

# Die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee

Autor(en): **Ehmann, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **64 (2010)**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593908>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee

*Heinz Ehmann*

## 1 Einleitung

Der Hüttwilersee weist, wie auch der Nussbaumersee und der Hasensee, von Natur aus einen mesotrophen Trophiegrad auf, d.h. der Gehalt an Gesamtposphor im Wasser liegt zwischen 10 bis 30  $\mu\text{g/L}$ . Sauerstoffmangel in den untersten Wasserschichten des Sees ist während der Sommer- und Herbstmonate nichts Aussergewöhnliches. Mit der zunehmenden Nutzung des Einzugsgebietes, sei es als Siedlungsraum oder zur landwirtschaftlichen Produktion, ist der Eintrag der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff aber im Laufe der Zeit deutlich angestiegen:

- Bereits im 18. Jahrhundert wurde Torf ausgebeutet. Dies setzte eine vorgängige Entwässerung der auszubeutenden Parzellen mit Stichgräben voraus, was zu einer ersten grossen Nährstoffbelastung geführt haben dürfte (*Hagen 1995*).
- Die im Jahr 1857 bis 1862 durchgeführte Seebachkorrektur stellte einen weiteren Eingriff dar. Damals wurden 3'800 Meter Kanäle erstellt. Durch dieses erste planmässige Meliorationswerk wurde Landwirtschaftsland gewonnen und die Torfnutzung wurde erleichtert (*Hagen 1995*).
- Im Jahr 1943 wurden die Wasserspiegel der Seen im Rahmen des «Plans Wahlen» um 1.5 Meter abgesenkt und das Land entwässert. Auf diese Weise konnte eine Fläche von ca. 215 ha für landwirtschaftliche Zwecke gewonnen werden (*Hagen 1995*).
- 1979 wurde die Abwasserreinigungsanlage Seebachtal in Betrieb genommen und das gereinigte Abwasser wird seither in den Seebach eingeleitet. Bis dahin gelangte das ungereinigte Abwasser aus den umliegenden Siedlungen direkt in die Seen (*Schnegg 1995*). Ende 2008 wurde die ARA Seebachtal aufgehoben und das Abwasser der Region wird seither zur ARA Frauenfeld gepumpt.

Die intensive Nutzung hat vor allem in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts zu einem Nährstoffanstieg (Eutrophierung) des Sees geführt. Der Phosphorgehalt ist auf rund 55  $\mu\text{g/L}$  angestiegen. Als Folge davon hat sich die Wasserqualität deutlich verschlechtert. Im 14 Meter tiefen Hüttwilersee dürfte früher im Sommer die Sauerstoffversorgung bis in eine Tiefe von 8 bis 10 Metern ausreichend gewesen sein. In seiner schlechtesten Zeit in den 1970er- und 1980er-Jahren gab es Momente, in denen die Sauerstoffversorgung nur noch an der Oberfläche genügend war. Es waren dringend Massnahmen zur Reduktion von Nährstoffeinträgen nötig, um die Sauerstoffversorgung des Sees wieder zu verbessern. Ein erster grosser Schritt war der Bau der Abwasserreinigungsanlage im Jahr 1979. Als weitere nachhaltige Massnahme zur Reduktion der Nährstoffeinträge wurde, in Zusammenarbeit mit der Fachstelle für Pflanzenbau und Düngung des landwirtschaftlichen Berufs- und Bildungszentrums Arenenberg, die Dünge- und Anbauberatung im Seebachtal intensiviert. Eine wichtige Rolle kam zudem der Stiftung Seebachtal zu. Durch den Kauf von seenahen Landwirtschaftsflächen hat sie geholfen, die Nährstoffbilanz der Seen im Seebachtal zu verbessern. Die Flächen wurden renaturiert und der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen, respektive es wurde lediglich noch eine extensive Nutzung zugelassen. Als «therapeutische Unterstützung» wurde schliesslich am 17. Juni 2000 die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee (TWA) in Betrieb genommen, mit dem Ziel, die Genesung des Hüttwilersees zu beschleunigen.



## 2 Die vier Jahreszeiten des Hüttwilersees

### 2.1 Die Dichteanomalie des Wassers

Bei einigen wenigen Stoffen nimmt die Dichte nicht mit abnehmender Temperatur zu, sondern sie verringert sich unterhalb einer bestimmten Temperatur wieder. Diese Eigenschaft wird als Dichteanomalie bezeichnet. Der wichtigste Stoff, der diese Eigenschaft aufweist, ist Wasser. Wasser erreicht unter Normaldruck seine grösste Dichte bei 3.98 °C. Dank der Dichteanomalie frieren Gewässer von der Oberfläche her zu. Ohne diesen Effekt könnten Gewässer relativ schnell durchfrieren, was die Entwicklung höheren Lebens auf der Erde erschwert, wenn nicht gar verhindert hätte. Die Dichteanomalie des Wassers ist lebensnotwendig für das Leben auf der Erde.

### 2.2 Die Frühjahrszirkulation

Mit der zunehmenden Sonneneinstrahlung gegen Ende Winter werden die oberflächennahen kalten Wasserschichten erwärmt. Bei Wassertemperaturen um die 4 °C beginnt das Wasser abzusinken, da es aufgrund der Dichteanomalie schwerer wird als die untenliegenden Wassermassen. Die unteren Wasserschichten werden nach oben verdrängt. Wind unterstützt den Umwälzungsprozess. Die sogenannte **Frühjahrszirkulation** (Abbildung 1) des Hüttwilersees hat eingesetzt. Als Folge der Durchmischung und der nachfolgenden Vollzirkulation wird nährstoffarmes aber sauerstoffreiches Oberflächenwasser nach unten, sauerstoffarmes aber nährstoffreiches Tiefenwasser bis an die Oberfläche transportiert. So gelangt Sauerstoff wieder in die Tiefe, wo er vorher durch biologische Abbauprozesse verbraucht worden war.

Die dort freigesetzten Nährstoffe werden wieder bis zur Oberfläche verteilt, wo sie erneut für die Primärproduktion verfügbar sind. Unter Primärproduktion versteht man die Bildung von Biomasse durch Pflanzen, Algen oder auch Bakterien. Sowohl Phosphor wie auch Sauerstoff sind nun gleichmässig über die gesamte Wassersäule verteilt.

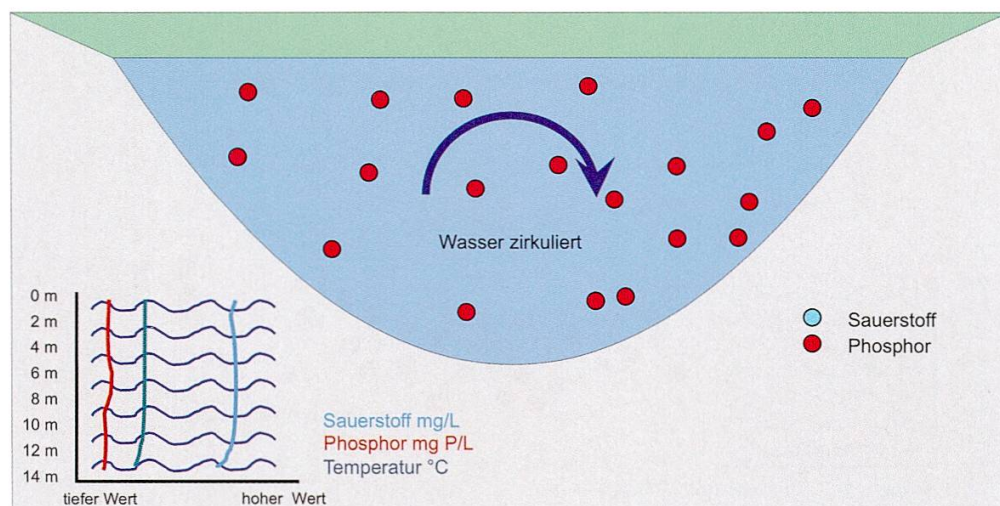


Abbildung 1: Die Frühjahrszirkulation.

### 2.3 Die Sommerstagnation

Im Verlauf des Frühjahrs nimmt die schichtende Kraft der Sonnenstrahlung weiter zu und übersteigt die durchmischenden Kräfte von Wind und nächtlicher Abkühlung. Es entsteht ein Temperaturgradient zwischen Seeoberfläche und Seegrund, der die Wassermassen schichtet, die **Sommerstagnation** (Abbildung 2) setzt ein. Der Temperaturgradient ist nicht linear und wird in drei Bereiche unterteilt. Die obere, warme Schicht heisst Epilimnion und die untere kalte Schicht Hypolimnion. Getrennt werden die beiden Schichten durch eine Sprungschicht, das Metalimnion. Diese weist einen sehr steilen Temperaturgradienten auf. Diese temperaturbedingte Dichteschichtung des Sees verhindert den Wasseraustausch zwischen den Tiefenstufen.

Während der warmen Jahreszeit zwischen Frühjahr und Herbst wird im Epilimnion und in Teilen des Metalimnions Biomasse gebildet (hauptsächlich Algen). Dies geschieht mittels Photosynthese. Dabei werden einerseits die im Wasser gelösten Nährstoffe wie Phosphat und Nitrat in die Biomasse eingebunden. Andererseits wird durch die Photosynthese Sauerstoff produziert. Die Menge an Biomasse ist in der Regel durch die Phosphorkonzentration des Wassers limitiert. Stirbt die Biomasse, sinkt sie ins Hypolimnion ab. Hier wird sie durch Bakterien zersetzt. Die in der Biomasse gebundenen Nährstoffe werden entweder im Wasser freigesetzt oder im Sediment gebunden. Dieser Prozess verbraucht Sauerstoff. Der während der Frühjahrszirkulation in die Tiefe des Sees eingebrachte Sauerstoff nimmt in der Folge ab.

Im nährstoffreichen Hüttwilersee wird der im Tiefenwasser vorhandene Sauerstoff vollständig aufgebraucht. Es kommt zu einem «Teufelskreislauf», da nun eine Rücklösung des im Sediment gespeicherten Phosphors einsetzt und der See noch nährstoffreicher wird. Im darauffolgenden Jahr steht dem See somit noch mehr Phosphor für die Biomasseproduktion zur Verfügung und die Sauerstoffproblematik verschärft sich weiter.

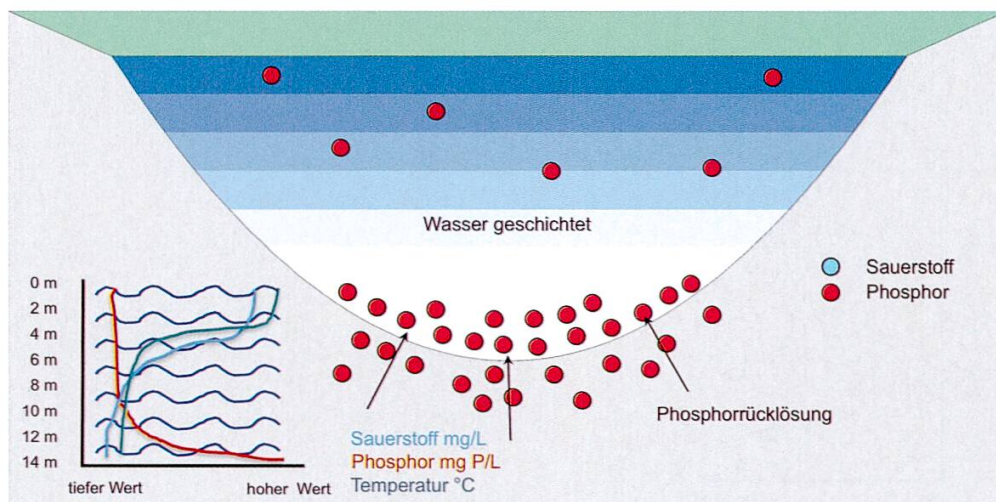


Abbildung 2: Die Sommerstagnation.



## 2.4 Die Herbstzirkulation

Im Herbst wird die Wärmebilanz negativ. Das Epilimnion kühlt aus und das Wasser wird schwerer. Die durchmischenden Faktoren dominieren. Die Wassermassen sinken immer tiefer und es kommt zur Durchmischung mit dem Metalimnion. Bei Wassertemperaturen um die 4 °C kommt es zur Durchmischung mit dem Hypolimnion und die **Herbstzirkulation** setzt ein (Abbildung 3). Durch diesen Prozess vermischt sich nährstoffarmes, aber sauerstoffreiches Oberflächenwasser mit dem nährstoffreichen, sauerstofffreien Tiefenwasser. Es gelangt wieder Sauerstoff in die Tiefe des Sees. Verglichen mit der Frühjahrszirkulation ist der Sauerstoffgehalt etwas tiefer.

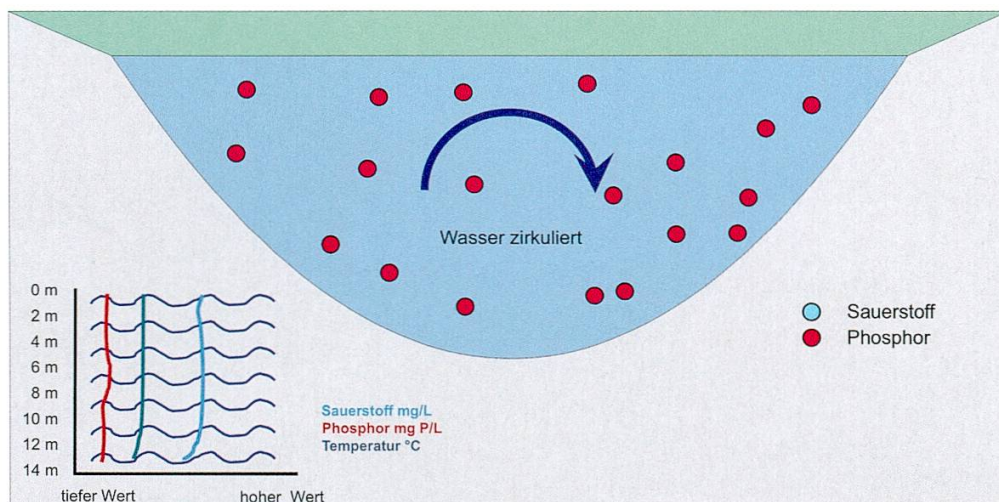


Abbildung 3: Die Herbstzirkulation.

## 2.5 Die Winterstagnation

Mit der weiteren Abkühlung des Wassers bis zum Gefrierpunkt wird das Wasser wieder leichter und es bildet sich eine kaltstabile Schichtung aus, die **Winterstagnation** (Abbildung 4). In kalten Wintern friert der Hüttwilersee zu. Aufgrund des wesentlich geringeren Temperaturgradienten zwischen Seeoberfläche und

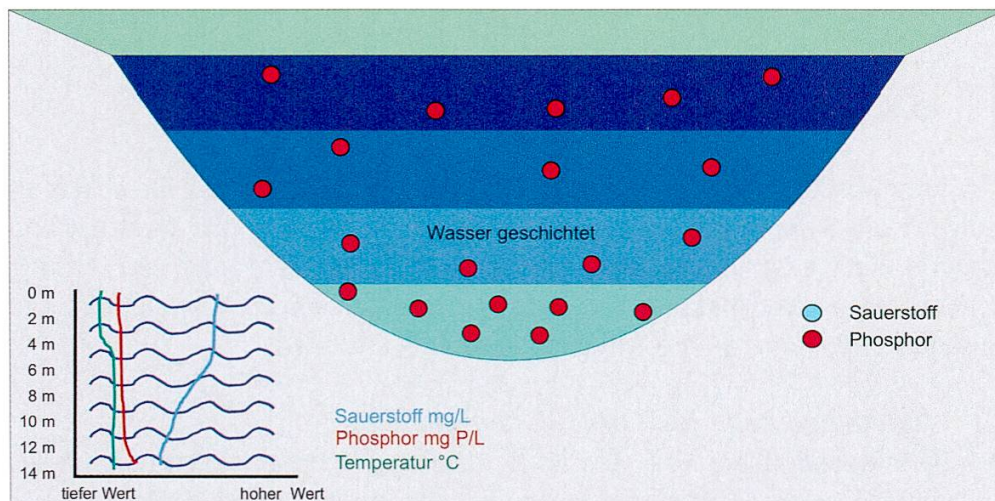


Abbildung 4: Die Winterstagnation.



Seegrund ist die Schichtung wesentlich weniger stabil. Die biologischen Prozesse beschränken sich auf ein Minimum. Über dem Seegrund laufen die Abbauprozesse der abgestorbenen Biomasse weiter. Dies führt wie im Sommer zu einer Abnahme der Sauerstoffkonzentration in den unteren Schichten des Sees. Diese ist allerdings wesentlich geringer als während der Sommermonate.



Abbildung 5: Die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee.

### 3 Die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee

Die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee ist kein Wundermittel. Sie bekämpft lediglich die Symptome des zu hohen Nährstoffgehalts und unterstützt und beschleunigt die Gesundung des Sees. Erst mit den Anstrengungen der Stiftung Seebachtal oder den Massnahmen seitens Landwirtschaft, die Nährstoffeinträge zu reduzieren, kann sie ihre Wirkung vollständig entfalten.

#### 3.1 Die Anlagenteile der Tiefenwasserableitung

Die Tiefenwasserableitung (TWA) ist in *Abbildung 6* schematisch dargestellt. Sie besteht aus zwei Leitungen, welche das Wasser aus 8 und 14 Metern Tiefe in den Seebach leiten. Die Entnahme aus zwei Tiefenstufen ist nötig, um einen



optimalen Betrieb der TWA zu gewährleisten. Die beiden Tiefenstufen sind zudem erforderlich, um über die Mischkammer, welche sich beim Betriebsgebäude befindet, eine für den Seebach verträgliche Wasserqualität sicherzustellen. Daneben gibt es noch eine dritte Entnahmeleitung aus 7 Metern Tiefe, die der Bewässerungsgenossenschaft Seebachtal zur Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen dient. Im Betriebsgebäude sind verschiedene Online-Messgeräte zur Messung der Wassertemperatur, der elektrischen Leitfähigkeit, der Abflüsse der beiden Leitungen, des Redox-Potenzials und des Sauerstoffgehaltes untergebracht. Diese Parameter werden benötigt, um einen optimalen Betrieb der TWA sicherzustellen. Die abzuleitende Wassermenge aus den beiden Leitungen kann über zwei Schieber gesteuert werden. Die TWA wird ohne mechanische Förderhilfe betrieben. Das Wasser strömt aufgrund eines Druckunterschiedes durch die beiden Leitungen in die Mischkammer und von dort in den Seebach. Der Druckunterschied wird durch den Schütz erzeugt, der sich neben dem Betriebsgebäude befindet. Ein Höhenunterschied von rund 2 bis 3 cm zwischen dem Hüttwilersee und dem Seebach reicht aus, um das Wasser aus den Tiefen des Sees an die Oberfläche zu befördern. Um die Fischwanderung zwischen Hüttwilersee und Seebach zu gewährleisten, wurde neben dem Schütz ein Fischpass erstellt.

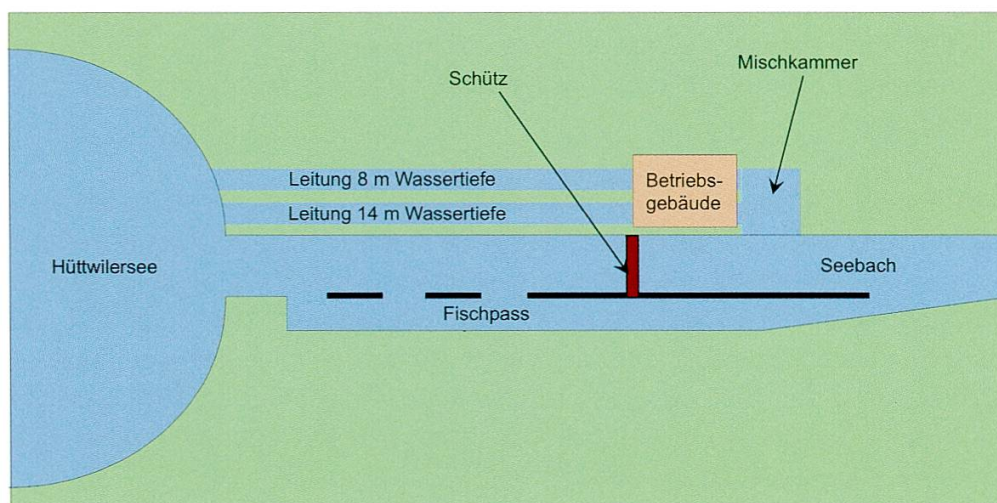


Abbildung 6: Die Anlagenteile der Tiefenwasserableitung in schematischer Übersicht.

### 3.2 Die Wirkung der Tiefenwasserableitung

Mit der Tiefenwasserableitung wird in die physikalischen und chemischen Prozesse des Hüttwilersees eingegriffen, wobei lediglich die natürlichen Vorgänge unterstützt resp. verstärkt werden. Ziel ist es, die Sauerstoffversorgung zu verbessern. Man kann die Tiefenwasserableitung auch als künstliche Lunge verstehen. Neben dem oberflächennahen Wasser (via dem Fischpass) wird auch Wasser aus der Tiefe in den Seebach geleitet. Dies hat folgende, nicht unerhebliche Auswirkungen:

- Der Phosphorgehalt im See wird verringert, indem der sich über dem Seegrund angesammelte Phosphor abgeleitet und somit dem See entzogen wird. Tiefere Phosphorkonzentrationen bewirken eine geringere Produktion von Biomasse.



Dies führt dazu, dass am Seegrund weniger Biomasse abgebaut werden muss und der Sauerstoffbedarf kleiner wird. Somit wird die Sauerstoffsituation verbessert.

- Auch während der Sommer- und Winterstagnation gelangt Wasser mit einem genügenden Sauerstoffgehalt in die Tiefe. Der Tiefenbereich mit einer ausreichenden Sauerstoffversorgung wird grösser.
- Die Herbst- und Frühjahrszirkulation setzt früher ein und dauert länger. Somit wird mehr Sauerstoff in die Tiefe des Sees transportiert.
- Der Seebach verkräftet die höheren Nährstoffgehalte problemlos. Kritischer sind die Sauerstoffgehalte. Beim Betrieb der Tiefenwasserableitung ist zu beachten, dass der Seebach immer einen genügenden Sauerstoffgehalt aufweist. Zur Überwachung ist im Seebach eine Sauerstoffsonde installiert.

### 3.3 Der Betrieb der Tiefenwasserableitung

Die Tiefenwasserableitung wird ohne mechanische Förderhilfe betrieben, d.h. durch den Betrieb der TWA wird nicht in das natürliche Abflussregime des Sees eingegriffen. Mit der TWA wird lediglich die Zusammensetzung des abfliessenden Wassers verändert (Tiefenwasser anstelle von Oberflächenwasser). Um auf eine mechanische Förderhilfe verzichten zu können, bedarf es eines Höhenunterschiedes von rund 2 bis 3 cm zwischen Hüttwilersee und Seebach. Die im Hüttwilersee höhere Wassersäule reicht aus, um den Reibungswiderstand zu überwinden, der beim Transport des Wassers durch die Leitungen entsteht (Abbildung 7).

Während der Frühjahrs- und Sommermonate wird der See dennoch bei einem Pegel von 433.93 m ü.M. stabilisiert (resp. 434.10 m ü.M. gemäss alter Pegellatte bei der Badeanstalt; bei einer Neuvermessung der Pegellatte stellte man eine Abweichung von 17 cm fest). Mit dem Rückhalt stellt man sicher, dass für die landwirtschaftliche Bewässerung auch in trockenen Sommern genügend Wasser zur Verfügung steht. Zu diesem Zweck wird der Abfluss der beiden Leitungen gedrosselt. Der Betrieb und Nutzen der Tiefenwasserableitung orientiert sich an den vier Jahreszeiten des Sees.

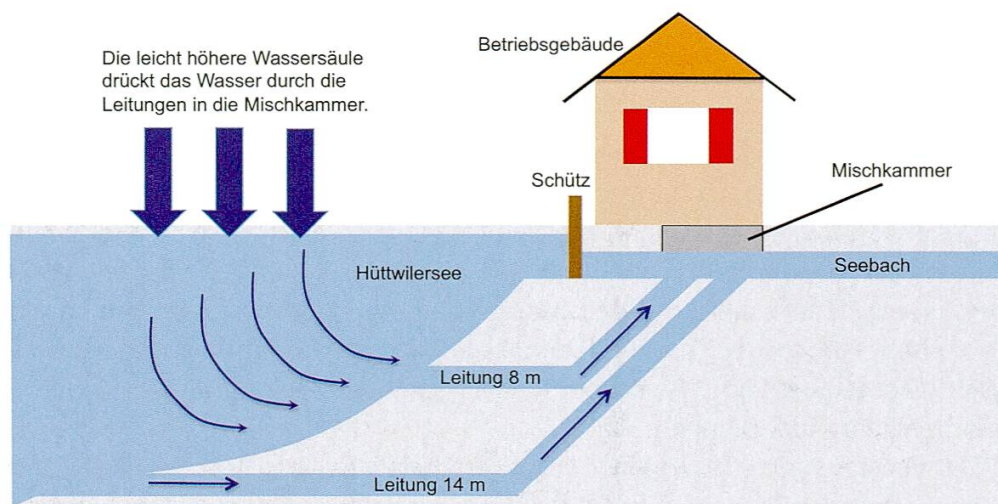


Abbildung 7: Schematischer Querschnitt der Tiefenwasserableitung.

### 3.4 Frühjahr

In den Frühjahrsmonaten, d.h. zwischen Februar und März, hat die Tiefenwasserableitung die Aufgabe, die Frühjahrszirkulation des Sees zu verlängern und dadurch den Sauerstoffnachschub in die Tiefe zu erhöhen. Die Durchmischungsprozesse, ausgelöst durch die temperaturbedingten Dichteströmungen des Wasser, werden verlängert und es gelangt mehr sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefe. Unterstützt wird dieser Prozess zudem durch die Vertikalströmung, die entsteht, wenn das Oberflächenwasser das abgeleitete Tiefenwasser ersetzt.

Die beide Leitungen in 8 und 14 Metern Tiefe sind nun vollständig geöffnet. Während dieser Zeit werden zwischen 200'000 und 300'000 m<sup>3</sup> Tiefenwasser abgeleitet, abhängig vom natürlichen Abfluss des Sees. Dies entspricht in etwa 10% der gesamten Wassermenge des Hüttwilersees mit einem Volumen von ca. 2'700'000 m<sup>3</sup>. Rund ein Drittel des abgeleiteten Wassers stammt aus 14 Metern Tiefe. Dies entspricht dem Volumen der untersten drei Meter des Sees.

### 3.5 Sommer

Die Sommerstagnation beginnt ab April und endet im Verlauf des Septembers, je nach Witterung. Zu Beginn der Sommerstagnation sind beide Leitungen immer noch vollständig geöffnet, mit dem Ziel, möglichst viel Tiefenwasser abzuleiten. Gegen Ende Mai übernehmen die beiden Leitungen unterschiedliche Aufgaben, wie in *Abbildung 8* dargestellt:

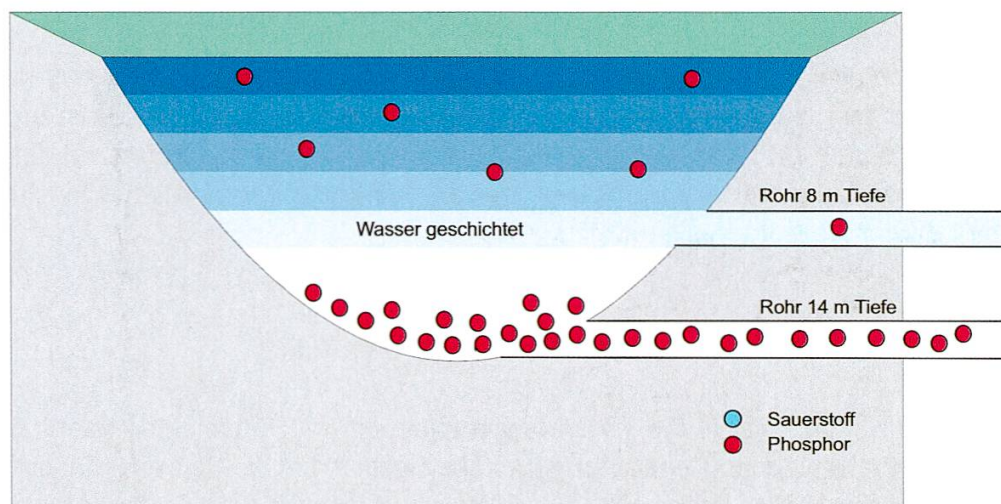


Abbildung 8: Phosphor-Entzug im Hüttwilersee.

- Die Leitung in 8 Meter Wassertiefe wird jetzt benötigt, um ausreichende Sauerstoffverhältnisse in den oberen 8 Metern für Fische und andere Kleinlebewesen sicherzustellen. Während der Sommerstagnation werden zwischen 250'000 und 350'000 m<sup>3</sup> Wasser abgeleitet. Dies entspricht rund 15% des Seevolumens zwischen 0 und 8 Meter.
- Die Sauerstoffreserven über dem Seegrund sind jetzt praktisch vollständig aufgezehrt und die lange sauerstofffreie Zeit beginnt. Die Phosphorkonzentration steigt rapide an. Der Sauerstoffbedarf des Tiefenwassers wird so gross, dass es nicht mehr bedenkenlos dem Seebach zugeführt werden kann. Die



abgeleitete Wassermenge aus 14 Metern Tiefe wird auf ein für den Seebach verträgliches Mass gedrosselt. Trotz des reduzierten Abflusses werden dem Hüttwilersee grosse Mengen an Phosphor entzogen. Am Seegrund betragen die Gesamtposphorkonzentrationen zwischen ca. 200 µg/L (im August) und rund 300 µg/L (im Oktober). An der Oberfläche des Sees liegen die Gehalte um die 20 µg/L. Während dieser Zeit werden zwischen 100'000 und 200'000 m<sup>3</sup> Wasser abgeleitet und dadurch dem Hüttwilersee rund 10 bis 15 kg Phosphor entzogen.

### **3.6 Herbst**

Gegen Ende September beginnt sich die Sommerstagnation langsam abzubauen. Dieser Prozess führt zu einer vollständigen Zirkulation des Sees zwischen Mitte bis Ende November. Das Wasser über dem Seegrund ist immer noch ohne Sauerstoff und die Gesamtposphorkonzentration ist sehr hoch. In der ersten Phase hat die TWA immer noch die Aufgabe, dem See Phosphor zu entziehen. Mit der immer schwächeren Schichtung des Wassers tritt die zweite Phase der TWA ein: sie unterstützt die Einleitung des Zirkulationsprozesses. In dieser Zeit werden zwischen 100'000 und 200'000 m<sup>3</sup> Wasser abgeleitet. Ein Grossteil des Wassers gelangt über die Leitung in 8 Metern Tiefe in den Seebach. Die Leitung vom Seegrund muss noch immer gedrosselt werden, um eine genügende Sauerstoffversorgung im Seebach sicherzustellen. Dem Hüttwilersee werden noch einmal rund 2 bis 3 kg Phosphor entzogen.

### **3.7 Winter**

Die Winterstagnation ist wesentlich kürzer als die Sommerstagnation. Sie dauert von Dezember bis Januar. Die beiden Rohre sind vollständig offen. Ziel ist es, einerseits die Herbstzirkulation zu verlängern, respektive das Einsetzen der Frühjahrszirkulation zu unterstützen. In den beiden Monaten werden bis zu 250'000 m<sup>3</sup> Wasser abgeleitet.

## **4 Was hat die Tiefenwasserableitung erreicht?**

Am 17. Juni 2000 wurde die Tiefenwasserableitung am Hüttwilersee feierlich eingeweiht. Es war damals die einzige Anlage dieser Art in der Schweiz. Andere sanierungsbedürftige Seen werden mit Sauerstoff belüftet oder die Zirkulation wird mittels technischen Massnahmen unterstützt. Zwischenzeitlich sind 10 Jahre vergangen. Zeit, Bilanz zu ziehen. Die Tiefenwasserableitung soll lediglich den Gesundungsprozess beschleunigen. Eines hoffentlich nicht allzu fernen Tages muss der Hüttwilersee ohne diese technische Massnahme auskommen.

### **4.1 Entnommene Wassermenge**

Die jährlich entnommenen Wassermengen schwanken zwischen rund 500'000 m<sup>3</sup> und über 1'100'000 m<sup>3</sup> wie *Abbildung 9* zeigt. Davon stammen zwischen 25% und 35% aus 14 Metern Tiefe. Die ersten zwei Betriebsjahre waren von Vorsicht geprägt. Viele Annahmen zu physikalischen und chemischen Prozessen mussten überprüft werden. Zudem galt es den Betrieb der TWA zu

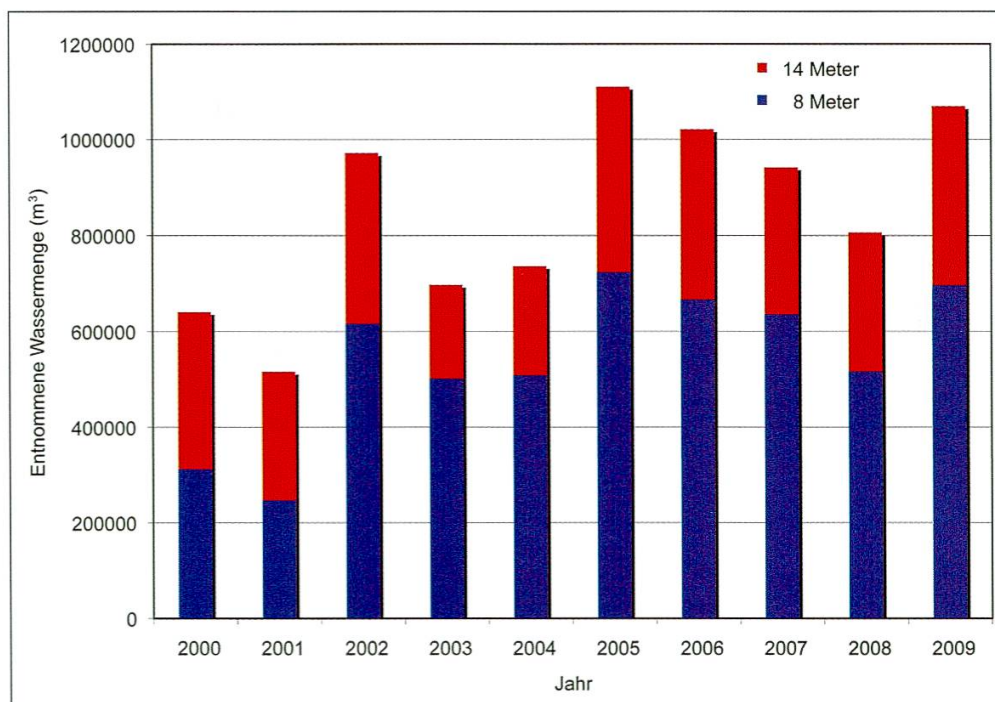


Abbildung 9: Entnommene Wassermengen seit Inbetriebnahme der TWA.

optimieren. Seit 2002 wird die abgeleitete Menge an Tiefenwasser hauptsächlich durch den Pegelstand des Sees resp. der Niederschlagsmengen bestimmt. Pro Jahr werden rund ein Drittel des gesamten Seevolumens via Tiefenwasserab-  
leitung dem Seebach zugeführt.

#### 4.2 Entwicklung des Phosphorgehaltes

Die Phosphor-Entwicklung der letzten 20 Jahre ist in *Abbildung 10* dargestellt. Bei den angegebenen Mengen handelt es sich um Frühjahrswerte. Diese sind ein Mass, wieviel Phosphor dem See im Folgejahr für die biologischen Prozesse zur Verfügung steht und wie hoch der Sauerstoffbedarf über Seegrund ist. Ein grosser Schritt in Richtung Gesundheit des Sees hat Anfang der 1990er-Jahre stattgefunden, als in Zusammenarbeit mit der Fachstelle für Pflanzenbau und Düngung des landwirtschaftlichen Berufs- und Bildungszentrums Arenenberg die Dünge- und Anbauberatung im Seebachtal intensiviert wurde. Zwischen 1992 und 1993 hat der Gesamtphosphorgehalt des Sees von 145 kg auf 90 kg abgenommen. Danach sind die Werte weiter leicht gesunken. Der massive Anstieg im Jahr 1998 spiegelt das Frühjahrshochwasser dieses Jahres wider. Durch die intensiven Niederschläge gelangten grosse Mengen Erdmaterial aus dem Einzugsgebiet in den See. Zum Zeitpunkt der Probenahme waren diese Partikel noch nicht an den Seegrund abgesunken. Dieser Phosphor-Eintrag hatte für den See keine Auswirkungen, da der Phosphor in den Erdpartikeln gebunden und somit für die biologischen Prozesse im See nicht verfügbar war. Seit Inbetriebnahme der Tiefenwasserableitung zeigt der Gehalt an Phosphor im Frühjahr eine unterschiedliche Entwicklung. Bis ins Jahr 2004 ist der Gehalt im See von rund 80 auf ca. 60 kg gesunken. Der Anstieg im Jahr 2006 ist wiederum durch einen Starkniederschlag verursacht, der viel Erosionsmaterial in



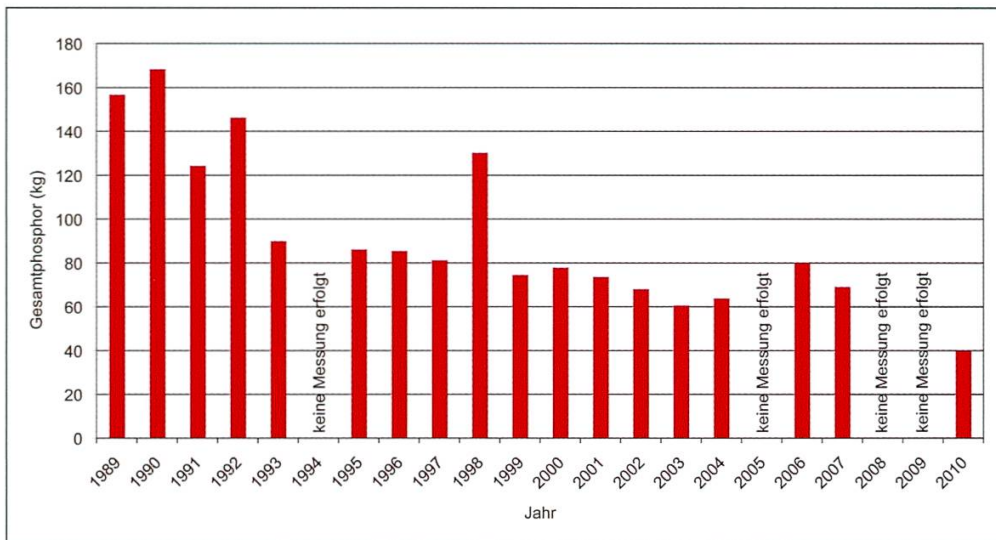


Abbildung 10: Die Phosphor-Entwicklung der letzten 20 Jahre.

den See transportierte. Für das Jahr 2008 und 2009 liegen keine Daten vor, da keine chemische Untersuchung durchgeführt werden konnte. Die Daten zeigen auch, dass die rund 15 kg Phosphor, welche über die Tiefenwasserableitung dem See pro Jahr entzogen werden, nicht aus dem Freiwasser stammen, sondern aus dem grossen Phosphordepot im Seesediment. Dies hatte sich während der Eutrophierungszeit vor allem während der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts gebildet.

Messungen Mitte April 2010 haben einen nochmals deutlich tieferen Phosphorgehalt gezeigt. Sie sind ein Hinweis dafür, dass die im Seesediment eingelagerten Phosphorreserven deutlich abgebaut werden konnten. Diese Daten müssen allerdings noch verifiziert werden. Zu Beginn der 1990er-Jahre lag die mittlere Phosphorkonzentration im Hüttwilersee bei 55 µg/L. Im Jahr 2010 betrug die Konzentration 15 µg/L. Der Hüttwilersee weist heute wieder einen mesotrophen Trophiegrad auf, den er natürlicherweise hat.

### 4.3 Entwicklung des Sauerstoffgehaltes

Abbildung 11 zeigt, bis in welche Tiefe des Sees eine ganzjährig ausreichende Sauerstoffversorgung von mindestens 4 mg/L herrschte. 1989 und 1990 gab es noch Momente, wo selbst an der Oberfläche die Sauerstoffversorgung ungenügend war. 1999 entstand nochmals eine heikle Situation, ab einer Tiefe von 2 Metern war die Sauerstoffsituation ungenügend. Mit Inbetriebnahme der Tiefenwasserableitung hat sich die Situation langsam aber stetig verbessert. Heute herrschen ganzjährig bis in eine Tiefe von 6 bis 6.5 Meter ausreichende Sauerstoffverhältnisse.

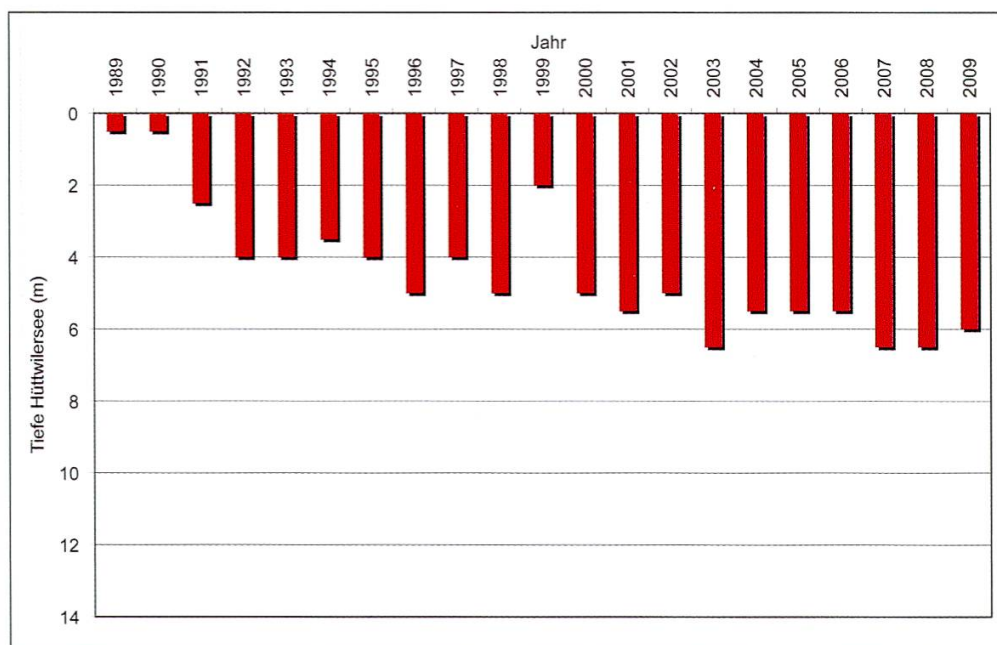


Abbildung 11: Tiefe mit einer ganzjährig ausreichenden Sauerstoffversorgung.

## 5 Wie weiter?

Die Tiefenwasserableitung ist die künstliche Lunge des Hüttwilersees. Dank ihr sind die Sauerstoffverhältnisse heute ausreichend. Der Phosphorgehalt liegt in einem Bereich, welcher für den Hüttwilersee natürlicherweise zu erwarten ist. Offen ist die Frage, ob die Gesundung bereits soweit fortgeschritten ist, dass der See künftig ohne Tiefenwasserableitung auskommt. Dies lässt sich anhand der vorliegenden Daten nur schwer abschätzen. Zumindest die letzten Phosphoruntersuchungen vom April 2010 deuten darauf hin. In einigen Jahren wird die Tiefenwasserableitung für 2 bis 3 Jahre ausser Betrieb genommen werden. Nur so lässt sich prüfen, ob der See künftig ohne Tiefenwasserableitung auskommt oder ob er noch weitere 5 bis 10 Jahre auf sie angewiesen ist.

57

## 6 Dank

Ein herzliches Dankeschön geht an Alfred Schmid, Frauenfeld, der seit Mitte 2005 mit grossem Einsatz die Tiefenwasserableitung betreibt. Ohne seine Bereitschaft, diese Aufgabe ehrenamtlich zu übernehmen, hätte der Betrieb der Tiefenwasserableitung im Jahr 2005 eingestellt werden müssen.

## 7 Zusammenfassung

Mit der zunehmenden Nutzung seines Einzugsgebietes stieg die Nährstoffbelastung des Hüttwilersees massiv an und die Sauerstoffversorgung war selbst an der Seeoberfläche teilweise ungenügend. Der See drohte ökologisch zu «kip-



pen». Neben verschiedenen Massnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge wurde im Jahr 2000 die Tiefenwasserableitung (TWA) in Betrieb genommen, um die Gesundung des Sees zu beschleunigen. Aufgabe der TWA ist es, die Sauerstoffversorgung des Sees zu verbessern und die im Seesediment eingelagerten grossen Mengen an Phosphor abzuleiten. Dank der TWA hat sich die Situation deutlich verbessert. Die Sauerstoffsituation ist heute ganzjährig bis in eine Tiefe von 6 bis 6.5 Metern genügend. Auch sind die Phosphorkonzentrationen deutlich zurückgegangen und liegen in einem mesotrophen Bereich. Offen ist die Frage, wie lange der Hüttwilersee seine künstliche Lunge noch benötigt. In näherer Zukunft wird die TWA für 2 bis 3 Jahre ausser Betrieb genommen, um zu prüfen ob der See noch weitere Jahre auf sie angewiesen ist.

## **8 Literatur**

- *Hagen C., 1995: Das Meliorationswerk an den Nussbaumer Seen – A. Schläfli (Hrsg.): Naturmonographie. Die Nussbaumer Seen. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 53: 99–114.*
- *Schnegg W., 1995: Zur Limnologie der Nussbaumerseen – A. Schläfli (Hrsg.): Naturmonographie. Die Nussbaumer Seen. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 53: 115–145.*
- *A. Schläfli (Hrsg.), 1995 Naturmonographie. Die Nussbaumer Seen. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 53: 399 pp.*

Adresse des Autors:

Heinz Ehmann  
Amt für Umwelt Kanton Thurgau  
Bahnhofstrasse 55  
CH-8510 Frauenfeld  
[heinz.ehmann@tg.ch](mailto:heinz.ehmann@tg.ch)



