

## **Tiefenwasserbelüftungsanlagen (TWBA) und deren Rückbau**

Die Abwässer der Zellstoff- und Papierfabrik Blankenstein sowie ungenügend gereinigte kommunale Abwässer und Einträge der Landwirtschaft aus dem Einzugsgebiet der Talsperre Bleiloch mit ihren großen Mengen an sauerstoffzehrenden Stoffen trugen zu einer Überbelastung der Talsperre bei. Dies führte Anfang bis Mitte der 70er Jahre erneut zu Extremsituationen mit Entwicklung großer Mengen des giftigen Schwefelwasserstoffes bis an die Wasseroberfläche der Talsperre. Unter Abwägung aller infrage kommenden Verfahren der künstlichen Belüftung eines Standgewässers fiel 1973 die Entscheidung für den Einsatz von TWBA des Systems Schönbrunn.

Die TWBA wurden aus glasfaserverstärkten, ungesättigten Polyesterharzen (GUP) gefertigt und enthielten im Kopfteil ein Stahlträgerkreuz zur Stabilisierung. Eine TWBA erreichte eine Länge von ca. 29 m und einen Durchmesser von ca. 5 m im Kopfteil. Die Einzelteile für die TWBA wurden bei Saalburg unweit der Talsperre Bleiloch in einer Traglufthalle hergestellt und endmontiert. Ihr Gesamtgewicht betrug ca. 20 t. Nach einer aufwändigen "Fahrt" zu Wasser, einer vierfachen Verankerung und der elektrischen Versorgung konnten die einzelnen TWBA an den Standorten Saalburg und vor der Mauer in Betrieb genommen werden.

Über ein Teleskoprohr wurde das Tiefenwasser durch vier Hohlstrahldüsen mit Luft angereichert und in einem Mantelrohr in das obere Hypolimnion zurückgeleitet. Der Sauerstoffeintrag belief sich für eine TWBA auf ca. 1,2 Tonnen/Tag.

Im Zeitraum vom Dezember 1975 bis 1979 wurden vor Ort insgesamt 13 TWBA durch Mitarbeiter der damaligen Oberflusmeisterei Gera gebaut, die dann im Hauptwasserkörper dafür sorgten, dass es fortan nicht wieder zu solchen extremen Sauerstoffdefiziten in der Talsperre Bleiloch kam. Der Bau der TWBA stellte auf dem Gebiet der DDR eine große ingenieurtechnische Leistung dar.

Der Einsatz der TWBA war für zehn Jahre vorgesehen, musste jedoch aufgrund der anhaltenden ungünstigen Wasserbeschaffenheit immer wieder verlängert werden. Ein zunehmend hoher Wartungsaufwand war zur Erhaltung der Betriebsbereitschaft erforderlich. Mit der Wende ging durch betriebsinterne Sanierungsmaßnahmen die Abwasserbelastung der Zellstoff- und Papierfabrik Blankenstein schrittweise zurück. Eine Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an kommunale Abwasserbehandlungsanlagen sowie eine verbesserte Behandlung bis hin zur 3. Reinigungsstufe und Denitrifikation der kommunalen Abwässer in den Kläranlagen Hof und Naila im fränkischen Teil des Einzugsgebietes der Talsperre Bleiloch wurden realisiert und führten somit zu einem Rückgang der Belastung der Talsperre Bleiloch. Ein künstlicher Sauerstoffeintrag war in der bisherigen Größenordnung nicht mehr erforderlich.

Der Rückbau begann 1990 mit der Entsorgung der ersten TWBA. Es folgten fünf TWBA im Oktober 1993 und weitere drei TWBA im Frühjahr 1996. Mit der Bergungsaktion der letzten fünf TWBA von Oktober bis November 1999 wurde die Ära der Tiefenwasserbelüftung in der Talsperre Bleiloch beendet.



Ausgebaute Tiefenwasserbelüfter

Die letzte Rückbaumaßnahme wurde durch ein Ingenieurbüro geplant, das auch für die Bauüberwachung verantwortlich war. Erste Arbeiten waren die Lösung der Stromzuführungskabel und die Trennung der Halteseile der TWBA von den Grundankern unter Wasser. Für diese Arbeiten im Wasserkörper bis ca. 40 m Tiefe kam ein Tauchunternehmen zum Einsatz. Ein Motorschiff der Fahrgastschiffahrt hat die schweren Anlagen zum Uferbereich geschleppt. Eine Stahlbaufirma der Region sorgte mit schwerer Technik für die Bergung und Demontage der Anlagen an Land sowie für die Bergung der Kabelbündel. Zur Ortung von Anlagenteilen unter Wasser kam moderne Technik zum Einsatz, wie die ferngesteuerte Unterwasserkamera "Hyball", ein Magnethometer und ein Seismometer. Nach der Demontage an Land erfolgte die fachgerechte Entsorgung des Materials. Die GUP-Teile wurden auf der Deponie Groitsch entsorgt und die Stahlteile recycelt.

## **Zwangsumwälzung kontra Algen und Wasserlinsen - Forschungsvorhaben an der Talsperre Bleiloch**

Seit 1989/90 führte die Reduzierung des Gelbstoffgehaltes (Braunfärbung) im Abwasser der Zellstoffindustrie am Zulauf der Talsperre zur Verringerung der Eigenfärbung des Wasserkörpers. Trotz großer Fortschritte bei der Abwasserbehandlung im bayerischen Teil des Einzugsgebietes liegt aber eine unverändert hohe Nährstoffbelastung (hypertroph) aus dem großen Einzugsgebiet der Saale vor. Die hohe Nährstoffbelastung und das bessere Lichtklima durch zunehmende Aufhellung führte nach 1989 zu einer deutlichen Zunahme der Primärproduktion, d.h. Zunahme der Algenentwicklung und 1991 zu einer Massenentwicklung von Wasserlinsen als grüner Teppich - mit den entsprechenden Folgeerscheinungen für den Sauerstoffhaushalt des Gewässers.



Massenentwicklung von Wasserlinsen in der Talsperre Bleiloch 1991

Dieses Erscheinungsbild gab 1992 den Anlass, beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein Versuchs-Projekt zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit durch die ökotechnische Maßnahme der künstlichen Destratifikation (Zwangsumwälzung, Umwälzung) zu beantragen. Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine technische Variante zur Erzielung einer Sichttiefe von mindestens zwei Metern (anzustrebender Wert nach EG-Badegewässerrichtlinie) zu erproben.

Der erfolgreiche Einsatz einer Enclosure-Versuchsanlage (Enclosure, engl. für Einzäunung, Gewässerausschnitt) zur Auswahl der günstigsten Umwälztechnologie war die Grundlage für ein ökotechnisches Großexperiment.

Die künstliche Destratifikation wurde erstmals mit einer großtechnischen Erprobung bei einer Gewässergröße wie in der Bleilochtalsperre und mit komplizierten morphometrischen Verhältnissen wissenschaftlich untersucht.

Die großtechnische Zwangsumwälzung mittels eines diffusen Luftblasenschleiers in der Bleilochtalsperre ist seit Frühjahr 1997 in Betrieb. Mit der Umwälzanlage konnten bis zu 2100 m<sup>3</sup> Druckluft/ h auf eine Tiefenlage von 20 m bis 32 m (je nach Stauspiegel) gefördert werden.

Die Investitions- und Betriebskosten für die Umwälzanlage (Kompressorenstation, Tragseilkonstruktion einschließlich Rohrleitungssystem) wurden vom Freistaat Thüringen mit rd. 2,8 Mio. DM und das wissenschaftliche Begleitprogramm in der Talsperre Bleiloch durch das BMBF mit rd. 2,1 Mio. DM getragen.

Das Projekt wurde partnerschaftlich von der TLU, der Bauhaus-Universität Weimar, der Technischen Universität Ilmenau, MEODAT Ilmenau und der Friedrich Schiller Universität Jena bearbeitet. Darüber hinaus wirkte die Universität Leipzig und die Technische Universität Karlsruhe mit.

Die Auswirkungen des Betriebes der Umwälzanlage (UWA) konnten im Forschungsvorhaben bis 1999 untersucht werden. Zusammenfassend wurden folgende wesentliche Ergebnisse erzielt:

- Es wurden Driftkörper mit Global Positioning System (GPS) entwickelt und erfolgreich zur Ermittlung des Ausmaßes und des Verhaltens der Umwälzung, zur Bestimmung der Geschwindigkeiten sowie zum Nachweis der Auswirkungen der Umwälzung über die Einblastiefe hinaus angewendet.
- Die vollständige Umwälzung des Hauptwasserkörpers bis zur Einblastiefe der Luft wurde während der Betriebszeit nicht durchgängig erreicht und von der witterungsbedingten Bildung einer zeitweise auf wenige Meter begrenzten Oberflächenschicht unterbrochen. Der Grad der Durchmischung nahm vom Nahbereich der Umwälzanlage talsperrenaufwärts ab.
- In der Bleilochtalsperre konnte eine Begrenzung des Algenwachstums nur in den Zeitabschnitten vollständiger Umwälzung erreicht werden. Die mittlere Chlorophyllkonzentration und die mittlere Sichttiefe lag wie in den Jahren vergleichbarer Trophie ohne Umwälzung. Jedoch konnte das mittlere Algenvolumen

auf ein Drittel der Referenzjahre begrenzt werden. Die Algengemeinschaft zeigte eine größere Artenvielfalt. Das Auftreten von Cyanobakterien-Massenentwicklungen konnte im Hauptwasserkörper verhindert werden. Das Wachstum der Wasserlinsen wurde durch den Betrieb der Umwälzanlage unterdrückt.

- Insgesamt vergrößerte sich die Stabilität des Ökosystems und es erfolgte eine Aufwertung der Erholungs- und Badenutzung. Die negative Auswirkung auf den Badebetrieb durch Toxinbildung (Microcystin) konnte verhindert werden.
- Im Zeitraum der vorrangigen Erholungsnutzung konnte die von der Badegewässerrichtlinie anzustrebende Sichttiefe von zwei Metern nicht erreicht werden; jedoch wurde der Grenzwert von einem Meter nicht unterschritten. Die Badewassertemperaturen erreichten durch die Umwälzung je nach meteorologischer Lage zwischen 15 und 21°C im Oberflächenbereich des Hauptwasserkörpers der Talsperre.
- Eine überschlägige Ermittlung der Erholungsleistung der "Seenlandschaft" Bleilochtalsperre unter differenzierter Berücksichtigung aller Maßnahmen im Einzugsgebiet und der Talsperre ergab eine verbesserte Erholungsleistung während der Destratifikationsjahre um ca. 10 bis 24%.
- Der Lebensraum der Fische vergrößerte sich durch die verbesserte Futtergrundlage an Zooplankton sowie die Stabilisierung der hypolimnischen Sauerstoffverhältnisse. Während des Anlagenbetriebes kam es zu keiner nachteiligen Beeinträchtigung des Fischbestandes.



Blasenschleier an der Talsperre Bleiloch

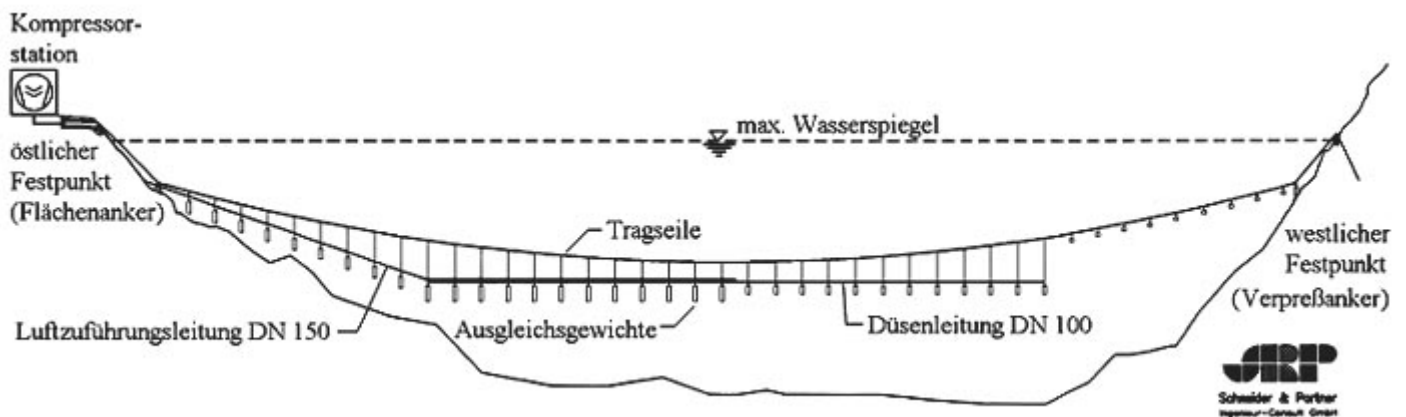
Der Abschlussbericht "Künstliche Destratifikation einer hypertrophen Talsperre als ein Verfahren zur Begrenzung von Algen und Wasserlinsenwachstum" (TLU 2000) liegt vor. Er war Anlass, die UWA in der Talsperre Bleiloch zunächst weiter zu betreiben.

Nach erfolgter Produktionsumstellung von Sulfit- auf Sulfatzellstoff in der ZPR Blankenstein hatte der Probebetrieb in 2000 beachtliche Veränderungen der Wasserbeschaffenheit zur Folge. Trotz Steigerung der Produktion ist die Fracht wichtiger Inhaltsstoffe und das Sauerstoffzehrungspotential weiter zurückgegangen. Mit der Abnahme der Eigenfärbung des Abwassers geht eine weitere beachtliche Aufhellung des Wassers in der Talsperre Bleiloch gegenüber vergleichbarer Vorjahre einher. Deshalb erlangt bei dem übermäßigen Nährstoffangebot die Stauwurzel auch als Produktionsraum für das Phytoplankton eine größere Bedeutung. Die Phosphoreliminierung ähnlich wie in einer großen Vorsperre entlastet den Hauptwasserkörper von Nährstoffen.

### **Rückbau der Umwälzanlage (UWA)**

Aufgrund von kommunalen abwassertechnischen Sanierungsmaßnahmen in den Gemeinden Lobenstein und Harra sowie im bayerischen Teils des Einzugsgebietes und der Umstellung des Produktionsverfahrens in der Zellstoff- und Papierfabrik (ZPR) vom Sulfit- zum Sulfatzellstoff wurde die Belastung der Talsperre u.a mit Algennährstoffen deutlich reduziert.

Angesichts dieser Fakten und der Tatsache, dass auch während der Betriebsdauer der UWA nicht alle erwünschten Güteverbesserungen erzielt werden konnten, wurde nach Ablauf der Versuchszeit und Abwägung aller Belange - hier insbesondere einer Studie zur Beschaffenheitsentwicklung nach der Produktionsumstellung in der ZPR Blankenstein - beschlossen, nach der Betriebsphase 2001 die UWA (siehe Längsschnitt) zurückzubauen. Mit den an ein Ingenieurbüro vergebenen Planungsarbeiten wurde unter Einbeziehung der betroffenen Eigentümer und Unternehmer im Januar 2001 begonnen.



Längsschnitt der UWA in der Bleilochtalsperre (Quelle: SRP Ingenieur-Consult GmbH)

Um die touristische Nutzung nicht über Gebühr einzuschränken, wurde mit den Rückbauarbeiten erst nach Abschluss der Badesaison am 17.09.2001 begonnen. Die Arbeiten im und am Gewässer konnten rechtzeitig vor der ersten Frostperiode zum 30.11.2001 abgeschlossen werden. Um die im Wasser befindlichen Anlagenteile (Luftzuführungsleitung, Ausgleichsgewichte und Düsenleitung) zu bergen, wurde der Einsatz von Tauchern erforderlich.



Vorbereitung für einen Tauchereinsatz

Zuerst wurden nacheinander die Ausgleichsgewichte, die Luftzuführungs- und Düsenleitung entfernt. Anschließend wurden die Tragseile und Ankerpunkte ausgebaut. Der ursprüngliche Zustand der Uferbereiche wurde wieder hergestellt.

Aufgrund der speziellen Anfertigungen konnten die im Wasser befindlichen Anlagenteile nicht weiterverwendet und mussten daher entsorgt werden. Die Kompressorstation hingegen kann weitergenutzt werden und wurde an einen Interessenten verkauft.