

# LUIS

Info

## Inhalt

Dokumentation  
zum Thema  
Gewässerschutz

Sondermessprogramm 2009

Packer Stausee  
Packerbach  
Modriachbach

GA 01-2010



# **Sondermessprogramm**

## **Packer Stausee**

### **Packerbach**

### **Modriachbach**

## **2009**

Fachabteilung 17C Referat Gewässeraufsicht  
der Steiermärkischen Landesregierung



Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen:

Für den Inhalt verantwortlich

Mag. Barbara Friehs  
Dr. Michael Hochreiter  
Mag. Alfred Ellinger  
Mag. Thomas Battisti

Erstellt von

Mag. Alfred Ellinger

Probenahme

Mag. Thomas Battisti  
Bettina Brenner  
Mag. Alfred Ellinger  
Irene Gradwohl  
Dr. Michael Hochreiter  
Reinhart Orehovec  
Dipl.Ing.Dr. Ljiljana Podesser-Korneti  
Mag. Martin Schröttner  
Sonja Windisch

Chemische Untersuchungen

Umweltlaboratorium FA17C  
Leiterin: Dip.Ing. Karin Fröhlich

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Fachabteilung 17C – Technische Umweltkontrolle  
Referat Gewässeraufsicht  
Landhausgasse 7  
A – 8010 Graz

Telefon: +43/(0)316/877-2955 (Fax: +43/(0)316/877-3392)

E-Mail: [fa17c@stmk.gv.at](mailto:fa17c@stmk.gv.at)

Informationen im Internet: <http://www.umwelt.steiermark.at>

© Mai 2010

Bei Weitergabe unserer Ergebnisse ersuchen wir um die Quellenangabe. Es wird darauf hingewiesen, dass alle Angaben trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Autoren oder des Herausgebers ausgeschlossen ist.

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Allgemeines</b> .....	3
<b>2. Einleitung</b> .....	4
<b>3. Methoden</b> .....	4
3.1 Methodik stehende Gewässer .....	4
3.1.1 Chemische und physikalische Parameter .....	4
3.1.2 Phytoplankton .....	5
3.2 Methodik Fließgewässer.....	5
3.2.1 Probenahme: .....	5
3.2.2 Umfang und Untersuchungsfrequenz .....	5
3.2.3 Allgemein physikalisch-chemische Qualitätselemente.....	6
3.2.4 Makrozoobenthos .....	6
3.2.5 Phytobenthos.....	6
<b>4. Packer Stausee</b> .....	7
4.1 Messstellen .....	8
4.2 Ergebnisse .....	9
4.2.1 Temperatur .....	9
4.2.2 Sauerstoffverhältnisse .....	10
4.2.3 pH - Wert.....	12
4.2.4 Leitfähigkeit.....	12
4.2.5 Nitrat, Nitrit und Ammonium .....	13
4.2.6 DOC.....	14
4.2.7 Phosphor.....	15
4.2.8 Sichttiefe .....	16
4.2.9 Chlorophyll A Gehalt .....	17
4.2.10 Phytoplankton .....	17
<b>5. Fließgewässer</b> .....	19
5.1 Messstellen Fließgewässer: .....	19
5.2 Ergebnisse .....	19
5.2.1 Packerbach .....	19
5.2.2 Modriachbach .....	24
<b>6. Zusammenfassung und Diskussion</b> .....	28
<b>7. Literatur</b> .....	30

## 1. Allgemeines

Die systematische Erfassung des chemischen und ökologischen Zustandes von Oberflächengewässern und die Evidenthaltung grundlegender wasserwirtschaftlicher Daten gehört zu den Hauptaufgaben der Verwaltung im Rahmen der Gewässeraufsichtstätigkeit. Durch umfangreiche Erhebungen bzw. Untersuchungsprogramme werden die Voraussetzungen geschaffen, rechtzeitig Veränderungen zu erkennen und dadurch die Notwendigkeit, Dringlichkeit und Art von Sanierungs- und Vorsorgemaßnahmen abschätzen zu können.

Mit der Implementierung der EU – Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in das Wasserrechtsgesetz im Jahre 2003 geht eine grundlegende Änderung der Methode zur qualitativen Bewertung von Oberflächengewässern einher. Das Gewässergütesystem mit den 4 Güteklassen (und 3 Zwischenstufen) zur Bewertung der qualitativen Wasserbeschaffenheit wird ersetzt durch ein Bewertungssystem mit der Bezeichnung „Ökologischer Zustand“. Dieser „Ökologische Zustand“, der vergleichbar den 7 Stufen des Güteklassensystem in 5 Bewertungsstufen gegliedert ist, wurde als umfassende ökologische Qualitätsbeurteilung eines Gewässers sowohl hinsichtlich seines Verschmutzungsgrades als auch hinsichtlich des Natürlichkeitsgrades des Gewässerbettes, einschließlich der Ufer und der Wasserführung, konzipiert. Die bisher in Österreich angewandte Methode zur Bewertung des Verschmutzungs-grades eines Fließgewässers geht jedoch nicht „unter“, sondern wird ein Bestandteil dieses neuen Bewertungssystems. Die letzten 7-stufigen Gewässergütebewertungen aus dem Jahr 2003 (Gewässergüteatlas 2004) werden im Ergebnisteil dieses Berichtes zwar angeführt, aufgrund der bereits genannten methodischen Änderungen sind für den Beobachtungszeitraum 2006 – 2007 jedoch keine Aussagen über Trends gegenüber den Gütebewertungen im Gewässergüteatlas 2004 möglich.

Die im Ergebnisteil enthaltenen Auswertungen der chemischen und physikalischen Parameter wurden bereits nach den neuen methodischen Vorgaben, nämlich der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 96/2006 i.d.g.F.) bzw. der Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 99/2010 i.d.g.F.), durchgeführt. Die Darstellung stofflich relevanter Parameter erfolgt für jede Messstelle einerseits in monatlicher Auflösung, andererseits werden auch Bewertungen in Abhängigkeit von den jeweiligen Umweltqualitätsnormen über die Messperiode in Form von Tabellen aufgelistet bzw. graphisch abgebildet. Da die Qualitätsziele bei den allgemein physikalisch-chemischen Parametern auch bei Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen als eingehalten gelten, wenn das entsprechende biologische Qualitätselement dem guten Zustand entspricht, werden auch Endergebnisse der Makrozoobenthos- bzw. Phytobenthosuntersuchungen entsprechend dargestellt und fließen in die Gesamtbewertungen ein.

Die Gesamtbewertung, ausgedrückt in Zustandsklassen, entspricht dem Grad der Abweichung der stofflichen Qualitätskomponenten Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Nährstoffverhältnisse, Salzgehalt und Versauerungszustand vom gewässertypischen Referenzzustand und ist somit Teil der Methode zur Bestimmung des ökologischen Zustands gemäß WRG 1959 i.d.g.F. bzw. WRRL. Die Ermittlung und Festlegung des ökologischen Zustands von Oberflächenwasserkörpern erfolgt letztendlich für alle steirischen Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet >10km<sup>2</sup>.

## 2. Einleitung

Im September 2008 wurde der Fachabteilung 17C – Referat Gewässeraufsicht der Steiermärkischen Landesregierung eine Gewässerverunreinigung am Packer Stausee gemeldet. Zu diesem Zeitpunkt war eine flockige Grünfärbung des Gewässers infolge einer Algenblüte zu beobachten. Darauf hin wurde auch ein möglicher Nährstoffeintrag über die Zuflüsse Packerbach und Modriachbach diskutiert.

Um die Ursachen für einen möglichen Nährstoffeintrag feststellen zu können, wurde für das Jahr 2009 ein Sondermessprogramm festgelegt, das sowohl limnologische Untersuchungen des Stausees als auch stofflich relevante Untersuchungen der Zuflüsse beinhaltet.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der limnologischen Untersuchungen am Packer Stausee und Auswertungen physikalischer und chemischer Messergebnisse von zwei monatlich untersuchten Fließgewässermessstellen am Packerbach und Modriachbach im Jahr 2009 sowie entsprechende Untersuchungsergebnisse der biologischen Qualitätselemente Makrozoobenthos und Phytobenthos. Die Auswertungen und Darstellungen sollen letztendlich einen guten Überblick über die stoffliche und physikalische Situation der untersuchten Gewässer geben.

## 3. Methoden

### 3.1 Methodik stehende Gewässer

#### 3.1.1 Chemische und physikalische Parameter

Die limnologischen Verhältnisse und die trophische Situation werden durch die folgenden Parameter behandelt:

- Wassertemperatur
- Sauerstoff (Gehalt und Sättigung)
- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Stickstoff (Nitrat, Nitrit und Ammonium)
- Gesamtphosphorgehalt
- DOC
- Sichttiefe
- Chlorophyll A Gehalt

Die Einschätzung des Trophiegrades erfolgt klassischerweise über die Parameter Sichttiefe, Gesamtphosphor und Chlorophyll A Gehalt beziehungsweise anhand des Bewertungsschemas Wassergüte Seen (Steiermark):

Parameter	Einheit	Trophiegrad			
		oligotroph	mesotroph	Eutroph	hypertroph
Sommerliche Sichttiefe	[m]	> 6	2 - 5	0,5 - 1,5	< 0,5
Gesamtphosphor (0-6 Meter)	[µg/l]	< 13	< 40	< 100	> 100
Chlorophyll A Gehalt	[µg/l]	< 3	3 - 8	7 – 30	> 40

Tab.1: Bewertungsschema Wassergüte Seen (Steiermark)

### 3.1.2 Phytoplankton

Zur biologischen Klassifizierung des Nährstoffniveaus am Packer Stausee wurde am 13.10.2009 eine Phytoplanktonprobe entnommen und gemäß dem Leitfaden des BMLFUW zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente – Teil Phytoplankton analysiert. Die entsprechende Methode wurde für größere österreichische Seen entwickelt, deren trophischer Grundzustand weitgehend bekannt ist. Die Anwendung der Bewertungsmethode für kleinere Seen ist zwar grundsätzlich möglich, die Festlegung einer ökologischen Zustandsklasse für den Packer Stausee ist jedoch aus fachlicher Sicht derzeit nicht möglich.

## 3.2 Methodik Fließgewässer

### 3.2.1 Probenahme:

Die Probenentnahmestellen wurden nach vorangegangener Erhebung und Begehung so gewählt, dass möglichst alle Faktoren, welche die stoffliche Situation beeinflussen, (z.B. Abwassereinleitungen, Zuflüsse) erfasst werden können und eine für den betreffenden Gewässerabschnitt repräsentative Beprobung gewährleistet ist.

### 3.2.2 Umfang und Untersuchungsfrequenz

Der Untersuchungsumfang der Fließgewässermessstellen umfasst eine monatliche Überwachung der physikalisch-chemischen Parameter im Jahr 2009. Daneben wurden einmal jährlich auch stofflich relevante biologische Untersuchungen (Makrozoobenthos, Phytobenthos) gemäß der „Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern“ (BMLF 1999) bzw. den folgenden Leitfäden für die Erhebung der biologischen Qualitätselemente. (BMLFUW, 2010) durchgeführt:

- Leitfaden für die Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Einleitung. (BMLFUW, 2010).
- Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A2 – Makrozoobenthos“ (BMLFUW, 2010).
- Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A3 – Phytobenthos“ (BMLFUW, 2010).

### 3.2.3 Allgemein physikalisch-chemische Qualitätselemente

Bei den chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten des ökologischen Zustands werden für Fließgewässer folgende Gruppen von Qualitätselementen zusammengefasst:

Allgemein chemisch und physikalisch-chemische Qualitätselemente

- Sauerstoffhaushalt
- Nährstoffverhältnisse
- Temperaturverhältnisse
- Versauerungszustand
- Salzgehalt

Spezifische Schadstoffe:

- Spezifische synthetische Schadstoffe und
- Spezifische nicht-synthetische Schadstoffe



Die rechtliche Umsetzung der spezifischen Schadstoffe erfolgt durch die Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 96/2006 i.d.g.F.).

Im „Leitfaden zur typspezifischen Bewertung der allgemein physikalisch-chemischen Parameter in Fließgewässern gemäß WRRL“ (BMLFUW, 2010) wurde ein Qualitätszielvorschlag für die Gruppe der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätselemente veröffentlicht. Unter Berücksichtigung der Fließgewässertypologie liegen für diese Qualitätselemente nun Bedingungen für den sehr guten und guten Zustand vor. Die Zuordnung zu einer Zustandsklasse schlechter als gut erfolgt ausschließlich auf der Bewertung biologischer Qualitätselemente. Hierfür sind keine allgemein physikalisch-chemischen Qualitätsziele zu formulieren. Die rechtliche Umsetzung erfolgt über die Qualitätszielverordnung Ökologie (BGBl. II Nr. 99/2010 i.d.g.F.).

### 3.2.4 Makrozoobenthos

Durch das Makrozoobenthos können stoffliche Belastungen aber auch Auswirkungen verschiedener hydromorphologischer Belastungen (Degradation der Gewässermorphologie, Stau, Restwasser, Nutzung im Einzugsgebiet) erfasst werden. Die Bewertung hat sich dabei an typspezifischen Leitbildern zu orientieren. Die diesbezüglichen methodischen Vorgaben wurden von der Universität für Bodenkultur (MOOG & OFENBÖCK 2005 a, b) entwickelt.

### 3.2.5 Phytobenthos

Das Phytobenthos ist vor allem geeignet um stoffliche Belastungen in Fließgewässern anzuzeigen. Die entsprechende Bewertungsmethode, entwickelt von der GesmbH ARGE Limnologie & Universität Innsbruck – Abteilung für Datenbanken und Neue Medien (PFISTER & PIPP 2005), beurteilt somit Abweichungen vom typspezifischen trophischen und saprobiellen Grundzustand.

#### 4. Packer Stausee

<b>Seehöhe</b>	867 m
<b>Fläche</b>	58 ha
<b>Volumen</b>	5,4 Mio. m <sup>3</sup>
<b>Einzugsgebiet</b>	63,0 km <sup>2</sup>

<b>maximale Tiefe</b>	33 m
<b>mittlere Tiefe</b>	14 m
<b>größte Länge</b>	2550 m
<b>größte Breite</b>	296 m



Der Packer Stausee liegt im Übergangsbereich der Koralpe zur Stubalpe, an der Ostseite des Packsattels (1169m), im Bereich des Zusammenflusses des Packer- und Modriachbaches auf einer Seehöhe von 867m. Der Stausee wurde zwischen 1929 und 1931 von der Steweag zur Speisung eines Speicherkraftwerkes angelegt, wobei das Sperrbauwerk als Schwergewichtsmauer ausgeführt wurde. Das zugehörige Krafthaus liegt am Fuße der Staumauer. Der Stausee, als Teil der Kraftwerksanlage, ist heute im Besitz der Verbund-Austrian Hydro Power AG (AHP). Das Speichervolumen des bis zu 33m tiefen und 2550m langen Sees beträgt 5,4 Millionen Kubikmeter. Seine Oberfläche hat ein Ausmaß von rund 58ha bei einer Uferlänge von 7,2km. Sein nordöstliches Ufer liegt im Gemeindegebiet von Edelschrott, das westliche und südliche Ufer im Gebiet der Gemeinde Pack. Am südlichen Ende des Sees schließt unweit das Gebiet der Gemeinde Modriach an. Das Einzugsgebiet des Stausees liegt mehrheitlich im bewaldeten Gebiet und beträgt insgesamt 63,0 km<sup>2</sup>. Neben der Stromgewinnung wird der Packer Stausee auch als Freizeitgewässer zum Baden, Angeln und Segeln genutzt. Wegen der Steilheit der Seeufer und wegen des Waldbestandes ist ein Großteil der Seeufer als Badeplatz inklusive Liegewiesen nicht besonders geeignet. Während entlang des Nord- und Ostufers des Sees Sommerhäuser angelegt wurden, so dominieren im westlichen und südlichen Uferbereich land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen.

## 4.1 Messstellen

Um die limnologischen Verhältnisse am Packer Stausee zu untersuchen wurden an zwei Terminen im Jahr 2009 (27.08.2009 und 13.10.2009) jeweils an der tiefsten Stelle des Sees Proben bis zum Grund gezogen (Profile). Um zusätzlich stoffliche Einträge im unmittelbaren Einzugsgebiet des Sees zu detektieren erfolgten von August bis Dezember 2009 im Einmündungsbereich des Packer Baches bzw. des Modriachbaches Beprobungen der Randbereiche des Sees.

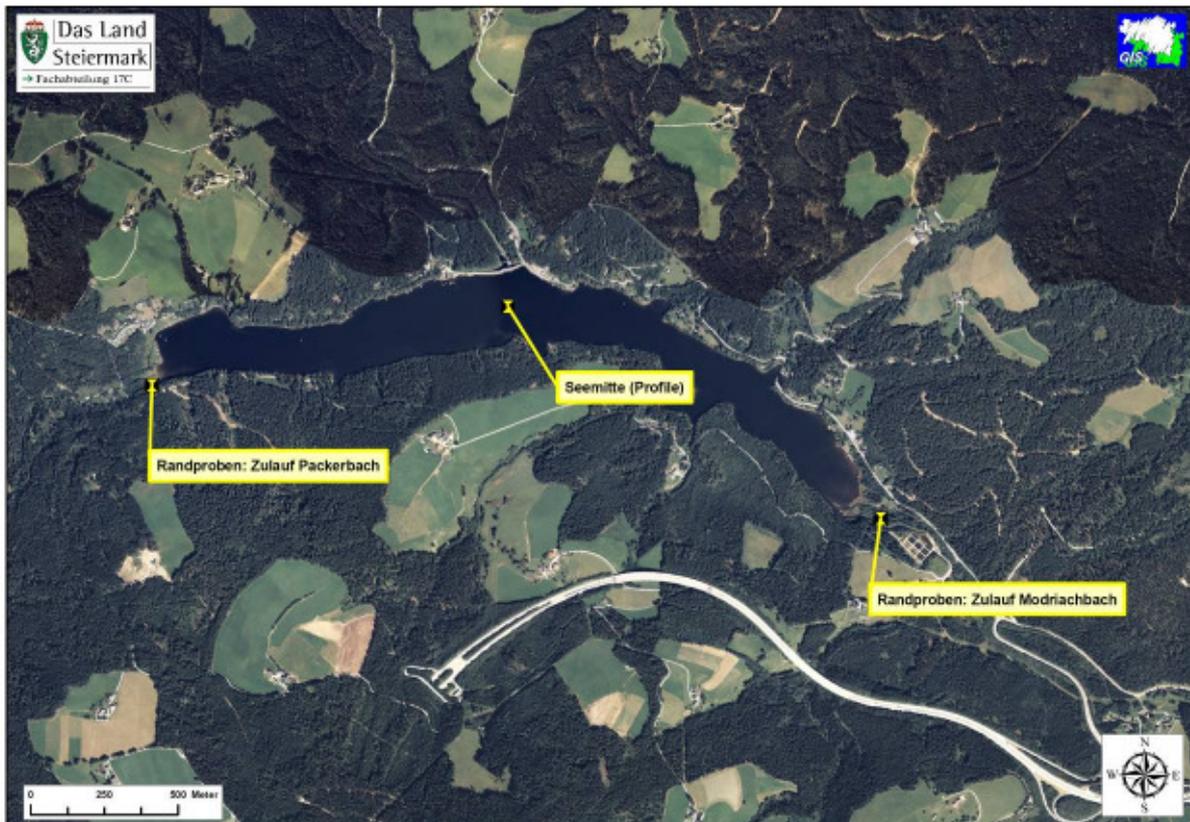


Abb.1: Lage der Messstellen



Abb.2: Zulauf Packerbach



Abb.3: Zulauf Modriachbach

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Temperatur

Wie bereits aus früheren Untersuchungen (Schmidt, 1934 bzw. Mutamba, 2002) hervorgeht, bilden sich am Packer Stausee verhältnismäßig selten bedeutendere Temperaturschichten aus. Im Zuge der aktuellen Untersuchungen konnte nur ein sehr geringer Gradient festgestellt werden. Die Oberflächenwassertemperaturen lagen Ende August 2009 bei 20,4°C und Mitte Oktober bei nur mehr bei 12,2°C. Die Ausbildung eines, wenn auch sehr schwach entwickelten, Epilimnions konnte nur am ersten Untersuchungstermin (27.08.2009) festgestellt werden und reichte bis in etwa 2 Metern Tiefe. Die sommerliche Erwärmung des Stausees bleibt demnach nicht auf das Epilimnion beschränkt, sondern erfasst auch die tieferen Schichten des Sees. Während viele natürliche Seen wesentlich geringere Tiefentemperaturen von 4 – 5°C aufweisen, können am Grund des Packer Stausees mitunter sogar 15°C gemessen werden. Diese hohen Tiefentemperaturen sind für Speicherseen allerdings keine Seltenheit. Schmidt (1934) konnte dieses Phänomen am Packer Stausee bereits im Jahr 1934 beobachten. Er führte das geänderte thermische Verhalten bei Stauseen auf die Wasserentnahme in der Tiefe zurück. Insgesamt ist aus den Messdaten eine starke Interaktion von oberflächennahen Schichten mit tieferen Bereichen ersichtlich, die darauf schließen lässt, dass der Stausee den größten Teil des Jahres über vollständig zirkuliert.

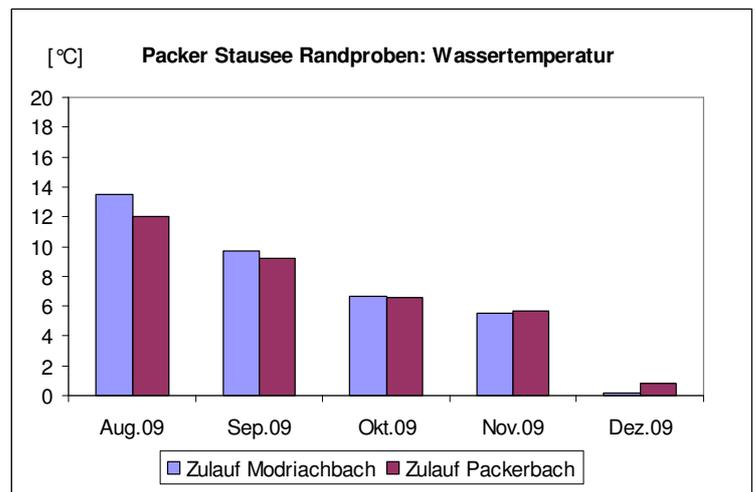
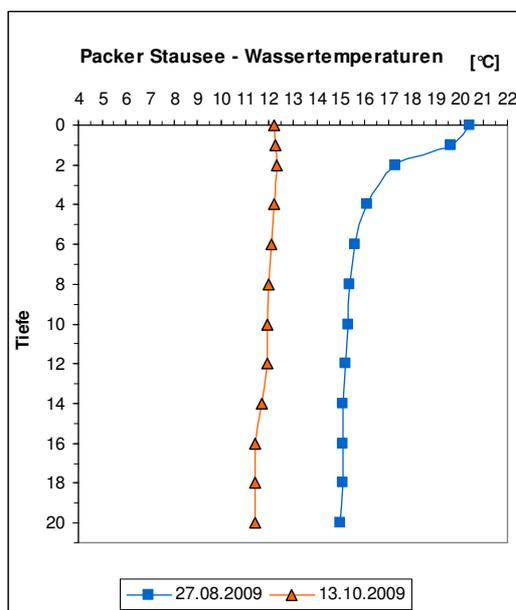


Abb.4: Wassertemperaturen 2009

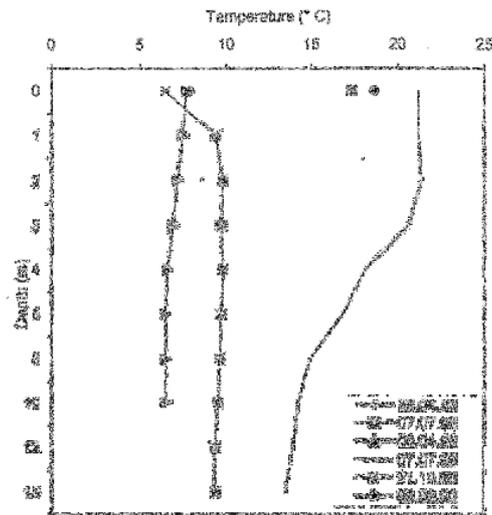
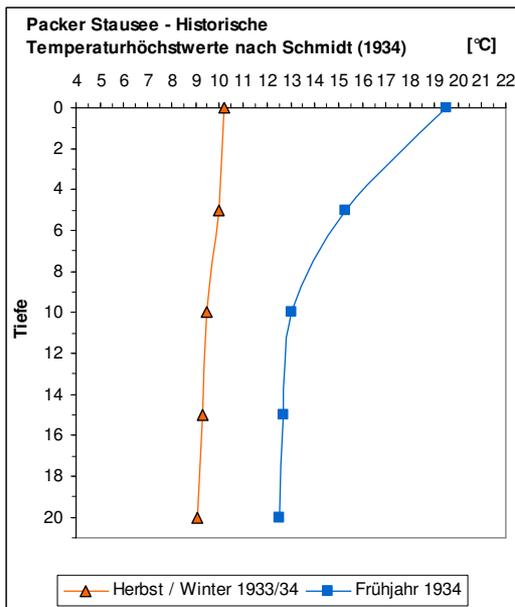


Abb.5: Wassertemperaturen früherer Untersuchungen nach Schmidt (1934) – [linke Abbildung] bzw. nach Mutamba (2002) – [rechte Abbildung]

#### 4.2.2 Sauerstoffverhältnisse

Der Sauerstoffgehalt bzw. die Sauerstoffsättigung der einzelnen Tiefenschichten des Stausees zeigen, dass über die gesamte Wassersäule eine gute Sauerstoffversorgung gegeben ist. Sogar über Grund konnten im Zuge der Untersuchungen an die 80 Prozent Sättigung nachgewiesen werden. Historische Messungen am Packer Stausee (Stundl, 1955) zeigen hier sehr ähnliche Verläufe an. Am 27.08.2009 war allerdings an der Oberfläche eine durchaus hohe Übersättigung (143%) zu beobachten, die auf eine hohe pflanzliche Produktion bzw. auf ein deutlich gesteigertes Algenwachstum hindeutet. Die Randproben zeigen hier keinerlei Auffälligkeiten.

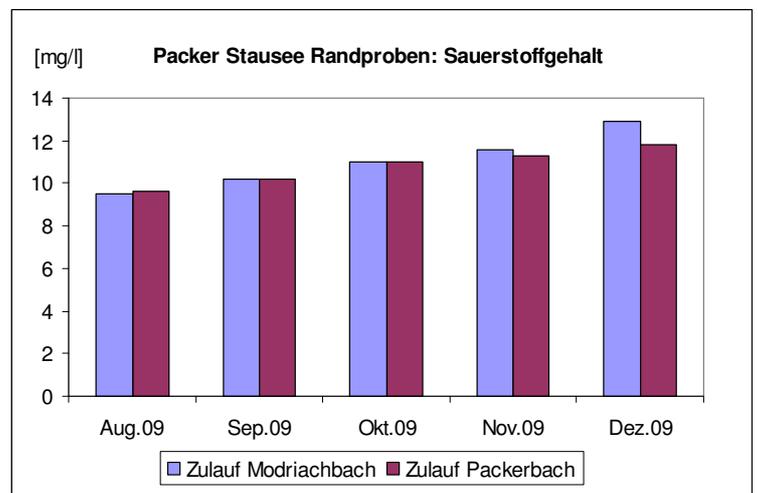
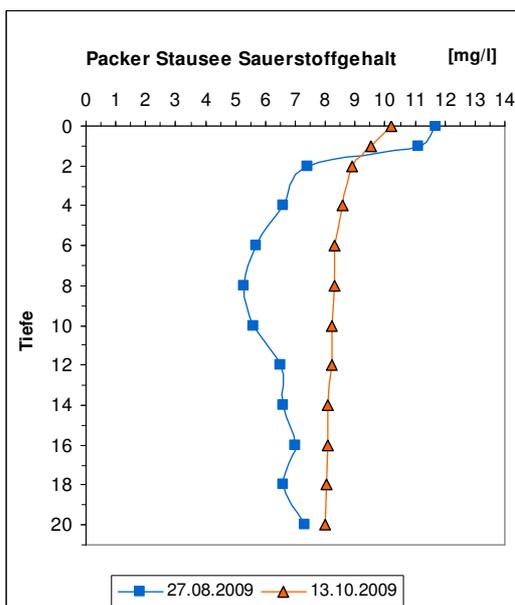


Abb.6: Sauerstoffverhältnisse 2009

# Sondermessprogramm Packer Stausee – Packerbach - Modriachbach

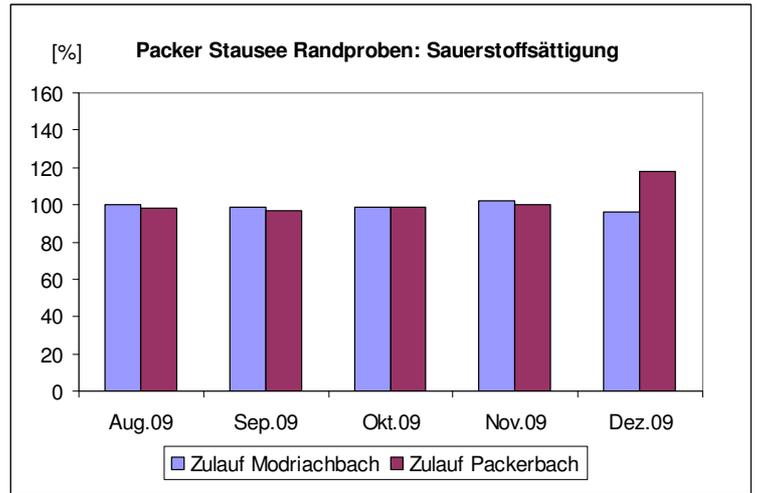
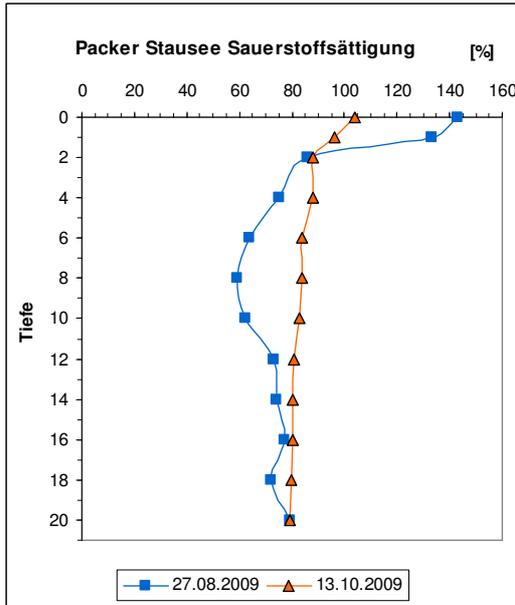


Abb.7: Sauerstoffsättigung 2009

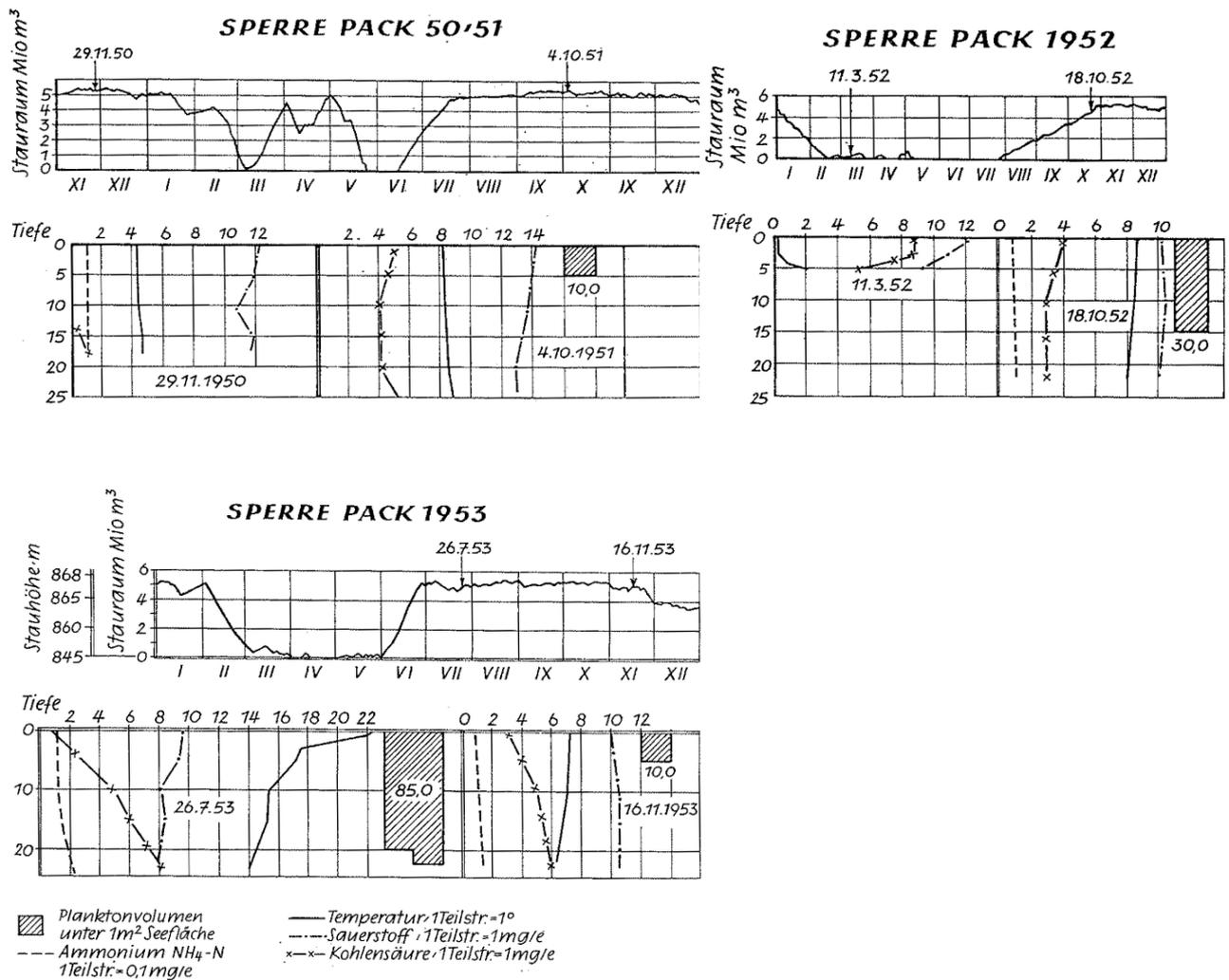


Abb.8: Tiefenprofile früherer Untersuchungen nach Stundl (1955)

### 4.2.3 pH - Wert

Die pH – Werte bewegten sich im Untersuchungszeitraum zwischen 7,6 und 9,4. Am 27.08.2009 wurden an der Oberfläche wiederum deutlich höhere, alkalische Werte festgestellt. Ein Zusammenhang mit Randproben der Zuläufe besteht nicht.

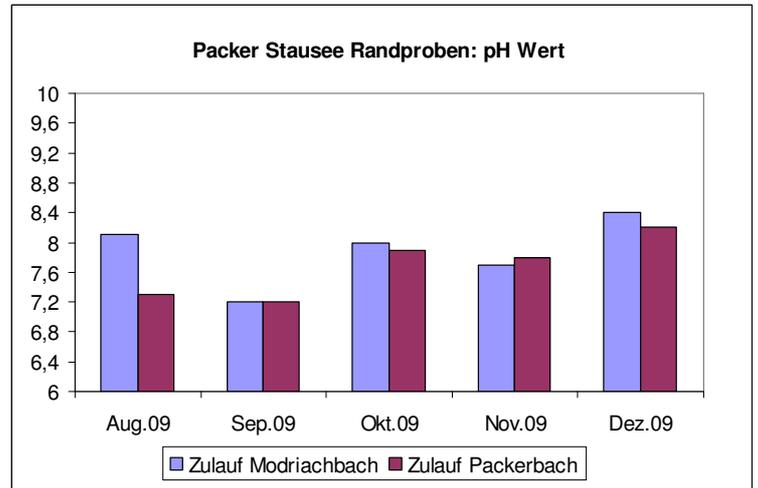
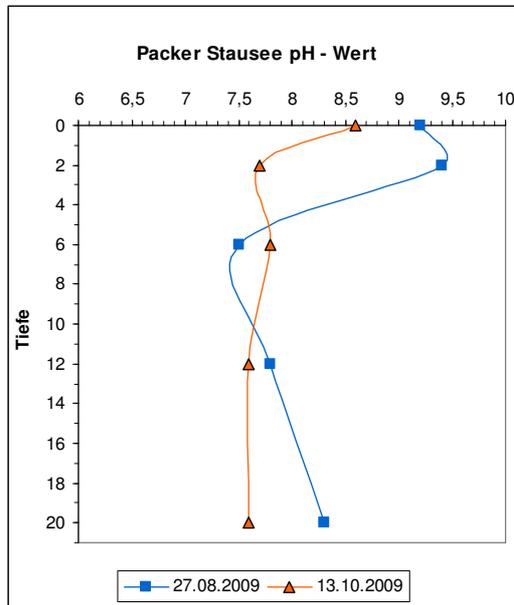


Abb.9: pH – Werte 2009

### 4.2.4 Leitfähigkeit

Die im Rahmen der Untersuchungen gemessenen Leitfähigkeiten des Wassers zeigen in Anbetracht des kristallinen Einzugsgebietes typisch niedrige Werte an und sind als unauffällig zu bezeichnen. Die monatlich zunehmenden Werte bei den Randproben sind abflussbedingt erklärbar.

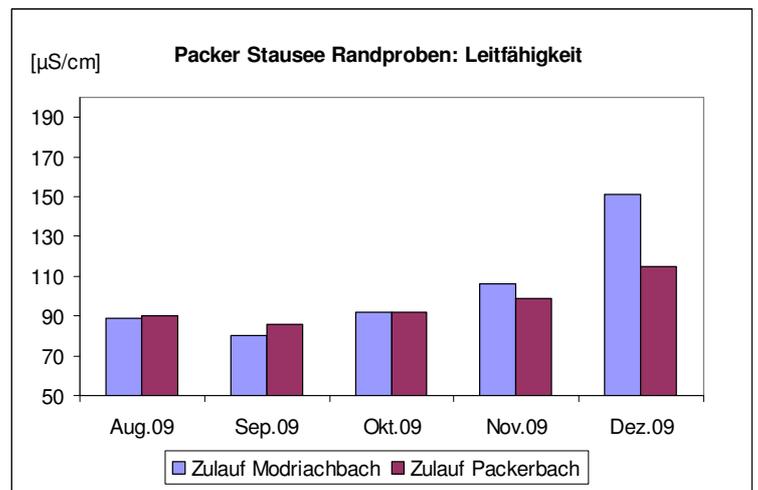
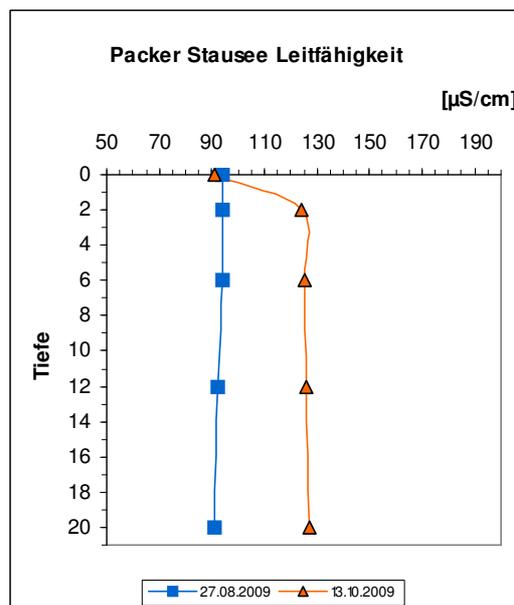


Abb.10: Leitfähigkeiten 2009

### 4.2.5 Nitrat, Nitrit und Ammonium

Stickstoff ist ein bedeutender Pflanzennährstoff, der am Packer Stausee immer in genügenden Mengen nachgewiesen wurde. Die im Rahmen der Untersuchungen gemessenen Stickstofffraktionen zeigten weder bei den Profilmessungen, noch bei den Randproben irgendwelche Auffälligkeiten. Die Nitratkonzentrationen lagen allesamt zwischen 0,6 und 1,3 mg/l. Die Schadstoffe Nitrit und Ammonium bewegten sich stets in sehr geringen Konzentrationen bzw. nahe der Bestimmungsgrenze.

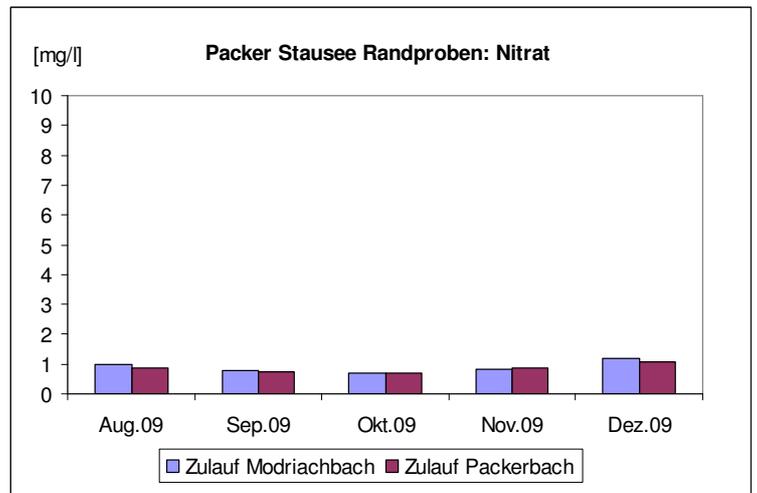
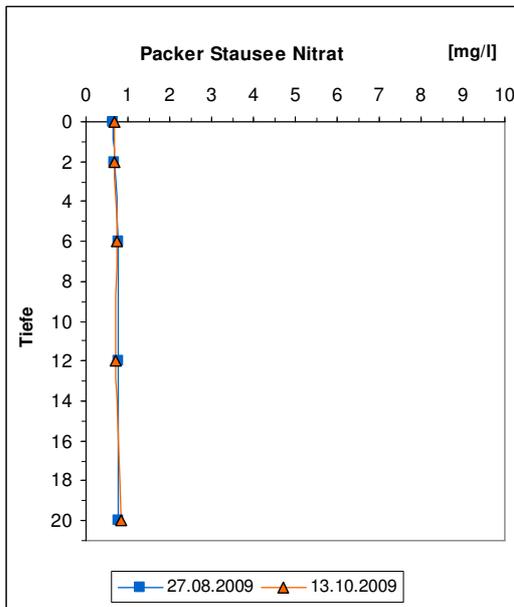


Abb.11: Nitratwerte 2009

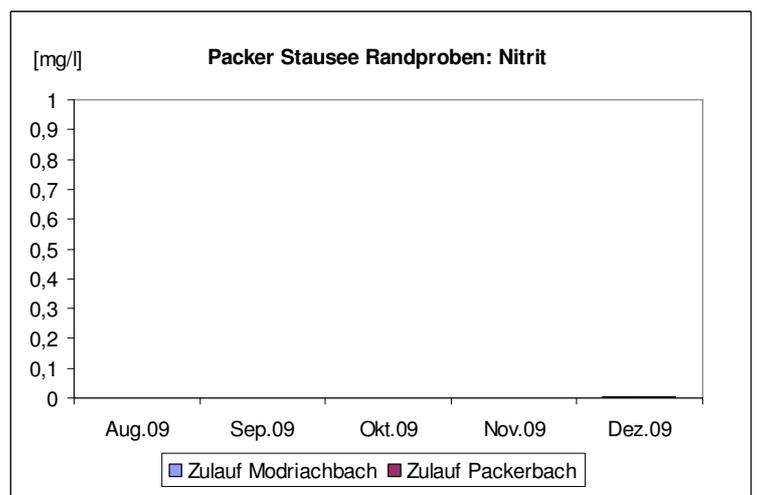
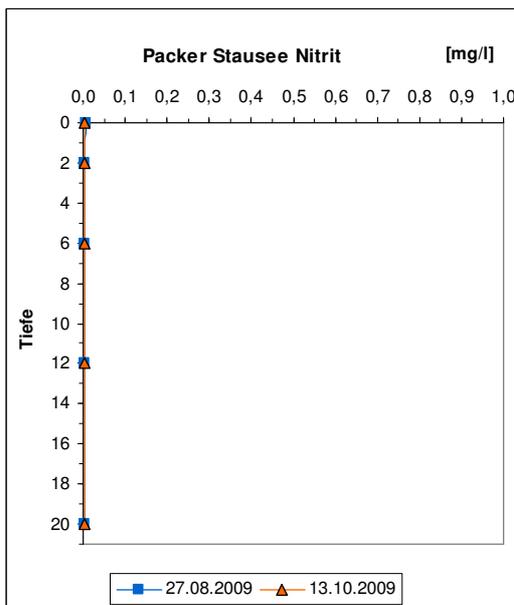


Abb.12: Nitritwerte 2009

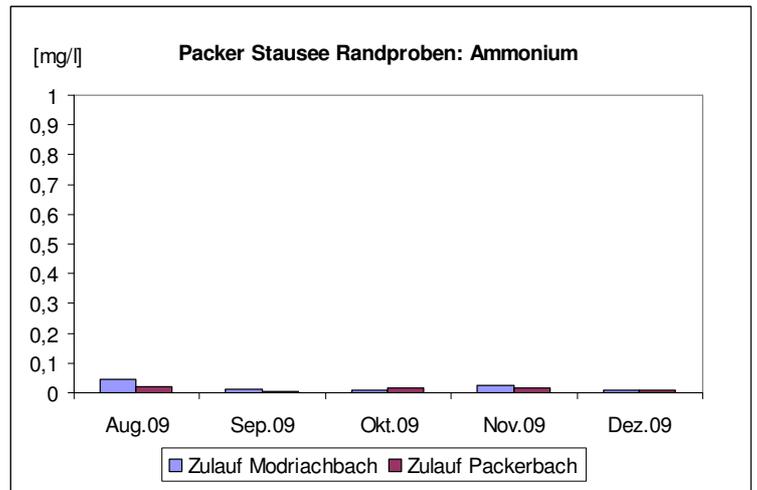
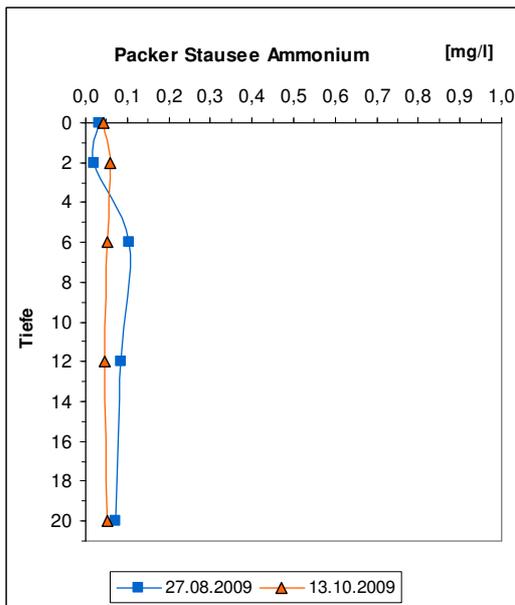


Abb.13: Ammoniumwerte 2009

#### 4.2.6 DOC

Der DOC Gehalt des Seewassers lag beim Untersuchungstermin am 13.10.2009 im Mittel bei 2,6 mg/l. Die gemessenen Werte sind durchaus vergleichbar mit Messwerten am Erlaufsee (Steirischer Seenbericht 2007). Am 27.08.2009 wurden an der Oberfläche mit 5,2 mg/l deutlich höhere Konzentrationen gemessen. Ein Zusammenhang mit Messwerten der Randproben ist nicht gegeben, hier lagen die Konzentrationen im vergleichbaren Zeitraum zwischen 1,63 und 2,69 mg/l. Den Daten zufolge handelt es sich demnach nicht um anthropogen eingebrachte Kohlenstoffverbindungen.

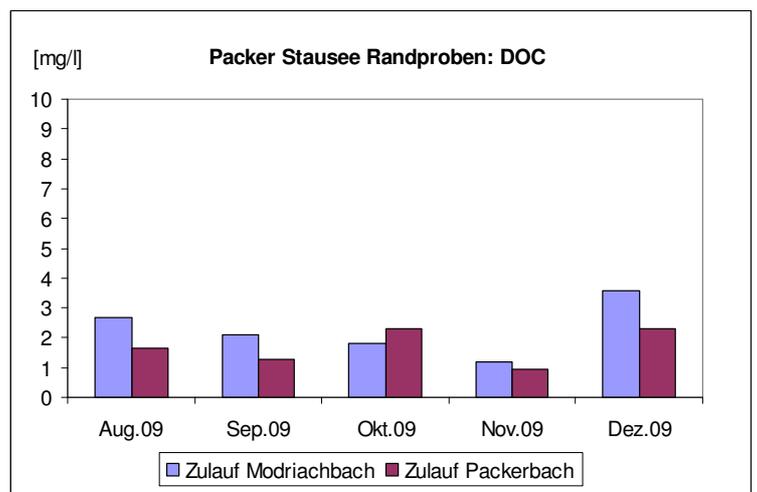
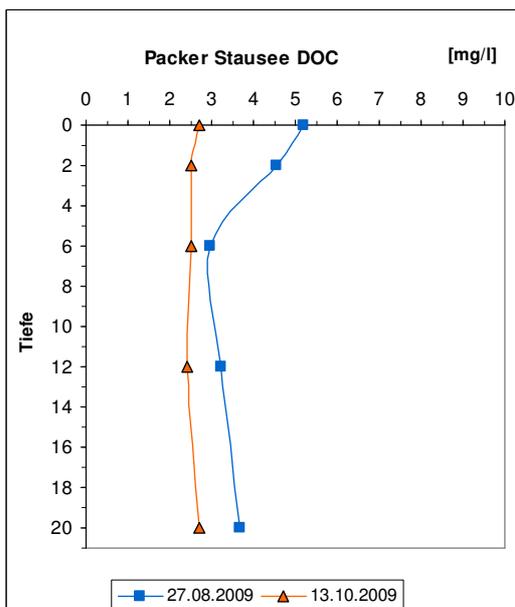


Abb.14: DOC – Werte 2009

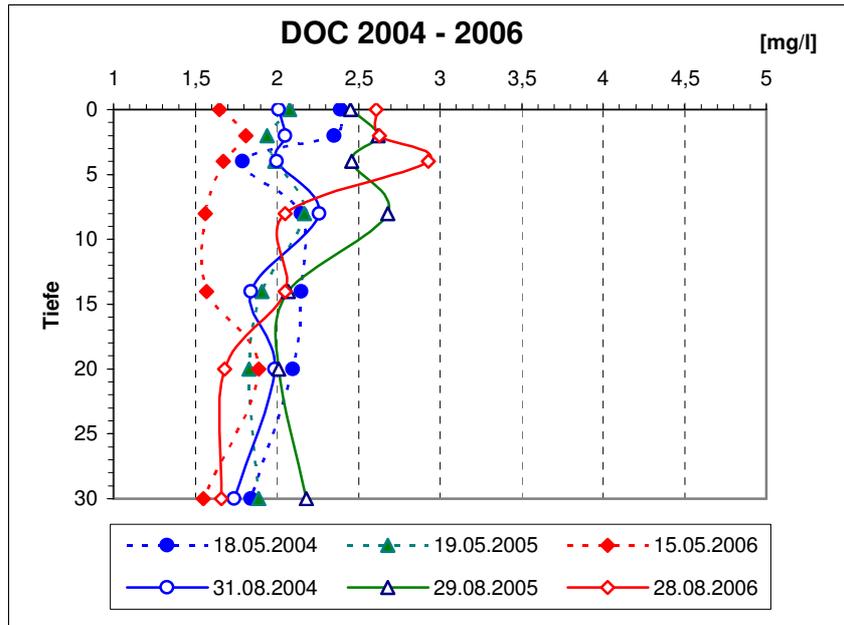


Abb.15: DOC Werte des Erlaufsees von 2004 – 2006

#### 4.2.7 Phosphor

Anorganisch gelöstes Phosphat (Orthophosphat) wurde im Zuge der Untersuchungen immer nur nahe der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die diesbezüglichen Messwerte können sowohl bei den Profilmessungen als auch bei den Randproben der Zuläufe als unauffällig bezeichnet werden. Die am 13.10.2009 gemessenen Gesamtphosphorkonzentrationen deuten auf einen oligotrophen Befund hin, während die Messungen am 27.08.2009 bereits als schwach mesotroph anzusprechen sind. In den oberen Bereichen des Stausees wurde eine Gesamtphosphorkonzentration von 24  $\mu\text{g/l}$  festgestellt. Die Randproben zeigen im vergleichbaren Zeitraum mit 19  $\mu\text{g/l}$  (Zulauf Modriachbach) und 13  $\mu\text{g/l}$  (Zulauf Packerbach) geringere Werte.

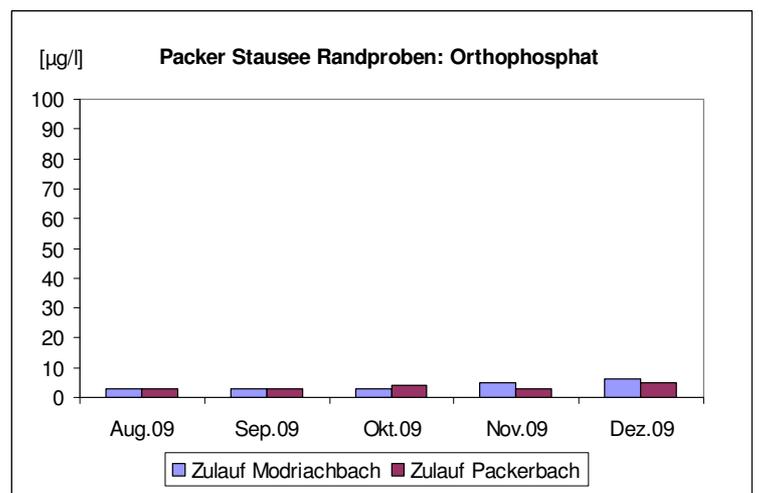
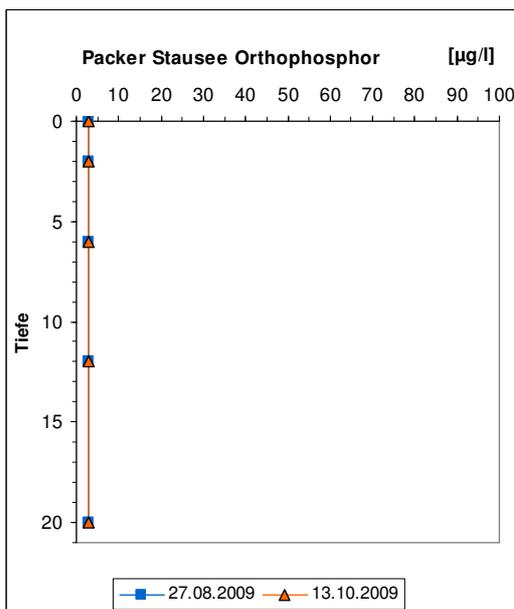


Abb.16: Orthophosphatkonzentrationen 2009

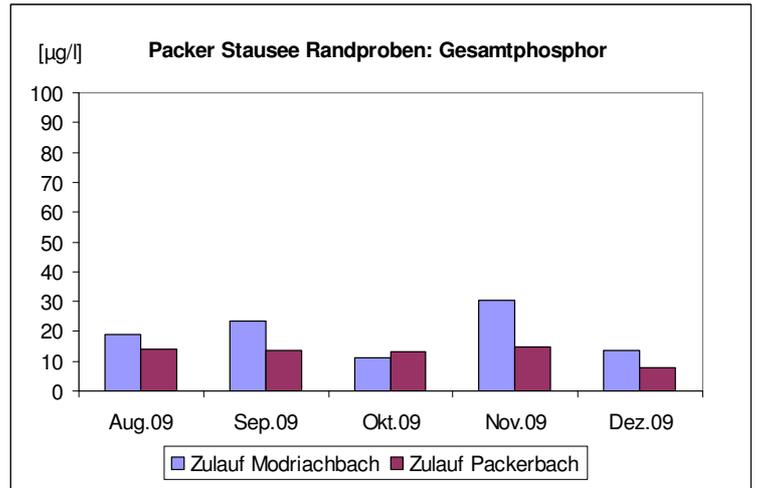
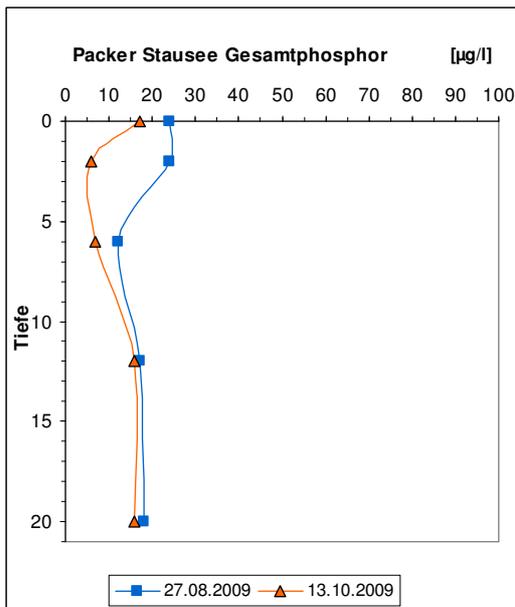


Abb.17: Gesamtphosphorkonzentrationen 2009

#### 4.2.8 Sichttiefe

Verglichen mit vielen natürlichen Seen weist der Packer Stausee offenbar sehr geringe Sichttiefen auf (Steirischer Seenbericht 2007). Am 27.08.2009 wurden 1,1 Meter gemessen und auch am 13.10.2009 betrug die Sichttiefe nur 2,6 Meter. Diese Befunde deuten zunächst auf ein mesotrophes (2,6m) bis eutrophes Gewässer (1,1m) hin. Wie die Ergebnisse der Chlorophyll A Untersuchungen (siehe unten) zeigen, sind die geringen Sichttiefen zwar teilweise aber nicht hauptsächlich auf ein erhöhtes Algenwachstum zurückzuführen. In Anbetracht der überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen bzw. Hochwasserereignisse in den südlichen Landesteilen im Jahr 2009 (Stromberger et al. 2010) kann die geringe Sichttiefe des Seewassers auch auf eine höhere mineralische Trübung zurückgeführt werden. Eine Einstufung in eine trophische Zustandsklasse erscheint daher nicht plausibel.

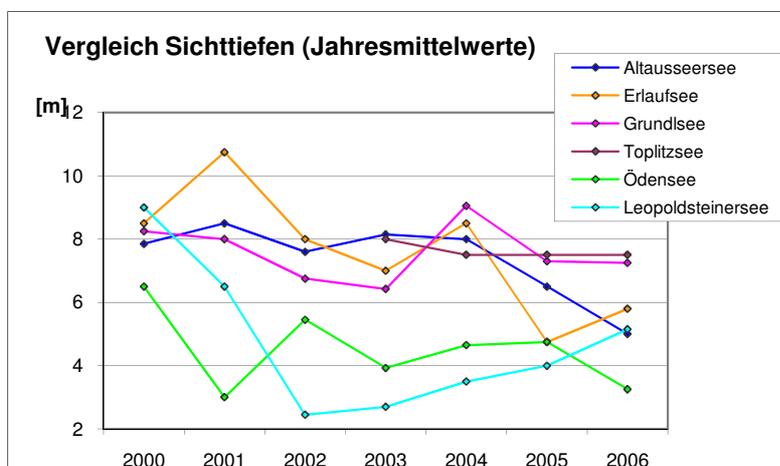


Abb.18: Sichttiefen steirischer Seen von 2000 – 2006 (Steirischer Seenbericht 2007)

Zu Abb. 18 ist zu erwähnen, dass die Sichttiefe des Ödenseses durch eine natürliche Färbung des Seewassers generell herabgesetzt ist. Am Leopoldsteinersee wird die Sichttiefe hingegen durch mineralische Trübstoffe beeinträchtigt.

#### 4.2.9 Chlorophyll A Gehalt

Bezüglich der Chlorophyll A Konzentrationen zeigen die Untersuchungsergebnisse ein geteiltes Bild. Während am 27.08.2009 sehr hohe Werte gemessen wurden, die auf ein deutlich gesteigertes Wachstum von Blaualgen hinweisen, konnten am 13.10.2009 über alle Algengruppen hinweg nur äußerst geringe Konzentrationen beobachtet werden. Den Chlorophyll Daten zufolge ergibt der erste Probenentwurf einen deutlichen mesotrophen Befund, die Ergebnisse der Untersuchungen im Oktober 2009 weisen allerdings auf einen oligotrophen Trophiegrad hin.

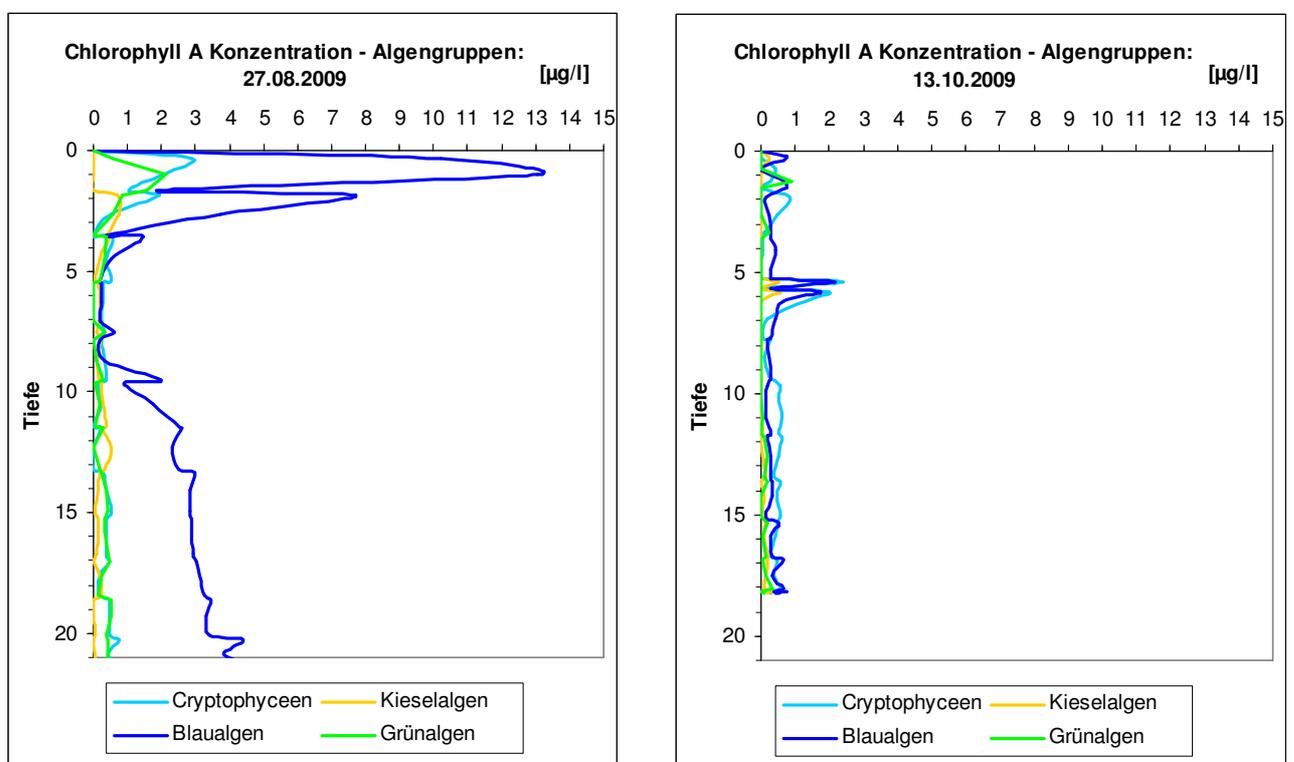


Abb.19: Chlorophyll A Konzentrationen 2009

#### 4.2.10 Phytoplankton

Am 27.08.2009 wurde eine qualitative Planktonprobe gezogen, in der Blaualgen der Gattung *Anabaena* (*Anabaena* cf. *planctonica*) massenhaft vertreten waren, wodurch eine entsprechende Übereinstimmung mit den gemessenen Chlorophyll A Konzentrationen gegeben ist.



Abb.20: Blaualge Anabaena (Übersicht)

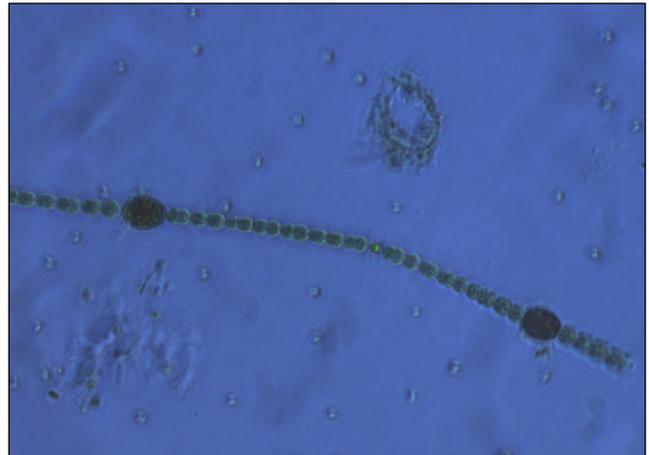


Abb.21: Blaualge Anabaena (Detail)

Bereits Stundl (1955) weist darauf hin, dass Stauseen, deren Inhalt immer wieder abgearbeitet wird, trotz ihrer Größe mehr Ähnlichkeit mit alljährlich abgelassenen Teichen als mit natürlichen Seen aufweisen. Kainz et al. (1979) führten quantitative Untersuchungen am Salzastausee durch und nannten als Eigenart des Phytoplanktons die Tatsache, „dass sich das Artenspektrum innerhalb eines Monats vollkommen verändern kann; dominierende Arten verschwinden, andere treten an ihre Stelle“.

Die Ergebnisse der Phytoplankton-Untersuchungen vom 13.10.2009 ergeben für das biologische Qualitätselement einen sehr guten Zustand. Insgesamt wurden 40 Taxa differenziert, wobei die Cryptophyceen, gefolgt von den Diatomeen, Dinophyceen und Cyanophyceen den anteilmäßig größten Anteil am Phytoplankton einnehmen. Chlorophyceen und Chrysophyceen spielen dagegen eine untergeordnete Rolle. Hinsichtlich der trophischen Klassifizierung ergibt sich für das Phytoplankton ein oligotropher Trophiegrad. Insgesamt deckt sich dieser Befund gut mit den Ergebnissen der Chlorophyll A Untersuchungen vom 13.10.2009. Wie allerdings die Chlorophyll Untersuchungen vom 27.08.2009 zeigen, ist der Chlorophyll Gehalt und letztlich auch das Algenwachstum am Packer Stausees derart instabil, dass eine eindeutige Einstufung des Phytoplanktons über das Jahr 2009 hinweg nicht möglich ist.

## 5. Fließgewässer

### 5.1 Messstellen Fließgewässer:

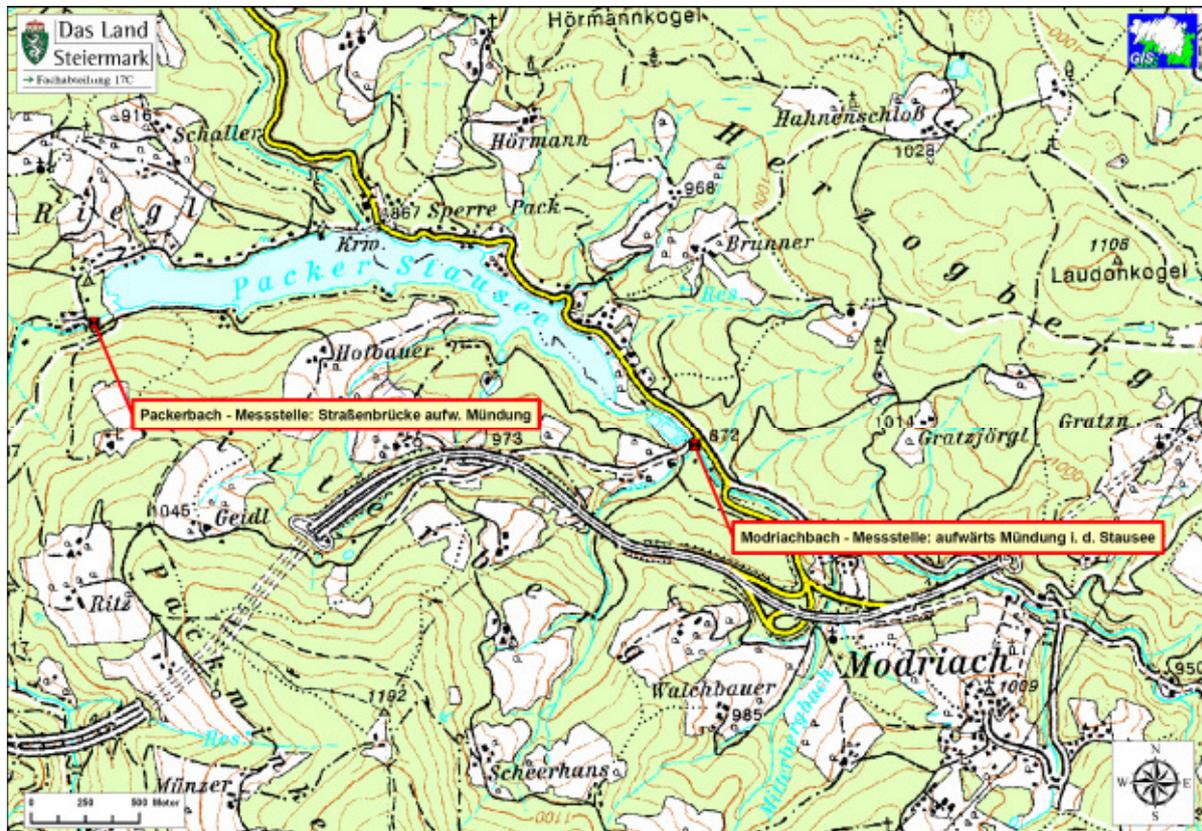


Abb.22: Fließgewässermessstellen am Packerbach und Modriachbach

### 5.2 Ergebnisse

#### 5.2.1 Packerbach

Der Packerbach entspringt westlich des Hochriegels an der Grenze zwischen der Steiermark und Kärnten und verläuft anschließend nach Norden in Richtung Packsattel. Bis zu seiner Einmündung in den Packer Stausee weist der Bach eine Länge von 9,4km und ein Einzugsgebiet von 23,77ha auf.

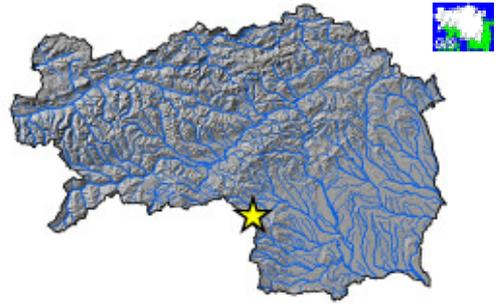
Um die stoffliche Situation des Packerbaches zu erfassen, wurde eine Messstelle (Straßenbrücke aufw. Mündung) unmittelbar flussauf des Packer Stausees, im Bereich der dort vorhandenen Straßenbrücke, gewählt. Die Messstelle ist dem Oberflächenwasserkörper 802170009 am Packerbach zuzuordnen, der aufgrund einer Abschätzung der stofflichen Belastung bislang mit „Gut“ zu bewerten war.

Wie die nachfolgenden Auswertungen für den Packerbach zeigen, sind die allgemein physikalisch-chemischen Parameter bis auf den DOC Gehalt mit „sehr gut“ zu bewerten. Die DOC Konzentrationen zeigen in den Monaten Juni (11 mg/l) bzw. September 2009 (4,5 mg/l) erhöhte Werte an und sind vorerst als „mäßig“ einzustufen. Die entsprechenden Qualitätsziele für die allgemein physikalisch-chemischen Parameter verstehen sich im Übergangsbereich von „gut“ zu „mäßig“ allerdings als Richtwerte, d.h. im Übergangsbereich von „gut“ zu „mäßig“ kann eine physikalisch-chemische Qualitätskomponente bei Überschreiten der Qualitätsziele im Gewässer bei gleichzeitigem Nachweis, dass das entsprechende biologische Qualitätselement dem guten Zustand entspricht, als eingehalten gelten. Der indikativste biologische Parameter für den DOC Gehalt ist der Makrozoobenthos-Saprobienindex. Bei den chemischen Komponenten des ökologischen Zustands werden die jeweiligen Qualitätsziele für Ammonium, Nitrit und Chlorid eingehalten.

Die Ergebnisse der Makrozoobenthos- und Phytobenthos Untersuchungen zeigen, dass der Packerbach aus stofflicher Sicht insgesamt mit „Gut“ zu bewerten ist, wobei der Makrozoobenthos-Saprobienindex sogar als „Sehr gut“ einzustufen war. Das Qualitätsziel für den DOC Gehalt ist demnach eingehalten. Für das Qualitätselement Phytobenthos wurde der „gute Zustand“ ermittelt.

Zusammenfassend ist der Oberflächenwasserkörper 802170009 am Packerbach aus stofflicher Sicht im guten Zustand. Ein Handlungsbedarf ist aus fachlicher Sicht nicht gegeben.

**Packerbach:  
Straßenbrücke aufw. Mündung**  
Gemeinde Pack



<b>Fluss</b>	Packerbach
<b>Messstelle</b>	Straßenbrücke aufw. Mdg.
<b>Bioregion</b>	Berg Rückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen
<b>Seehöhe [m]</b>	868
<b>EZG [km²]</b>	23,77
<b>Saprobieller Grundzustand</b>	1,5
<b>Trophischer Grundzustand</b>	om
<b>Fischregion</b>	Epirhithral

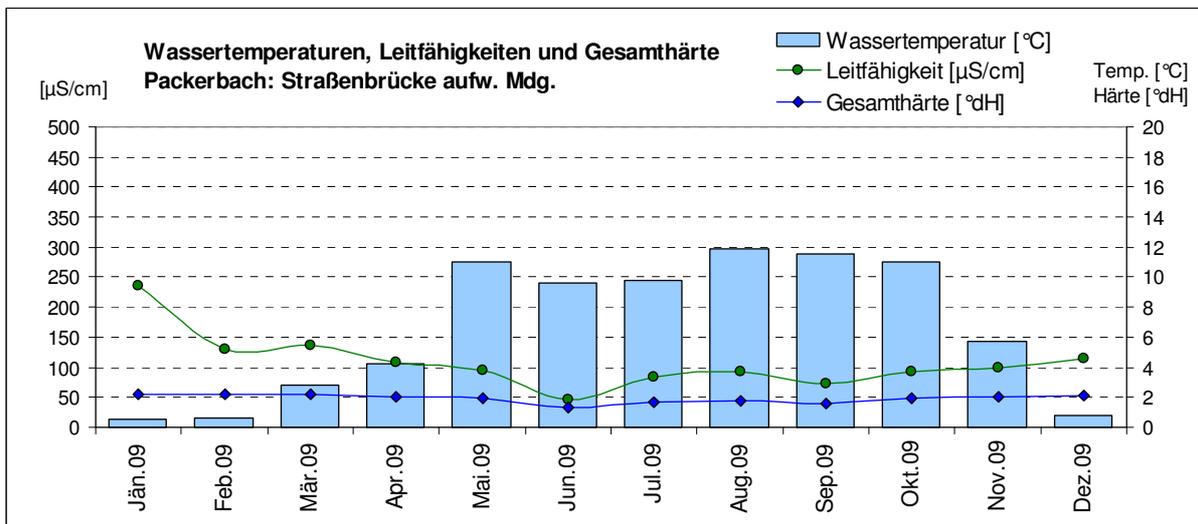


Abb.23

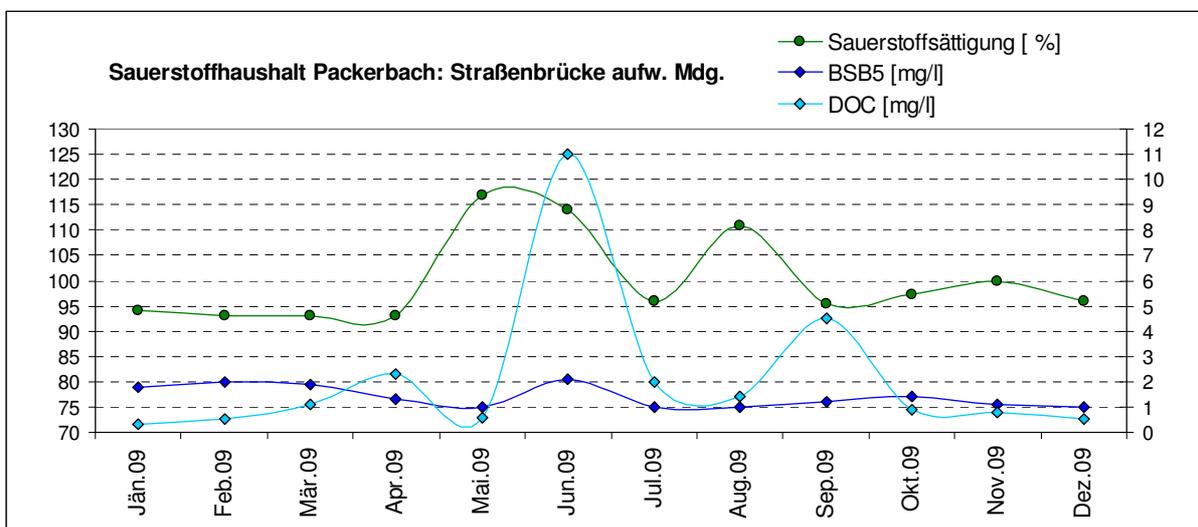


Abb.24

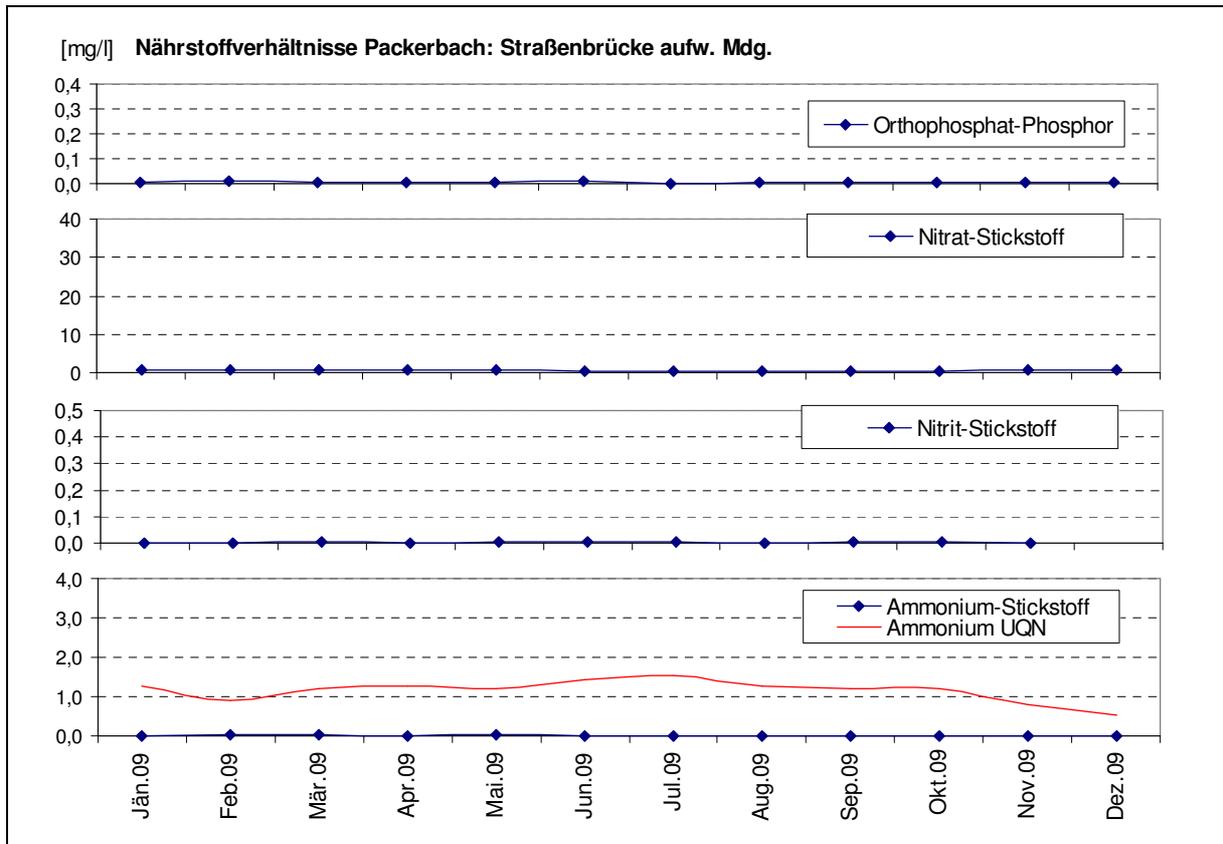


Abb.25

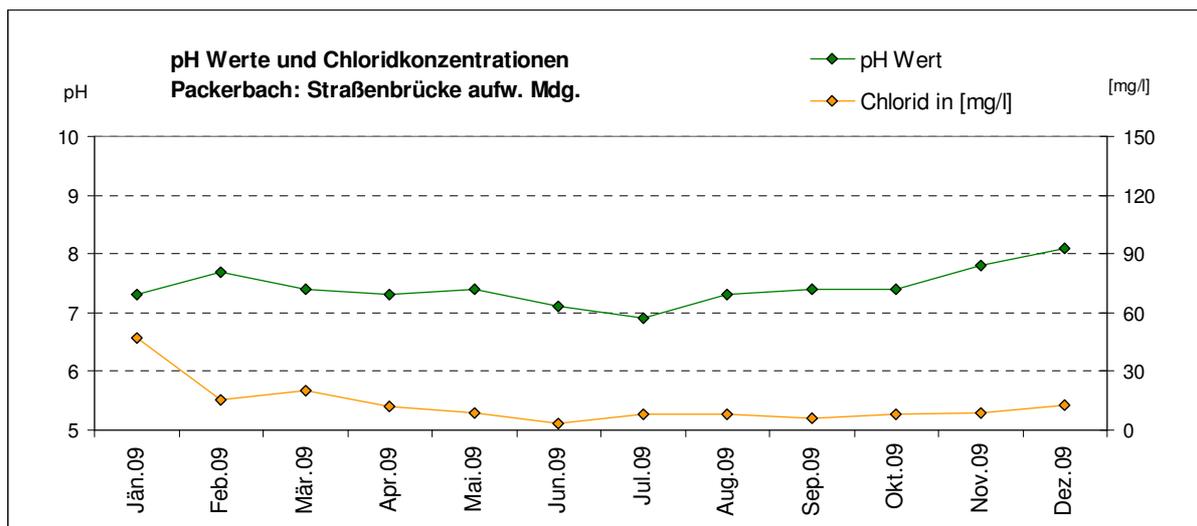


Abb.26

Sondermessprogramm Packer Stausee – Packerbach - Modriachbach

Fluss	Messstelle	Bioregion	SI	TI	Fischregion
Packerbach	Straßenbrücke aufw. Mdg.	BR	1,5	om	Epirithral

Allgemein physikalisch-chemische Parameter	Umweltqualitätsnorm		Messungen	Ergebnis
	sehr gut	gut	2009	2009
Sauerstoffsättigung [%]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	80 - 120	80 - 120	113,7	
BSB <sub>5</sub> [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	2,0	3,0	1,99	
DOC [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	mäßig
	2,0	4,0	4,28	
Orthophosphat-Phosphor [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	0,010	0,020	0,008	
Nitrat Stickstoff [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	2,0	4,0	0,79	
Temperatur [°C]	98 Perzentil	98 Perzentil	98 Perzentil	sehr gut
	15	20	11,9	
pH Wert	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	6 - 9	6 - 9	7,79	

Chemische Komponenten des ökologischen Zustands	Umweltqualitätsnorm	Messungen	Ergebnisse
	guter chem. Zustand	2006 - 2007	2006 - 2007
Ammonium Stickstoff	mittlerer Konzentrationsquotient (KQ) ≤ 1 nach Gleichung (siehe unten*)	Konzentrationsquotient	gut
		0,01	
Nitrit Stickstoff	mittlerer Konzentrationsquotient (KQ) ≤ 1 abhängig vom Chloridgehalt	Konzentrationsquotient	gut
		0,03	
Chlorid [mg/l]	150	13,20	gut

\*UQN N-NH<sub>4</sub> =  $(14.425/(1+10^{(7.688-pH)})+621.75/(1+10^{(pH-7.688)})) \cdot \min(2.85, 1.45 \cdot 10^{0.028 \cdot (25-T)})$

UQN N-NH<sub>4</sub> = Umweltqualitätsnorm für Ammonium [µg/l]; pH = pH Wert; T = Temperatur [°C]

## 5.2.2 Modriachbach

Der Modriachbach entspringt südlich des Reinischkogels und fließt anschließend in nörd-westlicher Richtung dem Packer Stausee entgegen. Bis zu seiner Einmündung in den Stausee weist der Bach eine Länge von 8,6km auf. Das Einzugsgebiet des Baches liegt bei 31,10ha.

Um etwaige stoffliche Belastungen am Modriachbach erfassen zu können, wurde ca. 500 m flussauf der Einmündung in den Packer Stausee eine Messstelle (aufwärts Mündung i. d. Stausee) festgelegt. Aus stofflicher Sicht war der zugehörige Oberflächenwasserkörper 802170018, ebenso wie der Wasserkörper 802170009 am Packerbach, aufgrund einer Abschätzung bislang mit „Gut“ zu bewerten.

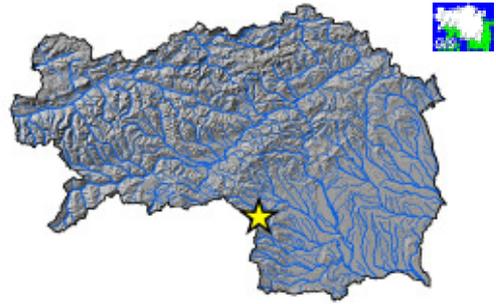
### Messstellen

Die Auswertungen der allgemein physikalisch-chemischen Messreihen zeigen, dass die Parameter Sauerstoffsättigung, BSB<sub>5</sub>, Nitrat-Stickstoff, Temperatur und pH Wert mit „sehr gut“ zu bewerten sind. Der 90 Perzentil Wert für Orthophosphat-Phosphor liegt knapp über dem Grenzwert für „sehr gut“ und ist demnach als „gut“ einzustufen. Wie zuvor beim Packerbach wird auch am Modriachbach der Richtwert für das Qualitätsziel beim Parameter DOC überschritten. Vergleicht man die DOC Werte mit den Daten vom Packerbach so ergibt sich eine nahezu vollständige Übereinstimmung. Höhere DOC Werte wurden am Modriachbach ebenfalls nur im Juni 2009 (9,5 mg/l) und im September 2009 (5,4 mg/l) gemessen. Die Übereinstimmung beider Konzentrationsverläufe belegt, dass die im Juni bzw. September 2009 gemessenen erhöhten DOC Konzentrationen von organischen Einträgen verursacht werden, die wiederum auf Starkregenereignisse im Jahr 2009 zurückzuführen sind. Eine anthropogene Herkunft der gemessenen Kohlenstoffverbindungen ist aus fachlicher Sicht nicht ableitbar. Die Umweltqualitätsnormen für Ammonium Stickstoff, Nitrit und Chlorid werden ebenfalls erfüllt.

Die Untersuchungen des Makrozoobenthos ergaben für den Modriachbach den „guten Zustand“. Der Saprobienindex wurde ebenfalls mit „gut“ bewertet, wodurch das Qualitätsziel für den allgemein physikalisch-chemischen Parameter DOC auch aus methodischen Gründen als eingehalten gilt. Die Ergebnisse der Phytobenthos Untersuchung ergibt bei den Modulen Trophie und Saprobie ebenfalls den „guten Zustand“. Lediglich das Modul Referenzarten war zunächst als „mäßig“ einzustufen. Im Untersuchungsbericht der zuständigen Bearbeiter (Arge Ökologie – Technisches Büro für Ökologie) wird dazu jedoch vermerkt: „Das Referenzartenmodul liegt allerdings (knapp) über den Grenzwerten für den guten Zustand. Der geringe Anteil an Referenzarten ist im Zusammenhang mit der überaus hohen Taxazahl zu sehen und weniger als echtes Defizit im Sinne von fehlenden Referenzarten. Aus fachlicher Sicht kann daher zusammenfassend für den untersuchten Abschnitt des Modriachbaches durchaus ein guter Zustand vergeben werden.“

Zusammenfassend kann daher für den entsprechenden Oberflächenwasserkörper 802170018 am Modriachbach eine Einstufung in den „stofflich guten Zustand“ erfolgen. Ein entsprechender Handlungsbedarf ist aus fachlicher Sicht nicht gegeben.

**Modriachbach**  
**aufw. Mündung i. d. Stausee**  
 Gemeinde Pack / Edelschrott



<b>Fluss</b>	Modriachbach
<b>Messstelle</b>	aufw. Mündung i. d. Stausee
<b>Bioregion</b>	Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen
<b>Seehöhe [m]</b>	866
<b>EZG [km²]</b>	31,1
<b>Saprobieller Grundzustand</b>	1,5
<b>Trophischer Grundzustand</b>	om
<b>Fischregion</b>	Epirhithral

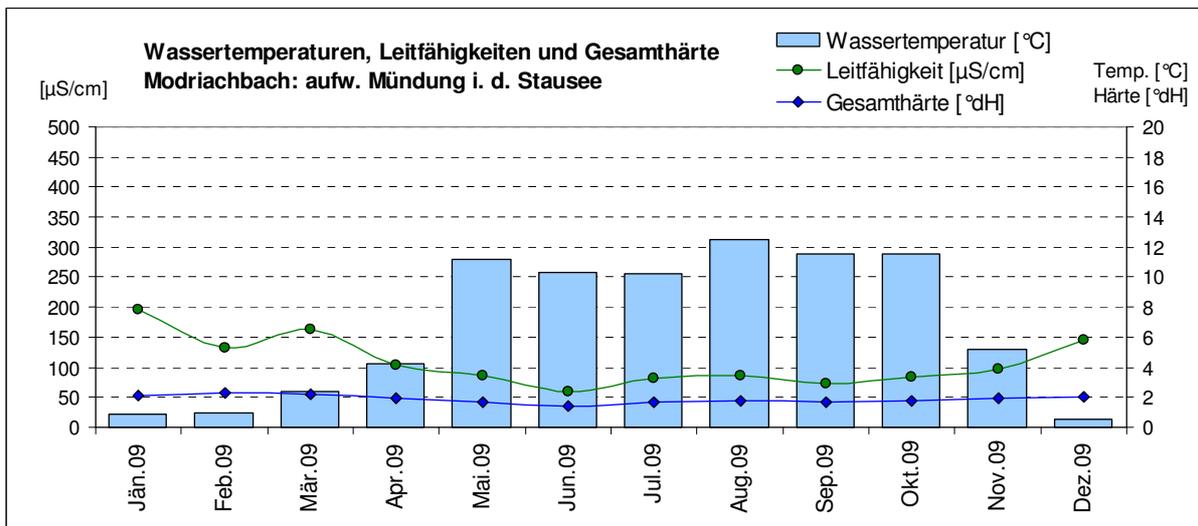


Abb.27

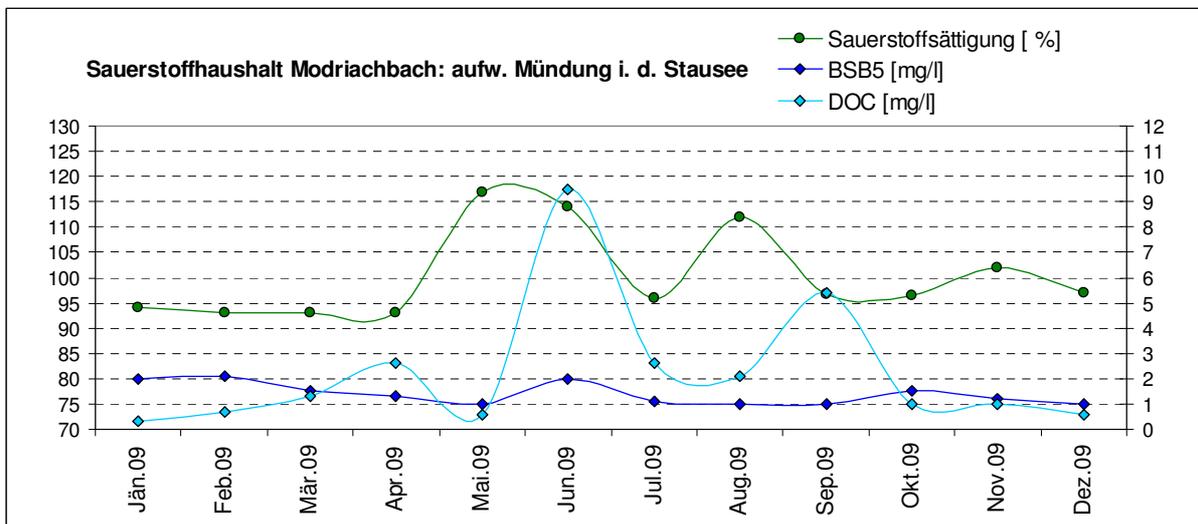


Abb.28

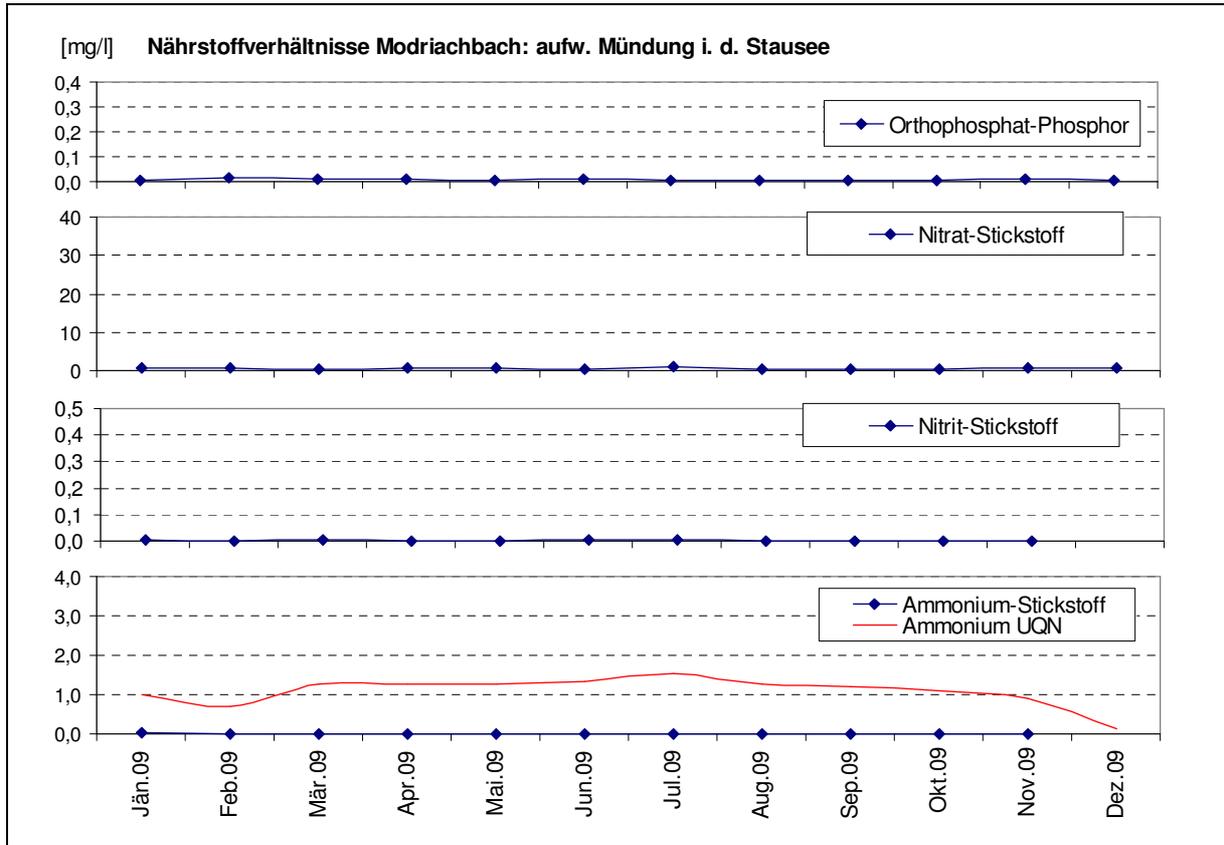


Abb.29

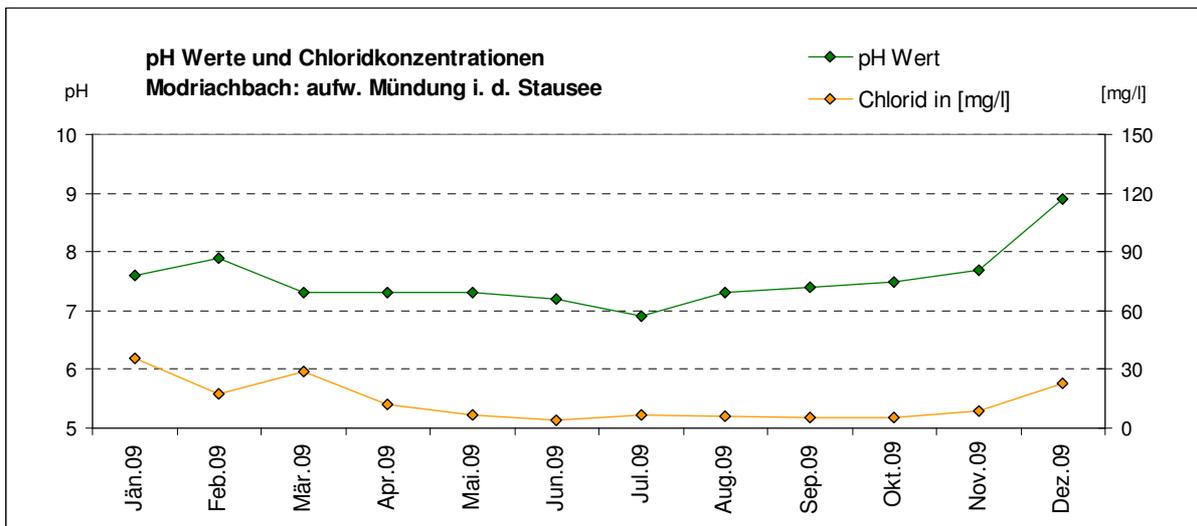


Abb.30

Sondermessprogramm Packer Stausee – Packerbach - Modriachbach

Fluss	Messstelle	Bioregion	SI	TI	Fischregion
Modriachbach	aufw. Mdg. i.d. Stausee	BR	1,5	om	Epirhithral

Allgemein physikalisch-chemische Parameter	Umweltqualitätsnorm		Messungen	Ergebnis 2009
	sehr gut	gut	2009	
Sauerstoffsättigung [%]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	80 - 120	80 - 120	113,8	
BSB <sub>5</sub> [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	2,0	3,0	2,00	
DOC [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	mäßig
	2,0	4,0	5,12	
Orthophosphat-Phosphor [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	gut
	0,010	0,020	0,011	
Nitrat Stickstoff [mg/l]	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	2,0	4,0	0,79	
Temperatur [°C]	98 Perzentil	98 Perzentil	98 Perzentil	sehr gut
	15	20	12,5	
pH Wert	90 Perzentil	90 Perzentil	90 Perzentil	sehr gut
	6 - 9	6 - 9	7,88	

Chemische Komponenten des ökologischen Zustands	Umweltqualitätsnorm	Messungen	Ergebnisse 2006 - 2007
	guter chem. Zustand	2006 - 2007	
Ammonium Stickstoff	mittlerer Konzentrationsquotient (KQ) ≤ 1 nach Gleichung (siehe unten*)	Konzentrationsquotient	gut
		0,01	
Nitrit Stickstoff	mittlerer Konzentrationsquotient (KQ) ≤ 1 abhängig vom Chloridgehalt	Konzentrationsquotient	gut
		0,03	
Chlorid [mg/l]	150	13,38	gut

$$*UQN \text{ N-NH}_4 = (14.425 / (1 + 10^{(7.688 - \text{pH})}) + 621.75 / (1 + 10^{(\text{pH} - 7.688)})) * \min(2.85, 1.45 * 10^{0.028 * (25 - T)})$$

UQN N-NH<sub>4</sub> = Umweltqualitätsnorm für Ammonium [µg/l]; pH = pH Wert; T = Temperatur [°C]

## 6. Zusammenfassung und Diskussion

Im September 2008 wurde der Fachabteilung 17C – Referat Gewässeraufsicht der Steiermärkischen Landesregierung eine Gewässerverunreinigung am Packer Stausee gemeldet. Zu diesem Zeitpunkt war eine flockige Grünfärbung des Gewässers infolge einer Algenblüte zu beobachten. Darauf hin wurde auch ein möglicher Nährstoffeintrag über die Zuflüsse Packerbach und Modriachbach diskutiert.

Um die Ursachen für einen möglichen Nährstoffeintrag feststellen zu können, wurde für das Jahr 2009 ein Sondermessprogramm festgelegt, das sowohl limnologische Untersuchungen des Stausees als auch stofflich relevante Untersuchungen der Zuflüsse beinhaltet. Neben umfangreichen chemischen und physikalischen Messungen wurde auch das Phytoplankton des Stausees und die bodenbewohnende Fauna (Makrozoobenthos) und Flora (Phytobenthos) der Zubringer untersucht. Für Vergleichszwecke und zur Abschätzung von Veränderungen wurde außerdem versucht möglichst viele frühere Untersuchungen bzw. Daten in die Erhebungen einfließen zu lassen. Die Untersuchungsergebnisse sollen letztendlich einen guten Überblick über die stoffliche und physikalische Situation der untersuchten Gewässer geben.

Aus limnologischer Sicht zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass der Packer Stausee trotz seiner Größe nicht mit einem natürlichen See vergleichbar ist. Das zeigt sich bereits durch untypisch hohe Wassertemperaturen von bis zu 15 °C in der Tiefe des Sees. Eine für natürliche Seen charakteristische Temperaturschichtung bildet sich am Packer Stausee nur in einem äußerst spärlichen Umfang aus. Wie ein Vergleich mit historischen Daten belegt, haben sich die grundlegenden physikalischen Verhältnisse seit der Schaffung des Stausees nicht wesentlich verändert.

Die Untersuchung des Nährstoffhaushaltes zeigt, dass der Packer Stausee innerhalb kurzer Zeit von einem nährstoffarmen (oligotrophen) Seentyp zu einem nährstoffreicheren (mesotrophen) Seentyp wechseln kann. An einem Probenahmetermin im August 2009 konnte ein durchaus höherer Nährstoffgehalt und damit verbunden auch ein höheres Algenwachstum beobachtet werden. Ein Zusammenhang mit zeitgleich erhobenen Messdaten aus den Einmündungsbereichen des Packerbaches bzw. des Modriachbaches konnte allerdings nicht festgestellt werden.

Die physikalischen und chemischen Untersuchungen am Packerbach und am Modriachbach zeigen ebenso wie die biologischen Erhebungen, dass sich die Fließgewässerabschnitte flussauf des Packer Stausees aus stofflicher Sicht im „Guten Zustand“ befinden. Ein entsprechender Handlungsbedarf ist demnach nicht gegeben. Die überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen bzw. Hochwasserereignisse in den südlichen Landesteilen im Jahr 2009 wurden durch die Messungen zwar detektiert, hatten jedoch letztendlich keinen Einfluss auf die Bewertungen und Klassifizierungen der untersuchten Gewässer.

Insgesamt betrachtet, kann durch die vorliegenden Untersuchungen nicht belegt werden, dass das zeitweilige hohe Algenwachstum am Packer Stausee durch stoffliche Einträge über die Zuflüsse Packerbach und Modriachbach hervorgerufen wird.

Die Algenblüten am Packer Stausee wurden demnach sehr wahrscheinlich durch ein Ungleichgewicht zwischen dem pflanzlichen Plankton (Phytoplankton) und dem tierischen Plankton (Zooplankton) hervorgerufen. Wegen der verhältnismäßig hohen Temperaturen am Grunde des Stausees können Schwebealgen kurzfristig ideale Wachstumsbedingungen und hohe Vermehrungsraten über die gesamte Wassersäule hinweg vorfinden. Ein Rückgang des Algenwachstums tritt erst dann ein, wenn die im Wasser gelösten Nährstoffe verbraucht sind, oder die Lichtverhältnisse in der Tiefe des Stausees aufgrund der hohen Planktondichte abnehmen. Nach dem Absterben der Organismen werden wiederum Nährstoffe frei und stehen den nächsten Generationen erneut zur Verfügung. Das Zooplankton, welches sich vorwiegend vom Phytoplankton ernährt, hat dagegen wesentlich trägere Wachstums- und Vermehrungsraten. In einem natürlichen See dominiert üblicherweise im Frühjahr das Phytoplankton, da das Zooplankton noch in geringer Besiedlungsdichte vorhanden ist. Während der Sommermonate erreicht auch das Zooplankton größere Bestandsdichten, da genügend Phytoplankton als Nahrung vorhanden ist. Die Phytoplanktonkonzentration geht stark zurück und die Sichttiefe im See nimmt wieder deutlich zu. Man spricht bei einem natürlichen See vom sogenannten „Klarwasserstadium“.

Die Frage warum Algenblüten nicht schon früher regelmäßig am Packer Stausee aufgetreten sind, kann nicht eindeutig beantwortet werden und wäre auch messtechnisch nicht zu belegen. Es ist jedoch auffällig, dass ein für natürliche Seen typischer Bestand an untergetauchten Wasserpflanzen (Makrophyten) im Zuge der im Jahr 2009 durchgeführten Untersuchungen nicht (mehr?) beobachtet werden konnte. Dies erscheint insofern von Bedeutung, da bekannt ist, dass Makrophyten in der Lage sind Nährstoffe aus dem Freiwasser aufzunehmen. Diese Nährstoffe würden pflanzlichen Schwebealgen in weiterer Folge nicht mehr zur Verfügung stehen.

Abschließend ist jedoch festzuhalten, dass der Packer Stausee aufgrund seiner Entstehungsweise und vielfältigen Nutzungen nicht mit einem natürlichen Gewässer vergleichbar ist.

## 7. Literatur

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2004): Steirischer Gewässergüteatlas 2004 - Fachabteilung 17C. Referat Gewässeraufsicht; 69 Seiten.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2007): 1. Steirischer Seenbericht 2007 - Fachabteilung 17C. Referat Gewässeraufsicht; 149 Seiten.
- BGBI. II 96/2006 i.d.g.F: Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – OZV Chemie OG.
- BGBI. II Nr. 99/2010 i.d.g.F: Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – OZV Ökologie OG.
- BMLFUW (2005): EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG. Österreichischer Bericht über die IST – Bestandsaufnahme. Informationen, die gem. Artikel 5, 6, 7, 9 und den Anhängen II, III und IV der EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG erforderlich sind. Wien; 205 Seiten.
- BMLFUW (2008): GZÜV – Oberflächengewässer (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung), Umsetzung 2007 – 2009 – Bericht über das Überwachungsprogramm für die Oberflächengewässer in Österreich nach den Vorgaben der EU Wasserrahmenrichtlinie und des Österreichischen Wasserrechtsgesetzes. Wien; 68 Seiten.
- BMLFUW (2010): Leitfaden für die Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Einleitung. Wien.
- BMLFUW (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A2 – Makrozoobenthos.
- BMLFUW (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A3 – Phytobenthos.
- BMLFUW (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil B2 – Phytoplankton.
- BMLFUW (2010): Leitfaden zur typspezifischen Bewertung der allgemein physikalisch-chemischen Parameter in Fließgewässern gemäß WRRL. Wien.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxemburg.

GZÜV: Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern; Gewässerzustandsüberwachungsverordnung samt Anhängen; BGBl. II Nr. 479/2006.

KAINZ E., JAGSCH A., SCHWARZ K. & GOLLMANN P. (1979): Vorläufige Ergebnisse von limnologischen und fischereilichen Untersuchungen am Salzastausee bei Bad Mitterndorf (Stmk.). Österreichs Fischerei. 10; p. 189-212.

MOOG, O, CHOVANEC, A., HINTEREGGER, J., & RÖMER, A. (1999): Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern (Richtlinie "Saprobiologie"); im Auftrag des BMLF. 144 Seiten.

MOOG, O., BLOCH, A., GRAF, W., OFENBÖCK, T. & STUBAUER, I. (2005a): Anpassung von Modul 1 an die Anforderungen der Wasser-Rahmen-Richtlinie. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 81 Seiten.

MUTAMBA A. (2002): Study of Fish Populations of a Man-made Lake (Packer Stausee) with Regard to the Effects of Water Level Fluctuations on their Biological Parameters. Diss. Univ. Graz; 172 Seiten.

OFENBÖCK, T., MOOG, O., STUBAUER, I., GRAF, W., HUBER, T. & LEITNER, P. (2005): Entwicklung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 90 Seiten.

ÖSTERREICHISCHES WASSERRECHTSGESETZ: WRG 1959 (BGBl. Nr. 215) in der geltenden Fassung (letzte Novelle 2006, BGBl. I Nr. 123/2006).

PALL, K., MOSER V. (2006): Bewertungsverfahren für österreichische Fließgewässer nach EU-Wasserrahmenrichtlinie: Qualitätselement Makrophyten. Endbericht der Studie im Auftrag des BMLFUW.

PFISTER P., PIPP E. (2005): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung österreichischer Fließgewässer an Hand des Phytobenthos zur Umsetzung der WRRL. Studie im Auftrag des BMLFUW.

SCHMIDT W. (1934): Ein Jahr Temperaturmessungen in 17 österreichischen Alpenseen. Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien; p. 431-452.

STROMBERGER B., SCHATZL R. & GREINER D. (2010): Hydrologische Übersicht für das Jahr 2009. Wasserland Steiermark - Die Wasserzeitschrift der Steiermark. 1/2010; p. 27-32.

STUNDL K. (1955): Hydrochemische Untersuchung an Stauseen. Die Talsperren Österreichs. 4; 25 Seiten.