



Fachbereich
Ingenieurwissenschaften



Institut für Energie-, Verfahrens- und Umwelttechnik

November 2006

Prof. Dr.-Ing. J. Michele
Prof. Dr.-Ing. P. Lücking
Dipl.-Ing. S. Engel

Freistahlpropeller zur Tiefenwasserbelüftung im Accumer See 2006

Das Institut für Energie-, Verfahrens- und Umwelttechnik (EVU) an der FH O/O/W hat in Anlehnung an das Patent von Prof. Dr.- Ing. J. Michele /1/ einen Freistahlapparat zur Tiefenwasserbelüftung entwickelt, mit dem Ziel das ökologische Gleichgewicht des Accumer Sees wieder herzustellen und ein gefährliches Blaualgenwachstum zu reduzieren. Für die Realisierung und Durchführung eines Pilotprojekts hat der Sportfischerverein Wilhelmshaven den Accumer See zur Verfügung gestellt.

Der Accumer See ist ein Süßgewässer, ein künstlicher Baggersee, entstanden in den Jahren 1970-1975 durch Sandentnahme für den Bau der Autobahn A29.

Nach Auslegung strömungstechnischer Daten bezogen auf Lage und Größe des Sees ist die Konstruktion des Apparates im Rahmen von Diplomarbeiten im SS 2005 entstanden.

Nach Abschluss der Teilefertigung wurde die Anlage im Technikum der EVU, ebenfalls mit Unterstützung einer Diplomarbeit montiert, Probe betrieben und weiter, besonders unter dem Aspekt der Sicherheit, optimiert.

Weitere Maßnahmen für die Seeinstallation, wie das Aufstellen einer Zentralen Anschluss säule (ZAS) am See durch die EWE, das Verlegen eines 250 m langen Erdkabels (0,7 m tief) direkt ans Ufer des Sees und die Fundamentierung eines Sockels für den Schaltschrank am See wurden mit tatkräftiger Unterstützung der Wilhelmshavener Sportfischer durchgeführt.

Nach lang anhaltender Kälteperiode im Frühjahr 2006 konnten unter Zuhilfenahme eines gebrauchten Angelbootes die drei Anker im See ausgebracht, das Seekabel zur Position der Anlage gelegt und der Schaltschrank am See montiert werden.

Am 29. April 2006 wurde der Freistahlapparat, wieder von zahlreichen Helfern unterstützt, zu Wasser gelassen, auf Position geschleppt und in Betrieb genommen.

Durch wöchentliche Temperatur- und Sauerstofftiefenmessungen wurde das Projekt begleitet.

Begleitung durch TERRAMARE

Das Forschungszentrum TERRAMARE in Wilhelmshaven konnte für eine begleitende differenzierte biologische Untersuchung des Sees gewonnen werden, da der Accumer See schon im Rahmen eines Forschungsprojektes im Zeitraum von Juli 2003 bis Juni 2005 untersucht worden ist.

Regelmäßige Messungen physikalischer, chemischer und biologischer Gewässereigenschaften wurden im Rahmen einer Diplomarbeit /2/ durchgeführt. Es wurden die Einflüsse der Durchmischung mit dem Freistrahlapparat auf die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Phytoplanktons bzw. der Cyanobakteriengemeinschaft, die chemisch – physikalischen Parameter des Oberflächenwassers sowie die Wassertiefenprofile dieser Parameter untersucht.

Technische Erfahrungen mit dem Freistrahlapparat

Accumer See:

- **Fläche** $0,37 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ (460m X 800m)
- **Mittlere Tiefe** **5,3 m**
- **Volumen** $1,97 \cdot 10^6 \text{ m}^3$



Abbildung 1: Die Freistrahlanlage im Accumer See

Die Anlage:

- **Propeller - Φ** **620 mm**
- **Drehzahl** **157 U/min**
- **Volumenstrom** **9,2 m³/min**

Die Anlage, stabil auf vier Schwimmkörpern gelagert, was bei Montagearbeiten und Messungen sehr angenehm ist, schwimmt im nordöstlichen Teil des Accumer Sees. Dieser Seebereich bietet aufgrund der dominanten Windrichtung Südwest (Deutscher Wetterdienst) die effektivste Wirkung für eine Durchmischung, wenn der Freistrahle nach Südwest gerichtet ist und der Gegenwind für eine Rückströmung sorgt – also die Umwälzung unterstützt. Bei einer Propellerschubkraft von 500 N wird der Apparat durch zwei Anker, mit einem Gewicht von jeweils 82 kg an 40 m langen Ankerseilen auf Position gehalten, um sauerstoffreiches Oberflächenwasser unter einem Winkel von 15° in die Tiefe zu fördern. Die Strahlwinkelverstellung erweist sich auf See als schwierig und eine Neigungsbegrenzung ist durch den Motoraufbau gegeben.

Ein dritter Anker ist zur Sicherheit ausgebracht, falls ein Anker ausfällt. Über das Seekabel, welches vom Schaltschrank zur Anlage führt, wird der Elektrogetriebemotor (Nennleistung 1,1 kW) betrieben. Die Drehzahlen lassen sich über den im Schaltschrank untergebrachten Frequenzumrichter regeln und die Anlage kann dort spannungslos geschaltet werden.

Der Antrieb vom Motor zum Propeller ist mit einer Übersetzung von 1:1 mit einem Zahnriemen realisiert. Der Zahnriemen ist nicht die ideale Lösung, denn nach 12 Wochen Betrieb ist der Zahnriemen aufgrund von Korrosion der Zahnscheiben (Aluminium) gerissen. Als Ersatz wurden einfache Keilriemenscheiben mit zwei Keilriemen eingesetzt, die den Betrieb bis heute einwandfrei gewährleisten. Der Keilriemenschlupf und das Entstehen von Resonanzschwingungen bei sehr großen Distanzen zwischen den Keilriemenscheiben sind bei der Auslegung mit zu berücksichtigen.

Sämtliche Teile der Freistrahlanlage sind verzinkt. Für einen Dauerbetrieb ist dieser einfache Korrosionsschutz jedoch nicht geeignet, denn bei den wöchentlichen Messungen werden Alterungserscheinungen festgestellt. Bis zum nächsten Einsatz im April 2007 sind Reparatur – und Renovierungsarbeiten durchzuführen.

Im Juli kam es zu einem zweiwöchigen Stillstand durch den besagten Riss des Zahnriemens. Ansonsten lief der Apparat bis Ende Oktober, d.h. ein halbes Jahr durch.

Messungen während der Betriebsphase

Geschwindigkeit im Freistrahл am Austritt

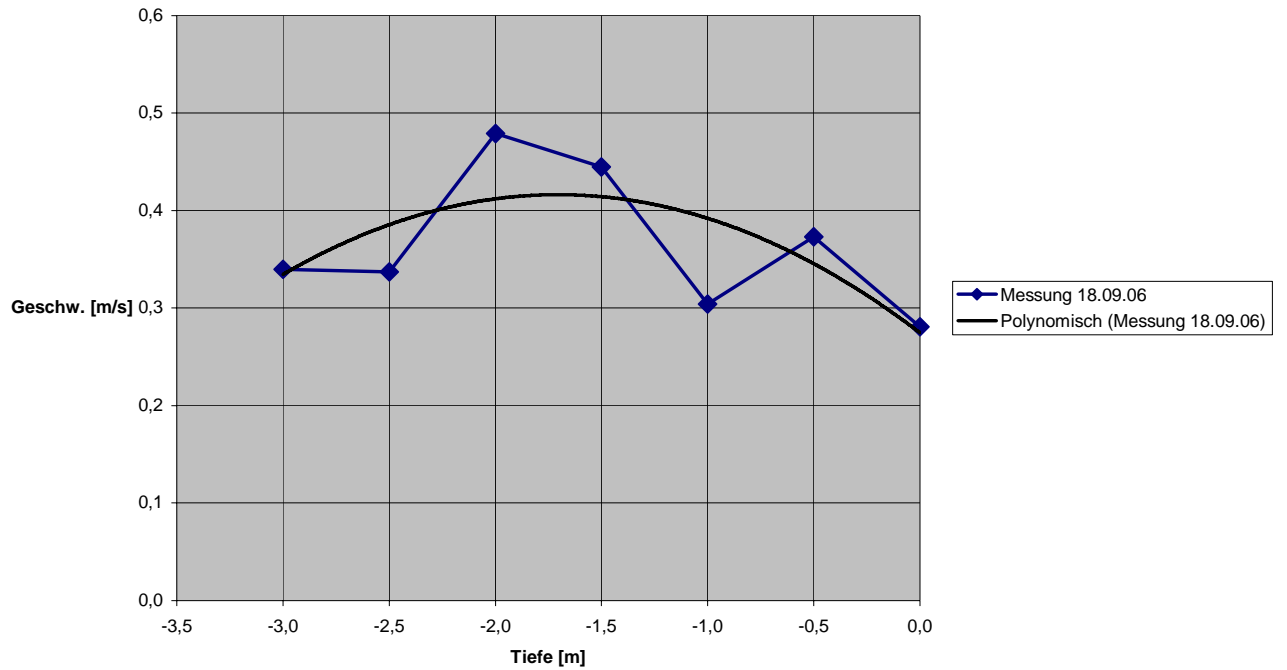


Abbildung 2

Die bei der Auslegung berechneten Daten konnten durch Strömungsmessungen, mit Unterstützung durch Herrn Prof. Dr. Liebezeit vom TERRAMARE, nachgewiesen werden.

Temperatur - Messung im Accumer See 2006

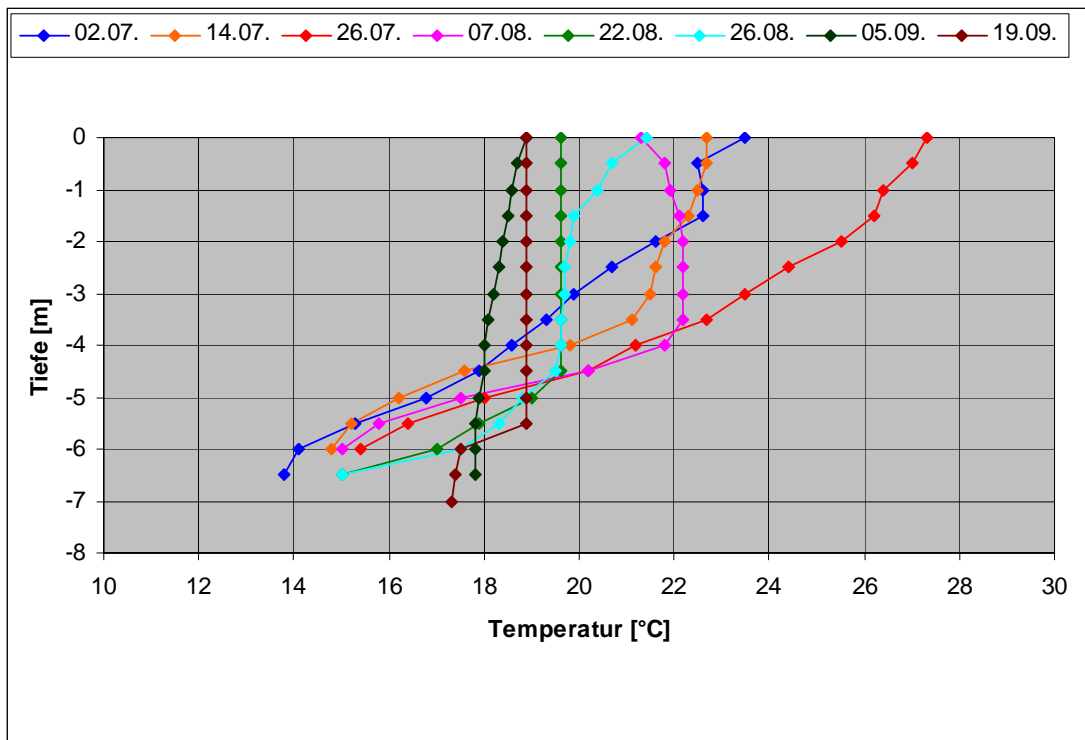


Abbildung 3

Sauerstoff – Messung im Accumer See 2006

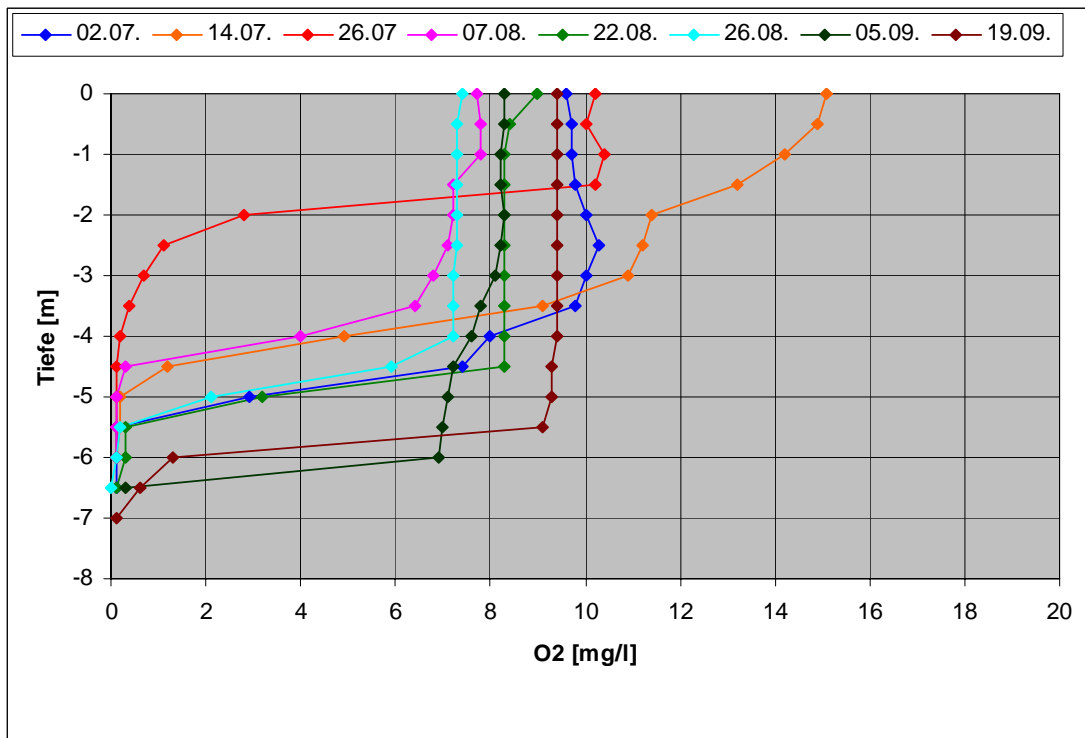


Abbildung 4

Mischungseffekt der Freistrahlanlage (FA)

Mischungsnachweis bei Wiederinbetriebnahme nach 14 – tägigen Stillstand

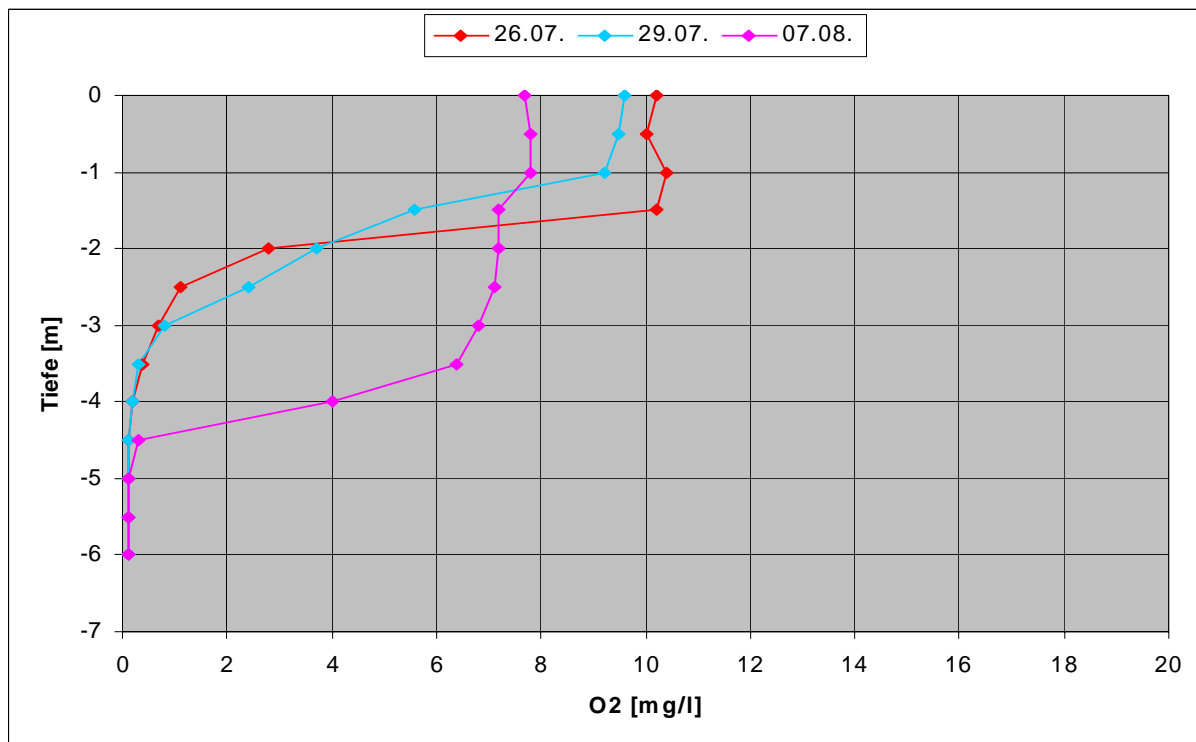


Abbildung 5

Diese Messungen zeigen die Wirkung des Freistrahles. Nach dem Stillstand der Anlage aufgrund des Zahnriemenrisses und erneuter Inbetriebnahme mit dem Keilriemen wird das Fördern des Sauerstoffes in die tieferen Schichten sehr gut durch die Veränderung der Sauerstoffschichtung sichtbar. Dies kann als Nachweis für den Mischungseffekt und die Funktion des Freistrahlarapparates gesehen werden.

Beobachtungen während der Betriebsphase

- Im Accumer See wurden für einen See sommertypische Sauerstoff – und Temperaturgradienten (s. Abb.3 und 4) gemessen. In heißen Perioden stellt sich eine hohe Oberflächentemperatur mit starkem Temperaturabfall in die Tiefe ein. Nachfolgende kühlere Zeiträume zeigen durch Windumwälzung rasch wieder ausgeglichene Zustände. Parallel zur Temperatur liegt der Sauerstoffgehalt. In der Hitzeperiode wächst eine sauerstoffarme Tiefenregion, um anschließend – überwiegend infolge Winddurchmischung – wieder kleiner zu werden. Der direkte Freistrahleinfluss konnte mit diesen Daten nur marginal nachgewiesen werden (s. Abb. 5). Leider lag der erwähnte technische Ausfall des Apparates ausgerechnet in der Juli – Hitzeperiode.
- Die Cyanobakterienblüte 2006 wurde nicht verhindert, aber die Anzahl der Bakterien zu den vorherigen Jahren war reduziert /2/. Die Konzentrationen der Nährstoffe waren in diesem Jahr geringer als in den Jahren zuvor /2/. Dies könnte auf das Nichtdüngen der angrenzenden Flächen am See zurückzuführen sein. Ebenfalls könnte es der Einfluss der Freistrahlanlage sein.

- Eine Abnahme des DIN (Gelöster anorganischer Stickstoff) wurde festgestellt. Der Freistrahler hat den Sauerstoffgehalt in der Tiefe erhöht, und somit die Reduktion des DIN verbessert /2/.
- Die der Secchi - Sichttiefe lag etwas tiefer als in den Vorjahren, was auf eine geringere Planktondichte zurückzuführen ist /2/. Auch die Beobachtungen der Angler unterstützen die bessere Sichttiefe.

Nach einer Saison lässt sich der Einfluss des Freistrahlerapparates nur schwer beurteilen, außerdem weil keine Vergleichsmessungen aus den Jahren 2003 – 2005 vorliegen. Weitere Betriebsjahre, Beobachtungen und Beprobungen müssen durchgeführt werden, um feststellen zu können, ob der Freistrahlerapparat die Verbesserung der einzelnen Parameter plausibel unterstützt und vorantreibt. Eine signifikante Veränderung aufgrund des Freistrahles ist erst nach mehrjährigen Betrieb zu erwarten.

Weitere Vorgehensweise für die nächste Betriebsphase im Jahr 2007

Der Freistrahlerapparat ist eine geeignete technische Konstruktion, um die Durchmischung eines Sees zu unterstützen, und um ihm bei der Selbstregulierung seines ökologischen Gleichgewichts unter die Arme zu greifen.

Das Hauptaugenmerk des Betriebs 2006 lag auf der technischen Machbarkeit. Diese wurde weitgehend nachgewiesen.

Wünschenswert wäre eine Leistungssteigerung gewesen, aber die Antriebsleistung war etwas unterdimensioniert und konnte infolge ungünstiger Drehzahlübersetzung auch nicht voll ausgeschöpft werden.

Der Apparat wird in den Wintermonaten technisch überholt und einige Funktionen werden konstruktiv verbessert.

- Der Antriebsriemen muss durch eine andere Antriebsart ersetzt werden, weil ein Riemen durch Korrosion spröde wird, die Zahnscheiben (Al - Druckguss) ebenfalls korrodieren und eine Langzeitfunktion nicht gewährleistet wird.
- Die Neigungsverstellung des Motors soll bis zu 30° möglich sein. Die Verstellung an Bord ist schwierig und ist durch den Aufbau des Motors begrenzt.
- Die Anker müssen erneuert werden, weil die verzinkten Stahlseile stark korrodiert sind und einer weiteren Versuchsperiode nicht standhalten.

Im April 2007 wird der Freistrahlerapparat erneut zu Wasser gelassen.

Literatur

- /1/ Michele, Jürgen; Michele, Volker; The Free Jet as a Means to Improve Water Quality: Destratification and Oxygen Enrichment, *Limnologia* 32, 329-337, 2002
- /2/ Jin, Huafang; Einfluss der aktiven Durchmischung von Seen auf das Wachstum toxischer Cyanobakterien, Diplomarbeit Terramare, 2006