

Zeitschrift:	Botanica Helvetica
Herausgeber:	Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band:	101 (1991)
Heft:	1
Artikel:	Ein Baumgrenzstandort : das Wildwasserbett der Maggia im Tessin, Schweiz : eine dendroökologische Studie
Autor:	Bayard, M. / Schweingruber, F.H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-70300

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: 09.01.2026

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

Ein Baumgrenzstandort: Das Wildwasserbett der Maggia im Tessin, Schweiz. Eine dendroökologische Studie

M. Bayard und F. H. Schweingruber

Botanisches Institut der Universität Basel, Schönbeinstraße 6, CH-4056 Basel, Schweiz
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 8903 Birmensdorf, Schweiz

Manuskript angenommen am 26. September 1990

Abstract

Bayard, M. and Schweingruber, F. H. 1991. Trees at their limit on the riverbed of the Maggia in the Canton of Tessin, Switzerland: A dendroecological study. *Bot. Helv.* 101: 9–28.

A study was conducted in the natural riverbed of the Maggia near Cevio and Giu-maglio in the Canton of Tessin. The course of the river had not been deliberately altered by man. The riparian vegetation dynamics were reconstructed from records of yearly maximum river flow, seven aerial photographs taken since 1935, observations on soil profiles, scars on the stems of trees, the presence of tension wood, and the shapes and ages of trees and shrubs growing along the river. Periodically, floods destroy the tree sites or sedimentation or erosion affect the ecology of the sites. Even though the trees and shrubs are adapted to extreme site conditions, they rarely become older than 20 years. Species characteristics leading to survival are: resistance to long periods of flooding, rapid vegetative regeneration of roots and branches, fast germination of seeds, rapid shoot growth, rapid healing of wounds, and effective compartmentalisation of rot within the tree. *Alnus incana*, *Salix elaeagnos*, and *S. purpurea* are species most likely to survive in the river bed.

Dendrochronologically dated scars and observations on the beginning of tension-wood in the stems are especially useful in assessing the mechanical stress of floods on trees growing in the river bed and along the flood plain.

Key words: Dendrochronology, Riverbed, flood, Alps, Switzerland.

1. Einleitung

Bäume entlang von fließenden Gewässern stehen an Grenzstandorten. Die mechanischen Wirkungen der geschiebeführenden Hochwasser und die wechselnden Grundwasserstände verändern und zerstören Baumstandorte und beeinträchtigen das Wachstum der Pflanzen (Schauer 1984).

Die vorliegende Studie ist eine Zusammenfassung der Diplomarbeit des ersten Autors (aus dem Botanischen Institut der Universität Basel).

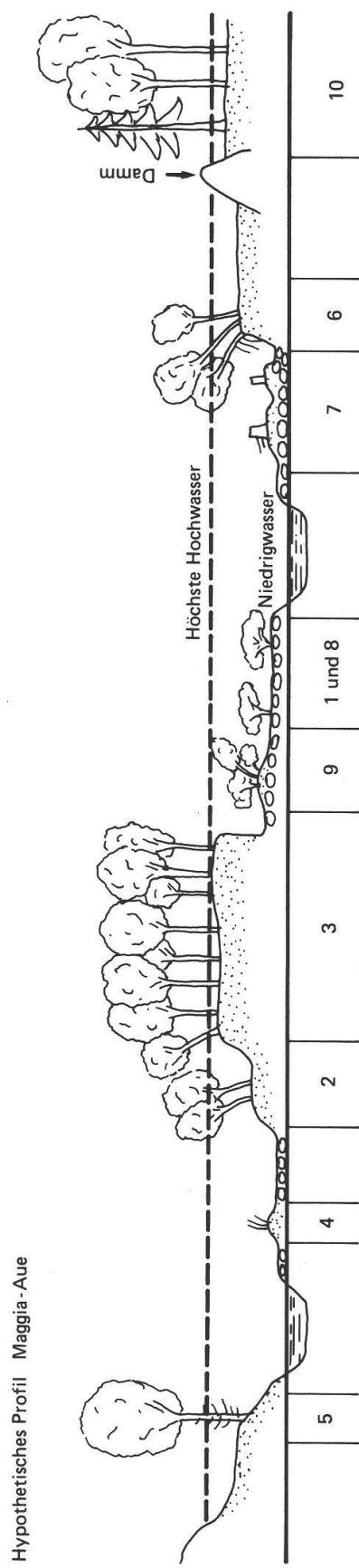


Abb. 1. Die untersuchten Standorte im Flußbett der Maggia. Schematische, auf eine Ebene projizierte Darstellung. HW = Hochwasser, NW = Niedrigwasser.

Standortsmerkmale

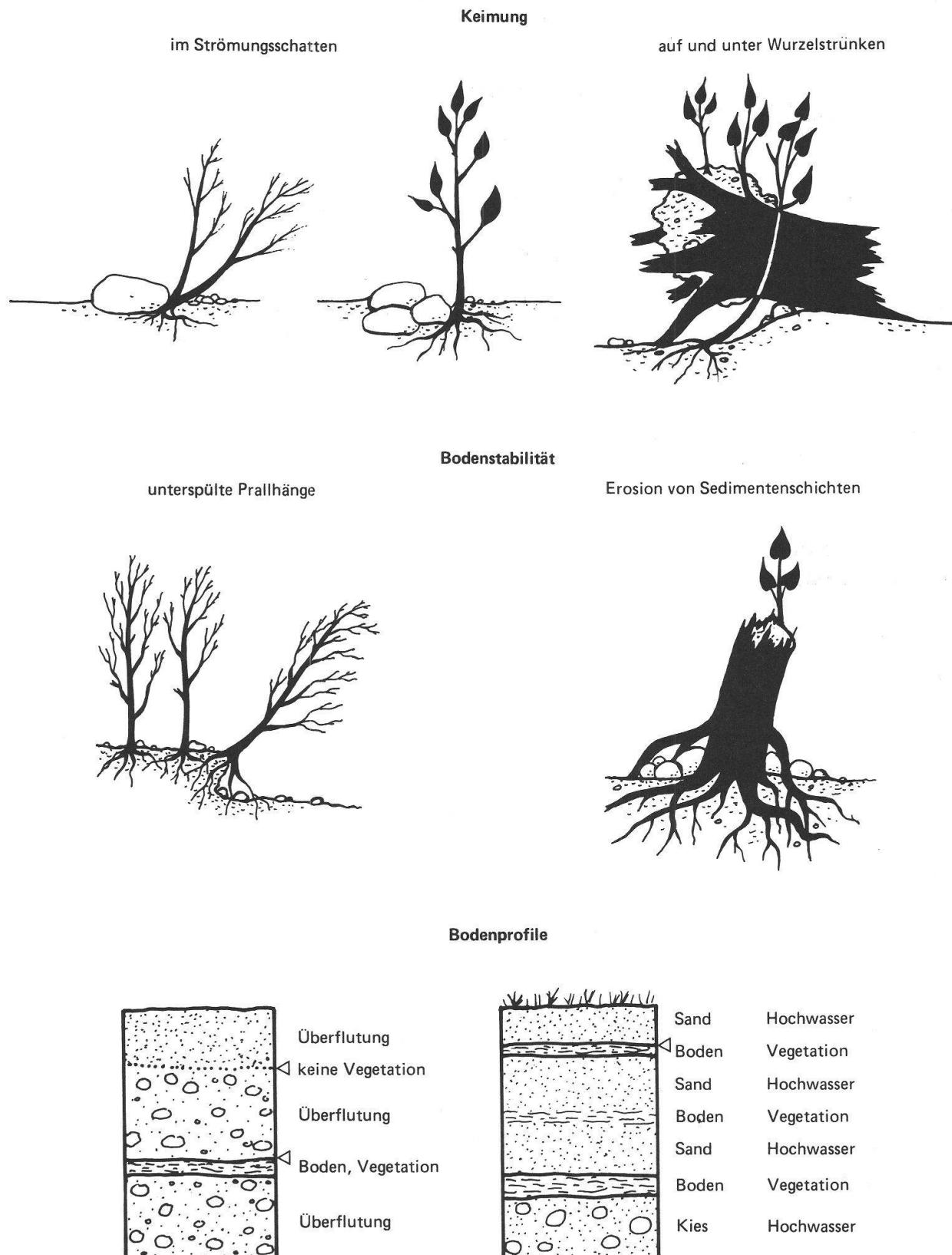
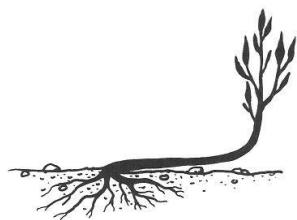


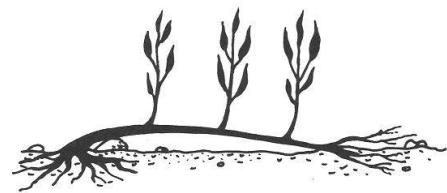
Abb. 2. Wichtige Standortsmerkmale: Keimungsorte von Einzelpflanzen, Stabilität der Wuchsorte und Indikatoren für Überschwemmungen im Bodenprofil.

Baummerkmale

wieder Aufrichten



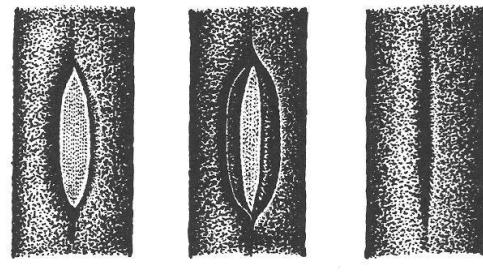
Austrieb schlafender Knospen
und/ oder Neubildung vertikaler Sprosse



Bildung von Adventivwurzeln



Überwallungen von Verletzungen



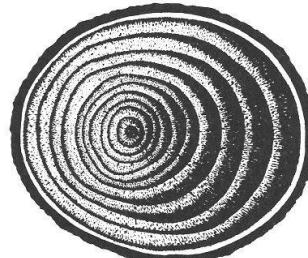
einmalige Verletzung
mehrmalige Verletzung

vollständige, überwallte Verletzung

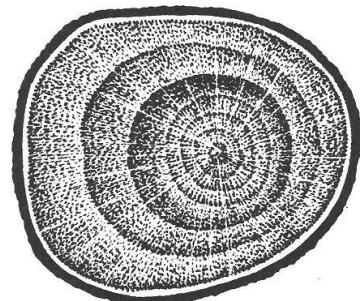
Abgrenzung der Fäuleherde
= Kompartimentierung



Bildung von Reaktionsholz
Druckholz in Nadelbäumen



Zugholz in Laubbäumen



Abrupte Zuwachsverminderung nach
starker Verletzung der Baumkrone

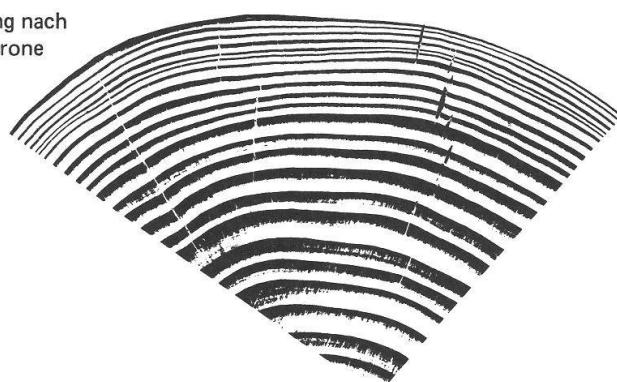


Abb. 3. Wichtige Merkmale an mehrjährigen Holzpflanzen: Lage der oberirdischen Sprosse, Adventivwurzeln, überwallte Verletzungen und Zugholzbildung in Stämmen der Laubgehölze.

Bisher sind in der dendrochronologischen Forschung Bäume als Indikatoren für die ökologische Wirkung von Hochwassern wenig verwendet worden.

Sigafoos 1964 erfaßte am Potomac-River (Washington DC) dendroökologische Merkmale. Everitt (1968) datierte mit Bäumen das Alter von Sedimenten im Flußbett des kleinen Missouri, Harrison und Reid (1967), Hupp (1987), Clark (1987) und Smith (1983) versuchten anhand datierter Stammverletzungen die Häufigkeit von Überschwemmungen festzulegen. Yanosky (1982) stellte die wachstumsbegrenzenden Wirkungen an Bäumen infolge Überschüttung der Standorte fest. Mehrere Autoren, z. B. Gill (1975), Nägeli (1930), Schroder und Butler (1987) und Strunk (1989), studierten die Adventivwurzelbildungen in später aufgetragenen Sedimenten.

Am offensichtlichsten zeigen sich Veränderungen in Flußbetten von Wildwassern, in unserem Falle im Flußbett der Maggia bei Cevio und Giumaglio. Die Studie verfolgt zwei Ziele:

- Es soll ermittelt werden welche einfach und sicher erkennbaren Standorts- und Baummerkmale auf Hochwasserereignisse hinweisen.
- Anhand einiger weniger im heutigen Flußbett erhobenen Standorts- und Baumerkmale sowie sieben Luftbildern ab 1933 soll die Wirkung der Hochwasser für die letzten 55 Jahre nachgewiesen werden.

2. Material und Methoden

Im noch weitgehend natürlichen Flußbett des Wildwassers Maggia bei Giumaglio und Cevio, Kanton Tessin, wurden an zehn Standorten, die den Hochwassern unterschiedlich ausgesetzt sind, vorwiegend Grauerlen (*Alnus incana*) und Weiden (*Salix elaeagnos*, *Salix purpurea*) untersucht.

Die Standorte sind schematisch in Abb. 1 dargestellt. Um den Aspekt der Flußaue und die Gestalt der Bäume an zehn Standorten zu charakterisieren, wurden folgende Daten erhoben:

- Maximale jährliche Abfluß spitzen der Maggia (Hydrologische Jahrbücher der Schweiz 1961–1987).
- Veränderungen der Flußaue seit 1933 anhand von sieben Luftbildern.
- Standortsmerkmale (Abb. 2): Wuchsorte in Beziehung zur Strömung, Bodenstabilität am Wuchs ort einzelner Bäume, Bodenprofile mit Überschwemmungshorizonten.
- Baumerkmale (Abb. 3): Baumhöhe, Belaubungsdichte, Schieflistung, Zugholzbildung, exzentrischer Stammwuchs, tote Bäume, Stammverletzungen, Stammfäulen, Adventivwurzeln, Adventivsprosse.

3. Geschichte der einzelnen Standorte

Im Folgenden wird die Entstehung und Entwicklung einzelner Standorte anhand dendrochronologischer und standeskundlicher Analysen aufgezeichnet. Alle Abbildungen in diesem Kapitel sind mit Nummer 4 bezeichnet.

Sieben Standorte bei Giumaglio

Standort 1: Freistehende Weidengebüsche im Schotterbett. – Kleine Senke im Flußbett mit sandigem Initialboden. Im Sommer ist der Standort sehr trocken (*Artemisia campestris*, *Echium vulgare*). Es wird regelmäßig von Hochwassern überflutet. Die heute 20jährigen Weiden (*Salix elaeagnos*, *Salix purpurea*) weisen Verletzungen ab 1978 auf. 1973 war der jetzige Bestand dicht (Luftbild) und von mehreren vorgelagerten Auenwäldern von der Strömung geschützt. Das jüngste Sediment wurde 1975 aufgetragen.

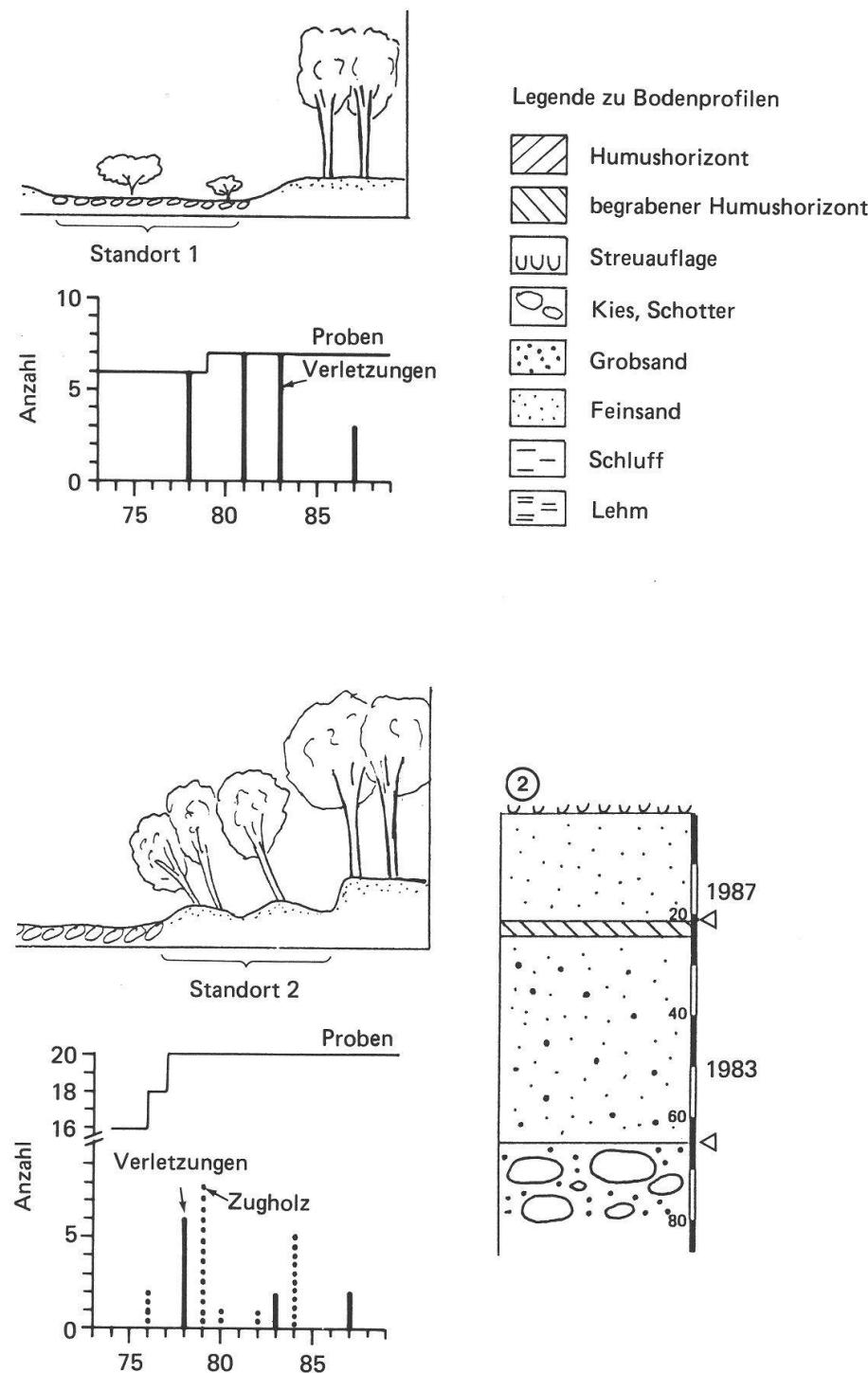
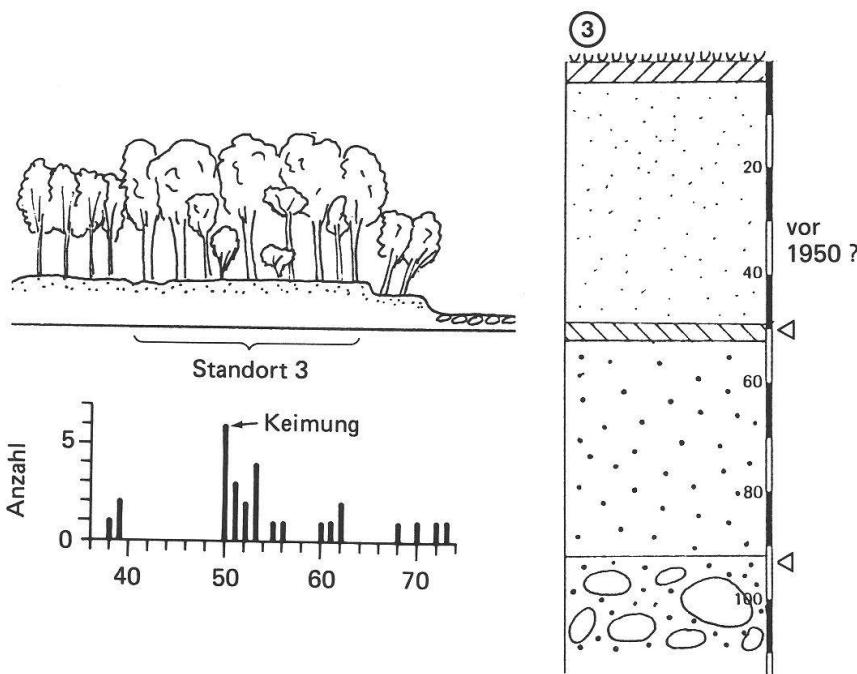


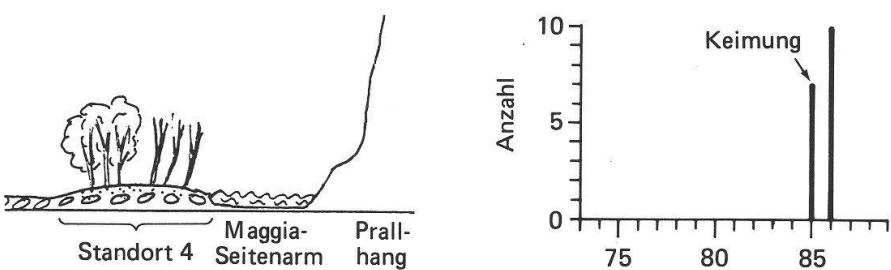
Abb. 4. Standortscharakteristika und dendrochronologische Ergebnisse. Jeder untersuchte Standort ist mit drei Darstellungen dokumentiert:

- einer schematischen Darstellung des Wuchsortes der Gehölze. Das Niveau der Hoch- und Niederrwasser ist in Abb. 1 eingezeichnet;
- einem Histogramm der Verletzungs- und Zugholzhäufigkeiten. Vermutlich entspricht die Häufigkeit dieser Erscheinungen der mechanischen Intensität des Hochwassers;
- einem Bodenprofil mit eingezeichneten Überschwemmungshorizonten (Dreiecke). Sie sind erkennbar anhand der Korngrößenwechsel in den Sedimenten und überschütteten bräunlichen Bodenhorizonten.

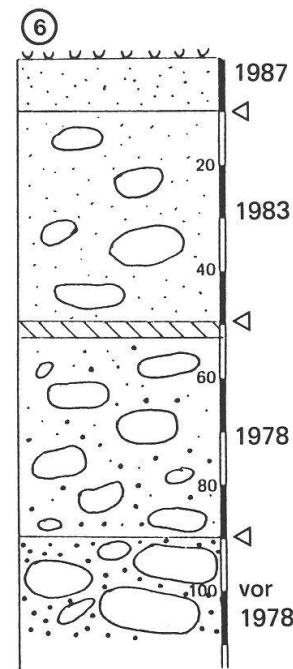
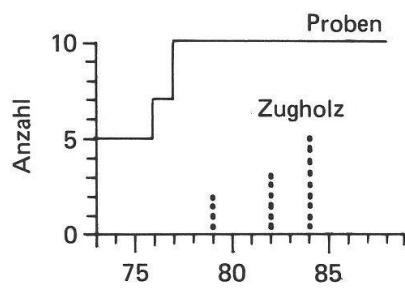
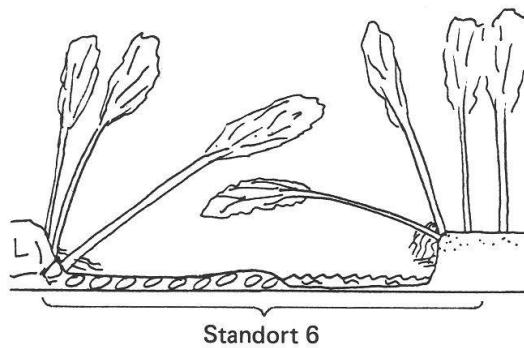
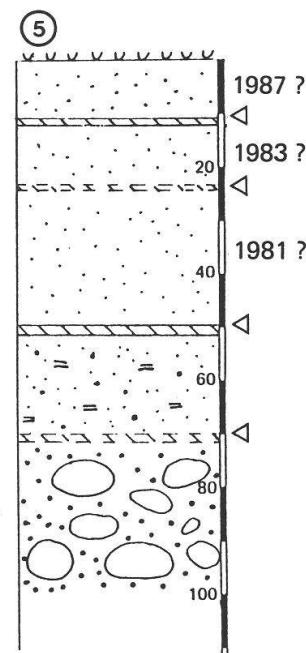
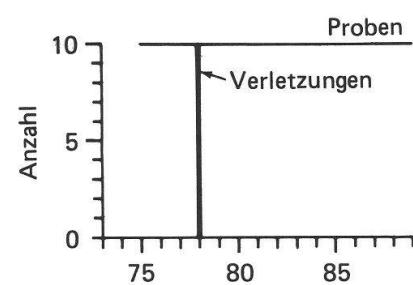
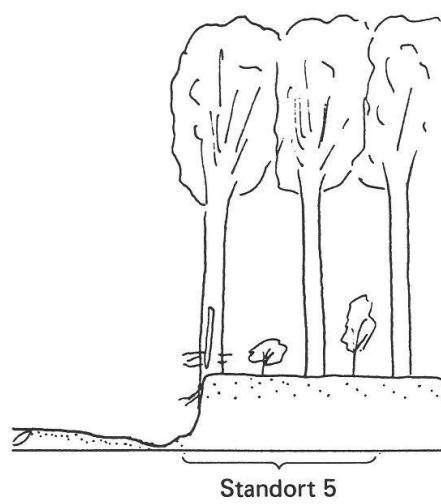
Standort 2: Erlensaum auf einer Sandbank. – Der schmale Saum von zwei bis drei Meter hohen Erlen stockt auf kleinen Wällen. Die Bodenvegetation wurde 1987 von Sand überdeckt. Der dichte Bestand befindet sich im Lee der Strömung und die Bäume weisen daher wenig Verletzungen auf. Die Gehölze wurden beim Hochwasser 1979 und 1984 schief gestellt. Sie bildeten in den Folgejahren Zugholz. Datierbare Adventivwurzeln belegen, daß der Bestand 1983 von Sedimenten überdeckt worden ist.

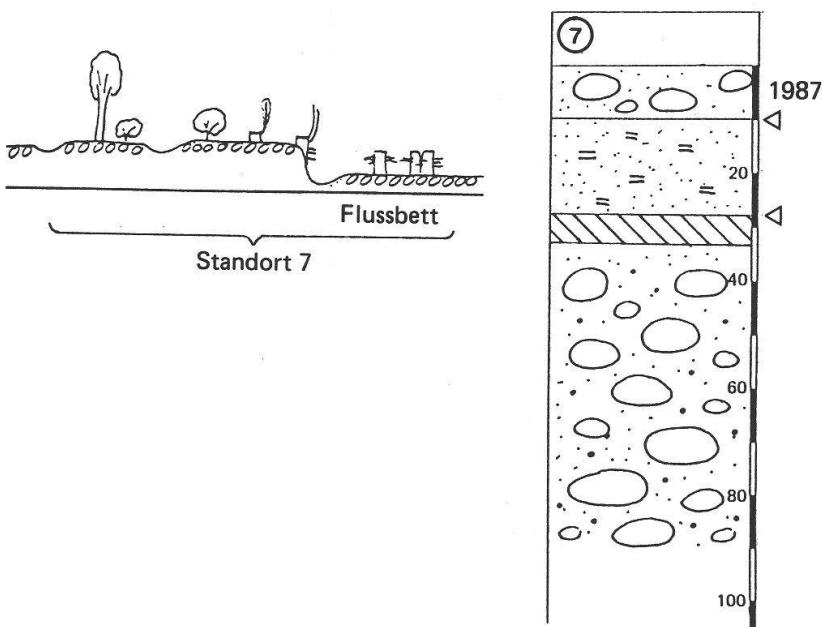


Standort 3: Hartholzaue. – Die Insel befindet sich ungefähr einen Meter über dem Niedrigwasser. Sie ist von einem dichten Baum-/Strauchbestand bewachsen (*Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Impatiens parviflora*, *Aegopodium podagraria*, u. a. m.). Der Bestand ist bereits auf der Siegfriedkarte von 1873 eingetragen. Anhand der Luftbilder von 1933 und 1944 ist ersichtlich, daß die Insel landwirtschaftlich genutzt wurde. Zeugen davon sind zerfallene Trockenmauern. Der Baumbestand entwickelte sich vor allem ab 1950. In 50 cm und 90 cm Tiefe befinden sich alte, nicht datierbare Überschwemmungs-horizonte (Wechsel in den Korngrößen, Boden).



Standort 4: Grauerlengebüsch auf einer Sandbank im alten Flussbett. – Der Standort befindet sich 30–40 cm über dem Niedrigwasserspiegel. Die Bäume keimten auf den Sedimenten der Hochwasser von 1983. Eine Keimung war nur möglich, weil von 1984 bis 1986 keine höheren Hochwasser auftraten. Die Hochwasser vom 8. Juli und 25. August 1987 legten die Stämmchen nieder und verletzten sie. Die tiefer im Flussbett gewachsenen Pflanzen sind abgestorben, vermutlich wegen des langandauernden, hohen Wasserstandes und der starken Rindenverletzungen.





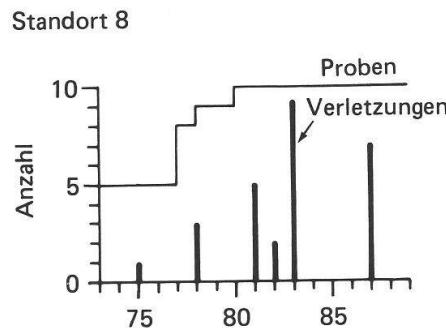
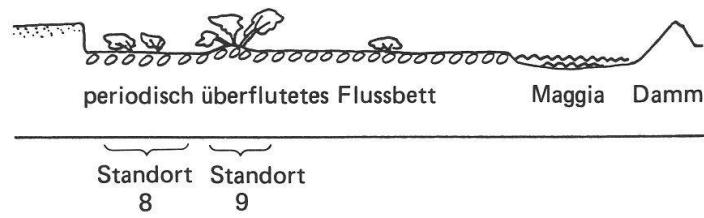
Standort 5: Älterer Grauerlenwald auf dicker Sandbank am Prallhang des heutigen Hauptbettes der Maggia. – Viele Bäume an der Prallhangkante weisen Verletzungen des Hochwassers von 1978 auf. Vor 1987 waren sie durch den vorgelagerten Bestand, danach durch große Treibgutansammlungen geschützt. Verletzungen von 1975, 1981 und 1983 in größeren Stammhöhen dürften durch fallende Nachbarbäume entstanden sein (diese sind nicht im Diagramm eingetragen). Die Erlen bildeten viele horizontale Adventivwurzeln aus den Überwallungswülsten von 1978 im strömungsseitig angelagerten Treibgut. Im Bodenprofil sind vier nicht genau datierbare Überschwemmungshorizonte erkennbar.

Standort 6: Junger Grauerlenbestand auf dicker Sandbank an einem Seitenarm der Maggia. – Periodisch überschwemmter, 1975 und 1977 begründeter, instabiler Grauerlenbestand mit unterspülten Waldsäumen. Die Randbäume wurden ab 1987 schiefgestellt. Sie bildeten danach Zugholz und exzentrische Stämme aus. Ab 1978 entwickelten sich im aufgelagerten Sediment Adventivwurzeln. Die abgebildeten Adventivwurzeln entstanden in den Aufschüttungen der Hochwasser von 1978 und 1983. 1987 wurden sie freigespült. Damit lassen sich drei Überschwemmungshorizonte datieren.

Standort 7: Zerstörter Erlenwald im Flußbett. – Vereinzelte Strünke älterer Bäume befinden sich im Hauptbett der Maggia. Aufgrund des Luftbildes muß das Hochwasser den Bestand 1983 zerstört haben. Verletzungen des Hochwassers 1983 sind keine vorhanden, wohl jedoch solche von 1987. Die Adventivsprosse entstanden 1985 und 1986 nachdem die freigespülten Stämme für Brennholzzwecke abgesägt worden sind. Eine Beziehung zu den im Bodenprofil erkennbaren Überschwemmungshorizonten ist nicht möglich, da einige ehemalige Sedimentauflagen erodiert sind.

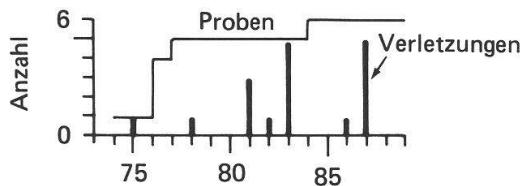
Drei Standorte in Cevio

Standort 8: Freistehende, niederliegende Weiden im Flußbett. – Vereinzelte Weiden stocken zwischen größeren Kieseln mitten im Flußbett. Die strömungsgeformten, 7- bis 14jährigen Weiden sind 1,5–2,5 m hoch (*Salix elaeagnos*, *Salix purpurea*). Die Extremsi-

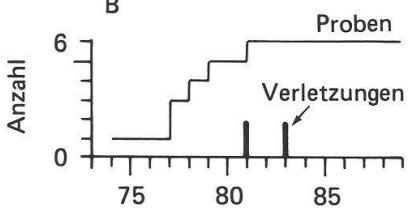


tuation kommt durch die spärliche Belaubung (Trockenstreß im Sommer bei tiefliegendem Wasserspiegel und hoher Einstrahlung), die niederliegende Form, die bis zur Sproßspitze vorhandenen mehrmaligen Verletzungen und die toten Äste zum Ausdruck. Oft bilden sich Adventivsprosse aus den Überwallungswülsten. Sechs Hochwasser sind seit 1974 durch Verletzungen belegt.

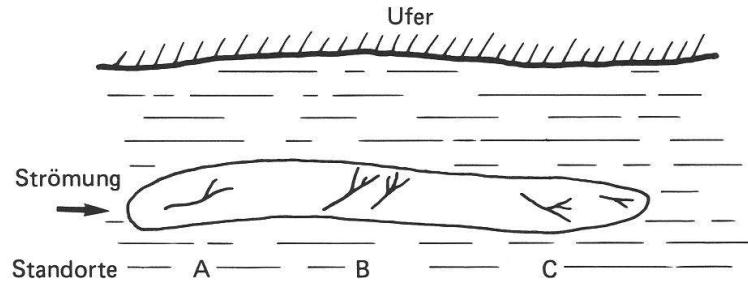
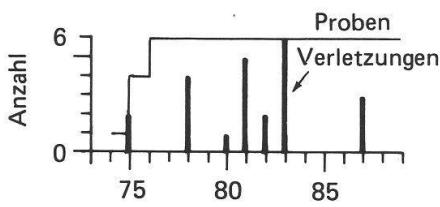
A



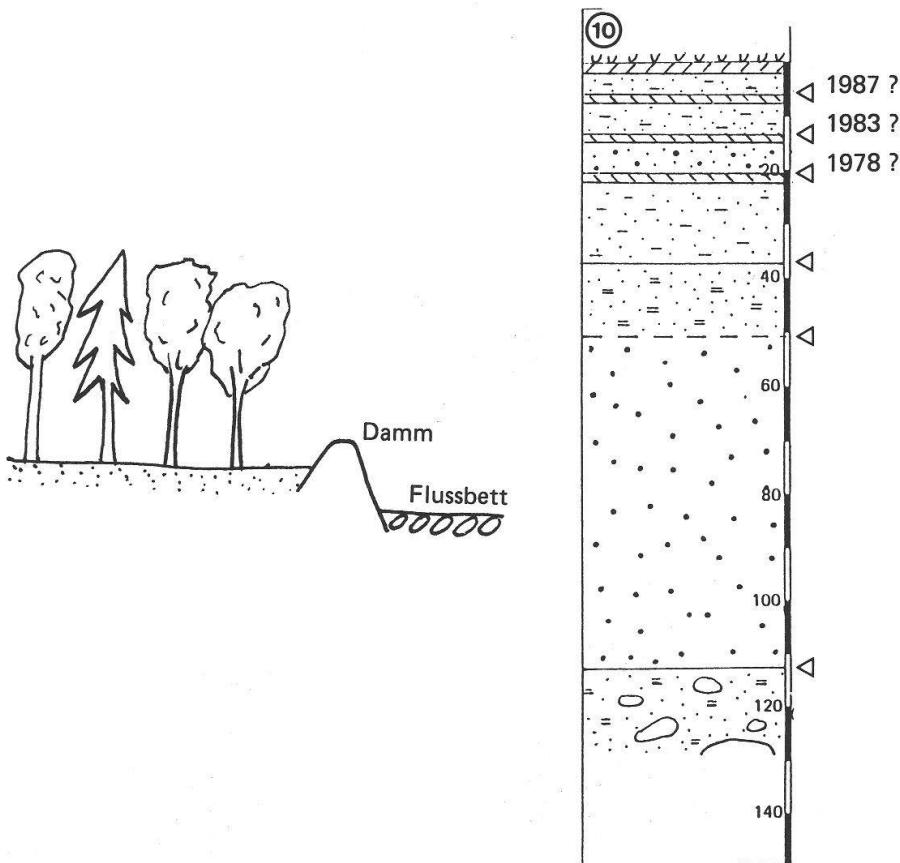
B



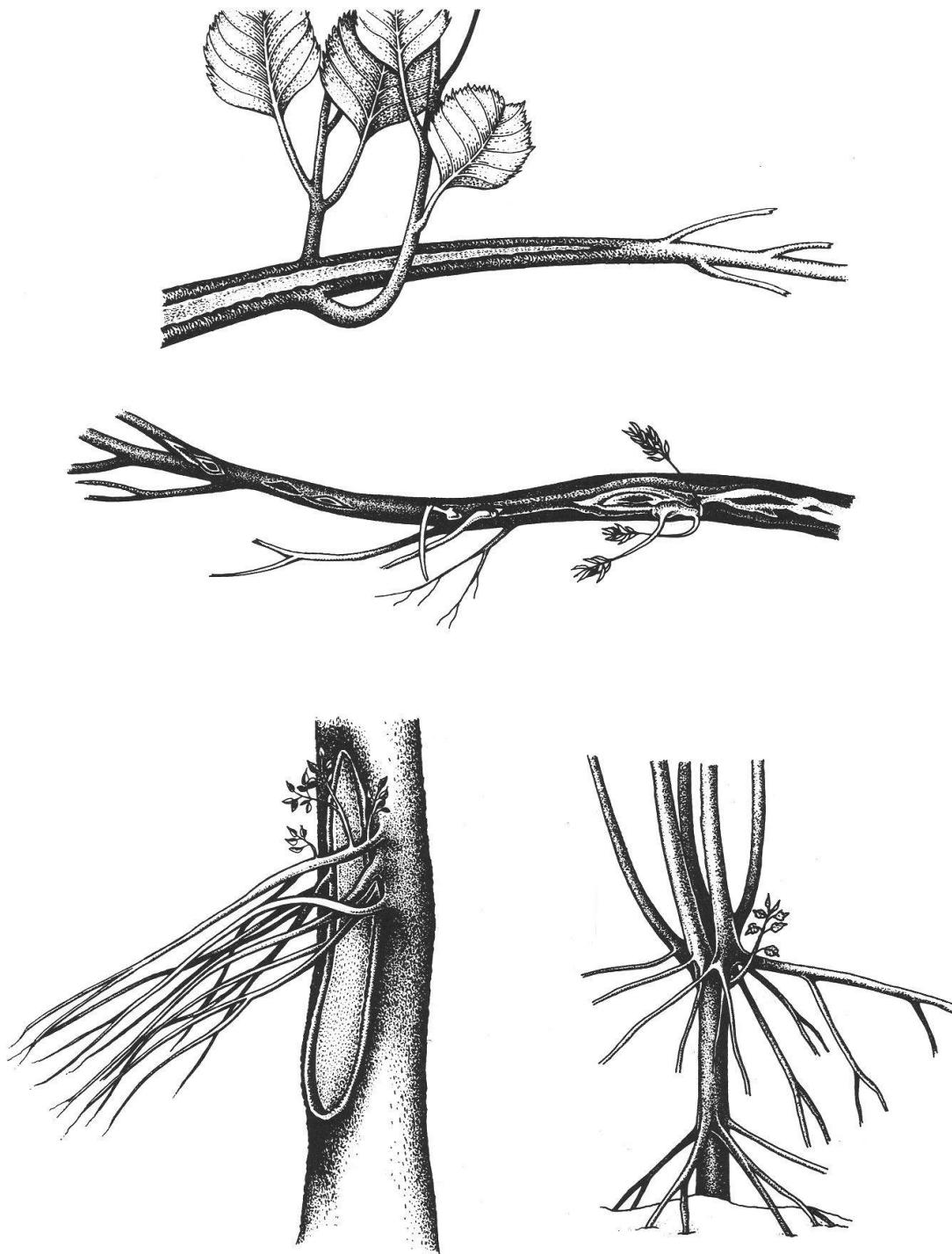
C



Standort 9: Linsenartiger, strömungsparalleler Weidensaum im Flußbett, mit den Probenentnahmestellen A, B und C. – Die stark wechselnden Strömungsverhältnisse innerhalb des Standortes äußern sich durch unterschiedliche Strauchhalter, Schieflstellungen, wechselnde Belaubungs- und Totholzanteile sowie die Häufigkeit von Verletzungen. Standort A und C sind der Strömung sehr stark ausgesetzt, Standort B steht im Strömungsschutz der Weiden des Standortes A.



Standort 10: Mischwaldbestand hinter künstlichem Damm. – Der Hochwald mit einer dichten Baum- und Strauchschicht hat sich nach der Erstellung eines Dammes am Ende des letzten Jahrhunderts entwickelt. Die ältesten Bäume (*Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*) keimten zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Der Bestand wird sporadisch von Hochwassern überflutet – davon zeugen die Sandhorizonte im Bodenprofil – wird aber von der Strömung mechanisch kaum beeinflußt.



4. Landschafts- und Standortsveränderungen im Flußbett

Die Landschaftsveränderungen in der Zeit von 1933–1987

Auf den Luftbildern ist die kurzfristige Dynamik der Auelandschaft erkennbar: Der Verlauf der Gewässerrinnen änderte sich und die Lage der Sand- und Kiesbänke und der Vegetationsdecke wechselten mehrmals. Erosion, Akkumulation und Umschichtung von

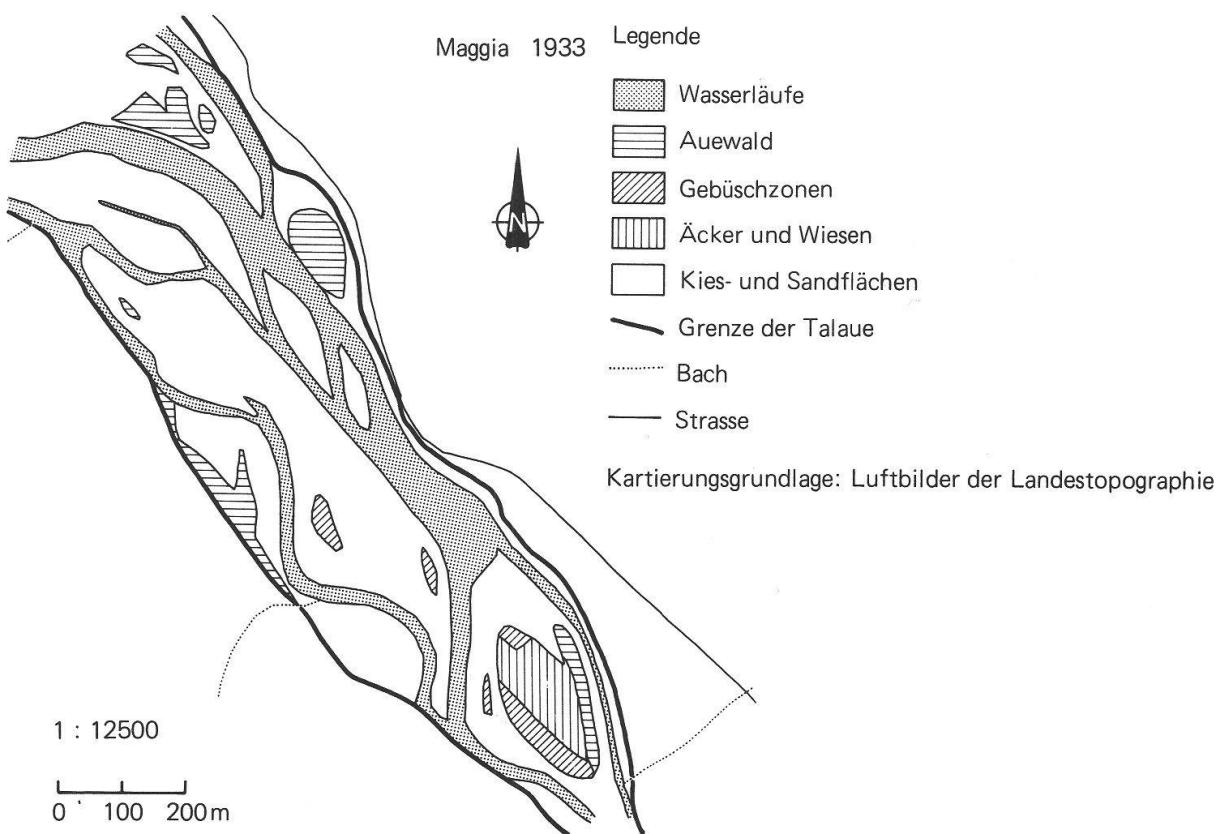
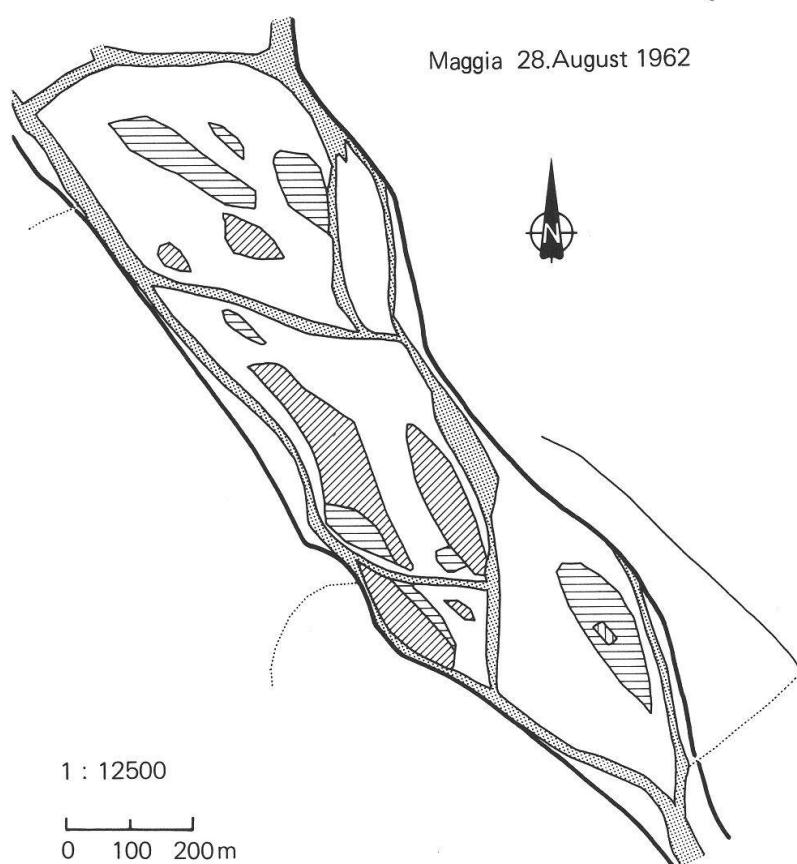
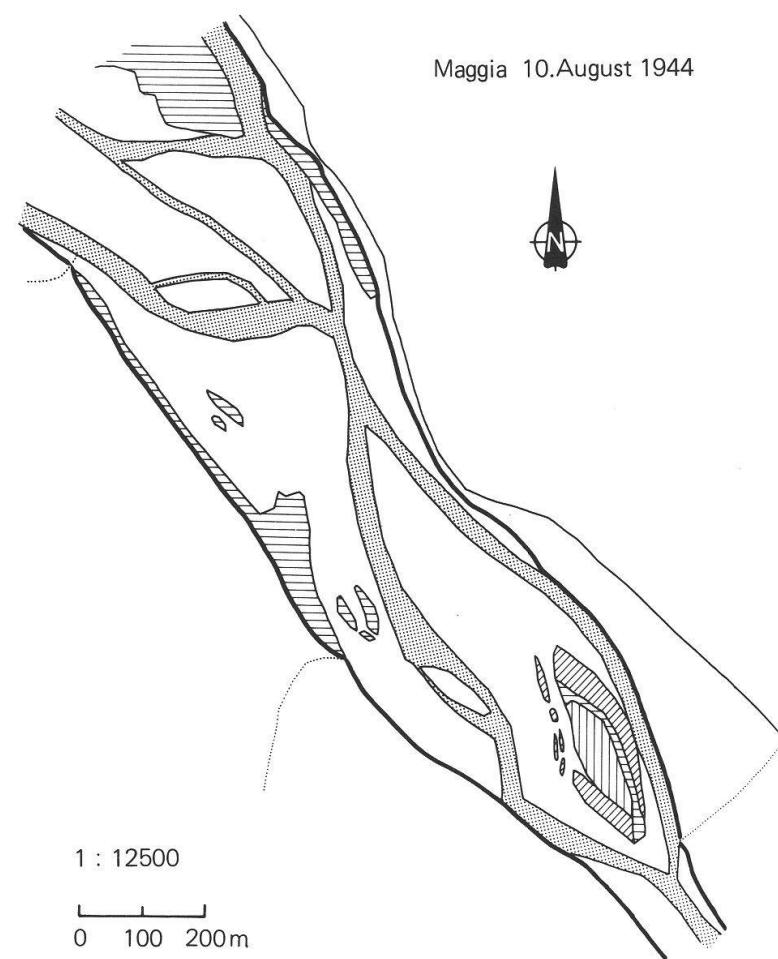


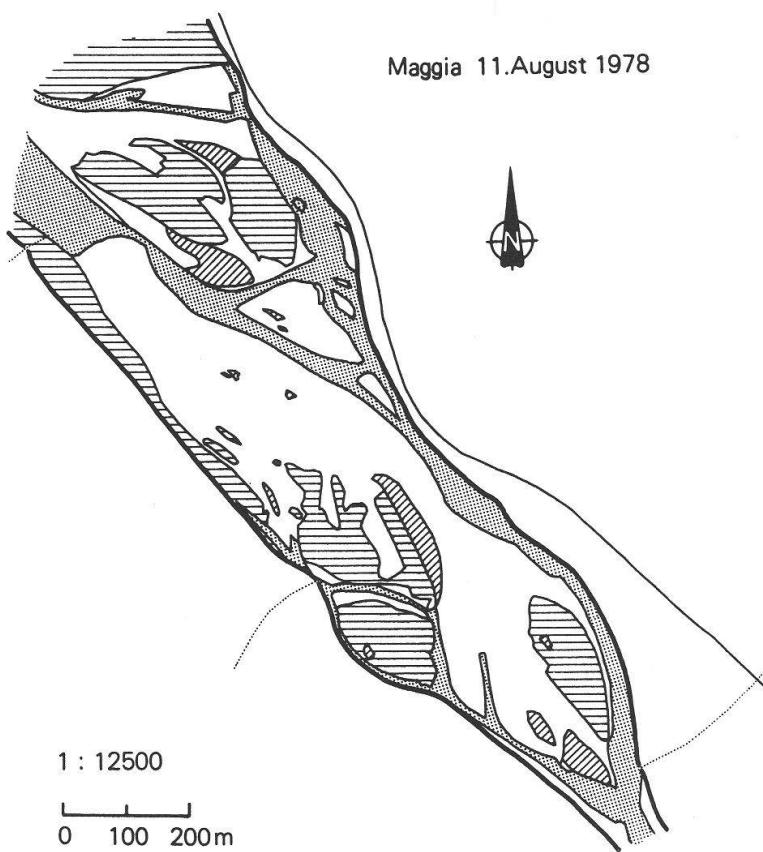
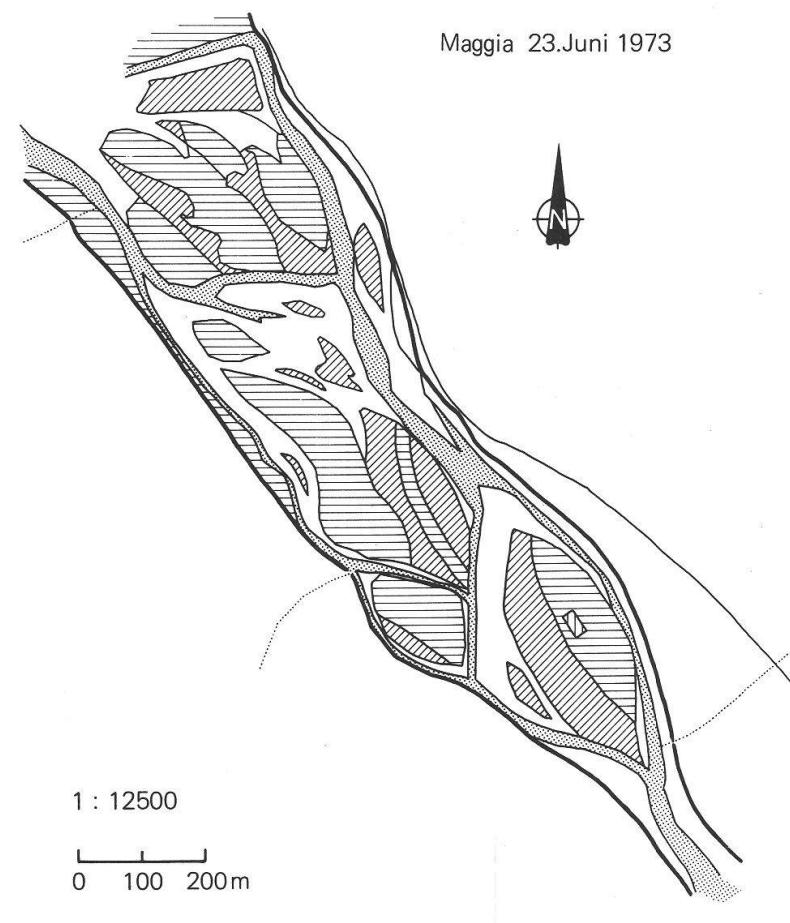
Abb. 5. Morphologisch-vegetationskundliche Zustände im Maggia-Flußbett bei Giumaglio. Gezeichnet anhand von sieben Luftbildern aus dem Zeitraum von 1933 bis 1987. Bemerkenswert ist das stark bewachsene Flussbett im Jahr 1973.

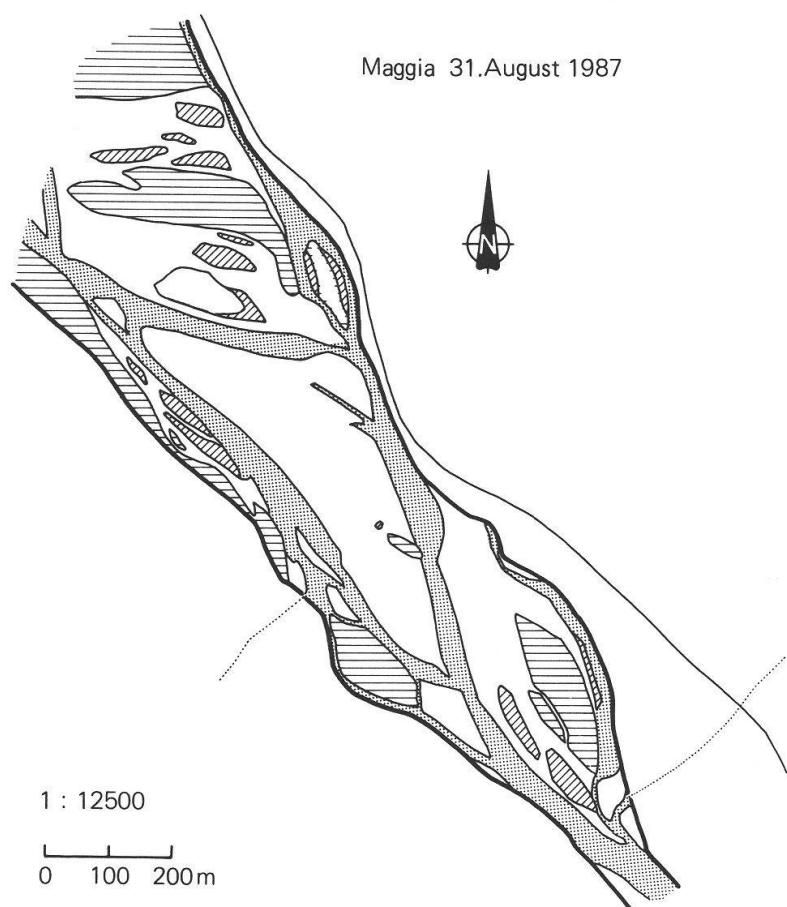
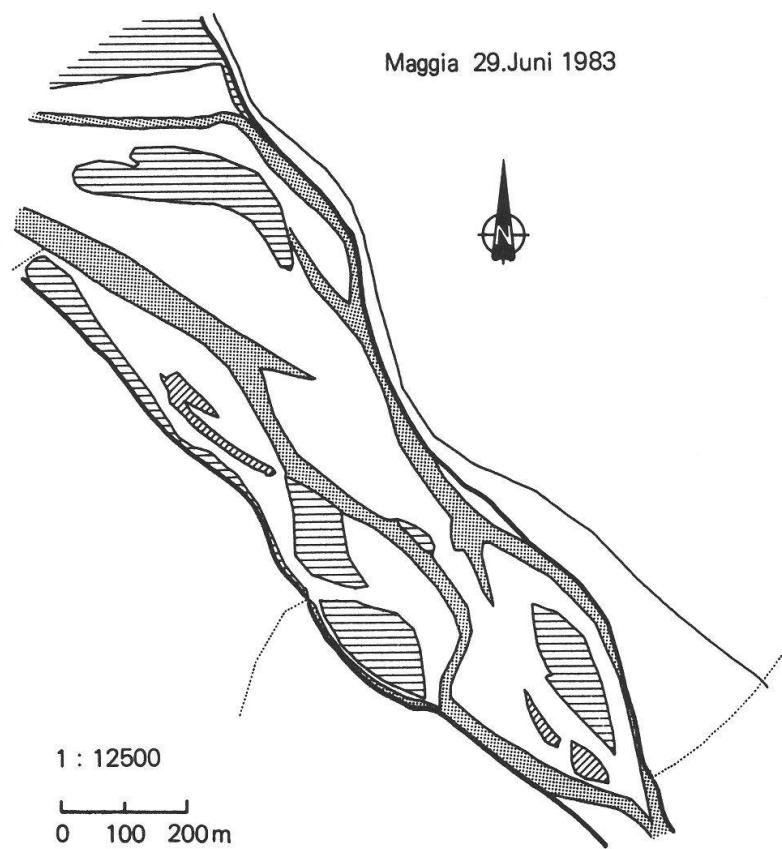
Sedimenten unterschiedlichster Korngröße und Zusammensetzung sind für die Veränderungen der Standortsverhältnisse verantwortlich. Die heutige Topographie im Flussbett der Maggia ist eine Momentaufnahme. Wasserläufe, Schotterflächen-, Gebüsch- und Waldflächenanteile haben in jüngster Zeit mehrmals geändert. Auffallend sind der geringe Anteil begrünter Flächen bis 1944, die intensive Wiederbewaldung bis 1973 und danach wiederum die großen Schotterflächen (Abb. 5).

Veränderung der Gehölzvegetation von 1972–1988

Ein beträchtlicher Teil der Auengehölze ist durch Hochwasserereignisse in wenigen Jahren vollständig verschwunden. Nur noch selten sind die einstigen Waldstandorte und Gebüschzonen erkennbar (Abb. 5). In weiten Bereichen dominiert heute wieder das nackte Kiesbett der Maggia. Vor allem im Prallhangbereich der Flussinseln wird die mit Grauerlen-Auenwald bewachsene Fläche durch Seitenerosion sukzessive verkleinert. Nur an wenigen Stellen, wo der Fluss neue Kies- und Sandbänke aufgeworfen hat, vermochten im gleichen Zeitraum Pioniergehölze hochzukommen. Neu besiedelte Standorte heben sich meist noch kaum vom Flussbettniveau ab. Das erklärt den Umstand, daß gerade an diesen Standorten Verletzungen und Schiefstellungen sehr häufig sind. Im Laufe der Jahre können diese Standorte durch Sedimentationereignisse langsam höher gelegt (Standort 5 und 6) und somit der flächenhaft wirkenden Erosion entzogen werden.







Die Vegetationseinheiten im Jahre 1988 in der Maggia-Aue bei Giumaglio (Abb. 6a, 6b)

Die niedrigen Kies- und Sandbänke sowie die hochwasserexponierten Frontseiten der Flußinseln sind mit Weidengebüschen bewachsen. Meist herrscht die Lavendelweide (*Salix elaeagnos*) vor. Purpurweiden (*Salix purpurea*) und Schwarzpappeln (*Populus nigra*) sind in wechselnden Anteilen beigemischt.

An wenigen Stellen entwickelten sich auf jungen, niedrigen Sandbänken Grauerlengebüsche. Die Grauerle (*Alnus incana*) dominiert in diesen initialen Pioniergehölzen. Der Anteil an Weiden ist gering.

Meist auf etwas höherem Niveau stockt der Grauerlen-Auewald. Er wird von der Grauerle (*Alnus incana*) dominiert. In einigen Flächen ist sie der alleinige Vertreter der Baumschicht. Meist sind ihr aber Silberweiden (*Salix alba*), Lavendelweiden und Schwarzpappeln sowie Eschen (*Fraxinus excelsior*) in geringer Zahl beigemischt. In relativ strömungsgeschützten Lagen kann die Grauerle auch auf tieferem Niveau anstelle von Weidengebüschen hochkommen.

Auf der höchsten Stufe innerhalb der Flußinsel stockt ein lindenreicher Hartholz-Auewald aus Winterlinden (*Tilia cordata*), Stieleichen (*Quercus robur*) und Eschen. Die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) vermochte sich als erfolgreicher Pionierbaum vor allem in der Hartholzaue auszubreiten (Standort 3).

Die Form und Gestalt der Gehölze in Beziehung zu den Hochwassern

Anhand von Schieflistung und Verletzungsintensität der Gehölze lassen sich die von der Überflutung am stärksten betroffenen Zonen erkennen und deren Entstehung datieren. Es sind die der Strömung zugewandten Ufer von Inseln und die Prallhänge. Schieflistungen und Verletzungen von Bäumen, Unterspülungen von Ufern und Einsedimentation von Strauchflächen und Bildung von Erosionsrinnen sind die deutlichsten Merkmale.

Rekonstruktion von Hochwasserereignissen anhand von Verletzungen (Abb. 7)

Zur Datierung von Hochwasserereignissen eignen sich am besten Bäume in stark beeinflußten Flußbettstandorten, in unserem Falle die Standorte 8 und 9 bei Cevio. Die geringen Baumalter gestatten Rekonstruktionen jedoch nur bis etwa 14 Jahre zurück, also bis 1975. Die Abfluß spitzen großer Hochwasser betrugen in den Jahren 1975, 1978, 1981 und 1983 mehr als $600 \text{ m}^3/\text{sec}$. Wie aus Abbildung 7 hervorgeht, ist die Häufigkeit der Verletzungen nicht proportional zu der abfließenden Wassermenge bei Hochwassern. So tragen beispielsweise im Jahre 1983 die meisten Gehölze Verletzungen, obwohl die Wasserausflußmenge nicht extrem hoch war. Dies ist verständlich, denn nicht das Wasser, sondern das mitgeführte Geschiebe verursacht die Verletzungen. Wenn nach hochwasserarmen Jahren, in welchen viel Geschiebe liegen blieb, ein Spitzeneignis eintritt, wird dieses mehr Verletzungen erzeugen als ein solches nach einem kurz vorangegangenen Hochwasser mit geringer Geschiebefracht. Dies war der Fall im Jahre 1987. Es ist ebenfalls wahrscheinlich, daß die Geschwindigkeit des Wassers und die Qualität der Geschiebefracht bei jedem Hochwasser kleinräumig und zeitlich rasch wechselte. Folglich läßt sich anhand der Gehölzmerkmale nicht die Abflußmenge, sondern die Zerstörungskraft der Hochwässer rekonstruieren (Abb. 8).

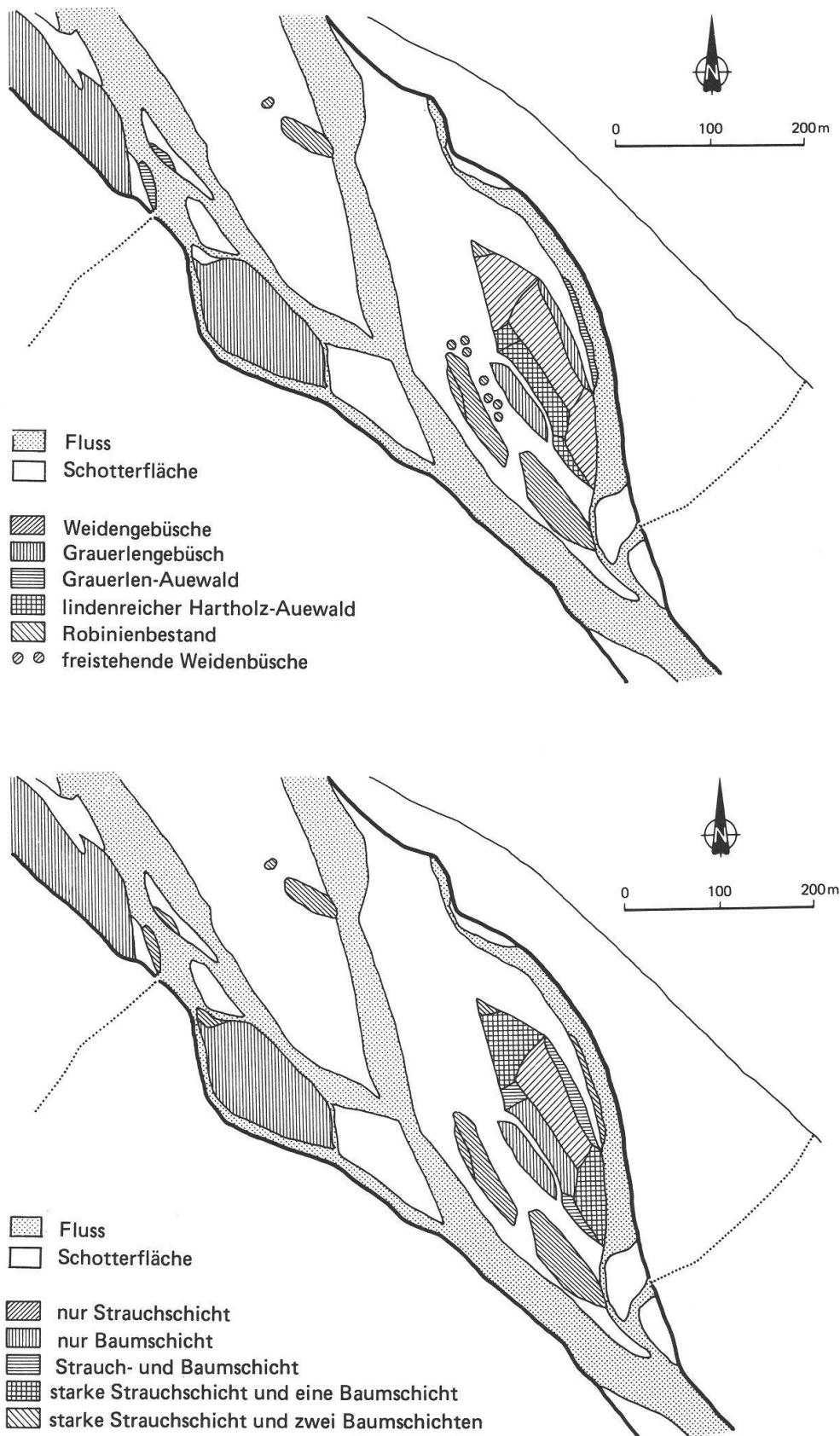


Abb. 6. Die Gehölzvegetation im Maggia-Flußbett im Sommer 1987. a) Vegetationseinheiten; b) Einheiten morphologisch ähnlicher Gehölztypen.

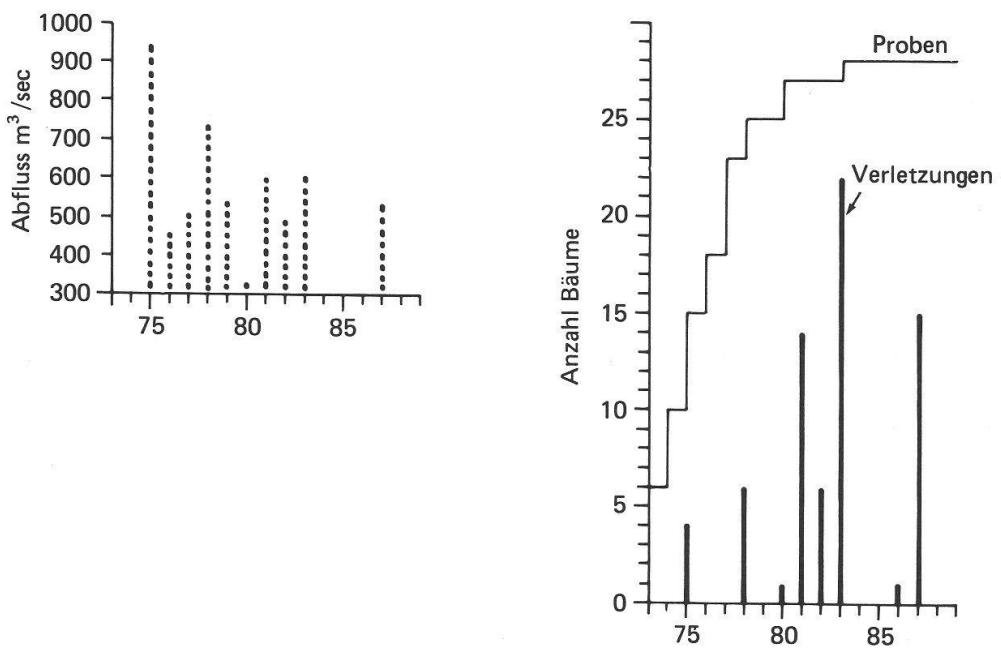


Abb. 7. Vergleich der Abflußspitzen mit der Häufigkeit von Stammverletzungen an stark der Strömung ausgesetzten Gehölzen im Flußbett der Maggia bei Cevio.

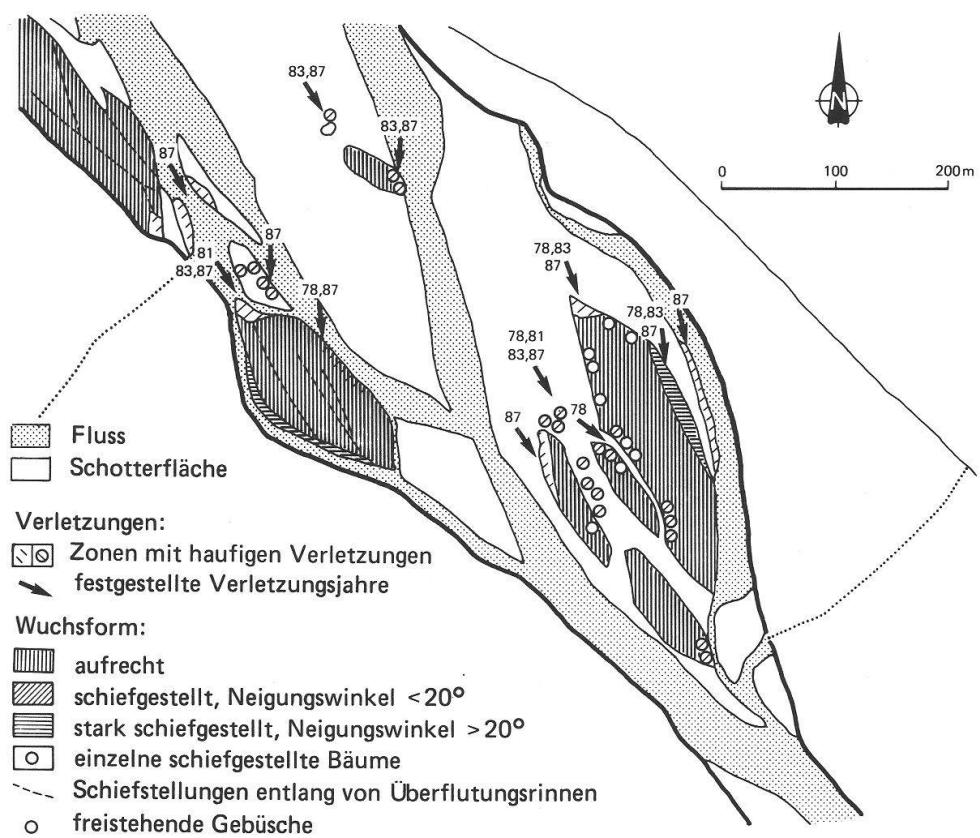


Abb. 8. Wuchsformen der Bäume in Beziehung zur Strömung und Verletzungsdaten an Stämmen.

Zusammenfassung

Die dendroökologische Studie wurde im nicht begradigten Flußbett des Wildwassers Maggia bei Cevio und Giumaglio im Kanton Tessin durchgeführt. Daten über jährliche Abflußmaxima, Baumalter und Beobachtungen auf Luftbildern ab 1933, an Bodenprofilen und Wald sowie an Gehölzbeständen lieferten Angaben über die Dynamik der Baumgrenzstandorte der letzten 55 Jahre. Die periodisch auftretenden Hochwasser vernichten Baumstandorte oder verändern sie durch Erosion oder Sedimentation. Obwohl die Gehölze den Verhältnissen angepaßt sind, werden sie kaum älter als 20jährig.

Im Flußbett des Wildwassers können nur Arten überleben, die relativ lange Überflutungszeiten ertragen und eine hohe Regenerationsfähigkeit besitzen. Diese umfaßt rasche Keimfähigkeit auf Rohböden, Adventivsproß- und Wurzelbildung, intensives Längenwachstum der Gipfeltriebe, gute Überwallungsfähigkeit kombiniert mit wirksamer Kompartimentierung. Erlen und Weiden (*Alnus incana*, *Salix elaeagnos*, *Salix purpurea*) scheinen aufgrund ihrer Dominanz die besten Abwehrmechanismen gegenüber den Unbilden im Flußbett entwickelt zu haben.

Insbesondere dendrochronologisch bestimmte Daten von Verletzungen und beginnender Zugholzbildung sind ein gutes Maß zur Erfassung der Zerstörungskraft der Hochwasser.

Literatur

- Clark S. 1987. Potential for use of cottonwoods as indicators of past floods. Proc. Int. Symp. Ecol. Asp. of Tree-Ring Anal., Tarrytown, New York, 243–248.
- Everitt B. L. 1968. Use of cottonwood in an investigation of the recent history of flood plain. Am. J. Sci. 1969: 417–438.
- Gill C. J. 1975. The ecological significance of adventitious rootings as a response to flooding in woody species with special reference to *Alnus glutinosa*. GAESTN. Flora 164: 85–97.
- Harrison S. S. and Reid J. R. 1967. A flood-frequency graph based on tree-scar data. Proc. North Dakota Acad. Sci. V. 21: 23–33.
- Hupp C. 1987. Botanical evidence of floods and paleoflood history. In: Singh V. P. (ed.): Regional flood frequency analysis, 355–369.
- Hydrologische Jahrbücher der Schweiz 1961–1987. Eidgenöss. Amt für Wasserwirtschaft, Bern.
- Nägeli W. 1930. Adventivwurzelbildung an übererdeten Baumstämmen. Mitt. Schweiz. Cent.anst. Forstl. Vers.wes. 16: 129–147.
- Schauer T. 1984. Vegetationsentwicklung auf Umlagerungsstrecken alpiner Flüsse und deren Veränderung durch wasserbauliche Maßnahmen. Interpraevent 1984, Villach.
- Schroder J. F. and Butler D. 1987. Tree-ring analysis in the earth sciences. Proc. Int. Symp. Ecol. Asp. of Tree Ring Anal., Tarrytown, New York, 186–212.
- Sigafoos R. 1964. Botanical evidence of floods and flood-plain deposition. Washington.
- Smith D. G. 1983. Tree scars to determine the frequency and stage of high magnitude river ice drives and jams. Red Deer, Alberta. Canadian Water Resources Journal 8: 77–94.
- Strunk H. 1989. Dendrogeomorphology of debris flows and connected problems. Dendrochronology 7: 15–25.
- Yanosky T. 1982. Effects of flooding upon woody vegetation along parts of the Potomac River flood plain. Geol. Surv. Prof. Paper (U.S.), 1206.