindlichen Aufbereitungsanlagen müssen unter wesentlich schwierigeren Bedingungen betrieben werden. Dazu zählen insbesondere sehr niedrige Temperaturen und gegebenenfalls stark schwankende *Trübstoffgehalte*. 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 als bei Anlagen im Tal.

**Kapitel 3.11
Kapitel 5.4.2**

**Kapitel 4
Kapitel 4**



Sichtkontrolle der Anlagenteile

Grundsätze

Aus den vorangegangenen Ausführungen lassen sich für eine quantitativ und qualitativ sichere Wasserversorgung von alpinen Schutzhütten die folgenden Grundsätze ableiten:

Kapitel 5.1.1.2
Kapitel 5.1.1.2



Kapitel 5.1.1.3

Kapitel 5.3

Kapitel 3.6,
3.11
Kapitel 5.4.2

Kapitel 4
Kapitel 4

- Eine *effiziente Wassernutzung* steht an erster Stelle!
- Unterschiedliche Nutzungen sind zu priorisieren und gegebenenfalls einzuschränken. Die Sicherstellung des Trinkwasserbedarfs muss Vorrang vor einem umfangreichen *gastronomischen Angebot* und dem Zugang zu Duschen haben.
- Bei eingeschränkter Wasserverfügbarkeit muss auch die Effizienz der Gewinnungsanlagen (Quellfassungen) ermittelt und gegebenenfalls gesteigert werden.
- Der Ausgleich zwischen Verfügbarkeit und Bedarf erfordert den Ausbau von *Speichermöglichkeiten* unter Berücksichtigung der Trinkwasserhygiene.
- Trinkwasser kann für bestimmte Nutzungen durch Brauchwasser substituiert werden, soweit der angestrebte Verwendungszweck dies zulässt.
- Besonderes Augenmerk auf ist auf die Hygiene und *das frühzeitige Erkennen von Störungen* zu legen.
- Die Randbedingungen alpiner Schutzhütten erfordern die Wahl robuster und sicherer Verfahren und Anlagen.
- Aufgrund der raschen Eskalation und des erhöhten Zeitbedarfs für das Beheben von Schäden durch Fachfirmen ist der Aufbau eines *Notfall- und Krisenmanagements* unabdingbar.

Vorhandene Regelwerke und Normen lassen sich im Falle der alpinen Schutzhütten nur selten 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 durch Fachleute und in Abstimmung mit den jeweils zuständigen Aufsichtsbehörden erfolgen. Gegebenenfalls muss dies durch einen höheren Aufwand in der Risikobewertung und bei der *Überwachung der Trinkwasserbeschaffenheit* kompensiert werden.

Kapitel 3.1.4
Kapitel 5.1.3



Erschwerter Zugang zu Saisonbeginn



Reinigung des Behälters zu Saisonende

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 online verfügbare Anhang (QR-Code) gibt eine Übersicht zu den verschiedenen Akteuren und ihren Aufgaben.



Bewusst steht das Kapitel mit Empfehlungen zum Betrieb am Beginn der Handlungsempfehlungen. Die Wasserversorgungsanlage einer Hütte kann nur so gut sein, wie sie betrieben wird. Auch wenn jede Wasserversorgungsanlage im Gebirge anders ist, so gibt es *allgemeine Grundsätze*, die im Betrieb beachtet werden müssen.

Kapitel 3.1

Grundlage für einen ordentlichen Betrieb ist eine in den jeweiligen Trinkwasserverordnungen gesetzlich verankerte Schulung der Betreiber. Dazu bieten die Alpenvereine einen auf Hütten zugeschnittenen Kurs im Rahmen ihres Hüttentechnikseminars an.



Ausrüstung für die Entnahme, Konservierung und den Transport von Proben



Probenahme und Vor-Ort-Messungen im Zulauf der Wasserversorgungsanlage

Wasser ist die Grundvoraussetzung für jeden Hüttenbetrieb. Wassermangel und akute Erkrankungen auf der Hütte infolge schlechter Trinkwasserqualität sind Horrorszenarien für alle Hüttenwirtsleute. Um die quantitative und qualitative Versorgung der Hütte mit Trinkwasser sicherzustellen sind permanente Kontroll- und Wartungsarbeiten nötig. Im Tal passiert dies in der Regel durch kommunale oder genossenschaftlich organisierte Wasserversorger – auf der Hütte ist dies eine (weitere) Aufgabe, die an den Hüttenwirtsleuten »hängenbleibt«. Unterstützt werden sie dabei durch die Alpenvereinssektionen und Fachfirmen.

Kapitel 3.2

Im Gegensatz zu Wasserversorgungsanlagen im Tal sind die Wasserversorgungen der Hütten, wie die Hütten selbst, meist nur saisonal in Betrieb. Bereits zu *Saisonbeginn* sind Arbeiten unter schwierigen Bedingungen zu erledigen: Bei Saisonstart das Wasser zum Laufen zu bringen, ist in den meisten Fällen eine Herausforderung und oft mit schweißtreibenden Grabarbeiten in tiefem Frühjahrsschnee verbunden.

Kapitel 3.3

Besonders gewissenhaft müssen auch die Arbeiten zu *Saisonende* erledigt werden: So müssen zum Beispiel auf den meisten Hütten die Leitungen komplett entleert werden. Geschieht dies nur unvollständig oder gar nicht, sind Frostschäden zu erwarten und die Anlage kann im nächsten Frühjahr nicht planmäßig wieder in Betrieb genommen werden.

Aber auch während des laufenden Betriebs sind die einzelnen Teile der Anlagen regelmäßig zu kontrollieren und Auffälligkeiten zu beseitigen.

Kapitel 3.5

So gilt es zum Beispiel im Bereich der *Quellfassungen*, regelmäßig zu prüfen, ob das Quellschutzgebiet noch ausreichend geschützt ist.

Kapitel 3.6

Bei Verwendung von *Oberflächenwasser* muss das Einzugsgebiet laufend kontrolliert werden. Verendete Tiere im Einzugsgebiet waren schon in mehreren Fällen für eine Beeinträchtigung der Wasserqualität auf Hütten verantwortlich.

Kapitel 3.7

Hütten, die besonders unter Wasserknappheit leiden, bleibt oft nur *Dachwasser* als letzte Möglichkeit zur Trinkwassergewinnung. Auch hierbei gibt es im Betrieb besondere Punkte zu beachten, damit eine ausreichende Wasserqualität erreicht wird.

Wasserspeicher müssen regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls gereinigt werden. Das *Wasser-verteilsystem* muss besonders dann regelmäßig in Augenschein genommen werden, wenn Leitungen an der Oberfläche verlegt und damit besonders gefährdet sind.

Kapitel 3.8
Kapitel 3.9

Exakte Vorgaben gibt es in der Regel zur Überwachung und Wartung jeder *Wasseraufbereitungs- und Desinfektionsanlage*. Wie alle Kontroll- und Wartungsarbeiten müssen auch diese Arbeiten im Betriebsbuch dokumentiert werden.

Kapitel 3.11
Kapitel 3.12

In der Regel müssen Trinkwasserqualität und Zustand der Anlage auf Schutzhütten einmal jährlich von externer Seite untersucht werden. Diese *Untersuchungspflicht* enthält auch die Verpflichtung zur Weiterleitung des Untersuchungsberichts an die zuständigen Behörden.

Kapitel 3.14

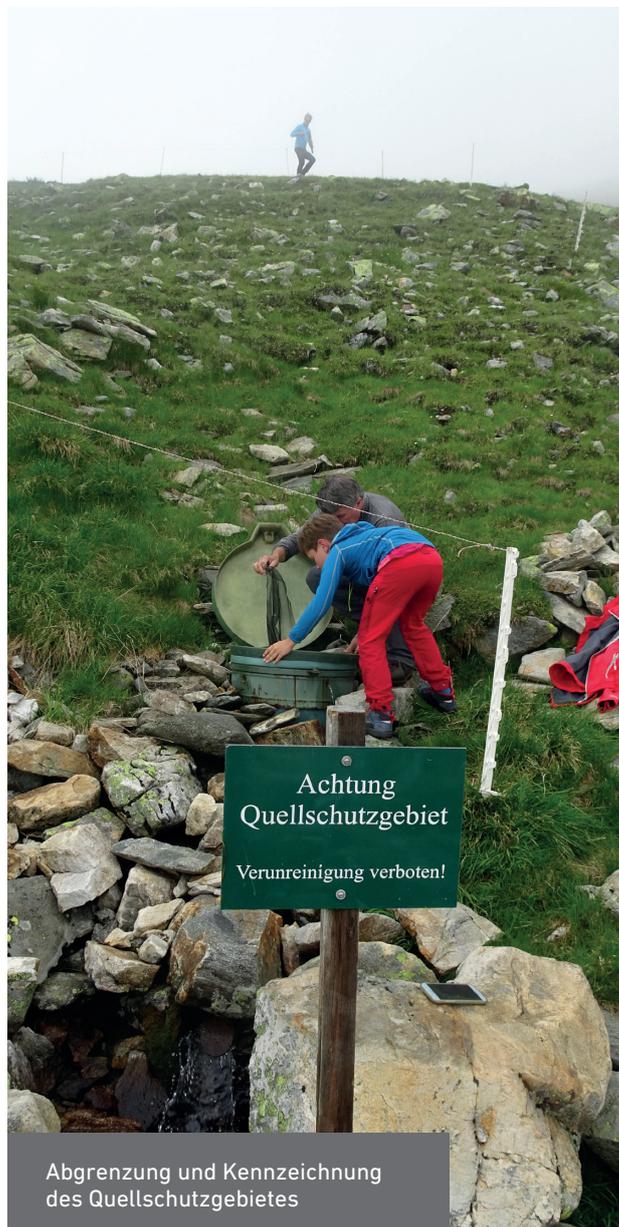
Zur Sicherstellung der erforderlichen Trinkwasserqualität sind ordnungsgemäß *geplante*, errichtete und *betriebene* Anlagen zur Gewinnung und Verteilung des Wassers unverzichtbar, falls erforderlich auch Anlagen zur Aufbereitung und Speicherung. Von gleicher Bedeutung ist die Verwendung geeigneter Materialien,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

Kapitel 5
Kapitel 3

Das Umsetzen dieser Anforderungen unter den Bedingungen alpiner Schutzhütten erfordert die Einbindung von Fachfirmen, die über entsprechende Erfahrungen verfügen. Die Alpenvereine besitzen aufgrund der Vielzahl an betreuten Sektionen und Hütten einen großen Erfahrungsschatz. Daher können auch sie mit Fachwissen unterstützen und den Kontakt zu geeigneten Planern und Fachfirmen herstellen.

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 Trinkwasserordnungen verankert. Dies sind für Deutschland die sogenannte § 11-Liste der zugelassenen Aufbereitungsstoffe und -verfahren und für Österreich das Lebensmittelbuch Codexkapitel B1 »Trinkwasser«. Insbesondere bei Aufbereitungsstoffen, die dem Trinkwasser zugesetzt werden, wie zum Beispiel *Desinfektionsmittel*, ist darauf zu achten, dass vom Händler die Konformität mit den entsprechenden Produktnormen garantiert wird. Nur so lässt sich sicherstellen, dass durch solche, für den Betrieb erforderliche Substanzen keine Belastung des Trinkwassers resultiert.

Das Berücksichtigen 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



Abgrenzung und Kennzeichnung des Quellschutzgebietes

Kapitel 3.12
Kapitel 5.3.3

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 oder des Personals 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.

Kapitel 5.1.1.2

Kapitel 7
Kapitel 7

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

Inhaltsverzeichnis

3	Empfehlungen für den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen.....	1
3.1	Allgemeines.....	1
3.2	Maßnahmen bei Inbetriebnahme zu Saisonbeginn.....	2
3.3	Maßnahmen zum Saisonende.....	3
3.4	Brunnen	3
3.5	Quellfassungen	4
3.6	Oberflächenwasser	5
3.7	Dachwasser	5
3.8	Wasserspeicher.....	5
3.9	Wasserverteilung.....	7
3.10	Leitungsungebundener Wassertransport.....	7
3.11	Aufbereitung.....	8
3.12	Desinfektion	8
3.13	Hygienische Sicherheit der Installation	9
3.14	Untersuchungspflichten.....	10
4	Stör- und Notfallplanung	12
5	Empfehlungen für Planung und Bau.....	17
5.1	Grundlagenermittlung.....	17
5.1.1	Wasserbedarf	17
5.1.2	Wasserverfügbarkeit.....	30
5.1.3	Wasserbeschaffenheit	31
5.2	Gewinnungsanlagen.....	34
5.2.1	Quellfassungen.....	34
5.2.2	Brunnenschächte.....	38
5.2.3	Oberflächenwasser	38
5.2.4	Regenwasser.....	39
5.3	Wasserspeicherung.....	45
5.3.1	Speicherung verschiedener Wasserqualitäten	45
5.3.2	Dimensionierung der Speicher	46
5.3.3	Sonstige Anforderungen an Wasserspeicher	50

5.4	Aufbereitung.....	52
5.4.1	Aufbereitungsnotwendigkeit und Empfehlungen zur Verfahrenswahl	52
5.4.2	Partikelentfernung.....	53
5.4.3	Entsäuerung	58
5.4.4	Entfernung von Eisen, Mangan und Arsen.....	60
5.4.5	Entfernung von Uran.....	60
5.5	Desinfektion	61
5.5.1	Verfahrenswahl.....	61
5.5.2	UV-Desinfektion.....	62
5.5.3	Chlor.....	64
5.6	Verteilung.....	67
6	Wassersicherheitsplanung	69
6.1	Konzept der Wassersicherheitsplanung	69
6.2	Elemente und Ablauf der Wassersicherheitsplanung	70
6.2.1	Zusammenstellung des Teams, Festlegung von Verantwortlichkeiten ...	71
6.2.2	Beschreibung des Wasserversorgungssystems.....	72
6.2.3	Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung	73
6.2.4	Maßnahmen zur Risikobeherrschung	75
6.2.5	Beurteilung der Maßnahmen und Monitoring	75
6.2.6	Dokumentation und Revision der Wassersicherheitsplanung.....	76
6.2.7	Nicht eliminierbare Gefährdungen.....	76
7	Kommunikation und Nutzerverhalten	78
7.1	Vor Hüttenbesuch	78
7.2	Während Hüttenbesuch	79
8	Literaturverzeichnis.....	80

3 Empfehlungen für den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen

3.1 Allgemeines

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, Beeinträchtigung der Wasserversorgung möglichst zu vermeiden bzw. frühzeitig zu erkennen, um 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 instandgehalten 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 Kosten für einen Wartungsvertrag für eine UV-Anlage liegen in der Größenordnung von ca. 250 EUR/a netto. Ein solcher Vertrag umfasst Strahlerwechsel, Referenzsensorkontrolle (lt. W-294), Desinfektion des Reaktors, die elektrische Überprüfung der Anlage und der 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. 4).

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

3.2 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

3.3 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 Abflüsse 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

3.4 Brunnen

Beim Betrieb von Brunnen sind folgende Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Kontrolle der Wasserspiegellage (ggfs. unterschieden nach Wasserspiegel n Ruhe und bei Entnahme) im Zusammenhang mit Wetterereignissen. Der Wasserspiegel muss bei Betrieb ausreichend oberhalb der Brunnenpumpe liegen, damit diese weder Luft ansaugt noch trockenfällt. 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 von Wasserspiegel und Schüttung, sollten die Daten auch in einem einfachen Diagramm chronologisch dargestellt werden, um Trends visuell besser erkennen und bewerten zu können.

3.5 Quellfassungen

Beim Betrieb von Quellfassungen sind folgende Tätigkeiten zu berücksichtigen:

- Regelmäßige Kontrolle der Schüttung u. Erfassung von 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) Begleitung und Kontrolle des Schutzgebietes bzw. des Umfeldes der Fassung
 - Kontrolle der Fassungsmarkierungen
 - Vertiefungen im Bereich der Quellüberdeckung 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 verunreinigt. Wurzeln vorsichtig herausziehen und entstandene Löcher anschließend mit bindigem Material abdichten.
 - 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 Seihers 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

3.6 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 Entnahmehauwerken 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.

3.7 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.

3.8 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 Reinigungsarbeiten 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. 5.5.2). 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 Entnahmesieher
 - 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 Entnahmesiehers
 - 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.

3.9 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

3.10 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, Faltbehälter 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.

3.11 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

3.12 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
 - Betriebsstörungen
 - Anzahl der Betriebsstunden mit Datum
 - 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 5-27)
- 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

3.13 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 3-1 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 mindestens 20 mal ausgetauscht werden.

Tabelle 3-1: Zahl der zu öffnenden Entnahmestellen bei Leitungsspülungen (TRWI-Kompensium)

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 Wasserstoffperoxid 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).

3.14 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 3-2 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 3-2: Empfehlung zum Beprobungsumfang nach Walters und Wiesböck (2019)

Versorgungs-situation	Gebirgsquell/ Oberflächen-wasserversorgung, sonstige Gewinnungssysteme	Dachabfluss-wasser, sonstige Regenwasser-nutzung	Nutzung von Tafel-wassersystemen (Postmix-automaten) u. Behältertransport	Trinkwasser-erwärmungsanlagen (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 3-3 aufgeführten Bestandteilen erstellt. Rechtsgrundlage der Begehungen und Berichte ist die TrinkwV (A) § 5 Abs. 1.

Tabelle 3-3: 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"> • 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

4 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 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 Inspektionstätigkeiten 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 4-1)
- 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. Maßnahmenplan (z.B. nach Abbildung 4-1) eingeleitet werden müssen und durch eine Fachfirma auszuführen sind:

- bei einer hygienischen Belastung der Installation
 - Spülung der Leitungen s. Kapitel 3.13
 - 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
 - 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.
 - Einrichten einer vorübergehenden Desinfektion des Trinkwassers; die erforderliche Mindestkonzentration an Desinfektionsmittel (Tabelle 5-15) 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 5-15)
 - 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. 3.10 bereitgestellt werden
 - soweit Regenwasser gesammelt werden kann und eine geeignete Aufbereitung dafür vorhanden ist, kann dieses in die Aufbereitung eingespeist werden

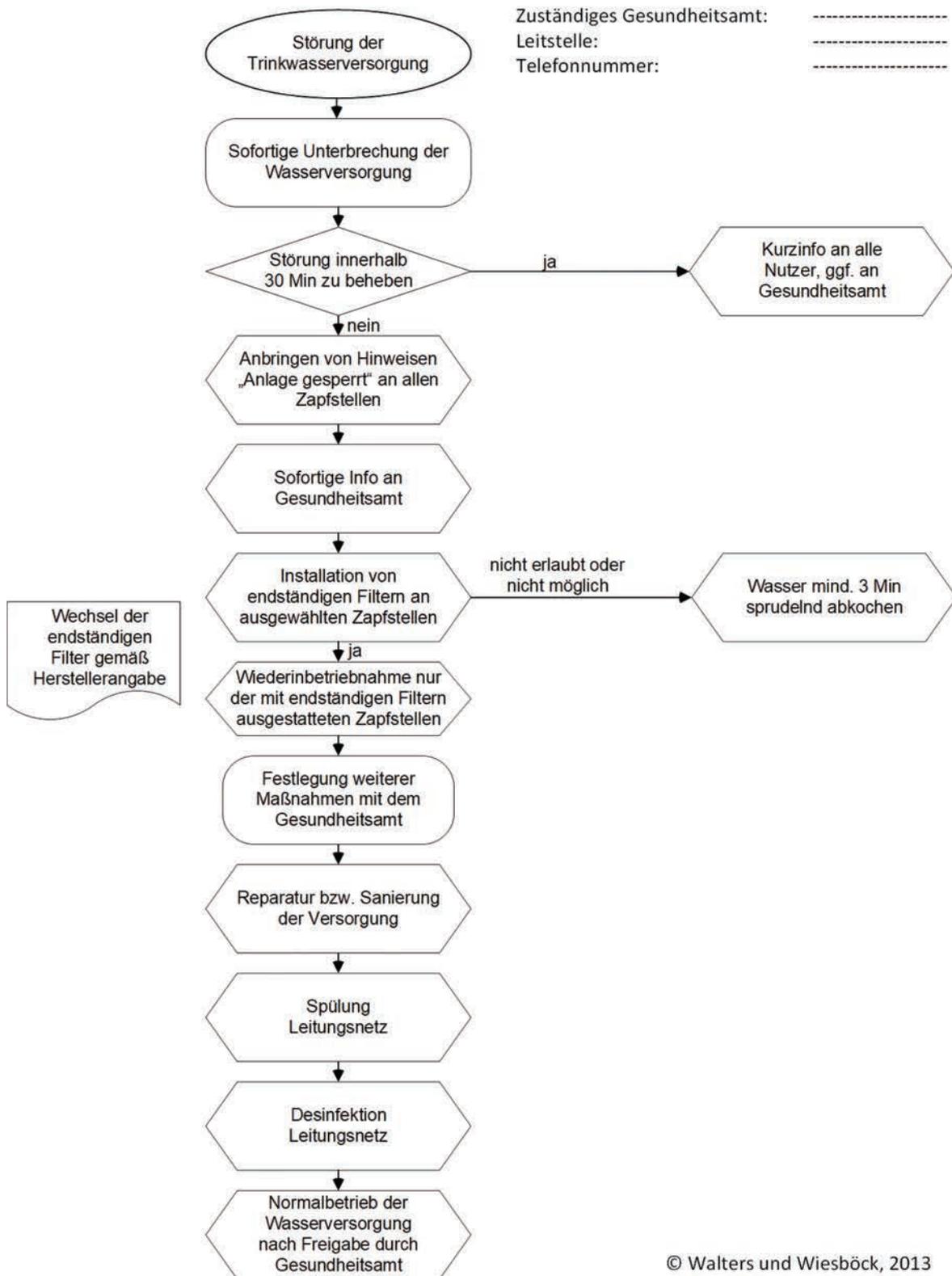


Abbildung 4-1: Exemplarisches Vorgehen zur Trinkwassernotversorgung auf Berghütten (Walters und Wiesböck 2013)

5 Empfehlungen für Planung und Bau

5.1 Grundlagenermittlung

5.1.1 Wasserbedarf

5.1.1.1 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 dieser Handlungsempfehlungen 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 5-1 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 5-1). Eine ähnliche Differenzierung nach Nutzergruppen und technischer Ausstattung bzw. Leistungsangebot liegt den Angaben zum spezifischen Abwasseranfall im ÖWAV Regelblatt 1 zu Grunde (ÖWAV 2000).

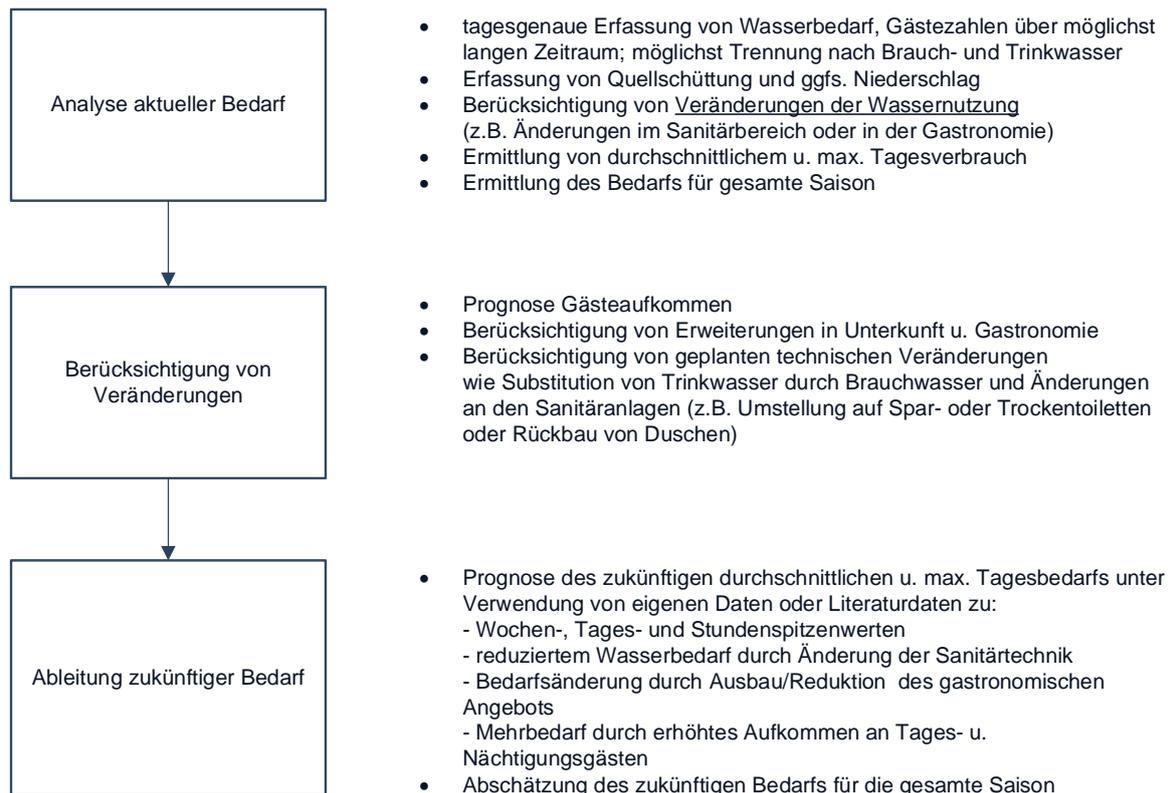


Abbildung 5-1: Ablauf einer Bedarfsprognose

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 5-1: 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 5-1 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 online verfügbaren Anhang ausführlicher 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.

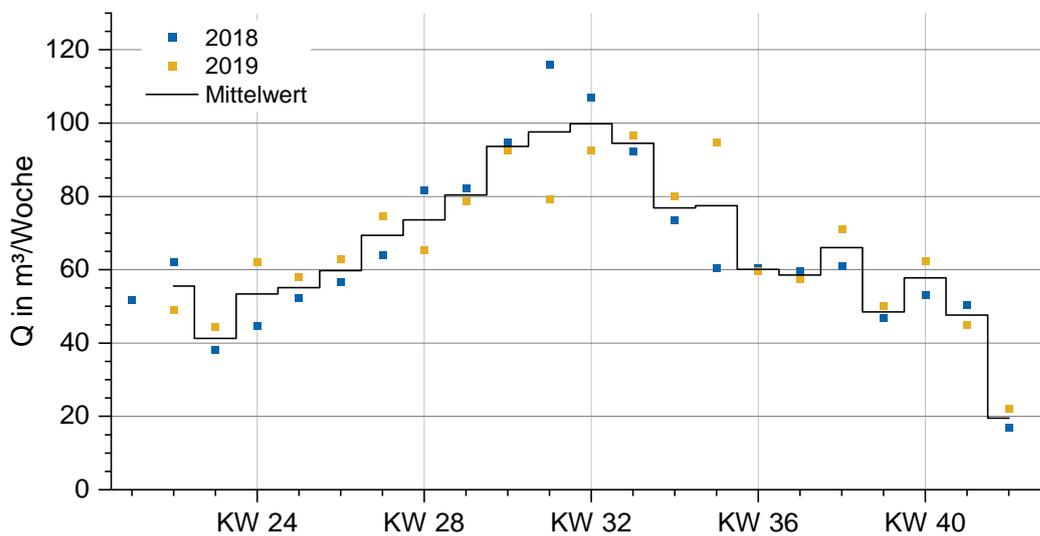


Abbildung 5-2: exemplarischer Jahresgang des Wasserbedarfs

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.

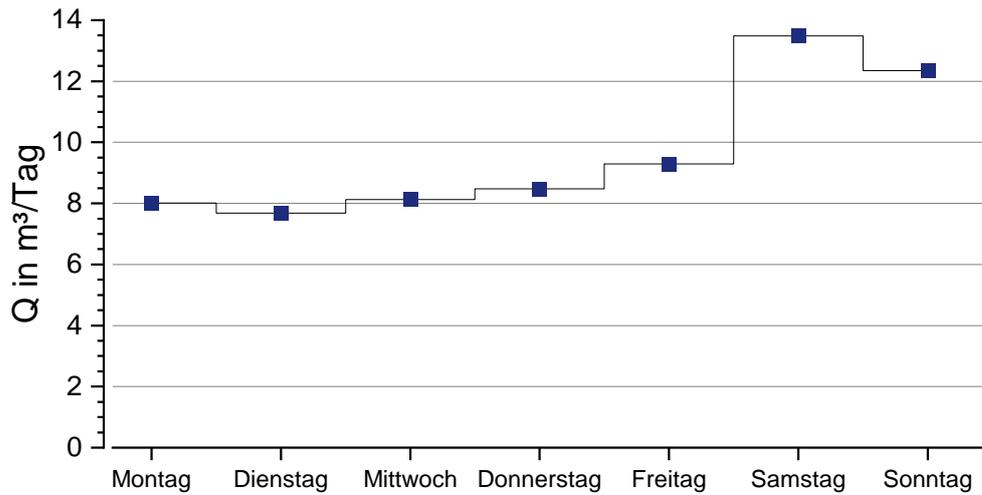


Abbildung 5-3: exemplarisches Wochenprofil des Wasserbedarfs

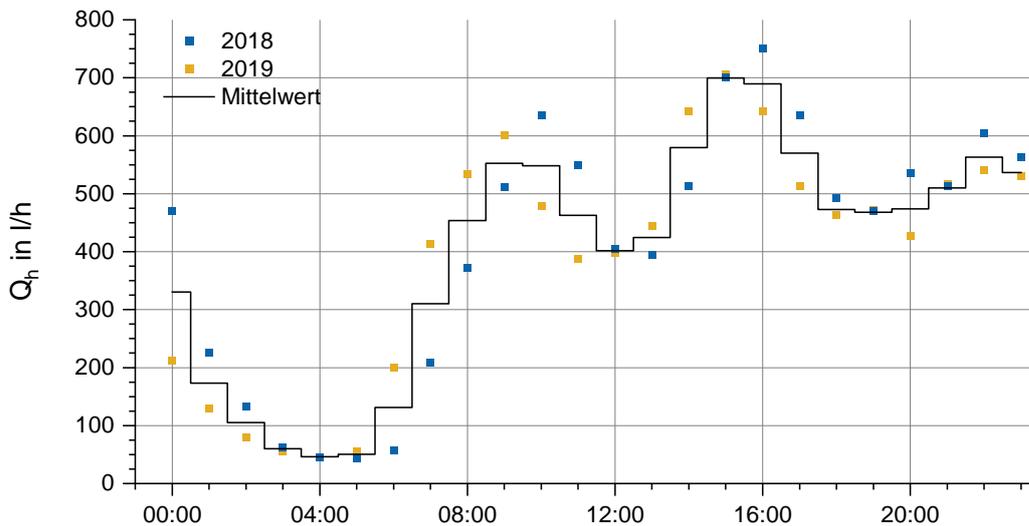


Abbildung 5-4: exemplarisches Tagesprofil des Wasserbedarfs

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. 5.1.1.3).

Der zuvor für die Beispielhütte angegebene Tagesspitzenfaktor kann als typischer Wert angesehen werden (Abbildung 5-5). 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 5-6).

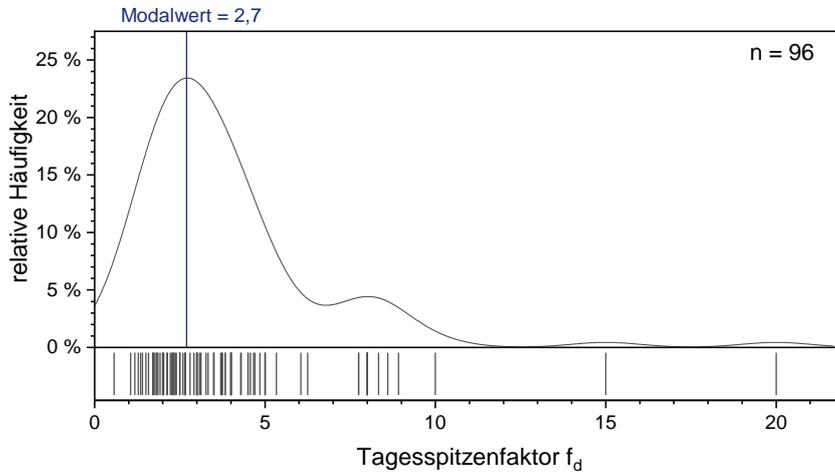


Abbildung 5-5: Tagesspitzenfaktoren (Datenbasis IEVEBS)

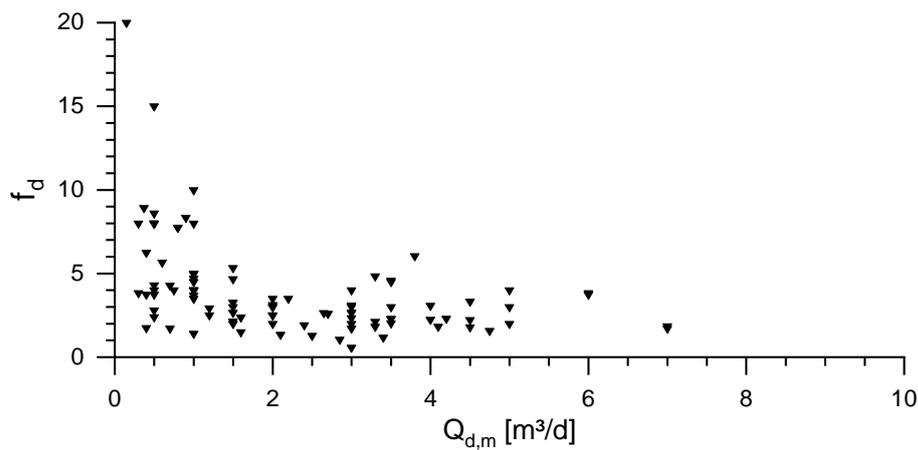


Abbildung 5-6: Tagesspitzenfaktoren als Funktion des Tagesbedarfs (Datenbasis IEVEBS)

Wie aus der Abbildung 5-4 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 5-2).

Tabelle 5-2: 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. 5.3 und 5.4). 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. 5.5.2).

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 5-3: Übertragung der Literaturwerte auf die im Projekt verwendeten Nutzergruppen (TG: Tagesgast, NG: Nächtigungsgast, P: Personal)

		spezifischer Wasserbedarf q_d (l/(Person · d))
--	--	--

	Quelle	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 5-7).

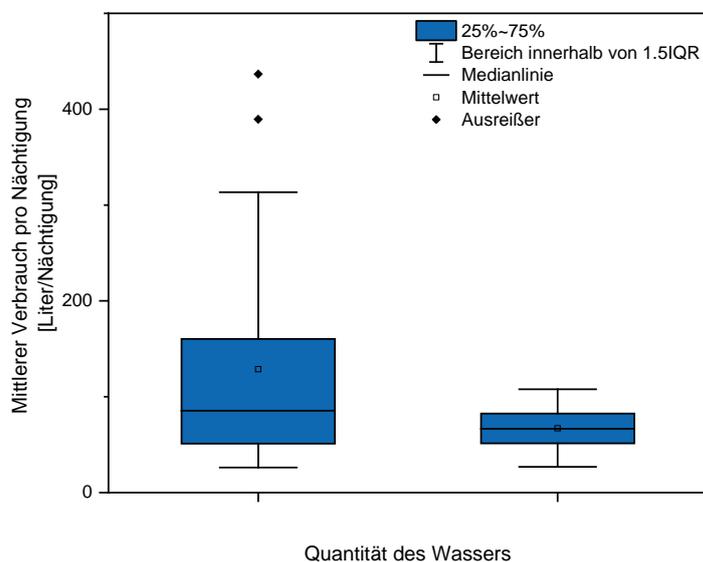


Abbildung 5-7: Mittlerer Wasserbedarf je Nächtigung (n = 29, Daten aus IEVEBS)

5.1.1.2 Möglichkeiten der Bedarfssenkung

Aus der zuvor beschriebenen Abhängigkeit des Wasserbedarfs von den in Tabelle 5-1 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 5-4 zusammengefasst. In welchem Maße der Wasserbedarf durch diese Maßnahmen reduziert werden kann, soll im Folgenden abgeschätzt werden. Die Tabelle 5-5 zeigt dafür zunächst typische Werte für die Häufigkeit, in der Sanitäranlagen genutzt werden und die Verbrauchswerte der jeweiligen Sanitärobjekte. Die Ermittlung der Datengrundlagen ist in online verfügbaren Anhang dargestellt.

Tabelle 5-4: 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 5-6 findet sich in Zeile 1 zunächst der mit den im Anhang 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 5-5: 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 5-6: abgeleiteter Wasserbedarf für unterschiedliche Hüttenausstattungen

		spezifischer Wasserbedarf (l/(Person · d))		
		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 Sanitäreinrichtungen 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. 5.3).

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.

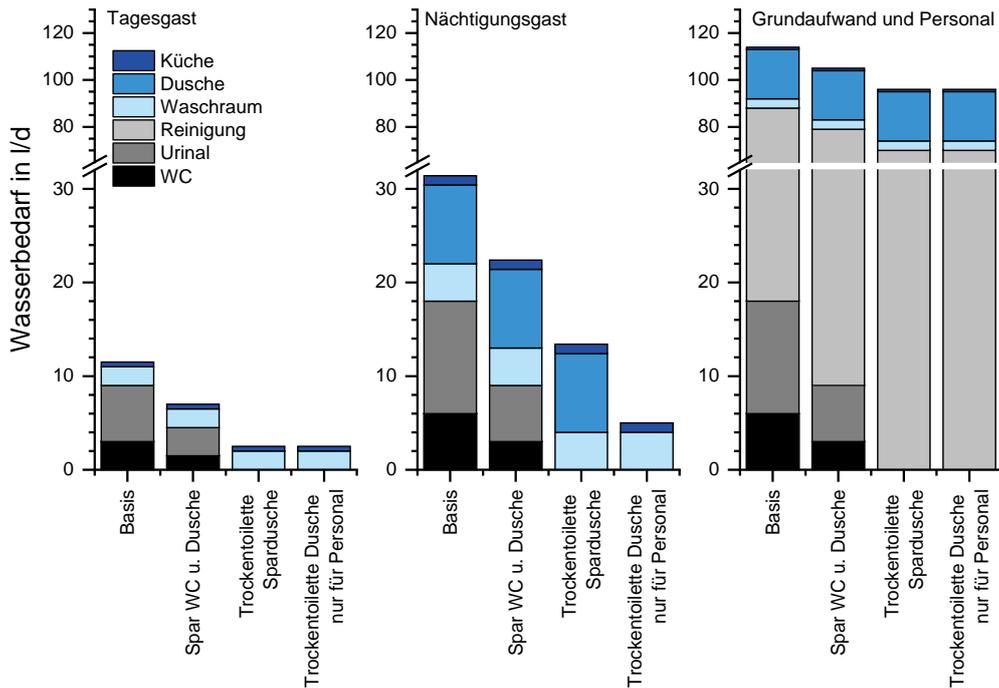


Abbildung 5-8: Wasserbedarf der Nutzergruppen

Welchen Beitrag der Einsatz von wassersparenden Perlatoren und der Wechsel auf Einhandmischern zur Senkung des Wasserbedarfs leisten können, zeigt Tabelle 5-7. Die dargestellten Werte gehen auf Auslaufversuche zurück (Amor 2020).

Aus den 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 Verdreifung 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 5-7: Sparpotenziale durch Drucksenkung (Amor 2020)

Druck	Hahn $\frac{3}{4}$ 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

5.1.1.3 Inhalte und Ablauf einer Bedarfsprognose

Im Folgenden wird das in Abbildung 5-1 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 5-3 und Tabelle 5-6) und die Nutzungshäufigkeiten (Tabelle 5-5) 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 5-8). 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 5-9 fasst die Charakteristika der Szenarien zusammen.

Tabelle 5-8: 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 5-9: 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 5-10: 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 5-10 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. 5.3 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 5.2.4 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.

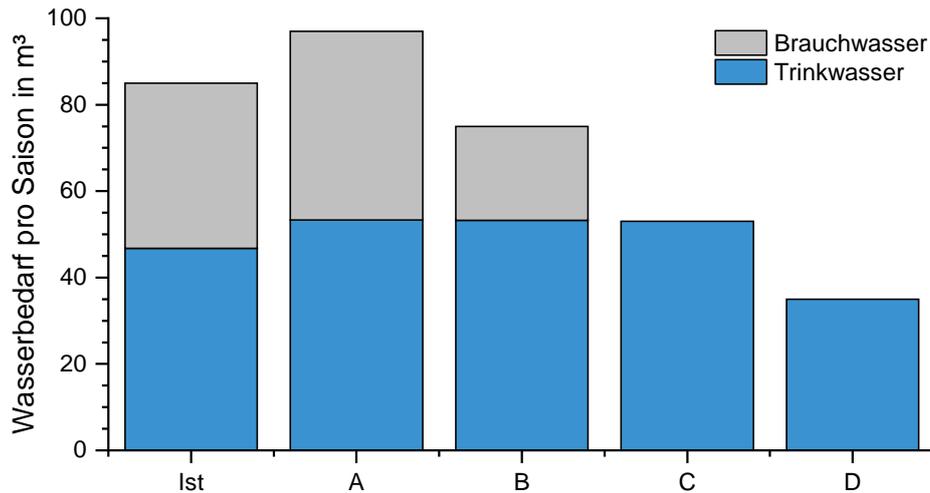


Abbildung 5-9: Veränderung des Wasserbedarfs

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 (s. online verfügbarer Anhang). Auf den Einfluss des gastronomischen Angebotes auf die Höhe des Wasserbedarfs je Gast wurde bereits hingewiesen.

5.1.2 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. 5.2).

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 5-15).

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. 5.1.1) und die Wasserbeschaffenheit (Kap. 5.1.3), 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 hütten-spezifische Erfassung und Anwendung der Daten.

5.1.3 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 5-11). 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 Verschlammung 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. 6) 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 *Escherichia Coli*, Enterokokken, 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 gelbbräunlichen 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. 5.4.2).

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 5-11 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.

Unabhängig von den hier formulierten Empfehlungen sind der von den Gesundheitsbehörden definierte Mindestumfang an Untersuchungen und die Vorgaben zur Beprobungshäufigkeit zu beachten. Kapitel 3.14 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.

Tabelle 5-11: 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							

5.2 Gewinnungsanlagen

5.2.1 Quellfassungen

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 5-10).

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).

Im online verfügbaren Anhang 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).



Abbildung 5-10: Fassungsanlage der Fa. Aquatec. Quelle DAV

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 halbgefüllten 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 5-11).

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.



Abbildung 5-11: seitlicher Zugang zu Behälter. Bildquelle links DAV; rechts W. Kunrath

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 Quellfassungsanlagen 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. 5.4.2).

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 Quellfassung 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 Quellfassungen an deren Zusammenführung errichtet werden. In diesem Fall ist von jeder Quellfassung 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 Seiher 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.

5.2.2 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.

5.2.3 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.

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 Abscheidevorgang 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 Entnahmeort 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.



Abbildung 5-12: Sandfang bei Entnahme von Oberflächenwasser. Quelle Kostrouch

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.

5.2.4 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 ($0 \dots 1$) angegeben, erhält man das Volumen in der Einheit m^3 . Die Abbildung 5-13 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.

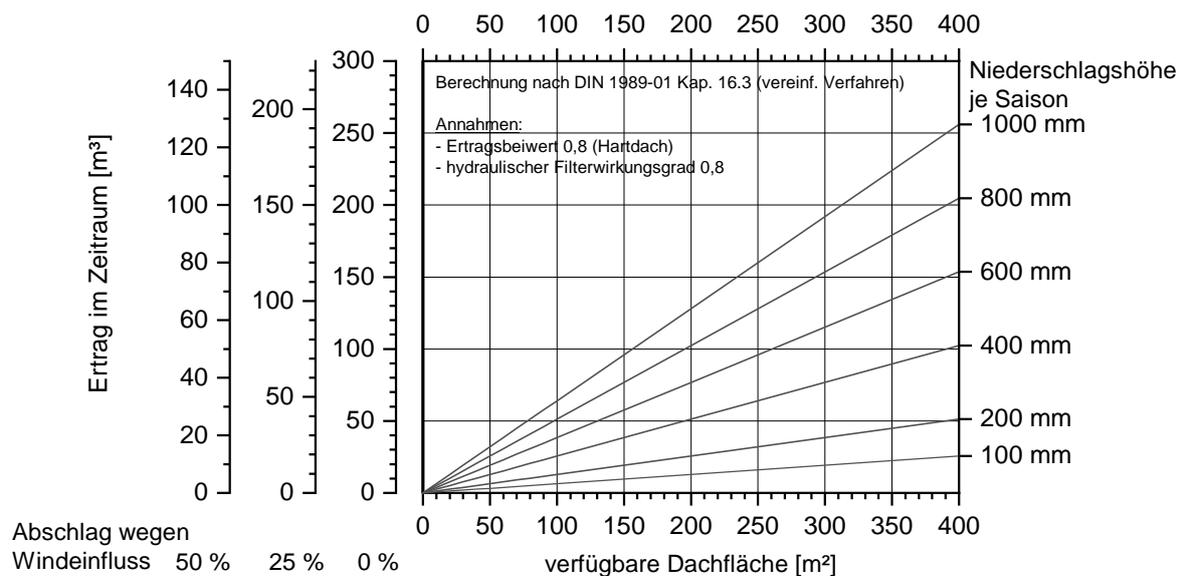


Abbildung 5-13: Abschätzung des möglichen Regenwasserertrags für die Dauer einer Saison

Eine Auswertung der im Rahmen des Projektes IEVEBS erhobenen Daten zu den Schutzhütten ergibt, dass der mittlere Tagesbedarf der Hütten im Durchschnitt bei ca. $2 \text{ m}^3/\text{d}$ 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 m^3 . Bei einer Niederschlagshöhe von etwa 550 mm für den Zeitraum Juli – September (Abbildung 5-14) und einer Dachfläche von 200 m^2 wäre je nach Stärke des Windeffektes ein Ertrag an Regenwasser von 35 bis 70 m^3 zu erwarten. Diese überschlägige Betrachtung für die Beispielhütte aus Kap. 5.1.1.3 zeigt, dass mit dem Sammeln von Regenwasser durchaus ein signifikanter Anteil des Wasserbedarfs einer Schutzhütte gedeckt werden kann.

Die Abbildung 5-14 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.

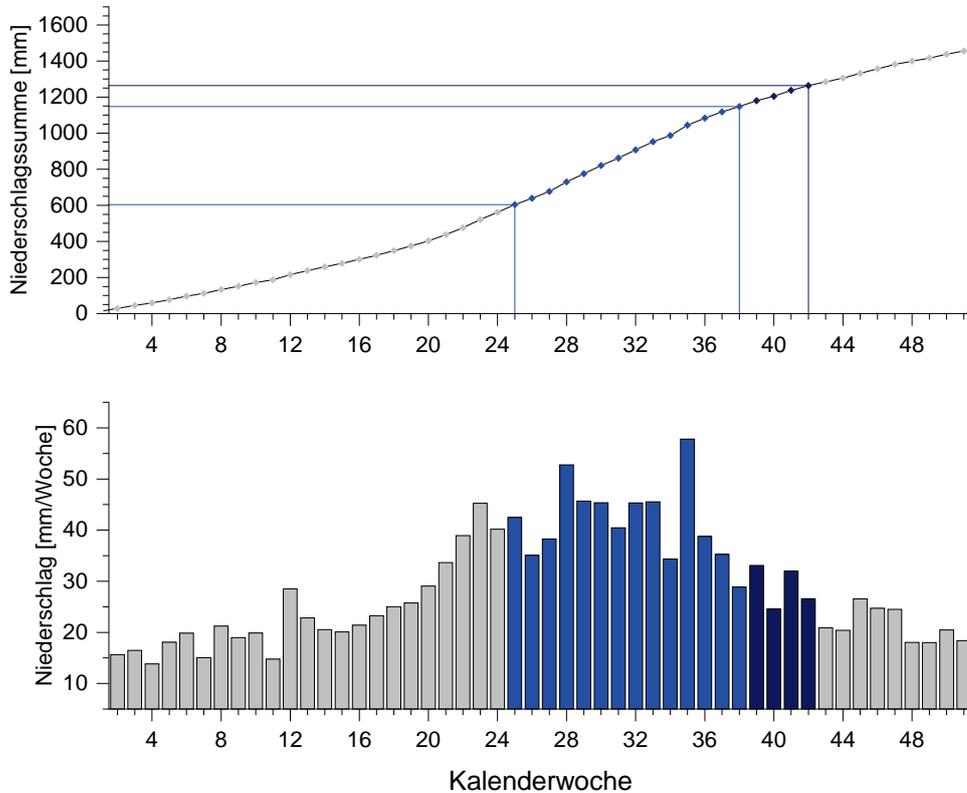


Abbildung 5-14: Niederschlagsdaten der Beispielhütte (Saison plus 4 Wochen Verlängerung)

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 5-12 dargestellten Mengen an Regenwasser, die für Brauch- oder auch Trinkwasserzwecke im Durchschnitt der Saison gewonnen werden können.

Tabelle 5-12: 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 5-12 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 5-15). Die durchschnittliche Niederschlagshöhe eines Regenereignisses lag bei 5 mm.

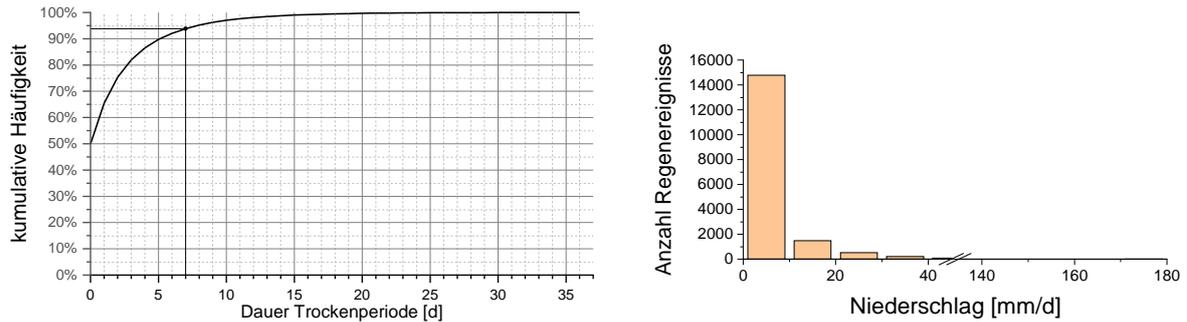


Abbildung 5-15: Statistische Charakterisierung der Niederschlagsdaten

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. Hartdächer 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 Regenspausen 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 5-16 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.

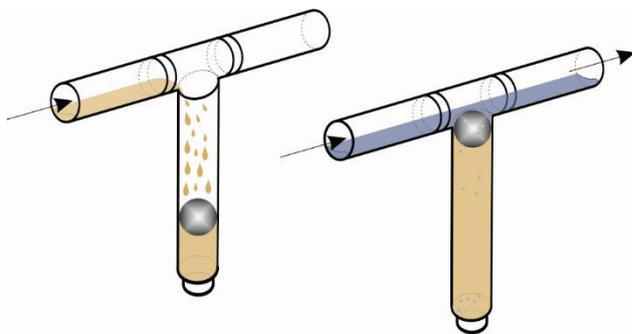


Abbildung 5-16: First Flush Verwurf (verändert nach Blue Mountain Corp.)

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.

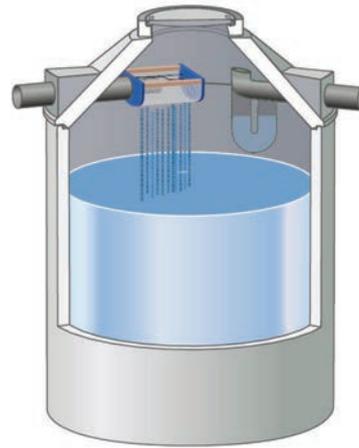


Abbildung 5-17: Beispiele für Filter für Regenzysternen. Quelle Mall / HTI Gienger

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. 5.4.2) und eine Desinfektion voraus (Kap. 5.5). 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. 5.4.3). 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 Diesellaggregaten 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

5.3 Wasserspeicherung

5.3.1 Speicherung verschiedener Wasserqualitäten

Bei der Wasserversorgung alpiner Schutzhütten können zum Ausgleich zwischen Wassergewinnung und Wasserbedarf Speicher an verschiedenen Stellen der Versorgungsanlage angeordnet werden (Abbildung 5-18). 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.

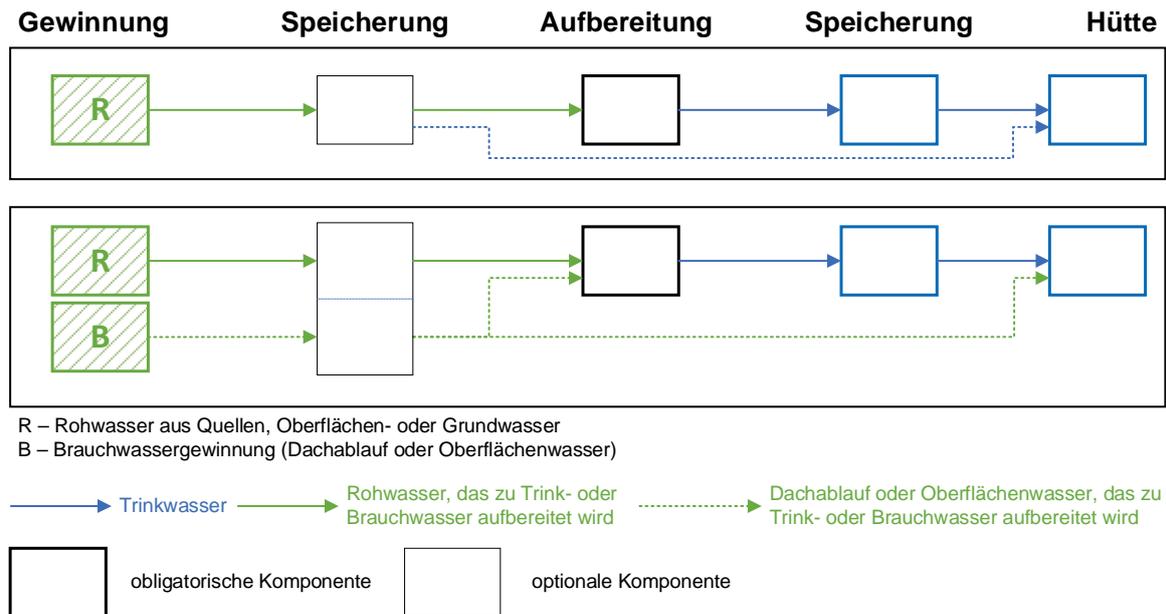


Abbildung 5-18: Optionen der Wasserspeicherung

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.

5.3.2 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 5.1.1.3 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 5-10). 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 Nächtigungsgästen wird im Folgenden nicht mehr weitergeführt.

Für die Bemessung der Speicher ist weiterhin die in Kapitel 5.2.4 vorgestellte Methode zur Abschätzung des Ertrages an Regenwasser auf den Fall der Beispielhütte anzuwenden.

Die Tabelle 5-13 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.

Für die Bemessung der Speicher können die Werte aus Tabelle 5-13 genutzt werden. Wie eingangs dargelegt, können verschiedene Kombinationen von Roh-, Trink- und Brauchwasserspeichern unterschieden werden. Die Tabelle 5-14 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

Tabelle 5-13: 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 _{Regenwasser,m}	m ³ /w	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Q _{Regenwasser,max}	m ³ /w	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Q _{Regenwasser,min}	m ³ /w	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7

Die in Tabelle 5-14 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 5-14: 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 5-3 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 5-5). 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 5-19). Allerdings ist die Spannweite der vorhandenen Behältervolumina sehr groß. Eine einheitliche Vorgehensweise bei der Dimensionierung ist daraus nicht erkennbar.

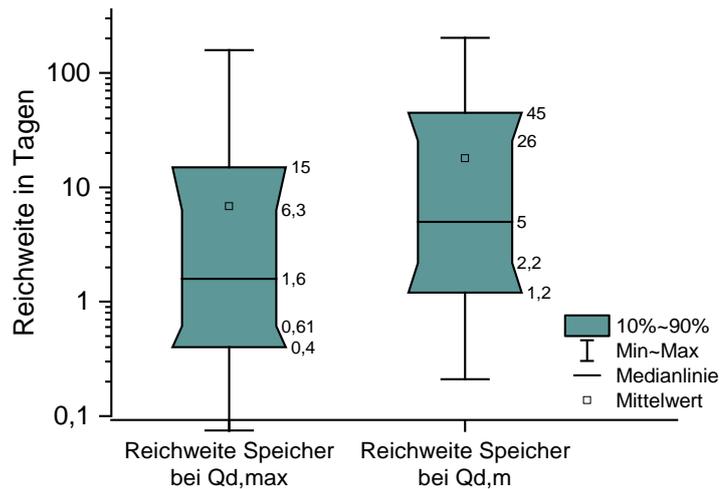


Abbildung 5-19: Durchschnittliche Reichweite der Wasserspeicher beim maximalen und beim mittleren Tagesbedarf (Daten IEVEBS)

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.

Die gezielte Bewirtschaftung der Behälter über den Füllstand (Absenken bis auf Mindestreserve) stellt den Austausch des Behälterinhaltes auch bei geringer Entnahme sicher. Ein Aufkeimen im Reinwasserspeicher wird vermieden, wenn der Inhalt des Behälters 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 fester Verbindung ist ein Systemtrenner (z.B. Grünbeck Geno G5) vorzusehen.

Andere Desinfektionsmittel können nur bis zum Erreichen der maximalen Zugabekonzentration nachdosiert werden (Tabelle 5-15). 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).

5.3.3 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 Speicher 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.

5.4 Aufbereitung

5.4.1 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 im Kapitel „Grundsätze“ 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 können 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 Klein- und nicht ortsfesten Anlagen, welche die oben beschriebenen Umstände berücksichtigt und Vorzugsverfahren für die Aufbereitung 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.

5.4.2 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 µm. 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 µm oder 0,1 µm 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 Optimierung erreicht werden. Voraussetzung ist, dass filtrierte Wassermenge und 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.

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 5-20: Zweistufige Partikelentfernung vor UV-Anlage. Quelle: DAV

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.



Abbildung 5-21: Kombination aus spülbarem Vorfilter, zweistufigem Feinfilter und UV-Desinfektion auf der Meilerhütte. Quelle: Wiesböck

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.

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 ausgetragen 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).



Abbildung 5-22: Ultrafiltrationsanlage. Quelle: WiB Heider

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.

5.4.3 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 Behälter 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).

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



Abbildung 5-23: Geschlossener Filter zur Teilentsäuerung

5.4.4 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. 5.1.3).

5.4.5 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 Austauschharzes 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.

5.5 Desinfektion

5.5.1 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 lediglich 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. 5.4.1) 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. 5.4.2). 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 von Wartungsfirmen 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.

5.5.2 UV-Desinfektion

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 5-24). Allerdings ist die Zertifizierung mehrerer Betriebspunkte auch mit höheren Kosten verbunden und meist großen Anlagen vorbehalten.

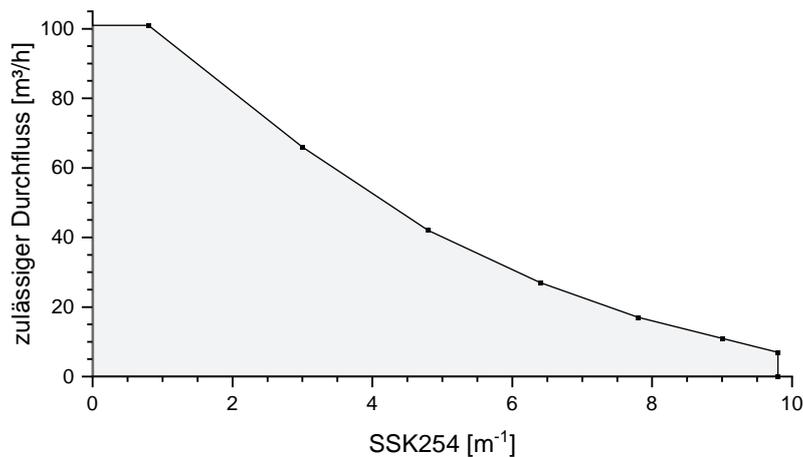


Abbildung 5-24: Beispiel für den zulässigen Betriebsbereich einer zertifizierten UV-Anlage (Spectron) mit mehreren Betriebspunkten

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. 5.1).

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 5-15). 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. 4). Dazu gehört die Möglichkeit, die UV-Anlage zu umfahren, was durch ein entsprechendes Passtück 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.

5.5.3 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 (Chlorbleichlaug), 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 $c \cdot t$ -Produkt bezeichnet. Aus diesem Grund existieren zum Teil auch rechtlich verbindliche Vorgaben zur Einwirkzeit zwischen Dosierung und Abgabe an den Verbraucher (Tabelle 5-15). 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 Spitzenverbräuchen 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.

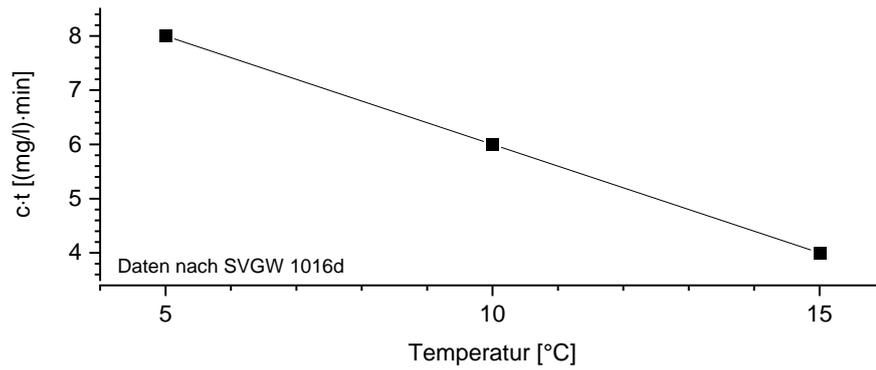


Abbildung 5-25: c-t-Werte für die Desinfektion von Grund- und Quellwasser nach SVGW W 1016

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 5-25) 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 5-15: 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 Cl₂
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 5-26 zeigt für verschiedene Lagerungstemperaturen die Lagerungsdauer, nach der die zulässige Chlorat-Konzentration erreicht wird.

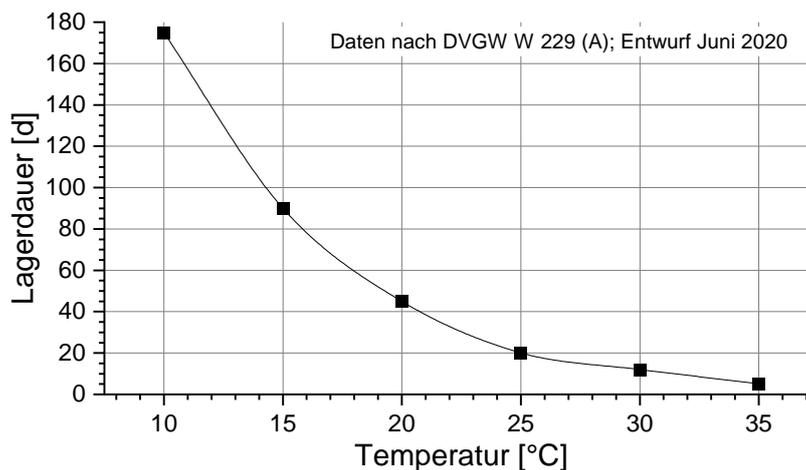


Abbildung 5-26: maximale Lagerdauer bis zum Erreichen der zulässigen Chlorat-Konzentration

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 5-27). 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).

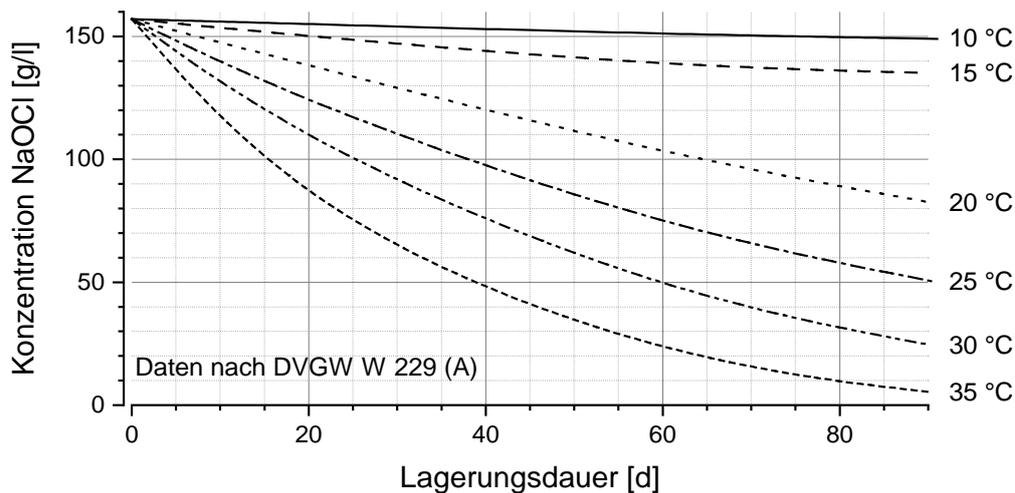


Abbildung 5-27: Abnahme des freien Chlors während der Lagerung

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 für die niedrigste Temperatur und den maximalen Durchfluss erfolgen. Der pH-Wert des zu desinfizierenden Wassers sollte nicht über 8 liegen.

Die 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 Einschränkungen zu empfehlen.

5.6 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 vorhanden 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 5.3. Der Schacht muss vollständig entleert werden können. Soweit er als Trinkwasserspeicher genutzt wird, sollte die UV-Desinfektion im Zulauf zum Behälter angeordnet werden. Es gelten dann die Anforderungen an Trinkwasserspeicher. Alle nachgelagerten Leitungen müssen dann ebenfalls trinkwassere geeignet 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 5.1.1 verwendet werden.

Die Leitungen sind im Gelände und in der Hütte so zu verlegen, dass ein vollständiges Entleeren möglich ist. Dies ist erforderlich, wenn 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 Feuerweherschule erstellt wurde und [online](#) verfügbar ist (Staatliche Feuerweherschule 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 Wachräumen angeboten werden, ist zur Gewährleistung der hygienischen Sicherheit (insbes. Vermeidung 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 Waschräumen können Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums auf den Bereich beschränkt werden, 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 (z.B. für Toilettenspülung) getrennte Leitungen für beide Wasserqualitäten Brauchwasser voraussetzt. Dies muss 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 Fehlanschluss sicher vermieden werden kann.

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

6 Wassersicherheitsplanung

6.1 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 6-1 dargestellten Leitfragen können als gedankliches Grundgerüst jeder Wassersicherheitsplanung angesehen werden.



Abbildung 6-1: WSP-Konzept (Schmoll et al., 2018)

6.2 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.

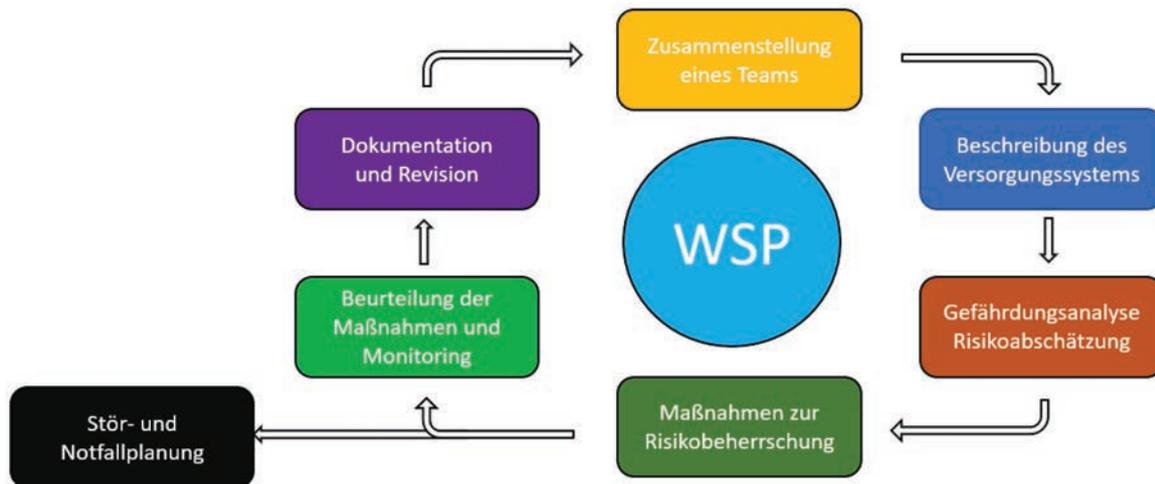


Abbildung 6-2: Ablauf der Wassersicherheitsplanung

6.2.1 Zusammenstellung des 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. Sie ist für Planung und Bau der Anlagenkomponenten zuständig und finanziert meist die im Planungsverlauf 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

6.2.2 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 6-3. 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.

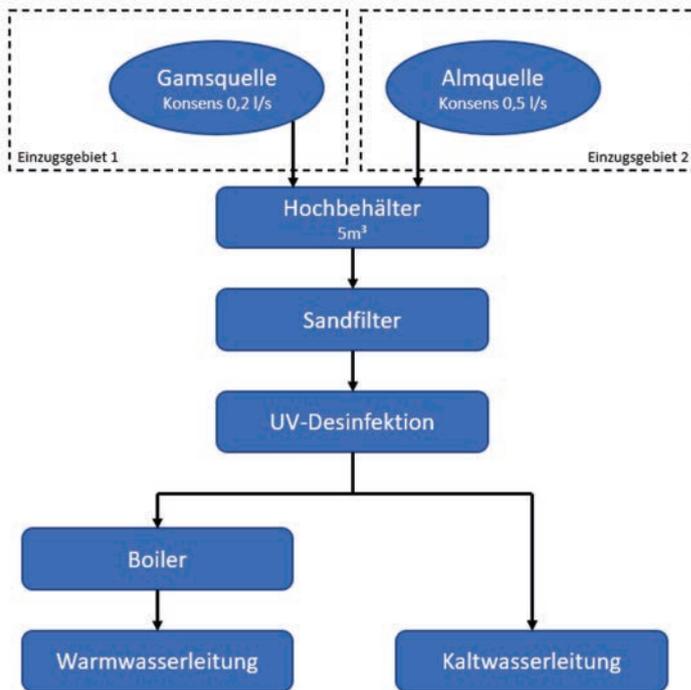


Abbildung 6-3: Beispiel – Fließschema

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 5.1 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.

6.2.3 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. 5.1), empfiehlt es sich laut Schmall 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 Normalbedingungen 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.

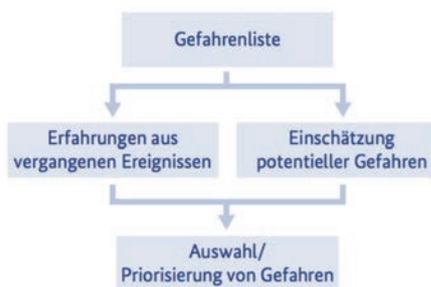


Abbildung 6-4: Ablaufschema einer Gefahrenanalyse (Wienand und Hasch, 2019)

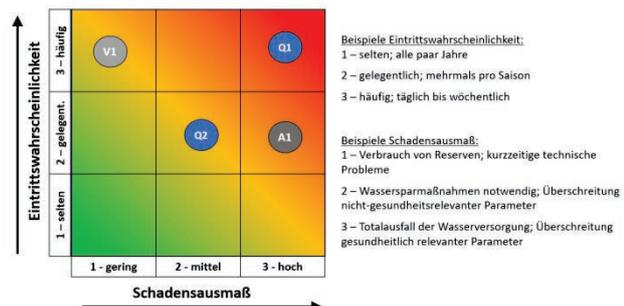


Abbildung 6-5: Risikomatrix – Beispiel

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

6.2.4 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. 3, 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. 4).

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.

6.2.5 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 3 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.

6.2.6 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.

6.2.7 Nicht eliminierbare Gefährdungen

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. 4).

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 entgegengetreten 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 dem Betreiber der Hütte 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.

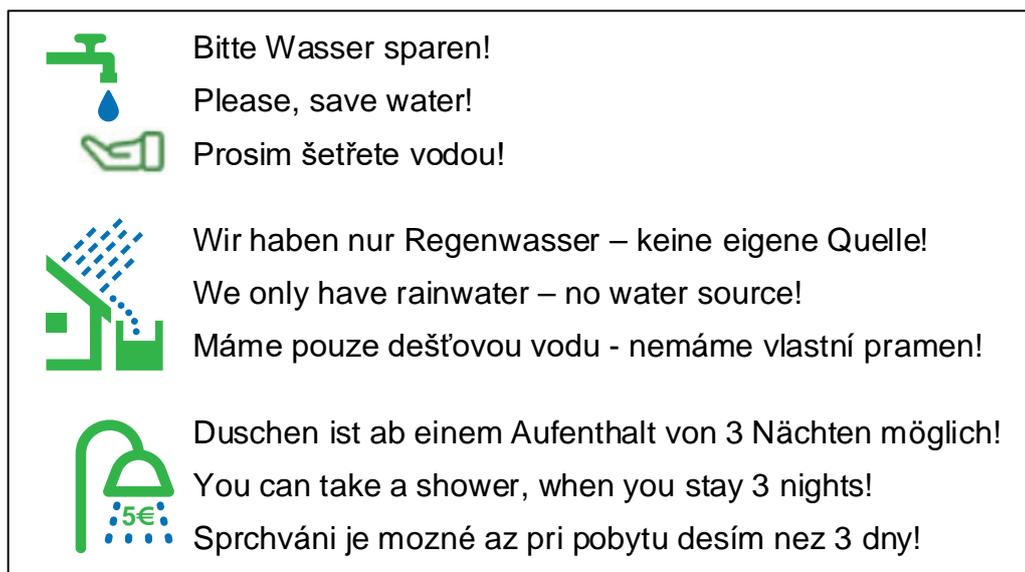


Abbildung 7-1: Exemplarischer Wassersparhinweis für Hüttengäste

8 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/naturumwelt/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 medi. Kommission der UIAA, Nr. 19, Legionellen in Berghütten Empfehlung zur Prävention von Legionelleninfektionen. 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 DaFNE-Forschungsprojekt Nr. 101204. Hg. v. BMNT, zuletzt geprüft am 09.12.2020.
- Jekel, Martin (2009): Uranentfernung in der Trinkwasseraufbereitung. Schlussbericht zum Verbundprojekt - W 4/02/04-A, zuletzt geprüft am 20.11.2020.
- Kapelari, Peter; Unterberger, Georg; Kolbitsch, Robert; Wankerl, Xaver; Kiss, Remo (2015): VADE-MECUM 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-Wasser-treff 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-Kompendium 2014. Hg. v. DVGW. DVGW, zuletzt geprüft am 14.09.2020.
- Müller, Uwe; Witte, Marco; Baldauf, Günther (2007): Partikelentfernung in Kleinanlagen. Karlsruhe: DVGW (Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser Karlsruhe, Bd. 32).
- Neunteufel, Roman; Richard, L.; Perfler, Reinhard; Tuschel, S.; Mader, K.; Haas, E. (2010): Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch - Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen.
- Nicolics, Sandra; Mayr, Ernest; Salamon, Alexander; Perfler, Reinhard (2017): Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung – Ist-Stand Erhebung und Leitfadenerstellung. In: *Österr Wasser- und Abfallw* 69 (5-6), S. 263–274. DOI: 10.1007/s00506-017-0391-2.
- Nicolics, Sandra; Mayr, Ernest; Salamon, Alexander; Perfler, Reinhard (2018): Störfallplanung Wasserversorgung – Leitlinie für den Umgang mit Störfällen, Notfällen und Krisen von kleinen bis hin zu großen zentralen Wasserversorgungen in der Steiermark, zuletzt geprüft am 04.02.2020.
- ÖWAV (2000): ÖWAV-Regelblatt 1 Abwasserentsorgung im Gebirge. 3. Aufl. Wien (1), zuletzt geprüft am 14.08.2020.
- Panglisch, Stefan; Krause, Steffen (2010): Einzelwasserversorgungen. Gefährdungen und Schutz. In: *Tagungsband zum Seminar Wasserversorgung. Politik, Wirtschaftlichkeit, Anlagentechnik; Mitteilungen - Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München* (110), E1-E12.
- permanet (2011): Recommendations for the consideration of Permafrost in drinking water resources management. WP7 Water resources - Action 7.1. Online verfügbar unter http://www.permanet-alpinespace.eu/archive/pdf/WP7_1.pdf, zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- Provinz Bozen (2002): Qualitätsstandards bei Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasserleitungen, zuletzt geprüft am 17.08.2020.
- Ritter, Robert (2017): Orographischer Niederschlag im Alpenraum. Analyse von Beobachtungsdaten und Modelldaten regionaler Klimamodelle. Diplomarbeit. Universität Graz, Graz, zuletzt geprüft am 31.10.2020.
- Schreff, Dieter; Berger, Michael (2006): Zwangsläufig dezentral: Abwasserbehandlung im alpinen Raum. In: *wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik* (6), S. 32–37, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- Staatliche Feuerweherschule Würzburg (Hg.) (2018): Wasserförderung über lange Schlauchstrecken. Merkblatt für Feuerwehren Bayerns. 4.1. Aufl. Würzburg.
- Steinbacher, Gottfried; Niederberger, Thomas; Hubmann, Johannes; Deubler, Hubert; Mayr, E.; Aschauer, C.; Lebersorger, S. (2010): Leitlinien IEVEBS, zuletzt geprüft am 11.08.2020.
- DVGW twin 12, 2019: Temporärer Einsatz endständiger Filter in mikrobiell kontaminierten Trinkwasser-Installationen, zuletzt geprüft am 11.09.2020.
- Treskatis, Christoph (2021): Schüttungsrückgang und Trockenfallen von Quelfassungen. mögliche Maßnahmen und Strategien zur Minderung witterungs- und klimabedingter Einflüsse. In: *Energie Wasser-Praxis* (1), S. 22–29.
- ÖVGW Richtlinie W 107: Trinkwasserdesinfektionsanlagen - Planung und Betrieb.
- UBA (2019): 10. Bekanntmachung der Ausnahmegenehmigungen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/191211_10._bekanntmachung_der_ausnahmegenehmigungen_gemaess_ss_12_trinkwasserverordnung_trinkwv.pdf,.

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.

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.

Danksagung

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

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

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

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

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

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

Impressum

Herausgeber

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2, 49090 Osnabrück
www.dbu.de

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

Verantwortlich

Prof. Dr. Markus Große Ophoff

Gestaltung

Helga Kuhn

Bildnachweis

S. 7 unten: © IB Berger, Garmisch-Partenkirchen;
alle anderen Fotos: DAV

DBU-Projektleitung

Franz-Peter Heidenreich

Druck

Fromm + Rasch GmbH, Osnabrück

Stand

Januar 2022

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Wir fördern Innovationen

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Postfach 1705, 49007 Osnabrück
An der Bornau 2, 49090 Osnabrück
Telefon: 0541 | 9633-0
Telefax: 0541 | 9633-690
www.dbu.de