

Das Delta der Linth im Walensee : ein Vergleich der Seegrundaufnahmen von 1931 und 1979

Autor(en): **Lambert, André**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **72 (1980)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941405>

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.

Das Delta der Linth im Walensee – ein Vergleich der Seegrundaufnahmen von 1931 und 1979

Dr. André Lambert

Zusammenfassung

Im Juni 1979 wurde der westliche Teil des Walensee-Bekens (475 ha) neu vermessen und die Seegrundveränderungen – namentlich im Bereich des Linthdeltas und seiner subaquatischen Rinne – seit der letzten Aufnahme (1931) kartiert.

Das durchschnittliche jährliche Ablagerungsvolumen beträgt rund 0,13 Mio m³ und entspricht damit gegenüber der Vergleichsperiode 1911–1931 (0,12 Mio m³) einer rund 8prozentigen Zunahme – offenbar als Folge starker Hochwasserereignisse.

Résumé: Le delta de la Linth dans le lac de Walenstadt – une comparaison des levés bathymétriques de 1931 et 1979

La partie occidentale du lac de Walenstadt, dont les plans bathymétriques dataient de 1931, a été sondée en juin 1979 dans le but de cartographier les modifications du fond – en particulier dans le delta de la Linth et de son ravin souslacustre – et d'estimer l'apport annuel moyen de charge solide. Avec 0,13 mio m³ il correspond à une augmentation d'environ 8 % comparé aux 0,12 mio m³/année de la période 1911–1931 – probablement en raison de crues extraordinaires.

Abstract: The Delta of the Linth in the Walensee – a Comparison of two Bathymetric Surveys, 1931 and 1979

The western part of the Walensee, last surveyed in 1931, was reinvestigated in June 1979 in order to map topographic alterations – especially in the delta of the Linth and its subaqueous channel – and to estimate the average annual sediment input. With 0.13 mio m³ it corresponds to an increase of 8 % compared to the period 1911–1931 (0.12 mio m³) – probably as a result of unusual high-water stages.

Einleitung

Flussfracht-Ablagerungen als Deltas in stehenden Gewässern gelten als zuverlässiges Mass für den langzeitlichen fluviatilen Feststofftransport, unter der Voraussetzung, dass die Vermessung der Schuttkegel mit der erforderlichen Präzision und über möglichst lange Zeiträume hinweg wiederholt durchgeführt wird. Diese Erkenntnis hatte sich schon vor dem grossangelegten Ausbau der Wasserkräfte durchgesetzt, und es zeugt vom Weitblick der damals zuständigen Ämter und Institutionen, dass mit den zur Verfügung stehenden, vergleichsweise primitiven Vermessungsmethoden zahlreiche Kartierungen von Deltagebieten zustande kamen, die es verdienen, als Pionierleistung gewürdigt zu werden. Zudem erlaubt die volumetrische Bestimmung der fluviatil abtransportierten festen Substanz aus dem Einzugsgebiet eine zahlenmässige Abschätzung der Erosion und damit eine Rekonstruktion der Abtragungsvorgänge (Jäckli, 1958).

Während in diesem Zusammenhang in erster Linie die Volumenänderung des Deltas zur Diskussion steht, treten die beteiligten Ablagerungsvorgänge – insbesondere der Ein-

schichtungsmechanismus von Flusswasser im See, zum Beispiel bei Verlandungserscheinungen und Störungen im Filterbetrieb von Trinkwasser-Aufbereitungsanlagen in den Vordergrund. Deltas reagieren empfindlich auf äussere Eingriffe: Zu tief schürfende Baggerungen können zu einer unerwünschten rückschreitenden Erosion der Uferzonen führen, während man andernorts versucht, durch Material-Entnahme Auflandungen zu verhindern. Die Entscheidung, ob überhaupt und wenn ja, wieviel gebaggert werden darf oder muss, setzt eine möglichst genaue Kenntnis des Entstehungsprozesses und der zu erwartenden Entwicklung des Deltas voraus.

Entwicklungsstand und voraussichtliches Wachstum eines Deltas müssen schliesslich bei der Beurteilung von Schutzmassnahmen gegen Hochwasser in Flussmündungsgebieten berücksichtigt werden, da ein wachsendes Delta den Flusslauf verlängert, dadurch dessen Gefälle vermindert, was wiederum die Sedimentation begünstigt. Um diese Vorgänge besser erfassen zu können, finanzierte die ETH Zürich ein Forschungsvorhaben der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) mit dem Ziel, das Verhalten eines repräsentativen Deltas, das zudem seit Beginn seines Bestehens wiederholt beobachtet wurde, eingehender zu studieren¹.

Die ersten Aufnahmen des Linthdeltas

Am 8. Mai 1811 war mit dem Bau des später nach seinem Erbauer benannten Escherkanals die erste Phase der Linthkorrektur mit der Einleitung der Glarner Linth in den Walensee vollendet.

Schon 1849 war das Interesse an der Entwicklung des neuen Geschiebekegels so gross, dass man in der Verlängerung des Kanals ein etwa 500 m langes Profil auslotete (Bild 1).

1860 nahm der Zürcher Ingenieur A. Bürkli im Auftrag der Eidg. Linthkommission 16 Profile des Linthdeltas auf und erstellte einen Kurvenplan; zwei Hauptprofile wurden 1867 nochmals aufgenommen (Bild 1).

Auf Anregung des damaligen Geologieprofessors Albert Heim nahm die Landeshydrographie 1911 unter der Leitung von W. Stumpf eine Neuvermessung in Angriff, welche den Genauigkeitsansprüchen für eine künftige Volumenbestimmung genügen sollte (Collet und Stumpf, 1916): Auf 2,83 km² wurden jeweils entlang eines quer über den See gespannten Drahtes im Abstand von 50 m insgesamt 55 Nord/Süd-Profile mit dem Drahtlot aufgenommen. Mit 9640 Einzellotungen konnte eine detailreiche Karte mit 1-m-Höhenkurven erstellt werden (Bild 2).

20 Jahre danach kartierte das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft dieselbe Fläche nach der gleichen Lotungsmethode (Mitteilung 34, 1939) und berechnete eine Volumenzunahme der Sedimente von 2,4 Mio m³. Die Autoren der Mit-

¹ Die geologisch/sedimentologischen Aspekte dieser Arbeit werden in den «Eclogae geologicae Helvetiae», Vol. 73/3 (1980) ausführlicher besprochen.

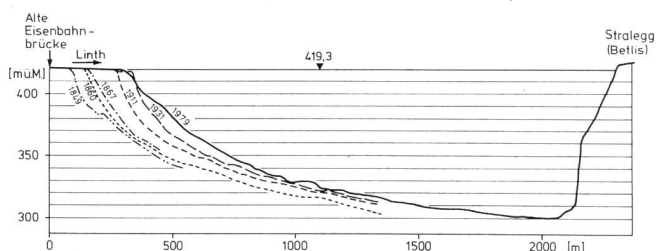


Bild 1. Wachstum des Linthdeltas (1849–1979) im See-Querschnitt Linthmündung–Betlis (Verlängerung des Escherkanals).

teilung mussten jedoch bemerken, dass sich die Ablagerungen «weit über das «alte» Aufnahmegebiet von 1860, sogar noch über das «neue» von 1911 und 1931 hinaus» erstrecken. *Albert Heim* hatte also die Situation klar erkannt, als er die Aufnahme von 1911 nach Osten bis zur Koordinate 729 400 (Sallerentobel) ausdehnen wollte, was jedoch aus technischen und finanziellen Erwägungen unterblieb.

Im Juni 1979 wurde die Seefläche westlich der Koordinate 730 000 (475 ha) im Auftrag der VAW neu vermessen; damit sollte dieser Mangel behoben sein.

Das Aufnahmeverfahren

Bei dem vom Ingenieurbüro Dr. Schlund (Zürich) entwickelten hydrographischen Vermessungssystem «Explorer» werden digitale Geländemodelle bestimmt, welche analog den Methoden der numerischen Photogrammetrie mit einem adaptierten Satz von Rechenprogrammen ausgewertet werden.

In einem weitgehend automatisierten Messvorgang wird die Position des Schiffes laufend polar bestimmt, d. h. von den Koordinaten einer Landstation ausgehend, anhand von Azimut (Theodolit) und Distanz (Radiowellen) vom Bordcomputer berechnet. Dieser errechnet gleichzeitig aus dem aktuellen Seestand und der kontinuierlich aufgezeichneten Wassertiefe (Ultraschall-Echolot) die Höhe des Seegrundes über Meer. Die Einhaltung des Azimuts auf wenige Dezimeter genau ist durch einen Laserstrahl gewährleistet.

Die ebenfalls rechnergesteuerte Interpolation und Aufzeichnung der Höhenlinien ergibt ein wirklichkeitsnahes Bild des Seebeckens. Die Originalaufnahme auf masshaltigen Cronaflex-Folien ist (wie die Karte von 1931) im Massstab 1:2000 festgehalten.

Linien gleicher Höhenänderung (Isallohypsen)

Für den Vergleich der mit grundsätzlich verschiedenen Vermessungsmethoden durchgeführten Seegrundaufnahmen von 1931 und 1979 wurden Linien gleicher Höhenänderung (Isallohypsen) konstruiert und im Massstab 1:5000 kartiert (Beilage).

In diesem Plan kommt die Verteilung der Ablagerungen deutlich zum Ausdruck, namentlich die Schuttkegel der Linth und – wesentlich bescheidener – des Flibaches. In den delta-fernen Gebieten, wo erwartungsgemäss mit niedrigen Sedimentationsraten zu rechnen ist, sind auch die geringsten Höhenänderungen zu verzeichnen. Negative Werte lassen sich auf Baggerungen zurückführen; nach Angaben der Eidgenössischen Linthverwaltung beläuft sich das Baggergut in der Vergleichsperiode auf über 1 Mio m³ (Vgl. Tabelle 1).

Der Vergleich der beiden Kartierungen führt also generell zu einem vernünftigen Resultat. In den steilen Randzonen

treten jedoch grössere Unterschiede auf, die sich eindeutig auf Messfehler zurückführen lassen, weil selbst dort, wo anstehender Fels das Becken begrenzt, erhebliche Differenzen zu verzeichnen sind; deshalb ist in diesen Randgebieten auf eine Darstellung der Isallohypsen verzichtet worden. Hier zeigen sich die Tücken der hydrographischen Vermessung bei steilem Untergrund: ein kleiner Fehler in der auf See immer heiklen Positionsbestimmung kann bereits mehrere Meter in der Tiefe ausmachen. Bei der Peilung mit Draht und Gewicht kommt hinzu, dass das Lot durch Strömungen aus der Vertikalen gelenkt wird und zudem an Felswänden abrutschen kann. Der mittlere Fehler m_h von Höhenkurven, die anhand von Drahtlotungen interpoliert werden, liegt erfahrungsgemäss (*Hake* und *Lehn*, 1974) in einem Bereich, der sich nach folgender Faustformel in Funktion der Hangneigung α abschätzen lässt:

$$m_h = \pm (0,7 + 25 \tan \alpha)$$

Bei der Vermessungsmethode nach Dr. Schlund ist die Positionsbestimmung wesentlich präziser und die Tiefenlotung nur von der (eichbaren) Ausbreitungsgeschwindigkeit von Ultraschall im Wasser abhängig. Der mittlere Fehler m_h der Höhenkurven in Funktion der Hangneigung α erreicht die Toleranzen der Grundbuchvermessung², das heisst:

$$m_h = \pm (0,3 + 1,5 \tan \alpha)$$

Die Fehler liegen demnach weitgehend bei der Aufnahme von 1931, was in Anbetracht der damals zur Verfügung stehenden Mittel nicht überraschen darf und in keiner Weise den Wert der in dieser Zeit geleisteten Arbeit schmälert.

Das Auflandungsvolumen

Vergegenwärtigt man sich die Grössenordnung der Vermessungsfehler, dann rücken auch berechnete Differenzkubaturen ins rechte Licht: Angaben auf 10 000 oder gar 1000 m³ genau, wie sie in der Literatur gelegentlich anzutreffen sind, täuschen eine auch mit modernen Messmethoden kaum erreichbare Präzision vor.

In Tabelle 1 sind die Differenzkubaturen für die Vergleichsperioden 1911–1931 und 1931–1979 einander gegenübergestellt; die Berechnung beruht in beiden Fällen auf der gleichen Methode (Aufteilung in Querprofile im Abstand von 50 m).

Im Jahresdurchschnitt ergibt sich eine erhöhte Ablagerungsrate für die jüngere Vergleichsperiode. Diese – angesichts der verstärkten Verbauungsaktivität im Einzugsgebiet bemerkenswerte – Zunahme des Feststofftransportes ist offenbar eine Folge der unterschiedlichen Hochwasser-Häufigkeiten: Einzig das Hochwasser von 1922 im Einzugsgebiet der Glarner Linth fällt in die Zeit von 1911–1931. Zwischen 1931 und 1979 ereigneten sich jedoch die zum Teil katastrophalen Hochwasser von 1939 (Flibach), 1944 (Ausbruch des Durnagelbaches), 1953, 1963 und 1977.

Die subaquatische Rinne im Linthdelta

Die Isallohypsenkarte zeigt im Bereich des Linthdeltas eine etwa SW-NE verlaufende, rund 50 m breite Zone mit geringem, z. T. sogar fehlendem Sedimentzuwachs, welche auf dem topographischen Plan als etwa 8 m tiefer *Einschnitt*

Tabelle 1. Volumenzunahme des Linthdeltas im Walensee für die Vergleichsperioden 1911–1931 und 1931–1979.

	1911 – 1931	1931 – 1979
Gemessene Volumenzunahme	2,25 10 ⁶ m ³	5,26 10 ⁶ m ³
Baggergut	0,11 10 ⁶ m ³	1,12 10 ⁶ m ³
Total	2,36 10 ⁶ m ³	6,38 10 ⁶ m ³
Durchschnittliche jährliche Zunahme	0,12 10 ⁶ m ³	0,13 10 ⁶ m ³

² Im Lungern-Stausee bestand die seltene Möglichkeit, nach dieser Methode vermessene Höhenkurven während der Absenkung des Stauspiegels mit photogrammetrisch ausgewerteten Schichtlinien zu vergleichen. Bei einem mittleren Fehler der photogrammetrischen Höhenkurven von $\pm 0,2$ m wurde eine Standard-Abweichung gegenüber den hydrographisch ermittelten Schichtlinien von $\pm 0,3$ m festgestellt.

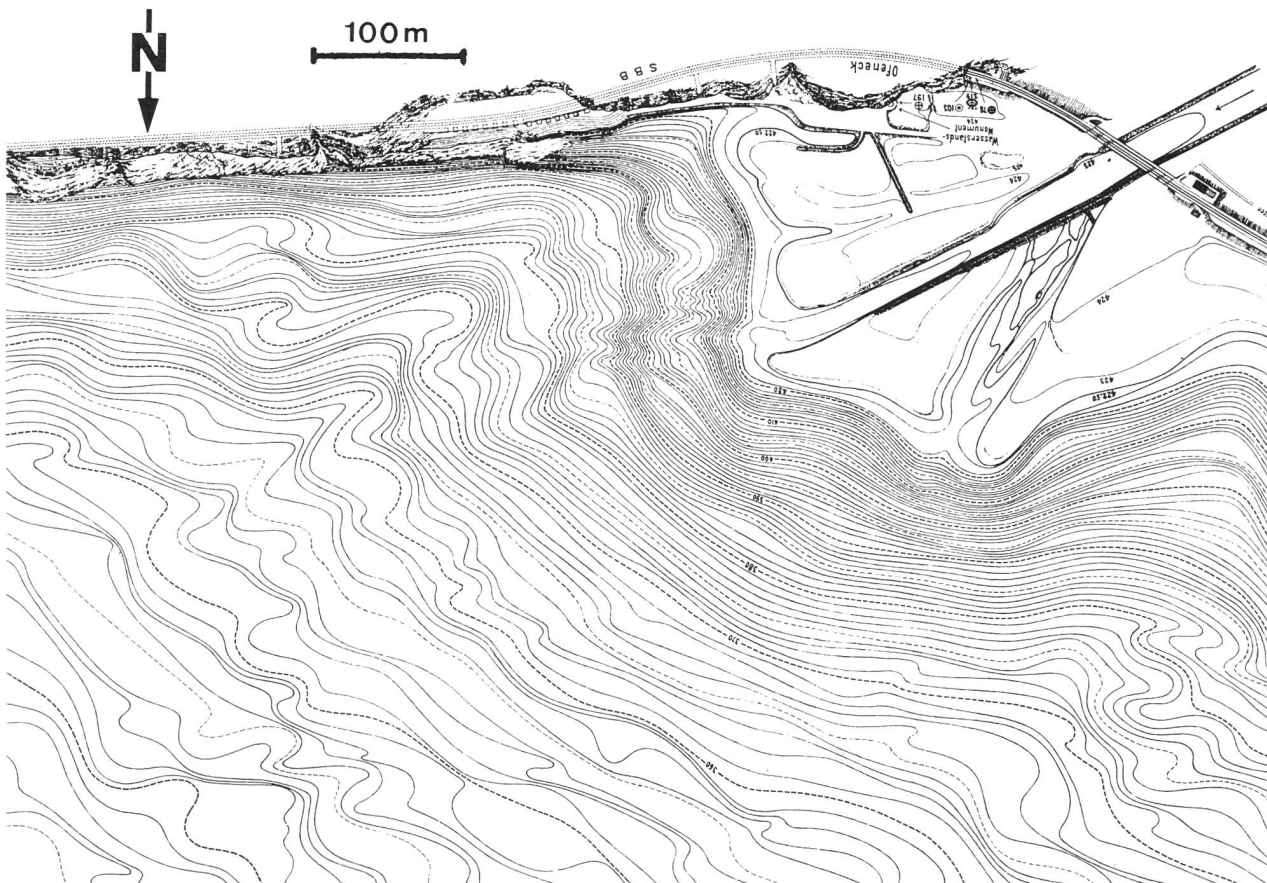


Bild 2. Ausschnitt aus der Seegrundkarte von 1911 (Collet und Stumpf, 1916): Vor der nach Osten mündenden Linth sind am Deltahang subaquatische Rinnen zu erkennen, die West/Ost gerichtet sind. Der nach NNE gerichtete (abgeschnittene) Mündungsarm ist eine Folge des Hochwassers von 1910, als die Linth unmittelbar nach der Eisenbahnbrücke den linken Damm durchbrach.

Bild 3. Luftaufnahme der Linthmündung bei starker Trübung infolge Hochwassers. Die rechtsseitige Ablenkung des Mündungsstrahles ist deutlich zu erkennen. (Aufnahme der Eidg. Landestopographie, 2.6.1978).



im Schuttkegel erscheint. Diese Kerbe war uns von einzelnen Echolot-Profilen her bereits bekannt (Lambert 1978, Fig. 8). Strömungsmessungen innerhalb dieser Rinne (Lambert et al. 1976; Lambert 1979) zeigten, dass sich die Linth bei Hochwasser als Suspensions-Dichtestrom grundnah einschichtet und dabei dieser Vertiefung folgt. Die gemessenen Geschwindigkeiten (bis 50 cm/s) lassen den Schluss zu, dass die Erosionswirkung solcher Trübe-ströme an der Entstehung und Erhaltung dieser Rinne massgeblich beteiligt ist.

Entgegen unserer Vermutung verläuft die Rinne nicht als geradlinige Fortsetzung der kanalisierten Linth sondern etwa 100 m östlich. Wir sehen darin einen kausalen Zusammenhang mit der Tendenz der Linth in östlicher Richtung in den See zu münden, wie dies bereits aus der See-grundaufnahme von 1911 hervorgeht (Bild 2): in der Ein-mündungsrichtung, also W-E, ist eine Einkerbung ange-deutet, welche offenbar ein Frühstadium – *Collet* (1916) sprach von «embryon de ravin sous-lacustre» – der ge-genwärtig markant ausgeprägten Rinne darstellt.

Die Ablenkung des Mündungsstrahles nach Osten kann bei Hochwasser gut beobachtet werden und ist auf zahlrei-chen Flugaufnahmen dokumentiert (Bild 3). Die Frage, ob diese Richtungsänderung auf natürliche Ursachen (z. B. Coriolis-Effekt) oder auf eine künstliche Beeinflussung (z. B. Baggerung im Mündungsgebiet) zurückzuführen ist, kann aufgrund unserer bisherigen Kenntnisse nicht schlüssig beantwortet werden. Es zeigt sich jedoch, dass eine sorgfältig durchgeführte Seegrundaufnahme – abge-sehen von der rein topographischen Information – wesent-liche Grundlagen für die Lösung derartiger Probleme schaffen kann.

Literatur

Collet, L.-W. und Stumpf, W. (1916): 1. Le charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse, 2. Methode der Deltavermessungen der Abtei-lung für Wasserwirtschaft. Annalen Schweiz. Landeshydrographie, Band II.

Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft (1939): Deltaufnahmen. Mitt. Nr. 34 des Amtes für Wasserwirtschaft.

Hake, G. und Lehn, H. (1974): Tiefenmessung im Bodensee IV. Vergleich der Tiefenmessungen von 1893 und 1966/69 für den Bereich der nördlichen Unterseebecken. Schr. Verein für Geschichte des Bodensees und seiner Umge-bung 92, 289–292.

Jäckli, H. (1958): Der rezente Abtrag der Alpen im Spiegel der Vorlandsedi-mentation. «Eclogae geol. Helv.» 51/2, 354–365.

Lambert, A. M., Kelts, K. R. und Marshall, N. F. (1976): Measurements of den-sity underflows from Walensee, Switzerland. «Sedimentology» 23, 87–105.

Lambert, A.M. (1978): Eintrag, Transport und Ablagerung von Feststoffen im Walensee. «Eclogae geol. Helv.» 71/1, 35–52.

Lambert, A.M. (1979): Starke Bodenströmungen im Walensee – Eine Auswir-kung des Hochwassers vom 31.7./1.8.1977 in der Zentralschweiz. «Wasser, Energie, Luft – Eau, énergie, air» 71/3, 50–53.

Adresse des Verfassers: André Lambert, Dr. sc. nat., Versuchsanstalt für Was-serbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidg. Technischen Hochschule Zü-richt, Gloriastrasse 37–39, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Perizia concernente i diritti acquisiti

Testo comunicato dell'Ufficio federale dell'economia delle acque

L'articolo 43 della legge federale del 22 dicembre 1916 su-l'utilizzazione delle forze idriche stabilisce che, colla con-cessione, il concessionario acquista, nei limiti dell'atto di concessione, il diritto all'utilizzazione del corso d'acqua. Questo diritto, una volta concesso, può essere revocato o ridotto solo per motivi di pubblica utilità e verso piena in-dennità. Lo stesso concetto di diritto acquisito appare pure in altri campi.

Quale servizio competente della Confederazione per le questioni d'utilizzazione delle forze idriche, l'Ufficio fede-rale dell'economia delle acque, applicando le leggi esi-stenti o preparandone delle nuove, incontrò, soprattutto negli ultimi anni, una certa insicurezza generale circa il contenuto e la portata della nozione di «diritto acquisito». Per questa ragione le autorità federali hanno deciso di far esaminare i problemi riguardanti i diritti acquisiti, in modo completo ed indipendente dalle vigenti opinioni. Il Dott. W. Dubach, che fu giudice federale ed è esperto in materia di diritto pubblico, è stato incaricato di redigere una rela-zione in merito, che fu terminata verso la fine dello scorso anno.

I risultati della sua relazione sono stati da lui riassunti alla fine di questa nelle seguenti 16 proposizioni:

1. Il termine «diritti acquisiti» indica, conformemente alla *giurisprudenza del Tribunale federale*, diritti patrimoniali soggettivi di natura pubblica spettanti a privati nei con-fronti dell'Ente pubblico. Essi nascono tramite *atto indivi-duale*, perlopiù per contratto o concordanza delle volontà affine a contratto, ed il loro contenuto è caratterizzato dalla *garanzia di precisi vantaggi*, determinanti per la di-sponibilità del privato ad assumere *rischi* particolari.

2. Una caratteristica essenziale dei «diritti acquisiti» è la *intensa necessità di protezione*. Essa non si estende tutta-via all'insieme dei rapporti giuridici, ma si limita a quelli la cui protezione riveste particolare importanza.

Il criterio di distinzione dei diritti acquisiti è costituito da *giudizi di valore*.

Ciò spiega l'impossibilità di definire i «diritti acquisiti» in base a criteri puramente oggettivi.

3. Secondo la giurisprudenza i «diritti acquisiti» godono nei confronti dell'Ente pubblico di uno statuto giuridico privilegiato rispetto a quello di altre figure giuridiche, in quanto essi fruiscono di una protezione particolare. Una base legale e motivi di utilità pubblica sono la premessa per operare ingerenze. Queste comportano un *diritto al-l'indennizzo* in via di principio, e non solo in caso di espro-priazione materiale.

4. Le *ingerenze* in questione vanno intese come modifica-zioni apportate per iniziativa dell'Ente pubblico nel conte-nuto, garantito, della situazione giuridica del privato, e che si rivelano di pregiudizio per quest'ultimo e per il suo pa-trimonio.

5. Nella sola persona del privato interlocutore dell'Ente pubblico nasce un *diritto all'indennizzo* dovuto alla lesione di «diritti acquisiti». La modificazione di un «diritto acqui-sito» che danneggiasse direttamente o indirettamente l'Ente pubblico invece che un privato, non comporterebbe un diritto all'indennizzo.

6. *Tenuto all'indennizzo* è l'Ente pubblico, cui incombe l'esecuzione della legge, riservato il caso dell'espropria-zione formale, in cui la corresponsione dell'indennizzo spetta all'espropriante.