

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 76 (1984)  
**Heft:** 1-2

**Artikel:** Wind- und Wellenmessungen auf dem Walensee  
**Autor:** Huber, Andreas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941183>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Wind- und Wellenmessungen auf dem Walensee

Andreas Huber

Unsere Schweizer Seen haben in den letzten Jahrzehnten mit der zunehmenden Besiedlungsdichte und der erhöhten Mobilität der erholungsuchenden Bevölkerung an Bedeutung gewonnen. Neue Hafenanlagen sind entstanden. Zur Landgewinnung wurden Ufer aufgeschüttet, so dass ursprüngliche Flachufer zu Steilufern geworden sind. Als Folge dieser Uferveränderungen und der Überdüngung des Wassers haben die Schilfbestände stark abgenommen. Gewandelt hat sich auch die Fauna der stehenden Gewässer. Die Seen sind zugleich Trinkwasserspeicher und Abwasserbehälter. Schutz- und Nutzungsinteressen geraten zusehends in ein Spannungsfeld. Dem Anliegen, unsere Seen als Teil einer gesunden Umwelt zu erhalten, kann nur entsprochen werden, wenn ihr Zustand auf naturwissenschaftlicher Grundlage stetig beobachtet wird. Die grössten Schweizer Seen sind Gegenstand kurz- und längerfristiger Forschungsprogramme.

Innerhalb der schweizerischen Seenforschung klafft eine Wissenslücke: Wellenmessungen im Tiefwasserbereich, also dort, wo weder Seegrund noch Ufer den Gang der Wellen beeinflussen, fehlen. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich hat sich deshalb entschlossen, in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg solche Wellen zu messen und damit einen ersten Schritt in dieses physikalische Teilgebiet zu tun.

Der Walensee bietet für eine Wellenmesskampagne in mehrfacher Hinsicht günstige Verhältnisse, weswegen er als Objekt gewählt wurde. Im unteren Seebecken, etwa 1 km oberhalb Weesen wurden am 5. Oktober 1981 mittels eines Ledischiffes (Bild 1) in einem Abstand von 120 m in 70 m Tiefe 2 Bojen verankert: eine Meteoboje zur Messung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung und eine Waveriderboje, mit der Wellenhöhen und Wellenperioden erfasst werden können. Gemessen wurde bis zum 19. Januar 1982, das heisst an etwas mehr als 100 Tagen. In den Monat

Dezember fiel eine aussergewöhnliche Zahl Winterstürme, die eine interessante Ausbeute an Messresultaten lieferten. Zwischen Windgeschwindigkeit, Streichlänge des Windes über der Wasseroberfläche und Winddauer einerseits und Wellenhöhe und Wellenperiode andererseits besteht ein allgemeingültiger, in der Ozeanographie schon länger bekannter Zusammenhang. Weil man über die Winde auf unseren Seen mehr weiss als über die Wellen, ist es von Interesse, Wellen in Abhängigkeit des Windes berechnen zu können. Neben dem Sammeln von Erfahrungen war denn auch dies ein Ziel der Kampagne.

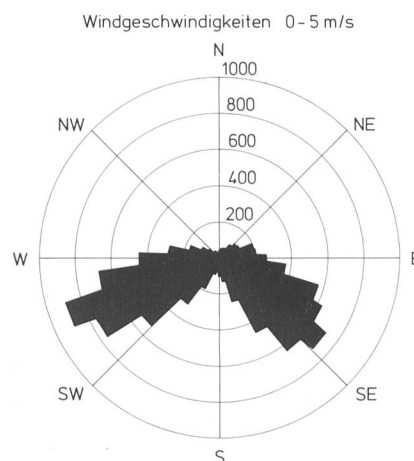
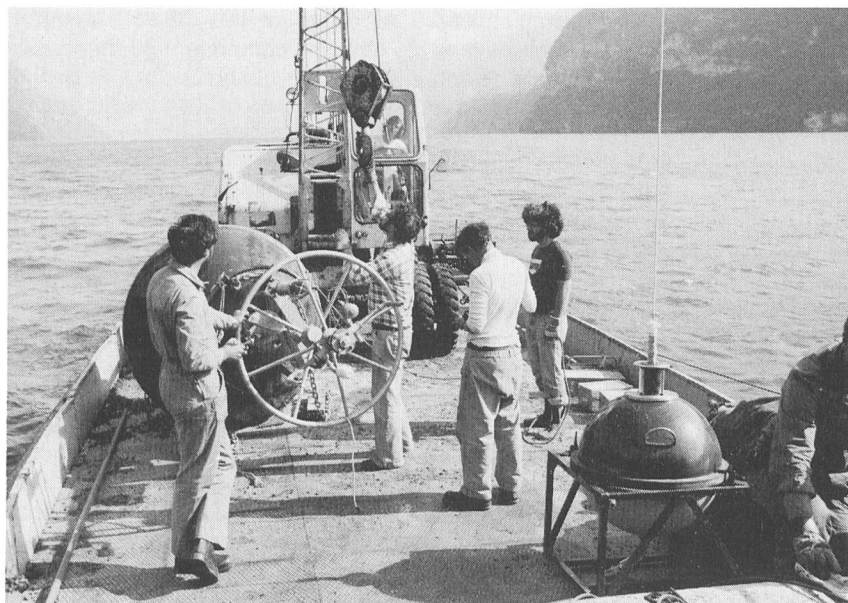
Die von den Sensoren auf der Meteoboje gemessenen Winddaten speicherte ein Datalogger, der in einem Schutzgehäuse untergebracht war, digital auf Magnetband. In einem späteren Schritt sind diese Daten in den ETH-Computer eingelesen und ausgewertet worden.

Die Waveriderboje, eine schwimmende Metallkugel von 70 cm Durchmesser (Bild 1), beherbergt ein Schwingersystem mit vertikalem Freiheitsgrad. Die an Federn aufgehängte Schwingmasse befindet sich in einer leitenden Flüssigkeit und wirkt als Abgreifelektrode eines Potentiometers, dessen Widerstandsbahn eben diese Flüssigkeit ist. Auslenkungen des Seewasserspiegels ziehen eine Positionsänderung der Schwingmasse und demzufolge eine Verschiebung des elektrischen Potentials mit sich. Das zum Wellengang analoge Signal wurde über einen Sender ans Ufer übertragen. In der Fischbrutanstalt Weesen waren die Empfangsstation und ein registrierendes Magnetbandgerät untergebracht. Die Verarbeitung der Daten zu Energiespektren besorgte das Deutsche Hydrographische Institut.

Aus der Messkampagne sind konkrete Messwerte hervorgegangen, auf die man sich bei der Beurteilung des Sees gerne abstützen wird. Sie ergänzen bisherige ungenaue Beobachtungen über Windbewegungen und Wellengang. Ein paar Ergebnisse seien herausgegriffen und vorgestellt: Am Walensee herrschen 2 Winde: der Südwestwind und der Föhn aus südöstlicher Richtung (Bild 2). Der Südwestwind tritt etwas häufiger auf. In der meisten Zeit liegen die Windgeschwindigkeiten unter 5 m/s. Während der Stürme im Dezember, es waren 4 Föhnstürme und 2 Südwestwind-

Bild 1 links. Vorbereitungsarbeiten auf dem Ledischiff zur Verankerung der Messbojen. Rechts die Waveriderboje im Transportgestell mit aufgesetzter Sendeantenne, links die Meteoboje kurz vor der Wasserung.

Bild 2 rechts. Häufigkeitsverteilung der während rund 100 Tagen in 10-Minuten-Intervallen gemessenen Winde mit Geschwindigkeiten bis zu 5 m/s (10 Knoten). Es treten nur zwei Windarten auf: der Südwestwind und der Föhn.



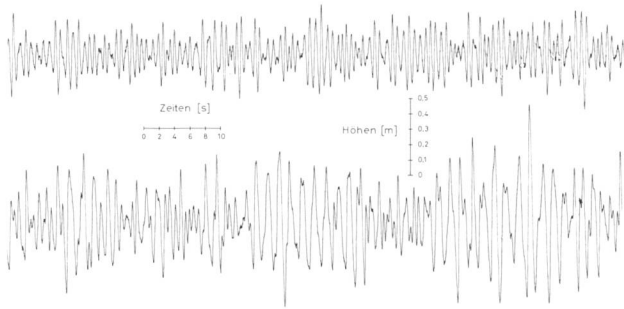


Bild 3. Aufzeichnungen von Sturmwellen. Bei etwa gleichen Windstärken sind die Föhnwellen (unten, aufgezeichnet am 13.12.1981 zwischen 19.30 und 20.00 Uhr) wegen der grösseren Streichlänge ungefähr dreimal höher als die Südwestwind-Wellen (oben, aufgezeichnet am 16.12.1981 zwischen 11.30 und 12.00 Uhr).

stürme, wurden bei beiden Sturmarten Spitzengeschwindigkeiten bis zu 24 m/s gemessen.

Die Registrierung der Wellen erfolgte alle 4 Stunden während 30 Minuten. Aus diesen Zeitreihen wurden Wellenkennwerte wie grösste Höhe, signifikante Höhe, mittlere Periode und das Energiespektrum berechnet. Die beiden Winde überstreichen verschiedene lange Seeoberflächen, weshalb sie gesondert zu betrachten sind. Während der Südwestwind die Seeoberfläche nur längs eines Kilometers überbläst, beträgt die Streichlänge des Föhns im Extremfall 14 km ab dem oberen Seeufer bei Walenstadt. Unter gleicher Stärke benötigt der Föhn länger als der Südwestwind, bis die Wellen an der Messstelle ihre grössten Höhen erreicht haben. Die maximale Höhe der Föhnwellen betrug 1,36 m, die Südwestwindwellen schwollen bei vergleichbaren Windstärken wegen der geringeren Streichlänge nur auf einen Drittel dieser Höhe an (Bild 3). Die Wellenperioden dauerten bis zu 4 Sekunden, was bei Tiefwasserwellen etwa 23 m Wellenlänge gleichkommt.

Adresse des Verfassers: Dr. *Andreas Huber*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

## Les avantages et les désavantages de l'analyse fine

### Attention aux valeurs infimes!

Au cours des dernières décennies, rares sont les sciences qui ont connu des progrès aussi foudroyants que celle de l'analyse des substances et de leurs concentrations. Alors qu'il y a une quarantaine d'années, on considérait encore comme «nulles» les substances présentes en quantités inférieures à un dixième de pour mille dans un échantillon donné, les instruments actuels permettent de déceler certaines matières au milliardième de gramme près. Ainsi la science analytique a fini par évoluer dans le monde des «traces», une performance qui échappe largement à nos possibilités de représentation. Ces progrès ont conféré une dimension toute nouvelle notamment aux débats portant sur l'environnement. D'un autre côté, la médaille a son revers puisque les résultats des analyses fines ne cessent de donner lieu à des conclusions erronées.

Dans le débat sur les pollutions, on se réfère de plus en plus souvent à des unités «ppm», «ppb» et même, depuis un certain temps, «ppt», sans que les intéressés puissent

s'entendre sur l'importance réelle de la notion «d'imputeté» ou «d'atteinte à la qualité» que recouvrent ces concepts.

– 1 ppm (part per million) désigne la millionième partie d'un kilogramme, soit un milligramme, ou 0,001 gramme;

– 1 ppb (part per billion) désigne la milliardième partie d'un kilogramme, soit un microgramme, ou 0,000001 gramme;

– 1 ppt (part per trillion) désigne la billionième partie d'un kilogramme, soit un nanogramme, ou 0,000000001 gramme.

Ces dimensions extrêmes ne permettent guère de s'en faire des images représentatives. Alors qu'un ppm peut être illustré par exemple par la présence d'un Appenzellois dans l'agglomération de Zurich, l'exercice devient plus difficile pour 1 ppb: cela correspondrait à quatre personnes pour la population totale de la planète (environ 4 milliards aujourd'hui). Pour avoir une idée de ce que représente un ppt, il faut imaginer un grain de blé perdu dans un chargement de 100000 tonnes de grains transportés par un assemblage de wagons s'étendant sur 20 kilomètres, ou bien, traduit en termes de distances, un tronçon de 0,4 millimètres sur le trajet Terre-Lune. Pour des valeurs encore plus petites, toute tentative de représentation devient pratiquement impossible.

### Que signifie «beaucoup»?

Lorsque l'analyse est poussée à un tel degré, rien d'étonnant que l'on parvienne à détecter des substances là où personne n'aurait soupçonné leur présence auparavant. On ne cesse de faire état de telles «découvertes», mais elles ne signifient pas que les substances ainsi dépistées ne se trouvaient pas déjà peut être de tout temps dans les denrées ou matériaux soumis à l'analyse; tout simplement, elles n'avaient jamais pu être mises à jour.

On sait par exemple que 92 éléments naturels composent depuis l'origine des temps notre environnement, notre alimentation et notre organisme, mais on connaît également aujourd'hui leur abondance respective dans la nature.

L'affreuse nouvelle selon laquelle on aurait découvert 1000 ppt de cadmium dans tel petit bout de caillou perd de son caractère inquiétant pour celui qui sait que cela représente admettons un milligramme par tonne, et qu'en moyenne, la croûte terrestre compte 300 milligrammes de cadmium par tonne.

Les valeurs limites actuellement prescrites dans les lois, les ordonnances ou les directives des CE concernant la protection de la santé humaine comportent au demeurant une marge de sécurité non négligeable. Le fait de dépasser pour quelque temps une valeur-limite officielle ne constitue pas un danger pour la santé contrairement à l'opinion généralement admise.

D'autre part, aucune mesure n'est infaillible. Maints automobilistes le savent qui ont dû s'expliquer avec les autorités pour un dépassement de vitesse enregistré par la police mais qu'ils n'avaient pas constatés eux-mêmes en regardant leur cadran. Il en va de même pour la détection de substances en très petites quantités. Plus on se rapproche de la limite déterminée, plus les écarts relatifs des résultats par rapport à la valeur exacte sont élevés. Les données établies à partir de mesures uniques sont par conséquent sans valeur. On n'en continue pas moins de recourir sans cesse à ce procédé et les résultats de tels échantillonnages sont même fréquemment exploités pour remettre en cause les résultats d'études officielles qui reposent, elles, sur un grand nombre de mesures et peuvent être considérées de ce fait comme fiables.