

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND  
DER  
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

# X. CONGRESS-MAILAND-1905

I. Abteilung : Seeschifffahrt  
2. Frage

## EINFLUSS

DER

Zerstörung der Wälder und der Trockenlegung der Sümpfe  
AUF DEN LAUF UND DIE WASSERVERHÄLTNISSE DER FLÜSSE

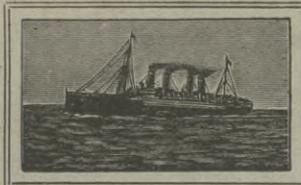
## BERICHT

VON

**E. PONTI**

Chef Ingenieur

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)  
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



~~II 7096~~

II-349894

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299488

CPK-D-352/2017  
2017/10

Der Einfluss der Entforstung der Wälder und Trockenlegung der Sümpfe auf das Wesen der Wasserläufe und die daraus entstehenden Folgen.

---

BERICHT

VON

**M. PONTI**

*Chefingenieur*

---

I. Der Einfluss der Entforstung.

*Mi sembra che anche nella scienza delle acque avvenga che, se l'esperienza è sovrana maestra delle cose, essa però non trovi facilmente discepoli che profitino dei suoi insegnamenti, e sia tendenza assai comune l'esagerare i sistemi in un o in altro senso affatto opposto.*

So drückte sich Paléocapa in seiner berühmten *Memorie di idraulica pratica* aus und zwar zu einer Zeit, als man sich sehr in Uebertreibungen auf diesem Gebiete erging, ohne die Lehren, die uns die Erfahrung giebt, zu beachten und zu benutzen.

Man gelangt in manchen technischen Fragen oftmals soweit, dass es allen, auch den ungläublichsten Gemüthern unnütz erscheint, einen wissenschaftlichen Beweis zu erbringen, wenn die Augenscheinlichkeit, die bestimmte Gewissheit klar vor uns liegt.

Man hat sich mit der Zeit gewisse fundamentale Grundsätze und Normen über bestimmte Tatsachen angeeignet, ohne sich dabei davon zu überzeugen, in welchem Masse irgendwelche speziellen Umstände mitwirkten und ohne dass die gezogenen Schlüsse durch eine Vereinigung von Tatsachen bestätigt worden wären, wie das gewöhnlich bei dem Studium der physikalischen Erscheinungen geschieht.

So beklagen sich die meisten Leute über den verderblichen Einfluss, den die Entforstung der Wälder auf das Wesen der Wasserläufe ausübe.

cthe 3681/51

Die Ansicht, die die Republik Venedig durch die strenge Handhabung des Gesetzes vom 7. Januar 1475 zum Ausdruck brachte, blieb bis auf unsere Zeit unbestritten, ohne dass man daran dachte, aus den in dieser langen Zeit gemachten Erfahrungen Nutzen zu ziehen.

Es gab Leute, die den Schaden, den die Flüsse in Bezug auf ihre Wasserführung infolge der Entforstung erlitten, ernstlich bedauerten, die aber trotzdem die Wirksamkeit der Wälder in Abrede stellten. Diese Folgerung erschien allerdings sonderbar; immerhin erhoben sich viele Proteste gegen die Abholzung der Wälder, der man die schädlichsten Folgen zuschrieb.

Als erst das Königreich Italien gebildet ward, unterlagen alle gesetzliche Massnahmen, auch die, die sich auf die Forsten bezogen, den Förderungen der neueren Zeit.

Man musste 13 verschiedene Gesetzgebungen vereinigen; da waren Gesetze, wie das Leopoldinische Gesetz vom 24. Oktober 1786, das den Grundbesitzern in Toscana die allergrössten Freiheiten gewährte und solche Gesetze, die der Herzog von Toscana in den Jahren 1846 und '47 erlassen hatte und die entsetzlich kleinlicher Art und äusserst streng waren. Die Vereinigung aller dieser Gesetze konnte natürlich nicht ohne manche Fehler und Härten vor sich gehen. In dem zwischen den Economisten oder Liberalen und den Autoritativen ausgebrochenen Streit unterlag das System, das den Schutz des Holzbestandes darstellte. Das Fortgesetz vom 20. Juni 1877 N° 3917, das noch heute in Kraft ist, hat in Bezug auf die Forstreglements die allergrössten Freiheiten. Dies Gesetz bezieht sich auf alle Wälder, die über der Zone der Kastanienbäume liegen. Die Waldbestände unterhalb dieser Zone sind nicht einbegriffen. Hier kann nach Belieben entforstet werden, mit Ausnahme in denjenigen Fällen, wo nach dem Urteil einer besonderen Kommission Bergstürze und Schneeverwüstungen eintreten könnten. Die Grenze der Kastanienbaumzone wechselt bekanntlich mit der Gegend; in der Provinz Belluno liegt sie in einer Höhe von 530 m, in der Provinz Cuneo 1000 m und sie steigt in der Provinz Syrakus sogar bis zu 1500 m.

Die hohen Gipfel der Alpen, wo fruchtbares Land nicht anzutreffen ist, wo ewiger Schnee liegt und heftige Stürme nicht so häufig auftreten, gehören zu einer besonderen Zone; jedoch ist der unter der Kastanienbaumzone liegende Teil, der produktiver, aber auch mehr den infolge der Entforstung eintretenden Verwüstungen ausgesetzt ist, mit nur wenigen Ausnahmen dem Forstgesetz unterworfen.

Das Forstgesetz vom 20. Juni 1877 hat die übelsten Zustände geschaffen ; es hat nicht verhindern können, dass unsere Wälder ausgerodet wurden ; ganze Zonen besten Holzbestandes sind abgeholzt und in unproduktives Land verwandelt worden (1).

Bis zum Jahre 1899 ausschl. hatte man 2 421 682 Ha Land urbar gemacht, darunter 1 245 856 Ha Waldbestand abgeforstet ; ungefähr  $\frac{2}{5}$  dieser letzteren Fläche ist ergiebiger Boden geworden (2), der Rest in einem heide- und weideähnlichen Zustand geblieben, oder mit buschartigem Gestrüpp bewachsen. Die Wälder Italiens wurden bis auf einen Bestand von 4 000 000 ha reduziert, das sind 14 % der Gesamtfläche des Königreichs, mit einem Maximum von 43,4 % in Ligurien und einem Minimum von 4 % in Toscana und Sicilien.

Nach Schillick beträgt heute der Waldbestand in Europa im Mittel 31 %, mit einem Maximum von 53 % in Bosnien und Herzegowina und einem Minimum von 3 % in Portugal und 4 % in England. Der Verbrauch an Nutzholz beträgt in Europa jährlich 2 620 000 t.

Die Wälder sind nicht nur unbedingt notwendig zur Befestigung des Bodens, sondern auch ebenso wichtig ist ihre Erneuerung, ihre Wiederanpflanzung zur Gewinnung des nötigen Bau- und Brennholzes.

Die Verschiedenheit der geologischen Beschaffenheit der Gegenden in denen die letzten Entforstungen stattgefunden haben, gestattet in Italien wohl besser, als in anderen Ländern, ein eingehendes Studium der Folgen, die durch die Entholzung der Berge auf den Lauf der Flüsse hervorgerufen werden.

Indessen haben schon verschiedene gesetzliche Massnahmen die verderblichen Paragraphen des vorerwähnten Gesetzes zu mildern versucht :

Das Gesetz vom 1. März 1888 N° 238, das die Entforstung begünstigte, ist ohne Anwendung geblieben ;

Das Gesetz vom 2. August 1897 N° 382 betrifft nur Sardinien ; das vom 22. März 1900 N° 195 (vereinigter Text) enthält Bestimmungen und Verbesserungen in gesundheitlicher Beziehung. Das vom 26. Juni 1902 N° 245 betrifft die Wasserleitungen ; dass vom 7. Juli 1902 N° 304 hat wassertechnische Arbeiten zum

---

(1) Bericht der Finanzkommission über ein Projekt zur Veranschlagung der Ausgaben des Ministeriums für Ackerbau Handel und Industrie 1904-1905 (Berichterstatter : M. Carta Mameli.)

(2) LUNARDONI : *Vini, uve e legnami nei trattati di Commercio*, Roma 1904.

Gegenstand und endlich das Gesetz vom 31. März 1904 N°140 enthält Massnahmen zur Aufholzung der Wälder.

So hat sich Italien den anderen Nationen angeschlossen, die sich die auf dem internationalen Kongress für Landwirtschaft und Waldkultur in Wien 1873 vorgebrachten Ideen zunutze gemacht haben. Man muss aber dabei bemerken dass, wenn auch die Wirksamkeit der Wälder in Italien nunmehr anerkannt wird, ihr doch noch nicht die genügende Beachtung geschenkt wird.

Wenn man die Wirkungen der Entholzung der Wälder betrachtet, so muss man unterscheiden zwischen denen, die das Bett des Flusses betreffen und denen, die sich auf den Fluss, auf die Wasserführung beziehen. Denn das Bett und das Wasser, das darin fliesst, stehen in enger Beziehung zu einander ; es erschien uns notwendig in vorliegender Arbeit diesen Unterschied zu machen.

Es ist bekannt, dass einer der Hauptfaktoren, die einen Einfluss auf das Flussbett ausüben, in der Menge der Substanzen besteht, die das Wasser mit sich führt und die es als Anschwemmungen irgendwo anträgt. Viele reissende Ströme wühlen ihr Bett auf und unterwühlen ihre Ufer.

Durch die langsame Arbeit der Rinnsale, Bäche und Flüsse werden im Lauf der Zeiten Erhebungen und Berge abgetragen und in die Ebene fortgeschafft, dabei wirken noch verschiedene Einflüsse mit, denen man ebenfalls Rechnung tragen müsste. Jedes Ereignis, das als Folge die Umänderung des Zustandes des Flussbettes haben kann, verdient gebührend betrachtet und studiert zu werden.

Es steht ausser allem Zweifel, dass die Vegetation die Macht der äusseren auf den Boden einwirkenden Kräfte abschwächt. Besteht die Vegetation z. B. aus dichtem Wald oder Hochwald, so ist der Schutz des Bodens natürlich sehr gross.

Mengotti (1) giebt eine eingehende Schilderung der Wirkungsweise der vielfachen weitverzweigten Baumwurzeln ; da sind starke, wagerecht verlaufende Wurzeln, dann weniger starke, aber kreuz und quer laufende, endlich ganz kleine weitverzweigte dünne Kapillarwurzeln in unendlicher Anzahl, die alle denselben Nutzen haben : sie alle tragen zur Befestigung des Bodens bei.

Die Wurzeln dringen in den Boden ein, befestigen ihn in seinen Abhängen, sie umfassen ihn förmlich und durchweben

---

(1) MENGOTTI : *Idraulica fisica e sperimentale.*

ihn, schnüren ihn zusammen und vergrössern so seine Festigkeit, sodass die Sickerwässer ihn weder durchrieseln noch aushöhlen können. Solch ein Boden kann nicht fortgeschwemmt werden; es ist dies von hervorragender Wichtigkeit.

Man kann wohl sagen, dass betreffs dieses Punktes alle Ingenieure unseres Landes und auch jenseits der Alpen mit Mengotti gleicher Ansicht sind. Es giebt zwar auch Leute die behaupten, die Festigkeit des Bodens könne auch durch den Ackerbau in genügender Weise erreicht werden; sie sind scheinbar sehr um die Landwirtschaft besorgt.

Unzweifelhaft üben die Wälder allgemein und besonders die in gebirgigen Gegenden eine mechanische Arbeit aus, die man nicht unterschätzen darf.

Dort, wo die Bergesabhänge von Sturzbächen durchfurcht sind und die nackten Felsen aus ihnen hervorstehen, ist von einem Erfolg in der Waldkultur wenig zu sprechen.

Man muss vielfach zu anderen Mitteln, zu Dämmen, Sperren und Flechtwerken seine Zuflucht nehmen, zu Mitteln, die gleichzeitig die Gewalt des Stromes brechen und die das Gerölle, den Sand und die Erdmassen zurückhalten. Diese Massen setzen sich in den Faschinen und dem Strauchwerk fest und liefern so einen für die Vegetation günstigen Boden. Die Wiederbewachsung beginnt nach und nach und dehnt sich allmählich bis zu den seitlichen Hängen wieder aus.

Wenn Maganzini (1) schreibt, dass die Leute, die allein schon in der Anlage von Dämmen und Sperren ein Radikalmittel erblickten, zu viel verlangten, so kann man dies mit demselben Rechte auch von denen sagen, die eine Wiederbeforstung für genügend erachten. Um wirkliche Resultate zu erzielen muss also die Anlage von Dämmen und Sperren mit der Wiederaufforstung Hand in Hand gehen.

So erklärte Viviani (2) im Jahre 1684: « Durch die Anlage » von Dammsperren werden schroffe Abhänge ausgeglichen, » das Gefälle wird besser und die Strömung der Flüsse wird » langsamer; eine Zerstörung und Durchwühlung des Bodens » durch Sickerwässer findet nicht statt. Ausserdem sollte man » in den Tälern und in solchen Gegenden, wo Baumwuchs » nicht vorhanden ist, zu dichten Baum- oder Buschwerkan-

---

(1) MAGANZINI: *Sulla sistemazione dei fiume a torrenti della Carinzia.*

(2) VIVIANI: *Discorso intorno al difendersi dai riempimenti e dalle corrosioni dei fiumi applicato all'Arno.*

» pflanzungen schreiten und auf die Erhaltung und den Schutz  
» derselben besondere Sorgfalt verwenden. »

Wer über die Wirksamkeit der Wälder inbezug auf die Bodenerhaltung und Verminderung der Bodenfortschwemmung urteilen will, muss sich vor jeder Uebertreibung hüten.

Die Schwemmstoffe setzen sich zum Teil aus den langsam aber unaufhörlich infolge der atmosphärischen Einflüsse verwitterten Felsen und scharf hervorspringenden Bergesspitzen zusammen, die in solchen Gegenden liegen, wo eine Bewaldung nicht vorhanden und wo von einer Bodenkultur nicht zu sprechen ist.

Die inneren Bodenränder der Täler sind vielfach mit Gerölle angefüllt, dazwischen haben sich reissende Bäche und Flüsse ihr Bett genagt, in dem sie sich den günstigen Weg für ihren Lauf aussuchten. Dies Gerölle festzuhalten, dazu hätte das Baumwerk, auch wenn es bis dicht an die Ufer reichte, nicht die nötige Kraft, es konnte ja auch nicht die Bildung dieser Bäche verhindern.

Infolge der eigenartigen Bodenverhältnisse unseres Landes brechen viele Flüsse unvermittelt in schnellem Tempo aus dem Gebirge hervor und ergiessen sich in die Ebene.

Bei dem starken Gefälle ist die zerstörende Gewalt der Wassermassen ganz enorm und die unternommenen Korrektionsarbeiten werden um so schwieriger, je mehr es sich darum handelt, die Menge der Schwemmstoffe einzuschränken.

In Sardinien, wo undurchdringliches plutonisches Felsgestein, das mit einer dünnen Erdschicht bedeckt ist, vorherrscht, fassen die Bäume, die zahlreiche stark verflochtene Wurzeln haben, fast in jeder Erdschicht schnell Wurzel, schaffen so eine Verbindung mit dem Unterboden und verhindern dadurch das Fortschaffen der Erdmassen durch die Sickerwässer, was von sehr hohem Wert ist.

Im Jahre 1870 hatten hier die Wälder noch eine Ausdehnung von 1 045 522 ha, das sind 43,11 % der Gesamtoberfläche der Insel; in ganz Italien waren damals nur noch 17,64 % Wald vorhanden. Heute ist der Waldbestand auf Sardinien bis auf 63 328 ha zurückgegangen. Auf dieser Insel haben alle Wasserläufe sehr starkes Gefälle. Der Flumendosa, der eine Länge von 133 km hat, fliessen nur auf einer Strecke von 13 km in der Ebene; der Tirso fliessen, bei einer Gesamtlänge von 151 km, nur 33 km in der Ebene.

Die Entforstung musste infolgedessen wahrhaft unheilvolle Wirkungen haben ; die Ebenen wurden mit Baumstümpfen und Wurzeln übersät und übel zugerichtet.

Das Anschwellen des Tirso, Flumendosa und des Flumini-Mannu geschieht heute mit einer niegeahnten Schnelligkeit.

Bei Hochwasser überschwemmen die Fluten des Flumendosa die Brücke, die zwischen Muravera und Villaputzu liegt, während früher, auch bei der stärksten Anschwellung, die Fluten nur bis zu einem Meter unter dem Brückenübergang reichten.

Das Bett des Tirso im « lampedano d'Oristano » war ehemals bis « Ollasto Simaxis » gut eingedämmt, heute liegt das Bett von dieser Stadt ab mehrere Kilometer stromabwärts höher als die angrenzenden Ländereien.

Auf der Strecke Cagliari-Terrenova Pausania, längs der Ostseite der Insel Sardinien, wurden fast alle Brücken infolge der hochgehenden Fluten zerstört. Auf der Insel Sizilien wurden die Wälder in der Provinz Messina in grossem Massstabe abgeholzt, infolgedessen hat sich eine bedeutende Erhöhung des Bettes vieler Flüsse als unabwendbare Folge herausgestellt und mehrere Flüsse liegen auch dort heute in ihrem Bett höher, als das benachbarte Land.

Auf dem Kontinent traten nicht weniger unheilvolle Wirkungen ein.

In der Provinz Reggio in Kalabrien tragen alle Wasserläufe den Charakter reissender Ströme ; sie haben einen kurzen Lauf mit starkem Gefälle und wachsen sehr schnell an.

Die entholzten Täler in den gebirgigen Gegenden gleichen heute eingestürzten und durchwühlten Erdhaufen ; grosse Erdmassen sind nach und nach abgeschwemmt worden, haben das Bett mancher Flüsse angefüllt und die Fruchtbarkeit der anliegenden Ländereien vernichtet.

Das Profil vieler Flussläufe hat sich von 50 auf 1 000 m an einigen Stellen verbreitert. Als bestes Beispiel kann man hier den Fluss Allaro anführen. Das Tal, in dem er fliesst, hat eine Ausdehnung von 105 qkm, wovon 8 qkm allein infolge der Bodenabschwemmungen, die die Entforstungen verursachten, entstanden sind. Als Gegenbeispiel kann man die Messina in der Provinz gleichen Namens anführen, deren Tal vollkommen bewaldet geblieben ist. Die Messina hat ununterbrochen Wasser bei sehr wenigem Gefälle, auch führt sie nur eine ganz geringe Menge Schwemmstoffe mit sich, ohne dabei ihr Bett zu erhöhen.

In der Provinz Catanzaro traten infolge der Entforstung dieselben Folgen ein. Seit 1877 wurden im Ganzen 42 000 ha Wald abgeholzt.

Hier haben die reissenden Sturzbäche und Flüsse nur einen kurzen Lauf und einen sehr ungleichen Wasserstand. Infolge der Hebung des Flussbettes sind die Oeffnungen mehrerer Brücken, die ehemals eine gute Höhe über dem Flussbett hatten, vollständig verstopft. Es bilden sich heute kegelförmige Anschwemmungen, die über grosse Teile kultivierten Landes hereinzubrechen drohen. In dem Stromgebiet des Campobasso ist der Waldbestand seit 1870 von 72 479 ha auf 56 137 ha zurückgegangen, das ist ungefähr um ein Drittel. Dieser ehemals reiche Landstrich ist heute von tiefen Tälern durchfurcht. Die schroffen Abhänge und zerrissenen Täler, die nur infolge der Abholzung entstanden sind, nehmen den zehnten Teil des ganzen Gebietes ein. Die nagende, zerfressende Tätigkeit der dahinstürzenden Wassermassen hat sehr zur Erhöhung des Flussbettes und zur Bildung ungeheurer Anschwemmungskegel beigetragen.

Die grossen Anschwemmungskegel im Rava delle Capelle sind ein sehr gutes Beispiel hierfür.

Infolge der Flussbetthöhungen sowohl der Haupt- wie der Nebenflüsse, hat sich das Eindringen der Wassermassen in das Ufergebiet verdoppelt, Sümpfe sind dadurch vergrössert und die Mündungen der Flüsse verbreitert, so z. B. die Sümpfe am Biferno, am rechten Ufer des Valtorne und ein grosser Teil der Ebene von Venafro.

In der Provinz Avellino ist die Entforstung ebentalls in dem grössten Masse, selbst an den schroffsten Abhängen betrieben worden.

Jetzt wo die urbar gemachten Landstriche bebaut sind, fliesst das Niederschlagswasser fast vollständig und zwar mit grosser Geschwindigkeit ab, reisst aber das urbare Land mit fort, entblösst das Gestein von der Erdschicht und zerreisst und zerklüftet so den ganzen Erdboden. Bei einer dreibogigen Brücke über dem Sele reicht die Sohle des Flussbettes heute fast bis an den Kämpfer der Bogen, während im Jahre 1872, wo die Brücke erbaut wurde, das Bett wenigstens 4 m darunter lag.

In der Provinz Grosseto nahm die Abholzung während des Baues der Leopoldinischen Bergstrassen und der Eisenbahnen längs der Sümpfe beträchtlich zu. Ein grosser Teil der Berge dieser Provinz ist abgeholzt und urbar gemacht worden. Seit dieser Zeit datieren aber auch die grossen Erdfälle. Die Flüsse,

unter anderen die Orcia, der Gretono, Melacce, Majano und die Albegna führen heute beträchtliche Erd- und Felsmassen mit sich.

Erwähnen wir nur noch, um nicht immer dieselben Tatsachen vorzubringen, das Abnehmen des Waldbestandes in der Provinz Sondrio, deren Untergrund hauptsächlich aus festem Gestein besteht. Im Jahre 1815 waren noch 80 000 ha Wald, 1833 noch 58 800 ha vorhanden, 1845 zählte man nur noch 43,600 ha.

Erst nach dem Holzabschlag, der allgemein in der Mitte des letzten Jahrhunderts in grösserem Massstabe vorgenommen wurde, traten die Erdfälle und Verwüstungen der Erdoberfläche ein. Die Verwüstungen im Gebiet der Adda am 8. Dezember 1806 und am 17. August 1817 sind bekannt; ebenso wird man sich noch der Verheerungen von Malero am 27. August 1834, von Villa 1851 und von Polaggio und Barbenno im Jahre 1852 erinnern. 1887 begrub die Vallascia fast den ganzen Teil von S. Cassiano. Im Jahre 1888 erneuerten sich die grossen Ueberschwemmungen der Adda, sie dehnten sich bis nach Delebrio und Dubino aus, und 1890 und '91 bedrohten die hochgehenden Fluten des Bitto und Lesino die Städte Morbegno und Delebio.

Bevor staatliche Hilfsmittel anlangten, griff diese Provinz selbst zu Massnahmen; sie schritt zu einer Wiederbewaldung des Flussgebietes und zur Regulierung der verschiedenen Flussläufe. Die Talabhänge des Bianzone, des Val Ragna, Val Valdone und Val Davaglione, wurden mit Baumanpflanzungen versehen und die eingestürzten und unterwühlten Ufer stellte man wieder her. Von nun an hörten die Wasserdurchbrüche auf und die Fortführung der Erdmassen in die Ebene verminderte sich.

Aus allem was wir bis jetzt gesagt haben, scheint hervorzugehen, dass eine Entforstung der Bergesabhänge die Kohäsion der Erdmassen sehr vermindert und sehr zu Erdstürzen Anlass giebt. Sie setzt ausserdem den unteren Teil der Wasserläufe grossen Gefahren aus.

Prüfen wir nun den Einfluss des Waldes auf die Verteilung der Regenwasser, mit Bezug auf das Terrain auf dem sie niedergehen, und den Weg, den die Wassermassen bis zu dem Flusslauf, der sie aufnimmt, nehmen.

Ob die Wälder dazu beitragen, die Regenfälle zu vermehren, ist eine vielleicht noch ungelöste Frage. Die von Mathieu in der Forstschule zu Nancy gemachten und von Barbet, Chaudot und anderen fortgesetzten Studien, versuchen dies allerdings zu beweisen. Analoge Versuche von Ebermayer in Bayern, von

Blauford in Indien und von Olotzky und Vynotzky in Russland bestätigen die von Mathieu gemachten Erfahrungen.

In dem europäischen Russland, wo die Regenhöhe nur 20 bis 60 cm jährlich beträgt, hat man sich mit Recht eingehend mit den Folgen beschäftigt, welche die Verminderung der Niederschlagsmengen auf den Flusslauf haben können. Der Professor Volsky bestätigte die in der Nähe von Nancy gemachten Erfahrungen.

Das Niveau des Grundwassers ist in Wäldern niedriger als in waldlosen Gegenden. Das Holz der Bäume absorbiert das Bodenwasser und setzt es in Umlauf. Fautrat hat gesagt, dass, wenn der in der Luft befindliche Wasserdampf sichtbar wie der Nebel wäre, so würden die Wälder in ein grosses feuchtes Nebelmeer eingetaucht erscheinen, das über den Tannenwäldungen dichter als über allen anderen wäre. Henry bestätigt, dass die bewaldeten Höhen den Regen anziehen.

In England, wo man inzwischen immer weiter die Wälder abholzt, ist noch nicht konstatiert worden, dass die fortschreitende Entforstung einen ungünstigen Einfluss auf die Regemengen ausübt. Eine merkbare Einwirkung auf das Klima üben die Wälder nicht aus. Ihr Einfluss auf die lokalen Temperaturverhältnisse scheint indessen wohl erwiesen. Das Klima in Waldgegenden ist kälter als in den unbewaldeten Landstrichen. Während der heissesten Tage kann der Temperaturunterschied wohl am 3 Grad betragen. Versuche, die kürzlich in Amerika gemacht wurden, haben bewiesen, dass die waldigen Gegenden eine geringere Bodentemperatur besitzen.

Es ist unstreitbar, dass die Wälder die Ausdünstung und die darauf folgende Rückkehr der Wassermassen in das Gebiet in Form von Gussregen begünstigen.

Es scheint uns aber, dass dieses nur in geringerer Weise auf das Wesen der Quellen und Flussläufe einwirkt. Es ist in Wirklichkeit nicht dieser Zuwachs an Niederschlägen, der durch das Vorhandensein der Wälder hervorgerufen wird, und der sehr auf Flüsse und Ströme einwirkt, sondern es sind vielmehr die starken ununterbrochenen Regengüsse, die einen Haupteinfluss auf die hydraulischen Bedingungen eines Flussgebietes ausüben. Diese grossen Niederschläge haben ihren Ursprung in den grossen atmosphärischen Strömungen und natürlichen Ereignissen, die an der Oberfläche des Erdballs auftreten.

Betrachten wir einmal, was aus einem Regenguss wird, wenn er auf einen Wald herniedergeht. Die Tropfen fallen auf die oberen Blätter und die darunter befindlichen Zweige, jeder Tropfen zerteilt sich wieder in kleinere, die an dem Stamm herunterrieseln oder so zu Boden fallen.

Ein Teil des Wassers geht durch die Verdunstung verloren, ein anderer Teil wird durch die Schichten von Moos, Flechten und mikroskopischen Pilzarten, die die Baumrinden bedecken, absorbiert. Schleiden hat berechnet, dass die Blätter eines Waldes von einem ha Grösse, eine Oberfläche von 50 ha bedecken. Die stets zunehmende Zahl der Blätter bei den Sträuchern und Bäumen, die unendlich vielen Zweige, die vom Wipfel bis zum Stamm von Jahr zu Jahr grösser werden, die rauhe Rinde und der gummiartige klebrige Stoff, der oftmals die Pflanzen bedeckt, alles dies verschafft dem Wasser, das von oben kommt, einen Aufenthalt, ein Hindernis und verzögert sein Eindringen in den Erdboden.

Durch angestellte Berechnungen kennt man genau die Regenmenge, die im Innern der Wälder, und in unbewaldeten Gegenden in den Erdboden aufgenommen wird.

Nach Becquerel gelangen von der jährlich auf einen Wald mit normaler Vegetation niedergehenden Regenmenge nur 6/10 in das Erdreich.

Ebermayer und andere Forscher geben 74 % an. In unserem Forstobservatorium in Vallombrosa ist dasselbe Resultat konstatiert worden, d. h. 74 % während der Periode 1872-1880.

In Cansiglio, wo die Wälder alt und dicht sind, beträgt die in den Boden eindringende Regenmenge nur 64 % für Nadelwald und 76 % für Buchenwald. Diese Angaben geben mittlere Jahreswerte wieder. Bei altem Waldbestand sind die monatlichen Schwankungen sehr gering. Es hat, wie wir glauben, wenig Zweck, diesen Angaben besonderen Wert beizulegen, die Anhänger der Wiederbeforstung legen ihnen allerdings hohen Wert bei.

Das Vorhandensein von Wald ist umso notwendiger, als die Wirkungsweise der Regengüsse in direktem Zusammenhang damit steht. In den Bergen sind die kleinen Regengüsse, die kaum den Boden und das Blattwerk nassen, die man aber doch noch mit dem Regenmesser nachweisen kann, sehr häufig. Sie nützen der Landwirtschaft, haben jedoch in hydraulischer Beziehung, wo man mehr den Regenmengen seine Aufmerksamkeit zuwendet, die grössere Wirkungen wie Ueberschwemmungen u. s. w. haben, wenig Wert.

Was das Grundwasser anbelangt, so muss man, wie wir später sehen werden, die Beschaffenheit des Untergrundes auf seine mehr oder weniger starke Durchlässigkeit hin betrachten. Ist er durchlässig, so ist der Abzug der Wassermengen von weniger günstiger Wirkung. Aus Angaben, die uns gütigst vom Direktor der Forststation Cansiglio gemacht wurden, entnehmen wir, dass bei Niederschlägen von täglich über 75 mm das Verhältnis zwischen der in Nadelwäldern und der auf freiem Felde niedergegangenen Wassermenge 0,81 zu 0,87 beträgt.

Die Meinungen über den Einfluss der Wälder in Bezug auf die Verminderung des Eindringens der Regenmengen in das Erdreich sind heute durchaus andere geworden. Die Wirksamkeit des Bodens verringert sich bei zunehmender Regenstärke; letztere ist die Ursache des schnellen Anwachsens der Flüsse, da das Einsickern des Wassers in diesem Falle bedeutungslos ist.

Verfolgen wir weiter den Lauf, den das Regenwasser nimmt. An der Oberfläche des Bodens selbst findet es Massen, die zum grossen Teil aus vegetabilischen Ueberresten, wie Blätter, abgestorbenes Holz, Rinde, u. s. w., bestehen. Moos, Heidekraut, Rhododendron, Myrthen wachsen in grosser Anzahl auf dem Waldboden und vergrössern, wenn sie in Fäulnis übergehen, die Humusschicht. Das Moos hält einen Teil des Wassers zurück, es saugt sich voll wie ein Schwamm und vergrössert dadurch sein Volumen und Gewicht.

Gerwig hat ausgerechnet wie Cantani (1) schreibt, dass eine Moosfläche von 1 qm infolge seiner zellenartigen Zusammensetzung durchschnittlich 4,446 kg Wasser aufzunehmen vermag, Hylokomium sogar 4,956 kg.

Gerwig hat auch berechnet, dass eine starke Mooschicht eine Wasserschicht von 10-30 mm Höhe zu absorbieren vermag.

Nach und nach dringt das Wasser weiter in die Humusschicht hinein und durchfeuchtet so den Boden.

Das alles sind jedoch wenig wichtige Tatsachen; von grösserem Einfluss sind erst die tieferliegenden Schichten. Bei ununterbrochenen Regengüssen geschieht die Wasseraufnahme in den oberen Boden doch nur in der ersten Regenperiode. Deswegen scheint die Tätigkeit des Waldes, die Rieselwasser zu vermindern, doch ziemlich ohne grossen Einfluss auf die Wasserläufe zu sein.

---

(1) CANTANI : *Elementi d'economia naturale basati sut rimboschimento.*

Der Wald mildert auch die Heftigkeit der dahinstürzenden Rieselwasser, dies ist eine rein mechanische, von der Wasseraufnahme unabhängigen Tätigkeit.

Die Wälder sind auch mehr in den gebirgigen Gegenden anzutreffen, als auf dem glatten Lande. Die Ansammlungen von Blättern und zur Erde gefallener Zweige, Erdhaufen, Unebenheiten im Boden, die kein Mensch ebnet, Wurzeln, die sich am Boden schlängeln und so viele andere Hindernisse stellen sich einem gleichmässigen Eindringen des Wassers in den Boden entgegen. Sie verlangsamen und regulieren gleichzeitig den unterirdischen Lauf des Wassers. Während ihres Verlaufes im Walde selbst sind die kleinen Bäche ruhig, später aber, wenn sie den Wald verlassen, werden sie nach und nach unruhiger und reissend, sie sammeln sich und bilden dann reissende Sturzbäche.

Ist der Wald entforstet, dann fliesst das Wasser noch schneller ab und verursacht vielfach grosse Ueberschwemmungen; der niederfallende Regen bleibt unausgenutzt, wenn man sich so ausdrücken darf, anstatt in der trockenen Jahreszeit für die nötige Bewässerung zu sorgen.

Von Lombardini (1) werden die Wirkungen der Entforstungen in Bezug auf die Vermehrung der Ueberschwemmungen nur zum Teil zugegeben.

Da infolge der Abholzung der Bäume die Wurzeln ihren Halt verloren haben, so werden die Bergesabhänge durch die Sickerwässer und Sturzbäche, die sich bilden und in die Ebenen ergiessen, gelockert; zum Teil scheint man auch dieser Tatsache das schnelle Anwachsen der Gewässer zuschreiben zu müssen.

Derselbe Forscher spricht den Satz aus, dass die Wälder einen sehr geringen Einfluss auf die Hauptwassermenge bei Hochwasser haben. « Ich glaube », sagte er, « dass eine Wiederbewaldung verbunden mit der Anlage von Wehren immerhin ein Fortschreiten des Uebels verhindern, und die Menge der Schwemmstoffe, die bei Hochwasser mitgeführt werden, verringern kann, dass die Wälder aber trotzdem nur wenig Einfluss auf die Hauptwassermenge bei Ueberschwemmungen haben.

Es liegt ausser allem Zweifel, dass verschiedene Forscher, wie Mengotti, die Vorteile der Bewaldung übertreiben. Sie urteilen jedenfalls auf Grund einiger besonderer Fälle, die man hier jedoch nicht in Rechnung ziehen kann. Die Regenmassen

---

(1) LOMBARDINI: *Sulle inondazioni avvenute nella Francia*, Milano 1858.

brauchen jedenfalls mehr Zeit um ins Tal zu gelangen, wenn die Höhen bewaldet sind.

Die Verzögerung in der Vereinigung der Rinnsale stellt an sich keinen Vorteil dar, ausgenommen in dem Falle, wo sie anderen Wassern Zeit gewährt, wieder abzufließen oder sich zu verziehen. Es ist belanglos, ob die Niederschläge 5 oder 10 Stunden gebrauchen um sich zu sammeln. Kommen jedoch grössere Wassermengen in Betracht, so ist es sehr wichtig, dass die Wassermassen der verschiedenen Flussläufe sich nicht gleichzeitig in die Hauptflüsse ergiessen.

Es wäre interessant, wenn man, um den Einfluss der Wälder auf die Wasserführung der Flüsse zu bestimmen, es fertig bringen würde, die Zuflüsse zeitlich nach einander in den Hauptfluss fließen zu lassen. Nehmen wir z. B. an, um eine klare Anschauung zu schaffen, man würde die Nebentäler eines Flusses, jedoch nicht die in seinem oberen Teil, wieder bewalden. Die Folge würde sein, dass die langsamer abfließenden Wassermengen der bewaldeten Täler sich mit denen der oberen Täler, die keinen Baumwuchs haben, vereinigen; die zweite Folge müsste dann ein Austreten des Wassers über die Ufer an der Vereinigungsstelle sein. In einem solchen Fälle hätte also eine Wiederbewaldung gar keinen Wert, sie würde nur Schaden anrichten. Anstatt die Bäche vorzeitig in einer Periode, wo sie noch im Anwachsen begriffen sind, zu vereinigen, sollte man sie, besonders wenn sie über reichliche Wassermengen verfügen, in ihrem Lauf verlängern.

In Sardinien, wo die Täler steil und die Flussläufe nur kurz sind, werden sicher, da nun die Bergesabhänge ihres Baumwuchses beraubt sind, Ueberschwemmungen auf Ueberschwemmungen eintreten, die früher nicht stattfanden.

Während ununterbrochener Regenfälle zieht das Wasser permanent ab, es bilden sich kleine Rinnsale, die sich auf ihrem Lauf immer die tiefsten Stellen im Gelände aussuchen.

Infolge der Bewaldung des Bodens verlangsamt sich also der Abzug der Wassermengen; diese Verzögerung kann aber in manchen Tälern so gross sein, dass sich länger anhaltende Wassersammlungen und Ueberschwemmungen bilden, die zwar nicht sehr tief, aber doch ziemlich umfangreich sein können. Diese treten natürlich infolge der weniger grossen Durchlässigkeit und der besonderer Beschaffenheit des Bodens ein; wir werden später noch davon sprechen. Dennoch scheint die Annahme vieler Forscher, dass das schnelle Anwachsen des Hochwassers nur auf die Entforstung der Wälder zurückzuführen sei, nicht gerechtfertigt.

Man vermutete, dass die folgenschwere Ueberschwemmung, die die Adige im Jahre 1882 hervorrief, infolge der Abholzung der höherliegenden Täler entstanden sei, obwohl es feststeht (1), dass dieses Hochwasser nur auf die in zu zahlreicher Weise ausgeführten Begradigungen des Flusslaufes in den tiroler Alpen und auf einen ausnahmsweise ungemein starken Wolkenbruch zurückzuführen ist. Bei der Erforschung der Hochwasser legt man den meteorologischen Ereignissen, die meist die Hauptursachen der Ueberschwemmungen sind, zu wenig Beachtung bei. Gleichfalls trägt man nicht in genügender Weise allen anderen Ereignissen Rechnung, die auch ein Anwachsen des Wassers hervorrufen, die aber mit der Bewaldung in gar keinem Zusammenhang stehen, wie z. B. die Kanalisation und Begradigung der oberen Flussläufe, die Eindämmung des Flussbettes auf längeren Strecken, die Zusammenlegung von Flussmündungen und das gleichzeitige Bestehen mehrerer Hochwasser (2).

Grugnola sagt sehr zutreffend :

« Die Hauptursache der grossen Ueberschwemmungen ist in dem gleichzeitigen Zusammentreffen des Hochwassers vieler Flüsse und nicht in der Entforstung der Wälder zu suchen. »

Aussergewöhnliche Ueberschwemmungen haben zu allen Zeiten stattgefunden, auch in der Zeit, wo alle Berge noch mit Wäldern bedeckt waren. Sie wurden vielfach durch aussergewöhnliche Regenfälle verursacht; man braucht da nur die Sintflut zu erwähnen. Im Jahre 1280 traten alle Flüsse Norditaliens über ihre Ufer. Der Arno hatte in den Jahren 1333 und 1557 in Florenz einen solch hohen Wasserstand, wie er ihn seitdem nicht wieder erreicht hat.

Die Ueberschwemmungen, die der Po in den Jahren 1117, 1152, 1360 und 1528 hervorrief, sind genügend bekannt, und man kann wohl sagen, dass in jedem Jahrhundert verschiedene Ueberschwemmungen von ausserordentlichem Umfang stattfinden, die mit der Wirkungsweise der Wälder in gar keinem Zusammenhang stehen. Das Hochwasser der Adige im Oktober 1567 war noch umfangreicher, als das im Jahre 1882. Paleocapa zählt 90 Ueberschwemmungen der Adige in dem 16. und 17. Jahrhundert auf.

Possenti berichtet, dass die Tiber in den Jahren 1530, 1598, 1606 und 1637 grössere Ueberschwemmungen hervorrief, als es

---

(1) « La Sistemazione del fiume Adige ». *Giornale des Genio Civile*, 1897.

(2) GRUGNOLA, « Coincidenza delle piessie ». *L'Ingegnera Civile*, Anno X, 1884.

die im Jahre 1870 war. Wenn wir die grossen Ueberschwemmungen der vergangenen Zeiten durchgehen, z. B. die der Adige, so erhalten wir ein interessantes Resultat. (S. Tabelle.)

Diese Angaben entstammen den hydrometrischen Stationen in Boara und Polisine :

JAHRE	Zahl der Ueberschwemmungen	Höhe über dem Wachzeichen (Guardia) <sup>1)</sup>		Anhalten des Hochwassers über dem Wachzeichen		Stündliches Anwachsen in cm		Dauer des Anwachsens in Stunden	
		Maximum	im Mittel	Insgesamt	im Mittel	Maximum	im Mittel	Insgesamt	im Mittel
		1821-1830	9	2.10	0.86	2,329	258.77	14.00	7.39
1831-1840	27	2.37	0.64	2,053	76.00	11.00	4.85	793	29.37
1841-1850	29	2.78	0.65	2,039	70.00	18.00	5.75	735	25.34
1851-1860	31	1.76	0.71	2,690	86.77	12.00	5.22	911	29.38
1861-1870	30	2.66	0.72	1,835	61.16	20.00	5.93	765	25.50
1871-1880	71	1.92	0.56	3,872	54.53	20.00	6.05	1,459	20.55
1881-1890	50	3.30	0.86	4,419	88.38	25.00	7.44	1,152	23.04
1891-1900	58	1.85	0.57	3,669	63.26	15.00	6.00	1,214	20.94

Für die in den Jahren 1821-1900 beobachteten Hochwasser hat sich die Zeit, die das Wasser braucht, um von dem Wachzeichen bis zu seinem höchsten Steigepunkt zu gelangen, gleichmässig verringert, ausgeschaltet ist dabei die Periode 1841-1850, wo infolge Dammbrechens in den Jahren 1841, 1844 und 1845 das Wasser nicht so hoch stieg, wie sonst.

Das stündliche Maximalsteigen des Wassers ist in den Jahren 1841-50 sehr beträchtlich, es ist noch grösser, als in der Zeit 1881-1890.

In Tirol mussten gelegentlich des Baues der Eisenbahn Verona-Bolzano 1855-68 umfangreiche Abholzungen vorgenommen

(1) Man nennt in Italien Wachzeichen (Guardia) eine am Hydrometer festgelegte Grenzlinie. Hat das Wasser diese Linie erreicht, so ist dies für das Aufsichtspersonal der hydrometrischen Stationen ein Zeichen, besondere Obacht auf die Dämme zu geben, damit Unterwühlungen oder Durchbrüche verhindert werden. Dieses Zeichen ist an allen Hydrometern angebracht.

werden, strichweise auch im Pustertal in den Jahren 1873-75 ; seitdem hat die Entforstung dort allerdings aufgehört, man hat sogar vielfach wieder Baumanpflanzungen vorgenommen und Dämme angelegt, die ungefähr 6 000 000 florins Unkosten verursacht haben.

Das Zunehmen des stündlichen Wasseranwuchses und die Zahl der Hochwasser fällt nicht mit der Zeit der grossen Entforstungen zusammen. Sicherlich werden letztere in Tirol einigen Einfluss auf die Wasserläufe gehabt haben, aber das schnelle Steigen des Wassers ist hier besonders auf die in den Jahren 1848-1890 in grossem Massstabe vorgenommenen Flusskorrekturen und Begradigungen zurückzuführen. Was Paléocapa gesagt, hat sich bewahrheitet, hier hat sich der Nachteil der Begradigungen herausgestellt.

Die von den Wäldern absorbierte Wassermenge mit Ausnahme geringfügiger Niederschläge, ist nicht der allgemeinen Regenhöhe, sondern der Grösse des bewaldeten Terrains in dem Niederschlagsgebiet eines Flusses proportional. Bei anhaltenden Regen nimmt der Boden, wenn er genügend durchtränkt ist, nur noch wenig Wasser auf.

Betrachten wir nun noch das Absorptionsvermögen des bewaldeten Bodens in bezug auf das Wesen der Flussläufe.

Wenn die Berge von jeglichem Baumwuchs entblösst sind, sermassen gar kein Hindernis ; anstatt sich langsam zu Rinnehalten zu sammeln, fliessen sie jetzt schnell dahin. In bewaldeten Gegenden dagegen wird das Wasser, da es sich nur mühsam einen Weg bahnen kann, mehr von dem Erdboden absorbiert ; in welchem Masse es aufgenommen wird hängt natürlich von der geologischen Beschaffenheit der unteren Erd-bezw. Gesteinsschichten ab. Dies ist sehr wesentlich, es ist ihm aber scheinbar von den Forschern nicht die gebührende Beachtung geschenkt worden. Die vegetabilische Schicht, die das Felsgestein bedeckt, nimmt einen Teil des Regenwassers in sich auf : wäre diese Schicht nicht da, so würde sich das Wasser auf dem nächsten Wege den in der Nähe fliessenden Rinnsalen und Bächen anschliessen. Ist das Wasser durch die obere Schicht durchgesickert und bis auf das Gestein gelangt, dann rinnt es auf diesem weiter, bis dass es als kleine Quellen an solchen Stellen, wo zufällig die Erdschicht aufhört, wieder aus Tageslicht hervortritt. Das mehr oder weniger lange Anhalten dieser Quellen hängt natürlich von der Dicke der Erdschicht, die sich auf dem Felsgestein befindet, und von der Länge des Weges, den das Wasser zu durchlaufen hat, ab.

In solchen Fällen, wo das Gestein das Wasser durchlässt, hängt die Wirkung der Wälder von den Intensität der Niederschläge ab; weniger starke und solche von kurzer Dauer werden fast vollständig von dem Waldboden absorbiert. Bei lang andauernden starken Niederschlägen kann der Waldboden nicht alle niederfallenden Regenmengen aufnehmen; ein Teil muss sich gleich dem nächsten fließenden Gewässer anschließen. Anders aber ist es, wenn unter der Erdschicht sich stark durchlässiges Gestein befindet.

Bei sehr durchlässigem Kalkboden kann man die absorbierte Wassermenge auf 75-80 % annehmen, wie es ja auch bekannt ist, dass sich auf solchem Boden selten Rinnsale und kleinere Bäche bilden.

In den Gebirgszügen bei Barletta und Brindisi ist kein einziger Bach anzutreffen, weil dies Gebirge eben ganz aus Kalkgestein besteht. Auf solchem Boden könnte man also den Wald ruhig abholzen, wenn nicht andere Gründe dagegen sprächen.

Für die Schifffahrt, Landwirtschaft und Industrie sind die Wasserläufe von sehr hohem Wert. Jeder Wasserverlust bedeutet für das Flussgebiet eine Verminderung der für die trockenen Jahreszeiten notwendigen Wassermengen.

Da die Durchlässigkeit des Bodens von sehr wesentlicher Bedeutung ist, so ist es sehr zu empfehlen, gerade die geologischen Bedingungen eines Flussgebietes an der Hand von Karten, die sowohl die Beschaffenheit des Bodens wie auch die Dichte der Wälder zur Anschädung bringen, zu studieren. Der internationale Kongress für Forstwirtschaft in Paris 1900 hat sich sehr für die Herstellung derartiger Karten ausgesprochen (1).

Italien bietet zahlreiche Beispiele von der grossen Bedeutung des Grundwassers eines Flussgebietes.

Wir haben schon von der Undurchlässigkeit des Untergrundes in den Flussgebieten auf Sardinien gesprochen. Hier besteht der Boden aus Granit, Gneiss, krystallinischem Schiefer, Porphyr und Basalt. Der Wald stand zum grossen Teil auf felsigen Boden und eine geringe Erdschicht genügte schon, dass die Bäume Wurzel fassen konnten. Infolge der Entforstung sind nun alle Bergesabhänge kahl. Die einst, auch nur wenig vorhandenen Quellen verschwinden jetzt vollständig. Die hochgehenden Fluten der kleinen Flüsse, die einen kurzen aber unge-

---

(1) Vorschlag der Herren Jolyet Henry, Servier und Guffroy.

mein schnellen Lauf haben, ergiessen sich jetzt sämtlich unvermittelt und gleichzeitig in den Hauptstrom, ohne dass sie unterwegs in irgend welcher Form aufgehalten würden (1).

In den Tälern des aus undurchlässigen Gestein bestehendem Flussgebietes der Adda befrägt die Minimalwassermenge auf den qkm 14 l für die gutbewaldeten, 5,2 l für die teilweise bewaldeten und 2 l für die vollständig baumlosen Täler (2).

Diese Mittelwerte beziehen sich auf Gebiete, die kleiner als 100 qkm gross sind und reichliche Niederschläge haben; sie finden keine Anwendung, weder auf solche Gebiete, in denen sich Gletscherbecken, Schneelöcher oder kleine Seen befinden, noch auf solche Gebiete, die durchlässigen Boden haben. In den Flussgebieten der Provinz Benevento, wo grosse Entforstungen vorgenommen wurden, herrscht undurchlässiges Felsgestein vor. Die vielen Quellen, die ehemals in reichlicher Weise die Gegenden bewässerten, sind jetzt alle versiegt. Die Flüsse Biferno und Trigno, in deren Gebieten undurchdringliches Gestein vorherrschend ist, haben infolge der Beseitigung der Wälder vielen Schaden erlitten.

Die Entforstung des Berges Montello in der Provinz Treviso bietet ein neues Beispiel von dem engen Zusammenhang des Waldbodens und der unterirdischen Wasserläufe.

Der Aufbau dieses Berges besteht aus Trümmergestein (croda) des Pliocänsystems, aus steinartigen Elementen und besonders aus Kalkgestein. Die oxidierende Einwirkung der eisenhaltigen Bestandteile hat dem Boden, der sich über dem Trümmergestein befindet den Namen « Ferretto » gegeben.

Das Niederschlagswasser (ungefähr 1400 mm jährlich) dringt teils in das Innere des spaltenreichen Felsgesteins und teils in die Erdrinde « Ferretto », die fast undurchlässig ist. Das im Inneren zirkulierende Wasser bildet Quellen von beträchtlicher Stärke; das in dem Ferretto befindliche Wasser schliesst sich auch zu Quellen, jedoch kleineren Umfanges zusammen, die allerdings während der heissen Jahreszeit austrocknen.

Seitdem dieser Berg seines Waldbestandes beraubt ist, bemerkt man an den Böschungen der Terrassen und anderen Abhängen ein schnelles Schwinden des Bodens, die dünne Erdschicht wird merklich geringer und bald ganz ein Raub des herabströmenden Wassers. Viele Quellen die früher regel-

---

(1) BRUNELLI, *La Sistemazione idraulica della provincia di Cagliari*.

(2) Diese Angaben wurden dem Werk: *Sulla portata di massima magra dei torrenti alpini*, von L. VALENTINI, entnommen.

mässig sprangen und klar waren, fliessen jetzt unregelmässig, sind getrübt und schmutzig. Andere dagegen scheinen ganz zu verschwinden und zwar infolge der grossen Bodenveränderungen (1).

Die Flussgebiete des Nera und Velino bieten ebenfalls interessante Beispiele.

In der Nähe von Orte ist das Gebiet 4 171 qkm gross, davon bestehen 1 625 qkm aus sehr durchlässigem, 1 063 qkm aus durchlässigem, und 806 aus halbdurchlässigen Felsgestein.

Da die aus Kalkgestein bestehenden Berge, besonders im Flussgebiet des Velino, nur wenig bewaldet waren, so hat sich nach der Entforstung ihre Durchlässigkeit nur wenig vermindert, während sie sich in den bewaldeten weit ausgedehnten Tälern verstärkt hat.

Der Nera rechnet zu den am gleichmässigsten fliessenden Flüssen, er fliesst gleichmässiger, als wenn er von Gletschern oder alpinen Seen gespeist würde. Seine grösste Wassermenge beträgt in der Nähe von Orte nur 605 cbm, seine geringste 71 cbm, das macht 17 l auf einen qkm seines Flussgebietes. Diese Zahl ist höher als im Flussgebiet des Tessins und der Adda, wo nur 12 bzw. 8 l auf den qkm kommen, obwohl es hier mehr regnet, als im Flussgebiet des Nera. Hieraus geht hervor, dass unterirdische Gewässer anderer Flussgebiete zur Speisung des Nera mit beitragen, und dass es die durchlässigen Gesteinsmassen sind, die den grössten Teil der Niederschläge in sich aufnehmen; sie lassen die Wassermengen in unterirdischen Läufen dann wieder langsam und gleichmässig bis zur Quelle abfliessen.

Die Tiber sowohl wie der Aniene ziehen aus gleichen Bedingungen Vorteil; das Flussgebiet des letzteren besteht zu seinem grössten Teil aus durchlässigem Gestein. Von den 16 592 qkm des Flussgebietes der Tiber bestehen 460 qkm aus durchlässigem, und 1 500 qkm aus halbdurchlässigem Felsgestein; infolgedessen verfügt die Tiber auch über ziemlich gleichmässig bleibende Wassermengen, meist über 100 cbm, in den seltensten unter 90,3 cbm. Der durchlässige Boden, der etwas mehr als  $\frac{1}{4}$  der Gesamtoberfläche des Flussgebietes beträgt, absorbiert mehr als  $\frac{3}{4}$  sämtlicher Niederschlagsmengen; bei dem höchsten Wasserstande führt er nicht mehr als 4 500 cbm Wasser.

Die Wiederbewaldung des Flussgebietes der Aniene würde also kaum eine merkliche Verminderung des Hochwassers her-

---

(1) STELLA: « Il Montella ». *Mémoires sur la carte géologique d'Italie*, Vol I<sup>e</sup>.

beiführen, wie verschiedene Forscher versichern. Das Flussgebiet des Nera vergrössert durch seine Wassermengen das der Tiber um 16 %. Bei dem Arno, mit seinem Flussgebiet von 8 450 qkm, ist die Höhe des Maximalwasserstandes einer Differenz von 6 m unterworfen; er steigt jedoch verhältnismässig höher als die Tiber. Seit der Entforstung fliessen ihm nicht mehr die Quellen zu, auch hat er nicht mehr die anderen Vorteile, die eben die Wälder bieten. Die Berge im Flussgebiet des Liri-Garigliano sind wenig bewaldet; von den 4 950 qkm, die das Gebiet misst, bestehen 2 721 qkm aus durchlässigem Gestein, in trockenen Zeiten kann hier die Wassermenge bis auf 44 cbm herabgehen.

Die unterirdische Hydrographie steht nicht immer mit der oberirdischen im Zusammenhang; bisweilen ergiessen sich die Wassermengen eines Gebietes in ein nebenliegendes anderes Gebiet. Der Sacco, z. B., ein Nebenfluss des Liri, hat in seinem 1 506 qkm grossen Gesamtgebiet auf einer Fläche von 756 qkm durchlässiges Felsgestein mit einer Wassermenge von kaum 17 cbm während der trockenen Jahreszeit und zwar nur aus dem Grunde, weil sein unterirdisches Wasser sich in ein anderes Flussgebiet ergiesst.

Der Cellina im Undinebezirk, mit einem Flussgebiet von nur 443 qkm, von dem 2/3 bewaldet sind, hat eine Wassermenge von mehr als 118 cbm selbst in der trockenen Jahreszeit, das macht 300 l auf den qkm, eine ausnahmsweise kolossale Wassermenge, die sich nur infolge der Durchlässigkeit des felsigen Untergesteins und der beträchtlichen Höhe der dort niedergehenden Regenmengen erklären lässt.

Die Kenntnis von dem Einfluss der Wälder auf das Entstehen der Quellen ist übrigens nicht neu. « Die Entforstung der Wälder, der Mangel an ständig springenden Quellen und das Eintreten grösserer Hochwasser, das sind drei Dinge, die in engem Zusammenhang zu einander stehen », schreibt Humboldt.

Paléocapa (1) klagt über die Vermehrung der Hochwasser, die infolge der Entforstungen einträten. Er legt klar und deutlich seine Ansicht hierüber dar, wenn er sagt, dass die Entforstung verhindere, dass die Wassermengen vom Boden absorbiert würden, und dass sie auf unterirdischen Wegen fortflössen, bis dass sie wieder als Quellen zu Tage träten.

---

(1) PALFOCAPA: « Indizi della portata magra dei fiumi ». *Atti del R. Istituto Veneto*, Vol I\*.

(2) PALEOCOPA: *Sull' insabbiamento dei porti*.

Betrachten wir den Comosee ; nach einigen Forschern müsste dieser See in den Monaten Januar bis März seinen tiefsten Stand erreichen und während der trockenen Jahreszeit weiter sehr an Wasser verlieren. In folgender Tafel haben wir die mittleren Wasserhöhen in zehnjährigen Abschnitten vermerkt ; dieselben sind am Hydrometer in Lecco in den Monaten des höchsten und niedrigsten Wasserstandes abgelesen.

In einer 60 jährigen Periode von 1845 an hat keine Verminderung in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes stattgefunden, auch die Höhe des Hochwassers ist dieselbe geblieben ; nur die mittlere Jahreshöhe hat sich etwas verringert.

PERIODE	jährliches Mittel	MITTEL DER MINIMAL HÖHEN			MITTEL DER MITTLEREN HÖHEN					MITTEL DER MAXIMALHÖHEN				
		Januar	Februar	März	Juni	Juli	August	September	October	Juni	Juli	August	September	October
		1845-1854 . .	-0.49	-0.23	-0.31	-0.35	+1.37	+1.29	+1.09	+0.72	+0.83	+1.70	+1.70	+1.44
1855-1864 . .	-0.40	-0.31	-0.34	-0.34	+1.23	+0.97	+0.72	+0.65	+0.79	+1.62	+1.25	+1.00	+1.35	+1.44
1865-1874 . .	-0.32	-0.31	-0.35	-0.34	+0.90	+0.96	+0.76	+0.52	+0.58	+1.23	+1.19	+1.07	+0.85	+1.04
1875-1884 . .	-0.28	-0.34	-0.40	-0.41	+1.10	+1.05	+0.68	+0.62	+0.39	+1.38	+1.33	+0.94	+1.00	+0.62
1885-1894 . .	-0.32	-0.35	-0.40	-0.38	+0.92	+0.91	+0.68	+0.65	+0.72	+1.21	+1.14	+0.94	+1.27	+1.39
1895-1904 . .	-0.26	-0.33	-0.38	-0.36	+1.03	+0.89	+0.62	+0.51	+0.36	+1.40	+1.17	+1.06	+0.83	+0.77

Betrachten wir noch den Po in seinem unteren Lauf bei Pantelagoscuro, wo sein Flussgebiet entforstet und der Untergrund aus durchlässigem Gestein besteht.

In folgender Tafel sind die am Hydrometer in Pantelagoscuro entnommenen Angaben, die vom Jahre 1807 an datieren, auf das Wachzeichen « Guardia » bezogen.

JAHRE		BEOBACHTUNGEN UNTER DEM WACHZEICHEN												BEOBACHTUNGEN ÜBER DEM WACHZEICHEN							
		von — 6.00 bis — 5.00		von — 5.00 bis — 4.00		von — 4.00 bis — 3.00		von — 3.00 bis — 2.00		von — 2.00 bis — 1.00		von — 1.00 bis zum Wachzeichen		vom Wachzeichen bis + 1.00		von + 1.00 bis + 2.00		von + 2.00 bis + 3.00		von + 3.00 bis + 4.00	
		Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen	Zahl der Tage	Mittlere Höhen
1807	1816	—	—	39.20	— 4.28	118.90	— 3.54	93.20	— 2.52	60.40	1.55	30.30	— 0.52	16.60	0.42	6.30	1.41	1.30	2.28	—	—
1817	1826	4.90	— 5.24	67.30	— 4.38	126.00	— 3.51	84.80	— 2.54	47.20	1.52	22.30	— 0.57	10.20	0.41	2.40	1.46	0.70	2.26	—	—
1827	1836	3.80	— 5.13	103.10	— 4.38	112.30	— 3.55	75.70	— 2.52	26.90	1.54	20.40	— 0.50	7.60	0.42	5.10	1.39	0.40	2.31	—	—
1837	1846	1.80	— 5.12	45.70	— 4.27	104.50	— 3.51	98.20	— 2.67	55.00	1.53	30.50	— 0.52	15.90	0.46	10.10	1.43	3.50	2.33	—	—
1847	1856	2.60	— 5.19	52.00	— 4.38	112.20	— 3.49	86.40	— 2.53	58.40	1.53	28.60	— 0.54	17.90	0.49	6.20	1.45	1.00	2.20	—	—
1857	1866	0.70	— 5.19	83.70	— 4.34	130.00	— 3.52	68.80	— 2.52	43.80	1.55	21.20	— 0.54	11.80	0.44	4.30	1.42	0.90	2.40	—	—
1867	1876	—	—	82.60	— 4.32	135.90	— 3.56	70.20	— 2.55	32.80	1.55	20.40	— 0.56	11.90	0.47	9.00	1.47	2.60	2.42	0.10	3.37
1877	1886	12.40	— 5.13	92.90	— 4.50	111.10	— 3.51	66.90	— 2.53	39.20	1.53	20.50	— 0.56	12.80	0.45	6.50	1.36	1.60	2.37	0.30	3.12
1887	1896	16.60	— 5.28	79.20	— 4.45	101.90	— 3.51	72.30	— 2.53	47.80	1.52	27.00	— 0.55	13.50	0.45	5.40	1.43	1.40	2.57	—	—
1897	1903	—	—	57.00	— 4.31	116.20	— 3.53	84.10	— 2.54	53.10	1.49	27.20	— 0.54	17.90	0.46	8.50	1.41	1.38	2.21	—	—

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass sich bei dem Po während eines Jahrhunderts die Dauer der Hochwasser nicht vergrössert hat, obwohl bisweilen höhere Wasserstände beobachtet wurden, als in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts; diese wurden dann aber durch seltene meteorologische Ereignisse verursacht.

Wenn man das Wesen eines Flusslaufes auf Grund von Beobachtungen während einer langen Periode erforschen will, so muss man alle zufälligen Ereignisse und Regelwiedrigkeiten, die die Folge irgend welcher Spezialursachen sind, unberücksichtigt lassen. Da kommen besonders in Betracht alle periodisch wiederkehrenden Niederschläge und Platzregen, die sicher immer einen Haupteinfluss auf die Wassermenge eines Flusses ausüben. Andere Fälle, unter denen besonders die Bewaldung zu zählen ist, sind nur von unbedeutender Wirkung. Die Unterschiede in einer kurzen Periode verschwinden, wenn sich die Beobachtungen auf einen längeren Zeitraum erstrecken.

Man könnte nach dem Vorhergesagten also wohl folgende Schlüsse ziehen :

Die Wälder sind von grosser Wirksamkeit in Bezug auf die Befestigung des Bodens, besonders der stark geneigten Abhänge, und sie verhindern ein Fortschwemmen der Erdmassen. Die Wirksamkeit ist grösser, wenn der Boden undurchlässig ist. Giebt man den Einfluss der Wälder auf die Häufigkeit der Regenfälle zu, so verändert die vermehrte Niederschlagsmenge doch nicht merklich das Wesen der Flussläufe. In Gegenden, wo der Untergrund sehr durchlässig ist, sind die Wälder, da sie die kleinen Niederschläge vollkommen absorbieren, eher schädlich als nützlich.

Die Wälder halten das zu schnelle Abfliessen der Regenmassen in die Flüsse auf, und reduzieren ihr Volumen. Also, in Bezug auf die Hochwasser, ist ihre Einwirkung nur minimal.

Die Wälder schwächen das Absorptionsvermögen des durchlässigen Bodens ab; ist der Untergrund undurchlässig, so verstärken sie das Absorptionsvermögen des darüberliegenden Bodens; die Wälder können also zugleich schädlich und nützlich wirken.

Jetzt, wo wir die besonderen Eigenschaften der Wälder erforscht und gegen einander abgewogen haben, können wir uns einen theoretischen Schluss über ihre Wirksamkeit gestatten. Man kann bei den Wäldern wohl von einer Einwirkung in Bezug auf die Befestigung des Bodens und auf die Regulierung der Flussläufe sprechen.

Will man zur Wiederbewaldung schreiten, so tut man gut erst die unteren Bodenverhältnisse eingehend zu studieren, denn man kann nicht ohne Weiteres sagen, dass eine Wiederbewaldung immer von Nutzen ist, wie ja auch eine Entforstung nicht immer schädlich ist.

Wenn wir also einen Satz aufstellen dürfen, so würden wir mit voller Ueberzeugung Folgendes sagen: die Wälder sind stets von Nutzen in Gegenden mit undurchlässigem Boden, auf durchlässigen Boden ist ihre Wirksamkeit sehr gering, wenn nicht gleich null.

## II. — Von dem Einfluss der Trockenlegung der Sümpfe.

Bietet Italien ein weites Feld zum Studium der Einwirkungen der Entforstung der Wälder, so giebt es nicht weniger ein reiches Gebiet ab zum Studium der Wirkungen, die die Trockenlegung von Sümpfen auf die Flussläufe ausüben, obwohl gerade dies Gebiet stets die Sorge unserer Regierung war und noch ist.

Die erste wichtige, in der Geschichte erwähnte Trockenlegung eines Gebietes ist vielleicht die des alten Sees Chiana, den der Arno in dem Bezirk Casentino gebildet hatte; sie wurde wahrscheinlich von einer etruskischen Kolonie ausgeführt.

Weiter fanden statt, die Trockenlegung der Sümpfe von Terracina unter Appius Censor, die Entsümpfung des Sees Fucino, begonnen unter Appius Claudius, weiter wurden Versuche angestellt, die pontinischen Sümpfe trocken zu legen, ebenso diejenigen in Toscana und Neapel, u. s. w. Alle diese Versuche zeigen, wie sehr man schon in den frühesten Zeiten seine Aufmerksamkeit auf dies Gebiet lenkte.

Das neuere Italien kann in dieser Beziehung zwar nicht so grossartige Arbeiten aufweisen, wie Holland, das gerade auf diesem Gebiete rühmlichst bekannt ist, aber es hat doch schon umfangreiche Arbeiten ausgeführt, und ungefähr eine halbe Milliarde francs dafür verausgabt.

Die besonderen Verhältnisse unseres Landes, die alluviale Formation seiner meisten Ebenen und der eigenartige Zustand seiner Küstengebiete haben geschickte Massregeln nicht nur in Bezug auf landwirtschaftliche Verbesserungen, sondern noch in höherem Masse in hygienischer Beziehung verlangt. Auf Grund des Gesetzes zur Erlangung von Verbesserungen in gesundheitlicher Beziehung sah sich der Staat genötigt, ungesunde

Landstriche aufzukaufen, um hier in wirksamer Weise vorzugehen zu können. Von 142 solchen Unternehmungen, die sich auf 43 Provinzen verteilen, ist der Staat bei allen beteiligt gewesen, oder noch beteiligt.

Aber in nur ganz wenigen Fällen ist irgend ein Einfluss infolge dieser Arbeiten auf einen Flusslauf zu verzeichnen gewesen.

Wegen der Gestalt unseres Landes und der engen Beschaffenheit unserer Küstengebiete hatte man stets mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen den Sammelkanälen in den trockengelegten Gebieten des richtige Gefälle zum Meere hin zu geben. Man hätte ja einfacher und deswegen auch sparsamer vorgehen können, indem man die Abflusskanäle in die vorhandenen Flussläufe einmünden liess; aber dies verbot wieder die Beschaffenheit derselben, von der wir schon in dem ersten Teil dieser Arbeit gesprochen haben.

Es sind zahlreiche Trockenlegungen in Italien vorgenommen, die jedoch alle, mit wenigen Ausnahmen, nur von geringerer Ausdehnung und Bedeutung sind. In einigen Fälle konnte man höher gelegene Sümpfe direkt zum Fluss hin entwässern; auch hier handelte es sich um unbedeutende Gebiete, von einem merklichen Einfluss auf die Flüsse, die hier als Sammler dienen, war nichts wahrzunehmen.

Auch zum Po hin hat man verschiedene Gebiete entwässert, und auch hier waren nachteilige Folgen für den Fluss selbst nicht zu verspüren. Zu den Flüssen, die Zuflüsse aus trockenangelegten Gebieten erhalten, sind auch die in der Burana und in den grossen veronesischen Tälern zu rechnen. Hier sind aber andere Einwirkungen von grossem Einfluss auf die Flussläufe gewesen. Die in der Burana trockengelegten Strecken umfassen das ganze Gebiet zwischen dem Bompertokanal, der Secchia und dem Parano einerseits, und dem rechten Ufer des Po andererseits, es ist ungefähr 84 000 ha gross. Hier hat das Prinzip der Trennung des Grundwassers von dem fliessenden Wasser eine sehr geschickte Anwendung gefunden (1).

Zum Volano hat man ein Gebiet von 51 000 ha Grösse entwässert, und die Wassermenge dieses Flusses hat sich infolgedessen so vergrössert, dass derselbe heute wieder seinen alten Rang unter den schiffbaren Flüssen Ferraras einnimmt. Man

---

(1) MAGANZINI: « La Bonifacia di Burana ». *Giornale del Genio Civile*, Anno 1887.

muss aber auch die Veränderungen betrachten, die gleichzeitig mit diesem Kanal vorgenommen wurden. Derselbe erhielt in seiner ganzen Ausdehnung eine ziemlich grosse Vertiefung, sein Bett wurde verbreitert und begradigt und sein Lauf um 19 km verkürzt. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten hat man auch die Ufer des Codigoro begradigt und zum Po hin einen Verbindungs- bzw. Ableitungskanal gegraben, der dem neuen Kanal Wasser zuführen soll.

Es ist somit in Wirklichkeit ein vollständig neuer Kanal entstanden.

Der Tartaro und der obere Canalbianco erhalten ihr Wasser aus den veronesischen Tälern; beide haben sich nach Beendigung der Trockenlegungsarbeiten sehr verändert.

Bei seinen hydrometrischen Beobachtungen hat Zoppellari (1) bemerkt, dass der Tartaro hinterher 0,82 m an seiner durchschnittlichen Wasserhöhe eingebüsst hat.

Wenn man bedenkt, dass die aus den entwässerten Gebieten herrührenden Wassermengen ziemlich beträchtlich sind, so hätte sich eigentlich der durchschnittliche Wasserstand heben müssen. Dies ist aber deswegen nicht eingetreten, weil das Flussbett in umfangreicher Weise gereinigt, und Vorsprünge und Erhebungen im Bett beseitigt wurden; auch hat man dem Fluss ein gleichmässigeres Gefälle gegeben und ein Zentralfahrgewässer geschaffen. Somit wären dies die besonderen Ursachen von dem Sinken des Wasserspiegels. Die Beobachtungen Zoppellaris gehen bis zum Jahre 1895; nach dieser Zeit konnte man allerdings ein Zunehmen sowohl im höchsten wie im tiefsten Wasserstand konstatieren. Während der 5 Jahre von 1897-1901 hat man im Hochwasser eine Zunahme von 0,38 m und im tiefsten Wasserstand eine solche von 0,29 m wahrgenommen. Verglichen mit den mittleren Höhen in den Jahren 1896-97 beträgt die Zunahme 0,24 und 0,25 m.

Wir haben leider keine Angaben, die sich auf die Niveauveränderungen vor 1895 beziehen, wir glauben aber, dass bei einem Vergleich mit den Daten dieser Jahre, sich die Zunahme noch höher stellen würde.

Es steht also fest, dass die aus trockengelegten Gebieten kommenden Gewässer, die im allgemeinen klarer sind, als die, in welche sie sich ergiessen, in günstiger Weise auf einen Fluss-

---

(1) ZOPPELLARI, *Studi sul regime del Tartaro e del Canalbianco.*

lauf einwirken und zur Hebung des mittleren Wasserspiegels beitragen.

Bei unseren Flüssen ist dieser Vorteil, da hier noch besondere Umstände mitsprechen, nur gering, auch misst man ihm bei uns nur wenig Bedeutung bei.

Der Zweck unserer Gesetze, die sich, wie wir schon früher erwähnt haben, die Trockenlegung der sumpfigen Gegenden zum Gegenstand gemacht haben, ist also gut. Doch muss man in Italien darnach streben, die Abwässer dieser Gebiete nicht in die Flüsse, sondern wenn irgend möglich direkt in das Meer zu leiten.

PONTI.

---

S. 61



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-349894**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299488