

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 100-2 (1919)

**Rubrik:** Discorso inaugurale del Presidente annuale e conferenze

### **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:** 15.04.2026

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

Discorso inaugurale  
del Presidente annuale  
e  
Conferenze

---

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten  
und  
Vorträge

---

Discours d'introduction  
du Président annuel  
et  
Conférences

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Discorso inaugurale del Congresso.

Dott. ARNOLDO BETTELINI.

*Signore e Signori,*

La tradizione vuole che il presidente, accogliendo nella sua terra gli ospiti che partecipano al Congresso della Società Elvetica di Scienze Naturali, tenga il discorso inaugurale. Io, povero di dottrina e di autorità, lo farò brevemente.

Con animo lieto e grato saluto il rappresentante del Consiglio federale, Giuseppe Motta, vice-presidente della Confederazione, il quale tiene alto il prestigio del nostro Cantone nei Consigli della nostra Repubblica ed ha reso così insigni servigi da renderlo benemerito della Patria; saluto gli onorevoli rappresentanti del Governo cantonale e del Municipio di Lugano; saluto voi, illustri cultori svizzeri delle scienze. Benvenuti, a nome delle Svizzera Italiana, che rivendica nella vita elvetica un posto più conforme al suo diritto perchè vuole poter compiere interamente il suo dovere; a nome di Lugano, che all'orgoglio per la sua bellezza congiunge il culto per le civili libertà e decise, col pensiero e coll'arme, che il Cantone Ticino fosse libero e svizzero. Benvenuti, a nome delle associazioni scientifiche e culturali ticinesi, che hanno un compito particolarmente arduo ed alto, quello di elevare e sviluppare, senza l'ausilio di un centro accademico nostro e la cui funzione esse perciò in parte assumono, il pensiero, la cultura, la virtù, il valore della gente svizzero-italiana.

Noi comprendiamo l'onore che tocca al paese nostro di essere sede del vostro 100° congresso. La vostra associazione è la più grande potenza intellettuale della Svizzera. Essa lo è non soltanto perchè raccoglie in una organizzazione ammirevole i cultori delle scienze pure ed applicate, ma anche per la altezza delle sue mete, per la nobiltà della sua vita, per la grandezza della sua opera.

Metà altissima è veramente quella della vostra Associazione, di tener vivo e propagare il culto del vero, di favorire la libera indagine in ogni campo della natura, di creare il vincolo sacro

della mutua amicizia e della reciproca cooperazione fra gli operai della scienza. Vita nobilissima è quella della vostra Associazione, nella quale la più serena concordia regge, per tradizione consacrata, lo svolgimento dei suoi lavori e le relazioni fra le numerose Società affiliate.

Opera grandissima è quella da essa compiuta, in un secolo di vita, e di cui sono testimonianza l'incomparabile tesoro delle pubblicazioni sue e delle sue commissioni speciali, le iniziative da essa assunte per lo studio, la illustrazione e la protezione della natura, per la pratica applicazione delle scoperte scientifiche, per l'inciviltamento progressivo e la prosperità del popolo svizzero.

I vostri cento congressi sono stati l'annuale celebrazione del pensiero scientifico nazionale, e hanno portato sempre ed in ogni regione impulso allo studio, all'incremento della cultura, all'elevazione della civiltà: sono stati un inno di fede e di volontà, hanno creato un poema monumentale che onora la patria e le menti colte e gli animi sereni che le hanno dato questo sacro patrimonio.

Immenso è il bene, che in un secolo di lavoro, la vostra Società ha fatto alla Patria Svizzera; immensa la gratitudine che da essa ha meritato. Tutta una miriade di nomi illustri si affaccia alla nostra rievocazione, oggi che si riunisce per la centesima volta la vostra, la nostra Associazione e si considera il suo passato per trarne auspicio per il suo avvenire. Sono gli uomini che hanno diretto, con elevatezza di animo e di mente, l'organizzazione; sono gli uomini che hanno profuso il tesoro dei loro pensieri nelle pubblicazioni; sono gli uomini che apportarono nelle assemblee generali e sezionali i risultati delle loro investigazioni fatte nella libera natura o nei silenziosi laboratori, come le pie ed industrie api che raccolgono il nettare e lo portano al comune alveare.

Qual magnifico spettacolo di cooperazione, quale esempio edificante di solidarietà delle forze più elette della scienza elvetica hanno dato questi uomini! Ad essi, umile interprete, io esprimo la riconoscenza del paese; a quelli che hanno già chiusa la loro opera ed a quelli che ancora la continuano.

Altrove, pei dotti esistono cenacoli accademici, ove con rigide cerimonie si largiscono le palme e gli allori. La nostra scienza ignora queste istituzioni aristocratiche e formole cerimoniose. Essa è sempre stata democratica, si è svolta nel popolo e per il popolo. Salga adunque da tutto il paese, da tutto il popolo elvetico la voce

della riconoscenza alla vostra Associazione, che oggi inaugura il suo 100° congresso annuale, e che si avvia all'avvenire con saldezza di propositi e con la coscienza di compiere opera alta e serena.

La Svizzera Italiana, lieta ed orgogliosa di ospitarvi, si unisce a questa voce di riconoscenza e di ammirazione. Altre volte la vostra Società tenne le sue assise nella nostra terra cisalpina e sempre lasciò una scia luminosa di pensiero, di fede, di amore. Oggi la vostra venuta ci è particolarmente grata.

A pena abbiamo insieme superato il tragico quadriennio della guerra più scellerata e ingiustificata che mai sia stata scatenata; la guerra che più di ogni altro è stato un attentato alla civiltà, un assassinio dei più nobili principi di fratellanza e di umanità ai quali le menti più eletti avevano lavorato, a traverso i secoli, per la elevazione umana. Il ciclone orrendo ha flagellato le terre che circondano la nostra Repubblica; ha decimato le forze più vitali e generose dei popoli che ci stanno vicini; ha avvelenato la generazione di odî e di inimicizie. Anche la nostra concordia è stata qualche volta minacciata dalle passioni, rese violente e sospettose; anche il nostro edificio statale ha subito raffiche e paralisi. Ma il nostro spirito di pace, di fratellanza, di umanità ha vinto tutte le azioni dissidenti e dissolventi. Noi, nel delirio bellico che travolse i popoli d'Europa, tenemmo acceso il fuoco sacro della concordia delle stirpi, della carità umana, dell'amore fraterno: fuoco sacro, che mai cessò di brillare sulle nostre Alpi e che, rischiarato l'orizzonte europeo, auguriamo abbia ad illuminare tutti i popoli, guidarli fuori dai traviamenti nei quali ancora si smarriscono e condurli alla pace, alla risurrezione spirituale e materiale, all'affratellamento nella libertà, nella giustizia, nel lavoro.

Inviando a tutti questi popoli doloranti il nostro augurio, ed ai nostri popoli confederati il nostro saluto, accingiamoci all'opera serena e fraterna che qui ci aduna. La scienza ci avvicina, ci unisce, ci eleva. Noi, confederati, siamo distinti per la lingua, per l'arte, per la religione; ma la scienza ci unisce. Essa è universale, come universale è la verità. Presieda adunque al nostro congresso quell'alto spirito di concordia e di fraternità che forma l'essenza stessa della nostra vita elvetica ed il pegno migliore del nostro avvenire di popolo.

\* \* \*

Ed ora, Signori, cedendo nuovamente al dovere impostomi dall'alta carica che voi, con generosità che mi confonde, mi affidaste e che io non posso interpretare che quale onore che voleste fare alle associazioni culturali che, per la benevolenza dei miei amici, presiedo; ora, dico, debbo intrattenervi ancora qualche istante per assolvere il compito di esporvi, con breve cenno, i caratteri più salienti del paese che vi ospita.

La terra ticinese offre tanta varietà e leggiadria di paesaggi come nessun'altra così piccola. Lassù, l'Alpe, con le giogaie di montagne poderose, le vette nude dirupate, nevose, le solitudini solenni, il profondo silenzio del cielo. Poi, la Leponzia, con le sue grandi vallate verdi, con picchi ed argentee cascate, coi villaggi raccolti nei ripiani solatii, con la miriade di cascinali disseminati nel manto erboso. E infine l'Insubria, questo paradiso di bellezza. Qui il sorriso di laghi azzurri, di clivi fioriti, di dolci colli, di verdi monti. Cittadine doviziose e villaggi aprichi animano questo sogno della natura. Una smagliante fioritura canta e rinnovella il suo inno di letizia. Ed un sole ardente irradia, quasi ogni giorno, nella limpida serenità di un cielo, nel quale si svolgono i più grandiosi spettacoli di colorazione, dalla radiosa aurora, che si annuncia, dietro i monti crestati, con argentine e vermiglie vibrazioni di luce, alla trionfante apoteosi solare ed alla gloria di oro e di porpora del tramonto.

Alla varietà orografica corrisponde la varietà della flora.

Sull'Alpe, vive la sua esistenza, tormentata di lotte e di travagli, la peregrina ed umile coorte di arditi avamposti vegetali, costituita di forma autoctone alpine e di altre che riappaiono ad inverdire ed allietare le desolate solitudini circumpolari. Sono le specie briofitiche, che ornano di chiazze le supreme sommità rupestri; quelle erbacee, che formano i verdi pascoli alpini; i nani arbusti, che s'aggrappano a massi protettori e, più in basso, s'addensano in ampi cespuglieti di rododendri, di ontano verde, di pino nano, che annunciano ormai la foresta. E questa si stende infatti da circa 2000 m. sul livello marino in giù, ora ad alberi dispersi or ampia e serrata, or diradata o ridotta dalla mano dell'uomo o dalle mandre pascenti. Sono dapprima le conifere, che drizzano i loro solenni colonnati: il zimbri vigoroso e fiero che, numeroso dianzi nelle nostre montagne nordiche, è stato, dalla persecuzione del mandriano, ridotto a poche solitarie località: il larice, che dai

confini superiori della flora arborescente scende sino ai castagneti, come avviene in Val Blenio, od ai faggeti: la peccia, l'abete, il pino montano, il pino silvestre.

Nelle vallate volte a mezzogiorno, ove i rigori invernali sono meno intensi e meno lunghi che nell'Alpe, e in tutta l'Insubria, le conifere cedono il posto alle frondifere. Le formazioni floristiche diventano più varie, il numero delle specie aumenta. Domina, in alto, il faggio con i più cospicui rappresentanti della flora dell'Europa centrale: il frassino, il tiglio, la quercia, l'acero ed altri alberi che appaiono quà e là anche nelle regioni di boscate a testimoniare l'ampiezza e la bellezza di quelle antiche foreste, di cui sono i supestiti solitari.

E infine la regione vegetativa meridionale. La sua estensione è segnata specialmente dal castagno. Dalla conca di Olivone, dall'antro del monte Piottino, dalle pendici di Val Lavizzara scendendo fino al monte Olimpino, la chioma tondeggiante, ornata del grande e lucente fogliame, sorretta dai grossi tronchi ramosi e irregolari porta una nota caratteristica alla fisionomia del paese. Il castagno infatti riveste vaste pendicidi monti e di colli, contorna clivi coltivati a prati o vigneti, forma, a molti villaggi corona di verzura e di frescura, inghirlanda gli aprichi casolari. Nei monti calcarei o troppo aridi, il castagno cede il posto ad altri consorzi meridionali, nei quali primeggiano il carpino nero ed il cerro e quà e là si notano anche specie mediterranee, quali il bagolaro, il frassinello, l'agrifoglio, il pugnitopo. Vasto terreno occupano le colture agricole, i vigneti disposti sulle perdici a guisa di lunghe gradinate, i campi di maïs e di frumento. In questi si elevano alberi caratteristici: gelsi, mandorli, peschi, fichi, e nei luoghi più caldi il mite olivo, il nobile alloro, l'anelante cipresso. Alla ricchezza e varietà di questo lussureggiantemanto vegetale corrisponde la ricchezza e la varietà della fauna, che con quello è in stretto legame di vita.

Lassù, nelle giogaie dell'Alpe, la fauna nivale e alpina, con i suoi rappresentanti tipici, quali la marmotta, la lepre bianca, l'ermellino, i rari camosci. Poi, nelle foreste, il mondo animale comune all'Europa centrale. Qui, sui colli e sulle sponde dei laghi, i rappresentanti della fauna meridionale: il melodioso usignolo, il ramarro, lo scorpione, la mantide religiosa, la cicala.

Nè meno interessante è il mondo organico che precorse l'attuale e le cui tracce trovansi nei giacimenti fossiliferi.

Il conglomerato di Manno ci offre resti delle meravigliose foreste di felci arboree, alte sino a trenta metri, che ornavano colle loro chiome eleganti le isole che qui sorgevano dal mare che, nell'epoca carbonifera dell'èra primaria, si stendeva sull'attuale Europa.

I vasti depositi sedimentari, che costituiscono le attuali montagne calcaree del Ticino meridionale e della media Leponzia, gli scisti grigionesi, che si trovano nelle falde dei massicci del Gottardo e del Greina, e gli scisti bituminosi del S. Giorgio contengono una grande dovizia di fossili. Essi ci raccontano le vicende della immensa èra secondaria, durante la quale un mare placido, poco profondo, si stese quasi costantemente sull'attuale nostro paese. Sono innanzitutto i fossili dei monti dolomitici del Trias medio: alghe, contenute in immensa quantità; molluschi (solo nel S. Salvatore se ne trovarono 50 specie); coralli, che formavano estesi banchi. Poi sono i meravigliosi depositi fossiliferi degli scisti bituminosi di Meride ed Arzo, contenenti i primi vertebrati, ventuna specie di pesci e tre di rettili, fra i quali il famoso *Mixosaurus* Cornaliano che Stoppani ha definito — il più bel fossile scoperto in Lombardia —; e ben 36 specie di ammoniti, e inoltre le prime conifere. Poi i ricchissimi depositi dei calcari giurassici e specialmente quelli dei marmi di Arzo e di Saltrio. Poi gli avanzi dell'agitata èra terziaria, nella quale è culminato il movimento tellurico che ha sollevato le Alpi; quindi quelli dell'attuale èra quaternaria, nella quale avvengono le grandiose espansioni dei ghiacciai e la comparsa dell'uomo nel nostro paese.

Gli espandimenti glaciali e le vicende del mondo organico in questo periodo della storia geologica sono qui chiaramente segnati. Le morene ed i massi erratici, disseminati in tutta la regione, ed i depositi infraglaciali, dimostrano che a più riprese le fiumane di ghiaccio scesero dai massicci alpini sino alla pianura del Po. Nel penultimo periodo di glaciazione, il Riss, che fu il maggiore, tutte le nostre vallate erano invase da enormi fiumane glaciali, che raggiungevano sopra Airolo l'altezza di 2100 metri, sopra Biasca 1900, sopra Bellinzona e Locarno 1600, sopra Lugano 1000 metri. Solo le vette delle più alte montagne emergevano, quali isole nevose, nel mare di ghiaccio che copriva il nostro paese.

Il ghiacciaio delle vallate del Ticino si spingeva parte lungo l'attuale Verbano sino al Varesotto e Somma Lombardo, parte vali-

cava il Monte Ceneri e, congiuntosi nel bacino luganese col ghiacciaio dell'Adda che vi penetrava dalla valle porlezza, scendeva sino oltre Como e vi si stendeva in ampio fronte da Lecco a Cantù e Varese.

I periodi infraglaciali (decorrenti fra l'una e l'altra discesa dei ghiacciai), hanno lasciato tracce, nei depositi argillosi e morenici, della vita organica che si svolgeva. La flora era costituita di specie, di cui molte sono le progenitrici degli attuali nostri alberi, altre sono identiche a quelle che ancora oggi vi si trovano. Nella fauna dominarono elefanti, rinoceronti, ippopotami, bovi, attualmente estinti o ritirati in paesi più caldi; ed altri animali che sono rimasti e vivono nella nostra regione.

Dopo l'ultimo regresso dei ghiacciai il nostro paese è apparso nella sua attuale conformazione geografica. Ed un avvenimento di somma importanza non tarda ad effettuarsi: la comparsa, nella nostra regione, dell'uomo. Non si hanno tracce dimostranti che vi ebbe sede l'uomo cavernicolo, in lotta con l'orso delle caverne e con le altre fiere che popolarono le prealpi cisalpine. E neppure vi si rinvennero avanzi dell'uomo palafitticolo. Ma la scoperta di villaggi lacustri nei vicini laghi lombardi lascia supporre che anche sui nostri laghi si siano stabiliti quei nostri antichi predecessori.

Le tracce dei villaggi lacustri trovati nella parte inferiore del Verbano e nel lago di Varese ci rivelano le condizioni di vita di quelle colonie palafitticole, che, venute probabilmente da oltre Gottardo, si erano stabilite sulle rive placide, ospitali dei laghi insubrici e non oltrepassarono il Po.

Quei primitivi abitanti ignoravano i metalli; i loro utensili erano di legno e di pietra. Si occupavano della pesca e della caccia, ma si occupavano anche di agricoltura.

Le pianure erano folte di foreste di quercie, olmi, aceri, ontani e fors'anche di conifere; e sulle pendici soleggiate già si erano stabilite le piante giunte dal Mediterraneo: il castagno, il noce, l'olivo, il celtide.

Mandre di uri e di bisonti dominavano nelle zone erbose, con caprioli e cervi. E l'uomo palafitticolo insubrico intraprese la conquista, il dissodamento e la coltivazione delle sponde prossime ai suoi villaggi, estendendo sempre più il suo dominio. Addomesticò alcuni animali, il cane innanzitutto, la capra, la mucca, e forse la pecora. Coltivò il frumento, che ebbe la sua maggior cura, l'orzo, il miglio, la segale, il lino.

Ecco adunque l'inizio, l'albore della nostra civiltà. La introduzione degli utensili di metallo ha poi dato all'uomo mezzi più efficaci per la conquista della terraferma sulla quale egli trasporta anche la sua dimora, per estendere la sua opera colonizzatrice, aumentare le produzioni agricole, le quali resero possibile la esistenze nelle nostre fertili colline di una popolazione numerosa.

Le necropoli trovate in varie parti del nostro paese e specialmente quella così importante situata nel rialto di Giubiasco, ove era allora il litorale del Verbano, segnano il graduale e progressivo cammino della civiltà, alla quale i Romani impressero possente impulso. Sotto il loro saldo dominio, l'opera colonizzatrice era penetrata certamente anche nelle nostre vallate, facilitata dalla costruzione delle strade, di cui rimangono tuttora tracce, e dalla forte organizzazione statale.

Per lunghi secoli, la popolazione della nostra regione è stata poi travolta e tormentata dalle guerre per il dominio dei valichi alpini: e varie civiltà vi si sono sovrapposte, apportando periodi di incivilimento e di regresso, a seconda dei dominatori.

La penetrazione del cristianesimo ha segnato l'avvento della nostra civiltà storica. Le sue dottrine di bontà e di amore fraterno, di elevazione e purificazione spirituale hanno rapidamente e saldamente conquistata l'anima del nostro popolo. In ogni borgo, in ogni villaggio si elevano templi alla novella religione; e si innalzano le torri campanarie, dominanti, che concorrono a dare espressione e carattere ai nostri paesi. Nella età di mezzo, una pleiade di artisti, il cui senso estetico era certamente educato dalla bellezza della nostra alma terra, costruiscono e più ancora abbelliscono di ammirevoli ornamenti in marmo ed in gesso centinaia di chiese. Nei conventi, numerosi, si coltivano la pietà e gli studi.

Un millennio di cristianesimo ha plasmato la nostra civiltà ed ha impresso alla nostra stirpe i suoi caratteri spirituali.

La nuova civiltà, scaturita dal grande sussulto della rivoluzione francese, di odio e di amore, di distruzione e di rinnovamento, ha segnato un nuovo periodo nella storia del nostro incivilimento. Il popolo nostro assurge alla propria indipendenza politica e si stringe, spontaneamente, ai popoli confederati della Repubblica Elvetica. Attraverso a convulsioni partigiane, si foggia istituzioni ed ordinamenti civili. Domina un alto pensiero di educazione delle virtù intellettuali del popolo; e per opera del più grande, benefico

cittadino che il nostro paese abbia mai avuto, si creano le scuole pubbliche. Tutta una pleiade di alti intelletti e di nobili coscienze dedicano al paese le loro virtù.

L'opera dei nostri cittadini si estende ormai ad ogni campo della civiltà umana, e si svolge nelle scienze e nelle arti, nella politica e nelle industrie.

Ecco la mite e nobile figura del grande educatore e pensatore Francesco Soave, la saggia e serena ed ampia azione di Stefano Francini, l'umanitaria e caritatevole opera di Serafino Balestra quella geniale di Vincenzo Vela. Ecco la eletta schiera dei naturalisti: Luigi Lavizzari, Alberto Franzoni, l'abate Stabile, Antonio Riva, il padre Daldini ed altri viventi. Ecco gli uomini di Stato che compirono opera non ancora equamente pregiata; i tecnici, che costruirono la meravigliosa rete stradale e ferroviaria, gli acquedotti, gli impianti elettrici, che indigarono i fiumi; i costruttori che ampliarono le nostre città; i forestali che frenarono i torrenti e le valanghe; gli agronomi che migliorarono le produzioni del suolo; e le generazioni degli educatori e degli insegnanti che hanno man mano redenta anche la parte umile della popolazione dall'analfabetismo, che hanno rivelato a tutto il popolo lo splendore della moderna vita intellettuale.

Oggi la nostra Terra Ticinese ha una civiltà cospicua: una civiltà che si radica in quella italiana e che acquista caratteri propri dall'influenza su essa esercitata dalle nostre speciali condizioni di vita politica e dallo spirito democratico della nostra Repubblica Svizzera.

Il graduale e progressivo sviluppo ascensionale della nostra civiltà, delle nostre virtù etniche, delle nostre facoltà collettive pel bene nostro e pel concorso che possiamo portare all'incivilimento umano richiedono di conservare i caratteri della nostra civiltà, della nostra stirpe, la nostra essenza etnica.

A tal fine occorre innanzitutto che sia conservato il carattere della grande fonte di ispirazione che è la natura stessa. La bellezza del paesaggio è un bene pubblico. Ogni sua deturpazione costituisce un danno collettivo. Onde la necessità dell'azione tutrice.

Finora il nostro Stato cantonale poco ha fatto in questo campo. Occorre che esso svolga quell'azione legislativa ed esecutiva che quasi tutti gli altri Cantoni svolgono, la quale nel nostro è anzi

più necessaria ed urgente che in questi, sia per la dovizia del patrimonio da tutelare, sia per l'azione dissipatrice che si compie.

L'azione dello Stato deve essere integrata da quella dei Comuni e delle associazioni private. E qui mi sia lecito esporre il desiderio che, come nelle giogaie dell'Engadina si è creato un vastissimo parco naturale ed in altre regioni si sono costituite riserve più o meno estese, ciò avvenga anche nel Ticino. Ed io rinnovo la proposta che sia condotta ad effettuazione l'iniziativa promossa di creare un parco naturale fra Gandria e Castagnola, ove s'annidano i rappresentanti della flora e della fauna meridionali, e costituisce un meraviglioso campo di studio per il naturalista, di ammirazione per l'esteta ed è, direi quasi, un lembo di riviera mediterranea in terra elvetica.

E la proposta rinnovo che Lugano abbia a creare un vero e proprio Museo Ticinese, organizzato su un piano organico ed integrale. Un museo che faccia conoscere le meravigliose ricchezze e le rarità peregrine della nostra flora e della nostra fauna, di cui tanti musei esotici avidamente raccolgono le specie caratteristiche; gli ammirevoli minerali, di cui i musei di Zurigo, di Berna, di Milano conservano esemplari di rara bellezza; il ricchissimo mondo paleontologico che ha arricchito tante straniere collezioni; le reliquie preistoriche, che formano la maggior ricchezza archeologica del Museo Nazionale di Zurigo. E faccia conoscere le produzioni artistiche che, dall'età di mezzo in su, i Ticinesi hanno diffuso in patria e quindi in Italia e quindi in Francia, in Ispagna, in Russia; ed il lavoro immenso e geniale che la nostra emigrazione ha compiuto nei Cantoni Confederati, negli Stati europei e, negli ultimi decenni, nell'Africa settentrionale, nell'Australia e specialmente nelle due Americhe, lavoro che costituisce un grande poema di intelligenza e di volontà. E faccia conoscere il sorgere ed il progredire, pur contro tante difficoltà geografiche e politiche, della nostra civiltà; l'immensa opera compiuta per dissodare e fecondare i nostri piani ed i nostri monti, per ristaurare le nostre foreste, frenare i torrenti e le valanghe, per congiungere di strade tutti i nostri dispersi villaggi, per lanciare ferrovie attraverso il paese e nelle sue vallate e su erte montagne, per promuovere industrie, per dare giustizia a tutti, dal ricco signore all'umile montanaro, per dare ospitalità e conforto agli infermi, per educare ed istruire tutta la popolazione nostra, elevarne la virtù fattiva, la consistenza morale, la coscienza

civile; per formare insomma di essa un popolo veramente libero, fattore di progresso umano.

Queste istituzioni ed altre simili, destinate a far conoscere e conservare le bellezze della nostra alma terra, i nostri caratteri tradizionali, le nostre virtù etniche devono essere integrate dall'azione diretta. Dobbiamo, meglio che non facemmo, studiare e far conoscere il pensiero dei nostri predecessori, lo spirito che essi hanno trasfuso in una magnifica produzione intellettuale che noi abbiamo quasi completamente lasciato cadere nell'oblio e che può essere, deve essere una fonte copiosa e feconda di ispirazioni per la nostra anima e per la nostra mente.

Dobbiamo dare alle nostre scuole un indirizzo che educi gli animi all'amore per la nostra essenza, elevare la nostra cultura sì che possa assorbire quelle esotiche importate dagli individui che immigrano nel nostro paese; dare al nostro popolo un'anima salda ed elevata, perchè è l'anima che dà ai popoli nobiltà e grandezza.

Così noi avremo posto le fondamenta per conservare alla Svizzera Italiana i suoi caratteri naturali e culturali e per assicurare la progressiva elevazione della sua civiltà tradizionale.

La geografia, la storia, la situazione politica impongono alla Svizzera Italiana il dovere di salvaguardare la propria individualità, la propria essenza. Come il Cantone Ticino, quando l'Italia giaceva oppressa e divisa, ha potuto dare, con la sua libertà ospitale, valido aiuto alla redenzione ed alla costituzione dell'Italia, così esso, facendo parte della Svizzera, intende e deve ora cooperare all'affratellamento dell'umanità.

La Svizzera è l'esempio secolare, eloquente, educatore della concordia delle stirpi. Essa ha percorso, con la realtà propria, l'aspirazione dell'umanità dolorante alla pace, all'unione, alla cooperazione delle varie stirpi, che sono i vari elementi che devono formare la famiglia umana.

L'esistenza e la prosperità della Svizzera acquistano perciò uno speciale interesse, un'importanza universale perchè la Svizzera è, in germe, l'umanità avvenire.

La Svizzera Italiana, conservando la propria civiltà e sviluppando la propria essenza, apporta alla Confederazione un concorso che le è indispensabile per la sua funzione storica nel consorzio umano. Sciogliendola per sede del vostro congresso giubilare, voi le attestaste il vostro desiderio che sia elemento fattivo nella vita

elvetica, che concorra all'opera di elevazione e di affratellamento, che cooperi a quella missione universale che la Svizzera assolve col suo stesso esempio.

Ebbene, la Svizzera Italiana è conscia del suo nobile ed alto dovere e saprà adempierlo con sincera fede, con virile tenacia. Il congresso attuale concorrerà a sviluppare nella nostra generazione e più ancora nei giovani, che sono la nostra speranza, l'amore della cultura, la devozione alla scienza, la volontà di conquistare e diffondere la verità, di cooperare all'affratellamento ed all'elevazione degli uomini.

Accingiamoci adunque con l'animo sereno e fidente al lavoro.

Il genio della Patria ci guidi e ci infonda luce intellettuale piena d'amore.

## La structure des atomes.

A. BERTHOUD (Neuchâtel).

Quoique les atomes se comportent dans tous les phénomènes chimiques comme s'ils étaient indivisibles, des phénomènes d'ordre divers ont depuis longtemps conduit à l'opinion qu'ils ne sont pas simples, mais représentent des systèmes plus ou moins complexes. Cependant, jusqu'à la fin du siècle passé, toute hypothèse précise sur la constitution de la matière est restée impossible, car une base expérimentale faisait défaut. C'est la découverte des rayons de Röntgen (1895), suivie bientôt de celle de la radioactivité qui a ouvert une ère nouvelle pour le problème de la constitution de la matière. L'étude des rayons X n'a pas tardé, en effet, à amener une découverte de la plus haute importance, celle de *l'électron*.

C'est le nom qui a été donné à une particule très petite, chargée d'électricité négative, que la matière émet dans certaines circonstances. Sa charge électrique est la plus faible qu'on rencontre jamais, c'est la charge élémentaire d'électricité. Les dimensions de l'électron sont incomparablement plus faibles que celles d'un atome. Son diamètre est environ 100 000 fois plus petit que celui de l'atome d'hydrogène, évalué à  $10^{-8}$  cm.

La masse de l'électron est 1830 fois plus faible que celle de l'atome le plus léger, celui d'hydrogène, et il faut insister sur un caractère très important de cette masse.

C'est un fait bien connu que l'électricité possède une propriété souvent considérée comme un attribut caractéristique de la matière, à savoir l'inertie ou la masse. Or, il est à peu près certain que la masse entière de l'électron est due uniquement à sa charge électrique. L'électron se présente ainsi comme un corpuscule d'électricité sans support matériel au sens ordinaire du mot. C'est tout à la fois la particule élémentaire d'électricité négative et une particule élémentaire de matière.

Différents phénomènes optiques et magnétiques et le fait que toute matière est capable d'émettre des électrons dans des condi-

tions variées indiquent que l'électron est un élément constitutif de tous les corps. Et c'est ainsi qu'on a été conduit à la conception électrique de la matière, suivant laquelle toute substance est formée par une agglomération de particules d'électricité.

Il est clair que la matière électriquement neutre ne peut être constituée uniquement par des particules d'électricité négative. L'existence de l'électron négatif appelle celle de l'électron positif. Or, jamais l'électricité positive n'est apparue liée à une masse inférieure à celle d'un atome.

Chacun sait que la radioactivité résulte d'une instabilité de l'atome qui se transforme spontanément en projetant avec une grande violence un de ses fragments qui peut être soit un électron négatif ou particule  $\beta$ , soit une particule  $\alpha$  qui consiste en un atome d'hélium portant deux charges élémentaires d'électricité positive.

La radioactivité nous apporte ainsi la preuve directe et tangible de la complexité atomique. Son étude a révélé l'existence de nombreux éléments que rien auparavant ne laissait prévoir, et le problème s'est naturellement posé de leur trouver une place dans le système périodique. Mais à mesure que leur nombre augmentait (on en connaît aujourd'hui une quarantaine), il devint évident que sans élargir le cadre du système périodique, il serait impossible de les y faire entrer tous. Le nombre des places disponibles dans la région correspondant à leurs poids atomiques (206 à 238) est manifestement insuffisant.

Cependant les recherches dont les propriétés des éléments radioactifs ont été l'objet ont révélé un fait absolument inattendu. Malgré leurs poids atomiques différents, certains éléments présentent une concordance parfaite dans leurs propriétés chimiques, de sorte qu'il est impossible de les séparer chimiquement lorsqu'ils sont mélangés. C'est le phénomène de *l'isotopie*. Or, il est clair que les éléments chimiquement identiques doivent occuper la même place dans le système périodique. Le petit nombre des places disponibles cesse donc d'être un obstacle à les y faire entrer tous.

Actuellement tous les éléments radioactifs ont trouvé place dans la classification périodique. Presque chaque place, du thallium à l'uranium est occupée par un groupe de plusieurs isotopes qui forment une *pléiade*. Celle du plomb, par exemple, ne compte pas moins de sept éléments entre lesquels la différence des poids atomiques s'élève à 8 unités.

Le phénomène de l'isotopie n'est d'ailleurs pas limité aux éléments radioactifs. Il n'a pas été possible de constater la moindre différence dans les propriétés physiques ou chimiques<sup>1</sup> du plomb ordinaire et du radium-G, dernier terme de la désintégration radioactive de l'uranium, quoique la détermination des poids atomiques de ces deux isotopes accuse une différence très sensible (Pb = 207,2, Ra-G = 206,0).

Il est inutile d'insister sur l'importance de ces observations inattendues. Si parmi les principes qui sont à la base de la chimie théorique il en est un qui ne paraissait ne pas devoir être mis en doute, c'est bien celui de l'existence d'un rapport de dépendance entre les propriétés d'un élément et son poids atomique, et nous trouvons ce principe doublement en défaut. D'une part, le poids de l'atome varie, dans nombre de cas, sans que les propriétés en soient affectées, d'autre part, les éléments de même poids atomiques ont parfois des propriétés différentes.

Ce n'est donc pas le poids atomique qui détermine les propriétés de l'atome, comme on l'a longtemps admis; elles ne dépendent que de la place qu'il occupe dans le système périodique ou de son numéro d'ordre, *le nombre atomique*.

Cela serait incompréhensible si ce nombre n'était qu'un simple numéro d'ordre; on ne peut concevoir qu'il détermine les propriétés de l'atome que s'il correspond à quelque chose dans l'édifice atomique.

La plupart des propriétés des éléments sont des fonctions très complexes du nombre atomique. Il en est une cependant qui en dépend d'une manière simple et qui par là prend un certain intérêt.

Quand un élément est soumis à un bombardement par des rayons cathodiques d'une vitesse suffisante, il émet des rayons X de longueurs d'onde déterminées et caractéristiques de l'élément considéré. Ces rayons constituent un spectre, dit de *haute fréquence*, qu'on est parvenu à photographier et qui est formé de séries de lignes qui se distinguent par leur pouvoir pénétrant, et dont les plus importantes se désignent par les lettres K et L. Or, un physicien anglais Moseley<sup>2</sup> a constaté que les fréquences des lignes corres-

<sup>1</sup> Il s'agit ici des propriétés de l'atome. Ainsi le plomb et le radium-G n'a pas la même densité, mais bien le même volume atomique.

<sup>2</sup> Phil. Mag., t. 26, p. 1024 (1913); t. 27, p. 703 (1914).

pondantes d'une même série, des lignes L de la série K, par exemple, sont en première approximation, proportionnelles aux carrés des nombres atomiques.

Le spectre de haute fréquence est donc déterminé simplement par le nombre atomique, et inversement, connaissant ce spectre, on peut en déduire le nombre atomique.

On voit immédiatement l'importance de ce résultat au point de vue de la classification des éléments, mais pour le sujet qui nous occupe, l'intérêt de la loi de Moseley consiste en ce qu'elle met en lumière l'existence dans l'intérieur de l'atome d'une grandeur, exprimée par le nombre atomique, qui croît régulièrement quand on passe d'un élément au suivant.

Mais quelle est la nature de cette grandeur ?

C'est l'étude du passage des rayons  $\alpha$  ou  $\beta$  à travers la matière qui est venue apporter une réponse à cette question.

Un fait essentiel est que les rayons  $\alpha$  (du radium, par exemple), peuvent traverser sans subir une grande diffusion des pellicules métalliques de plusieurs centièmes de millimètre d'épaisseur ou des couches de gaz de plusieurs centimètres. Si on considère que ces pellicules, ou ces couches de gaz, sont formées de milliers d'atomes juxtaposés, il est absolument exclu que les particules  $\alpha$  passent dans les interstices qu'ils laissent entre eux ; il faut qu'elles traversent les atomes eux-mêmes.

Ce phénomène serait inconcevable si les atomes étaient massifs. Il met en évidence leur structure extrêmement lacunaire. L'atome doit être formé de particules très petites par rapport à ses propres dimensions et qui laissent entre elles des espaces relativement considérables et ces corpuscules ne peuvent être que des électrons.

Les particules  $\alpha$  ou  $\beta$  ne traversent cependant pas la matière sans aucune diffusion et les déviations qu'elles subissent donnent de précieux renseignements sur la répartition des charges positives ou négatives.

Une explication de ces déviations a été tentée par J.-J. Thomson sur la base d'un modèle d'atome dans lequel la charge positive est supposée répartie uniformément dans une sphère dont le volume correspond à celui de l'atome et dans laquelle les électrons négatifs sont disséminés régulièrement.<sup>1</sup> Mais la théorie de Thomson, s'est montrée inexacte. Elle suppose, en effet, qu'une particule  $\alpha$ , en

<sup>1</sup> Phil. Mag., t. 7, p. 237 (1904).

traversant un atome ne subit jamais qu'un faible changement de direction. Les fortes déviations qu'on observe toujours en petit nombre sont attribuées à des rencontres répétées. Or une analyse serrée des résultats expérimentaux de Geiger et Marsden a conduit Rutherford à la conclusion, confirmée dès lors par des observations directes, que la rencontre avec un seul atome peut provoquer une forte déviation dépassant parfois 90°.

Une telle déviation ne peut être produite que par un champ de force très intense, tel qu'il ne peut exister dans l'atome de Thomson. Pour obtenir un champ suffisamment puissant, il faut supposer avec Rutherford<sup>1</sup> que la charge positive est condensée vers le centre de l'atome, dans une région très petite, tandis que les électrons négatifs circulent autour de ce noyau dans un espace relativement grand. L'atome nous donne ainsi l'image d'un système solaire en miniature dans lequel le soleil est représenté par le noyau et les planètes par des électrons négatifs plus ou moins nombreux.

La manière dont elle permet de rendre compte de la dispersion des particules  $\alpha$  qui traversent une couche de matière, constitue pour la théorie de Rutherford une confirmation expérimentale d'un très grand poids.

On conçoit qu'une particule  $\alpha$  ou  $\beta$  soit déviée d'autant plus fortement qu'elle passe plus près du noyau et, d'après sa déviation, il est possible de calculer la distance dont elle s'est approchée du centre de l'atome. C'est ainsi qu'on peut se faire une idée approximative des dimensions du noyau et en démontrer l'extrême petitesse. D'après les calculs de Rutherford, le diamètre du noyau positif de l'or ne dépasse pas  $3 \cdot 10^{-12}$  cm; il est au moins 10 000 fois plus faible que celui de l'atome. Le noyau de l'hydrogène est encore beaucoup plus petit. Certaines observations indiquent que ses dimensions n'atteignent pas même celles de l'électron.<sup>2</sup>

Enfin la dispersion des particules  $\alpha$  ou  $\beta$  traversant la matière a permis d'évaluer la charge électrique du noyau et les résultats trouvés par Rutherford, justifient l'opinion que cette charge, si on prend comme unité celle de l'électron, est exprimée par le nombre atomique. La signification de ce dernier, dont nous avons déjà relevé toute l'importance nous est ainsi donnée. Il est d'ailleurs pos-

<sup>1</sup> Phil. Mag., t. 21, p. 669 (1911); 28, p. 438 (1914).

<sup>2</sup> Phil. Mag., t., 26, p. 702 (1913); 27, p. 488 (1914).

sible de concevoir comment la charge électrique du noyau peut être le facteur déterminant les propriétés de l'atome, mais avant d'aborder cette question quelques remarques sont nécessaires.

Le nombre des électrons négatifs qui circulent autour du noyau et qui compensent sa charge positive doit évidemment lui aussi être égal au nombre atomique, puisque l'atome pris dans son ensemble est électriquement neutre. Ces électrons extérieurs (dont le nombre ne dépasse jamais 92, valeur atteinte dans l'uranium) ne forment ainsi qu'une très minime partie de la masse de l'atome. Cette masse se trouve donc concentrée presque totalement dans le noyau, dont la densité s'il est permis d'employer ce terme, est extraordinairement élevée. Celle du noyau de l'or, par exemple, dépasse 600 milliards.

La charge positive du noyau ne représente pas simplement le nombre des électrons positifs qu'il contient. Il n'y a pas de doute que des électrons négatifs entrent dans sa constitution; ils sont nécessaires pour en assurer la stabilité. La charge apparente est déterminée par le nombre des électrons positifs en excès par rapport aux électrons négatifs. Il est cependant probable que le noyau atomique de l'hydrogène se réduit à un simple électron positif dont la masse serait ainsi presque égale à celle de l'atome et 1830 fois plus forte que celle de l'électron négatif.

S'il n'est pas possible d'en donner une preuve évidente, c'est l'hypothèse la plus simple qu'on puisse faire et elle n'est contredite par aucun fait d'expérience.

Pour expliquer la masse relativement élevée de l'électron positif, il n'est nullement nécessaire de supposer que l'électricité possède ici un support matériel. La théorie indique que la masse électromagnétique d'une charge électrique répartie sur une sphère est inversement proportionnelle au rayon de celle-ci. Pour que la masse de l'électron positif soit 1830 fois plus grande que celle de l'électron négatif, il suffit donc que son rayon soit 1830 fois plus faible. Il est suggestif que certains phénomènes indiquent, comme nous l'avons vu, que le noyau positif de l'hydrogène est effectivement plus petit que l'électron négatif.

L'électron positif se présente ainsi comme le plus petit corpuscule qui entre dans la constitution de la matière et en même temps celui qui forme la presque totalité de la masse des corps. Puisque sa masse est sensiblement égale à celle de l'atome d'hydrogène,

le nombre des électrons positifs contenus dans un atome est représenté par la valeur arrondie du poids atomique. Nous sommes ainsi ramenés, sous une forme rajeunie, à la vieille hypothèse de Prout, suivant laquelle tous les atomes sont formés par une agglomération d'atomes d'hydrogène. Cette hypothèse qui a été très discutée dans le cours du siècle passé a toujours conservé des partisans, car si les poids atomiques ne sont pas des multiples exacts de celui de l'hydrogène, ils s'en écartent très peu en général, surtout dans le cas des atomes légers, et cela ne peut être un simple hasard. Quant aux écarts entre les poids atomiques réels et les multiples exacts de celui de l'hydrogène, il ne semble pas impossible aujourd'hui d'en compte.

Les propriétés de l'atome, à l'exception de sa masse et de la radioactivité, dépendent directement des électrons extérieurs. Or, on conçoit que non seulement le nombre de ces électrons, mais aussi leurs positions relatives, les diamètres de leurs orbites, leurs vitesses, etc., sont déterminés par la charge du noyau et le champ de force qu'elle crée autour de lui. Il en résulte qu'en définitive, c'est cette charge qui détermine toutes les propriétés de l'atome. Ainsi nous comprenons enfin le rôle fondamental du nombre atomique et le phénomène de l'isotopie s'explique.

Les noyaux de deux isotopes ne sont pas identiques; ils ne renferment pas le même nombre d'électrons positifs ou négatifs; ils n'ont donc pas la même masse, ni la même stabilité (radioactivité), mais dans l'un et dans l'autre la charge positive est la même et cela suffit pour entraîner l'identité dans toutes leurs propriétés physiques ou chimiques.

La théorie de Rutherford nous permet donc de concevoir le rôle du nombre atomique et l'existence des isotopes. Il y a donc lieu de penser qu'elle nous donne une image adéquate de la structure atomique. Elle ne constitue cependant qu'une première étape et nous laisse encore bien loin du but, car elle soulève une grosse objection.

D'après les lois de l'électromagnétisme, un électron qui tourne autour du noyau devrait émettre de l'énergie rayonnante (lumière, rayons X, etc.). Perdant ainsi son énergie, sa vitesse devrait se ralentir et il devrait tomber sur le noyau en décrivant des cercles de plus en plus petits. L'atome imaginé par Rutherford ne peut donc exister; il apparaît comme un système instable.

Un savant danois Bohr<sup>1</sup> a cherché à éviter cette difficulté en complétant la théorie de Rutherford.

La physique du siècle passé, basée sur les équations de Maxwell, s'est montrée insuffisante pour rendre compte des lois du rayonnement du corps noir. Pour expliquer ces lois, Planck a imaginé la célèbre théorie des *quanta*, d'après laquelle l'énergie d'un oscillateur, tel qu'un électron, ne peut varier que d'une manière discontinue, en cédant un nombre entier de quanta d'énergie, chaque quantum étant non une quantité constante, mais le produit de la fréquence par une constante universelle.

C'est cette théorie que Bohr met à la base de ses conceptions sur les mouvements des électrons extérieurs.

Dans l'atome d'hydrogène, par exemple, l'électron unique qui gravite autour du noyau ne peut suivre, d'après Bohr, que certaines orbites circulaires de rayons déterminés et qu'on désigne par des numéros d'ordre. En parcourant un de ces cercles d'un mouvement uniforme, l'électron, contrairement à ce qu'enseigne la physique classique, n'émet pas d'énergie rayonnante, et il y a constamment égalité entre la force centrifuge et la force attractive exercée par le noyau. Mais l'électron ne peut être en équilibre en dehors de ces anneaux. Si, sous l'action d'une force étrangère, il sort de son orbite, c'est pour passer immédiatement sur un autre cercle de stabilité. C'est dans ce saut que l'électron émet de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques de fréquence déterminée et chaque fois l'émission est égale à un quantum d'énergie.

Tels sont les postulats essentiels sur lesquels Bohr fonde sa théorie. Ce qui fait l'intérêt de ces conceptions c'est qu'elles permettent de rendre compte avec une grande précision des séries de lignes qui constituent les spectres lumineux de certains éléments.

Le spectre de l'hydrogène comprend un série de lignes dont les fréquences peuvent être calculées en remplaçant dans la formule de Balmer :

$$\nu = 3,29. 10^{15} \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)$$

la variable  $m$  par la série des nombres entiers 3, 4, 5, etc. Or la théorie de Bohr conduit exactement à la formule de Balmer. Les lignes de cette série sont émises quand l'électron passe sur le cercle 2, à partir des cercles 3, 4, 5, etc.

<sup>1</sup> Phil. Mag., t. 26, p. 1, 476, 857 (1913).

Le spectre de l'hydrogène renferme deux autres séries de lignes situées, l'une dans l'ultraviolet, l'autre dans l'infrarouge. La théorie de Bohr laisse également prévoir toutes ces lignes avec une précision qui ne laisse rien à désirer.

Avec l'atome d'hélium qui possède deux électrons extérieurs, le problème devient beaucoup plus difficile, mais si on considère, l'ion hélium ( $\text{He}^*$ ), formé d'un noyau avec deux charges positives autour duquel circule un seul électron, le calcul peut se faire comme dans le cas de l'hydrogène, et ici également la théorie a obtenu un brillant succès. Elle permet de calculer plusieurs séries de lignes correspondant exactement à celles qui ont été observées dans le spectre de l'hélium.

On est allé plus loin encore. Les lignes spectrales de l'hydrogène ou de l'hélium ne sont pas simples; elles peuvent être séparées, au moyen d'instruments puissants, en plusieurs composantes. Or, Sommerfeld<sup>1</sup> a apporté à la théorie de Bohr d'intéressants perfectionnements, qui consistent à admettre d'abord que les orbites des électrons peuvent être non seulement des cercles, mais aussi des ellipses, et à tenir compte du fait que la masse de l'électron, qui dépend de sa vitesse, varie constamment dans son mouvement elliptique ensuite de sa vitesse variable. Sommerfeld parvient ainsi à rendre compte de la complexité des raies spectrales et la comparaison des résultats du calcul avec ceux de l'observation montre, tout spécialement pour l'hélium, une remarquable concordance.

Si on passe aux autres éléments les difficultés de calcul deviennent très grandes. Les électrons répartis sur plusieurs orbites s'influencent les uns les autres et forment des systèmes compliqués dont on n'est pas encore parvenu à préciser l'ordonnance. Il y a des raisons de penser qu'à mesure que le nombre des électrons extérieurs augmente, ils constituent de nouveaux anneaux, tandis que les premiers formés subsistent. On peut ainsi concevoir une apparition périodique de nouveaux anneaux correspondant à un changement périodique des propriétés qui dépendent de la surface de l'atome. Si une propriété est fonction non périodique du nombre atomique, il est à présumer qu'elle ne fait intervenir que les électrons les plus voisins du noyau. Tel est le cas du spectre de haute fréquence.

---

<sup>1</sup> Ann. de Physik, t. 51, p. 125 (1916).

Au sujet de ce dernier, la théorie de Bohr donne d'intéressantes indications. Elle rend compte de la loi de Moseley, et nous apprend que les lignes  $\alpha$  de la série K sont dues au passage d'un électron de l'anneau 2 à l'anneau 1, tandis que les lignes  $\alpha$  de la série L sont émises quand il saute du cercle 3 au cercle 2.<sup>1</sup>

Tous ces résultats sont pleins de promesses; ils autorisent à penser que la théorie de Bohr, quels que soient les changements qu'elle apportera, correspond à des réalités et que les recherches sont orientées dans une bonne direction. Mais si les caractères généraux de la structure atomique peuvent être considérés comme connus, les détails ainsi que nous l'avons vu, nous échappent pour la plupart des éléments. On n'est pas encore parvenu à représenter chaque atome par un modèle qui traduise toutes les particularités de sa structure et qui rende compte de toutes ses propriétés, mais la voie est ouverte qui tôt ou tard, on peut l'espérer, conduira à ce but et permettra de ramener toutes les modalités de la matière à de simples différences dans l'arrangement et dans les mouvements des particules ultimes de deux éléments primordiaux, l'électricité positive et l'électricité négative.

---

<sup>1</sup> Moseley, *loc. cit.*

# Über Parthenogenesis und Apogamie.

ALFRED ERNST (Zürich).

Ausnahmen von *Naturgesetzen*, oder wie der Biologe auf seinem Gebiete vorsichtiger sagen sollte, von *Naturregeln*, haben stets das lebhafteste Interesse erregt. Das ist leicht begreiflich, geben sie doch eines der wichtigsten Mittel an die Hand, die Zuverlässigkeit unserer Vorstellungen zu kontrollieren, unsere Begriffe zu schärfen und neue Fragen zu stellen. Zu diesen Naturregeln, die nicht ohne Ausnahmen geblieben sind, gehört auch diejenige von der Notwendigkeit der Befruchtung für die Erzeugung neuer Lebewesen und für die Erhaltung der Organismen.

Für den sexuellen Fortpflanzungsprozess erzeugen Pflanzen und Tiere in besonderen Organen spezifische Zellen; *Gameten* nennen wir sie in der Vererbungslehre ohne Rücksicht auf ihre morphologische Differenzierung. Aus der Vereinigung von zwei solchen Gameten durch Konjugation oder Befruchtung geht eine *Zygote*, das einzellige Ausgangsstadium eines neuen Individuums, hervor. Diese Vereinigung von Gameten im allgemeinsten Sinne, die Befruchtung von Eizellen speziell bei höher organisierten Pflanzen und Tieren, hat sich nun *nicht in allen Fällen* für unbedingt notwendig erwiesen. Schon im Jahre 1745 hat der Genfer Philosoph und Naturforscher *Charles Bonnet* durch seine mit vorbildlicher Sorgfalt und Ausdauer angestellten „observations sur les pucerons“ den Nachweis erbracht, dass bei den Blattläusen ganze Generationen von Individuen ohne jeden Befruchtungsvorgang erzeugt werden. Seine ersten Angaben fanden, so wohl fundamentierte sie waren, zunächst keinen Glauben und als *Bonnet* einen Bericht über seine Entdeckung durch den ihm befreundeten Physiker und Biologen *Réaumur* der Pariser Akademie der Wissenschaften vorlegen liess, äusserte auch diese in ihrem Antwortschreiben Bedenken gegen eine Entdeckung „contraire à une loi dont la généralité avait semblé établie par le concours unanime de tous les faits vus jusqu'alors“. Auch nachdem *Bonnets* Beobachtungen als richtig anerkannt waren und ähnliche Ergebnisse anderer Forscher sich anschlossen, ist die

Deutung dieser Befunde für das Sexualitäts- und Befruchtungsproblem noch lange ganz unrichtig versucht worden.

Erst um die Mitte des letzten Jahrhunderts hat der Sexualitätsstreit der Biologen auch nach dieser Richtung eine vorläufige Erledigung erfahren. *Siebold* wies 1856 nach, dass bei der Honigbiene die Königinnen und Arbeiterinnen aus befruchteten, die Männchen oder Drohnen aus unbefruchteten Eiern hervorgehen und dass beim Seidenspinner wenigstens gelegentlich unbefruchtete Eier zur Entwicklung gelangen. Diese Erscheinungen, die eine erneute Bestätigung der 100 Jahre früher gemachten Beobachtungen von *Bonnet* und seinen Zeitgenossen lieferten, nannte *Siebold* nun *Parthenogenesis* und definierte diese als „Fortpflanzung durch wirkliche Weibchen, d. h. mit vollkommen entwickelten jungfräulichen weiblichen Geschlechtsorganen ausgestattete Individuen, welche ohne vorausgegangene Begattung unbefruchtete entwicklungsfähige Eier hervorbringen.“

Im gleichen Jahre mit *Siebold* hat der Botaniker *Alexander Braun* bei Pflanzen ähnliche von der Norm abweichende Fortpflanzungsvorgänge beschrieben. *Caelebogyne ilicifolia*, eine in den Glashäusern der botanischen Gärten damals häufig gehaltene Euphorbiacee, war seit 1829 im Sexualitätsstreit der Botaniker ihrer eigentümlichen Fortpflanzungsverhältnisse wegen häufig genannt worden. *Braun* konnte nun durch sorgfältige Kulturversuche nachweisen, dass an rein weiblichen Stöcken dieser Pflanze, ohne jede Befruchtung, reichlich reife und keimfähige Samen gebildet werden. Diese Samenbildung ohne vorausgegangene Befruchtung nannte er ebenfalls Parthenogenesis und verstand darunter, im Vergleich zur Definition *Siebolds* in recht weiter Fassung, „jede Erzeugung von Keimen ohne Mitwirkung männlicher Elemente bei zweifellos geschlechtlich differenzierten Gewächsen“. Zwei Jahrzehnte später wurde von *Strasburger* gezeigt, dass bei *Caelebogyne* nicht eigentliche Parthenogenesis mit Weiterentwicklung der Eizelle, sondern eine andere Form asexueller Keimbildung, aus Nucelluszellen der Samenanlage, vorliegt. Wirklich spontane Weiterentwicklung von unbefruchteten Eizellen existiert dagegen bei dem zweiten von *Braun* beschriebenen Beispiel der Parthenogenese im Pflanzenreich: bei *Chara crinita*, einer Armleuchterpflanze, die, wie er nachwies, an der grossen Mehrzahl der Standorte ihres weiten Verbreitungsgebietes ausschliesslich in weiblichen Exemplaren vorkommt und

dennoch reichlich keimfähige Sporen zur Reife bringt. *Chara crinita* ist als Beispiel pflanzlicher Parthenogenese, in gewissem Sinne sogar als einziges Beispiel wahrer Parthenogenese im Pflanzenreich, bis in die allerletzte Zeit in allen Lehrbüchern der Botanik und der allgemeinen Biologie anerkannt und beschrieben worden.

Seit den Entdeckungen *Siebolds* und *Brauns* hat die Parthenogeneseforschung in Tier- und Pflanzenreich getrennte Wege eingeschlagen und auch zu sehr verschiedenen Resultaten geführt. In der Zoologie haben sich zwei Serien im einzelnen verschiedenartiger, in den Grundzügen aber weitgehende Übereinstimmung zeigender parthenogenetischer Vorgänge feststellen lassen: die Erscheinungen der *natürlichen* und der *künstlichen* Parthenogenese.

In mehreren Klassen des Tierreiches, bei Rädertierchen, niederen Krebsen, bei zahlreichen Insektengruppen ist natürliche Parthenogenese verbreitet. Ihre Bedeutung für die gesamte Fortpflanzung der einzelnen Formen ist dabei eine verschiedene. Bei den Bienen wird, wie schon *Siebold* nachgewiesen hat, das eine *Geschlecht* aus befruchteten, das andere aus unbefruchteten Eiern erzeugt. Eine vom Hochzeitsflug zurückgekehrte Bienenkönigin ist befähigt, während ihres mehrjährigen Wirkens befruchtete und unbefruchtete Eier in einem durch das Bedürfnis des Stockes mehr oder weniger regulierten Zahlenverhältnis zur Ablage zu bringen. Bei Rädertierchen, niederen Krebsen, Blattläusen, Gallwespen usw. wechseln dagegen im Entwicklungszyklus Generationen von ausschliesslich parthenogenetisch erzeugten Individuen mit sexuell entstehenden Generationen miteinander ab. Vom Frühjahr bis zum Spätsommer erzeugen die Weibchen parthenogenetisch entwicklungsfähige Eier, aus denen wieder parthenogenetisch sich fortpflanzende Weibchen entstehen. Erst später im Jahr kommt es zu Eigelegen, aus denen sowohl Männchen wie Weibchen hervorgehen, deren Eier sodann befruchtungsbedürftig sind und im Gegensatz zu den rasch sich entwickelnden parthenogenetischen Sommereiern in der Regel als widerstandsfähige *Wintereier* erst eine längere Ruheperiode durchmachen. Während also bei den Bienen parthenogenetisch und sexuell erzeugte Individuen *neben einander* auftreten, ist hier die Parthenogenese eine *Saisonercheinung*. Ihre Bedeutung besteht in der raschen Erzeugung einer grösseren Anzahl von individuenreichen Generationen zur Ausnützung der günstigen Aussenbedingungen. Die Männchen treten bei dieser Art der Fort-

pflanzung, die in der zoologischen Literatur als *Heterogonie* oder *zyklische Parthenogenese* bezeichnet wird, nur in einer oder wenigen Generationen und im Vergleich zur Gesamtzahl der Weibchen in stark reduzierter Zahl auf. In einzelnen Fällen zeichnen sie sich überdies durch geringe Grösse aus und sind daher zum Teil erst spät entdeckt und in ihrer wahren Natur als männliche Individuen (Zwergmännchen) erkannt worden. Vielleicht ist an *solche* Fälle der zyklischen Parthenogenese auch der eine oder andere Fall der sogenannten *konstanten* Parthenogenese oder *Thelytokie* anzuschliessen; einige Würmer werden als Beispiele dafür angeführt, bei denen bis jetzt nur Weibchen beobachtet worden sind und die Reproduktion also völlig ohne Befruchtung erfolgen soll.

Die zyklische Fortpflanzung fehlt, wie übrigens jede andere natürliche Form der asexuellen Vermehrung, bei den Wirbeltieren vollständig. Eine frühere Vermutung, dass Parthenogenese auch bei Wirbeltieren, besonders bei Vögeln, fakultativ vorkomme, hat sich nicht aufrecht halten lassen. Dagegen sind erste Anhaltspunkte dafür vorhanden, dass die Eizellen von Vertretern einzelner Wirbeltier-Klassen, wie diejenigen der niederen Tiere, *künstlich* zu parthenogenetischer Entwicklung veranlasst werden können.

Durch die berühmten Untersuchungen von *Loeb*, *Delage*, *Boveri* und anderen Zoologen ist gezeigt worden, dass sorgfältig isolierte Eier von Seeigeln und anderen Echinodermen, von Würmern, Mollusken und einzelnen Wirbeltieren durch verschiedenartige Reize, chemische, thermische und mechanische Einwirkungen, zur Entwicklung angeregt werden können. Das Resultat einer solchen Beeinflussung stimmt aber auch im günstigsten Falle mit demjenigen der Befruchtung nicht völlig überein. Während nach der Vereinigung der beiderlei Gameten — bei Echinodermen, Würmern, Amphibien und Fischen lässt sich die Befruchtung sehr schön *in vitro* vornehmen — sozusagen *alle* verwendeten Eier in Entwicklung treten und diese ungestört vor sich geht, beschränkt sich nach künstlicher Erregung die Entwicklung auf eine von Fall zu Fall verschiedene, grössere oder kleinere Zahl der verwendeten Eier. Die Entwicklung selbst verläuft vielfach unregelmässig oder kommt früher oder später zum Abschluss. Von Hunderttausenden bei solchen Versuchen künstlich zur Entwicklung angeregten Seeigel-, Seestern- und Froscheiern sind erst wenige Individuen über die ersten Larvenstadien hinaus gediehen und zu ausgewachsenen geschlechtsreifen

Tieren herangezogen worden. Immerhin muss aus diesen Versuchen geschlossen werden, dass *Entwicklungsfähigkeit ohne vorausgehende Befruchtung* den Eiern dieser Tiere ganz allgemein zukommt und dass es wohl ausschliesslich die Mängel der Versuchs- und Kulturmethoden sind, welche bis jetzt das Endergebnis noch allzu ungünstig beeinflussen. Man darf also wohl sagen, dass *ein Effekt* der normalen Befruchtung, die *Entwicklungserregung des Eies*, bei all diesen tierischen Organismen, die ihre Eier frei ablegen, im Experiment durch äussere Einwirkungen hervorgerufen werden kann.

Bei solchen Tieren, deren Eiablage erst *nach* der Befruchtung erfolgt, oder die Junge gebären, sind die Methoden der künstlichen Parthenogenese wohl noch nicht häufig angewendet worden, oder haben bis jetzt offenbar noch nicht zu positiven Resultaten geführt. Das gereicht uns Botanikern zum Trost, wenn wir die wenigen Ergebnisse der Versuche über künstliche Parthenogenese auf botanischem Gebiete mit den glänzenden Erfolgen der Zoologen vergleichen. Bei der grossen Mehrzahl der für solche Versuche überhaupt in Frage kommenden Pflanzen, bei vielen Algen und Pilzen, bei allen Moosen, Pteridophyten und Angiospermen findet nämlich die Befruchtung der Eizellen ebenfalls nicht frei im Aussenmedium, sondern wie bei den gebärenden Tieren im Innern von besonderen Behältern statt. Sie liegen speziell bei den Blütenpflanzen tief in andere Gewebe und Organe eingesenkt, so dass eine Beeinflussung durch die in der zoologischen Technik üblichen und ähnliche Methoden ausserordentlich erschwert oder vielfach ganz ausgeschlossen ist. Immerhin darf gesagt werden, dass die ersten positiven Ergebnisse über künstliche Entwicklungserregung von Gameten im Pflanzenreich zeitlich denjenigen der Zoologen um einige Jahre vorausgegangen sind. Freilich handelt es sich dabei nicht um eibildende (oogame) Pflanzen, sondern um Formen mit morphologisch wenig differenzierten Gameten, sogenannten *Isogameten*. Im Jahre 1896 hat *Klebs* in einer eingehenden Studie über „die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen“ dargelegt, dass die aus ihren Behältern entleerten und frei beweglichen Gameten von *Protosiphon*, *Ulothrix* und *Draparnaldia* auf chemische und photische Reize hin *ohne Kopulation* sich weiter entwickeln. Es ist ihm ferner gelungen, eine ähnliche spontane Weiterentwicklung von Gameten bei *Spirogyra* auch im Innern ihrer Behälter zu veran-

lassen und anstelle von Zygoten *Parthenosporen* zu erzeugen. Abgesehen von diesen und ähnlichen Resultaten an *isogamen* Pflanzen sind Untersuchungen über künstliche Parthenogenese bei Pflanzen selten und lange ohne bedeutende Ergebnisse geblieben. Erst 1913 hat der Amerikaner *Overton* durch Variation zoologischer Methoden auf isolierte Eier von *Fucus* deren parthenogenetische Entwicklung veranlassen können und neuestens ist es gelungen, die grossen Eizellen einer *Chara* innerhalb ihrer Behälter unter strengem Ausschluss jeder Befruchtungsmöglichkeit zur Sporenbildung zu bringen. Wir gehen mit der Annahme wohl nicht fehl, dass bei allen diesen Algen gleich wie bei denjenigen Tieren, für welche die Möglichkeit künstlicher Parthenogenese nachgewiesen worden ist, auch gelegentlich spontane Entwicklung unbefruchteter Eier unter den wechselnden Einflüssen ihrer natürlichen Umgebung (gelegentliche Parthenogenesis) vorkommen wird.

Beispiele von *zyklischer* Parthenogenese haben sich im Pflanzenreich gar nicht, solche von „*konstanter*“ Parthenogenese bei niederen Pflanzen nur in kleiner Anzahl nachweisen lassen. Dagegen haben die Untersuchungen ergeben, dass unter den Pteridophyten Keimbildung ohne Befruchtung häufig und ferner, dass bei den Angiospermen Samenbildung ohne vorausgehende Bestäubung und Befruchtung eine recht verbreitete Erscheinung ist. Embryobildung aus unbefruchteten Eizellen bei einer Angiosperme, *Antennaria alpina*, wurde 1900 von dem schwedischen Botaniker *Juel* entdeckt. Seither sind entsprechende und ähnliche Fortpflanzungsvorgänge bei einer immer grösser werdenden Anzahl von Vertretern aus verschiedenen Familien der Dikotyledonen und Monokotyledonen nachgewiesen worden. Besonders verbreitet ist diese Fortpflanzungsart bei *Compositen*, ausser bei *Antennaria* auch bei zahlreichen Arten der Gattungen *Eupatorium*, *Erigeron*, *Taraxacum*, *Chondrilla* und *Hieracium*. Die Verhältnisse seien an einem Beispiele klargelegt. Jedermann kennt von diesen Pflanzen zum mindesten *Taraxacum officinale*, den Löwenzahn.

Mit zahllosen, grossen Blütenköpfen wandelt er jedes Frühjahr unsere Wiesen in leuchtend orangefarbige Blütenteppiche um. Wer über die Schutz- und Anpassungsvorrichtungen der Blüten zur Ermöglichung der Bestäubung; über die Beziehungen zwischen Insekten und Blumen orientiert ist, wird gerade im Löwenzahn ein frappantes Beispiel solcher Anpassungen sehen: Tagsüber, i. b.

bei direkter Besonnung, sind die Blütenstände geöffnet; sie werden von einer Unzahl von Bienen und anderen Insekten besucht, die in ihnen eine üppige Ernte an Blütenstaub und Honigsaft halten und, wie der Biologe annehmen möchte, durch Übertragung von Pollen auf die Narben der einzelnen Blüten deren Befruchtung und Weiterentwicklung sichern. Bei den letzten Sonnenstrahlen beginnen sich die Köpfchen abends rasch zu schliessen, bleiben über Nacht und bei Regenwetter auch tagsüber geschlossen, um sich erst an den nächsten schönen Tagen wieder zu öffnen. Im geschlossenen Köpfchen findet sodann während einiger Wochen die Frucht- und Samenreife statt, worauf sich die Köpfchen zur Ausstreuung der Früchtchen von neuem ausbreiten. Alle diese „Anpassungserscheinungen“, der ganze Öffnungs- und Schliessmechanismus der Blütenstände unter dem Einfluss der Beleuchtung, die Honigsaftausscheidung, die reichliche Pollenbildung sowie der Insektenbesuch, sind nun für die Frucht- und Samenbildung von *Taraxacum officinale* wenigstens in der Gegenwart, in der Vergangenheit wird es anders gewesen sein, *vollkommen bedeutungslos*. Schneidet man an jungen Blütenständen, bevor der Pollen in den Antheren reif ist, den ganzen oberen Teil der Köpfchen mit den Kronen der einzelnen Blüten, ihren Staubbeuteln und Narben, mit scharfem Messer glatt weg, bindet die verbleibenden Scheiben zur Vermeidung jeder Pollenübertragung in Düten, so findet dennoch Entwicklung der Fruchtknoten zu Früchten mit Ausbildung von keimhaltigen Samen statt. Samen- und Embryobildung erfolgen also völlig spontan ohne den geringsten Bestäubungs- und Befruchtungsreiz und die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung hat gezeigt, dass der Embryo der Samen, wie bei den befruchtungsbedürftigen Pflanzen, aus der Eizelle eines achtkernigen Embryosackes seinen Ursprung nimmt. Das ist nicht nur für den Löwenzahn, sondern zum mindesten für weitere ca. 60 Pflanzenarten aus den Familien der Compositen, Rosaceen, Ranunculaceen usw. in allen Einzelheiten genau nachgewiesen.

Die Untersuchungen haben aber gleichzeitig ergeben, dass die spontan entwicklungsfähigen Eizellen all dieser Pflanzen sich von denjenigen der befruchtungsbedürftigen verwandten Arten in einem wesentlichen Punkte unterscheiden: *in der Chromosomenzahl ihrer Kerne*. Diesem Umstand kommt nun für das Verständnis der ganzen Frage eine grosse Bedeutung zu.

Im Entwicklungsgang eines jeden Organismus findet ein *Kernphasenwechsel* statt. Ein Teil des Entwicklungsganges wird mit einfacher, haploider Chromosomenzahl der Zellkerne, ein anderer mit der verdoppelten, diploiden Zahl zurückgelegt.

Bei den höher organisierten Tieren besteht die haploide Phase ausschliesslich aus den Geschlechtszellen, bei deren Bildung die Chromosomenzahl der Kerne auf die Hälfte reduziert wird. Im Prozesse der Befruchtung vereinigen sich zwei Gameten mit einfacher haploider Zahl zu der diploidkernigen Zygote, während deren Entwicklung die diploide Zahl für das ganze Soma des Tieres beibehalten wird. Im Pflanzenreich liegen die Verhältnisse weniger einheitlich und daher scheinbar komplizierter. Der Kernphasenwechsel ist in der Regel mit einem *Generationswechsel*, dem Wechsel verschieden geformter Entwicklungsstadien oder Generationen, kombiniert. Die eine derselben zeigt die einfache haploide Chromosomenzahl und erzeugt als *Geschlechtspflanze*, Gametophyt, ebenfalls haploidkernige Eizellen und Spermatozoen oder doch wenigstens Spermakerne. Aus deren Verschmelzung geht die diploidkernige Zygote hervor. Sie wächst zur verschieden differenzierten *Sporenpflanze*, dem Sporophyt heran, vermehrt sich durch Sporen, bei deren Bildung aus den Sporenmutterzellen die Reduktion der Chromosomenzahl in Verbindung mit einer Tetradenteilung stattfindet. Bei den Moosen ist die Haupterscheinungsform der haploidkernige Gametophyt, bei den Blütenpflanzen ist dieser auf wenige Zellen reduziert und die Haupterscheinungsform der diploidkernige Sporophyt.

Bei den eben besprochenen Blütenpflanzen nun, bei *Antennaria*, *Taraxacum* usw., *unterbleibt der Kernphasenwechsel*. Die Reduktion der Chromosomenzahl bei der Bildung der Sporen fällt aus. Die Zellen des Gametophyten und mit diesen auch die Eizellen behalten die unreduzierte diploide Chromosomenzahl bei. Sie weisen also schon von vornherein diejenige Chromosomenzahl auf, die bei den befruchtungsbedürftigen Pflanzen durch den Verschmelzungsvorgang von Ei- und Spermakern im Zygotenkern zustande kommt, ein Umstand, von dem ohne weiteres anzunehmen war, dass er für die spontane Weiterentwicklung von Eizellen nicht ohne Bedeutung sein werde. Die Frage drängte sich daher auf, ob dieser diploidkernige Zustand der Eizelle typisch sei für die Erscheinung der Parthenogenese überhaupt. Sie veranlasste Untersuchungen über den Reduktionsverlauf bei der Bildung der Geschlechtsprodukte,

speziell der Eizellen, in den Fällen natürlicher und künstlicher Parthenogenese bei Tieren und über die entsprechenden Verhältnisse bei der Sporenbildung der Pflanzen.

Das Gesamtergebnis dieser ausserordentlich schwierigen und daher auch kontroversenreichen Untersuchungen ist kurz zusammengefasst wohl das, dass im Tierreich sowohl bei natürlicher wie bei künstlicher Parthenogenese in den einen Fällen haploid-, in den anderen diploidkernige Eizellen entwicklungsfähig sind. Die Drohnen der Bienen gehen z. B. aus unbefruchteten haploidkernigen Eiern hervor. Die zyklische Parthenogenese bei Insekten dagegen beruht nur ausnahmsweise auf der spontanen Entwicklung haploidkerniger, in der Mehrzahl der Fälle auf derjenigen diploider Eier. Auch bei der künstlichen Parthenogenese ist die Chromosomenzahl der Eikerne verschieden, haploid oder diploid, je nach dem Stadium der Eireifung, auf welchem der Einfluss äusserer Faktoren einsetzt und jene mehr oder weniger weitgehend modifiziert. Im Pflanzenreich ist gelegentliche natürliche Parthenogenese am besten denkbar als spontane Weiterentwicklung haploidkerniger Gameten. Haploide Parthenogenese ist sicher die Folge künstlicher Entwicklungsregung der Gameten von Spirogyra und auch in den angeführten Fällen von Fucus und Chara, für welche die cytologische Untersuchung noch aussteht, zu erwarten.

Bei Angiospermen entstehen die spontan entwicklungsfähigen Eizellen, soweit ihre Cytologie bis jetzt erforscht worden ist, immer ohne Reduktion. Man hat daher diese Fortpflanzungsmodifikation, in Analogie zur Parthenogenese bei Tieren und niederen Pflanzen, ebenfalls als Parthenogenese und in Anbetracht der unreduzierten Chromosomenzahl der Eikerne als *somatische* oder *diploide Parthenogenese* bezeichnet. Dabei ist aber ein wichtiger Unterschied zwischen den Erscheinungen der natürlichen und künstlichen Parthenogenese in Tier- und Pflanzenreich und den besprochenen Fortpflanzungserscheinungen bei den Angiospermen teils vollständig übersehen, teils viel zu wenig eingeschätzt worden. Im Tierreich ist, von den wenigen und noch ganz ungenügend erforschten Fällen der Thelytokie abgesehen, natürliche Parthenogenese in ihrer haploiden wie in der diploiden Modifikation ein Fortpflanzungsmodus geschlechtlich differenzierter und auch *geschlechtlich leistungsfähiger* Arten und Individuen. Bei den Bienen ist dasselbe Individuum zur Ablage von parthenogenetisch entwicklungsfähigen wie von befruch-

tungsbedürftigen Eiern befähigt. In Fällen der zyklischen Parthenogenese liefern die Weibchen zeitweise allerdings ausschliesslich auf parthenogenetischem Wege weibliche Nachkommenschaft, sodann aber später direkt oder zum mindesten in der Nachkommenschaft wiederum zur Befruchtung geeignete und nur nach Befruchtung entwicklungsfähige Eier. Auch von den aus künstlicher Entwicklungserregung pflanzlicher und tierischer Eier hervorgegangenen Individuen ist durchaus zu erwarten, dass sie wieder normale, zur Befruchtung geeignete Geschlechtsprodukte liefern werden. Bei *Taraxacum*, *Antennaria* und den anderen vermeintlich parthenogenetischen Formen aus den Familien der Compositen, Rosaceen usw. sind aber die sämtlichen Eizellen aller Individuen (bei einigen Vertretern wenigstens die sämtlichen zur autonomen Entwicklung befähigten Eizellen) überhaupt nicht mehr befruchtungsfähig. Es haben diese Pflanzen einen vollkommenen Verlust der geschlechtlichen Fortpflanzung erlitten. Das gleiche ist bei einer Anzahl von Pteridophyten, ferner bei *Chara crinita* der Fall und vermutlich auch bei einigen weiteren Algen, wie z. B. der *Spirogyra mirabilis*, für welche bis jetzt konstante, haploide Parthenogenese angenommen worden ist.

Bei einzelnen dieser Formen ist die *Unfähigkeit der Eizellen zur Befruchtung* oder die *Unmöglichkeit des Befruchtungsvorganges* schon rein äusserlich zu erkennen. Bei *Spirogyra mirabilis* z. B. unterbleibt die bei den sexuellen Arten der Gattung bekannte leiterförmige Anordnung von Konjugationsfortsätzen zwischen den konjugierenden Zellen parallel gelagerter Fäden. Bei *Chara crinita* unterbleibt vor der spontanen Sporenbildung das Öffnen der Oogonien, bei den vermeintlich parthenogenetischen Marsilia- und Selaginella-Arten das Auseinanderweichen der Zellreihen des Archegoniumhalses. Auch bei einer Anzahl der genannten Angiospermen sind Eigentümlichkeiten festgestellt worden, welche von vornherein befruchtungserschwerend oder -ausschliessend wirken müssen, wie z. B. das Fehlen eines Griffelkanales, die Abschliessung der Fruchtknotenöhrlung durch widerstandsfähige Gewebeplatten und insbesondere das völlige Fehlen eines Befruchtungsganges an den Samenanlagen. Es liegt also trotz der so verschiedenartigen morphologischen Verhältnisse bei diesen Algen, Pteridophyten und Angiospermen eine durchaus gleichsinnige Reduktion des Fortpflanzungsapparates vor, welche eine normale Befruchtung direkt ausschliesst.

Würden solche Fortpflanzungsanomalien nur bei diözischen Arten vorkommen, so könnten diese in gewissem Sinne als Analoga zur Thelytokie der Zoologen aufgefasst werden. Der Umstand aber, dass sie bei monözischen Pflanzen fast ebenso häufig vorkommen wie bei Diözisten, aber trotz des Vorhandenseins der männlichen Elemente Befruchtung weder notwendig ist noch erfolgt, zeigt, dass hier eine besondere, von der Parthenogenesis verschiedene Form der Fortpflanzung vorliegt. Parthenogenesis bedeutet einen fakultativen, nur für die Erzeugung einzelner Individuen oder Generationen geltenden Verzicht auf geschlechtliche Vermischung, *fakultative Apomixis*. Bei den genannten Pflanzen dagegen liegt *völliger* Verlust der zweigeschlechtlichen Fortpflanzung, *obligate Apomixis*, vor. Man hat die spezielle Form dieses Geschlechtsverlustes in Anlehnung an eine andere asexuelle Fortpflanzung, die 1878 von *de Bary* bei einzelnen Farnen festgestellt worden ist, als *Apogamie* bezeichnet und durch den Zusatz *Ovo-Apogamie* oder *ovogene Apogamie* angedeutet, dass in diesen Fällen die apogame Embryobildung von Eizellen ausgeht.

Gewiss ist nicht zu verkennen, dass die ovogene Apogamie in ihrem Verlauf und speziell in den Vorgängen der Eibildung mehrfache Berührungspunkte speziell mit der diploiden Parthenogenesis aufweist. Diese ist aber, soweit bekannt, in keinem einzigen Falle mit einer Funktionsstörung der männlichen Organe, der Sterilität männlicher Individuen oder mit dem erblichen Verlust der Erzeugung männlicher Nachkommen verknüpft. Das Merkmal des *völligen Zeugungsverlustes* ist dagegen typisch für jede Erscheinung der Apogamie und unterscheidend von wahrer Parthenogenesis. Demgemäss ist diese zu definieren als „*die spontane oder durch äussere Einflüsse induzierte Entwicklung von Gameten (insbesondere von Eizellen) sexuell differenzierter und sexuell funktionsfähiger Pflanzen- und Tierarten*“. *Ovo-Apogamie* dagegen ist eine mit Verlust der zweigeschlechtlichen Fortpflanzung und dem Ausfall des Kernphasenwechsels verbundene *obligat apomiktische Vermehrung aus Eizellen*.

Die Erscheinung der ovogenen Apogamie ist durch zahlreiche Übergänge mit anderen Formen obligat vegetativer Vermehrung im Pflanzenreich verbunden, die im Tierreich fehlen. Es ist daher zu erwarten, dass sie auch hinsichtlich ihrer *Entstehung* eher mit diesen Formen der obligaten Apomixis als mit den Erscheinungen

der künstlichen und natürlichen haploiden wie diploiden Parthenogenesis zu vergleichen sein wird. Für diese liegen, wie schon aus den bisherigen Ausführungen hervorgegangen sein dürfte, Voraussetzungen und Bedingungen für den Eintritt, wie auch die Bedeutung der Erscheinung selbst, verhältnismässig klar. Über die Ursache und die Bedingungen der Entstehung von Apogamie und ähnlichen Formen obligater Apomixis als Ersatz für zweigeschlechtliche Fortpflanzung sind dagegen seit ihrer Entdeckung im Jahre 1900 eine ganze Anzahl von Vermutungen und Hypothesen geäussert worden, von denen sich bis jetzt keine allgemeinere Anerkennung zu erwerben vermochte. Solange die ovogene Apogamie als eine Form der Parthenogenesis gehalten wurde, war die Annahme besonders naheliegend, dass sie als *obligate* Parthenogenesis allmählich aus der *fakultativen* Parthenogenesis hervorgegangen und wie diese durch *Geschlechtstrennung* begünstigt worden sei. Beweise für die Richtigkeit dieser Annahme, ebenso für die andere, dass ihrem Eintritt Störungen in der Entwicklung der männlichen Sexualorgane und Sexualzellen vorausgegangen seien, aus denen sich dann die Notwendigkeit einer autonomen Eientwicklung ergeben hätte, haben sich nicht erbringen lassen. Im Gegenteil sprechen Naturbeobachtung und neuerdings auch Experimente gegen diese Auffassung. Von zahlreichen diözischen Pflanzen, auch von ausdauernden mit vieljähriger Lebenszeit, wie z. B. *Cycas*, sind weibliche Exemplare vollkommen isoliert gefunden worden, ohne dass die Jahr für Jahr ausbleibende Möglichkeit zur Bestäubung und Befruchtung von irgend welchem Einfluss auf das Schicksal der Blüten und zum Anlass für irgend welche Form der befruchtungsfreien Frucht-, Samen- oder Keimbildung geworden wäre. Das Verhalten der diözischen *Elodea canadensis* in Europa zeigt, dass selbst eine zirka 75jährige Isolierung weiblicher Individuen absolut keine Neigung zu Parthenogenesis hervorzurufen braucht. *Elodea canadensis* ist nämlich im Jahre 1836 ausschliesslich in weiblichen Exemplaren aus Amerika in Europa eingeschleppt worden, hat seither dank ihrer ungewöhnlich starken vegetativen Vermehrung fast die sämtlichen europäischen Gewässer besiedelt, ohne je zur Samenbildung zu kommen. Die Fähigkeit dazu ist ihr aber trotz dieser aufgezwungenen Sterilität keineswegs verloren gegangen. Die Blüten der alten europäischen Weibchen werden, wie *Strasburger* 1910 feststellte, durch den Pollen der aus Amerika importierten

Männchen normal bestäubt und ergeben, wenn auch gegenüber den amerikanischen Weibchen zunächst noch eine spärliche, in jeder anderen Beziehung aber durchaus normale Frucht- und Samenbildung.

Als Ursache für das Verschwinden der männlichen Individuen bei ursprünglich diözischen Apogamen, sowie für die Störungen in der Entwicklung der männlichen Organe und Zellen monözischer Pflanzen mit Ovo-Apogamie, und damit indirekt als Ursache der letzteren selbst, hat man vielfach *Einflüsse der Aussenwelt* und namentlich Änderungen der äusseren Faktoren in Anspruch nehmen wollen. Auch hierfür haben sich bis jetzt Beweise nicht erbringen lassen.

Ungünstige Lebensverhältnisse an den Grenzen der natürlichen Verbreitungsgebiete einer Pflanzenart, in arktischen Gebieten, im Hochgebirge usw. können vorübergehende Sterilität zur Folge haben. Ebenso ist diese häufig bei eingebürgerten exotischen Arten, ferner bei zahlreichen Kulturpflanzen. Sichergestellt ist aber in all diesen Fällen nur der Eintritt *individueller* Sterilität unter dem Wechsel der äusseren Bedingungen. Noch für keine einzige dieser Pflanzen ist dagegen der Beweis erbracht, dass durch die Kultur, durch die ungünstigen Lebensbedingungen ihrer Umgebung, vorher normal sexuelle Individuen plötzlich oder allmählich durch Steigerung einer anfänglich partiellen Sterilität zu völliger und obligater Sterilität, zu Apogamie oder irgend einer anderen Form apomiktischer Vermehrung übergegangen seien. Einen ähnlichen, nur *vorübergehenden* Effekt haben, soweit sich bis jetzt übersehen lässt, in Pflanzen- und Tierreich auch *parasitäre* Einwirkungen. Die Sterilität unter dem Einfluss von Parasiten, die sogenannte *parasitäre Kastration*, bleibt ebenfalls temporär. Sind die Sterilität hervorrufenden Parasiten abgestorben oder werden sie operativ entfernt, so können sich sowohl die fehlenden sexuellen Charaktere, wie auch die Geschlechtstätigkeit wieder ungestört entfalten. Auch sonst zeigt die Durchsicht der biologischen Literatur, dass durch Änderungen der äusseren Faktoren allein in keinem einzigen Falle eine dauernde Abänderung einer Fortpflanzungsform, noch viel weniger eine so eigentümliche Erscheinung wie die ovogene Apogamie, sich neu entwickelt hätte.

In gleich negativem Sinne sind auch die in dieser Richtung angestellten experimentellen Untersuchungen ausgefallen. Sie zeigen,

dass z. B. der Wechsel zwischen geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung, wie er bei Algen und Pilzen häufig ist, nicht völlig unterdrückt werden kann und ebenso, dass die mit Befruchtung abwechselnde parthenogenetische Erzeugung von Generationen bei Heterogonie im Tierreich durch Modifikation der Lebensverhältnisse nicht dauernd umgestimmt, nicht in obligate und ausschliessliche Parthenogenesis umgewandelt wird.

Zunächst für verschiedene Algen und Pilze, später auch für einzelne Blütenpflanzen und Farne sind die besonderen Bedingungen der zweigeschlechtlichen Fortpflanzung und der ungeschlechtlichen Vermehrung eingehend erforscht worden. Dies hat die Möglichkeit gegeben, jene Algen und Pilze über eine grössere Anzahl von Generationen hin sich rein ungeschlechtlich vermehren zu lassen und die betreffenden Blütenpflanzen weit über eine gewöhnliche Vegetationsdauer hinaus in rein vegetativem Zustande zu erhalten. In keinem Falle aber ist eine definitive Änderung der Fortpflanzungsverhältnisse erreicht worden. Mit der Abänderung der für die ungeschlechtliche Vermehrung optimalen Bedingungen trat auch wieder eine Rückkehr zur zweigeschlechtlichen Fortpflanzung ein.

Noch viel weniger als bei Pflanzen ist bis jetzt bei Tieren auf künstlichem Wege eine dauernde Ausschaltung der sexuellen Fortpflanzung möglich geworden, auch nicht bei solchen mit zyklischer Parthenogenese. Gerade aus jüngster Zeit liegen Untersuchungen vor, welche erneut die Möglichkeit einer Beeinflussung des Fortpflanzungswechsels beim Wasserfloh, *Daphnia pulex*, prüften. Entsprechend den Ergebnissen früherer Untersuchungen haben diese von *M. A. van Herwerden* über die Dauer von zehn Jahren durchgeführten Untersuchungen wiederum ergeben, dass für die Cladoceren ein bestimmter Entwicklungszyklus existiert und mit grosser Zähigkeit festgehalten wird: parthenogenetische Fortpflanzung vom Frühjahr bis zum Herbst, Dauereierbildung nach Befruchtung im Spätherbst. Eine völlige Ausschaltung der am natürlichen Standorte die sexuelle Fortpflanzung veranlassenden ungünstigen Faktoren hat auch nach einer Dauer von acht Jahren nicht vermocht, die periodische Wiederkehr der Sexualität zu unterdrücken. Von irgend welchen rasch erfolgenden Veränderungen der Fortpflanzungsverhältnisse kann also auch hier nicht die Rede sein.

Wir sehen also, dass *weder in der Natur, noch im Experiment* bis jetzt Entstehung dauernder Sterilität oder eine dauernde

Abänderung des Fortpflanzungsmodus irgend einer Pflanzen- oder Tierrasse unter dem Einfluss veränderter Aussenbedingungen festgestellt werden konnte. Die Annahme, dass Apogamie mit asexueller ovogener Embryobildung in den verschiedensten Abteilungen des Pflanzenreiches unter dem Einfluss abgeänderter Lebensbedingungen *allmählich* entstanden sei, ist ohne jede Beobachtungsgrundlage.

Die Resultate der neueren experimentellen Vererbungs- und Abstammungslehre machen eine andere Annahme viel wahrscheinlicher, nämlich die, dass Änderungen in den Fortpflanzungsvorgängen, wie alle anderen Qualitätsänderungen, nicht allmählich, sondern *plötzlich* auftreten. Über solche plötzliche Änderungen an pflanzlichen und tierischen Organismen — als *sports, heterogene-tische Abweichungen, Mutationen, Allogonien* sind sie sukzessive bezeichnet worden — ist bekanntlich in den letzten anderthalb Jahrzehnten eine umfangreiche Literatur entstanden. Dass ovogene Apogamie und ähnliche Fortpflanzungsanomalien plötzlich an die Stelle normaler Amphimixis treten können, haben speziell Untersuchungen an der schon erwähnten *Chara crinita* sehr wahrscheinlich gemacht. An einer grossen Zahl von Standorten vom nördlichen Schweden bis nach Tunis, von Portugal bis zur Kaspisee sind von dieser Alge im letzten Jahrhundert ausschliesslich weibliche, sich durch unbefruchtete Sporen fortpflanzende Individuen gesammelt worden. Nur an sechs Standorten wurden im Laufe dieser Zeit neben weiblichen auch männliche Exemplare gefunden. So schien gerade für diese Pflanze die Annahme sehr viel Berechtigung zu haben, dass der Übergang von Amphimixis zur Sporenbildung aus unbefruchteten Eizellen mit dem Verlust der männlichen Individuen, vielleicht als einer Folge der Ungunst äusserer Verhältnisse, in engstem Zusammenhang stehe. Diese Folgerung hat sich als gänzlich unrichtig erwiesen. Mehrjährige Kulturversuche mit Pflanzen von einem solchen Standorte mit weiblichen und männlichen Pflanzen — einem Pusstateich in der Nähe von Budapest — haben nämlich zu dem Resultat geführt, dass *Chara crinita* gewissermassen *zwei Rassen weiblicher Pflanzen* aufweist. Die Oogonien der einen bilden nur nach Befruchtung Sporen, Zygoten; diejenigen der anderen erzeugen Sporen ohne Befruchtung. Ihre Eizellen sind, wie sich weiter gezeigt hat, auch bei Anwesenheit normaler männlicher Pflanzen und frei schwärmender Spermatozoiden nicht mehr befruchtungsfähig.

Aus den „Parthenosporen“ gehen immer wieder parthenosporenbildende Weibchen, aus den Zygoten dagegen im Verhältnis von zirka 110:100 männliche und weibliche befruchtungsbedürftige Pflanzen hervor.

An der grossen Mehrzahl der jetzigen Standorte von *Chara crinita* kommt nur die apogame Rasse vor, im erwähnten Pusstauteich bei Budapest apogame Individuen nebst männlichen und weiblichen Individuen der befruchtungsfähigen und befruchtungsbedürftigen Rasse. Übergänge zwischen den zwei Typen weiblicher Individuen; also Individuen, deren Oogonien zum Teil befruchtungsbedürftig, zum Teil apogam entwicklungsfähig sind, konnten trotz eingehenden Suchens nicht gefunden werden. Es muss also die apogame Form, sofern sie an diesem Standorte selbst entstanden ist, plötzlich aus der befruchtungsbedürftigen hervorgegangen sein. Für diese plötzliche Entstehung, die sich natürlich im Laufe der Zeiten an verschiedenen Standorten vollzogen haben wird, die jetzt nur noch die apogame Rasse aufweisen, spricht vor allem der Umstand, dass sich die beiden Typen weiblicher Individuen ganz wesentlich in der Chromosomenzahl ihrer Kerne unterscheiden. *Chara crinita* männlich und weiblich befruchtungsbedürftig hat in allen ihren Organen Kerne mit der Chromosomenzahl 12. Nur ihre Zygotenkerne, die aus der Verschmelzung eines Sperma- und eines Eikernes mit je 12 Chromosomen hervorgehen, weisen die diploide Anzahl von 24 Chromosomen auf. Diese diploide Zahl findet sich nun in allen Zellen der apogamen Rasse vor. Nun liegt gewiss nichts ferner als die Annahme, dass die diploide Rasse aus der haploiden durch allmähliche Steigerung der Chromosomenzahl entstanden sei. Nach allem, was wir über Veränderung der Chromosomenzahlen bei pflanzlichen und tierischen Organismen wissen, erscheint es fast selbstverständlich, dass hier das Resultat einer *einmaligen Chromosomenverdoppelung* vorliegt. Man kann sich über den Zeitpunkt und die Bedingungen für das Zustandekommen dieser fundamentalen Änderung verschiedene Vorstellungen machen. Am aussichtsreichsten erscheint von den denkbaren Möglichkeiten, in Hinsicht auf die mit der Chromosomenverdoppelung hier einhergehende Änderung in der Art der Fortpflanzung, *das Ausbleiben der Reduktionsteilung bei der Teilung von Zygoten*, die nicht aus einer *normalen*, sondern aus einer *artfremden* Befruchtung hervorgegangen sind. Das führt zur Auffassung der diploiden und ovo-

apogamen *Chara crinita* als eines *Artbastardes*. Diese Annahme mag in Anbetracht der noch verschwindend geringen Kenntnisse über Bastardbildung bei niederen Pflanzen ausserordentlich gewagt erscheinen. Ihre Begründung findet sie aber in den Ergebnissen zahlreicher Untersuchungen bei Pteridophyten und Angiospermen.

Hier finden wir ovogene Apogamie und andere Abweichungen vom normalen Fortpflanzungsverlauf mit diploider, tri- und tetraploider Chromosomenzahl gerade in solchen Verwandtschaftskreisen vor, deren Arten und Rassen sich ganz allgemein durch auffallend starke Differenzen in der Chromosomenzahl auszeichnen und überdies durch die Leichtigkeit der Bastardbildung und durch das Vorkommen zahlreicher natürlicher Bastarde bekannt sind. Innerhalb der Gattungen *Selaginella* und *Marsilia*, bei verschiedenen *Polypodiaceen* und anderen Farnen, unter den Blütenpflanzen bei *Hieracium*, *Taraxacum*, *Alchemilla*, *Rubus* usw. sind ovogene Apogamie und andere Fortpflanzungsanomalien typisch für zahlreiche Kleinarten, Subspezies und Rassen, von denen sehr wohl angenommen werden kann, dass sie durch Kreuzung aus wenigen Haupttypen hervorgegangen sind.

Für den hybriden Ursprung apogamer Spezies und Rassen spricht ausser ihrer häufigen Zugehörigkeit zu hybridenreichen Verwandtschaftskreisen auch ihre morphologische und physiologische Übereinstimmung mit fertilen und besonders mit sterilen Bastarden. Sie zeigen wie diese vielfach die Erscheinungen der *Luxuration*, der üppigen vegetativen Entwicklung, die nicht selten auch mit einer ausgeprägten Anpassungsfähigkeit an verschiedenartige Aussenbedingungen einhergeht. Einzelne apogame Arten, z. B. innerhalb der Gattungen *Hieracium* und *Taraxacum*, verdanken der Üppigkeit der vegetativen Entwicklung, der Leichtigkeit der vegetativen Vermehrung und im besonderen ihrer ausserordentlich reichlichen und von der Witterung sozusagen unabhängigen Frucht- und Samenbildung ihre ungeheure Verbreitung und Individuenzahl.

Die Annahme eines hybriden Ursprunges der obligat apogamen Angiospermen lässt auch besser als jede bisherige Hypothese greiflich erscheinen, dass mit der ungestörten oder sogar geförderten vegetativen Entwicklung trotz des Geschlechtsverlustes keine Reduktion in der Ausbildung des Schauapparates und anderer Anlockungsmittel der Blüten stattgefunden hat und ebenso, dass die völlig nutzlos gewordenen Schliessbewegungen der Blütenstände,

die Farbe und Form der Blüten, die Ausbildung reichlichen Pollens und sogar von Nektar, erhalten geblieben sind. Viel leichter als durch die Annahme eines allmählich eingetretenen Verlustes der normalen Amphimixis, der sicherlich nicht ohne starke Rückbildung der Blüten und des Blütenstandes erfolgt wäre, sind alle diese Relikte der Amphimixis durch die Hypothese einer plötzlichen durch die Kreuzung bewirkten Abweichung in der Embryosack- und Embryoentwicklung zu erklären.

Sehr weitgehend sind sodann die Übereinstimmungen, die durch die *zytologische* Forschung zwischen sterilen Bastarden und Apogamen festgestellt worden sind. Apogame Arten und Rassen zeigen dieselben Anomalien in der Ausbildung der männlichen Sporen und Geschlechtszellen, welche auch längst bei partiell und völlig sterilen Bastarden gefunden wurden. Ebenso weisen die mehr oder weniger zahlreichen, nicht zur Entwicklung kommenden Samenanlagen der Apogamen dieselben Hemmungsbildungen und Degenerationen auf, welche bei den sterilen Bastarden zur Beobachtung gelangen. Mehrfach ist ferner festgestellt worden, dass Bastarde oder Nachkommen von Bastarden im Vergleich zu ihren Eltern ebenfalls abgeänderte, zum Teil wieder verdoppelte Chromosomenzahlen aufweisen. Für einige Fälle partieller und obligater Apogamie in der Gattung *Hieracium* kann hybrider Ursprung schon nahezu für erwiesen gelten und bei einem experimentell erzeugten Bastard, *Primula Kewensis*, ist eine Form der Apogamie ausserordentlich wahrscheinlich gemacht worden.

Andere Fortpflanzungsanomalien, die vom vergleichend morphologischen Standpunkte aus eine lückenlose Reduktionsreihe von Embryobildung aus Eizellen bis zum Verlust jeden Restes der früheren amphimiktischen Fortpflanzung bilden, verbinden die ovogene Apogamie der Pteridophyten und Angiospermen mit vollkommener Sterilität und ausschliesslicher vegetativer Vermehrung. Bei den Angiospermen speziell führt diese Reihe von der ovogenen Apogamie über die Erscheinungen der somatischen Apogamie, der Aposporie, Nucellarembryonie und Parthenokarpie zum völligen Verlust der Frucht- und Samenbildung, also zu *totaler* Sterilität. Die letzten Glieder dieser Reihe: Fruchtbildung mit spärlicher Samen-erzeugung, Parthenokarpie (Ausbildung von Früchten ohne keimfähige Samen), völliger Verlust der Frucht- und Samenbildung und Unfähigkeit zur Blütenbildung bei zum Teil üppiger vegetativer

Entwicklung, gehen in der Natur wie im Experiment verhältnismässig häufig aus Kreuzungen hervor. Mit den Anomalien der im Experiment erhaltenen Bastarde stimmen diejenigen natürlicher Formen und vieler Kulturpflanzen überein, deren Ursprung uns zurzeit noch unbekannt ist. Die Wahrscheinlichkeit ist sehr gross, dass auch sie hybriden Ursprunges sind und *dass alle dauernden, von Generation zu Generation sich erhaltenden Abweichungen von der Norm des Fortpflanzungsvorganges einer Pflanzengruppe immer durch Kreuzungsvorgänge in der Ascendenz ausgelöst worden sind.*

Ein nicht unbeträchtlicher Teil der uns umgebenden Pflanzenwelt weist solche Fortpflanzungsanomalien auf. Für sie alle wird hybrider Ursprung ausserordentlich wahrscheinlich, sobald es gelingt, den Nachweis zu erbringen, dass ovogene Apogamie, das der normalen Fortpflanzung durch Amphimixis am nächsten kommende erste Glied der erwähnten Reduktionsreihe, durch Kreuzung sexueller Arten experimentell hervorzurufen ist. Die Erreichung dieses Zieles wird langdauernde und umfangreiche Kreuzungsstudien in verschiedenen Pflanzengruppen notwendig machen. Nach den Erfahrungen der letzten Jahre werden positive Resultate am ehesten von Kreuzungen zwischen Individuen stark verschiedener Arten (*heterogene Kreuzungen* der Zoologen) zu erwarten sein. Es mehren sich ferner die Anzeichen dafür, dass einzelne dieser heterogenen Kreuzungen jedenfalls nur ausnahmsweise unter besonderen Kombinationen der äusseren Bedingungen erfolgreich sind. Ferner hat sich ergeben, dass aus solchen ungewöhnlichen und selten eintretenden Kreuzungsvorgängen verschiedene Typen von Nachkommen hervorgehen können, die sich, wie z. B. die sterile und die samenbildende *Primula Kewensis*, in der Chromosomenzahl der Kerne und im Verlauf der Fortpflanzungsvorgänge voneinander und von den gemeinschaftlichen Eltern unterscheiden. Das durch die Hypothese vom hybriden Ursprung der Apogamie der experimentellen Forschung gesteckte Ziel ist also nur durch grosse Ausdauer, viel Geschick und glückliche Wahl des Versuchsmaterials zu erreichen. Ein Erfolg dürfte für die Lösung von Grundfragen auf dem Gebiete der Biologie bedeutungsvoll werden.

Experimentelle Erzeugung konstanter Apogamie wird einen ersten, in jeder Beziehung unanfechtbaren Beweis dafür geben, dass die aus Kreuzungen hervorgehenden *neuen* Formen nicht nur durch

*Neukombination* der elterlichen Merkmale entstehen, sondern auch *wirkliche Qualitätsänderungen* aufweisen können. Damit würde die Bedeutung des aufgeworfenen Problems weit über den engeren Rahmen der Fortpflanzungslehre hinaus auf das grosse Gebiet der Abstammungslehre ausgedehnt. Seine Lösung würde die Anerkennung und Ausbreitung der sich nur langsam bahnbrechenden Ansicht beschleunigen, dass der Vorgang der Kreuzung, der zurzeit in seiner Bedeutung für die Artbildung von den meisten Vererbungs-forschern noch sehr gering eingeschätzt wird, in Wirklichkeit ein wichtiger, vielleicht der *grundlegende* Faktor für die organische Entwicklung und damit für das ganze Entwicklungs- und Abstammungsproblem ist.

Von der viel angegriffenen Transformations- und Selektionslehre *Darwins* ist der Nachweis gültig geblieben, dass die Natur unter den neu auftretenden Formen jedes Formenkreises eine *Auslese* trifft. Die Mutationstheorie von *de Vries* hat bewiesen, dass die der Selektion unterliegenden neuen Formen *nicht allmählich*, sondern *plötzlich* aus vorhandenen entstehen. Eine künftige Bastardtheorie wird uns vielleicht auf den Weg führen zur Erkenntnis der Ursachen und der Bedingungen für die *Entstehung* neuer organischer Formen.

#### Literatur.

- Ernst*, Alfred, Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich. Eine Hypothese zur experimentellen Vererbungs- und Abstammungslehre. 665 Seiten, 172 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Jena. Gustav Fischer. 1918.
- Herwerden*, M. A. van, Untersuchungen über die parthenogenetische und geschlechtliche Fortpflanzung von *Daphnia pulex*. Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. II. Sect. Deel XX. Nr. 3. 1918.
- Holmgren*, J., Zytologische Studien über die Fortpflanzung bei den Gattungen *Erigeron* und *Eupatorium*. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. Bd. 59. Nr. 7. 1919.
- Pellew*, C., and F. M. *Durham*, The genetic behaviour of the hybrid *Primula Kewensis*, and its allies. Journ. of Genetics. Vol. 5. S. 159—182. 7 Taf. 1916.
- Rosenberg*, O., Die Reduktionsteilung und ihre Degeneration in *Hieracium*. Svensk Botanisk Tidskrift. Vol. 11. S. 145—206. 1917.
- Winge*, O., The chromosomes, their numbers and general importance. Comptes-Rendus des travaux du Laboratoire de Carlsberg. Vol. 13. S. 131—275. 1 Tafel, 46 Textfiguren. 1917.

# Die menschliche Konstitution in medizinisch-naturwissenschaftlicher Hinsicht.

Prof. Dr. O. NAEGELI (Zürich).

Der Aufforderung, Ihnen einen Vortrag aus dem Grenzgebiet Medizin, Biologie, Naturwissenschaften zu halten, bin ich mit Freuden nachgekommen, gilt es doch für die Medizin als ausserordentlich wichtig, solche Beziehungen mit den Naturwissenschaften möglichst ausgedehnt zu entwickeln. Da bietet nun die Besprechung der menschlichen Konstitution ganz besonders breite Berührungsflächen.

Was ist menschliche Konstitution? Darunter versteht man alle Eigenschaften des Körpers, seiner Gewebe und Organe in morphologischer wie in funktioneller Hinsicht. Dass nun die Menschen in bezug auf diese ihre Beschaffenheit weitgehend verschieden sind, das lernen wir von frühester Jugend auf. Vielleicht fallen uns schon in der Kindheit gewisse kleine Unterschiede der Körperform, der Gesichtsbildung, der Nase usw. auf, und die Vererbbarkeit solcher äusserlichen Merkmale in der gleichen Familie belehrt uns darüber, dass es sich nicht um bedeutungslose Momente handelt, sondern um Erscheinungen, die gerade durch ihr Vererbtwerden sich als wichtig, als konstitutionell erweisen. Die modernen Forschungen zeigen uns ferner, dass auch in den innern, dem blossen Auge nicht zugänglichen Organen grosse konstitutionelle Unterschiede zu treffen sind. Mittels der Röntgenstrahlen erkennen wir heute die verschiedene Form, Gestalt und Lage des Herzens und des Magens und es ist uns klar, dass für die Entstehung bestimmter Erkrankungen aus dieser verschiedenen Ausbildung der Organe auch verschiedene Dispositionen für krankhafte Verhältnisse entstehen müssen. In ganz gleicher Weise erkennen wir schon in der Breite des Gesundseins auch funktionelle Unterschiede in den Organen des Menschen. Wir sehen den Chemismus des Magens bei verschiedenen Leuten verschieden; wir treffen verschiedene Leistungsfähigkeit des Herzens, und mit der feinen Untersuchungsmethode von Sahli, die uns Aufschluss über die Pulsarbeit gibt,

erkennen wir stark untereinander abweichende Ergebnisse der Herz- und Gefäßtätigkeit, die sich oft über Monate und Jahre hinaus als konstant und damit oft auch als konstitutionell erweisen. Das alles kann für den Arzt nicht gleichgültig sein und gibt ihm Hinweise auf die Pathogenese mancher Erkrankungen.

Nun ist ein solches konstitutionelles Denken in der Medizin nicht neu, sondern im Gegenteil uralte. Von den ersten Ärzten des Altertums an haben solche Gedanken die Medizin geradezu beherrscht und bis etwa zur Mitte des vorigen Jahrhunderts die Alleinherrschaft behauptet; aber solche Vorstellungen waren doch in weitgehendem Grade unklar und verworren, mehr Sache des Gefühls und der Empfindung als auf wissenschaftliche Grundlage aufgebaut. Sie verloren sich in nebelhafte Schleier, die unter den Händen zerrannen, wenn man nach ihnen greifen wollte. Als daher neue glänzende Sterne am Himmel der Medizin aufleuchteten, wie die Cellularpathologie von Virchow, die Bakteriologie und die medizinische Chemie, da kam konstitutionelles Denken in der menschlichen Pathologie rasch stark in den Hintergrund und wurde zeitweilig vollständig verdrängt. Zwei Momente aber haben in der letzten Zeit frühere Auffassungen doch wieder in hohem Grade zur Anerkennung gebracht und der Lehre von der Konstitution von neuem eifrige Anhänger erworben: 1. die Überzeugung, dass bei der Entstehung der Krankheiten fast immer nicht eine einzige Ursache vorliegt, sondern eine Konstellation von Ursachen, und 2. die rasche Entwicklung der Lehre über die innersekretorisch tätigen Organe, die uns die Bedeutung der Konstitution in helles Licht setzen. Ich möchte Ihnen das an Hand einiger Beispiele zeigen.

1. Vor 20 Jahren habe ich den Nachweis an Hand von genauen Sektionen und histologischen Untersuchungen geführt, dass so gut wie alle Menschen tuberkulöse Herde im Körper aufweisen, auch die plötzlich durch Unglücksfälle Verstorbenen. Da aber nur ungefähr  $\frac{1}{7}$  der Menschen an Tuberkulose sterben, fast  $\frac{6}{7}$  also die eingedrungenen Bazillen unschädlich machen können, so muss diesen Kräften der Natur eine besondere Bedeutung beigelegt werden. Wir haben nun die Erfahrung gemacht, dass eine besondere Beschaffenheit (Konstitution) der Lungenspitze für die Ansiedelung und Ausbreitung der Tuberkulose einen besonders günstigen Boden schafft, z. B. wenn die erste Rippe frühzeitig verknöchert und die

Spitze einengt, in der Luft-, Blut- und Lymphzirkulation beeinträchtigt und damit eine lokale Organdisposition erzeugt.

Im Kriege lernten wir einen weiteren Faktor kennen in der allgemeinen Unterernährung, die die natürlichen Kräfte des Organismus schädigt, indem die Zahl der Todesfälle an Tuberkulose durch die Hungerblockade auf das Doppelte, ja das Dreifache hinaufgekommen ist. Hier liegt eine allgemeine Schädigung der Konstitution vor, eine Schwächung des ganzen Körpers.

2. Die chemische Forschung hat für die Medizin eine enorme Wichtigkeit erlangt. Ein hervorragender Forscher hat vor 20 Jahren geglaubt, dass in etwa 15 Jahren die medizinischen Probleme fast nur noch chemische sein werden. Diese Prophezeiung hat sich nicht erfüllt und wird sich nie erfüllen; denn die chemische Forschung zeigt uns im allgemeinen nur das gegenwärtige Geschehen, nicht aber die Genese der Krankheit. von Noorden, der Hauptvertreter der chemischen Forschung über die Zuckerkrankheit, hat in der Neuauflage seiner Monographie jetzt für diese Krankheit die Bedeutung konstitutioneller Verhältnisse, ganz speziell der innersekretorischen Organe, in den Vordergrund gestellt und damit die ganze Entstehung der Krankheit zur Hauptsache auf konstitutionellen Boden verlegt. Wenn wir beispielsweise einen schweren Fall von Zuckerkrankheit schon mit 32 Jahren bekommen und erfahren, dass der Bruder mit 31 Jahren vor kurzem an Zuckerkrankheit gestorben ist, so denken wir sehr stark daran, dass ein innersekretorisch für den Kohlehydratstoffwechsel wichtiges Organ, die Bauchspeicheldrüse, hier familiär vererbbar minderwertig angelegt ist und das frühe und familiäre Auftreten der Krankheit verursacht. Es würde sich hier dann handeln um eine Schwäche eines ganzen Organes, um eine konstitutionelle Hypoplasie oder Hypofunktion z. B. der Bauchspeicheldrüse.

In ähnlicher Weise denken wir heute auch bei den Aufbrauchkrankheiten Edingers nicht in erster Linie an die Schädlichkeit der Funktion, sondern zu allererst an ungenügende Anlage, so bei den familiär vorkommenden Formen von Muskelschwund, und wir sprechen hier lieber von Abiotrophien, indem die normale Funktion schon genügt, um bei insuffizienter Anlage das Organ, hier die Muskulatur, zum Schwund zu bringen.

3. Auch bei meinem Forschungsgebiet, den Blutkrankheiten, sagt uns der eingehendste Befund in der Regel noch nicht viel

über die Entstehung der Krankheit. Wir schwelgen in Zahlen, indem wir die Veränderungen mathematisch fassen, und diese Zahlen sind nicht Spielereien, sondern sie geben uns den Ausdruck der Funktion der blutbildenden Organe. Sie unterrichten uns aber doch in der Regel nicht über die Herkunft der Krankheit. Ich habe daher versucht, auch in diesem Gebiete konstitutionelle Gedankengänge zur Geltung zu bringen.

Die Bleichsucht wäre z. B. erklärt, wenn wir annehmen, dass die Pubertätsdrüse minderwertig angelegt ist und dass diese Minderwertigkeit als angeborene Abweichung vererbt wird. In einem Alter, in dem die Drüse ihren Einfluss auf die Entwicklung des Körpers und des Blutes geltend machen sollte, kommt sie nicht genügend zur Geltung. Das erzeugt eine Störung, eine Disharmonie in den Wechselbeziehungen der Organe mit innerer Sekretion. Daher erfolgt eine vollständige Umprägung der Konstitution. Die Knochen werden grob und viril, das Knochenwachstum wird länger als dem Durchschnitte entspricht; der Brustkorb wird breit und tief, aber auch die Nebennierenfunktion wird anders, es wird viel Adrenalin, das Sekret der Nebenniere, gebildet, aber wenig Hautpigment; daher die Pigmentarmut der Bleichsüchtigen, die alabasterfarbene Haut und die starke Erregung des sympathischen Nervensystems durch das reichlich entstehende Hormon Adrenalin.

Wir denken also auch in diesen Gebieten an die grosse Bedeutung konstitutioneller Faktoren und glauben, damit der Erkenntnis neue und wichtige Wege gewiesen zu haben.

Wenn wir jetzt aber die neuern Bücher über die Konstitutionslehre durchgehen, so ist die Begründung der abweichenden Konstitution meist eine sehr eigenartige. Man glaubt vielfach, in dem Feststellen aller erdenkbarer leichter Abweichungen vom Mittelwert den konstitutionell veränderten Boden gefunden zu haben. Eine grosse Zahl von Einzelbefunden soll durch die Menge ersetzen, was den Einzelnen an Beweiskraft abgeht, und man spricht dann von „exquisit degenerativem Milieu“, das nun für alle möglichen uns heute noch nicht genügend geklärten Krankheiten eine ausreichende Erklärung bieten soll. So werden das Vorkommen von gewissen abnormen Behaarungen, die verwachsenen Augenbrauen, ein steiler Gaumen, eine Anomalie der Zahnbildung, die Existenz überzähliger, rudimentärer Brustwarzen, die schnelle oder langsame Tätigkeit des Herzens, die Tropfenform des Herzens, der Mangel an Salzsäure-

bildung im Magen, die Lage-Anomalie der Eingeweide, das abweichende Verhalten gewisser nicht absolut konstanter Reflexe und unzähliges mehr für die Beweisführung herangezogen.

Wenn wir aber vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus dieses Heer kleiner und kleinster Abweichungen überblicken, so handelt es sich hier zunächst nur um die *Tatsache der Variabilität* der Spezies homo sapiens. Wir betreten also rein naturwissenschaftlichen Boden und berühren Fragen, die nach den Erfahrungen der Naturwissenschaften gelöst werden müssen. Wir haben uns daher sofort mit den Begriffen der Spezies und der Variabilität zu befassen.

Der Mensch ist nun keineswegs, wie das Martius ausgesprochen hat, eine artfeste Spezies, sondern im Sinne der Naturwissenschaften eine Sammelspezies im Linnéschen Sinn. Es liegen unzählige kleine und kleinste in bezug auf Vererbung konstante Rassen vor, so dass bei den Kreuzungen notwendigerweise sofort eine enorme Variabilität entstehen muss. Vor allem aber geht es nicht an, die Tatsache der Variabilität von vornherein als degeneratives Zeichen zu erklären. Variabilität ist vielmehr eine ganz allgemeine Erscheinung der Arten und erhaben über die Begriffe nützlich oder schädlich, degenerativ oder progressiv.

Es lehren uns vielmehr die Naturwissenschaften, dass das Fehlen der Variabilität ein Zeichen der alten, dem Aussterben verfallenen Typen des Tier- und Pflanzenreiches darstellt und grosse Variation den paläontologisch jungen Arten und Familien zukommt, so z. B. den Genera Rubus, Rosa, Hieracium, in denen die unerhörte Fülle der Formen den Systematiker zur Verzweiflung bringt.

Andererseits sehen wir bei einer heute sehr seltenen Pflanze unserer Torfmoore, der nach dem Zürcher Johann Jakob Scheuchzer benannten Scheuchzeria, dass sie in der Höhe von 1800 m (Arosa) so wenig wie in der Tiefe bei 450 m (Katzensee) irgendwelche Variabilität aufweist. Von ihr wissen wir aber, dass sie ein seltenes und absterbendes Glied unserer Flora darstellt, während sie früher so enorm häufig gewesen war, dass gewisse Schichten des Torfes fast ausschliesslich aus ihr bestehen und sog. Scheuchzeriatorf darstellen. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Bärentraube, einer Tertiärpflanze, die weder auf den höchsten Alpen von 3000 m, noch in der Ebene von Nord-Zürich bei 450 m, noch im hohen Norden die geringste Variabilität besitzt.

Die Naturwissenschaften lehren uns also, dass die vielfach vorhandenen, in medizinischen Kreisen geläufigen Vorstellungen

über die degenerative Bedeutung der Variabilität vollständig verfehlt sind.

An die vorhandenen Abweichungen vom Durchschnitt legt nun der Mensch seine Werturteile. Er spricht von wesentlich und unwesentlich, von progressiv und degenerativ, von wichtig und unwichtig, und zwar in der Regel ohne wissenschaftliche Begründung, rein gefühlsgemäss. Was ist aber wichtig, was unwichtig? Wie ungeheuer können wir uns da täuschen!

Unvergesslich ist mir der Tag, als mir einst als jungem Botaniker Siegfried in Winterthur seine Kulturen der Potentillen gezeigt hat. Da sehen Sie, sagte er, Potentillen aus der ganzen Welt. Unter den so sehr veränderten Verhältnissen hat sich die ganze Gestalt verändert, der Wuchs, die Blüte, der Stengel, sogar das, was wir als das Wichtigste ansehen, die Blattform: aber eines hat sich nicht verändert, die Art der Behaarung, die wir früher für das Unwesentlichste gehalten haben. Nichts aber berechtigt uns, solche Einzelerfahrungen zu verallgemeinern; denn jeder Fall will wieder besonders untersucht und geprüft sein, und bei einer andern Familie kann nun sehr wohl die Behaarung eine unwichtige, stark wechselnde und inkonstante Erscheinung sein.

Für unsere vorgefasste Meinung über Degeneration gibt es auch ein schönes Beispiel. Darwin hielt die *Ophrys apifera* wegen ihrer ausschliesslichen Eigenbestäubung für unfehlbar der Degeneration verfallen, und siehe da, gerade diese Pflanze ist es, die heute nach dem Urteil aller Orchideenkennner die unerhörteste Variabilität aufweist, eine kaum zu überblickende Menge von neuen Formen, von Mutationen, und alle Autoren haben die Überzeugung, dass diese Vielfältigkeit erst ein Produkt der neuesten Zeit darstellt.

Häufig wird das Vorliegen von etwas Degenerativem auch damit begründet, dass es nur selten erscheint und damit eine Ausnahmestellung einnimmt. Ein solches Urteil ist offenkundig falsch; denn die Seltenheit einer Gestalt oder einer Form oder einer Pflanze hängt meist von vielen äusseren Faktoren ab, die sicherlich nichts mit Degeneration zu tun haben.

Ebenso erscheint es mir sicher, dass Atavismen und Embryonalismen zwar nicht allzu selten für die Entstehung von krankhaften Zuständen Veranlassung geben können, aber trotzdem keinerlei Beweise eines degenerativen Bodens enthalten, weil ihre Entstehung durch ganz andere, in bezug auf die Frage der Degeneration indifferente Verhältnisse bedingt wird. Endlich wird vielfach

eine irrige Kausalbeziehung in Konstitutionsfragen angenommen. So ist es zweifellos unrichtig, wenn heute von gewisser Seite das Tropfenherz, das kleine median gestellte Herz als konstitutionelle Grundlage der Neurasthenie in einzelnen Fällen angenommen wird; denn Neurasthenie ist stets eine psychische Affektion und kann keine andern als psychische Wurzeln haben, und daher können niemals organische körperliche Veränderungen dafür ätiologische Faktoren sein. Übrigens überzeugt man sich immer wieder davon, dass die Träger eines Tropfenherzens die schwersten Strapazen ohne alle Schwierigkeit durchmachen können und erst später zufällig die abnormale Lage und Form des Herzens gefunden wird.

Werde ich nun der Variabilität keine pathogenetische Bedeutung zuschreiben? Doch, ganz selbstverständlich; denn das hiesse ja die ganze Grundtendenz meiner Auffassung verkennen; nur verlange ich den Nachweis, dass in jedem einzelnen Falle eine ganz besondere Art der Variation in ganz bestimmter Richtung massgebend gewesen ist. Ich verlange also den direkten Zusammenhang und weise alle indirekten Schlüsse mit ihren unklaren, nebelhaften Vorstellungen zurück. So ist es sehr verständlich, dass z. B. ein ungewöhnlich langer Wurmfortsatz eher zu Blinddarmentzündung führen kann; so begreifen wir das Entstehen von Tumoren oder Cysten an Ort und Stelle von embryonalen oder phylogenetischen Rückbildungsvorgängen; so wird ein familiär kleines oder funktionell schwaches Pankreas die Disposition zu Zuckerkrankheit geben können, nicht aber ist das Vorkommen einer dieser Veränderungen ein Argument für eine allgemein vorhandene degenerative Grundlage und ein Beweisstück für alle möglichen Krankheiten.

Vor allem aber beweist die *Genese der Variabilität*, dass aus der Tatsache des Vorkommens der Variation zunächst nichts Degeneratives abgeleitet werden kann.

Nach unsern heutigen Kenntnissen der Naturwissenschaften entsteht die Variabilität als blosse Modifikation ohne Vererbung. Diese Form kann uns hier nicht weiter beschäftigen, weil das Vererbtwerden uns zunächst am meisten für das Konstitutionelle zeugt. Dann kennen wir als eine der wichtigsten Ursachen der Variabilität die Kombination oder Hybridisation. Dadurch entsteht jetzt eine ungeheure Fülle der Formen. Niemandem wird es einfallen, sofort nun einen Teil des Neuen als degenerativ anzusprechen. Es handelt sich um völlig indifferente Bildungen in bezug auf diese Fragestellung, und alle sind an und für sich gleichwertig. Die

Kombination schafft aber nicht nur eine ungeheure Variabilität durch Mischung von Faktoren, sie kann nach unseren neuen Erkenntnissen auch tatsächlich Neues zustande bringen.

Endlich entsteht Variabilität durch Mutation, durch plötzliche Sprünge aus uns unerklärlichen innern Gründen. Ich habe den Versuch gemacht, eine Reihe von Konstitutionsanomalien und Konstitutionskrankheiten des Menschen als Mutationen zu deuten, so die Hämophilie, die chemische Anomalie der Alkaptonurie und Zystinurie, die Chlorose, die atrophische Myotonie, den familiär „kongenitalen“ hämolytischen Ikterus mit seinen kleinen, aber im Volumen grossen und daher in der Konstitution veränderten roten Blutkörperchen.

Auch bei solchen Affektionen ist es unter Umständen sehr misslich, die menschlichen Begriffe von nützlich und schädlich zu gebrauchen. Gewiss muss man die Chlorose als eine schädliche Variabilität (Mutation) hinstellen, weil das Bestehen einer erheblichen Blutarmut und besonders auch die geringe Konzeptionsfähigkeit der Chlorotischen für die Erhaltung der Variation nachteilig ist; aber andererseits schützt der starke Fettansatz und die breite, tiefe Brust bei dieser Krankheit vor dem Fortschreiten tuberkulöser Infektionen, wie ich mich in eigenen Untersuchungen immer wieder überzeugt habe. Die Dysharmonie und Umprägung der Konstitution hat also sowohl vorteilhafte wie schädliche Folgen. Es geht daher nicht an, die Abweichungen nach dem Vorschlage von Martius einfach in Plus, Minus und Dysvarianten einzuteilen; dafür liegen die Verhältnisse doch viel zu kompliziert.

Sie sehen, wie anregend für Auffassung und Unterricht die Erörterung konstitutioneller Fragen ausfallen kann, wie ganz andere und tiefere Zusammenhänge erschaut werden, die unserem Verständnis mehr Befriedigung bieten als frühere zu einfache Auffassungen. Freilich erweist sich manches als noch wenig gestützt, anderes, scheinbar gut begründet, muss wieder zusammenfallen; aber mit der Zeit wird das schwierige Gebiet immer lichtvoller und immer klarer, wenn die Medizin sich als sichere Führerin in allen diesen Fragen die naturwissenschaftliche Forschung erwählt. Dass dies der Fall sein werde, dass immer mehr naturwissenschaftliche Grundlage und Erfahrung unsern Deutungen zugrunde liegen und die gefühlsmässige theoretische Konstruktion in der Medizin verdrängen, das ist mein Hoffen auf die Zukunft.

## La bonificazione del Piano di Magadino.

Ing. CARLO BARCILIERI.

Non sono certo il primo, e non sarò probabilmente l'ultimo, nel novero dei conferenzieri, che all'atto di presentarsi al pubblico (tanto più se, come nel caso mio, ciò gli accada per la prima volta) si faccia subito a invocare l'indulgenza degli ascoltatori ed a dipingere con parole suggestive l'esitanza e le dubbiezze provate nello accettare l'incarico. Ma poche volte, dev'essere accaduto, come a me, che quella esitanza anzichè scemare, si aggravasse dopo accettato l'incarico, e quelle dubbiezze divenissero tanto maggiori quanto più m'inoltravano nel lavoro. Nello scorrere atti e documenti, mi son trovato dinnanzi nomi famosi, nella pubblica economia, del vicino regno, uomini politici fra i più stimati del patrio Ticino, autorità supreme della Confederazione. E mentre preparavo queste pagine modeste di ingegnere, mi avveniva di leggere periodi come questi: „Non è il Piano di Magadino la zona ideale per le grandi colture? ... Non è il campo donde si sprigionerà una fecondità agricola meravigliosa? ... E le materie prime che esso può dare, quando fosse adibito a una coltivazione adeguata, non potrebbe attirare lentamente industrie prospere e numerose? ... In caso affermativo non si popolerebbe esso, poco a poco, di abitati fino a formare villaggi, borgate e fors' anche città, se il grande progetto di navigazione fluviale si tramutasse in realtà? ... E allora, gran parte della popolazione ticinese che oggi si sperde oltre gli oceani, non avrebbe in patria di che vivere nella prosperità? ... Sono contorni di sogno questi ... Ma un popolo coraggioso, un popolo retto da autorità coraggiose, può tradurlo in fatti.“ — Davanti a questi periodi scintillanti di poesia, la prosa che stavo meditando mi pareva divenire tanto più arida e scolorita, e mi sarei ritratto, sconfortato, dal campo, se la cara e buona immagine del nostro Presidente non fosse stata là ad ammonirmi, con l'esempio ancor più che con la parola, come non sia tanto da badare a se, quanto di servire altrui. E poichè ciò che andro dicendo darà lode alla nostra cara patria, mi farò a riassumere in brevi righe la storia

di un'opera nella quale venne spesa l'energia ticinese per tre quarti di secolo, a dimostrare che il valore ticinese non è solo nelle arti belle, ma anche nelle opere della agricoltura e della tecnica.

\* \* \*

Voi tutti conoscete quella vasta pianura che giace tra Bellinzona et il Lago Maggiore, lunga 15 km e larga in vari punti più di tre, orientata da est a ovest et circoscritta a mezzodi dalle catene dei monti che, discendendo dalla Levantina, si aprono a Bellinzona per correre sulla sinistra a formare il gruppo di Cima di Medeglia e del Monte Ceneri, sulla destra, quello del Monte Carasso e di Monte dei Motti. Questa pianura, che certamente rappresenta uno dei campi più vasti dell'agricoltura nazionale, per molti anni fu abbandonata, pur troppo, al capriccio sfrenato delle acque, che, nelle piene dei fiumi, vi devastavano impetuose le scarse messi di quei pochi agricoltori ardimentosi, ovvero, stagnanti nelle paludi, ne ammorbavano l'aria riducendo a triste foraggio palustre tutto il prodotto del suolo uliginoso. Anche in tempo di magra il letto del Ticino occupava in varie tratte del suo percorso, una larghezza di ben 500 m e da ciò si possono misurare le devastazioni e lo sterminio di tutta la campagna, quando nelle grandi inondazioni il fiume gettava, ora a dritta, ora a manca, la massa di suoi 2500 m cubi d'acqua al minuto secondo, e, inciampando nei detriti dei torrenti laterali, si contorceva in sempre nuovi divagamenti. A rendere più insalubri i luoghi e incoltivabile la terra, le acque scolanti dalle montagne laterali, non trovandovi letto sicuro per raggiungere il fiume, si obliavano nella pianura funestandola di inondazioni e di stagni. Nella parte più bassa del Piano anche il lago co' suoi frequenti rigurgiti ne invadeva vastissime tratte, donde il terreno paludoso non dava più che lisca e canneti. Queste tristissime condizioni, che condannavano all'abbandono e alla sterilità una sì bella parte del nostro suolo, devono certo aver fatto germogliare l'idea di bonificare quel Piano già ai tempi dei primitivi coltivatori, i remoti pionieri dell'agricoltura ticinese. Ne sono testimoni i ruderi di vecchie dighe e ripari che vi si incontrano ovunque e i molti fossati che, in tutti i sensi intrecciandosi, tentano scaricare le acque nelle parti più basse. Ognuno cercava di proteggere la sua piccola proprietà deviando dalle proprie terre e convogliando, quanto possibile, lontano, il pericoloso elemento ma

senza preoccuparsi di quanto avvenisse nel terreno altrui. Troppo spesso queste particolari difese mal concepite e peggio eseguite venivano con danno di tutti annientate dalle piene. E fu giuoco-forza riconoscere davanti alla evidenza la necessità che ognuno dirigesse lo sforzo verso un programma comune, a generale vantaggio. Questo disegno, affacciatosi la prima volta verso il 1850 si delineò e si svolse con varia vicenda sino ai di nostri.

Tecnicamente considerato, quel problema, consisteva di due momenti: 1. difesa contro il fiume Ticino e i suoi maggiori affluenti, 2. bonificazione propriamente detta dei terreni. Vista storicamente, la grande impresa può essere suddivisa in più periodi: l'elaborazione delle idee e la discussione fra i dotti, che prende il nome da Carlo Cattaneo; poi i passi preliminari, volti nei lavori di difesa, e questi furono merito precipuo di Giovacchino Respini (legge per la correzione del Ticino 1885, e legge per la formazione del Consorzio 1886); primi tentativi di bonificazione che furono l'opera di Rinaldo Simen; et infine il periodo presente (e speriamo che ai posteri esso appaia anche l'ultimo) dovuto alla iniziativa dei consiglieri di stato Martinoli e Garbani Nerini.

\* \* \*

Già fin dal 1846 l'ing. Carbonazzi, un Piemontese, in una memoria diretta alla società ticinese d'utilità pubblica, delineava un primo progetto di sistemazione del Piano di Magadino, proponendo di affondare l'alveo del fiume, come per fissarne il corso, e di costruire dei robusti argini trasversali larghi quanto la vallata per trattenere le acque torbide delle piene e servirsene a colmare le bassure e rialzarvi le sponde. Nel 1850 il Milanese Carlo Cattaneo, benemerito propulsore di tanti nostri progressi civili, con due ben elaborati rapporti al lod. Consiglio di Stato del Cantone, espone e patrocina in nome di una Società Promotrice per gli studi di bonificazione del Piano di Magadino, un vasto progetto di opere di difesa e scolo delle acque e di canali irrigatori. Questo studio di massima era tecnicamente poggiato sopra una mappa planimetrica generale del terreno, appositamente rilevata, e sopra quattro linee di livellazione, due longitudinali e due trasversali alla vallata. Per la correzione del fiume Ticino alla sua sinistra dalla Morobbia al Trodo, progettavasi la formazione di una serie di pennelli sommergibili perpendicolari alla corrente e uniti, nelle loro estremità este-

riori, da una diga continua insommergibili e alta 80 cm sopra la massima piena. La Morobbia doveva pur essere arginata sulla sua sinistra dal piede della montagna alla foce. La riva destra del Ticino, nella tratta a monte di Cugnasco, veniva protetta soltanto da robusti pennelli inclinati verso il fiume e abbastanza rialzati nella parte opposta da sorpassare quivi l'altezza massima delle acque; qui si tralasciava la diga insommergibile, perchè questa sponda era già difesa dalla vicinanza dei monti et dai detriti dei torrenti Sementina, Progero e Rialone. A valle di Cugnasco, sulla destra, non proponevasi pel momento alcun riparo contro il fiume essendo la zona troppo bassa e troppo soggetta alle inondazioni del lago. Tale pure era il caso per la sponda sinistra, dal Trodo a Magadino. Riguardo ai lavori di prosciugamento erano previsti sulla sinistra del Ticino tre grandi canali paralleli al fiume, che raccogliessero e convogliassero le acque stagnanti fra la Morobbia e il Trodo per immetterle, nella vicinanza di quest'ultimo torrente, nell'letto del Ticino. Il primo di detti canali si delineava lungo il piede dei monti per accapararvi le acque di scolo; gli altri due servivano a svenare le bolle più al basso. Il tracciato dei canali era studiato in modo che a un tempo servisse alla distribuzione delle acque di irrigazione. Sulla sponda destra, fra Cugnasco e il lago, progettavansi vari canali per agevolarvi gli scoli in tempo di magra e accelerarvi il prosciugamento quando il lago fosse straripato. Consigliavasi inoltre la posa di un binario sul ciglio della diga insommergibile (sponda sinistra del fiume) pel trasporto di merci dal porto di Magadino verso Bellinzona. Rispetto al finanziamento della grande impresa proponevasi di costituire una società per azioni apportatrice dei capitali necessari la quale assumesse l'esecuzione dei lavori. I proprietari dei terreni protetti e bonificati dalle opere avrebbero poi risarcita la società mediante contributi annuali. Questo il progetto di Carlo Cattaneo, che suscitò polemiche vivaci, nel corso delle quali il Bolitti di Locarno preconizzò già allora la formazione d'un vero consorzio poco dissimile da quelli dei nostri giorni. Convien dire che v'erano ostacoli da parere insuperabili: Più di 600 ettari sottostavano al dominio delle corporazioni; altri 800 ettari erano condannati al vago pascolo; imperavano ovunque diritti di pesca e di libera flottazione e mille altre servitù; tutte circostanze che contrastarono per lunghi anni la soluzione del problema. Finalmente nel 1885 con la correzione del

fiume, il primo dei passi e certo il più importante per la valorizzazione del Piano si apre la via della realizzazione. Vien proposta l'esecuzione dei lavori a spese del cantone, ma il popolo consultato per via di referendum, si oppone; e allora per decreto governativo del 1886 viene istituito un consorzio sulla base delle vecchie leggi sui consorzi, però con vistosi sussidi federali e cantonali. Tosto si concretano studi e progetti, e sotto l'energica ed esperta direzione dell'ing. Martinoli si iniziano i lavori i quali ora proseguono egregiamente guidati dall'ing. Secondo Antognini. Sul loro svolgimento non voliamo dilungarci, basta a darcene una idea completa i bellissimi rapporti annuali della direzione del consorzio del Ticino.

Riscattate ormai le terre dal dominio devastatore del fiume, mercè i ben riusciti lavori di correzione, emerse sempre più evidente la necessità di perfezionare l'opera colla bonificazione e conseguente migliore utilizzazione della pianura. Nel 1898 il consigliere di Stato Rinaldo Simen pel Dipartimento forestale, faceva istanza presso le autorità federali perchè si interessassero al nuovo problema. Fallite queste prime pratiche egli non ristette dal suo proposito e affidò l'incarico di allestire uno studio preliminare di bonificazione agli Ingi Acerbi e Urbano di Milano, ambi specialisti in materia, e consigliati con lusinghieri apprezzamenti al nostro governo, dall'architetto Guidini. Da essi fu infatti allestito nel 1903 un progetto di prosciugamento e di irrigazione corredato da un riguardevole rapporto tecnico-agricolo. In esso si suggeriva per la sponda sinistra del Ticino, un canale principale d'irrigazione e insieme di raccolta delle uligini, il quale, derivata dal fiume Ticino alla altezza della stazione di Giubiasco l'acqua necessaria alla irrigazione, dirigevasi tosto verso le falde della montagna percorrendole sino a metter foce nel Trodo, accaparando nel suo percorso tutte le acque di scolo dei monti. Perpendicolari al canale principale, staccavansi i canali secondari distributori dell'acqua d'irrigazione. Questi canali irrigatorii alla lor volta mettevano capo a un canale di scolo scendente parallelo al Ticino e destinato a convogliare sino al Trodo le acque esuberanti delle irrigazioni e delle paludi. Il torrente di Cadenazzo doveva pure essere arginato sino al Ticino. Quanto alla sponda destra tralasciavasi pel momento l'irrigazione e si progettavano tre se semplici canali di scolo. Il principale, con funzione di raccogliatore delle uligini, correva lungo il piede della montagna, scendendo dalle vicinanze di Gudo sino a scaricarsi nella Verzasca.

Il secondo ed il terzo canale dovevano provvedere agli scoli del basso della pianura; uno seguiva l'attuale percorso della bolla rossa; l'altro, principiando a valle del ponte ferroviario sul Ticino, andava a metter foce nel lago. Nell'insieme questi canali misuravano la lunghezza di circa 43 km. Ma ancora una volta il problema non ebbe seguito.

Intanto erano progrediti i lavori d'indigamento del Ticino e per iniziativa di vari consorzi regionali già si procedeva a diverse opere di bonificazione dei terreni. Ad esempio il consorzio della correzione del Carcale, quello per il prosciugamento delle Gaggiole, quello per la correzione del torrente Comelina ed altri. Il consorzio stesso della correzione del Ticino apriva vari canali di scolo: nel 1905—1906 canale parallelo alla diga insommergibile destra a valle del ponte ferroviario sul Ticino: nel 1907—1908 deviazione della roggia del Portone presso Bellinzona, con canale parallelo alla diga insommergibile; nel 1908—1909 deviazione della roggia detta dei Molini presso Bellinzona; nel 1909—1910 canale colettore a sinistra attraversante le ferrovie federali, fra la Bolla Grande ed il Trodo e nel 1911—1912 canale lungo l'argine ferroviario a monte della stazione di Reazzino (poi distrutto dalla piena del 1913). Questi canali fatti discintamente a scopo di prosciugare le varie zone riflettevano in parte il difetto della primitive opere di difesa individuali e minacciavano di estacolare più tardi il razionale sviluppo dei lavori. Ma che l'idea della bonificazione fosse tutt'ora presente agli uomini di buona volontà e fidenti nel progresso del paese, ce lo prova il rapporto ramo agricoltura sulla gestione 1907 relatore Giuseppe Cattori dal quale abbiamo riportato i periodi che sono in testa della presente relazione. Ahimè che anche questa favilla d'entusiasmo doveva spegnersi fra le discussioni accademiche nel Gran Consiglio tra i cultori dell'industria e i fautori dell'agricoltura, e più, forse, non si sarebbe ridesta se la guerra europea, prolungando ed accuendo ognor più le difficoltà del nostro vettovagliamento, non fosse stata spinta poderosa a riprendere lo studio definitivo del problema.

I dipartimenti delle Pubbliche costruzioni e dell'agricoltura, retti rispettivamente dagli onorevoli Garbani Nerini e Martinoli, chiedevano risolti nel settembre del 1917 al Consiglio federale un sussidio straordinario per il risanamento del Piano di Magadino e di quello del Vedeggio, e in pari tempo il permesso di impiegare

i militi nell'esecuzione dei lavori. Le autorità federali accolsero sollecitamente la dimanda e meglio ancora disposero per un sussidio del 50 per cento per i canali principali, del 40 per cento per i secondari. L'ing. agronomo Girsberger ebbe il compito di tracciare uno schema di progetto generale che venne allestito. In esso prevedevansi il prosciugamento di tutti i terreni a destra e a sinistra del Ticino, dalla Morobbia al lago; il loro raggruppamento e la formazione delle strade agricole. Però in una conferenza tenutasi nel giugno 1918 l'Ispettorato federale dei lavori pubblici sostenne la convenienza di limitare pel momento i lavori al solo prosciugamento delle zone più paludose. Sulla traccia di queste nuove indicazioni si allestì un progetto diremo „ridotto“ e, già in data 11 settembre 1918, il governo ticinese lo inoltrava alle autorità federali per l'esame e la approvazione. Il Dipartimento dell'economia pubblica, vista la limitazione dei lavori, abbandonava l'idea di impiegare i militi nell'esecuzione dell'opera pur mantenendo i promessi sussidi. E già in settembre si iniziavano senz'altro i lavori di scavo.

Come già si accennò il progetto generale comportava il bonificamento di tutta la pianura per una superficie di circa 2000 ettari. Benchè gli studi di cotesto progetto generale sieno stati fatti molto sommariamente e il tracciato dei canali semplicemente abbozzato sopra il vecchio piano quotato (uno a quattro mila) dell'ing. Martinoli, pure se ne possono indicare i dati principali tanto più che già dev'essere ben stabilito fin d'ora come pur volendosi fare i lavori successivamente e per zone, a seconda della loro importanza, sarà però necessario che tutti sieno collegati a un programma unico generale. Perciò appunto il progetto ridotto e in corso d'attuazione, fa parte dello studio di massima generale sopra indicato, esso studio prevedeva da ogni lato del Ticino dei grandi canali collettori che convogliassero le acque, in parte sino al lago e in parte sino alla foce del Trodo. Una vasta rete di canali secondari completava il sistema. Oltracciò numerose strade d'accesso avrebbe agevolato la coltivazione dei terreni. I lavori di prosciugamento sarebbero stati divisi in tre zone: La prima riguardava i terreni posti sulla sinistra fra Camorino e la Bolla Grande, di circa 700 ettari; lunghezza complessiva dei canali circa 12 km, con uno scavo di 110,000 m cubi. La seconda zona abbracciava tutti i terreni sulla destra del fiume, dal Progero al lago, di circa 700 ettari,

con una rete di canali della lunghezza di 21 km e uno scavo di 130,000 m cubi. La terza zona infine comprende i terreni rimanenti sulla sinistra, dalla stazione di Cadenazzo a Magadino, di circa 600 ettari, con una lunghezza complessiva dei canali di 13 km e uno scavo di 80,000 m cubi. La rete stradale misura nell'insieme più di 160 km. Riguardo al raggruppamento si tratterebbe di ridurre il più possibile il numero delle parcelle, attualmente superiore ai 4000, e di forme irregolarissime.

Ma lasciamo il grande progetto e ritorniamo a quello in via d'esecuzione: Come già fu detto esso è, per così dire un pezzo del progetto generale, di modo che la sua esecuzione non esclude l'ulteriore compimento dell'intera opera quale fu concepita in origine. In tal caso basterà raccordare i canali attuali a quelli da eseguirsi più tardi. Esso progetto si divide in due sezioni; la prima comprende il prosciugamento dei terreni paludosi posti tra Comelina e Cadenazzo; la seconda sezione riguarda la bonificazione delle paludi di Reazzino.

Sezione prima: Un canale principale  $f-d-a'-a$ , che principia allo sbocco del piccolo torrente di Comelina, corre parallelo alla strada cantonale, attraversa le paludi di St. Antonino, e dopo aver raccolto le acque montane, taglia quella strada e la ferrovia vicino alla stazione di Cadenazzo dirigendosi verso la Bolla Grande. Nell'ultimo tratto del suo percorso raccoglie le acque dell'errabondo torrente di Cadenazzo. La larghezza del fondo del canale cresce in ragione della quantità d'acqua che raccoglie; essa è di un metro a Comelina, di 4 m vicino a Cadenazzo, e aumenta sino a 7 m nella parte inferiore. La profondità varia da metri 1,20 a 2,50. La pendenza è del 6 per mille all'origine del canale e nell'ultimo tratto diminuisce sino all'uno per mille. Velocità dell'acqua da 1,30 a 1,85 al minuto secondo; Quantità massima d'acqua convogliata m cubi 22,50 al minuto secondo. — Un alto canale  $C$  staccasi dal canale principale nei pressi di Cadenazzo e corre a destra dell'argine ferroviario della linea Cadenazzo-Bellinzona per una tratta di 2700 m; larghezza del suo fondo 1 m; profondità media 1,15 m; pendenze da 1,30 al 2 per mille. — Altre diramazioni  $b-e-g-g'-d-d'$  con quattro bacini di decantazione, servono a raccogliere e immettere nel canale principale i vari torrenti che si riversano dalla montagna. Questi canali hanno sul fondo una larghezza di 1 a 1,50 m. Le loro pendenze variano dal 65

al 2 per mille. — Nelle tratte a forti pendenze, il fondo e le pareti dei canali saranno protetti da un rivestimento in muratura; nelle parti invece ove la pendenza è inferiore al 4 per mille, basterà fissarne il fondo con briglie a conveniente distanza l'una dall'altra e proteggere il piede delle scarpate con lastre di cemento o di granito, con armature in legno o rivestimenti in pietra; a seconda della natura del terreno. — La lunghezza del canale principale è di 6548 m., quella complessiva di tutti i canali di questa sezione raggiunge 11,600 m. — Lo scavo somma a circa 110,000 m cubi. —

Sezione seconda: Un canale principale 1<sup>a</sup> lungo 1400 m ha principio nei pressi del ponte ferroviario sul Ticino e, costeggiando il terrapieno della ferrovia, viene ad attraversarlo non lungi dalla stazione di Reazzino, per dirigersi e quindi sboccare nella vecchia Bolla Rossa, la quale non è altro che un ramo del vecchio letto del Ticino che raccoglie le acque del versante e le porta a scaricarsi nella Verzasca. Il canale 1<sup>a</sup> ha un fondo della larghezza di 3 a 3,50 m e una pendenza del 0,80 per mille. La profondità media è di 1 m. Sarebbe stato bene, qui, lo adottare profondità di almeno 1,50 m, ma non si potè per la difficoltà incontrate col sotto-passaggio ferroviario. — Le diramazioni secondarie 11<sup>a</sup>, 11<sup>b</sup>, 11<sup>c</sup> raccolgono le acque delle sorgenti ai piedi della montagna e le conducono nel canale principale. I canali 11<sup>a</sup>, 11<sup>b</sup> hanno una larghezza al fondo di 2 m; il canale 11<sup>c</sup> di un metro soltanto. Profondità media di 0,90 m e pendenza dell'uno per mille. — Fra Reazzino e Gordola, nella regione detta delle Gaggiole, le acque montane saranno pure raccolte prima che si sperdano nel piano e condotte in un braccio della Bolla Rossa. A tal uopo si costruiranno i canali 111<sup>a</sup>, 111<sup>b</sup>, 111<sup>c</sup>, 111<sup>d</sup> e IV<sup>a</sup>. La larghezza del loro fondo varia da 1 a 3 m; la profondità media è di 1 m; la pendenza da 1 a 2,50 per mille. — I rivestimenti delle scarpate e, se occorra, del fondo di questi canali, sono gli stessi previsti per la prima sezione. Lunghezza complessiva dei canali, 5000 m, che rende necessario uno scavo di circa 25,000 m cubi. Per determinare la sezione delle diverse tratte dei canali si applicò la formola di Ganguillet e Kutter, adottando quale coefficiente di deflusso delle acque di pioggia, per la montagna 1,50 m cubi, per la pianura 1 m cubi per km<sup>2</sup>. Il coefficiente di attrito è di 0,027.

La sistemazione delle acque prevista nelle due sezioni in uno coi drenaggi eventualmente occorrevoli e con altre misure agricole,

permetteranno di coltivare un'area di circa 200 ettari attualmente quasi sempre allagata. — Rimaranno certamente nel Piano di Magadino altre ragguardevoli estensioni di terreno non altrettanto paludose ma pur certo meritevoli di essere prosciugate col successivo svolgersi del programma generale. Vi sono poi vaste zone che non potranno sì presto essere trasformate e sono costituite principalmente da quelle profonde bolle, traccie memorabili quanto infeconde del vecchio letto del fiume, per la cui sistemazione occorrerebbero ingenti spese di colmataggio; e quelle parti della pianura, a destra e a sinistra della foce del Ticino, ove la mancanza delle dighe insommergibili sconsigliano, per il momento, di esporre al pericolo delle piene lavori costosi di prosciugamento e di strade. In più resta a notare che tutta la parte bassa del piano nella vicinanza del lago, sia per la troppo lieve pendenza del suolo il che è di grave danno allo scolo delle acque, sia principalmente per le frequenti crescenze del Lago, potrà solo parzialmente essere migliorata. Basti accennare, a questo riguardo, che nelle piene del 1906 il pelo del Lago si alzò alla quota 199; in quella del 1907 a 200,47; e che il 18 giugno 1918 raggiunse l'altezza di 199,80. Ora si pensi che il fondo dei nostri canali nella zona delle Gaggiole, distante 2500 m dal Lago, ha una quota variabile tra 197 e 199,50; vi avremo quindi sovente le acque del lago, la cui altezza media è di 197,73. Questi frequenti rigurgiti non mancheranno, evidentemente, di rendere molto relativo e molto malagevole il prosciugamento dei terreni, e la manutenzione dei canali molto costosa. Per queste ragioni appunto crediamo che il grande canale collettore previsto nel progetto generale per lo scolo delle acque di questa regione, sarà da eliminarsi e che basterà in sua vece sistemare l'attuale Bolla Rossa sino al suo sbocco nella Verzasca. Tutto ciò serve eziandio a giustificare la decisione da parte dell'Ispettorato Federale, di limitare per il momento i lavori di prosciugamento ai terreni che più immediatamente e in maggior misura potessero trarne vantaggio; tanto più che lo scavo di certi canali non mancherà di influire in modo ora imprevedibile sul regime delle acque del sotto-suolo, sì da consigliare poi eventuali modificazioni nei lavori previsti per un periodo successivo. — In quella vece è nostro avviso che non sia stato saggio consiglio ritardare il raggruppamento dei terreni e la formazione delle strade, per ragioni di ordine generale e per altre di ordine pratico. — Come già fu

detto, l'area del Piano di Magadina, dalla Morobbia al Lago, misura più di 2000 ettari; colla esecuzione di tutte le opere previste per la sistemazione delle acque, si porrebbe in condizioni migliori, ma non ancora ottime, una estensione di circa 300 ettari; col raggruppamento invece e la formazione delle strade, assai più prontamente e con molto minor spesa si sarebbero valorizzati d'un subito almeno 1000 ettari di terreno già buono e pronto ai vantaggi d'una coltivazione razionale. Per quanto poi alla praticità, rimarchiamo che lo scavo dei fossati crebbe e favorì il frazionamento delle proprietà, creando mille inconvenienti, malcontento dei privati ed obblighi di passaggi e ponticelli provvisori; in più la materia di scavo, che ora ci è solo di ingombro, sarebbe potuta servire alla formazione della sede stradale, e in compenso le nuove vie d'accesso avrebbero giovato al trasporto dei materiali occorrenti all'esecuzione dei canali (ciò che appunto succede nei lavori di bonificazione del Piano di Lodrino). — Ma non fu per volere delle nostre autorità cantonali che il programma dei lavori fu così ridotto, con i conseguenti svantaggi. Urgeva una buona volta dar mano all'opera e, per non compromettere forse il tutto, con tarde discussioni, si accettò, intanto, il programma ridotto indicatoci dalle autorità federali. — Ora converrà accelerare la formazione legale del consorzio: Tutti gli interessati del Piano di Magadino, uniti in una sola volontà, potranno più facilmente patrocinare a Berna il progetto completo del raggruppamento e delle strade agricole, e successivamente completare anche i lavori di prosciugamento, non chè studiare poi il problema della irrigazione. — Questo avviamento verso la soluzione logica e intera del grande problema di bonificazione è ciò che ardentemente io invoco ed auguro pel bene non solo del Ticino ma della Svizzera tutta, che avrà così nel Piano di Magadino, nei momenti difficili, una vasta distesa di fertili campagne.

Il progetto generale comparato con gli anteriori di Carlo Cattaneo e dell'ingegnere Acerbi, è forse meno regolare in apparenza quanto al tracciato dei canali, ma è praticamente meglio adatto alle naturali depressioni del suolo. Essendo i fossati costrutti al solo scopo di prosciugare, essi sono incassati nelle avvallature più basse, il che faciliterà il drenaggio di tutti i terreni all'ingiro. Riguardo all'irrigazione, della quale non tien calcolo il nuovo progetto crediamo anche noi che il delicatissimo problema potrà essere meglio risolto più tardi, quando saranno già sistemati gli scoli, e

le nuove parcelle dei terreni meglio assestate coi lavori di spianamento e colmataggio. Notiamo intanto che molte zone non avranno bisogno d'irrigazione perchè già troppo basse e al contatto coll'acqua del sotto-suolo.

Ancora poche considerazioni circa la potenzialità e le qualità agricole dei terreni, sulle quali dà preziosi ragguagli la pregevole relazione dell'ingegnere Acerbi. — Sia riguardo alla configurazione del suolo, sia pel clima e la natura del terreno, si è naturalmente indotti a considerare il Piano di Magadino come l'estremo lembo settentrionale della pianura cisalpina, insinuantesi per entro i monti. E infatti la sua giacitura presenta, generalmente, i medesimi caratteri; essa declina da Bellinzona al Lago con una pendenza media regolare del 2 per mille, come appunto si riscontra a mezzodi del Lago Maggiore se discendiamo sino alle rive del Pò. Questo regolare dislivello è di somma utilità pel governo delle acque. Circa l'elevatezza dei terreni, che influisce moltissimo sulla vegetazione, formano essi la parte più bassa di tutta la Svizzera, più bassa persino delle ubertose vallate del Luganese e del Mendrisiotto. A soli 40 m. di altitudine più sotto troviamo le irrigazioni della provincia di Milano e le risaie della provincia di Pavia sono più basse di soli 65 metri. Da ciò puossi dedurre che la differenza del clima tra il Piano di Magadino e le fertili campagne lombarde non dev'essere singolarmente notevole. A nostro svantaggio sta però la frequenza di nebbie umide e fredde, dovute all'evaporazione delle paludi; la vicinanza delle acque del sotto-suolo così gelide, perchè alimentate immediatamente dagli scoli della montagna; i troppo assidui crudi venti che provengono dalle congiunti valli della Leventina della Marobbia e della Mesolcina; e in più una soverchia ombreggiatura, dovuta ai monti elevati che la rinserrano da vicino. Tutto questo fa sì che il periodo di vegetazione, limitato a Maggio-Settembre, ha una somma di calore e di luce abbastanza ridotta. Nel suo complesso però il clima del Piano di Magadino appare, dice l'ingegnere Acerbi, indubbiamente atto per una buona coltura prativa, e noi lo riputiamo eziandio atto per la coltivazione in ruota di molte piante erbacee come quella dei cereali vernini (segale, orzo, frumento) non escluso il maïs; e ciò diciamo per l'esperienza diretta ottenuta in questi ultimi anni dai nostri agricoltori.

Anche dal lato della natura del terreno possiamo già per deduzione supporre una marcata rassomiglianza colla campagna della

soggiacente pianura lombarda, inquantochè è di ragione che si debbano riscontrare, lungo i fiumi della pianura, i medesimi detriti delle rocce fra le quali essi ebbero origine. Infatti i geologi poterono constatare che il suolo del Piano di Magadino presenta nel suo complesso una costituzione prevalentemente sabbiosa, ricca di elementi micacei che derivano dagli schisti e dai graniti delle alpi leponentine, sono i medesimi che sono lungo il corso inferiore del Ticino, a mezzodì dal Lago. — Vi si vede la stessa abbondanza dell'elemento siliceo, la stessa scarsità di elementi calcarei e di sostanze organiche, nonchè il tenue quantitativo di argilla greggia, tanto importante per l'agricoltura, il quale non supera il 77 per cento e discende anche al 57 per cento. Così pure la materia unica è in generale assai scarsa, dal 3 al 5 per cento, e si riduce ancor più nell'immediato sotto-suolo. Il tutto porta a giudicare essi terreni come difettosi per eccessiva scoltezza, quindi poco atti a trattenere le acque di pioggia. D'altra parte il contenuto in principi alimentari più importanti per le piante, quali l'azoto, il fosforo e la potassa parrebbe dalle analisi fatte praticare all'epoca della relazione Acerbi, non troppo basso. Togliamo da detta relazione la conclusione che segue: „Nessun serio ostacolo si presenta alla messa in coltura di questi terreni, essendo facile correggerne le mancanze con la provvista delle materie chimiche fertilizzanti, così vasta oggidì da non dare assolutamente pensiero alcuno. Per norma generale si metta a prato stabile, possibilmente irriguo, la maggior superficie possibile. I piccoli appezzamenti di miglior qualità si riserbino alle colture erbacee, avvicendate con una rotazione in cui le patate iniziano e i cereali susseguono, alternate e intramezzate da colture di breve durata. La concimazione dei prati dovrà essere fatta oltre che colle buone terricciate, con concimi chimici per suplemento e per complemento.“ — In tal modo, dopo alcuni anni, si avrà migliorata notevolmente la composizione del terreno e si potranno avere maggiori raccolti. L'ingegnere Acerbi consiglia pure, per lo studio dei canali irrigatori, di sistemare le fognature della città di Bellinzona, raccogliendo in un solo condotto le acque bianche e le nere e portarle a scaricarsi nel canale irrigatore, onde creare una facile fonte naturale fertilizzante. Le pendenze del terreno si prestano felicemente all'uopo, e si otterrebbe così il doppio effetto della fecondazione e della purificazione.

Vi abbiamo brevemente dimostrato quanto fu duro cammino il

condurre verso la realizzazione il grandioso problema di Miglioramento del Piano di Magadino; eppure quante nuove e vaste opere rimangono a eseguirsi prima che l'impresa sia condotta a quel fine organico e completo a cui dovrà necessariamente arrivare! E si capisce che il cammino fosse arduo, e lunga l'attesa: Come disse Leonardo da Vinci con la profonda e presaga intuizione del genio: „Se ti avviene a trattare delle acque, consulta prima la esperienza e poi la ragione . . .“ — E noi sappiamo tutti, purtroppo, che l'esperienza non si nutre dello sforzo di un momento o di un uomo; essa è il frutto di molti momenti e dello sforzo di molti uomini.

Ma quanto grandi allora, i benefici che ce ne ripromettiamo! — Sia dunque sincero e profondo il sentimento di gratitudine del paese verso gli uomini e le autorità che si adoperarono e si adoperano alla riescita di questa impresa civile. — Noi facciamo voti perchè i nostri agricoltori in particolare, vi si interessino ognor più, apportandovi il valido sussidio del loro incoraggiamento e della loro entusiastica fiducia nello sviluppo agricolo ticinese. Cresca in essi il sacro amore della terra nativa e non abbandonino a gente estranea per lusinga di lucro o per il miraggio attirante di paesi lontani, il solido patrimonio avito dei campi; fiorisca invece e maturi abbondante, per opera dei ticinesi, la messe sul nostro suolo, a vantaggio di tutta la Svizzera.