

# Vorträge

## der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

19. Dezember 1949: Prof. Dr. P. Götz, Arosa: Das atmosphärische Ozon und seine Bedeutung

Schon vor mehr als 100 Jahren hat sich der Entdecker des Ozons, der Chemiker Schönbein in Basel, um den Nachweis bemüht, dass dieser aktive Sauerstoff ein dauernder Bestandteil der Atmosphäre sei. Aber erst 1920 konnten Fabry und Buisson aus den ausgeprägten Absorptionseigenschaften des Ozons seine durchschnittliche

Gesamtmenge in der Atmosphäre erschliessen, die in grösseren Höhen liegt. Das Ozon schwankt mit der Jahreszeit, mit der geographischen Breite, mit dem Wetter, und damit schwankt die Stärke der ultravioletten Sonnenstrahlung, soweit sie oberhalb 3000 Å vom Ozon überhaupt noch durchgelassen wird. Gerade an dieser Grenze

des Sonnenspektrums häufen sich aber die lichtbiologischen Wirkungen, das Sonnenerythem, die antirachitische Wirksamkeit usw., die von der hohen Ozonschicht also aufs wirksamste dosiert werden. Nach der 25jährigen Arosen Ozonreihe wechseln Jahre mit viel Ozon, wie 1940 bis 1942, ab mit Jahren mit geringem Ozon und entsprechend höherem ultraviolettem Lichtgenuss wie in den Jahren seither. Der kanadische Zoologe Prof. Rowan hat Untersuchungen im Gange, wieweit sich Jahre mit biologischem Dunkel auf die Tierwelt auswirken.

Die vertikale Einlagerung der Ozonschicht in die Atmosphäre konnte erstmals auf Grund des vom Redner bei einer Spitzbergenexpedition gefundenen sogenannten Umkehrreffekts durch Strahlungsmessungen vom Boden aus ergründet werden. Diese Ergebnisse wurden schön bestätigt durch mehr direkte Methoden wie die bis 31 km Höhe reichenden Registrierballonaufstiege von Prof. Regener und in letzter Zeit durch die erbeuteten V2-Raketen in Amerika, wobei erstmals oberhalb 50 km die Ozonschicht durchstossen und der Astrophysik ein ganz neuer Bereich des Sonnenspektrums zwischen 3000 und 2000 Å erschlossen wurde. Je mehr Ozon in der Atmosphäre ist, desto diffuser ist die Verteilung.

Die Tatsache, dass eine Schicht eines relativ schweren Gases sich dauernd in der Höhe hält, erklärt sich aus dauernder lebendiger photochemischer Neubildung unter dem Einfluss kurzwelligster ultravioletter Sonnenstrahlung. Das photochemische Gleichgewicht stellt sich in hohen Schichten sehr rasch ein, in tieferen Schichten dagegen sehr träge, so dass sich Ozon dort halten kann, wenn es irgendwie von der hohen Quelle dorthin verfrachtet wird. Die Zürcher Dissertation von H. U. Dütsch hat gezeigt, dass sich das, was über die Ozonverteilung bekannt ist, nur verstehen lässt, wenn solche Verfrachtungen angenommen werden. Das Ozon ist ein meteorologisch wichtiger Indikator der hohen Luftströmungen. Advektion von Luft aus ozonreicheren nördlichen Breiten, dazu Ab-

sinken von Luft aus der ozonreichen hohen Quelle erklären die starke Ozonzunahme nach einem Tiefdruckgebiet. Mit den neuen Ozonapparaturen von Prof. Dobson-Oxford ist eine Arbeitsgemeinschaft zur Ergründung dieser meteorologisch bedeutsamen Zusammenhänge im Gange.

Das Ozon greift tief ein in die Konstitution der Atmosphäre. Die starke Absorption an seiner oberen Grenze heizt die Atmosphäre auf zu der warmen Schicht, die schon früher aus der anomalen Schallausbreitung erschlossen wurde. Es beeinflusst im Strahlungsgleichgewicht auch die Temperatur der unteren Stratosphäre und lässt uns die klimatologisch so bedeutsame Tatsache verstehen, warum am Äquator die Troposphäre höher hinauf und zu tieferen Temperaturen reicht als am Pol.

Wir verstehen nun auch, woher das geringe Ozon der bodennahen Luftschichten unserer Atemluft stammt. Entstehen kann es nur in der hohen photochemischen Gleichgewichtsschicht. Von dort aus reichern meteorologische Vorgänge es an in der unteren Stratosphäre. Und erst von dort kommt es spurenweise in die Troposphäre, deren starke Durchmischung dazu tendiert, gleiches Verhältnis Ozon zu Luft und damit erhöhte Ozonwerte in der Tiefe herzustellen. Aber durch starke Ozonzerstörung in Bodennähe, vor allem in stagnierender Luft, versickert der Ozonstrom von oben, und optimales Ozon haben wir in einigen Kilometern Höhe. Hier kehrt die Ozonforschung von ihrem Höhenflug nun wieder zurück zu ihrem Ausgang. Sicher ist das bodennahe Ozon ein wichtiger Index für reine, gesunde, «lebendige» Luft. Als R. Ladenburg und der Verfasser 1931 die alte chemische Methode durch spektrographische Vergleichsmessungen des bodennahen Ozons rehabilitierten, sprachen sie den Wunsch aus, die Medizin möge nun auch «dem möglichen direkten Einfluss des Ozons auf den menschlichen Organismus nachgehen». Mögen die heutigen Bestrebungen in dieser Hinsicht nicht den Bogen überspannen und dadurch die tiefreichende Rolle des Ozons in unserer Lufthülle diskreditieren. (Autoreferat)

23. Januar 1950: Prof. Dr. W. R. Hess, Zürich: Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems

Nach einem Dank für die freundlichen Worte der beiden Herren Präsidenten weist der Sprechende darauf hin, wie sehr er selbst durch die enge Verbundenheit mit der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft und der Zürcher Ärztegesellschaft in seiner Arbeit gefördert worden ist. Tatsächlich empfing er durch die zahlreichen, aus allen Wissensgebieten im Schosse dieser Gesellschaften gehörten Vorträge einen starken Impuls zu eigenem Schaffen.

Zum Vortragsthema übergehend wird eine kurze Übersicht über den Stand der Kenntnisse betreffend das vegetative Nervensystem gegeben, wie sie in erster Linie durch die englischen Autoren (Gaskell und Langley) klargestellt und durch ein anschauliches Schema (von Meyer und Gottlieb) allgemein bekannt geworden sind. An Hand einer graphischen Darstellung werden die physiologischen Eigenschaften des ganzen Systemes kurz repetiert. Das Prinzip der doppelten Innervation mit dem daraus resultierenden Wettstreit der zwei Komponenten; die verschiedenen Ursprungsgebiete aus dem Zentralnervensystem (woraus die topographisch argumentierte Benennung in Sympathicus und Parasympathicus abgeleitet worden ist); die den beiden Komponenten eigentümliche Unterbrechung (= Synapse) zwischen der aus dem Zentralnervensystem entspringenden Wurzel und dem innervierten peripheren Organ. — Mit dem Hinweis, dass man zwar über enge funktionelle Beziehungen des vegetativen Systemes zum Nachhirn, Mittelhirn und Zwischenhirn seit langem ausser Zweifel ist, die genaue Organisation aber nicht bekannt war, geht der Sprechende auf seine eigene Thematik ein. Sie ist fürs erste durch die Frage nach der physiologischen Bedeutung der erwähnten Besonderheiten umschrieben. Der Verlauf der Nervenbahnen sagt darüber ebenso wenig aus wie die Wurzelgebiete. Auch ist es nicht möglich, die scheinbar unregelmässige Zuordnung von Hemmung und Anregung zu der einen und der anderen Komponente des vegetativen Nervensystems zu begreifen. Verständlich wird der beobachtete Sachverhalt in dem Moment, wo man die positive (= anregende) und negative (= hemmende) Wirkung nicht auf den

einzelnen Funktionär, d. h. das anatomische Gebilde (wie Muskeln oder Drüsen) bezieht, sondern auf das funktionelle Ergebnis, bzw. die Leistung. Bei dieser Betrachtungsweise gibt sich eine klare Ordnung zu erkennen, welche die verschiedenen Organe zu einem harmonisch arbeitenden Regulationssystem zusammenfügt. Die Orientierung des Physiologen und auch des Pathophysiologen nach der Richtung und Qualität der Leistung ist nach der Meinung des Sprechenden die Grundlage für das Erfassen der ganzen funktionellen Organisation. Zur Frage des zentralen Dispositives übergehend wird darauf hingewiesen, dass nur ein geeignetes und ausreichendes Beobachtungsmaterial Aufschluss vermitteln kann. Wie bei jeder naturwissenschaftlichen Erkenntnis führt auch hier nur das Experiment zum Ziele.

In diesem Zusammenhang wird festgestellt, dass Tierversuch und Tierschutz durchaus nicht in Widerspruch zu stehen brauchen. Entscheidend ist, wie der Forscher vorgeht und die Interessen der leidenden Menschheit mit der Achtung der übrigen lebendigen Welt zu vereinen bestrebt ist. Im konkreten Fall ist eine Versuchstechnik entwickelt worden, welche eine Beeinflussung in Bereichen des Zentralnervensystemes, insbesondere unterhalb der Hirnrinde liegender Abschnitte, mit einem Minimum von Störung sichtbar werden lässt. Im Versuch werden alle, durch feine elektrische Impulse ausgelösten Effekte kinematographisch festgehalten und die ihnen zugeordneten Reizpunkte im Zwischenhirn werden durch histologische Verarbeitung der Gehirne kontrolliert. Durch Eintragung von Symbolen, welche die verschiedenartigen Effekte repräsentieren, wird auf Hirnschnittafeln eine eigentliche Kartographie entworfen, welche die Bedeutung der einzelnen Zonen des Zwischenhirnes zur Darstellung bringt. Projektionsbilder erläutern das Vorgehen bei dieser Analyse. Ihr Ergebnis lautet dahin, dass die früher angenommene focusähnliche Vertretung einzelner Organe oder Funktionen preisgegeben werden muss. In positivem Sinne zeigt sich eine Zusammenfassung aller jener Reizwirkungen, welche eine Einstellung des Organismus auf hohe

und höchste Leistungsfähigkeit herbeiführen (ergotrope bzw. dynamogene Zone). Sie entspricht dem Zwischenhirn-Quellgebiet des Sympathicus. Ein anderes, weiter nach vorn gelegenes Areal enthält jene Reizpunkte, aus welchen Schutzreflexe, Automatismen der Nahrungsaufnahme, Erbrechen, Kotentleerung usw., also Mechanismen mit entlastender Funktion angeregt werden (= endophylaktisch-trophotrop). Das Areal hat als Quellgebiet der parasympathischen Innervation zu gelten. Im Zusammenwirken dieser beiden Funktionssphären ist auf weite Sicht die Erhaltung des Organismus gesichert. So gelangt

man zu der Erkenntnis, wie der in der Peripherie sich abspielende Antagonismus unter Einbeziehung des Zeitfaktors sich als synerge Koordination auswirkt. Eine Erfahrung besonderer Art ist die Einflussnahme des Zwischenhirnes auf die Hirnrinde, wobei die Umstellung auf Affekt einerseits, auf Schlaf mit seinen restitutiven Funktionen andererseits die beiden Extreme im Gesamtverhalten des Organismus darstellt. — Am Schluss werden eine Reihe von Symptomen, wie sie aus dem Zwischenhirn ausgelöst werden können, im Film gezeigt. (Autoreferat)

#### 6. Februar 1950: Prof. Dr. Torsten Wikén, Zürich: Die Bedeutung des Kohlendioxydes für die heterotrophen Mikroorganismen

Nach einigen schematischen Vorbemerkungen über die klassischen Begriffe Autotrophie, Heterotrophie, Photosynthese und Chemosynthese wird ein gewissermassen geschichtlicher Überblick der Forschungsergebnisse gegeben, welche zur Aufklärung der Bedeutung des Kohlendioxyds für die heterotrophen Mikroorganismen beigetragen haben.

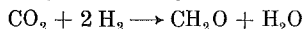
Durch Untersuchungen von Bang, Nowak, Huddleson, Smith, McAlpine und Slanetz, Wilson, Wherry und Ervin, Davies, Rockwell und Highberger, Valley und Rettger, Winslow, Walker und Sutermeister sowie Gladstone, Fildes und Richardson während der Zeitperiode 1897—1935 ist einwandfrei festgestellt worden, dass die Anwesenheit kleiner Mengen Kohlendioxyd für das Wachstum einer grossen Zahl von heterotrophen Mikroorganismen auf festen und flüssigen Nährböden unerlässlich ist. Unter diesen Mikroorganismen befinden sich sowohl aerobe und anaerobe Bakterien als auch Hefen und Pilze. Aus dieser Tatsache geht hervor, dass dem Kohlendioxyd eine bedeutungsvolle, leider aber auch sehr geheimnisvolle Funktion im normalen Stoffwechsel der Heterotrophen zugeschrieben werden muss. Glücklicherweise gibt es heutzutage Untersuchungen, durch welche die Rolle des Kohlendioxyds in den Lebensprozessen spezieller Heterotropher aufgeklärt worden ist. Viele dieser Untersuchungen sind mit Hilfe der Isotopentechnik durchgeführt worden, und zwar unter Ver-

wendung der radioaktiven Kohlenstoffisotope  $C^{14}$  und  $C^{13}$  sowie des stabilen, schweren Isotops  $C^{13}$ .

Durch die Untersuchungen von Söhngen, Mazé, Omelianski, Groenewege, Bach und Sierp, Thayer, Buswell und Mitarbeitern, Wikén, van Niel, Barker und Mitarbeitern sowie Schnellen ist die Natur der bakteriellen Methanbildung aufgeklärt worden. Es hat sich herausgestellt, dass dieser Prozess ein Redoxvorgang ist, bei welchem das Kohlendioxyd als Wasserstoff-Akzeptor und gasförmiger Wasserstoff sowie aliphatische Alkohole und Karbonsäuren als Wasserstoff-Donatoren wirken. Das Kohlendioxyd wird dabei zu Methan,  $CH_4$ , reduziert, währenddem die primären Alkohole zu den entsprechenden Fettsäuren, die sekundären Alkohole zu den entsprechenden Ketonen und die Karbonsäuren zu Säuren mit Ketten von einer geringeren Kohlenstoffatomzahl oxydiert werden.

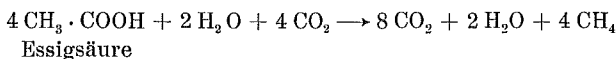
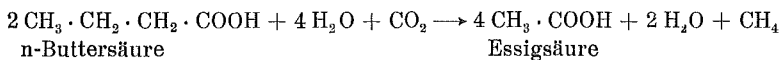
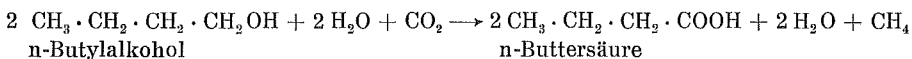
Die Methanbakterien wurden früher unter die Kohlenstoff-heterotrophen Organismen eingereiht, d. h. man war der Ansicht, dass sie nicht imstande seien, Kohlendioxyd anzugreifen, sondern für die Synthese ihrer Zellsubstanz auf vorgebildete organische Verbindungen als Kohlenstoffquellen angewiesen seien. Es ist heutzutage gezeigt worden, dass wachsende und sich vermehrende Zellen von gewissen Methanbakterien, z. B. *Methanosarcina Barkerii*, das Vermögen besitzen, aus Kohlendioxyd gemäss der folgenden Gleichung

Zellsubstanz von der empirischen Zusammensetzung  $\text{CH}_2\text{O}$  zu synthetisieren:



Die Methanbakterien sind somit nicht nur zur Kohlendioxydreduktion unter Bildung von Methan, sondern auch zur wahren Kohlendioxydassimilation unter Produktion von Plasmabestandteilen befähigt. Die von den Methanbakterien als Kohlendioxyd aufgenommene und in Zellsubstanz übergeführte Kohlenstoffmenge ist von der gleichen Grössenordnung wie diejenige Menge, welche als organische Verbindungen, z. B. Äthylalkohol, assimiliert wird.

Beim anaeroben Abbau der Fette, Kohlehydrate und Proteine werden in der Natur grosse Mengen von Fettsäuren und Alkoholen neben den gasförmigen Produkten Kohlendioxyd und Wasserstoff gebildet. Nach der Aufklärung des Stoffwechsels der Methanbakterien weiss man, dass eine Anhäufung dieser Verbindungen an sauerstoff-, sulfat- und nitratfreien Orten im Dunkeln dadurch vermieden wird, dass die Stoffe von den Methanbakterien als Reduktionsmittel bei der Umwandlung des Kohlendioxyds in Methan verwendet und dabei quantitativ abgebaut werden. Beispielsweise kann n-Butylalkohol von diesen Bakterien durch die folgende Kette oxydoreduktiver Prozesse stufenweise vergoren werden:



In Untersuchungen von Woods ist festgestellt worden, dass *Escherichia coli* das Vermögen besitzt, Kohlendioxyd mit Hilfe gasförmigen Wasserstoffs zu reduzieren, und zwar unter Bildung von Ameisensäure:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H} \cdot \text{COOH}$

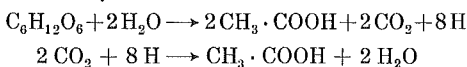
Dieser Prozess ist bei *Escherichia coli* reversibel und wird nach Stephenson und Stickland von einem individuellen Enzym, der Hydrogenlyase, bewirkt.

In Arbeiten von Wieringa sowie Barker und Mitarbeitern ist beschrieben worden, wie eine Anzahl obligat anaerober, sporen-

bildender, beweglicher, peritrich begeisselter Bakterien der Gattung *Clostridium* in stände sind, aus Kohlendioxyd Essigsäure zu synthetisieren. So bildet *Clostridium acetium* diese Säure durch Reduktion des Kohlendioxyds mit Hilfe gasförmigen Wasserstoffs:



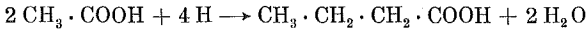
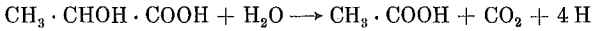
*Clostridium acidurici* und *Clostridium cylindrosporum* verwenden Purinderivate wie Harnsäure, Xanthin, Hypoxanthin und Guanin als Wasserstoff-Donatoren. Dabei werden diese Verbindungen zu Ammoniak und Kohlendioxyd abgebaut. *Clostridium thermoaceticum* besitzt das Vermögen, Monosaccharide wie Glucose und Xylose quantitativ in Essigsäure und Zellmaterial sowie geringe Mengen Kohlendioxyd überzuführen. Mit Hilfe der Isotopentechnik ist nachgewiesen worden, dass bei dieser anaeroben Essigsäuregärung die Säure auf zwei Wegen entsteht und zwar einerseits durch Spaltung des Zuckermoleküls, wobei auch Kohlendioxyd gebildet wird, andererseits durch Reduktion und Kondensation des intermediär auftretenden Kohlendioxyds:



Bei *Clostridium thermoaceti-*

*cum* wird ausserdem ein Teil des Kohlendioxyds in Zellsubstanz umgewandelt, d. h. die Zellen dieser Bakterienart sind zur wahren Kohlendioxydassimilation befähigt.

Auch *Butyribacterium Rettgeri*, ein zur Buttersäuregärung des Laktats befähigter, sporenloser Anaerobier, reduziert und kondensiert Kohlendioxyd unter Bildung von Essigsäure. Die Zellen dieser Bakterienart sind ferner in stände, die so produzierte Essigsäure weiter zu kondensieren, und zwar unter Bildung von Buttersäure:



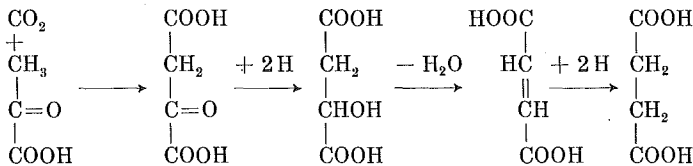
In einer Anzahl von Arbeiten haben Wood und Werkman sowohl vor der Einführung der Isotopentechnik als auch mit Hilfe dieser Technik einwandfrei festgestellt, dass die *Propionibacterium*-Arten in stände sind, das Kohlendioxyd in organische Verbindungen, z. B. Bernsteinsäure, einzubauen. Auf Grund der Tatsache, dass die Kohlendioxydaufnahme der Propionsäurebakterien unter Umständen in einer quantitativen Beziehung zur Bernsteinsäurebildung der Kulturen steht, stellten Wood und Werkman die Hypothese auf, dass die Bernsteinsäure bei der Propionsäuregärung durch Kondensation von Kohlendioxyd und einem bei der Gärung auftretenden Zwischenprodukt, wahrscheinlich Brenztraubensäure, entstehe. Gemäss dieser Hypothese sollte die Bernsteinsäurebildung durch die folgende Kette von Reaktionen erfolgen:

In zahlreichen Versuchen mit wachsenden Kulturen, mit «ruhenden Zellsuspensionen» sowie mit zellfreien Enzymlösungen hat es sich herausgestellt, dass die Wood-Werkman-Kondensation, d. h. die erwähnte Synthese der Oxalessigsäure aus Kohlendioxyd und Brenztraubensäure, von heterotrophen Mikroorganismen, sowohl Bakterien als auch Hefen und Pilzen, ziemlich allgemein bewirkt werden kann. So ist es mit Hilfe der Isotopentechnik gelungen, nachzuweisen, dass ausser den *Propionibacterium*-Arten beispielsweise auch *Aerobacter indologenes*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus candidus* und *Streptococcus paracitrovorus*, die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* sowie die Pilze *Aspergillus niger* und *Rhizopus nigricans* zur Kohlendioxydaufnahme über diese Kondensation befähigt sind.

1. Karboxylierung der Brenztraubensäure zu Oxalessigsäure.
2. Hydrierung der Oxalessigsäure zu Apfelsäure.
3. Dehydratisierung der Apfelsäure zu Fumarsäure.
4. Hydrierung der Fumarsäure zu Bernsteinsäure.

Man weiss, dass die erwähnten Dicarbonsäuren als intermediäre Substanzen von allgemeiner Bedeutung in den Redoxprozessen der pflanzlichen und tierischen Zellen, d. h. bei der Atmung und Gärung, auftreten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass Hes mit Hilfe der Methylenblau-Technik nach Thunberg festgestellt hat, dass die Anwesenheit von Kohlendioxyd für einen normalen Verlauf der Redoxprozesse in den

Formelmässig lässt sich die Reaktionskette wie folgt ausdrücken:



In Untersuchungen mit Hilfe isotonen Kohlenstoffs ist die Richtigkeit der von Wood und Werkman aufgestellten Theorie in glänzender Weise bestätigt worden. Die bei der Propionsäuregärung in Anwesenheit von markiertem Kohlendioxyd produzierte Bernsteinsäure enthält eine beträchtliche Menge des zugesetzten Isotops, und zwar ist das Isotop, wie zu erwarten ist, nur in die Karboxylgruppen der Säure eingebaut worden.

Zellen von *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*, *Saccharomyces ellipsoideus* und *Aspergillus niger* nötig ist. Es gelang Hes, nachzuweisen, dass die Entfärbung des Methylenblaus zu Leukomethylenblau durch gewaschene Zellen der betreffenden Heterotrophen in Abwesenheit des Kohlendioxyds quantitativ gehemmt wird oder nur mit sehr geringer Geschwindigkeit verläuft. (Autoreferat)

20. Februar 1950: Prof. Dr. E. Niggli jun., Leiden: Geologie und Petrographie des Belledonne-Massivs (Französische Alpen) im Vergleich mit den schweizerischen Zentralmassiven

Das Belledonne-Massiv, welches z. Z. vom Petrographischen Institut Leiden (Niederlande) untersucht wird, gehört zu den herzynischen Massiven der helvetischen Zone, deren Fortsetzung in Frankreich «zone externe des Alpes» genannt wird. Wie im schweizerischen Zentralmassivkern (Aar- und Gotthardmassiv) und wie im Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massiv handelt es sich beim Belledonne-Massiv um das Zutagetreten des präoberpermischen Unterbaus der Externzone, der in einer spätalpinen Phase zusammen- und aufgepresst wurde. Trias und fragliches Oberperm (Grès d'Alleverd) liegen diskordant auf dem Kristallin und auf dem Oberkarbon (Westphalien D und Stephanien), welches letzteres seinerseits diskordant das Kristallin (mit seinen granitischen und basischen Intrusionen) überlagert (CH. LORV 1860). Im Innern des Massivs kommen steilstehende mesozoische Synklinale vor (z. B. Mulde von Cevins), die indessen kaum den gleichen Tiefgang wie z. B. die Urseren-Garvera-Mulde besitzen. Aus der Geschichte der geologischen Erforschung des Belledonne-Massivs sind vor allem die Namen E. GUEYMARD, CH. und P. LORV, L. DUPARC, P. TERMEER, W. KILIAN, E. M. BUNGE und G. CHOUBERT zu nennen.

Neben vielen Analogien mit den schweizerischen Zentralmassiven sind unverkennbare Unterschiede zu konstatieren. In morphologischer Hinsicht ist das Belledonne-Massiv nur eine randalpine Kette; es ist keine Wasserscheide erster Ordnung wie Aar- und Gotthardmassiv, und es wird von drei Flüssen (Isère, Arc, Romanche) quer durchbrochen. Der höchste Gipfel (Sommet de Belledonne, 2981 m) besteht aus Amphibolit und Gabbro: im alpinen Raume sind häufig die höchsten Gipfel einer morphologischen Provinz (sofern diese basische Gesteine in grösserer Menge enthält) aus basischen Gesteinen aufgebaut (Aarmassiv, Silvrettdaube, Ivreazone). Die lückenhafte Trias (Rauhacken, Dolomit, Gips und Kalke) fehlt stellenweise, wohl primär, ganz. Der autochthone bis parautochthone Lias ist in geosynklinaler Fazies mächtig entwickelt (Kalkmergel

und Tonschiefer; «faciès dauphinois»). An der Grenze Trias-Lias treten in- und extrusiv basische Magmatite auf, die Spilitite im Sinne der neueren Literatur sind und als geosynklinale Ophiolithe aufgefasst werden können. Die alpine Tektonik hat das Belledonne-Massiv weit weniger beeinflusst als die schweizerischen Zentralmassive; auf weite Strecken ist, auch im Innern des Massivs, die prätriasische Festebene und manchmal sogar auch die präoberkarbonische Erosionsoberfläche (z. B. La Grande Lanzière) nur wenig alpin deformiert. Als bescheidenes Äquivalent der helvetischen Decken kann die Lias-Doggerdecke der «collines liasiques» am Westrand des Massivs aufgefasst werden, die nach der Meinung von GRIGNOUX die infolge der Schwerkraft abgeglittene Sedimentbedeckung des zentralen Belledonne-Massivs darstellt. Die alpine Metamorphose hat die alten und jungen Gesteine nur in geringem Masse verändert, so dass das Belledonne-Massiv ausgezeichnet geeignet ist, um die voralpinen tektonischen und petrogenetischen Vorgänge zu studieren. Das hauptsächlichste Baumaterial des Kristallins sind Paraschiefer und -gneise (Glimmerschiefer bis Gneise, graphitreiche Schiefer [schistes carburés], Marmore, Grünschiefer, Sericitschiefer). Die Metamorphose des Kristallins ist älter als Westphalien D (Gneisgerölle im Oberkarbon). Orthogneise und ältere Migmatite spielen flächenmässig eine verschwindend kleine Rolle. Als Intrusivkörper kommen mehrere langgestreckte (wohl herzynische) Granitmassen (zentraler oder Sept-Laux-Granit, Granit Des Villards-Cevins und mehrere kleinere Stöcke) und drei mächtige basische und ultrabasische Gesteinszonen (Gabbro, Amphibolite und Serpentinite) vor, wie sie in ähnlicher Bedeutung in keinem anderen Zentralmassiv der Externzone auftreten. Die basischen Gesteine sind älter als die Granite.

Die von E. DEN TEX (Les roches basiques et ultrabasiques des Lacs Robert et le Trias de Chamrousse, Massif de Belledonne; Diss. Leiden (1949) und Leidse Geol. Meded. Bd. 15, afl. 1) untersuchten basischen und

ultrabasischen Gesteine sind syntektonisch (? frühherzynisch) intrudiert, wie mikro- und makroskopische Untersuchungen zeigten. Die Serpentinisierung des Peridotitkerns ist älter als Trias und jünger als Oberkarbon, was auf sedimentpetrographischem Wege wahrscheinlich gemacht wurde. Der basische und ultrabasische Komplex zeigt Analogien mit der Ivreazone.

Eigene, noch nicht publizierte, detaillierte Feldarbeiten am Sept-Laux-Granit haben (als erstes vorläufiges Resultat) gezeigt, dass die zahlreichen Aplit- und Pegmatitgänge, die die Schieferhülle des Granits und die intrabatholithischen Gneisschollen durchbrechen, mechanisch-intrusive und nicht metasomatische Bildungen sind (Kriterien der Wandgeometrie und der Strukturen und Texturen der Nebengesteine). An intrabatholithischen Gneisschollen wurde eine intensive Migmatitisierung (lit-parlit-Injektion, Feldspatisierung) festgestellt, wie sie auch aus dem Mont-Blanc-Massiv beschrieben wurde. Der primäre Intrusivkontakt des Granits ist auf weite Strecken

erhalten geblieben, also nicht später tektonisch gestört worden. In chemischer Hinsicht ist der Sept-Laux-Granit (granosyenitisch bis engadinitgranitischer Magmatypus) basischer als Aar- und Mont-Blanc- und auch Pelvoux-Granit. Die Niggliwerte lauten:  $si = 310$ ,  $al = 41\frac{1}{2}$ ,  $fm = 16$ ,  $c = 9\frac{1}{2}$ ,  $alk = 33$ ,  $k = 0,45$ ,  $mg = 0,53$ . Neben Biotitgraniten (meist myrmekitführend) kommen Zweiglimmergranite, Hornblendegranodiorite und Monzonite im Belle-donne-Massiv vor. Quarzporphyre und Diabase sind (relativ spärliche) Gangbildungen.

Kluftminerallagerstätten von alpinem Typus kommen vor, haben jedoch nicht die gleiche Bedeutung wie in den schweizerischen Zentralmassiven. In Amphiboliten wurden in Klüften Prehnit, Albit, Epidot und Byssolith gefunden.

Ein Teil der Untersuchungen des Petrographischen Institutes Leiden im Belle-donne-Massiv wurde in grosszügiger Weise durch die halbstaatliche niederländische Stiftung für rein wissenschaftliche Forschungen finanziell unterstützt.

(Autoreferat)