Limnologie aktuell · Band/Vol. 5 · Ostendorp/Krumscheid-Plankert (Hg.): Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa
Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena · New York · 1993

Ufererosion am Neuenburgersee

Andreas Huber

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, CH-8092 Zürich

Keywords

Ufererosion, Röhrichtrückgang, Sedimentverfrachtung, Wellenbelastung, Gewässerkorrektion

Abstract

Bank erosion at Lake Neuchâtel

The cause and the mechanism of the erosion process during the last hundred years on the southern reed shore of Lake Neuchâtel are explained. The results of a former study are presented. They show that the annual loss of reed shore amounts to one to two meters in depth. The threatened landscape, named «La Grande Cariçaie», is the largest preserved marshland area of Switzerland and has international importance.

Kurzfassung

Ursache und Wirkung des gut hundert Jahre dauernden Erosionsprozesses am südöstlichen Schilfufer des Neuenburgersees werden erklärt. Die Ergebnisse einer Studie werden vorgestellt. Sie zeigen einen jährlichen Uferrückgang von einem bis zwei Metern. Das bedrohte Seggenried mit dem Namen «La Grande Cariçaie» steht unter Naturschutz und ist als größtes Feuchtgebiet der Schweiz von internationaler Bedeutung.

1 Einleitung

Der Neuenburgersee ist mit einer Oberfläche von 214,6 km² der größte See auf Schweizer Gebiet. Seine Länge beträgt 38,3 km und die maximale Breite 8,1 km (Sollberger 1974). 56 km² gehören zum Litoral mit weniger als 12,5 m Tiefe und 23,5 km² zum Flachwasser mit weniger als 2,5 m Tiefe. Wie die meisten Seen am Rande der Alpen ist er glazialerosiven Ursprungs (Jung 1990) und hat sich vor etwa 15 000 Jahren nach dem Rückzug des würmeiszeitlichen Rhonegletschers in einer Mulde am Fuße des Kettenjura gebildet (Abb. 1). Das Nordwestufer liegt in der geologischen Kreideformation, welche teils mit fluvioglazialem Schotter und Verwitterungslehm überdeckt ist.

Die südöstliche Längsseite – sie soll im folgenden näher betrachtet werden – befindet sich über der unteren Süßwassermolasse, dem Aquitanien. Die am Rande des Seebeckens lokal anstehenden Sandsteine des Westschweizer Molasseplateaus verwittern leicht und liefern als Erosionsprodukt einen feinen Sand von etwa 0,4 mm mittleren Korndurchmessers und einem Korngrössenbereich von ca. 0,06 mm bis 1,0 mm. Dem typischen Abtragungsufer ist

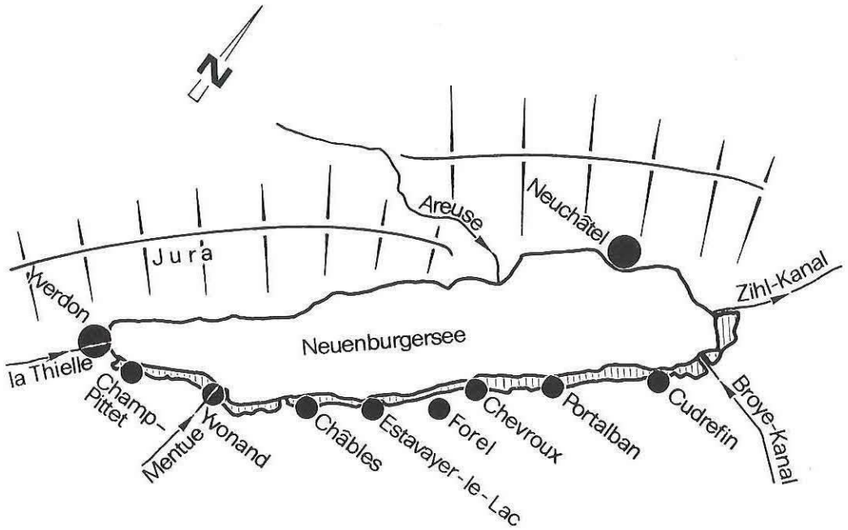

Abb. 1: Übersicht des Neuenburgersees mit den Schutzgebieten (schraffiert)

eine Flachwasserzone von ein bis zwei Metern Tiefe und mehreren hundert Metern Breite vorgelagert. Der Grund besteht aus diesem Sand.

Die vorherrschenden Winde sind der Westwind, seeabwärts wirkend, und in entgegengesetzter Richtung die «Bise». Diese ist vor allem entlang des Jurafußes über den Juraseen und dem Genfersee verbreitet. Zu erwähnen ist noch der weniger häufige «Joran», ein Fallwind des Kettenjuras.

Drei Viertel des rund 40 km langen Ufers zwischen Yverdon und der Broye-Mündung am unteren See-Ende sind schilfbewachsen. Die gesamte Schilffläche umfaßt 200 ha (Groupe d'étude et de gestion 1985). An sechs Stellen unterbricht der Seeanstoß der Ortschaften, Häfen und Ferienhaussiedlungen das Naturufer. Landeinwärts grenzen breite und flache Riedlandstreifen, in ihrer Gesamtheit «La Grande Cariçaie» genannt, an die Schilfgürtel. Von diesen Flächen entfallen 400 ha auf Großseggen- und 180 ha auf Kleinseggenriede. Landesweit befindet sich in der Grande Cariçaie der größte Bestand an Seeufervegetation. Das Gebiet steht unter Naturschutz und ist als international bedeutsames Feuchtgebiet in der Ramsar-Liste eingetragen. Dieses Refugium zahlreicher und selten gewordener Tier- und Pflanzenarten ist von der Wellenerosion bedroht.

2 Die Veränderung der Seestände und die Entstehung der Grande Cariçaie

Die Vergangenheit der Naturufer und der angrenzenden Riedflächen ist erst etwas mehr als 100 Jahre alt. Mit der Absenkung des Mittelwasserspiegels um 2,75 m wurden im Zuge der ersten Juragewässerkorrektion in den Jahren 1868 bis 1891 zum Zwecke der Kulturlandgewinnung und der Hochwassersicherheit ausgedehnte Sumpfgebiete zwischen den drei Juraseen, dem Neuenburger-, dem Bieler- und dem Murtensee, trockengelegt (Peter 1921). Dazu wurde der Ausfluß des Bielersees, die Zihl, durch Baggerungen in den Nidau-Büren-Kanal umgewandelt. Die Verbindungen zwischen den Seen, die Broye und die Zihl, wurden kanalisiert und erhielten ein größeres Abflußprofil. Die Aare wurde in den Bielersee eingeschlauft. Mit dieser flußbaulichen Maßnahme konnten, das beachtliche Rückhaltevermögen der Juraseen nutzend, die Hochwasserspitzen im Unterlauf der Aare wesentlich gedämpft werden. Das große Moos wurde zum Landwirtschaftsgebiet, und aus der Petersinsel im Bielersee ist eine Halbinsel geworden. Der sandige Grund im Flachwasser des südöstlichen Neuenburgersees kam über den abgesenkten Seespiegel zu liegen. Auf der breiten Sandbank hat sich sukzessive das Feuchtgebiet der Grande Cariçaie entwickelt.

In einer späteren Etappe, nämlich zwischen 1962 und 1973, wurde die zweite Juragewässerkorrektion (Stambach 1970) durchgeführt mit dem Ziel, den groben Schwankungsbereich der Wasserstände von rund 3 m zu verkleinern (Abb. 2) (Eidgenössisches Departement des Innern 1890–1990). Die höchsten Seespiegel lagen immer noch über der Schadensgrenze und führten zu großflächigen Überflutungen des seinerzeit gewonnenen Kulturlandes. Außerdem hatte der Boden seit der Trockenlegung deutliche Setzungen erfahren, weshalb er immer häufiger unter Wasser stand.

Seit der Inkraftsetzung des Regulierreglementes von 1982 variieren die Seespiegel der Juraseen nur noch innerhalb einer Bandbreite von ca. 1,0 m (Abb. 2).

3 Bedrohung durch die Wellenerosion

Zeichen des fortschreitenden Landabtrages sind die haltlos gewordenen und umgestürzten Uferbäume (Abb. 3). Da der Untergrund des Schilf- und Riedgebietes fast ausschließlich aus dem feinen Molassesand besteht, ist es bereits für normale Windwellen ein leichtes, die Wurzeln der Uferbestockungen zu unterspülen (Abb. 4) und die Schilfrhizome freizulegen. Unter stürmischen Bedingungen können die beiden typischen Winde über den großen Streichlängen von annähernd 40 km Wellen von 2 m Höhe und von mehr als 40 m Länge anfachen. Bise-Wellen erreichen die größte Höhe am oberen und die Wellen des Westwindes am unteren Seeende.

Nach der linearen Wellentheorie und durch Naturbeobachtungen bestätigt, dringen die Wellenströmungen in eine Tiefe unter den Wasserspiegel, welche der halben Wellenlänge entspricht (Department of the Army 1977). Bezogen auf die 1 bis 2 m tiefen Flachwassergebiete treten Sedimentbewegungen bereits unter alltäglichen Windwellen auf. Die im klaren Wasser schimmernden Sandriffel am Seegrund sind Zeugen der Wellenströmungen. Bei starkem Wellengang erscheint der See in zwei Farben: Das Flachwasser ist durch die aufgewirbelten Sande getrübt, das tiefe Wasser hingegen bleibt klar, weil die Wellenströmungen den Grund dort nicht zu erreichen vermögen.

Eine Folge der Wellen sind die Rippströmungen (Niemeyer 1974). Aus Kontinuitätsgründen muß ja das vom Wind und dessen Wellen stetig gegen die Ufer getriebene Wasser wieder in den See zurückströmen. In regelmäßigen Abständen längs des Ufers verfrachten diese Rippströmungen den abgetragenen und aufgewirbelten Sand über das Flachwasser hinweg zur Halde und in die Tiefen des Seebeckens. Im Laufe der Zeit lagert sich diese Sedimentfracht in Millionen von Kubikmetern auf der seewärts wachsenden Halde ab (Abb. 5).

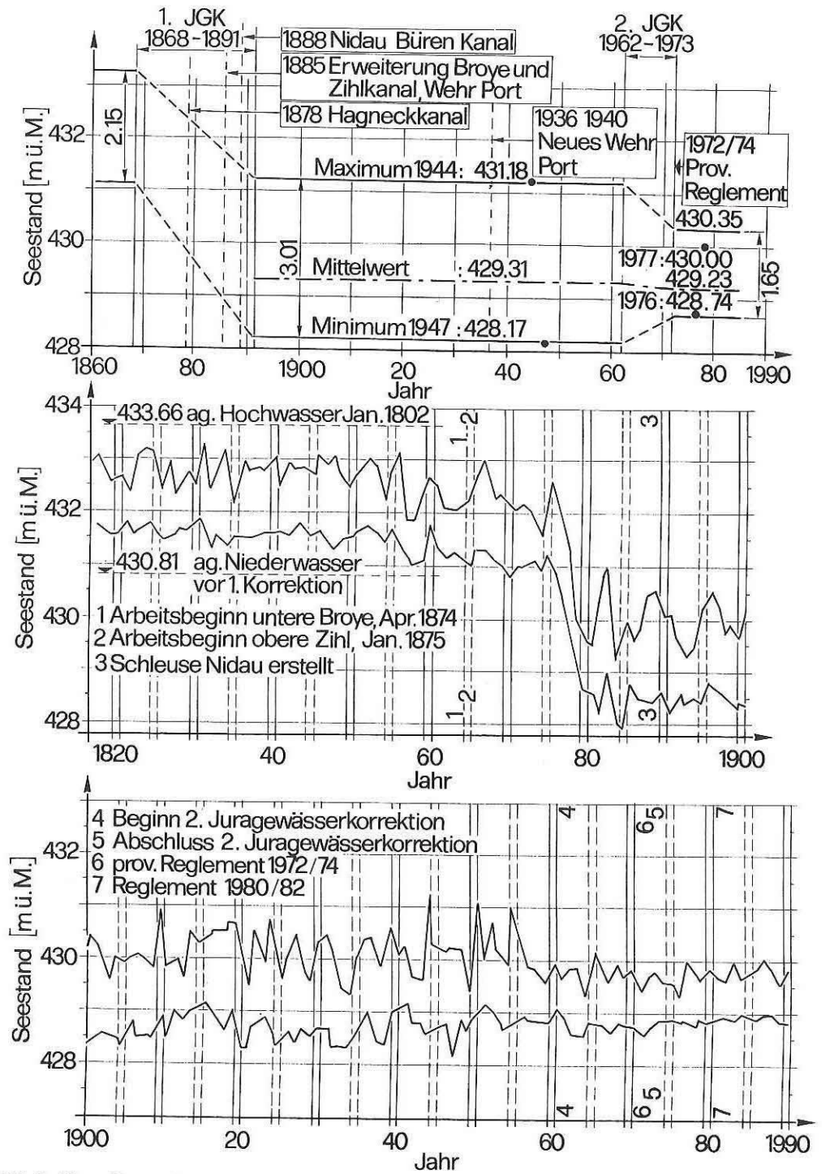

Abb. 2: Oben: Vorgegebener Schwankungsbereich der Seestände sowie Eckdaten der beiden Juragewässerkorrektionen, Mitte: Jährliche Minima und Maxima der Seestände 1820 bis 1900, Unten: Jährliche Minima und Maxima der Seestände 1900 bis 1990.

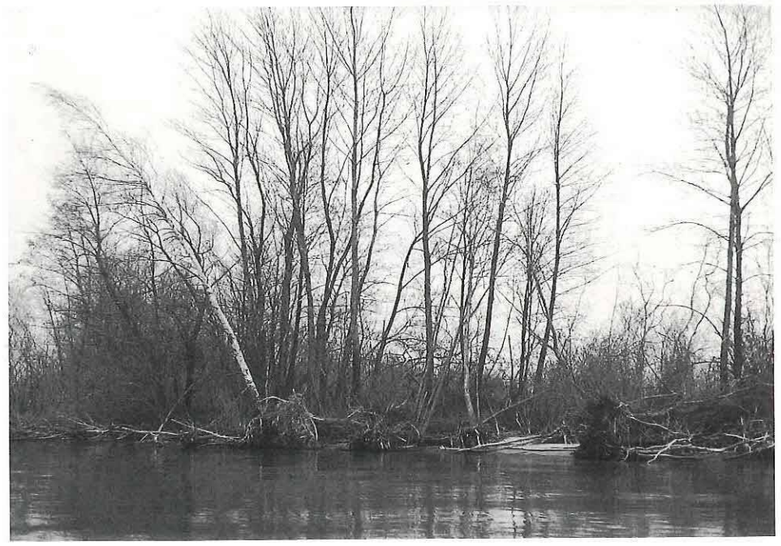

Abb. 3: Umgestürzte Uferbäume als Folge der Erosion

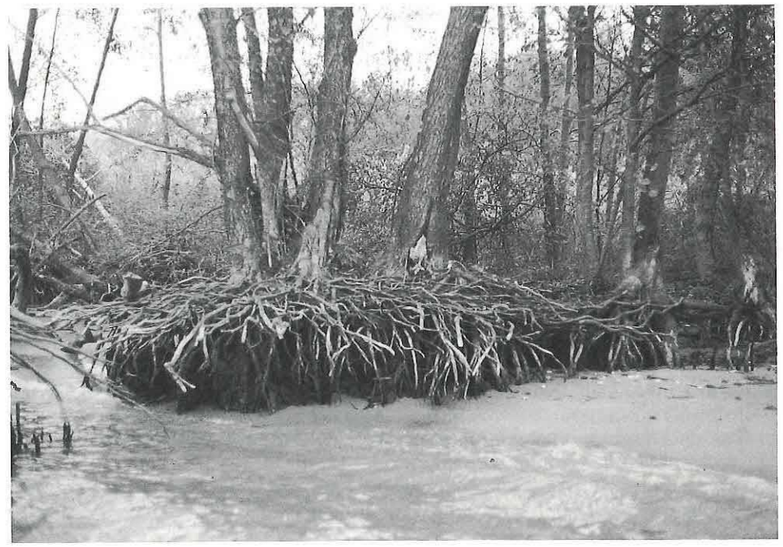

Abb. 4: Unterspülte Wurzelstöcke

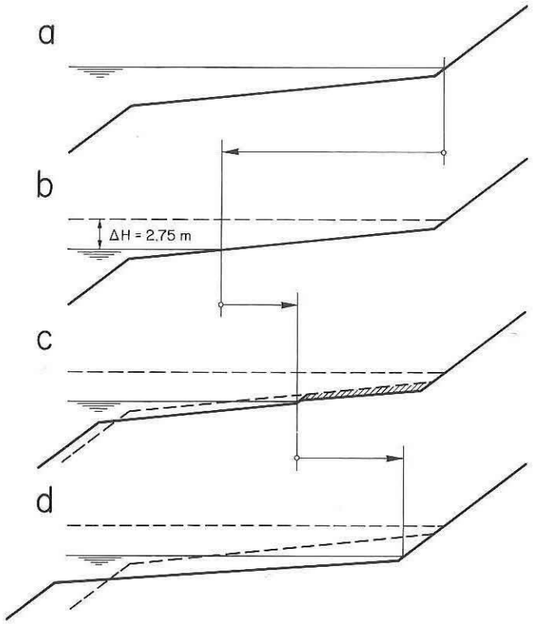

Abb. 5: Die Stadien der Uferentwicklung in schematischen Querprofilen dargestellt:
a) Flachwasser vor der Seespiegelabsenkung,
b) Flachwasser unmittelbar nach Seespiegelabsenkung,
c) aktuelle Situation der Ufererosion,
d) Endzustand nach Abtrag der Grande Cariçaie.

4 Das Ausmaß der Ufererosion

Das Interesse an den Uferveränderungen ist eigentlich erst in den letzten Jahrzehnten wach geworden. Früher wurde das Riedland eher als wertlose Fläche ohne landwirtschaftlichen Ertrag angesehen. Die ursprünglich zum See gehörenden Landstriche sind noch heute Staatsgebiet der Kantone Waadt und Freiburg. Seit 1982 haben die beiden Kantone, der Schweizerische Bund für Naturschutz (SBN) und der Schweizer World Wildlife Fund (WWF) die Arbeitsgruppe «Forschung und Unterhalt» mit der Pflege des umliegenden Naturschutzgebietes beauftragt. Diese Gruppe wurde auf die schwindenden Schilfbestände und die rückschreitende Uferlinie aufmerksam.

Im Auftrag dieser Arbeitsgruppe hat die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich in einer Studie die Ursachen und das Ausmaß des Uferrückganges untersucht. Als Grundlagen standen Kopien von Landkarten im Maßstab 1:25000 bis zurück ins Jahr 1880 zur Verfügung, nämlich:

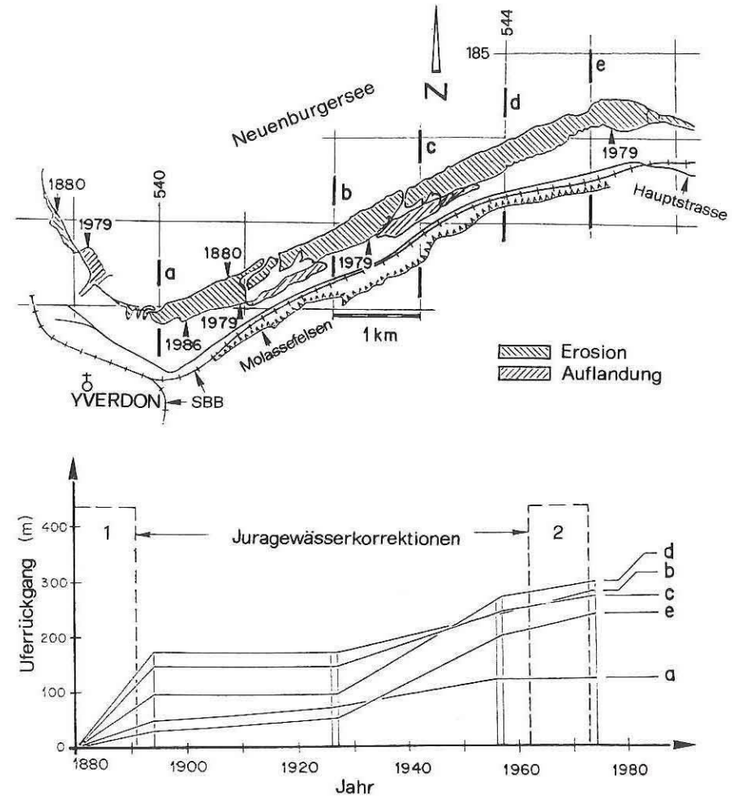

Abb. 6: a) Oben: Situation der Uferentwicklung am oberen Südostufer bei Champ-Pittet,
b) Unten: Weg-Zeit-Diagramme des Uferrückganges in ausgewählten Profilen.

- das Kartenblatt von Manuel und Durheim von 1880,
- der Siegfried Atlas für 1889 bis 1953,
- die Landeskarten für 1957 bis 1986.

Arbeitskopien wurden im Bundesamt für Landestopographie von den Archivblättern abgelichtet. Von beschränkter Verwendbarkeit sind 5 Serien von Luftfotos, die älteste aus dem Jahre 1937. Bis zurück ins Jahr 1984 gibt es von ausgewählten Uferstellen einzelne vergleichende Querprofile.

Mit einer Äquidistanz der Isobathen von 10 m, ausnahmsweise von 5 m, sind allerdings die topographischen Feinheiten des Flachwassers und des Uferbereichs nicht erfaßt. Die Landkarten ermöglichen nur einen Vergleich der Land/Wasser-Grenzlinien verschiedener Stadien. Aber auch hier bleiben noch verschiedene Unsicherheiten:

- Die Definition der Land/Wasser-Grenzlinie innerhalb der Schilfgürtel ist schwierig. Die mit den Kartenaufnahmen und den Nachführungen betrauten Vermesser haben sie im Laufe der Jahrzehnte kaum nach einheitlichen Kriterien festgelegt.
- Das Jahr der kartographischen Aufnahmen der Schilfgürtel mit Umrissen liegt gegenüber dem Erscheinungsjahr der Karten um eine unbekannte Zeitspanne zurück. Diese kann sich auf mehrere Jahre belaufen.
- Die den kartierten Land/Wasser-Grenzlinien zugeordneten Seestände sind unbekannt und von der einen zur nächsten Kartenauflage verschieden.
- Die Kartenaufnahmen und Nachführungen nahmen einige Zeit in Anspruch, während der der Seespiegel Schwankungen unterworfen war. An den flachen Ufern können sich deshalb innerhalb der gleichen Aufnahme Abweichungen an der Land/Wasser-Grenzlinie von einigen Metern ergeben.

Trotz dieser Unsicherheiten wurden fünf ausgewählte Stadien der Land/Wasser-Grenzlinie auf einer Karte im Maßstab 1:25000 dargestellt. Abb. 6a zeigt einen Kartenausschnitt und Abb. 6b die Weg-Zeit-Diagramme des Uferrückganges bei mehreren Uferprofilen. Aufgrund der erwähnten Unsicherheiten mögen diese Diagramme über kürzere Zeitabschnitte ungenau sein. Weil jedoch die Beobachtungsdauer mehr als 100 Jahre beträgt, besteht kein Zweifel am Trend und an der Größenordnung des Auswerte-Ergebnisses.

Bis heute hat der See seit 1880 stellenweise bis zu 200 m Ufer zurückerobert (Abb. 6b), im Durchschnitt 1 bis 2 m pro Jahr. Entlang dem gesamten Südostufer variieren die Erosionsraten zeitlich und örtlich stark. Zwischen Yverdon und Estavayer in der oberen Seehälfte (Abb. 1) herrscht die Erosion vor. Im Mündungsgebiet der Mentue werden hingegen Auflandungen beobachtet. Die Hochwasser dieses Flusses tragen beachtliche Mengen Molassesand aus dem Einzugsgebiet in den See ein. Im Uferabschnitt zwischen Estavayer und der Mündung des Broye-Kanals unterliegt das Ufer nur streckenweise der Erosion. Die Schilfgürtel sind allgemein üppiger. Bei Forel, wo die Molassefelsen am Ufer anstehen, hat sich die Uferlinie am wenigsten verrückt. Wie die Kartenauswertungen zeigen, liegt die Hauptursache der Veränderungen bei der Seespiegelabsenkung der ersten Juragewässerkorrektion.

5 Ausblick

Es wurde auch schon die Frage aufgeworfen, ob denn ein natürlicher Gleichgewichtszustand erwartet werden könne, mit welchem der Uferabtrag beendet sein werde. Dem ist zu entgegnen, daß sich die Natur nicht in einem statischen, sondern in einem dynamischen Gleichgewicht befindet. Sie ist zeitlich und örtlich einer dauernden, wenn auch nicht immer gleich raschen Evolution unterworfen. Entgegen einem verbreiteten Wunschdenken muß diese Frage mit einem Nein beantwortet werden.

Der laufende Erosionsprozeß ist naturgegeben und Teil der dauernden Veränderungen an der Erdkruste. Er wurde jedoch mit der künstlichen Seespiegelabsenkung beschleunigt. Dieser menschliche Eingriff spielte sich in der kurzen Zeitspanne von etwa drei Jahren ab (Abb. 2b). Doch schon vorher, allerdings in einem geologischen Zeitraum, hatte sich die Zihl seit der Entstehung des Sees am Seeausfluß in die glazialen Ablagerungen eingetieft und Spiegelabsenkungen hervorgerufen. Die Kliffs in den Molassefelsen am Rande der Grande Cariçaie sind Zeugen der ehemals höheren Seestände und der Wellenerosion zur Zeit vor der ersten Juragewässerkorrektion. Schreitet die Ufererosion mit der unverminderten Geschwindigkeit von 1 bis 2 Metern pro Jahr weiter (Abb. 6b), und wird sie nicht durch

bauliche Gegenmaßnahmen aufgehalten, so ist der längerfristige Weiterbestand der Grande Cariçaie nicht gesichert. Es ist mit dem Abtrag des verbleibenden, wenige hundert Metern breiten Riedlandes (Abb. 6a) innerhalb ein paar Generationen zu rechnen. Das rückschreitende Seeufer würde dann dort angelangt sein, wo es schon einmal war, bei den Molassefelsen.

Es stellt sich die grundsätzliche Frage nach den Zielen des Naturschutzes: Soll dieses einmalige Gebiet den Kräften der Natur überlassen werden und voraussichtlich im nächsten Jahrhundert vom See verschlungen sein, oder soll dem laufenden Erosionsprozeß mittels baulicher Maßnahmen ein Ende gesetzt werden?

Sowohl aus dem Kreise des Naturschutzes als auch auf der Seite der Behörden und der zuständigen Ämter (Umweltschutz, Wasserbau, Forstwirtschaft) ist man sich einig, nicht untätig zu bleiben.

In weiteren Schritten soll mittels einer Variantenstudie abgeklärt werden, welche Bauwerkstypen an welchen Standorten am besten geeignet sind, das Riedgebiet vor dem Angriff der Wellen zu schützen. Im Vordergrund stehen inselartige Molen, die parallel zum Ufer ins Flachwasser geschüttet werden. Als Pilotprojekt wird vorerst eine Seeuferstrecke von 3 km Länge bei Champ-Pittet im Flachwasserbereich ins Auge gefaßt.

Bei der Bemessung und Konstruktion dieser Bauwerke stellt der feinsandige Seegrund ein besonderes Problem dar. Der Aufbau ist unter Beachtung des Filterkriteriums durchzuführen, das heißt, daß unter der Oberschicht weitere Schichten von Schüttmaterial aus zunehmend feineren Bestandteilen liegen sollten. Das gröbste Korn der unteren Schicht sollte jeweils gröber sein als das feinste Korn der darüberliegenden. Außerdem sind flache Böschungen für die Stabilität des Bauwerks von Vorteil. Unter Beachtung dieser Grundsätze läßt sich die Ausschwemmung des Feinsandes aus dem Untergrund durch das Eindringen der turbulenten Wellenströmungen und folglich eine Zerstörung des Bauwerkes verhindern.

Unentbehrlich für die weitere Beobachtung des Geschehens entlang der Ufer sind die bis jetzt fehlenden Topographien in einem großen Maßstab und kleiner Äquidistanz der Isobathen. Solche Karten sind unbedingt notwendig zur genaueren Erfassung der Erosionsraten, für die Erfolgskontrolle bezüglich der zukünftigen Uferschutzmaßnahmen und als Grundlage für die Projektierung von Schutzbauten. Vorgesehen sind Darstellungen des gesamten Südostufers im Maßstab 1:5000 bei einer Äquidistanz von 0,5 m zwischen den Koten 430 und 424 m ü.M. (Flachwasser) und von 2,0 m zwischen 424 und 410 m ü.M. (Halde).

6 Literatur

Department of the Army (1977): Shore Protection Manual. Vol.1. Corps of Engineers, U. S. Army, Coastal Engineering Research Center

Eidgenössisches Departement des Innern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie) (1890–1917): Hauptergebnisse der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen. Bern

Eidgenössisches Departement des Innern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie) (1917–1977): Hydrographische Jahrbücher der Schweiz. Bern

Eidgenössisches Departement des Innern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie) (1978–1990): Hydrologische Jahrbücher der Schweiz. Bern

Groupe d'étude et de gestion (1985): Schutz der Grande Cariçaie. Faltprospekt. Champ-Pittet, CH–1400 Cheseaux-Noreaz.

Jung, G. (1990): Seen werden, Seen vergehen. Ott Verlag, Thun

Niemeyer, H. D.(1974): Wellenerzeugte Strömungen und Sedimenttransport. Mitt. des Franzius-Inst. für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Techn. Univ. Hannover 41: 124–256

Peter, A. (1921): Die Juragewässerkorrektion. Bericht über die Vorgeschichte, Durchführung, Wirkung und Neuordnung. Buchdruckerei Emil Horat, vorm. Gebr. Fischer, Bern 1922
Sollberger, H. (1974): Le Lac de Neuchâtel (Suisse). Ses eaux, ses sédiments, ses courants sous-lacustres. Thèse, Faculté des Sciences, Univ. de Neuchâtel
Stambach, E. (1970): Die Juragewässerkorrektion, Schweiz. Techn. Zeitschr. Nr. 24/25: 485–502