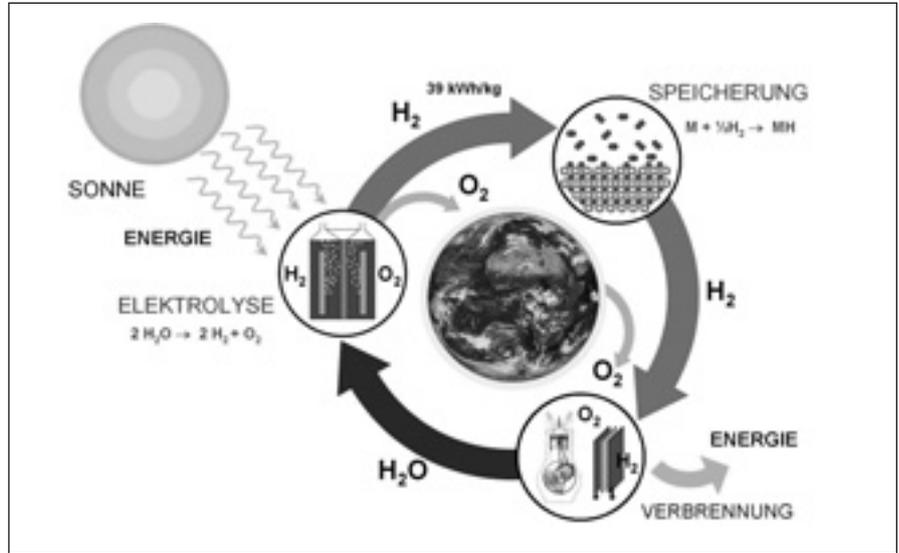




Für Ronald Griessen von der Vrije Universiteit Amsterdam (rechts) steht fest: Wasserstoff spielt langfristig eine wichtige Rolle in der Energie-Versorgung. Links im Bild: Empa-CEO Louis Schlapbach.

rin, den gasförmigen Wasserstoff in den Metallhydriden möglichst dicht zu packen, um eine optimale Energiedichte zu erzielen», so der Wasserstoff-Experte der Empa. Dazu untersucht er mit seinem Team beispielsweise, welche strukturellen Veränderungen Wasserstoff bei der Einlagerung in den Metallen hervorruft, oder wie sich Wasserstoff in Kohlenstoff-Nanostrukturen und metallischen Nanoclustern verhält. Zur Einweihung seines neuen Labors organisierte Andreas Züttel 2007 dann das eingangs erwähnte internationale Wasserstoff-Symposium 2007 an der Empa. Forscher-Kollegen aus Deutschland, Dänemark, Grossbritannien, aus den Niederlanden und aus Japan stellten ihre neuesten Erkenntnisse vor, beispielsweise neue Hydride, die dank besonders hoher Speicher-Kapazität emissionsfreie Fahrzeuge, portable Elektronik oder eine dezentralisierte Energieversorgung erlauben. Ronald Griessen von der Vrije Universiteit Amsterdam präsentierte eine optische Technik, mit der sich Tausende von verschiedenen Hydriden gleichzeitig hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersuchen lassen und welche die Grundlage für Wasserstoff-Sensoren oder für clevere Sonnenkollektoren liefert. Ein Beispiel dafür, wie sich mit geringem Aufwand Erfahrungen mit Wasserstoff-Transportmitteln sammeln lassen, zeigte Rex Harris von der University of Birmingham mit einem umgebauten Kanalboot, für welches Andreas Züttel den Metallhydridspeicher mit einer Speicherkapazität von 5 Kilogramm Wasserstoff entwickelt hat.

Anschliessend gaben vier Mitarbeiter von Andreas Züttel am Symposium Einblicke in die Aktivitäten der neuen Empa-Abteilung «Hydrogen & Energy». Andreas Borgschulte's Gruppe arbeitet daran, durch verbesserte Stabilität der Hydride und mit detailliertem Wissen um die Vorgänge der Wasserstoff-Aufnahme ein energiearmes Auf- und Entladen der Wasserstoff-Speicher zu erreichen. Zbigniew Łodziana und seine Kollegen widmen sich der theoretischen Modellierung komplexer Metallhydride. Die Computer-Berechnungen der atomaren und elektronischen Strukturen von Hydriden und Oxiden erlaubt den Forschern, die beobachteten Phänomene mit theoretischen Modellen zu beschreiben und auf diese Weise neue, viel versprechende Metall-Legierungen aufzuspüren. Das Team von Michael Biemann entwickelt neue Methoden und



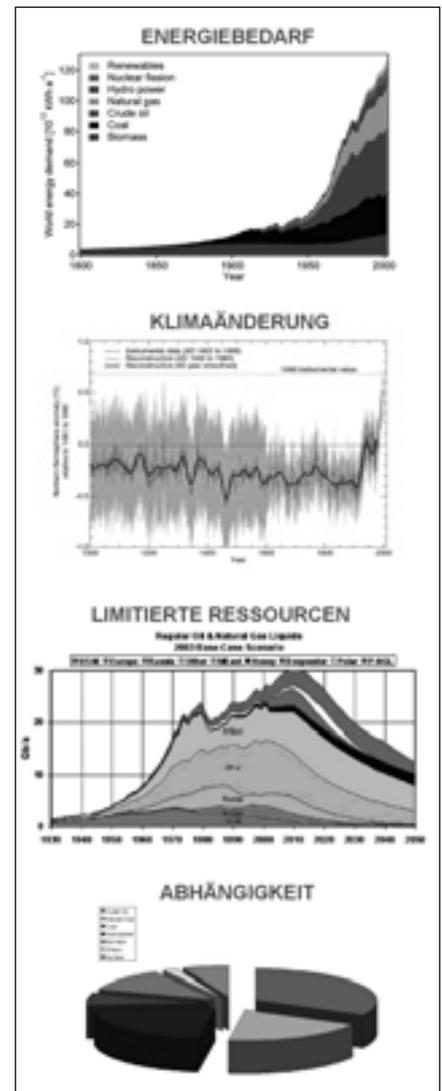
Der Wasserstoff-Kreislauf: Wasser wird mit Hilfe von Sonnenenergie durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der Sauerstoff wird in die Atmosphäre entlassen, während der Wasserstoff in einem Festkörper-Speicher absorbiert wird. Dadurch kann Wasserstoff mit Sauerstoff in Turbinen, Verbrennungs-Motoren oder in Brennstoff-Zellen zu Wasser verbrannt werden, wobei die gespeicherte Energie wieder abgegeben wird.

Geräte, um beispielsweise die Wasserstoff-Aufnahme zu verfolgen und Arndt Remhof untersucht mit seinem Team die physikalischen Eigenschaften von Speicher-Metallen anhand der strukturellen Anordnung ihrer Atome.

Wasserstoff, ein Energieträger mit Potenzial

In der abschliessenden Podiums-Diskussion am Symposium unter der Leitung des Kommunikations-Chefs der Empa, Michael Hagmann debattierten Vertreter und Vertreterinnen aus Forschung, Wirtschaft und Politik über die technologischen und wirtschaftlichen Chancen des Wasserstoffs für die Schweiz und für Europa. Wann beginne denn nun endlich das Zeitalter der Wasserstoff-Wirtschaft, lautete die (provokante) Einstiegsfrage. Laut Ronald Griessen, der am Symposium mit dem erstmals verliehenen «Science of Hydrogen & Energy»-Award geehrt wurde, dürfte es noch etliche Jahre dauern, doch langfristig spiele Wasserstoff sicher eine wichtige Rolle in unserer Energieversorgung. «Es gibt schon Initiativen in den USA und in Europa, beispielsweise der Citaro-Bus von DaimlerChrysler der öffentlichen Dienste in Reykjavik», so Ronald Griessen. Für Empa-CEO Louis Schlapbach besteht ein Unterschied zwischen Wasserstoff-Ökonomie und Wasserstoff-Technologie.

«Noch sind wir weit davon entfernt, Wasserstoff als Energieträger einzusetzen. Doch bereits heute lässt sich die Wasserstoff-Technologie nutzen, beispielsweise in der Sensortechnik sowie auch in der Material-Verarbeitung und -Funktionalisierung», so Louis Schlapbach. Angesichts des IPCC-Klimaberichts und dem nahenden Ende der natürlichen Energievorräte sieht er «massiven Handlungsbedarf». Louis Schlapbach: «Wir müssen aufstrebenden Staaten wie China und Indien zu effizienten Energietechnologien verhel-



Die vier grossen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts: stark ansteigender Energiebedarf, besonders in China und Indien; durch Verbrennung fossiler Energieträger verursachte Klima-Erwärmung; Limitierung von Ressourcen wie Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran; Abhängigkeit der industrialisierten Welt von fossilen Energieträgern.

fen. Es darf nicht sein, diese Länder die gleichen Fehler wiederholen zu lassen, wie wir sie hier in Europa oder den USA begangen haben.»

Für mehr Elan auf politischer Ebene plädierte der Zürcher Nationalrat und Dübendorfer Stadtrat Martin Bäumle. Angesichts der steigenden Energiepreise sollte die Schweiz umgehend handeln, auf Wasserstoff umsteigen und markant in diese Technologie investieren. Nur so habe die Schweizer Wirtschaft auch in Zukunft eine Existenz-Basis. Für eine aktive Rolle der Schweiz in punkto Wasserstoff machten sich schliesslich auch die beiden Industrie-Vertreter stark. «Überall in Europa entstehen Pilotanlagen für Wasserstoff, nur in der Schweiz manifestiert sich kein Wille, aktiv zu werden», so Ernest Burkhalter, CEO der IHT SA in

Monthey. Und für Friedolin Holdener, Direktor der WEKA AG in Bäretswil, steckt in Wasserstoff nicht zuletzt eine politische Chance: «Wir haben in der Schweiz das Potenzial, Modelle mit Pionier-Charakter zu entwickeln, riskieren aber wieder einmal, die Gelegenheit zu verpassen.»

Ronald Griessen bemerkte zudem, dass nicht nur Geld, sondern auch Zeit und stabile (Förder-)Bedingungen nötig sind, um einer neuen Technologie zum Durchbruch zu verhelfen. «In Holland betrachten wir Energie als Grundlagen-Forschung auf lange Sicht. Die Fördermittel für Wasserstoff-Technologie betragen 18 Millionen Euro, wobei ein Viertel von der Industrie kommt.» Der Wasserstoff-Pionier setzt auf offene Kommunikation, um bei den Konsumenten ein Umdenken herbeizuführen. Ronald Griessen: «Die Menschen lassen

sich für eine nützliche Sache begeistern, wenn man ihnen die Zusammenhänge erklärt und die nötige Überzeugungsarbeit leistet. Denn wenn sie durch den Einsatz von noch saubererer Energie zu einer schadstoffärmeren (Um-)Welt beitragen können, sind sie auch bereit, höhere Energiepreise zu zahlen.»

*Autorin: Elsbeth Heinzelmann
(freie Wissenschafts-Journalistin)*

*Fachliche Informationen:
Prof. Dr. Andreas Züttel
Abteilung Hydrogen & Energy
Empa Dübendorf
Telefon 044 823 40 38
E-Mail: andreas.zuetzel@empa.ch
Internet: www.empa.ch*

Nachrüstung mit Solarkollektoren – ein Erfahrungsbericht aus der Praxis

Die Sonne einbinden...



Angesichts des umfassenden und erprobten Angebots der Solar-Branche entschied sich dieser Hausbesitzer für die Installation einer Solar-Anlage zur Warmwasserbereitung und zur Heizungs-Unterstützung.

Fotos: Ernst W. Halliner/z.V.g.



Dachfläche mit Fotovoltaik-Anlage (oben) und Solar-Kollektor für Warmwasser (unten rechts).

Die Nutzung der Sonne zur Warmwasserbereitung und Heizungs-Unterstützung hat den Durchbruch geschafft. Die massiv gestiegenen Öl- und Gaspreise einerseits, das Angebot von hochwertigen Systemen andererseits veranlassen auch Eigentümer bestehender Bauten auf Sonnenenergie umzusteigen. Eine kompakte Wärmeübergabe-Station mit Solar-Regelung erleichtert die Anlagen-Nachrüstung.

Die Kosten der fossilen Energieträger haben bei vielen Hausbesitzern bereits die Schmerzgrenze überstiegen. Zudem ist eine Strompreis-Verdoppelung innert der nächsten 10 bis 15 Jahren unvermeidlich. Der Weg in eine gesicherte und umweltverträgliche Energie-Zukunft führt über die Nutzung der Sonnenenergie und der Geothermie. Für die Konsumenten und Hausbesitzer sind der sparsame Umgang und die Nutzung der grössten ver-

fügbaren Energie-Quelle, der Sonne, eine unverzichtbare Notwendigkeit.

Technisch und wirtschaftlich erprobt

«Dank Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses von Solaranlagen zur Wärme-gewinnung ist die Zeit für die wirtschaftliche Nutzung von Sonnenenergie definitiv angebrochen», so Heiner Lenz, Hersteller solarer Systeme.

In der Schweiz ist heute beinahe jedes Dach für die Installation einer Sonnenkollektor-Anlage für die Warmwasserbereitung und die Heizungs-Unterstützung geeignet.

Bei einem Einfamilienhaus etwa können mit Solar-Panels jährlich bis zu 75% des Energie-Bedarfes für die Warmwasserbereitung gedeckt werden. Zusätzlich ist die

Unterstützung der Gebäudeheizung möglich. Bei Niedrig-Energiehäusern sind solare Deckungsgrade von über 65% bis 80% des Jahres-Energiebedarfes möglich.

Nachträgliche Installation problemlos möglich

Die solare Warmwasserbereitung kann bei praktisch allen bestehenden Gebäuden in die bestehende Heizungsanlage eingebunden werden. Die vorhandene Gebäude-Substanz bezüglich Wärmedämmung und Luftdichtigkeit hat dabei kaum Einfluss auf die Nutzung der Solaranlage. Dem sinnvollen Einsatz von Solar-

Bitte lesen Sie weiter auf Seite 52

Informations- und Weiterbildungs-Tagung für Feuerungskontrolleure

Am 19. November 2008 wurde in Zürich zur Informationstagung eingeladen. Die Tagesschwerpunkte waren:

Luftreinhaltung in der Schweiz

Ulrich Jansen, ehemaliger Sektionschef BAFU, orientierte über die Wirkung, Zielerreichung und Zukunftsperspektiven der LRV in der Schweiz.

Holzfeuerungen/Kontrolle/Vollzugssysteme und Erfahrungen

PD Dr. Thomas Nussbaumer ist in seinem Referat auf die Holzfeuerungen aus der Sicht der Luftreinhaltung eingegangen.

*Mit den Vollzugssystemen und Erfahrungen von drei Kantonsvertretern, nämlich **Herbert Limacher**, Kanton Zürich, **Dominik Noger**, Kanton St. Gallen und **Reto Wüest**, Kanton Luzern und den News über die Feuerungskontrolle, übermittelt von **Roland Rüfenacht**, *beco Bern*, wurde dieser Themenblock abgeschlossen.*

Kostenexplosion bei den Energiepreisen, nachhaltige Energieerzeugung in Heizungsanlagen

Die Meinungs-Gegenüberstellung von verschiedensten Energievertretern wurde interessant dargestellt von:

Heizöl: Philippe Cordonier, Erdöl-Vereinigung
Erdgas: Martin Stadelmann, VSG, Verband Schweiz. Gasindustrie
Solarenergie: David Stickelberger, Swissolar
Holz: Andreas Keel, Holzenergie Schweiz

Zusammengefasst wurden die spannenden Referate von *Dr. Christian Leuenberger*.

Bereichert wurde die Veranstaltung durch eine kleine Ausstellung von Messgeräte-Firmen:

Anapol Gerätetechnik AG, Brügg, MRU Kull Instruments, Oftringen, rbr-ecom ag, Marxer Novotech AG, Wetzikon und testo AG, Mönchaltorf.

Alle Referate der Tagung können Sie unter www.gesundheitstechnik.ch/fachkurse/tagung_download.htm nachlesen.



Einführungsreferat

Referent: Dr. Hans Bernhard, Wetzikon, SVG-Präsident

Momentan sind Klimaerwärmung mit dem CO₂-Ausstoss Hauptdiskussionsthema, neuerdings sogar in Amerika. Anzeichen sind auch nicht mehr länger zu übersehen, und es muss etwas getan werden.

Auch wenn die Möglichkeiten der kleinen Schweiz beschränkt sind, können wir doch Beiträge dazu leisten. Dies auch weil unser pro-Kopf-Energieverbrauch wohl nicht jenen der USA und anderer Industrienationen erreicht, aber immer noch mehr als doppelt so hoch ist wie der Weltdurchschnitt. Auch darf nicht vergessen werden, dass wir sehr viele Produktionsmittel in Form von Halbfabrikaten einführen und damit die energieintensive Rohstoffgewinnung und -veredelung dem Ausland überlassen oder sogar nur mit diesen Gütern handeln und Dienste leisten. Wenn alle diese «eingeführte graue Energie» im pro-Kopf-Verbrauch mit einberechnet würde, stünde die Schweiz auch im Kreis der Industrienationen nicht mehr so gut da.

Und die Auswirkungen sind nicht nur in der dritten Welt dramatisch. Auch bei uns muss damit gerechnet werden, dass unsere Alpengletscher mittelfristig verschwinden werden. Wie es dann im Sommer mit dem Wasserhaushalt bei uns aussehen wird, kann man nur erahnen.

Handeln ist angesagt. Weg von fossilen Brenn- und Treibstoffen hin zu nachhaltiger Energienutzung. Sonnenenergie steht uns als Strahlung zur Verfügung, welche direkt als Wärme, photovoltaisch oder als Windenergie genutzt werden kann oder indirekt über nachwachsende Biomasse.

Schweizer waren mit bei den ersten Pionieren der Sonnenenergienutzung. Lei-

der muss aber festgestellt werden, dass es bei uns mit der breiten Einführung der neuen Technologien hapert. Dies kann man besten bei einer Fahrt durch Deutschland gesehen werden. In einzelnen Gegenden hat es bereits bei mehr als der Hälfte der Häuser thermische oder photovoltaische Solarzellen auf dem Dach. Es macht ja auch Sinn, die Energie am Verbrauchsort zu produzieren statt sie über weite Strecken mit teuren Infrastrukturen zu transportieren.

Die neueste Strompreisdiskussion hat ja gezeigt, dass der Transport von Strom nicht gratis zu haben ist.

Die steigenden Preise für fossile Brennstoffe können hier einen neuen Schub auslösen. Auch wenn der Ölpreis wegen der sich abzeichnenden Rezession wieder etwas tiefer liegt – langfristig kann er nur steigen, wenn die Menschenmengen von China und Indien auch unseren Lebensstandard erreichen wollen, und weitere Schwellenländer sind bereits in Warteposition. Parallel dazu wird auch der Gaspreis und in kleinerem Ausmass der Preis von Holz und Elektrizität mitziehen. Energie ist nicht mehr weiter so billig zu haben. Energie war im Mittelalter der limitierende Faktor für wirtschaftliche Aktivitäten. Wir müssen nicht mehr dahin zurück, aber ein vernünftigerer Umgang mit Energie ist Gebot der Stunde.

Einige Entwicklungen sind bereits eingeleitet. Heute werden kaum mehr neue Häuser mit Öl beheizt.

Es stehen verschiedene Alternativen an: Wärmepumpen statt Feuerungen. Aber auch hier hat es einen Pferdefuss: sie haben wohl einen sehr guten Wirkungsgrad – je nach Bedingungen bis zu 250% – und sie werden mit Strom betrieben, der je nach Erzeugungsart mit einem Wirkungsgrad von 35 bis 40% erzeugt

worden ist. Unter Berücksichtigung der Übertragungsverluste resultiert ein gesamtwirtschaftlicher Wirkungsgrad von weniger als 100%. Dies in Konkurrenz zu einer modernen Ölheizung, welche je nach Definition einen Wirkungsgrad von mehr als 100% haben kann. Aber auch hier gibt es «Umwandlungs- und Übertragungsverluste», bis das Öl am Verbrauchsort eingesetzt werden kann. Wirkungsgradvergleiche sind daher nicht ganz so trivial.

Thermische Solaranlagen verwerten die Energie, welche für uns gratis anfällt, haben aber den Nachteil, dass sie nur als Zusatzheizung eingesetzt werden können, zu Zeiten des grössten Wärmebedarfs – im Hochwinter – ist das Energieangebot am kleinsten. Ohne Zusatzheizung geht es nicht und das macht die Geschichte so teuer.

Bleiben nun noch die Anlagen, welche nachwachsende Biomasse verwerten.

Holzheizungen gibt es seit jeher, schon zu vorindustriellen Zeiten. Sie haben erst in jüngerer Zeit einen Technologieschub erfahren – vorher passierten die technischen Verbesserungen an Kohle- und Ölfeuerungen – Holz war passé.

Das ist glücklicherweise auch passé. Bei den Holzfeuerungen sind beeindruckende Entwicklungen im Gang – bezüglich Bedienungskomfort, Wirkungsgrad und Emissionswerten. Dies ist aber auch dringend nötig, war doch die Feinstaubproblematik das letzte brisante Umweltthema vor der «Treibhausdiskussion». Holzheizungen sind nicht die einzigen Bösewichte, aber doch nicht unerhebliche Emittenten.

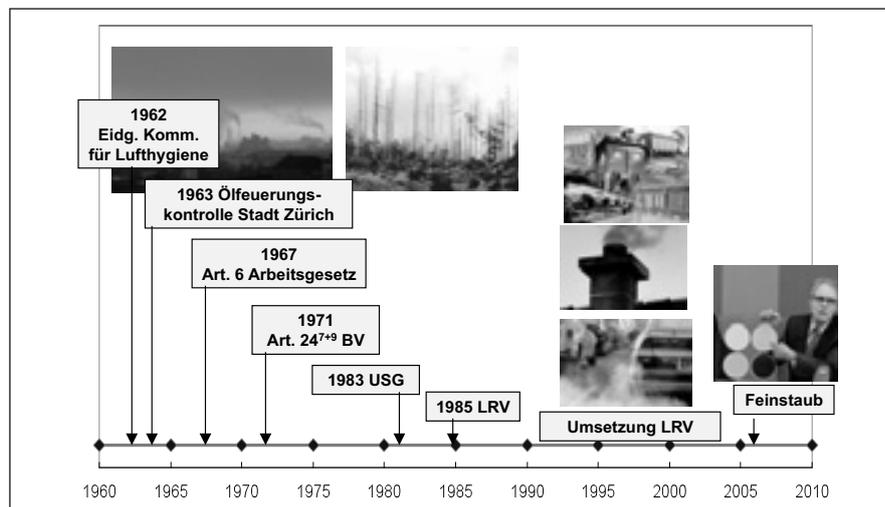
Diese Emissionen zu begrenzen muss ein vorrangiges Ziel sein – damit wäre der Bogen zu den Themen der heutigen Tagung gezogen.

Luftreinhaltung in der Schweiz: Wirkung, Zielerreichung und Zukunftsperspektiven

Ulrich Jansen, ehemaliger Sektionschef BAFU

Übersicht des Referates

- **60er-Jahre**
Pionierzeit der Luftreinhaltung
- **70er-Jahre**
Der Konflikt zwischen Mensch und Natur wird thematisiert. Die Luftverschmutzung wird als Problem erkannt.
- **80er-Jahre**
Umweltschutzgesetz und Luftreinhalteverordnung entstehen
- **90er-Jahre**
Umsetzung der Luftreinhalteverordnung
- **nach 2000**
Bilanz und Aussicht



Zusammenfassung: Eckpunkte der schweizerischen Luftreinhalteverordnung.

60er-Jahre: Pionierzeit der Luftreinhaltung

- 1962: Der Bundesrat beruft die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL ein
- 1963/64: Die Stadt Zürich führt die Ölf Feuerungskontrolle ein.
- 1967: Das Eidgenössische Arbeitsgesetz erhält einen Immissionsschutzartikel (Art. 6) ... «Schutz vor schädlichen und lästigen Immissionen»

Welche Schadstoffe standen im Fokus?

- Russ und Staub
- Schwefeldioxid
- Schwermetalle
- Gerüche
- Beim Verkehr auch Kohlenmonoxid

70er-Jahre: Der Umweltschutz erhält seinen Namen

Der Konflikt zwischen Natur und Mensch wird ausgiebig diskutiert. Die Luftreinhaltung der 70er-Jahre fokussiert sich in erster Linie Massnahmen auf den Bereich Industrie und Feuerungen.

Was geschah rechtlich?

- 1971: Volk stimmt Verfassungsartikel zum Umweltschutz zu.
- 1979: Bundesrat legt Entwurf zum Umweltschutzgesetz vor.
- Das Bundesamt für Umweltschutz (BUS) erarbeitet erste Vollzughilfen zur Luftreinhaltung (Richtlinien).

Der Durchbruch kommt Anfang der 80er-Jahre

- Waldsterben wird politisches Thema.
- Die eidgenössischen Räte halten eine Sondersession Waldsterben ab.
- **Umweltschutzgesetz und Luftreinhalte-Verordnung treten in Kraft**
 - Das Parlament verabschiedet unverhofft rasch im Oktober 1983 das neue Umweltschutzgesetz (USG).
 - Der Bundesrat setzt am 1. Januar 1985 das Umweltschutzgesetz in Kraft.
 - Der Bundesrat setzt am 16. Dezember 1985 als erste Verordnung zum Umweltschutzgesetz die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) in Kraft.

Wie das Konzept der Luftreinhaltung praktisch umgesetzt wurde

Vorsorgliche Begrenzung der Emissionen (technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar): Für Feuerungen sowie Industrie- und Gewerbeanlagen wird dieses Thema in der LRV auf etwa 84 Seiten behandelt. Für Fahrzeuge und Verkehrsanlagen durch je einen Artikel.

Das Thema Verschärfte Massnahmen (nicht mehr «ganz» wirtschaftlich tragbar) behandelt die LRV auf etwa 3 Seiten. In der Vergangenheit war davon sehr oft der Verkehr betroffen.

Einige der Gründe für den nachhaltigen Erfolg der LRV

- Die LRV stellt ein in sich geschlossenes System für jeden (Rechts-)Fall dar.
- Die LRV enthält kaum Ausnahmeregelungen, welche generelle Erleichterungen erlauben würden. Sie ist in diesem Sinn sehr streng formuliert.
- Rückblickend darf festgestellt werden, dass die LRV insbesondere im vorsorglichen Bereich der Emissionsminderung von stationären Anlagen viele Erfolge verzeichnete (Feuerungen, gewerbliche und industrielle Produktionsanlagen).

Einige der Gründe für den weniger durchschlagenen Erfolg im Bereich Verkehr

- Rechtlich gesehen stellt die LRV auch im Bereich der mobilen Quellen – also beim Verkehr – ein in sich geschlossenes System für jeden (Rechts-)Fall dar.
- Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen (z. B. Abgaskatalysator für Neuwagen) vermochten aber in den Anfängen die Luftbelastung nicht ausreichend zu vermindern.
- Dadurch wurden verschärfte Massnahmen notwendig. Diese stiessen an die politischen Grenzen der Machbarkeit.
- Weshalb enthält die LRV wenige verkehrsrelevante Bestimmungen?

Bis Anfang der 80er-Jahre wurde der Verkehr noch nicht als wichtige Quelle der Luftverschmutzung erkannt.

- Grund 1: Immissionsgrenzwert für NO_x war im Ausland viel höher, zum Beispiel 100 g/m³ LRV heute: 30 g/m³
- Grund 2: Die schnelle Zunahme der Motorfahrzeuge war nicht absehbar.

- Die Schädlichkeit von Schadstoffen wie NO_x wurde unterschätzt.

Die Umsetzung der LRV 85

- Nach dem Inkrafttreten der LRV wird auf allen Vollzugsebenen aktiv Luftreinhaltung betrieben. Die Kantone bauen eine Vollzugsstruktur auf.
- Der Bund (BUWAL/Empa) richtet ein nationales Beobachtungsnetz für Luftschadstoffe ein.
- Das BUWAL errichtet eine Datenbank über die Schadstoff-Emissionen der Schweiz.
- In Städten und Agglomerationen werden lufthygienische Massnahmenpläne erstellt.

Bilanz und Aussicht

Durch die von Bund, Kantonen und Gemeinden in den letzten 15 Jahren getroffenen Massnahmen konnten die Emissionen von:

- **NO_x und VOC um 40 bis 50%**
- **SO₂ sogar um mehr als 80%** vermindert werden

Nach wie vor ein Problem ist der Feinstaub. Der Aktionsplan Feinstaub 2006 steht in der Umsetzung, der Erfolg muss sich aber erst noch zeigen.

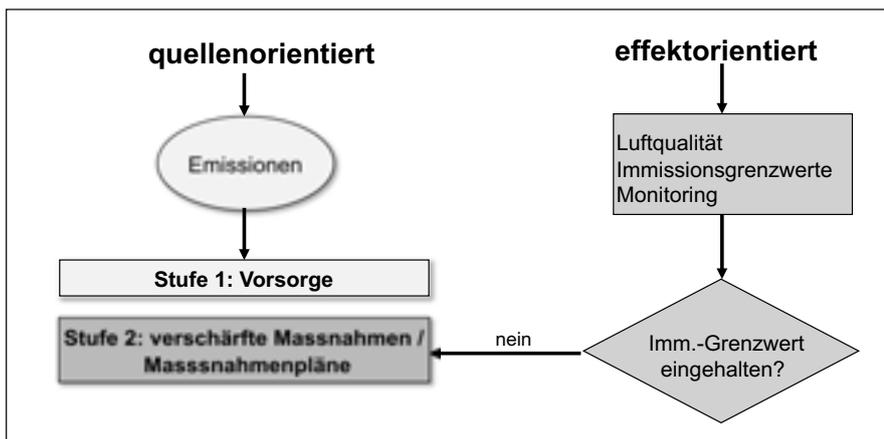
Wie weiter?

Luftreinhaltung kann zukünftig nur noch erfolgreich sein, wenn alle rechtlichen Instrumente gemeinsam und koordiniert eingesetzt werden.

- Luftreinhalte-Verordnung (LRV)
- Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge
- Luftreinhalte-Konzept (LRK) des Bundesrates
- ökonomische Instrumente (z. B. LSWA, VOC-Abgabe) sowie die Zielvorgaben internationaler Abkommen
- (UN/ECE Genfer Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung)

Schlussfolgerungen

- Viele Immissionsgrenzwerte zum Schutz von Mensch und Umwelt werden eingehalten.
- NO₂, O₃- und PM10-Grenzwerte werden aber zum Teil immer noch überschritten
- Die Massnahmen zur Reduktion dieser Schadstoff-Emissionen wären vorhanden.
- Diese Massnahmen müssten aber auf lokaler, kantonaler, nationaler und internationaler Ebene konsequent umgesetzt werden.
- Die gute Nachricht: Die Luft wird besser.
- Die schlechte Nachricht: Die Qualität ist noch nicht ausreichend.
- Optimistischer Ausblick: Weitere Massnahmen sind möglich.
- Wie weiter: Das Zusammenspiel der Instrumente kultivieren.



Das Konzept der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

Holzfeuerungen aus der Sicht der Luftreinhaltung: Grundlagen, lufthygienische Relevanz, Massnahmen zur Schadstoffreduktion

Referent: PD Dr. Thomas Nussbaumer,
Professor für Bioenergie, Hochschule
Luzern – Technik & Architektur,
Inhaber Ingenieurbüro Verenum Zürich

Holz kann als erneuerbarer Energieträger zu einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen. Holzfeuerungen tragen jedoch erheblich zum Feinstaub in der Umgebungsluft bei. Begleitend zu einer Förderung der Energieholznutzung sind deshalb noch Verbesserungen bei Auslegung, Betrieb und Kontrolle zu unterstützen. Zur Ableitung von Massnahmen ist zu beachten, dass zwei unterschiedliche Bildungsarten zu Feinstaub aus Holzheizungen beitragen.

Bei hohen Temperaturen führen im Holz enthaltene Mineralstoffe zu Feinstäuben mit typischen Korngrössen um 0,1 Mikrometer. Bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten können zudem grobkörnige Aschepartikel von bis zu über 10 Mikrometer mitgerissen werden. Beide Staubarten sind anorganisch und bilden den Hauptteil der Staubemissionen korrekt betriebener automatischer Holzfeuerungen. Untersuchungen an Lungenzellen von Hamstern zeigen, dass solche anorganischen Feinstäube deutlich weniger toxisch als Dieselruss sind. Aufgrund der verschärften Anforderungen der Luftreinhalte-Verordnung 2007 ist für automatische Holzfeuerungen über 500 kW dennoch eine effiziente Feinstaubabscheidung erforderlich. Dazu kommen Elektroabscheider und Gewebefilter zum Einsatz. Bei stationärer Betriebsweise der Anlagen wird dadurch eine effiziente Abscheidung gewährleistet. Begleitend zur Einführung der verschärften Grenzwerte ist allerdings sicher zu stellen, dass die Anlagen korrekt betrieben werden. Im Weiteren ist für die Kontrolle entsprechender Anlagen eine Überwachung erforderlich, mit welcher die Anforderungen der Luftreinhaltung sicher gestellt wird, jedoch keine prohibitiven Kosten entstehen. Dazu wird die Einführung einer vereinfachten Überwachungsmethode vorgeschlagen.

In der Flamme können in Zonen mit Sauerstoffmangel hohe Konzentrationen an Russ gebildet werden, welcher bei unvollständigem Ausbrand als russhaltiger Feinstaub emittiert wird. Durch die thermische Zersetzung des Holzes können zudem teerartige Pyrolyseprodukte freigesetzt und bei unzureichenden Bedingungen als organische Kondensate emittiert werden. Diese Arten von Feinstaub enthalten hohe Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und zeigen in Zelltests eine deutlich höhere Toxizität als Dieselruss. Wie Untersuchungen zum Einfluss der Betriebsweise zeigen, weisen handbeschickte Holzfeuerungen bei nicht idea-

lem Betrieb hohe und teils sehr hohe Emissionen an organischen Feinstäuben auf, während ideal betriebene Feuerungen nur geringe Emissionen verursachen. Für handbeschickte Holzfeuerungen ist deshalb ein optimaler Betrieb der Feuerung entscheidend. Dazu wird unter anderem für konventionelle Holzöfen ein Anzünden von oben statt von unten empfohlen. Um die Ausbrandqualität bei der Holzverbrennung zu verbessern, kommt bei automatischen Feuerungen sowie bei Stückholzkesseln das Konzept einer zweistufigen Verbrennung zur Anwendung. Dabei wird das Holz mit so genannter Primärluft in brennbare Gase umgesetzt, die dann möglichst homogen mit anschliessend zugeführter Sekundärluft vermischt wird. Sofern die Luftmenge der freigesetzten Holzleistung ideal angepasst, also eine Verbrennung bei geeignetem Luftüberschuss sichergestellt wird, kann damit eine hohe Ausbrandqualität erzielt werden. Damit kann eine deutliche Reduktion der Emissionen an Kohlenwasserstoffen und an organischem Feinstaub erzielt werden.

Nebst Feinstaub verursachen Holzfeuerungen auch Stickoxidemissionen, die grossteils aus im Brennstoff enthaltenen Stickstoff stammen. Bei kleineren und mittleren Anlagen sind in Bezug auf die Luftreinhaltung jedoch die Feinstaubemissionen prioritär. Für grössere Anlagen kommen daneben zusätzlich auch Verfahren zur Stickoxidminderung zum Einsatz. Wenn unerlaubterweise Abfall mitverbrannt wird, werden weitere Schadstoffe emittiert, insbesondere Schwermetalle sowie Dioxine und Furane, weshalb auch eine korrekte Verwendung der Brennstoffe entscheidend ist. Für die Wirkung der Holzfeuerungen auf die Luftreinhaltung werden damit folgende Schlussfolgerungen gezogen: Holzfeuerungen können Heizöl und Erdgas substituieren, tragen aber zum Feinstaub, insbesondere zum organischen Feinstaub inklusive PAK bei. Unerlaubte Abfall- und Altholzverbrennung führt zusätzlich zu Schwermetallen sowie Dioxinen und Furanen.

Handbeschickte Holzfeuerungen verursachen vor allem organischen Feinstaub durch primäre organische Aerosole (POA) sowie zu Kohlenwasserstoffen, die als Vorläufersubstanzen zur Bildung von sekundären organischen Aerosolen (SOA) beitragen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass SOA in der Umgebungsluft einen relevanten Beitrag zum gesamten organischen Feinstaub beitragen. Die organischen Feinstaubemissionen aus Holzfeuerungen zeigen eine hohe Gesundheitswirkung und sind deshalb prioritär zu vermindern. Im Weiteren zeigen zahlreiche Untersuchungen, dass Emissionen handbeschickter Holzfeuerungen eine grosse Bandbreite aufweisen, wobei insbesondere die Betriebsart entscheidend ist. Eine

kleine Zahl schlecht betriebener Feuerungen mit sehr hohen Emissionen kann so einen grossen Beitrag zu den Gesamtemissionen verursachen. Deshalb ist ein korrekter Betrieb entscheidend. Um dies sicher zu stellen, ist der Vollzug entscheidend und weiter zu verbessern.

Bei heutigen Holzfeuerungen besteht noch ein Optimierungspotenzial in Bezug auf die Strömungstechnik und Regelung. Vor allem für Holzöfen ist davon auszugehen, dass Konstruktionen mit zweistufiger Verbrennung sowie allfälligem Einsatz von Ventilatoren noch eine Verbesserung erzielen können. Als Option zur Feinstaubreduktion bei Kleinanlagen stehen auch verschiedene kleinere Elektroabscheider zur Verfügung. Diese Technik ist noch entwicklungsfähig, wobei in Bezug auf Betriebsweise und Robustheit noch Verbesserungen anzustreben sind.

Für handbeschickte Feuerungen ist zudem anzustreben, dass «robuste» Feuerungen zu entwickeln und in künftigen Prüfmethode auch zu bevorzugen sind, wobei unter robust eine Betriebsweise zu verstehen ist, die einen geringen Betriebsereinfluss aufweist und insbesondere einen Fehlbetrieb mit sehr hohen Emissionen vermeidet.

Automatische Holzheizungen verursachen vor allem anorganischen Staub. Ab 500 kW kommen Elektroabscheider und Gewebefilter zum Einsatz. Bei stationärem Betrieb sind die Reingasemissionen gering, allerdings ist ein guter Betrieb entscheidend und eine geeignete Kontrolle für den Vollzug zu etablieren. Als Alternative zu Holzfeuerungen kommt in Zukunft auch vermehrt die Nutzung von Energieholz in Grossanlagen zur Wärmekraftkopplung und zu Stromerzeugung in Frage. Aufgrund der effizienten Abgasreinigung und der stationären Betriebsweise kann Energieholz dabei mit im Vergleich zu Kleinfeuerungen beinahe vernachlässigbaren Emissionen genutzt werden. Anzustreben ist insbesondere, dass minderwertiges Energieholz in Grossanlagen genutzt wird, während qualitativ hochwertiges Brennholz in Kleinanlagen genutzt werden kann. Grossanlagen können somit auch dazu beitragen, die Qualität des Holzes für Kleinanlagen zu verbessern. Nebst konventionellen Anlagen mit Dampfkrafttechnik und der Feuerung nachgeschalteter Abgasreinigung kommt auch die Vergasung mit Einsatz des Gases in Verbrennungsmotoren oder Gasturbinen in Frage. Diese Technik ermöglicht höhere elektrische Wirkungsgrade bei sehr tiefen Schadstoffemissionen.

Mit diesen Techniken kann Energieholz in Zukunft vermehrt genutzt werden, so dass selbst bei einer Steigerung des Beitrags zur Energieversorgung die Auswirkungen auf die Luftreinhaltung insgesamt vermindert wird.

Kontrolle der Holzfeuerungen: Vollzugssysteme / Erfahrungen

Referent: Herbert Limacher,
AWEL, Abteilung Lufthygiene, Zürich

Als eine Massnahme gegen den Feinstaub müssen die Holzfeuerungen gemäss LRV seit dem 1. Januar 2005 periodisch kontrolliert werden. Leider sagt weder die LRV noch das BAFU etwas darüber aus, wie und was hier kontrolliert werden soll. So wurde im Rahmen des Projekts FairFeuern ein gemeinsames Kontrollkonzept der Ostschweizer Umweltfachstellen ausgearbeitet, an dem sich die Kantone orientieren können.

Im Kanton Zürich ist die Situation noch etwas schwieriger, weil neben dem Kaminfegerwesen auch das Feuerungskontrollwesen zum grossen Teil liberalisiert ist – das bedeutet in dem Fall, dass der Anlagebetreiber im Zentrum steht und letztendlich bestimmt, wer bei ihm die Feuerungsanlage reinigt und auch die Feuerungskontrolle durchführt.

Die Feuerungskontrolleure haben dadurch eine aufwändigere Administration zu bewältigen, in dem sie Korrespondenzen führen und die Termine überwachen müssen. Auch bei uns agieren sie mehrheitlich als private und eigenständige Geschäftsstellen.

Nach der flächendeckenden Erfassung aller kontrollpflichtigen Holzfeuerungsanlagen (ausgenommen sind Anlagen, welche selten betrieben werden, zum Beispiel Cheminées und dergleichen, in welchen weniger als 200 kg = 1/2 Ster Holz pro Jahr verbrannt werden) fordert der Feuerungskontrolleur der Gemeinde den Anlagebetreiber – analog zur Ölfeuerungskontrolle – alle zwei Jahre auf, seine Holzheizung innert Frist kontrollieren zu lassen. Wer die Kontrolle durchführt, bleibt in den Gemeinden mit dem Feuko-Modell-2 (Zusammenarbeit mit Fachfirmen) dem Betreiber überlassen. Er kann die Kontrolle zum Beispiel durch den Kaminfeger bei der nächsten Reinigung oder durch den Feuerungskontrolleur durchführen lassen; im Feuko-Modell-1 wird der Feuerungskontrolleur (meist der Kaminfeger selber) die Kontrolle durchführen.

In einer ersten Stufe wird eine Sichtkontrolle durchgeführt. Diese umfasst eine Prüfung und Beurteilung der Anlage, der Asche und des Brennstoffes. Bei der zweiten Kontrolle ist für Anlagen ab 40 kW zusätzlich eine Emissionskontrolle vorgesehen. Dies geschieht in der Regel mittels einer CO-Messung oder optischen Beurteilung des Rauchbildes 15 Minuten nach dem Anfeuern.

Die Einzelheiten des Kontrollmodells finden Sie unter www.luft.zh.ch «Holzfeuerungen und Kontrollkonzept».

Unsere Feuerungskontrolleure verfügen über ein EDV-System zur administrativen Verarbeitung der Kontrolle, über das nötige Fachwissen und die Erfahrung im Zusammenspiel mit dem Anlagebetreiber, dem Servicegewerbe bei automatischen

Holzheizungen, den kontrollierenden Kaminfegern und den zu bedienenden Gemeinden.

Zur Unterstützung stehen ihnen fast ein Dutzend Musterbriefe oder -mitteilungen zur Verfügung. Weil der Aufwand wie bei den Öl- und Gasfeuerungen der gleiche ist, beträgt die Administrationsgebühr Fr. 58.– je Adresse, welche dem Anlagebetreiber in Rechnung gestellt wird. Die Kontrollarbeit vor Ort wird nach Aufwand verrechnet – wir rechnen mit etwa gleichen Kosten wie bei einer einstufigen Ölfeuerung.

Bei QS-Gesprächen in den Gemeinden haben wir engagierte Feuerungskontrolleure mit grosser Sach- und Fachkompetenz angetroffen. Auch Gemeinden und Private unterstützen die anlaufenden Kontrollen der Holzheizungen. Die mitbeteiligten Kaminfeger brauchen noch etwas Angewöhnungszeit im Zusammenspiel mit der Rapportzentrale und den Gebührenverrechnungen. Gewisse Unsicherheiten zeigen sich noch wegen einer fehlenden Messempfehlung zur Überprüfung des CO-Grenzwertes von 4000 mg/m³, um zum Beispiel Schnitzelfeuerungen messen zu können – anders sind die automatischen Feuerungsanlagen ja nicht vers

nünftig zu kontrollieren. Bei den betroffenen Anlagebetreibern stösst man auf sehr positive, aber auch auf kritische bis ablehnende Reaktionen.

Im Grossen und Ganzen sind die Kontrollen der Holzheizungen derweil schon ganz gut angelaufen. Gewisse Schwachstellen oder Lücken im Vollzug werden im Einzelnen noch untersucht.

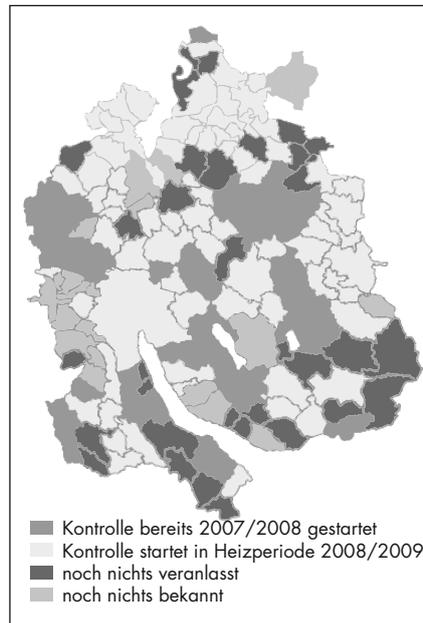
Zum Schluss möchte ich den Verbänden, namentlich der Schweizerischen Vereinigung für Umweltschutz und Gesundheitstechnik/SVG, dem Schweiz. Kaminfegermeisterverband und dem Schweiz. Verband der Feuerungskontrolleure herzlich danken für die gute Ausbildung unserer Feuerungskontrolleurinnen und Feuerungskontrolleure. Seit Jahren kümmern sie sich um gute Lehrmittel, Schulung, Weiterbildungsangebote und Fachkompetenzen. Für die Gemeinden und Kantone sind die derweil sehr gut ausgebildeten Feuerungskontrolleure einen grossen Nutzen – ohne die auch auf Kundengespräche trainierten Fachleute wäre die Einführung der Holzheizungskontrolle wahrscheinlich nicht so problemlos und ruhig angelaufen.

Kennzahlen zum Vollzug Feuerungen im Kanton Zürich

- Anzahl Gemeinden: 171
- Anzahl Feuerungsanlagen Öl/Gas bis 1000 kW: 125 000
- Anzahl Holzfeuerungen bis 70 kW: etwa 33 000 (davon vermutlich 50% < 1/2 Ster/a)
- Anzahl konzessionierte Kaminfegermeistergeschäfte: 100 (Deregulierter Markt, sie bieten sich an für die Durchführung der Kontrolle der Holzheizungen.)
- Anzahl Geschäftsstellen Feuerungskontrolle (meistens dereguliert und privat): 70

Stand der Holzfeuerungskontrolle (erfasst per Anfang November 2008)

- Gemeinden haben Kontrollen bereits gestartet: 28%
- Gemeinden beginnen mit einem Jahr Verzug: 51%
- Gemeinden, die noch nichts Wesentliches veranlasst haben: 21%



Stand der Holzfeuerungskontrolle
(3. November 2008).

Rapportwesen und Gebührenverrechnungen

Zu Deckung der Kosten, die dem zuständigen Feuerungskontrolleuren für die Administration und Stichkontrollen anfallen, bezahlt der mit der Kontrolle beauftragte Kaminfeger dem Feuerungskontrolleur eine Gebühr von Fr. 54.50 pro eingesandten Rapport. Die Rapporte müssen an die Rapportzentrale eingesandt werden (Verteilzentrale). Zur Deckung der Kosten, welche der Rapportzentrale für die Zustellung an die richtige Feuerungskontrollstelle anfallen, bezahlt der Kaminfeger eine Gebühr von Fr. 3.50 pro eingesandten Rapport. Die Summe von Fr. 58.– verrechnet er zusammen mit seinen Kontrollkosten dem Anlagebetreiber. Die Rapportzentrale verrichtet zudem anlagenspezifische Auswertungen für den Kanton.

Vollzug Luftreinhaltung bei kleinen Holzfeuerungen: Konzept Ostschweiz

Referent: Dominik Noger,
AFU St. Gallen

Inhalt

- Die Holzfeuerung
- Kontrollelemente bei Stückholzfeuerungen
 - Brennstoff und Asche
 - Anlage
 - Betrieb
 - Übersicht Ablauf der Kontrolle am Beispiel Kanton St. Gallen (Schema in Kasten)
- Info zu FairFeuern

Die Holzfeuerung

Vorteile

- Holz ist ein einheimischer Energieträger:
 - keine langen Transportwege
 - Wertschöpfung im Inland
- Holz ist erneuerbar und CO₂-neutral
- Potenzial ist nicht ausgeschöpft

Holzenergie ist zu fördern!

Nachteile

- Bei der Verbrennung von Holz werden Schadstoffe freigesetzt (CO, Russ, Staub)
- Dies gilt insbesondere für schlecht gewartete und falsch betriebene Holzfeuerungen

Eine schlechte Holzverbrennung schadet der Gesundheit!

Kontrollelemente bei Stückholzfeuerungen

- Abnahmekontrolle beziehungsweise Ersterfassung: Hier werden neben der Kontrolle auch Stammdaten wie Anlagentyp und Speichergrösse sowie die Kaminhöhe erfasst.
- Periodische Kontrolle etwa alle 2 Jahre: Bei regelmässig betriebenen Feuerungen (> 1/2 Ster pro Jahr).
- Periodische Kontrolle etwa alle 5 Jahre: Bei selten oder nie betriebenen Feuerungen.
- In einer Tarifvereinbarung zwischen Gemeinde und Kaminfeger sind die Tarife für die verschiedenen Leistungen festzulegen.

Anlage

- Bei jeder periodischen Kontrolle
 - Ist die Anlage immer noch technisch in Ordnung (Feuerraum, Abluftrohr, Frischluftzufuhr usw.)?
 - Wird sie richtig betrieben (Russablagerungen)?

- Zusätzlich bei Abnahmekontrolle und Ersterfassung
 - Entspricht der Kamin bezüglich Höhe, Zuglänge und Kaminhüte der Empfehlung respektive den Auflagen in der Baubewilligung der Gemeinde?
 - Ist der Speicher gemäss LRV respektive Baubewilligung korrekt?

Betrieb

- Information und Beratung der Betreiber im Rahmen der Feuerungskontrolle.
- Standardisierte Anfeuermethoden für emissionsarmen Betrieb.
- Bei Reklamationen: Falls nach 15 Minuten nicht rauchfrei (Dampf erlaubt) kann Messung angeordnet werden.

Brennstoff und Asche

- Kontrolle des Brennstofflagers
 - Wird ausschliesslich trockenes und naturbelassenes Holz respektive Pellets gelagert?
 - Passen Form und Stückelung zur Anlage?

- Betreffend Anforderungen an den Brennstoff geeignet?

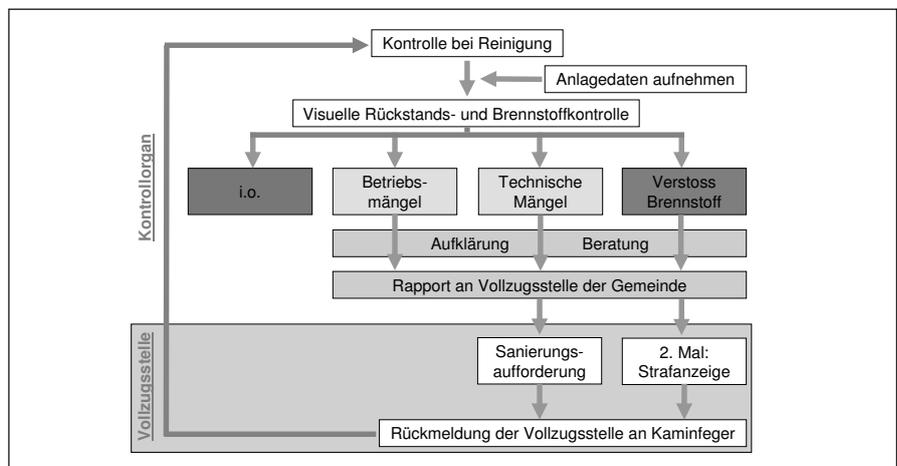
Kontrolle der Asche

- Visuelle Aschebeurteilung
- Bei Verdacht auf Brennstoffmissbrauch: Ascheprobe nehmen
- Ascheanalyse erst bei wiederholtem Verdacht respektive bei wiederholter Klage

Info zu FairFeuern

Bei FairFeuern erfahren Sie, wie Sie umweltschonend, rauchfrei, günstig und effizient mit Holz heizen. Denn obwohl Holz ein erneuerbarer Energieträger ist, können Holzfeuerungen bei falscher Nutzung der Umwelt schaden und schnell zum Ärgernis werden. Unsachgemässe Holzfeuerungen tragen zur Luftbelastung durch Feinstaub und andere Schadstoffe bei. FairFeuern gibt Ihnen Tipps, wie Sie mit Holz heizen können, ohne die Umwelt stark zu belasten. Damit das Feuer zu

Bitte lesen Sie weiter auf Seite 45



Übersicht Ablauf der Kontrolle am Beispiel Kanton St. Gallen.

Falsch betriebene Holzfeuerungen

Mängel	Ursache	Auswirkung
Betriebsmängel	<ul style="list-style-type: none"> – Luftklappen zu – Zu viel oder zu feuchtes Holz, falsche Stückelung – Falsches Anfeuern 	<ul style="list-style-type: none"> – Schlechter Abbrand, das heisst: Deutlich erhöhte Emissionen von CO Russ, Teer usw. – Der Russ wird giftiger!
Technische Mängel	<ul style="list-style-type: none"> – Defekter Ofen, zum Beispiel Frischluftzufuhr usw. – Kamin zu niedrig, zu eng, zu lange nicht gereinigt 	<ul style="list-style-type: none"> – Schlechter Abbrand – Schlechter Zug, Rauch bleibt im Quartier
Verstoss gegen Brennstoffvorschriften	<ul style="list-style-type: none"> – Verbrennung von Restholz, Holzpaletten, Harassen, Holz von Baustellen, Renovationen, Abbrüchen, Verpackungen und Kehricht 	<ul style="list-style-type: none"> – Giftige Stoffe wie Schwermetalle, Halogene, Dioxine und Furane schaden der Gesundheit – Aggressive Abgase beschädigen den Ofen

GUT-Journal Nr. 56

Schwimmbad / Bädertechnik / Sauna / Wasseraufbereitung / Hygiene

Dieses Journal enthält Referate der swissbad 2008 vom 5. und 6. November 2008 in Regensdorf sowie Beiträge und Fachartikel zu den Themen Schwimmbad, Bädertechnik, Wellness, Sauna, Wasseraufbereitung und Hygiene.

Bereits zum sechsten Mal fand am 5. und 6. November 2008 die «SwissBad» in Regensdorf statt. Dieser Anlass kombiniert mit Fachvorträgen und Ausstellung wurde wiederum sehr gut besucht. Über 300 Tagungsteilnehmer wurden über die aktuellsten Themen im Bäderbereich informiert und rund 50 Aussteller aus dem In- und Ausland präsentierten ihre Produkte und Dienstleistungen.

Agenda

Die SVG-Bädertagung 2009 findet am Donnerstag, 11. November 2009, im Volkshaus in Zürich statt.

Schwerpunkte waren:

- Winternutzung von Freibädern mit Traglufthallen
- Erneuerbare Energie für Warmaussenbecken
- Chemikalien im Schwimmbad – neues Suva-Merkblatt
- Badeteich und klassisches Badebecken – Seite an Seite im Freibad Geiselweid Winterthur
- Betonveränderungen und Folgeschäden im Hallenbad
- Wie viele Bäder braucht die Schweiz?
- Neue Aufbereitungstechniken
- Gewalt im Bad
- Optimierung der Badewasserfiltration
- Anforderungen an die Hallenbadluft
- Wand- und Bodenbeläge
- Jahresarbeitszeitmodelle
- Anforderungen an das Wasser und die Wasseraufbereitungsanlagen – SIA-Norm 385.9, was wird sich ändern?



Membranfiltration in der Badewasseraufbereitung

Ultrafiltriertes Badewasser

Referenten:

Daniel Rensch und Mario Ospelt,
Hunziker Betatech AG, Winterthur

Erhöhte Anforderungen an die Qualität von Badebeckenwasser machen die Ultrafiltration zunehmend interessant für die Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser. Der grösste Vorteil des Systems: Sie können neben Bakterien auch Viren entfernen. Im Wärmebad Käferberg in Zürich wurde die erste Ultrafiltrationsanlage in der Schweiz im Vollstrom eingebaut.

Die heute verwendeten Filtertechniken wirken entweder als Raumfilter – bei der Sand- oder Mehrschichtfiltration – oder als Oberflächenfilter, bei denen zuerst eine zusätzliche Filterschicht aufgetragen wird (Anschwemmfilter). Mithilfe dieser konventionellen Filter können Teilchen bis zu 2 µm Durchmesser zurückgehalten werden, was ungefähr einem Zehntel des Durchmessers eines menschlichen Haares entspricht. Die sich im Wasser befindlichen Teilchen werden bei der Durchströmung des Filters entweder in der Sandschicht oder auf und im Anschwemmmaterial – üblicherweise Kieselgur – zurückgehalten und mittels periodischen Rückspülungen aus dem Wasserkreislauf entfernt.

Membranfilter gehören ebenfalls zur Gruppe der Oberflächenfilter, benötigen aber keine Anschwemmungsschicht. Die Trennwirkung beruht im Wesentlichen auf Siebeffekten: Das zu filtrierende Wasser wird mit Druck durch eine Membran gepresst, wobei Art und Grösse des abzutrennenden Wasserinhaltsstoffs die Wahl des Membranverfahrens beziehungsweise den notwendigen Druck bestimmen. In der Badetechnik werden heutzutage die Ultrafiltrationsanlagen eingesetzt, bei der Partikel mit Durchmessern zwischen 0,1 und 0,01 µm zurückgehalten werden können. Die Trenngrenze ist damit gegenüber herkömmlichen Verfahren um den Faktor Hundert feiner. Die Ultrafiltration wird üblicherweise zum Rückhalt von



Abbildung 3: Warmbecken des Wärmebads Käferberg.

kolloidal gelösten Stoffen und Makromolekülen verwendet; besonders aufgrund der sicheren Rückhaltung von Mikroorganismen wie Viren, Bakterien und Parasiten ist dieses Verfahren für die Badewasseraufbereitung geeignet. *Abbildung 1* verdeutlicht die Rückhaltewirkung gegenüber den konventionellen Filterverfahren.

Abbildung 2 zeigt den Aufbau eines Hohlfasermembranmoduls. Die eigentliche Membran wird als feines Rohr (Kapillare) geformt, wobei die innenliegende Oberfläche als Filtrationsschicht dient. Die einzelnen Kapillaren werden in ein Membranmodul gegossen. Dadurch wird eine hohe Filterfläche bei geringem Platzbedarf erzeugt. Das aufzubereitende Wasser wird durch das Membranmodul gedrückt. Das Wasser passiert die Membran von innen nach aussen, wodurch unerwünschte Wasserinhaltsstoffe an der Membranoberfläche zurückgehalten werden.

Die Membrantechnik wird in den Bereichen der Trink-, Prozess- und Abwasserreinigung seit längerem mit Erfolg eingesetzt und hat sich vielfach bewährt. In der Badewassertechnik werden bereits einige Anlagen grosstechnisch zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung betrieben; Rückmeldungen aus Betrieb und Forschung bestätigen die gute Filterwirkung und den erfolgreichen Einsatz der Technik.

Das Wärmebad Käferberg in Zürich

In der Schweiz sind schon einige Membrananlagen zur Spül- und Schlammwasseraufbereitung im Einsatz. Diesen Herbst wurde nun die schweizweit erste grosstechnische Ultrafiltrationsanlage zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung im Kreislauf eingebaut. Sie läuft seit Oktober 2008 im Wärmebad Käferberg in Zürich, welches 1976 erbaut und im Sommer 2008 saniert wurde (*Abbildung 3*). Das Bad besitzt ein 32°C warmes Becken mit einer Oberfläche von 250m² und

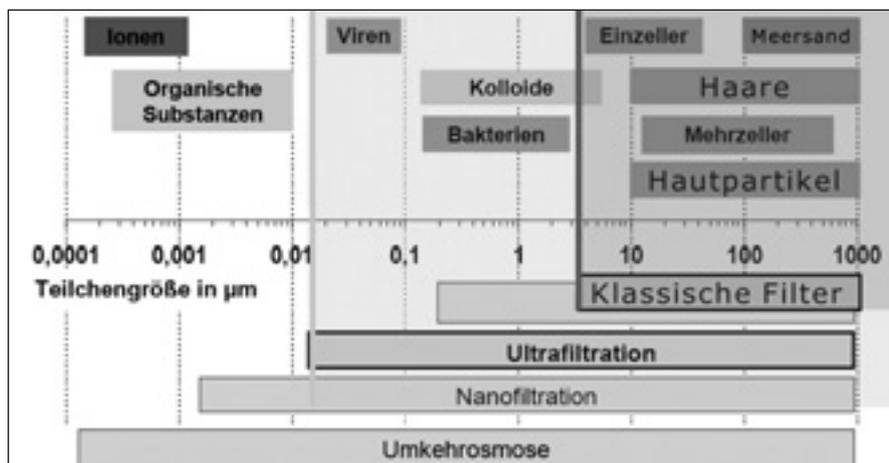


Abbildung 1: Vergleich des Rückhaltetrags verschiedener Filtrationen.

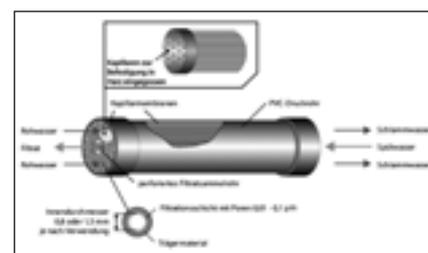


Abbildung 2: Beispielhafter Aufbau eines Hohlfasermembranmoduls mit Darstellung der Durchströmung. (Quelle: Einführung in die Ultrafiltration, W.E.T. GmbH, Kasendorf)

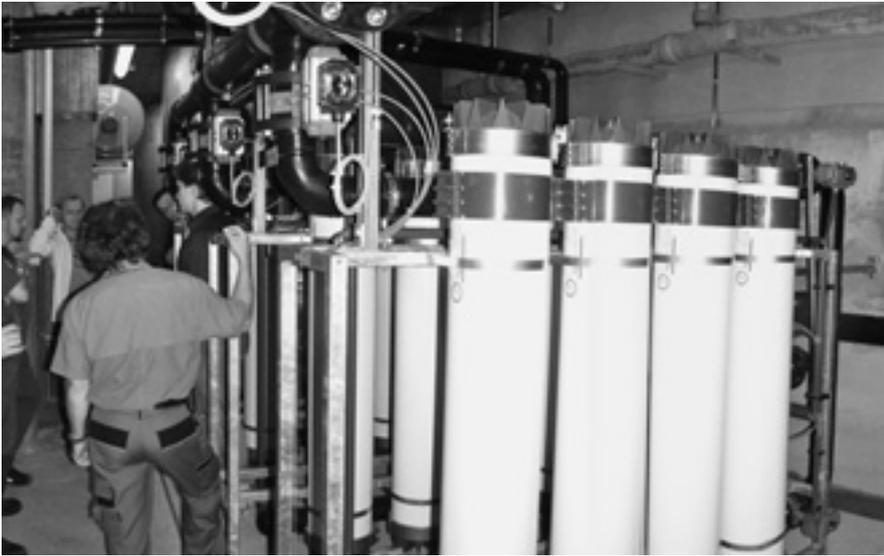


Abbildung 4: Dreistrassige Ultrafiltration im Umgang des Bades.

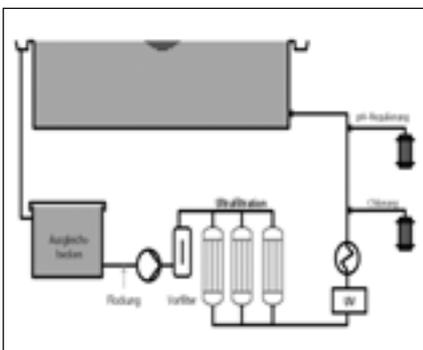


Abbildung 5: Vereinfachtes Verfahrensschema der Ultrafiltration.

einem Inhalt von 600 m³. Es wird jährlich von etwa 70 000 Besuchern frequentiert und bietet als einzige Anlage auf Stadtgebiet die Möglichkeit eines Wärmebades, welches hauptsächlich von älteren Menschen und von verschiedenen Vereinen genutzt wird.

Der Entscheid für den Einsatz der Anlage fiel unter anderem aufgrund der geringen Einbring- und Raumverhältnisse und als Test im Hinblick auf den zukünftigen Ersatz anderer Badewasseranlagen auf Stadtgebiet. Das Badewasser wird bei einer Aufbereitungsleistung von 110 m³/h im Vollstrom über eine dreistrassige Ultrafiltrationsanlage geführt. *Abbildung 4* zeigt die sehr kompakte Ultrafiltration.

Ein vereinfachtes Verfahrensschema der Anlage ist in *Abbildung 5* dargestellt. Nach der Zugabe von Flockungsmitteln und einer Vorfiltration wird das Wasser in einer dreistrassigen Ultrafiltrationsanlage aufbereitet. Die Filtration erfolgt durch Kunststoff-Kapillaren mit einem Innendurchmesser von etwa 1 mm, bei einem Druckverlust von im Mittel 0,5 bar. Die Porengrösse der Kapillaren liegt im Bereich von 0,01 bis 0,05 µm; dadurch werden die im Wasser enthaltenen Schmutzstoffe, Bakterien, Parasiten und Viren praktisch vollständig entfernt. Das bedeutet, dass nach der Membrane ein quasi keimfreies Wasser vorliegt. Aufgrund dieser hygienischen Sicherheit kann mit einer Ultrafiltration eine vergleichbare

Qualität wie mit der Kombination Sandfiltration und Ozontechnik – welche in den entsprechenden Normen für ein Warmbad empfohlen wird – erreicht werden.

Zur Entfernung der sich auf den Membranen bildenden Deckschichten werden die Module mehrmals täglich in kurzen Phasen vollautomatisch gespült. Zur Spülung wird das Filtrat zweier Strassen in die dritte geführt. Das bei der Spülung anfallende Schlammwasser wird in einer weiteren Ultrafiltrationsanlage aufbereitet und ins Ausgleichsbecken zurückgeführt. Durch die regelmässigen Spülungen, welche etwa dreissig Sekunden dauern, wird keine Spülwasserbevorratung oder ein zusätzlicher Schlammwasserrückhalt bei einem (zu) geringen Kanalisationsanschluss benötigt. Bei einem kleinen Anteil der Spülungen ist der Einsatz von Chemikalien notwendig, um irreversible Verblockungen in der Membranschicht zu verhindern. Dieses Spülwasser muss in die Kanalisation eingeleitet werden. Die gesamte Ausbeute der Anlage liegt bei mehr als 99,8%.

Die im Badewasser enthaltenen gelösten Desinfektionsnebenprodukte wie Chlorammonium oder Trihalogenmethane (THM) müssen – wie auch bei den konventionellen Filtern – durch zusätzliche Verfahrensstufen, beispielsweise durch die Zugabe von Pulveraktivkohle, Filtration über Kornaktivkohle, oder durch UV-Wasserbehandlung, vermindert werden. Im Warmbad Käferberg erfolgt dies durch eine UV-Anlage. Das Wasser wird schliesslich gechlort, um die erforderliche Desinfektions-Depotwirkung im Becken zu gewährleisten.

Den bisher aufgeführten Vorteilen der Ultrafiltration stehen aber höhere Investitionen in die neue Technik gegenüber, wenn die Umwälzmenge gemäss der heutigen Norm SIA 385/1 dimensioniert werden muss. Aufgrund der überlegenen Filtratqualität kann aber der Volumenstrom bei der Aufbereitung deutlich reduziert werden, ohne dass die Qualität des Beckenwassers beeinträchtigt wird. Dies belegen mehrere Forschungsergebnisse aus Deutschland. Im Warmbad Käfer-

berg wurde deshalb aufgrund eines Färbversuchs und einer einfachen hydraulischen Simulation des Beckens entschieden, den Aufbereitungsvolumenstrom um 50% gegenüber der bisherigen Umwälzung zu reduzieren. Dies entspricht den Anforderungen an ein gewöhnliches Schwimmerbecken in einem Hallenbad. Mit dem Einbau der Ultrafiltrationsanlage wurde auch die bestehende Automatisierung komplett erneuert. Dies bietet einige Vorteile. So müssen die Filter bei herkömmlichen Anlagen vor oder nach dem Badebetrieb rückgespült werden. Aufgrund der vollautomatischen Spülung der Membrane während des Betriebs entfallen diese Zusatzstunden für das Bedienpersonal.

Fazit...

Der Einsatz der Ultrafiltration zur Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser zeichnet sich durch eine Reihe von Vorteilen aus:

- Das Filtrat der Ultrafiltration ist absolut frei von Bakterien, Viren, Parasiten und Partikeln. Aufgrund dieser sehr guten Filterqualität kann die Aufbereitungsleistung der Anlage stark reduziert werden, ohne die Qualität der Aufbereitung einzubüssen.
- Der Platzbedarf wird gegenüber konventionellen Anlagen stark reduziert. Aufgrund der modularen Bauweise und der geringeren Aufstellhöhe eignet sie sich sehr gut zur Sanierung bestehender konventioneller Anlagen.
- Durch die Modularität und den hohen Vorfertigungsgrad kann man überlastete Becken mit einer UF-Teilstromaufbereitung relativ einfach nachrüsten.
- Ultrafiltrationsanlagen können vollautomatisch betrieben werden und haben einen sehr geringen Bedienungs- und Wartungsaufwand.
- Die Betriebskosten sind mit konventionellen Verfahren vergleichbar, wenn die Ultrafiltration im Teilstrom betrieben wird.

Aufgrund der überragenden Filtrationsleistung bietet die Ultrafiltration eine erstzunehmende Alternative beim Neubau oder der Sanierung von stark frequentierten Bädern. Dies gilt insbesondere bei hochbelasteten, kleinen bis mittelgrossen Becken und Warm-, Thermal- oder Therapiebädern. Auch der Einsatz in Hallenbädern und insbesondere Freibädern kann durchaus sinnvoll sein, wenn entsprechende Randbedingungen wie Raumverhältnisse und erhöhte Hygieneanforderungen vorliegen. Es empfiehlt sich, die entsprechenden Bedingungen mit dem Planer genau zu prüfen und die Vorteile der verschiedenen Filtrationsarten für den konkreten Fall genau abzuwägen.

Verfasser:

Daniel Rensch und Mario Ospelt
Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17, 8400 Winterthur
Telefon 052 234 50 50
www.hunziker-betatech.ch

Erneuerbare Energie für Warmaussenbecken

Referent: Harald Kannewischer,
Kannewischer Ingenieurbüro AG, Zug

1. Einleitung

Als Badebecken im Freien können einerseits ganzjährig betriebene Warmaussenbecken und andererseits Freibadbecken für reinen Sommerbetrieb gemeint sein.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf ganzjährig betriebene Warmaussenbecken. In den gesetzlichen Grundlagen der Kantone bezieht man sich normalerweise auf Freibadbecken für reinen Sommerbetrieb.

2. Faktoren für den Energiebedarf eines Warmaussenbeckens

• Aussentemperatur

Die Aussentemperatur bestimmt selbstverständlich den Wärmebedarf eines Warmaussenbeckens.

• Orientierung und Ausrichtung

Die Orientierung und Ausrichtung eines Warmaussenbeckens ist zum Teil abhängig von projektspezifischen Rahmenbedingungen und kann daher nur bedingt beeinflusst werden.

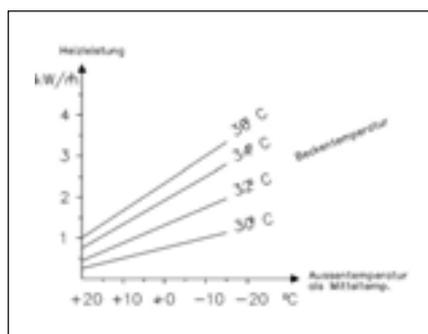
• Lage des Beckens

Die Lage des Beckens respektive die Exponierung in den örtlichen Windverhältnissen hat einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmebedarf eines Warmaussenbeckens und kann einen Unterschied von 20 bis 30% ausmachen. Es ist darauf zu achten, dass das Warmaussenbecken windgeschützt angeordnet wird.

Die Faktoren für den Energiebedarf eines Warmaussenbeckens, die beeinflussbar sind, sind folgende:

• Wassertemperatur

Die Wassertemperatur hat gemäss nachfolgendem Diagramm einen starken Einfluss auf den Wärmebedarf. Es ist jedoch zu beachten, dass gerade bei tiefen Aussentemperaturen, 34 °C Wassertemperatur eingehalten werden sollten, damit das Warmaussenbecken auch zum Verweilen genutzt wird.



Die Wassertemperatur hat einen grossen Einfluss auf den Wärmebedarf.

• Attraktionen

Die Anzahl und Gestaltung der Attraktionen hat einen markanten Einfluss auf den Wärmebedarf eines Warmaussenbeckens. Durch das Sprudeln oder die Nackenduschen und den Speicher wird die Verdunstung und damit die Abkühlung des Wassers sehr stark forciert.

• Rinnengestaltung

Die Rinnengestaltung hat ebenfalls einen Einfluss auf die Verdunstung und Abkühlung des Badewassers. Dies ist im selben Masse der Fall, wie es auch im Badebecken in der Badehalle der Fall ist (siehe SWKI Richtlinie 2004-1).

• Material des Beckens/Nachtbetrieb

Das Material des Beckens spielt vor allem dann eine Rolle, wenn das Warmaussenbecken während der Nacht in ein innenliegendes Nachtspeicherbecken abgelassen werden kann. Hierzu wird im nachfolgenden Kapitel darauf eingegangen.

3. Technische Lösungen

Zur Minimierung des Energieverbrauches eines Warmaussenbeckens stehen verschiedene technische Lösungsansätze zur Verfügung. Diese Lösungen sind:

• Beckenabdeckung

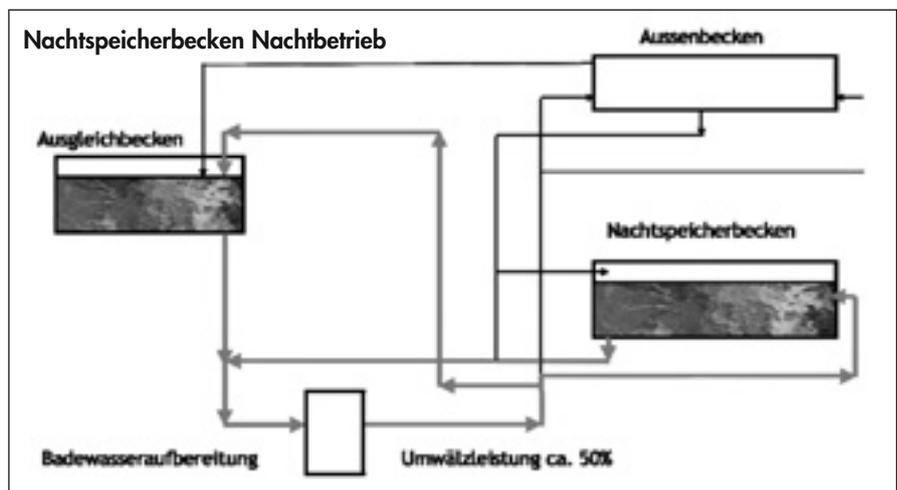
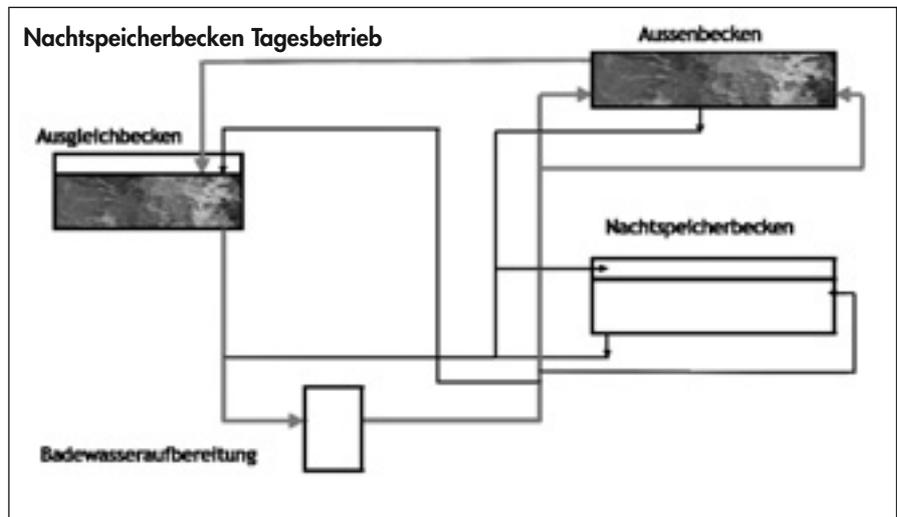
Beckenabdeckungen für Warmaussenbecken können gemäss nachfolgenden Prinzipskizzen in verschiedener Art und Weise aufgebracht werden. Je nach Betrieb und Beckengrösse werden Beckenabdeckungen vollautomatisch oder manuell betätigt. Zwischenlösungen sind ebenfalls möglich.

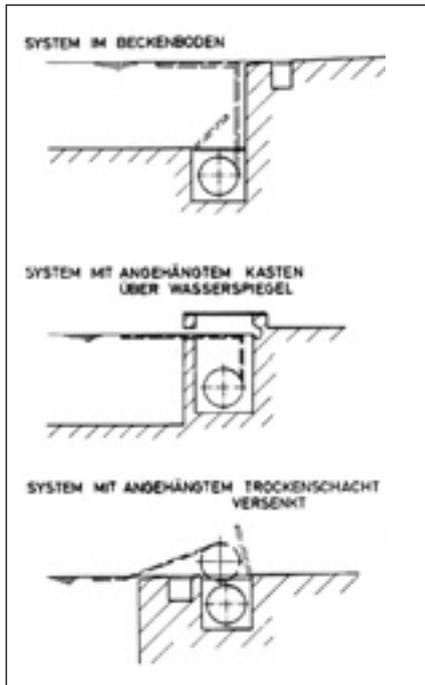
• Rinnenausbildung

Optimal für den Energiebedarf sind Ausführungen von Rinnen, welche eine möglichst geringe zusätzliche Verdunstung und Auskühlung zur Folge haben, sofern auf das Becken ausserhalb der Betriebszeiten eine Beckenabdeckung aufgebracht wird, ist die Rinnengestaltung in diesem Zusammenhang ebenfalls zu überprüfen, respektive mit dem Hersteller der Beckenabdeckung zu koordinieren. Der Einfluss der Rinnengestaltung auf den Energiebedarf eines Warmaussenbeckens liegt bei etwa +/- 10 bis 20%. Es lohnt sich also, bei der Rinnengestaltung darauf zu achten.

• Nachtspeicherbecken

Alternativ zur Beckenabdeckung, ausserhalb der Betriebszeiten, kann der Inhalt des Warmaussenbeckens in ein innenliegendes Nachtspeicherbecken abgelassen werden. Dort wird das Was-





Prinzipskizzen von Beckenabdeckungen.

ser in einem isolierten Becken warm gehalten und morgens wieder nach oben gepumpt. Die Planung ist so zu gestalten, dass sowohl das Ablassen als auch das Wiederbefüllen innerhalb einer Stunde bewerkstelligt werden kann. Ausgleichsbecken und Nachtspeicherbecken müssen während der ganzen Nacht umgewälzt werden. Die Umwälzleistung kann jedoch auf 50% reduziert werden. Kostenvergleich und betrieblicher Aufwand zwischen Lösungen mit Beckenabdeckung oder Nachtspeicherbecken sind projektspezifisch zu berechnen. Ausgeführt wurde diese Variante unter anderem im Bernaqua WESTside, Bern sowie im Bogn Engiadina, Scuol.

Erneuerbare Energien

Die Beheizung der Warmaussenbecken geschieht aus der gemeinsamen Wärmeerzeugung des ganzen Bades oder Gebäudekomplexes. Gemäss den gesetzlichen Auflagen ist aber mehr oder weniger erneuerbare Energie gefordert im Rahmen der Kantonalen Energiegesetzgebung. Erneuerbare Energien können sein:

- **Sonnenergie**
Für Warmaussenbecken können hier nur verglaste Kollektoren eingesetzt werden. Die weitverbreiteten Sonnenabsorbermatten sind geeignet für die Beheizung von Sommerfreibecken.
- **Holz** (Schnitzel, Pellets)
- **Biogas** als Brennstoff für Wärmekraftkopplung
- **Geothermie** (Thermalwasser, Erdwärme)
- **Wärmekraftkopplungen und Wärmepumpen**
Es ist in der Branche eine umstrittene Frage, ob Wärmekraftkopplungen oder Wärmepumpen als Alternativtechno-

5. Hinweis auf Minergie-Standard für Hallenbäder

Übersicht technische Massnahmen für die Gebäudehülle
gemäss heutigen technischen Anforderungen (Stand: 29. Oktober 2008)

Gewerk	Massnahme	Erforderlich für:		
		Neubau	Umbau und Sanierung	Privatbäder
Lüftung	- WRG mit Plattentauscher	•	•	•
	- WRG mit Entfeuchtungs-Wärmepumpe oder energetisch gleichwertige Alternativen	•	•	•
	- Beckenwasserkondensator bei Entfeuchtungs-Wärmepumpe	•	•	•
	- Gesamtwärmerückgewinnung 85% für Schwimmhallenlüftung	•	•	•
	- Zielwert Stromverbrauch Ventilator gemäss SIA 382/1	•	•	•
Badewasser	- WRG zwischen Stetsablauf und Stetszulauf	•	•	•
	- WRG aus abgedadetem Badewasser (evtl. in Kombination mit Duschenabwasser WRG)	•	•	•
	- Temperaturdifferenz zwischen Stetsablauf-Eintritt und Stetszulauf-Austritt max. 1 Kelvin	•	•	•
	- Automatische Regelung der Beckenumwälzleistung bei Einhaltung der wasserhygienischen Werte	•	•	•
	- Mehrfachnutzung des Wassers für Bewässerung, WC-Spülung, Flächenreinigung oder Wiederaufbereitung zu Frischwasser	•	•	•
	- Warmaussenbecken mit minimierter Speichermasse, wärmedämmte mit Nachtspeicherbecken	•	•	•
Sanitär	- Duschenabwasser-WRG mit Abkühlung auf 2 Kelvin über Frischwassertemperatur	•	•	•
Wärmeerzeugung	- Ein Drittel des gesamten Restwärmebedarfes muss mit erneuerbaren Energien erzeugt werden	•	•	•
	- Zusätzlich muss die Wärme für Warmaussenbecken vollständig mit erneuerbaren Energien erzeugt werden	•	•	•
Spezielle Massnahmen	- Beckenabdeckung Hallenbad			•
	- Wärmedämmung Rutschen	•	•	•
	- Messkonpt./Betrieboptimierung	•	•	•
HLK allgemein	- Nassläuferpumpen Energieklasse A	•	•	•
Elektromotoren	- Elektromotoren für Pumpen, Ventilatoren (falls nicht von SIA 382/1 abgedeckt), Kompressoren und Förderanlagen ab 0,75 kW mit 2, 4 und 6 Polen: IE2/Eff1, ab 2011 IE3. Ausgenommen sind nur selten benützte Motoren (Richtwert: weniger als 200 h pro Jahr; z. B. Garagentorheber), die nicht S1-klassiert sind.	•	•	•

Zusätzlich zu berücksichtigen:

- Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn Ausgabe 2008) müssen eingehalten werden.
- Für öffentliche Bäder (gemäss Definition SIA 385/1) wird die Beurteilung der Minergietauglichkeit durch ein Expertenteam vorgenommen.

logie angesehen werden. Dies ist abhängig von den Kantonalen Energiegesetzen und daher individuell zu prüfen.

- **Nicht anders nutzbare Abwärme**
Hier stellt sich die Frage, ob die Abwärme sinnvoll für das Bad eingesetzt wird. Normalerweise kann jede Abwärme auch für andere Projekte genutzt werden.

4. Gesetzliche Grundlagen und Bewilligungspraxis

Grundsätzlich gibt es das Energiegesetz und die Verordnung des Bundes. Diese delegieren jedoch die Verantwortlichkeit auf die Kantone. Grundsätzlich muss auch die Mustervorschrift der Kantone im Energiebereich (MuKEn08) eingehalten werden.

Kurze Stichworte zur Bewilligungspraxis in den verschiedenen Kantonen sind nachfolgend aufgeführt. Diese beziehen sich normalerweise auf beheizte Sommerfreibäder.

- Keine Richtlinien / keine Bewilligung für WP nötig (5 Kantone)
- Erneuerbare Energien / WP nur mit Beckenabdeckung (10 Kantone)
- Erneuerbare Energien / WP erlaubt ohne Auflagen (2 Kantone)
- Erneuerbare Energien / Ausnahmebewilligungen möglich (4 Kantone)
- Spezialregelungen (5 Kantone)

Vorstehende Auflistung zeigt, dass rechtzeitige Abklärungen mit den zuständigen Behörden zwingend notwendig sind.



Bewilligungsaufgaben sind je nach Kanton verschieden, genaue Abklärungen sind notwendig.

Wie viele Bäder braucht die Schweiz?

Referent: Dr. Stefan Kannewischer, Kannewischer Ingenieurbüro AG, Zug

1. Einleitung

In den letzten Jahren sind in der Schweiz und auch im Ausland viele grosse Badeanlagen entstanden oder befinden sich noch in Umsetzung. Der Phantasie und dem Drang nach Grösse sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Die hohe Anzahl solcher neuer Grossanlagen lässt die Frage aufkommen, wie viele von diesen Anlagen der Markt vertragen kann. Um dieses Thema umfassend abzuhandeln, wird jedoch nicht nur der Markt von grossen Badeanlagen sondern der gesamte Bädermarkt betrachtet.

2. Grundlagen

Bad ist nicht gleich Bad. Es wird immer wieder der Fehler gemacht, ungleiche Bädertypen miteinander zu vergleichen. Deshalb werden als erstes die verschiedenen Bädertypen kategorisiert (vergleiche Abbildung 1). In dieser Abbildung sind als Spalten die Bedürfnisse dargestellt, die in einem Bad abgedeckt werden können. Das reicht vom reinen Planschen über die verschiedenen Arten des Schwimmens bis zu Gymnastik, Sauna, Anwendungen und Fitness. In den Zeilen sind die verschiedenen Nutzergruppen dargestellt. Hieraus lassen sich folgende Bädertypen herauschälen:

- **Sportbad**
Das Sportbad ist ein klassischer Bädertypus, der vor etwa 150 Jahren entstanden ist und sich auf sportliches und Lehrschwimmen für sämtliche Nutzergruppen fokussiert.
- **Spassbad**
Das Spassbad ist ein reinrassiger Bädertypus, der sich auf Planschen und

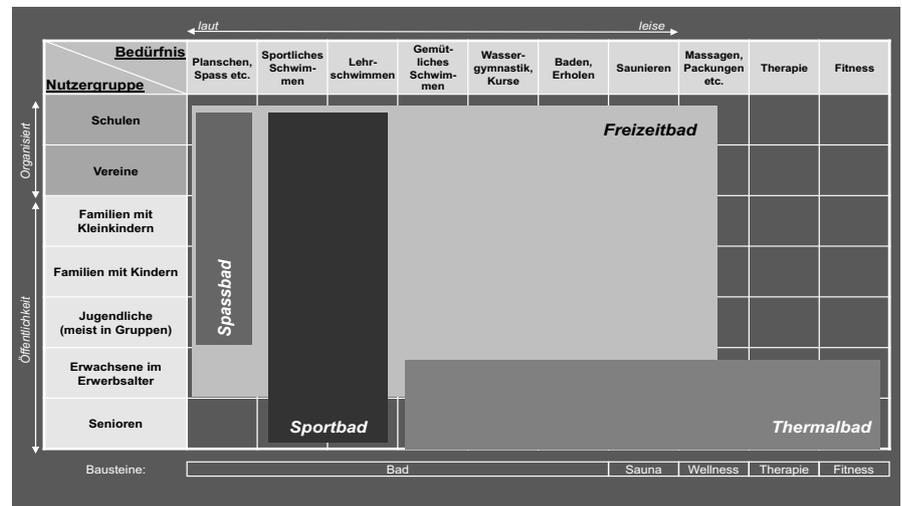


Abbildung 1: Bädertypen.

Spass für Familien und Kinder konzentriert. Spassbäder sind in den 70er-Jahren entstanden.

- **Thermalbad**
Thermalbäder sind ausgerichtet auf Erwachsene und Senioren, die gemütliches Schwimmen, Wassergymnastik, Baden, Saunieren, Anwendungen und Fitness suchen.
- **Freizeitbad**
Freizeitbäder entstanden ursprünglich als Mischform aus Sport- und Spassbad. Sie haben sich immer weiter entwickelt und sind heute weniger klar abgegrenzt. Sie decken vor allem die Bedürfnisse von Familien ab.

Die BASPO Norm 301 identifiziert die Standardwasserflächen, die für eine Stadt benötigt werden und differenziert nach der Grösse einer Stadt (siehe BASPO Norm 301, Seite 65). Dieser Standardwasserflächenbedarf kann jedoch nicht angewendet werden auf komplexere Projekte wie ein Erlebnisbad, wo die spezifische Marktsituation zu studieren ist.

Wenn wir uns die wirtschaftlichen Stell-

hebel eines Bades anschauen, so wird die Wirtschaftlichkeit vor allem durch fünf Determinanten bestimmt:

- Anzahl Besucher
- Durchschnittserlös je Besucher
- Personalkosten
- Wärme, Strom und Wasser/Abwasser
- Unterhalt

Beim vorliegenden Thema beschäftigen wir uns vor allem mit der Anzahl Besucher. Diese ist eine Funktion von Einwohnern und Touristen im relevanten Einzugsgebiet, der Badehäufigkeit und der vorhandenen Wettbewerbssituation.

Zu den Einzugsgebieten hat das Institut für Tourismus- und Freizeitforschung der HTW Chur im Jahr 2007 eine interessante Untersuchung vorgenommen. Hierbei können folgende Beobachtungen gemacht werden:

- In der Regel kommen 60 bis 85% der Badegäste grösserer Bäder aus weniger als 40 Autominuten Distanz.
- Hierbei gilt es jedoch zu differenzieren: das Bademotiv Wasserspass nimmt deutlich längere Wege auf sich. Nur

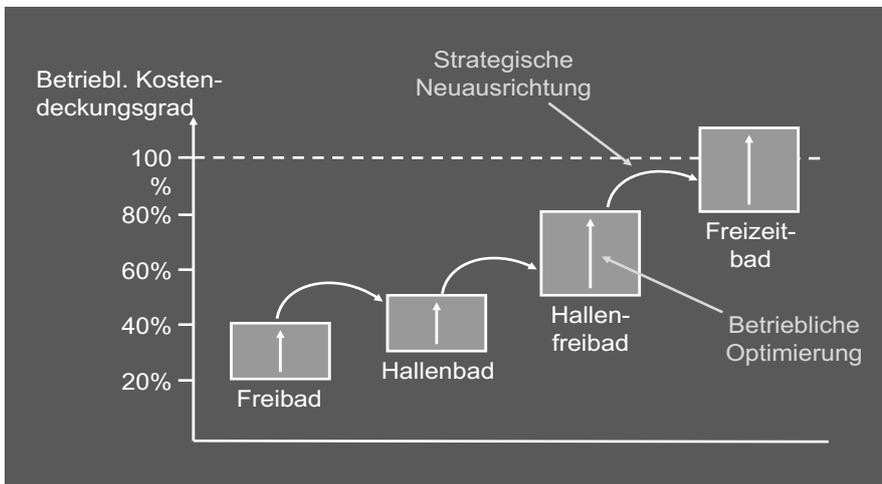


Abbildung 2: Wirtschaftlichkeit Hallen- und Freibäder.

55% der Besucher reisen weniger als 40 Autominuten. Bei den Bademotiven Fitness, Sport, Gesundheit und Schönheit nehmen 80% nur 40 Autominuten in Kauf. Bei Wellness liegt dieser Wert bei knapp 70%.

- Knapp 30% der bis 40-jährigen nehmen mehr als eine Autostunde Anfahrtsweg auf sich. Bei den älteren Menschen sind dies nur 10%.
- Bezüglich Besuchshäufigkeit ist festzustellen, dass Erstbesucher deutlich längere Anfahrtswege in Kauf nehmen. Hingegen bei Stammgästen, die das Bad mindestens zweimal pro Woche aufsuchen, nehmen 80% nur 20 Autominuten in Kauf.
- Hotelgäste nehmen im Gegensatz zu Erst- und Zweitwohnsitzen deutlich kürzere Distanzen in Kauf.

Zusammenfassend bedeutet dies für die Bädertypen, dass Spassbäder ein grösseres Einzugsgebiet als eine Stunde haben bei einer gleichzeitig geringen Besuchshäufigkeit. Bei den Thermalbädern bietet sich genau das umgekehrte Bild. Die Besucher nehmen weniger als eine Stunde Anfahrtsweg in Kauf bei einer hohen Besuchshäufigkeit.

3. Marktsituation

Wenn wir den gesamten Bädermarkt betrachten, ist von einem Stufenmodell der Bäderversorgung auszugehen.

Bei den Sportbädern (gemeindliche Hallen- und Freibäder) ist von vielen kleinen Anlagen auszugehen. Je spezifischer und grösser die Anlagen werden, umso weniger Anlagen sind vorhanden respektive sinnvoll. In der Schweiz sind etwa 200 Hallenbäder und 500 Frei- und Strandbäder auszumachen. Für diese Gemeindebäder steht als Aufgabe das Schwimmen Lernen, Üben und Trainieren als abzudeckendes Bedürfnis im Vordergrund. In den vergangenen Jahrzehnten hat das Kirchturmdenken und die hohe Subventionierung durch die öffentliche Hand im internationalen Vergleich zu einer sehr hohen Bäderdichte geführt. Trotzdem gibt es in einzelnen Regionen noch zu wenig Gemeindebäder und der

Schwimmunterricht geniesst heute weniger an Bedeutung. Darum ist die Fähigkeit zu schwimmen gefährdet. Heute gibt es wieder mehr Kinder, die im Schulalter noch nicht schwimmen können, was eine gefährliche Entwicklung ist. Auf Grund des grossen Bestandes steht bei den Gemeindebädern die Sanierung gegenüber dem Neubau im Vordergrund.

Bei den Freizeitbädern gibt es in vielen Regionen ein Unterangebot, was zur völligen Überlastung der vorhandenen Freizeitbäder führt. Deshalb kann die Aufwertung/Attraktivierung von herkömmlichen Gemeindebädern zu Freizeitbädern eine sinnvolle Massnahme sein. Dies gilt insbesondere deshalb, weil durch diese Aufwertung das Betriebsdefizit reduziert werden kann (vergleiche Abbildung 2).

Jeder Bädertyp bewegt sich in der Regel in den in der Abbildung aufgezeigten Wirtschaftlichkeitszonen. Ein Hallen-freibad kann durch betriebliche Optimierung von 50% bis auf 70% oder sogar 80% betrieblichen Kostendeckungsgrad gebracht werden. Aber erst durch eine strategische Neuausrichtung zum Freizeitbad kann ein betrieblicher Kostendeckungsgrad von 100% oder eventuell sogar etwas mehr angesteuert werden. Bei den Spass- und Erlebnisbädern gab es

bis vor wenigen Jahren nur die beiden Objekte Alpamare und Säntispark. In den letzten Jahren sind dann die Objekte SwissHolidayPark in Morschach, Aquapark Le Bouveret und WESTside in Bern-Brünnen dazugekommen. Im Moment befinden sich in Planung oder Umsetzung: Aquabasilea in Pratteln, Ebisquare in Ebikon und Aquaparco Ticino. Damit wird die Schweiz von einer Situation der Unterversorgung zu einer vollständigen Abdeckung in diesem Marktsegment kommen. Dies wird zum Beispiel am Aufzeichnen der Ein-Stunden-Autokreise der drei Objekte Bern, Pratteln und Ebikon ersichtlich (vergleiche Abbildung 3). Es wird ersichtlich, dass sich die Einzugsgebiete in erheblichem Ausmass überschneiden, so dass Verdrängungswettbewerb entsteht. Deshalb ist für die Erlebnisbäder unabdingbar, dass sie sich von ihren Wettbewerbern deutlich abgrenzen.

Bei den Thermalbädern entsteht die geographische Verteilung auf Grund des Thermalwasservorkommens, was sich an den tektonischen Verwerfungen ableitet. Insgesamt gibt es eine ausreichende Anzahl an Thermalbädern, aber bisher hat eine qualitative Unterversorgung bestanden. Die bestehenden Thermen entsprechen nicht den Bedürfnissen des heutigen Gastes. Eine deutliche Angebotsverbesserung ist aber in Aussicht, wie die Aufwertung der Objekte zum Beispiel in Rheinfelden und Bad Ragaz dokumentiert.

Es besteht jedoch im Moment auch die Tendenz, dass sich fast alle Objekte in Richtung Wellness verändern und die Gefahr einer Überversorgung im Wellnessbereich besteht. Wellness ist zwar in, aber die anderen, immer noch bestehenden Bedürfnisse sollten dabei nicht vergessen werden.

Fazit/Schlussfolgerungen für die einzelnen Bädertypen

- **Gemeindebäder, Hallen- und Freibäder**
Hier geht es darum, die Basisversorgung schwimmen und schwimmen ler-



Abbildung 3: Ein-Stunden-Kreise der Spass- und Erlebnisbäder in Bern, Pratteln und Ebikon.

nen zu sichern. Darum bedarf es einer Bestandessicherung, der Bewältigung des grossen Sanierungsschubes und nur in Ausnahmefällen zusätzlicher Neubauten.

• Freizeitbäder

In vielen Regionen gibt es zu wenig Freizeitbäder, so dass es sich hierbei um ein interessantes Segment zur Defizitreduktion von herkömmlichen Gemeindebädern handelt (Flucht nach oben).

• Spassbäder/Erlebnisbäder

In diesem Segment ist Vorsicht geboten, da sich hier eine Marktsättigung abzeichnet.

• Thermalbäder

Grundsätzlich gibt es eine ausreichende Anzahl an Thermalbädern, aber die Angebotsverbesserung ist dringend nö-

tig und zeichnet sich auch für die nächsten Jahre ab.

Zusammenfassung

- Bad ist nicht gleich Bad. Die Marktsituation sollte immer innerhalb des gleichen Marktsegmentes betrachtet werden.
- Es ist essentiell, die volle Gleichung des Besucherpotentials zu berücksichtigen: Einwohner und Touristen, Badehäufigkeit, Wettbewerb
- Spezialisierung notwendig: Es sollten nicht alle das gleiche machen, sondern attraktive Nischen suchen.
- Wenn der Markt dicht besiedelt ist, müssen vielleicht an der Betriebsgrösse Abstriche gemacht werden. Die richtige

Betriebsgrösse ist essentiell für die Wirtschaftlichkeit, denn Bäder sind ein Fixkostengeschäft.

- Wenn die Bäderdichte sehr hoch ist, empfiehlt sich regionales Denken in Bäderlandschaften und interkommunale Zusammenarbeit. Hierdurch kann das Gesamtdefizit aus Bäderbetrieben in einer Region deutlich gesenkt werden.

Über den Bädermarkt Schweiz kann somit kein pauschales Urteil gefällt werden. In gewissen Bereichen sind Zusatzpotentiale vorhanden, in anderen ist Vorsicht geboten. Das bedeutet, dass sich der Bädermarkt Schweiz durch vernünftiges Verhalten der Marktakteure positiv entwickeln kann, es aber auch Verlockungen und Gefahren gibt, denen es zu widerstehen gilt.

Optimierung der Badewasserfiltration

Referent: Bruno Stauffiger, Ing. HTL, Fehlmann Wasseraufbereitung AG, Münchenbuchsee

1. Einleitung

Durch stete Verbesserung der Analysemethoden, neue Erkenntnisse über mögliche Gesundheitsgefährdungen durch Luft- und Wasserinhaltsstoffen, die Sorge um endliche Ressourcen und die Betriebskosten steigt die Anforderung an die Badewasseraufbereitung.

Da das Budget für Anpassungen und Sanierungen häufig begrenzt ist, sollte nach wenig kostenintensiven Optimierungen gesucht werden, um damit eine Verbesserung der Wasserqualität und eine Einsparung von Betriebskosten zu erreichen. Die Probleme sind vielfältig und nicht jedes Bad hat gleiche Bedürfnisse. So hat ein Freibad mit mehreren tausend Eintritten pro Tag nicht die gleichen Sorgen wie ein Therapiebad. Eine sorgfältige Planung und Auswahl geeigneter Massnahmen ist daher entscheidend.

Ich möchte zu nachfolgenden Themenkreisen unsere Erkenntnisse als Anlagebauer zusammen mit Studien und allgemeinem Wissen der Bäderbranche erläutern.

Energieeinsparung durch Anpassung der Förderleistung (Volumenstromregelung)

Anhand des nebenstehenden Beispiels kann die mögliche Optimierung der Förderleistung in Filteranlagen aufgezeigt werden.

Die SIA – Norm besagt, dass in jedem Badebecken pro Person 2 m³ aufbereitetes Wasser zur Verfügung gestellt werden müssen. Dies hilft, die Kapazität eines Beckens abzuschätzen. Folglich reicht die Umwälzung von 268 m³/h für eine Besucherzahl von 134 Personen pro Stunde.

**Nichtschwimmerbecken A = 400 m²
Umwälzleistung gemäss SIA 385/1
Verfahrenskombination 1**

$$Q = \frac{A \times n}{a \times k} = \frac{400 \times 1}{3 \times 0,5} = 268 \text{ m}^3/\text{h}$$

A = Oberfläche (m²)

a = Personenbezogene Wasserfläche (m²) für Nichtschwimmerbecken 3 m²

n = Personenfrequenz (h⁻¹) Anzahl der Personenwechsel pro Stunde für Nichtschwimmerbecken 1

k = Belastbarkeitsfaktor
Bei Verfahrenskombination 1
0,5 m⁻³

Die Umwälzung von 268 m³/h reicht für eine Besucherzahl von 134 Personen pro Stunde.

Probleme

- Die Aufbereitungsanlage arbeitet immer für höchste Besucherzahlen. Wegen schlechter Witterung sind aber vielfach nicht annähernd soviel Besucher anwesend.
- Diese Leistung von 268 m³/h der Filteranlage wird bei verschmutztem Filter erbracht, das heisst bei einem rückgespülten, sauberen Filter ist der Widerstand 3 bis 4 m tiefer und die Umwälzung beträgt unnötigerweise 330 m³/h.
- Meistens passt eine Pumpenkurve nicht genau auf die geforderten Betriebseckdaten. Je nach Anlagebauer wurden die Laufräder abgedreht oder nicht.
- Häufig wird zumindest während der Nacht eine von zwei Filterumpen abgestellt. Aufgrund des tieferen Widerstandes der Leitungen und Armaturen sinkt die Förderleistung nicht auf 50% sondern nur auf etwa 70%, was in unserem Beispiel noch immer 190 m³/h ist und für 95 Personen pro Stunde reicht.

Als Lösung kann der Einbau von Frequenzumformern vorgesehen werden. Kleinere Drehzahländerungen machen in der Leistungsaufnahme sehr viel aus, da diese gemäss Ähnlichkeitsgesetz mit der dritten Potenz zurückgeht. Die Steuerung des Frequenzumformers sollte mindestens mit einem Durchflussmesser erfolgen. So sind die aktuellen Durchflüsse immer bekannt und für die Rückspülung steht auch ein Instrument für eine qualitative Verbesserung zur Verfügung. Weiter kann die Steuerung über Personeneintritte, örtliche Personenzählung oder Qualitätsparameter des Badewassers wie Trübung oder gebundenes Chlor erfolgen.

Wir erreichen mit Frequenzumformern:

- Die Pumpe läuft genau am geforderten Betriebspunkt.
- Die Umwälzung beträgt immer die 268 m³/h und muss nicht bei sauberem Filter gedrosselt werden.
- Die Umwälzleistung kann je nach Witterung beliebig gesenkt werden. Allerdings sieht die Norm einen Teillastbetrieb von mindestens 50% vor.

Aufgrund der Beckenhydraulik sollte nicht darunter gefahren werden. Das Problem ist hier nicht die Wassermenge, sondern die Auswurfweite der Düsen.

Um das Beispiel abzuschliessen, schauen wir zwei Betriebsbeispiele mit den entsprechenden Stromkosten an (Tabelle auf der folgenden Seite).

Die mögliche Energiekosteneinsparung beträgt etwa 50%. Mit Berücksichtigung der variablen Anlagekennlinie aufgrund des unterschiedlichen Filterwiderstandes und einer nicht genau am Betriebspunkt laufender Pumpe würde die Differenz noch höher ausfallen.

Einsatz von Aktivkohle

Nicht erwünschte Desinfektions-Nebenprodukte sind mit dem Einsatz von Chlor

Freibad mit 120 Betriebstagen pro Jahr, Filterbetrieb mit zwei Pumpen

1/3 schönes (1), 1/3 mässiges (2) und 1/3 schlechtes Wetter (3)

Betrieb 1 (bisher, Ruhebetrieb über Timer gesteuert)

Tageszeit	Umwälzung		Betriebszeit		Leistung	Preis kW/h	Kosten
Tag	268 m³/h	100 %	12 h/Tag	120 Tage	13 kW	Fr. –.20	Fr. 3744.–
Nacht	190 m³/h	70 %	12 h/Tag	120 Tage	7 kW	Fr. –.10	Fr. 1000.–

Fr. 4744.–

Betrieb 2 (neu, mit Frequenzumformer gesteuert)

Tageszeit	Umwälzung		Betriebszeit		Leistung	Preis kW/h	Kosten
Tag (1)	268 m³/h	100 %	12 h/Tag	40 Tage	13 kW	Fr. –.20	Fr. 1248.–
Tag (2)	190 m³/h	70 %	12 h/Tag	40 Tage	6 kW	Fr. –.20	Fr. 576.–
Tag (3)	134 m³/h	50 %	12 h/Tag	40 Tage	3 kW	Fr. –.20	Fr. 288.–
Nacht	134 m³/h	50 %	12 h/Tag	120 Tage	3 kW	Fr. –.10	Fr. 140.–

Fr. 2252.–

Mit Steuerung durch einen Frequenz-Umformer wird bei obenstehendem Beispiel eine Energiekosten-Einsparung von etwa 50 % erreicht.

nicht zu vermeiden. Es sind eine Vielzahl von Verbindungen aus Chlor und organischen Stoffen. In der Norm 385/1 sind die Grenzwerte für THM und Chloramine festgelegt. Sowohl Chloramine wie THM sind flüchtig und gehen in die Luft über.

Zur Eliminierung dieser Desinfektions-Nebenprodukte eignen sich neben anderen Massnahmen kohlenstoffhaltige Filtermaterialien. Es sind dies Kohle verschiedener Qualitäten als Pulver-Aktivkohle zugesetzt oder als Kornkohle im Filter.

Eingesetzt werden Kohlen in den folgenden noch SIA 385/1 beschriebenen Verfahrenskombinationen:

- IIa **Ak** – Fi – Fi – Cl
(Pulveraktivkohle)
- IIIa Fi – Fi – O3 – R – **SoFi** – Cl
(Sorptionfilter)
- IV O3 – R – **MFi** – Cl
(Mehrschichtfilter mit Sorptionsschicht)
- V Fi – Fi – **Adfi** – Cl
(Adsorptionsfilter)
- IIb **Ak** + KG – Fi – Cl
(Pulveraktivkohle)
- IIIb KG – Fi – O3 – R – **SoFi** – Cl
(Sorptionfilter)

Das heisst Ia + Ib sind die einzigen Kombinationen ohne Kohleneinsatz.

Zusätzlich finden sich in der Praxis noch weitere Varianten wie:

- Kornaktivkohle in der Mehrschichtfiltration
- Adsorptionsfilter im Nebenstrom
- Ozonung mit Sorptionsfilter im Nebenstrom

Die Erfahrung von kohlestoffhaltigen Filtermaterialien zur Elimination von DNP sind erfreulich. Es gibt allerdings verschiedene Filterkohlen, welche sehr unterschiedliche Resultate ergeben. Kohle ist nicht gleich Kohle. Verschiedene Kohlenarten sind auf dem Markt erhältlich wie:

- Steinkohle N
- Anthrazit H
- Aktivkornkohle aus Steinkohle
- Aktivkornkohle aus Kokosnussschalen

Fallbeispiel

Nach einem Nachrüsten von Aktivkohle stellen sich folgende Werte einer mit Chlorgas betriebenen Anlage ein:

- stark sinkender pH-Wert
- Abbau der Säurekapazität
- Chloridanstieg

Durch eine stark katalytisch wirkende Kohle erhöht sich der Desinfektionsmittelverbrauch. Der hohe Verbrauch von Chlorgas führt zu oben erwähnten Werten. Als Lösung kann eine schwach katalytisch wirkende Kohle eingesetzt werden.

Ein grosses Problem bei Verwendung von Aktivkohle ist die Verkeimungsgefahr. Kaum ein Filter ist zu jeder Zeit mikrobiologisch in Ordnung. Eine Untersuchung vom Kantonalen Labor Zürich kam zu folgendem Schluss: «Es bestätigt sich, dass vor allem Mehrschichtfilter mit Kohleaufflage sowie Aktivkohlefilter bevorzugte Orte für Legionellen sind.» Ergänzend ist zu sagen, dass durchwegs gute Ergebnisse von Anschwemmfiltern, sogenannte Kieselgurfilter, erzielt wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nach der Abschwemmung jeweils ein komplett erneuertes Filterbett zur Verfügung steht.

Lösungsansätze zur Verminderung des Verkeimungsproblems sind folgende:

- Es ist von Fall zu Fall zu entscheiden, welche Art Filtermaterial zu der Verfahrenskombination passt und den erwünschten Effekt am besten erzielt.
- Eine tadellos funktionierende Rückspülung ist Voraussetzung.
- Bei Umbauten von Einsicht- auf Mehrschichtfilter ist die Freibordhöhe und der Kanalschluss zu überprüfen.
- Bei Anwendungen von Pulveraktivkohle ist das Verkeimungsrisiko geringer. Allerdings ist eine häufigere Rückspülung notwendig. Besonders das Durchschlagen der Kohle bei unsachgemässer Handhabung, führt zu unannehmlichen Rändern im Becken.
- Wir haben Versuche mit ermutigenden Ergebnissen gemacht, in dem die in der Norm geforderten Schichthöhen für

Aktivkohle verkleinert wurden. Das soll dazu führen, dass der Chlorgehalt beziehungsweise der Ozongehalt nicht vollständig abgebaut wird und die untere Filterschicht so auch desinfiziert wird.

- Die Luftspülung für Mehrschichtfilter wurde bisher kaum eingebaut. Unsere Erfahrungen in der Trinkwasseraufbereitung haben uns veranlasst, die Vorspülung mit Luft auch für Schwimmbad-Mehrschichtfilter wieder vorzusehen. Eine Absenkung des Wasserspiegels auf Niveau OK Filterschicht ist hierzu jedoch erforderlich. Die Qualität der Rückspülung erweist sich als besser.
- Während der Rückspülung ist dem Wasser Desinfektionsmittel beizugeben. Dazu eignet sich sowohl Chlor wie Ozon. Diese Massnahme ist nur in Verbindung mit den vorgenannten Optimierungen sinnvoll, da das Desinfektionsmittel nicht ausreicht, den Biofilm zu entfernen.
- Die Variante eines Adsorptionsfilters als zusätzliche Verfahrensstufe, dem eigentlichen Filter nachgeschaltet, ist einer Adsorptionsschicht im Mehrschichtfilter vorzuziehen. Die organischen Verunreinigungen werden so bereits im Sandfilter weitgehend entfernt und kommen so mit der Kohle nicht in Kontakt.

Rückspülung

Viele Probleme im Bereich der Filtration lassen sich auf eine nicht sachgemässe Filterspülung zurückführen.

Die Filtratqualität hängt sehr wesentlich von der Filterrückspülung ab. Nur durch eine optimale Fluidisierung des Filtermaterials können organische Substanzen und Schmutzstoffe entfernt werden.

Eine gute Rückspülung könnte für Einsicht- und Mehrschichtfilter wie folgt aussehen:

• 1. Phase

Belüftung des Filterbehälters und Absenkung des Wassers auf Höhe Filtermaterialoberfläche.

Je nach Höhenanordnung des Filters und des Ausgleichbeckens ist es möglich, das abzusenkende Wasser in das Ausgleichsbecken anstelle der Kanalisation zu führen. Bei einem Filter von 2,4 m Durchmesser können in einem Hallenbad, je nach Anzahl Rückspülungen, bis zu 350 m³ Wasser im Jahr eingespart werden. Zusammen mit den Energiekosten für die Wassererwärmung ergibt das eine ordentliche Einsparung.

• 2. Phase

Luftspülung maximal eine Minute, Luftgeschwindigkeit 60 m pro Stunde (Aufbrechen der Filterschicht).

Hat sich auch für Mehrschichtfilter bestens bewährt. Eine längere Luftspülung bringt kaum eine Verbesserung. Eher sinken Schmutzstoffe in tiefere Filterschichten und sind danach schwieriger auszuspielen.

• 3. Phase

Pause zwei Minuten: Luftblasen können aus dem Filtermedium entweichen.

• 4. Phase

Kurzes Spülen des Filters.

Die verbliebene Restluft wird ausgespült um Filtermaterial nicht durch Luftblasen zu verlieren.

• 5. Phase

Reine Wasserspülung etwa drei bis fünf Minuten, Wassergeschwindigkeit etwa 50 bis 60 m pro Stunde.

Mittels eines Durchflussmessers kann die Rückspülung exakt eingestellt und wiederholt werden. Ist ein Frequenzumformer vorhanden, erübrigt sich auch ein manuelles hantieren an Drosselklappen.

• 6. Phase

Einfiltration über Erstfiltrat

Anstelle der Abführung in die Kanalisation kann das Wasser vor dem Filter wieder eingespiesen werden. Bei vorerwähntem Filter könnte das zusätzliche 200 m³ Wassereinsparung bedeuten.

• 7. Phase

Herstellung des Filterbetriebes

Optimierungsmöglichkeiten

• Besonders bei bestehenden alten Anlagen ist ein Hauptproblem die mangelnde Spülgeschwindigkeit. Der fehlende Austrag von organischen Substanzen führt zu Verkeimungen. Die Probleme sind die zu klein dimensionierte Spülwasserabflussleitung, einem über den Filter liegenden Kanalisationsanschluss und die zu schwache Rückspülpumpe. Verbesserungen sind hier durch bauliche Massnahmen zu treffen. Eine Filterspülung muss drucklos durchführbar sein!

Auch eine genügende Fluidisierung mit entsprechend hoher Spülgeschwindigkeit nützt bei einem unter Druck stehenden Filter nichts. Die Schmutzteile wirbeln lediglich im Wasser herum und nur ein Teil der Schmutzstoffe wird ausgespült. Der Rest bleibt im Filter. Dies führt zu einer zusätzlichen Hygienebelastung und zu erhöhtem Wasserverbrauch aufgrund erhöhten Rückspülintervallen.

• Als wichtiger Bestandteil ist der Einlauftrichter zu erwähnen. Beim Filterprozess hat er die Funktion, das Wasser gleichmässig dem Filtermedium zuzuführen.

Bei unzureichenden hydraulischen Verhältnissen sind auf der Filtermaterialoberfläche Verwerfungen ersichtlich mit zum Teil grosser Kegelbildung.

Diese Kegel sind nicht erwünscht, da sich die Schichthöhe an einigen Stellen verringert. Verwerfungen in einem gewissen Rahmen sind allerdings unproblematisch.

Bei der Rückspülung soll der Einlauftrichter das Wasser mit den Schmutzstoffen möglichst ohne Verluste abführen. Eine Vielzahl verschiedener Trich-

ter und Überfallkanäle sind auf dem Markt erhältlich welche die Anforderungen erfüllen. Neben der Form ist vor allem die Strömungsgeschwindigkeit wichtig.

- Kriterien für die Spülintervalle. Sand- und Mehrschichtfilter wirken mit einer sogenannten Raumfiltration. Die Schmutzstoffe können sich auf die ganze Filterschichthöhe verteilen. Bei den gängigen Korngrössen erlaubt die übliche Feststofffracht im Rohwasser im Regelfall eine lange Filterlaufzeit. In der SIA-Norm sind die Filterlaufzeiten beziehungsweise Spülintervalle wie folgt vorgesehen:

- Sand-/ Mehrschichtfilter 1 – 7 Tage
- mit PAK maximal 3 Tage
- Warmsprudelbecken täglich
- Sorptionsfilter 2 – 7 Tage

Es gibt die natürliche Tendenz der Betreiber, die Filter möglichst wenig zu spülen um Wasser zu sparen. Es gilt zu beachten, dass der Verkeimung der Filter so Vorschub geleistet wird. Ausserdem reagiert das Chlor mit den zurückgehaltenen Stoffen im Filter und die Produktion der (DNP) Desinfektionsnebenprodukte wird ebenfalls begünstigt. Aus dieser Sicht ist eher mit kürzeren als mit längeren Filterlaufzeiten zu fahren.

- In der Praxis sind heute SPS-Steuerungen für die Badewasseraufbereitung üblich. Die Rückspülung wird aufgrund von Erfahrungswerten des Anlagenbauers eingestellt. Eine Optimierung zu einem späteren Zeitpunkt bezüglich Häufigkeit, Geschwindigkeit und Dauer ist möglich, um die Rückspülung der betriebsspezifischen Gegebenheiten anzupassen. Dies wird aber kaum gemacht.

- Häufig werden Einstellungen an der Anlage vor Erreichen der Betriebstemperatur vorgenommen. Dazu muss berücksichtigt werden, dass Wasser seine grösste Dichte bei 4 °C hat und, weit entscheidender, dass die Viskosität (Zähigkeit) mit höherer Temperatur abnimmt. *Je wärmer das Spülwasser, desto kleiner ist die Krafeinwirkung auf das Korn bei gleicher Anströmgeschwindigkeit. Das heisst bei Warmwasser muss die Spülgeschwindigkeit erhöht werden.* Die Spülgeschwindigkeit hängt somit neben der Dichte der jeweiligen Filterfüllung sehr stark von der Spülwassertemperatur ab.

Der Spülwasserbedarf kann sich bei einem Filter mit einem Durchmesser von 2 m, je nach Filtermaterial, von 180 m³/h bei 30 °C auf 150 m³/h bei 20 °C reduzieren. Bei einer üblichen Spüldauer ergibt dies eine Einsparung von 2 m³ Wasser pro Rückspülung. Zusätzlich wird auch Heizenergie gespart. Aus dieser Sicht ist es sinnvoll, Filter mit möglichst geringer Spülwassertemperatur zu spülen.

Dazu besteht die Möglichkeit des Einbaus einer Wärmerückgewinnungsanlage in Kombination mit einem Spülwasserbecken. Aufgrund der daraus resultierenden geringeren Spülwassermengen und der gesparten Wärmeenergie scheint der Einbau sinnvoll. Al-

lerdings gilt es zu beachten, dass dieses Becken ein grosses Verkeimungsrisiko beinhaltet. Eine fortlaufende Desinfektion, eine interne Umwälzung und eine periodische Reinigung sind nötig.

- Die Filtermaterialien müssen hinsichtlich des Ausdehnungsverhaltens aufeinander abgestimmt sein, das heisst die Spülkurven müssen verglichen werden. Der Schichtaufbau von gleichem Filtermaterial verschiedener Körnung scheint nach Konsultation der Spülkurven untauglich.

Eine Filterbettausdehnung von mindestens 10% der Gesamtschichthöhe nach Norm 385/1 ist zu knapp. Eine Ausdehnung von 20% ist anzustreben.

Flockung

Durch die Sand- oder Mehrschichtfiltration allein werden lediglich mechanische Verunreinigungen und Trübstoffe bis zu einer Teilchengrösse von etwa 10⁻⁵ m (10 Mikrometer) abfiltriert. Zusätzlich sind im Wasser für das Auge unsichtbare feinste Verschmutzungsstoffe (sogenannte Kolloide) wie Hautteile, Öle, Fette und Mikroorganismen (Bakterien, Archaeen, Pilze, Algen Protozoen, Viren). Diese Stoffe sind nicht im Wasser gelöst und können aber durch den Filter allein, wegen ihrer geringen Grösse, nicht abgeschieden werden. Viele dieser Kleinstpartikel haben eine negative Oberflächenladung, was zur Folge hat, dass sie sich gegenseitig abstossen und ein Zusammenballen zu grösseren Agglomeraten nicht möglich ist. Die Flockung bewirkt, dass die abstossenden Kräfte aufgehoben werden und die Partikel Flocken bilden, die gross genug sind, um im Filter zurückgehalten werden können.

Etwas anders sieht es mit Viren aus. Viren haben die Eigenschaft, sich aneinander oder an Feststoffen und Behälterwänden zu grössere Aggregaten zu adsorbieren und unter Umständen wieder zu lösen (desaggregieren). Diese aggregierten Viren können teilweise nicht durch Chlor vernichtet werden, da sie durch andere Inhaltsstoffe geschützt sind.

Aus der Trinkwasseraufbereitung ist die Erkenntnis, dass Sandfilter eine hohe Rückhaltefähigkeit haben. Aufgrund der ausgeprägten Adsorptionsneigung der Viren ist die Flockung mit anschliessender Rückhaltung der Partikel ein gut geeignetes Verfahren. Eine Schnellfiltration mit optimaler Flockung kann eine Rückhaltung der Viren von über 99% bewirken.

Es gilt: Der wichtigste Verfahrensschritt bei der Aufbereitung mikrobiologisch belasteter Gewässer ist die Partikelentfernung. Ein weiterer Zweck der Flockung ist die Ausfällung von Nahrungsstoffen für biologisches Wachstum. Die Fällung ist eine chemische Reaktion, bei der aus gelösten Substanzen ein schwerlöslicher Niederschlag entsteht. Anstelle dem Versuch Mikroorganismen mit Chlor abzutöten oder im Filter zu flocken, können die Nährstoffe dem Wasser entzogen werden und damit Wachstum von Algen, Bakterien und so weiter verhindert werden.