

Zur Meteorologie und Meteorobiologie des Alpenföhns

Autor(en): **Mörikofer, Walter**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **130 (1950)**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90469>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Eröffnungsansprache des Jahrespräsidenten der S. N. G.

bei Anlaß der 130. Jahresversammlung in Davos, 26.—28. August 1950

Von

WALTER MÖRIKOFER (Davos)

Zur Meteorologie und Meteorobiologie des Alpenföhns

Hochansehnliche Versammlung,
meine Damen, meine Herren!

Im Namen des Jahresvorstandes und der Naturforschenden Gesellschaft Davos heiße ich Sie alle, Mitglieder, Freunde und Gäste der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, zu Ihrer 130. Jahresversammlung im Hochtale von Davos herzlich willkommen.

Ihr zahlreiches Erscheinen bietet uns Gewähr dafür, daß neben den größeren geistigen Zentren auch kleinere Orte nicht ungeeignet sind für die Abhaltung von Naturforschertagungen. Was uns hier abgeht an großen Institutshilfsmitteln und an reichhaltiger Konzentration geistiger Kapazität, wird ersetzt durch den direkteren Kontakt mit unserem Forschungsobjekt, der Natur, sowie durch die Fühlungnahme mit einigen Spezialforschungsgebieten.

Es ist heute nicht zum ersten Male, daß sich die schweizerischen Naturforscher zu ihrer Jahresversammlung in Davos treffen; schon zweimal ist die Naturforschertagung in unserer kleinen Stadt im Hochgebirge abgehalten worden. Das erstemal 1890, in einer Periode, wo das Leben, nicht nur im politischen Geschehen, sondern auch in den Wissenschaften, sehr viel ruhiger und behaglicher verlief als heute, wo man vermeinte, in allen wesentlichen Punkten endgültigen Anschauungen nahegekommen zu sein, und es wohl kaum ahnte, daß schon wenige Jahre später unser physikalisches und biologisches Weltbild eine vorher unvorstellbare Umwälzung durchmachen würde. Das zweitemal im Jahre 1929 – an diese Tagung werden sich wohl manche unter uns noch erinnern –, in der Zwischenkriegszeit, wo ein frischer Wind durch die Forschung ging und überall neue Initiative sich regte.

Wenn wir uns heute wiederum hier in Davos zu einer Naturforschertagung zusammenfinden, so geschieht dies in einer Zeit, wo die wissenschaftliche Forschung wieder auf viele neue Erkenntnisse zurückblicken kann, wo wir aber trotzdem erkennen müssen, daß nicht alles Neue

auch einen wirklichen Fortschritt der Menschheit zu ihren geistigen Zielen bedeutet. In der heutigen Periode der Entwicklung, wo keiner von uns mit dem Gefühl der Ruhe und der Sicherheit in die Zukunft blicken kann, müssen wir uns um so mehr bewußt bleiben, daß die Beschäftigung mit geistigen Problemen, wie sie gerade uns Naturforschern von der Natur selbst gestellt werden, zu den stärksten Kräften gehört, welche uns die Überlegenheit und Sicherheit verleihen, die uns die Sorgen um die Zukunft und die Auswirkung kulturfeindlicher Einflüsse überwinden helfen.

Die Zeitspanne von 60 Jahren, die uns heute von der ersten Davoser Naturforschertagung im Jahre 1890 trennt, bedeutet auch für Davos selbst eine Periode starker Entwicklung. Ich spreche hier nicht von der Wandlung des mondänen Kurorts mit seinen zahlreichen Privatsanatorien zur Heilstätte Europas, ich will auch nicht ausmalen, wie sich das äußere Bild dieses Ortes durch die enorme Entwicklung des Wintersports gewandelt hat. Ich möchte nur auf den Ausbau der Forschungsstätten hinweisen.

Im Jahre 1907 gründete der norddeutsche Forscher CARL DORNO hier aus eigener Initiative und mit eigenen Mitteln ein physikalisch-meteorologisches Observatorium, das sich die Erforschung der Heilfaktoren des Hochgebirgsklimas zum Ziele setzte und durch seine breite wissenschaftliche Fundierung eine dauerhafte Grundlage für die meteorologische Strahlungsforschung und die medizinische Klimatologie legte. Angeregt durch diese Tätigkeit, wurde 1922 in Davos auch ein medizinisches Forschungsinstitut gegründet, das zunächst unter ADOLF LOEWY sich mit den Problemen der Hochgebirgsphysiologie, seit 1934 unter FRÉDÉRIC ROULET und seit 1938 unter WALTHER BERBLINGER mit den aktuellen Problemen der Tuberkuloseforschung befaßt. Da am Davoser Observatorium, das seit 1926 mit dem Tuberkuloseforschungsinstitut zu einer rein schweizerischen Stiftung verbunden ist, schon seit einiger Zeit den Problemen der Schneedecke eine gewisse Aufmerksamkeit zugewendet worden war, faßte die Eidg. Kommission für Schnee- und Lawinenforschung hier Fuß und konnte durch Eröffnung eines Spezialinstituts auf Weißfluhjoch Anfang 1943 ihre Tätigkeit in dieser Gegend stabilisieren; Physik, Mineralogie, Meteorologie, Baustatik und Forstwesen bilden die Hauptkomponenten in der Arbeit dieses Spezialinstituts, das heute unter der wissenschaftlichen Leitung von MARCEL DE QUERVAIN steht; Verbauungswesen und Verkehr, Wintersport und Armee sind die Nutznießer ihrer Früchte. Nennen wir schließlich noch zwei einzelne Gelehrte, den Botaniker WILHELM SCHIBLER und den Hydrobiologen OTTO SUCHLANDT, so dürften damit die systematischen Bestrebungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaften in Davos umrissen sein.

Durch die Tradition unserer Gesellschaft fällt mir die Aufgabe zu, Ihnen heute zur Eröffnung dieser Tagung über ein Arbeitsgebiet des Davoser Observatoriums zu berichten. Während ich an der Naturforschertagung 1929 als junger Anfänger am Institut in meinem Haupt-

vortrag über die physikalischen Probleme der meteorologischen Strahlungsforschung gesprochen und damit ein durch seine physikalischen Grundlagen gesichertes Thema gewählt habe, möchte ich heute versuchen, Ihnen einen sehr viel problematischeren Komplex zu entwickeln, nämlich die Fragen der biologischen Wirkungen des Alpenföhns und der Versuche zu ihrer meteorologischen Erklärung.

Der *Föhn* zählt, zusammen mit den Lawinen und den Bergstürzen, zu den mächtigsten und eindrucksvollsten Naturerscheinungen unserer Schweizer Alpen; er hat daher seit jeher die Aufmerksamkeit der Fachleute und der Laien gefunden. Der Forschung bietet er die verschiedensten Aspekte dar. Die *Meteorologie* ist interessiert an der Frage nach seinem Ursprung und nach seinem räumlichen und zeitlichen Ablauf. Sein thermodynamisches Verhalten wirkt sich bis in die Mittelwerte der *Klimatologie* aus, indem in unseren nordalpinen Föhntälern nicht nur an Föhntagen, sondern sogar im Durchschnitt die Temperatur merklich höher, die Luftfeuchtigkeit niedriger ist als in den föhnarmeren Nachbargebieten. Weitere Föhnwirkungen wie Windbruch, Brandkatastrophen, vermehrte Lawinengefahr und Überschwemmungen greifen in das Gebiet der *Katastrophenforschung* über.

In die Breite ganzer Bevölkerungsteile geht dagegen die Föhnwirkung durch die *meteorotropen Vorgänge*, die man in leichteren Fällen als *Föhnfühlbarkeit*, in schwereren als *Föhnkrankheit* bezeichnet. Diese Tatsache subjektiver und objektiver Störung unseres Befindens beobachtet man nicht etwa nur in den eigentlichen Föhntälern, sondern auch weit hinaus im Alpenvorland, so daß der geographische Bereich der Föhnfühlbarkeit den größten Teil unseres Landes umfaßt. Die Föhnfühlbarkeit befällt vor allem sensible Personen, weniger dagegen robuste Naturen und bildet weitgehend das Privileg der Intellektuellen. Obgleich die Föhnkrankheit, zahlenmäßig betrachtet, nur mit einer relativ geringen Prozentzahl zu schwereren Gesundheitsstörungen führt, bedeutet sie trotzdem für das Wohlbefinden, aber auch für die körperliche und geistige Arbeitsleistung weiter Bevölkerungsteile eine schwere Belastung. Die bei Föhnsituationen auftretende Verminderung der Leistung und die gleichzeitig zu beobachtende Frequenzsteigerung der Unfälle wie auch der Selbstmorde dürfen nach ihrer volkswirtschaftlichen wie nach ihrer moralischen Bedeutung nicht gering eingeschätzt werden.

Der Föhnkomplex umfaßt somit die verschiedensten Probleme, die sowohl aus rein wissenschaftlichen Gründen unser Interesse beanspruchen wie auch im Hinblick auf ihre gesundheitliche und volkswirtschaftliche Auswirkung. Aus diesen Überlegungen möchte ich nun versuchen, Ihnen einige neuere Gesichtspunkte zur Meteorologie und Meteorobiologie des Föhnproblems zu entwickeln, wobei ich mich weitgehend auf noch unveröffentlichte, eigene Untersuchungen des Davoser Observatoriums stützen kann. Ich muß Sie allerdings gleich von vorneherein bitten, Ihre Erwartungen nicht zu hoch zu spannen. Trotz allen Bemühungen und Versuchen können wir auch heute nichts Endgültiges aussagen: einerseits über die Frage, auf welche atmosphärischen Ele-

mente oder Vorgänge die Auslösung der Föhnkrankheit kausal zurückgeführt werden muß, und andererseits über das Problem, an welchem Organ die äußeren Einflüsse angreifen und durch welche Funktionsstörung die subjektiven und objektiven Symptome der Föhnfähigkeit erzeugt werden.

Trotz dieser Einschränkung glaube ich, Ihnen eine Reihe neuer Gesichtspunkte über den Ablauf des Föhns und über die Möglichkeiten seiner biologischen Wirkung entwickeln zu können. Durch unsere Untersuchungen konnten wenigstens zahlreiche Einzelzüge im komplexen Bild des Föhngeschehens abgeklärt werden, und in der Frage der Erklärung der Föhnfähigkeit ist es uns gelungen, in dem Dickicht von Hypothesen das Mögliche vom Unmöglichen, das Wahrscheinliche vom Phantastischen zu scheiden. Sind wir auch noch nicht zur Lösung des Geheimnisses vorgedrungen, so glauben wir doch den *Weg*, der zu dieser Lösung führen muß, sehr viel klarer zu erkennen als noch vor wenigen Jahren.

Es ist in den letzten Jahrzehnten dem allgemeinen Problem der Wetterfähigkeit, zeitweise auch dem speziellen Teilproblem der Föhnfähigkeit, viel Aufmerksamkeit zugewendet worden, es ist darüber viel geschrieben, aber leider nur wenig systematisch gearbeitet worden. Als wir im Jahre 1933 daran gingen, uns am Davoser Observatorium intensiver mit diesen Problemen der Föhn- und der Wetterfähigkeit zu befassen, waren wir uns bewußt, daß die damaligen Methoden mit ihren vagen Vorstellungen nicht zum Ziele führen konnten und daß man sich nur von neuen Methoden auch befriedigendere Resultate versprechen konnte. Nach zwei Richtungen mußte etwas Neues versucht werden. Einmal war es uns klar, daß auf diesem komplexen und schwierigen Grenzgebiet zwischen Medizin und Meteorologie nur eine enge Zusammenarbeit zwischen Meteorologen, Physiologen und Klinikern zum Ziele führen kann. Im allgemeinen besitzt weder der Meteorologe noch der Mediziner genügend Spezialkenntnisse auf dem andern Fachgebiet; ebenso wie wir Meteorologen dem Mediziner die Kompetenz bestreiten, zu entscheiden, wann wir Föhn, wann wir Warmluft haben, so dürfen auch wir uns nicht anmaßen, mit unserer physikalischen Denkweise das richtige Sensorium für physiologische und pathologische Vorgänge zu besitzen. Aus diesen Überlegungen haben wir uns immer bemüht, auf diesem Arbeitsgebiet die Zusammenarbeit mit Physiologen und Klinikern zu suchen.

Noch ein zweiter Gesichtspunkt war uns bei unseren Föhnuntersuchungen maßgebend: Wir mußten auf unserem eigenen Fachgebiet viel stärker ins Detail gehen als früher. Wohl konnte die klassische, thermodynamische Theorie der Föhnentstehung als gesichert angesehen werden; aber sie enthielt noch verschiedene Lücken, und im Grunde genommen wußten wir ja noch so wenig Einzelheiten über den Föhnvorgang. Wir waren daher genötigt, über den zeitlichen und räumlichen Ablauf des Föhnvorgangs neues Beobachtungsmaterial in einem alpinen Föhntal zu sammeln und dabei auch den luftelektrischen Vorgängen

gesteigerte Aufmerksamkeit zuzuwenden. So standen wir durch den Wunsch, eine Erklärung für das *biologische* Föhnproblem zu finden, vor der Notwendigkeit, auch die rein *meteorologischen* Föhnerscheinungen genauer zu untersuchen. Und dabei haben wir in der Tat verschiedene neue Züge im Gesamtbild der Föhnvorgänge gefunden, die uns gestatten, der Erklärung der Föhnfähigkeit ein gutes Stück näherzukommen.

Auf Grund der skizzierten Überlegungen haben wir im Jahre 1933 die Zusammenarbeit mit einem an diesen Problemen interessierten Arzt in einem typischen Föhntal gesucht und haben sie bei Dr. ERNST FRITZSCHE, dem Chefarzt des Kantonsspitals Glarus, gefunden. In diesem Spital wurde von uns eine meteorologische Station I. Ordnung mit Registrierapparaten für Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Abkühlungsgröße und Luftdruck eingerichtet und während etwa 2½ Jahren von unserer Assistentin Dr. HILDA SCHAUMANN betreut. Daneben wurden die schnellen Luftdruckschwankungen mit einem Variographen nach WILHELM SCHMIDT registriert und regelmäßige Messungen der Zahl der leichten, mittleren und schweren Ionen beider Vorzeichen vorgenommen.

Diese systematische Analyse der atmosphärischen Bedingungen wurde durch zwei meteorologische Längsprofile von Ziegelbrücke bis Elm und Linthal ergänzt, indem an vier weiteren Stationen kontinuierliche Temperatur- und Feuchtigkeitsregistrierungen in Betrieb gehalten wurden, aus denen wir aufschlußreiche Einblicke in die räumliche Verteilung und den zeitlichen Ablauf der Föhnvorgänge erhielten.

Da es uns für die Erklärung der Föhnfähigkeit aus gewissen Überlegungen, auf die wir noch zurückkommen werden, wichtig erscheinen mußte, Genaueres über die Luftströmungsverhältnisse *vor* dem Föhndurchbruch und über die *Grenze* zwischen dem Höhenföhn und der darunter liegenden Kaltluft zu erfahren, stellten wir, teils im *Vorföhnstadium*, teils auch bei *Föhn*, Pilotballonaufstiege an, aus denen Richtung und Geschwindigkeit des Windes in verschiedenen Höhen über dem Tal bestimmt werden konnten. Diese aerologischen Doppelvisierungen erforderten einen beträchtlichen Mitarbeiterstab, wobei uns mehrere Glarner Naturforscher behilflich waren, an ihrer Spitze der nimmermüde Föhnforscher Dr. R. STREIFF-BECKER. Gleichzeitig legte ERNST FRITZSCHE eine klinische Statistik an, die den größten Teil der Krankheitsausbrüche und Befindensverschlimmerungen im Kanton Glarus umfaßte.

Es ist klar, daß die Durchführung dieses großen Untersuchungsprogramms beträchtliche Geldmittel erforderte, die erfreulicherweise durch das Zusammenwirken mehrerer Stellen aufgebracht werden konnten. Den Hauptanteil steuerte angesichts der volkswirtschaftlichen Folgen der Föhnkrankheit die Eidg. Volkswirtschaftsstiftung bei; die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft wendete uns Mittel aus einem von dem Glarner DANIEL JENNY gestifteten Spezialfonds zu; Spital und Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus verschafften uns ebenfalls Erleichterungen, und nach einer durch die Zeitumstände be-

dingten längeren Unterbrechung konnte die Verarbeitung des umfangreichen Beobachtungsmaterials dank einer Beihilfe der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften neuerdings dem Abschluß nahegebracht werden. Allen diesen Helfern sei auch an dieser Stelle gedankt.

An der Verarbeitung der Resultate haben mehrere Assistenten des Davoser Observatoriums mitgewirkt. So hat FRITZ PROHASKA die *Meteorologie* des Glarner Föhns bearbeitet, GEORG BÖHME die *aerologischen Aufstiege*. HILDA SCHAUMANN hat die *Ionenmessungen* ausgewertet, und WALTER SCHÜEPP hat eine kritische Vergleichung der *klinischen Statistik* mit den Witterungsvorgängen und speziell mit den *Druckwellen* durchgeführt. Wenn ich nun versuchen will, Ihnen ein Bild von den Eigenschaften und dem Ablauf des Glarner Föhns zu geben, so stütze ich mich dabei weitgehend auf die Resultate meiner Mitarbeiter, gleichzeitig aber auch auf die gesicherten Anschauungen, die von anderen Föhnforschern entwickelt wurden.

In den letzten hundert Jahren haben die theoretischen Anschauungen über die Entstehung und den Ablauf des Alpenföhns eine beträchtliche Entwicklung durchgemacht. Um 1850 war in unserem Lande die Ansicht verbreitet, daß der Föhn aus der Sahara stamme, da er ja so warm und trocken sei; namhafte Forscher wie ESCHER VON DER LINTH vertraten diese Ansicht, eigentliche Meteorologen gab es damals bei uns noch nicht. Da bedeutete es einen großen Fortschritt, als der österreichische Meteorologe JULIUS HANN darauf hinweisen konnte, daß Föhnwinde auch in Ländern auftreten, wo ein entsprechendes Warmluftreservoir nicht zur Verfügung steht; auch mußte es dem aufmerksamen Beobachter auffallen, daß es bei Föhn auf den Alpenpässen oft schneit, daß somit die Föhnluft an sich nicht warm ist, sondern es erst beim Herabsteigen in die nördlichen Alpentäler wird.

Die thermodynamische Föhntheorie, die HANN nun aufstellte, beruht auf den Gasgesetzen. Danach kommt eine Luftmasse, die aufsteigt, unter niedrigeren Druck und dehnt sich dabei aus. Diese Expansion bedeutet eine Arbeitsleistung, die dafür notwendige Energie wird der Luftmasse selbst entzogen, da gleichzeitig keine Wärmezufuhr von außen stattfindet; die Temperatur der Luft muß sinken, da diese die Ausdehnungsarbeit aus ihrem eigenen Wärmegehalt bestreiten muß. In analoger Weise ergibt sich für absteigende Luft eine Erwärmung, da bei ihrer Kompression Wärme frei wird. Die Abkühlung beim Aufsteigen beträgt gerade einen Grad für 100 m, die Erwärmung beim Absteigen gleich viel. Luft, die z. B. von Lugano aufsteigt und etwa den Gotthardpaß überquert, wird sich dabei um 18° abkühlen und nachher beim Herabsinken in das schweizerische Mittelland um fast gleich viel wieder erwärmen. Durch den geschilderten Vorgang könnte man somit die Wärme und Trockenheit des Föhns noch nicht erklären.

In Wirklichkeit besteht nun aber ein systematischer Unterschied zwischen der Luv- und der Leeseite, im vorliegenden Fall zwischen der Süd- und der Nordseite der Alpen. Die auf der Südseite aufsteigende

Luft kühlt sich durch den geschilderten dynamischen Vorgang so stark ab, daß sie mit Feuchtigkeit übersättigt ist und diese durch Bildung massiver Wolkenmassen und heftiger Niederschläge ausscheiden muß. Es ist in der Tat eine Erfahrungstatsache, daß der Alpensüdhang von großen Niederschlagsmengen überschwemmt wird, während die Alpen-nordseite Föhn mit Aufhellung hat. Die Staubewölkung der Alpensüdseite erstreckt sich dann bis über die Alpenketten herüber und erscheint dem Beobachter der Nordschweiz als sogenannte *Föhnmauer*.

Bei dieser Ausscheidung der Feuchtigkeit aus der Luft beim Aufsteigen auf der Südseite wird nun aber, einem Gesetz der Thermodynamik folgend, ein Teil der Verdampfungswärme wieder frei, und dieser wird zur Erwärmung der Luftmasse benützt; oberhalb des Kondensationsniveaus erfolgt daher die Abkühlung bei weiterem Aufsteigen nicht mehr mit 1° pro 100 m, sondern nur noch mit etwa $\frac{1}{2}^\circ$. Die Luft kommt somit nicht so kalt auf dem Gotthardpaß an, wie oben angegeben wurde. Sinkt nun aber diese Luft auf der Alpennordseite in die Täler hinunter, so kann sie dabei die auf der Südseite verlorene Feuchtigkeit nicht mehr aufnehmen; infolgedessen erfolgt ihre Erwärmung nun nicht mehr längs der Feuchtadiabate von $\frac{1}{2}^\circ$ pro 100 m, sondern längs der Trockenadiabate von 1° pro 100 m, und die gesamte Erwärmung auf der Nordseite ist ganz bedeutend größer, als die Abkühlung beim Aufsteigen auf der Südseite war. Daraus erklärt sich die hohe Temperatur der Föhnluft, und da diese zudem auf der Alpensüdseite einen großen Teil ihres Feuchtigkeitsgehalts verloren hatte, gleichzeitig auch ihre große Trockenheit. Die Luft kommt in den Tälern des Alpennordhangs um $6-10^\circ$ wärmer an, als sie am Alpensüdfuß in gleicher Höhe gewesen war; ihr Wasserdampfgehalt, gemessen am Dampfdruck, ist etwa auf die Hälfte, ihre relative Feuchtigkeit auf 20–40% gesunken.

Aus dieser Darstellung des Föhnvorganges erkennen Sie, daß uns an der Föhnerscheinung gar nicht die Luftbewegung, der Wind, das Wesentliche ist, sondern die thermodynamischen Vorgänge, die damit verknüpft sind. Mit «Föhn» definiert man heute ganz allgemein eine Luftströmung, die *durch Absteigen dynamisch warm und trocken* wird. Mit dieser Definition umfaßt man die verschiedenen Ursachen für die Föhnentstehung, nämlich sowohl den *Zyklonalföhn*, der durch das Herannahen einer Depression über dem Kanalgebiet ausgelöst wird, wie den *Antizyklonalföhn*, der durch das Herabsinken und Abströmen der Luft aus einem über dem Alpengebiet lagernden Hochdruckgebiet entsteht, wie auch den sogenannten *freien Föhn*, dessen hohe Temperatur sich einfach durch das Absinken und die dynamische Erwärmung von Luft in der freien Atmosphäre erklärt, ohne daß hierbei eine aerodynamische Wirkung eines Gebirgszuges notwendig wäre.

Bekanntlich hat die Bezeichnung «Föhn» ihren Ausgang von unsern Nordalpentälern genommen. Die wissenschaftliche Terminologie wendet nun aber diesen gut schweizerischen Ausdruck auf alle Winde an, die dieser thermodynamischen Definition entsprechen. So kennen wir schon in den Alpen neben dem klassischen *Südföhn* der Alpennordseite den

Nordföhn des Alpensüdhangs. Aber auch andere Gebirge zeigen Föhnerscheinungen, und sogar das Klima des grönländischen Inlandeises ist durch Föhnvorgänge gekennzeichnet, denen bereits ALFRED DE QUERVAIN seine besondere Aufmerksamkeit zugewandt hat.

So einleuchtend und klar diese thermodynamische Föhntheorie ist, so blieb sie doch die Antwort auf *eine* Frage zunächst noch lange Zeit schuldig. Es ist nämlich aus rein physikalischen Überlegungen zunächst nicht recht verständlich, wieso der Föhn, der doch eine warme und infolgedessen leichte Luftmasse darstellt, auf der Leeseite in die Alpennordtäler herunterstürzt und nicht einfach in der Höhe weiterströmt. Dieses Problem hat am Ende des letzten Jahrhunderts die schweizerische Föhnforschung stark beschäftigt, und es hat damals eine lebhaftete Kontroverse zwischen den beiden führenden Fachleuten unseres Landes stattgefunden, dem Direktor der Meteorologischen Zentralanstalt, ROB. BILLWILLER sen., und dem in Petersburg tätigen Schweizer HEINRICH WILD. BILLWILLER ging aus von der Tatsache, daß ein normaler Zyklonalföhn bei Annäherung einer Depression entsteht und daß die dadurch verursachte Aspiration der Luft zuerst in den unteren Luftschichten auftritt und dadurch die Luft aus den Tälern der Alpennordseite herausaugt; da dadurch das Gleichgewicht gestört wird, strömt Ersatzluft als Föhn über die Alpen herüber. Demgegenüber machte WILD darauf aufmerksam, daß erfahrungsgemäß der Föhn zuerst nicht am Talboden, sondern in der Höhe, und nicht am Talausgang, sondern hinten im Tale auftritt, so daß in den hinteren und höheren Partien der Föhntäler bereits Föhn zu beobachten ist, während am Talausgang Luftruhe herrscht oder Nordwind weht. Diese Tatsachen suchte WILD durch die Hypothese zu erklären, daß eine starke Höhenströmung auf der Leeseite der Kämme aspirierend auf die unterhalb liegenden Luftmassen wirkt, diese in Wirbeln ansaugt und abtransportiert, wodurch die Höhenströmung immer tiefer in das leeseitige Tal herabsteigt.

Eine Verständigung zwischen den zwei einander widersprechenden Erklärungshypothesen konnte nicht erzielt werden, und so blieb es auch der heutigen Generation nicht erspart, sich erneut mit diesem Problem auseinanderzusetzen. So hat der österreichische Meteorologe H. VON FICKER die BILLWILLERSche Hypothese wieder aufgegriffen, ihr jedoch durch ein großes Beobachtungsmaterial und durch Vermeidung unklarer Annahmen manche Angriffspunkte genommen. Andererseits hat R. STREIFF-BECKER, der über große Erfahrung beim Glarner Föhn verfügt, sich der WILDschen Anschauung zugewandt und sie durch die Vorstellung einer Injektorwirkung der Höhenströmung am Alpenkamm präzisiert. Auf diese theoretischen Anschauungen zur Erklärung des Herabsteigens des Föhns in die Täler werden wir nachher auf Grund der eigenen Untersuchungen nochmals zurückkommen. Obgleich der Föhn im Grunde seines Wesens eine eindeutige Erscheinung darstellt, bietet er nicht in jedem Alpentale genau dasselbe Bild. Orographische Unterschiede lassen den Ablauf in den einzelnen Tälern etwas verschieden in Erscheinung treten, und der Überbewertung solcher sekundärer

Unterschiede dürften manche der aufgetretenen grundsätzlichen Meinungsverschiedenheiten zuzuschreiben sein.

Wir wollen uns deshalb zunächst vom allgemeinen Bild weg und speziell dem Föhnablauf im Glarnerlande zuwenden. Auf die Voraussetzungen für das Auftreten des Zyklonalföhns unserer Alpentäler brauche ich nicht näher einzugehen. Ich darf diese als allgemein bekannt annehmen, nämlich die Annäherung eines Tiefdruckzentrums im Westen oder Nordwesten von Zentraleuropa, während gleichzeitig ein Keil höheren Druckes über Oberitalien liegt, was sich im Isobarenbild der Wetterkarte häufig als sogenanntes *Föhnknie* im Alpengebiet zu erkennen gibt.

Schon einen bis zwei Tage vor dem Einbruch des Föhns am Talboden weht in der Höhe ein kräftiger Südwind, dessen Temperatur bereits etwas erhöht ist, so daß wir diesen Wind als *Höhenföhn* ansprechen können. In welcher Weise der Durchbruch dieses Höhenföhns zum Talboden erfolgt, haben wir auf Grund unserer Temperatur- und Feuchtigkeitsregistrierungen längs des Talprofils des Glarnerlandes eindeutig abklären können. Es hat sich nämlich gezeigt, daß der Föhn durchwegs zuerst im Talhintergrund einsetzt und erst allmählich bis zur Tal-mündung durchgreift, während umgekehrt das Ende des Föhns vorne im Tal beginnt und erst zuletzt im Talhintergrund eintritt. Der Durchbruch des Föhns spielt sich hinten im Tal nur zögernd und kämpfend ab und erstreckt sich über mehrere Stunden, während er weiter vorne im Tal schlagartig und momentan einsetzt, allerdings gelegentlich auch hier durch eine scharf markierte *Föhnpause* unterbrochen werden kann. Der Zusammenbruch (Ende) des Föhns erfolgt vorne im Tal wiederum schlagartig, im Talhintergrund dagegen wesentlich langsamer.

Aus den gleichzeitigen Winduntersuchungen ergibt sich nun (vgl. Abb. 1), daß vor dem Durchbruch des Föhns im Glarner Tale nicht nur ein starker Höhenföhn herrscht, sondern während 10–20 Stunden auch am Talboden eine schwache Südströmung zu beobachten ist. Dieser leichte Südwind erfüllt zuerst den ganzen Talquerschnitt bis zur Gipfelhöhe, doch zeigen Temperatur und Feuchtigkeit dieser Luft keinerlei Föhneigenschaften. Die Grenze zwischen dem heftigen Höhenföhn und der leichten Südströmung im Tale selbst steigt immer tiefer hinunter, was sich einerseits am fortschreitenden Einbruch des Föhns vom höher gelegenen Talhintergrund bis zum Talausgang erkennen läßt, andererseits auch mit Pilotballonaufstiegen nachgewiesen werden konnte. Da diese Südströmung am Talboden keine lokale Erscheinung ist, sondern mit dem Höhenwind zusammenhängt, kommen wir zu der Feststellung, daß auch im Linthtal während des Vorföhnstadiums regelmäßig ein langsames Abfließen der im Tal lagernden Kaltluft stattfindet, wie es von der Föhntheorie von BILLWILLER und FICKER gefordert wird.

Doch wird dieses Abströmen von einer andern Erscheinung überdeckt und maskiert, die unser ganzes Augenmerk verdient. Eine bis mehrere Stunden vor dem Durchbruch des Föhns zum Talboden schlägt nämlich die Südströmung in Bodennähe in Nordwind um. Dieser Nordwind ist nicht sehr stark, doch konnten wir ihn in Glarus *ausnahmslos*

vor jedem Föhnwind registrieren. Er tritt erst dann auf, wenn die Föhninversion, also die Grenzschicht zwischen dem warmen Höhenföhn und der unteren kälteren Südströmung, auf wenige 100 m über dem Talboden herabgekommen ist. Je näher diese Grenze herabsinkt, um so stärker wird am Boden der Nordwind; seine größte Intensität erreicht er direkt vor dem Durchbruch des Föhns zum Boden; doch ist allerdings diese Nordströmung durchwegs ziemlich schwach und erreicht nicht einmal die Hälfte der Windstärke des nachherigen Föhns (Abb. 2).

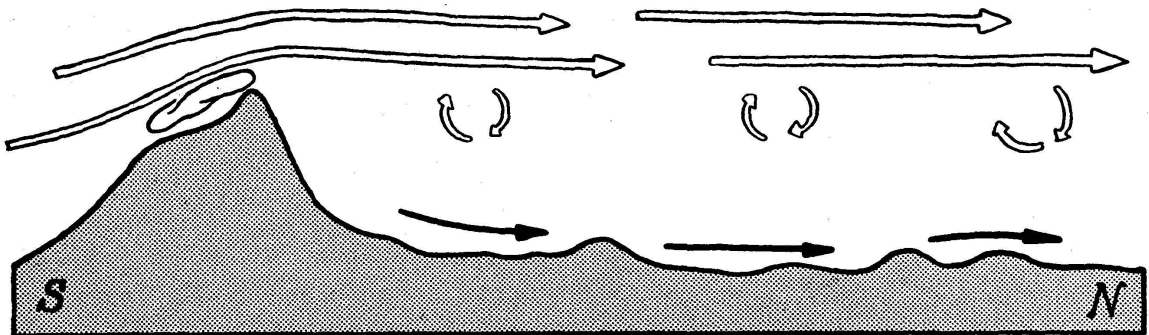


Abbildung 1

Entwicklung des Glarner Föhns:

I. Vorföhnstadium mit Höhenföhn.

→ Warmluft und Föhn, ← Kaltluft

Der ganze Ablauf dieses Windwechsels, den wir mit Windregistrierungen in Glarus und mit Pilotballonaufstiegen in Glarus sowie im Talabschluß hinter Elm nachweisen konnten, läßt uns zu der Auffassung gelangen, daß diese Nordströmung nur durch die darüber wehende Föhnströmung verursacht ist und nicht als das Einströmen von Kaltluft in das Tal interpretiert werden darf. Wir bezeichnen sie daher als *passiven Nordwind*. Diese Auffassung wird vor allem durch die Feststellung gestützt, daß vom Einsetzen dieses Nordwinds an der für die Föhnluft charakteristische Temperatur- und Feuchtesprung auftritt. Der Kampf an der Föhninversion zwischen der energiereicheren, wärmeren Höhenföhnströmung und der trägeren Bodenkaltluft verursacht somit einen Inversionswirbel, dessen unterer, rückkehrender Ast kurz vor dem Durchbruch des Föhns uns als Nordwind erscheint, während er in Wirklichkeit nichts anderes ist als ein um 180° abgelenkter Föhn. Das Zustandekommen einer solchen Gegenströmung an einer atmosphärischen Diskontinuitätsfläche ist der Aerodynamik und der Meteorologie seit langem bekannt.

Der weitere Ablauf des Föhnvorgangs stellt keine großen Probleme und bedarf daher keiner eingehenden Schilderung. Beim Durchbruch

des Föhns setzt ein heftiger Südwind ein, der den ganzen Talquerschnitt ausfüllt; mit starken Windstößen nimmt die Windgeschwindigkeit auf 10 m/s zu, gelegentlich bis auf 15 und 20 m/s; die Temperatur steigt um 5–8° an, die relative Feuchtigkeit fällt etwa auf die Hälfte des früheren Wertes, die Bewölkung ist meist gering, die Sicht klar. Dieser Föhn kann einige Stunden, er kann aber auch einige Tage dauern.

Das Ende des Föhns ist durch die Entwicklung der Großwetterlage bedingt. So wie der Föhn durch eine herannahende Depression verursacht wird, so bedingt der Durchzug ihrer Kaltfront den Zusammen-

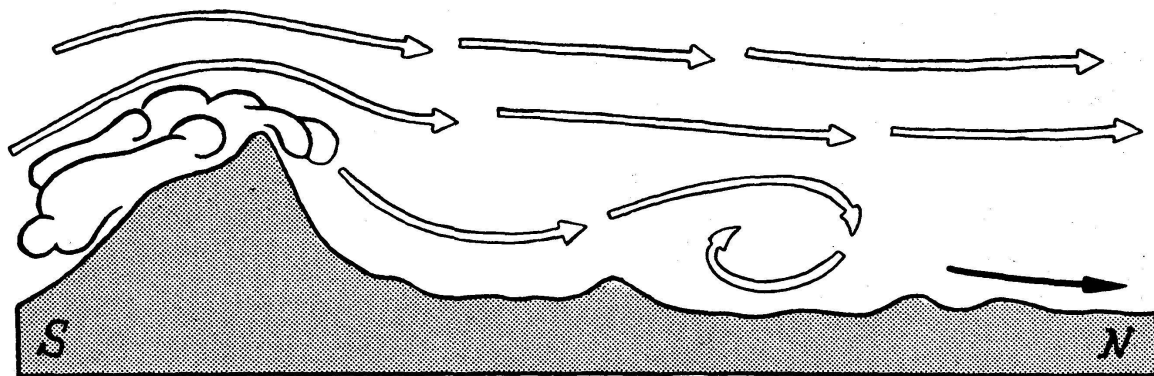


Abbildung 2

Entwicklung des Glarner Föhns:

II. Vorföhnstadium mit Höhenföhn und passivem Nordwind,
Föhneinbruch hinten im Tal.

→ Wärmeluft und Föhn, ← Kaltluft

bruch des Föhns. Die aus dem Westen einströmende Kaltluft dringt auch in die Föhntäler ein und schiebt sich als feuchte, seichte Kaltluftmasse unter die Föhnströmung, die zunächst als Höhenwind abgehoben wird. Doch bald wird die Kaltluftmasse mächtiger und erstreckt sich dann über den ganzen Talquerschnitt und über eine hohe Atmosphärenschicht. «Der Föhn ist heimgegangen», wie der Glarner sagt.

An dem hier skizzierten Ablauf des ganzen Föhnvorganges scheinen mir drei Feststellungen besonders wichtig zu sein. Einmal die Tatsache, daß schon lange vor dem Durchbruch des Föhns zum Talboden in der Höhe ein starker föhnartiger Südwind weht; diese Erscheinung ist den Föhnforschern wohlbekannt. Doch ist sie sowohl bei der Theorie des Föhns wie bei der Erklärung der Föhnfähigkeit bisher viel zu wenig beachtet worden, und daher war es für uns besonders wertvoll, durch eigene Feststellungen mit dieser Tatsache vertraut zu werden.

Die zweite wichtige Feststellung betrifft die Tatsache, daß der Durchbruch des Föhns zum Talboden nicht, wie die alte Theorie BILLWILLERS angenommen hatte, vorne im Tal beginnt, sondern in den hinteren, höher gelegenen Teilen des Tales. Auch diese Feststellung ist

nicht neu, nur hat sie bei der Theorie nicht durchwegs die Beachtung gefunden, die ihr zukommt.

Die dritte Feststellung, die wegen ihrer Bedeutung für den Ablauf des Föhns und für die Erklärung der Föhnfähigkeit unser besonderes Interesse gefunden hat, besteht im Nachweis des auffallenden Windwechsels vor dem Durchbruch des Föhns. Schon STREIFF-BECKER hat beobachtet, daß vor dem Föhndurchbruch am Talboden eine Nordströmung herrscht, hat sie jedoch als selbständigen Nordwind aufgefaßt. Wir vertreten jedoch auf Grund unserer aerologischen Untersuchungen und der Temperatur- und Feuchtigkeitseigenschaften dieser Luft die Ansicht, daß es sich dabei um den rückkehrenden Ast eines Turbulenzwirbels von der Untergrenze des Höhenföhns handelt, der Föhncharakteristik zeigt und am Boden nur scheinbar als passiver Nordwind in Erscheinung tritt.

Wir wollen nun kurz prüfen, wie sich unsere eigenen Resultate in die bisherigen Föhntheorien einfügen. Wir kommen dabei zu dem Ergebnis, daß den divergierenden Anschauungen zwar durchwegs richtige Beobachtungen zu Grunde liegen, daß aber auf Einzelheiten des Föhnablaufs zu großes Gewicht gelegt worden ist, unbekümmert, ob sie von grundlegender oder nur von sekundärer Bedeutung für das Zustandekommen des Föhns sind. Daher erklärt es sich, daß von den einzelnen Forschern und für die verschiedenen Föhntäler jeweilen eine andere Teilerscheinung als Hauptursache für das Herabsteigen des Föhns angesehen wurde, während die gemeinsamen Züge zu wenig beachtet wurden. Dazu kommt, daß meist nur nach der Ursache gefragt wurde, weshalb der Föhn in die Täler herabsteigt, während die umgekehrte, ebenso berechtigte Frage kaum beachtet wurde, wie es zu erklären ist, daß der Föhn oft tagelang in der Höhe wehen kann, ohne bis zum Talboden vorzudringen.

Hier hat nun die Basler Dissertation von KARL FREY,¹ die als wertvolle Frucht des schweizerischen Armeewetterdienstes entstanden ist, in den letzten Jahren einen großen und entscheidenden Fortschritt gebracht. Wie schon früher von FICKER festgestellt wurde, geht nämlich dem zyklonalen Alpenföhn stets ein Antizyklonalstadium voraus, wo eine Zone hohen Druckes über den Alpen liegt. In diesem Stadium erwärmt sich die Luft über den Voralpen und dem Mittelland stärker als über dem Alpenhauptkamm. Das damit verbundene antizyklonale Absinken wird auf den Voralpengipfeln als Südwind festgestellt. Dieser Südwind wird hervorgerufen durch die allgemeine Druckverteilung über den Alpen mit ihren von Süden nach Norden verlaufenden Isobaren. Er setzt sich unter Abschwächung bis zum Boden der Föhntäler durch, in denen infolgedessen ein allgemeines Abfließen von Luftmassen nach dem Tiefdruckzentrum hin festgestellt wird. Daß es sich dabei in den Föhntälern um das Abfließen von Kaltluft handelt, d. h. von Luftmassen,

¹ KARL FREY, Beiträge zur Entwicklung des Föhns und Untersuchungen über Hochnebel. Diss. Basel 1945.

die nicht durch irgendwelche Föhneffekte erwärmt sind, zeigen unsere Thermohygrogramme. Die durch die Großwetterentwicklung, nämlich durch die Annäherung des Tiefdruckzentrums, bedingte Ausbildung und Zunahme des Föhngradienten führt mit der Zeit zur Verstärkung des Südwindes in der Höhe.

Aber auch das Temperaturgefälle von den Voralpen zum Hauptkamm verstärkt sich, und KARL FREY hat die wichtige Feststellung gemacht, daß bei Höhenföhn ein Temperaturgefälle vom Pilatus zum gleich hohen Gotthardpaß von etwa 7° besteht, daß somit in gleicher Meereshöhe die Luft über dem Alpenhauptkamm 7° kälter und daher wesentlich dichter ist als über den Voralpen. Durch diese räumliche Verteilung von Dichte und Temperatur muß, wie durch thermodynamische Berechnungen gezeigt werden kann, auf der Leeseite am Alpenordhang eine Zirkulation entstehen, die eine absinkende Komponente zur Folge hat; so erklärt sich das Hinuntersteigen des Föhns in die Täler aus den Dichteunterschieden, was sich allerdings nur durch eine eingehende theoretische Betrachtung nachweisen läßt. Dabei muß nach den Berechnungen von FREY die Vertikalkomponente des Absteigens nur einen kleinen Bruchteil der horizontalen Windgeschwindigkeit betragen, um zu erklären, weshalb der Föhn dem absteigenden Geländeprofil der nordalpinen Föhntäler folgt und dabei die Kaltluft allmählich aus den Tälern ausräumt.

Die auf großräumige Betrachtung sich stützende Berechnung von FREY und unsere eigenen empirischen Untersuchungen in einem einzelnen Föhntal ergänzen sich aufs beste und führen zu denselben Vorstellungen über den Föhnvorgang. Bei unserer Darstellung des Föhnablaufs stützen wir uns daher ebenso sehr auf FREYS Theorie wie auf unsere Beobachtungsergebnisse.

Aus unseren Glarner Untersuchungen geht hervor, daß das Herabsteigen des Föhns nur sehr langsam und kämpfend vor sich geht; der Föhn wird durch den langsamen Abfluß der Kaltluft gehindert, sich rasch nach unten durchzusetzen, und der Großteil der Zirkulationsenergie der Föhnluft muß darauf verwendet werden, die langsam abfließende Kaltluft beschleunigt wegzuschaffen. An der Grenzfläche dieser beiden in gleicher Richtung, aber mit ganz verschiedenem Energiegehalt und daher mit ungleicher Geschwindigkeit fließenden Luftmassen entstehen, zumindest in den tieferen Lagen, Turbulenz- und Wirbelbildungen, aus denen sich der knapp vor dem Durchbruch des Föhns auftretende passive Nordwind erklärt. Es hängt stark von der Orographie der einzelnen Föhntäler ab, ob und wie stark dieser Nordwind in Erscheinung tritt.

Ebenso wie in anderen Föhngebieten konnte auch im Glarner Tal eindeutig festgestellt werden, daß der Föhn nie zuerst am Talausgang weht, sondern daß er von oben nach unten vordringt und nur deshalb zuerst im Talhintergrund durchbricht, weil dieser höher liegt als der Talausgang. Das Herabsteigen geht im Verhältnis zur Windgeschwindigkeit sehr langsam vor sich, und die Hauptenergie der Föhnströmung muß dazu verwendet werden, die alte Kaltluft hinwegzuräumen.

Der an der Föhninversion zwischen der energiereicheren, heftigen und warmen Föhnströmung in der Höhe und der trägeren Bodenkaltluft der Föhntäler, die ebenfalls eine leichte Südströmung bildet, entstehende Inversionswirbel dürfte wohl den Anlaß zu den Föhntheorien von WILD und von STREIFF-BECKER gegeben haben. Diese beiden Forscher haben den Inversionswirbel richtig beobachtet, ihm aber eine viel zu weit gehende Bedeutung beigemessen, indem sie in dieser sekundären Randerscheinung die Hauptursache für das Herabsteigen des Föhns erblickt haben. Die Berechnungen von FREY und die Resultate unserer eigenen Beobachtungen und Messungen führen vielmehr zu dem Ergebnis, daß die FICKERSche Föhntheorie, die sich zwar an die alte BILLWILLERSche Auffassung anlehnt, ihre Mängel jedoch vermeidet, die Ursache für die Entstehung und das Herabsteigen des Föhns am einwandfreiesten zu erklären vermag. So sehr der Ablauf des Föhns in den einzelnen Föhngebieten ein verschiedenes Bild zu zeigen scheint, so erweisen sich diese Unterschiede doch meist als nur von sekundärer Natur, während der Kern der Erscheinung überall gleichartig auftritt. So dürften durch die Untersuchung von FREY und durch unsere eigenen Feststellungen die Anschauungen über den *meteorologischen Teil* des Föhnproblems eine wesentliche Präzisierung erfahren haben.

Schwieriger steht es um den *biologischen Aspekt* des Föhnproblems, dem wir uns nun zuwenden wollen. Sie alle kennen das Bild der Föhnfähigkeit, sei es aus subjektivem Erleben, sei es aus Beobachtungen an Personen Ihrer Umgebung. In ihren leichteren Symptomen ist sie durch eine eigentümliche Mischung von Mattigkeit und Beklommenheit mit Unruhe und Reizbarkeit charakterisiert; sie ist mit starker Arbeitsunlust und mit Unfähigkeit zu richtiger Konzentration verbunden, sie führt in schwereren Fällen auch zu Migräne, zu abnormalem Schlafbedürfnis mitten am Tage, zu Schwindelerscheinungen und Flimmerskotom.

Dazu tritt die Erfahrung der Ärzte, sowohl in den alpinen Föhntälern wie auch im Alpenvorland, daß bei Föhnsituationen der Ausbruch und die Verschlimmerung von Krankheiten gehäuft auftreten. Diese Gruppenbildung kann sich gleichzeitig auf ganz verschiedene Krankheitsbilder beziehen; gelegentlich kann die Verschlimmerung sogar auch zum Tode führen. In dieser Hinsicht sind die postoperativen Embolien besonders gefürchtet; in unserem Lande vermeiden daher bei Föhnsituationen manche Chirurgen die Vornahme aufschiebbarer Operationen, vor allem weil der Patient dann wesentlich embolieanfälliger ist, gelegentlich aber auch, weil der Operateur dann nicht über das Optimum seiner Fähigkeiten verfügt.

Es ist klar, daß es sich bei diesen Erscheinungen *nicht* um die Entstehung oder auch nur die Beeinflussung einer Krankheit durch Witterungsvorgänge handeln kann; beeinflußt wird vielmehr ausschließlich der Mensch in seiner ganzen Reaktionslage. Ist der Organismus durch irgendwelche pathogene Ursachen, evtl. auch durch seine Konstitution, an die Grenzen seiner physiologischen Anpassungsfähigkeit gelangt, befindet er sich sozusagen in einem prämorbidem Zustand, so

genügt schon ein geringer zusätzlicher Insult, wie er bei föhnfühligen Personen von der Föhnsituation ausgeht, um die Erkrankung zum Ausbruch oder zur Verschlimmerung kommen zu lassen.

Es ist übrigens bemerkenswert, daß kein einziges Symptom der Föhnfühligkeit bekannt ist, das nicht ebensogut auch aus anderen Gründen und ohne Wettereinfluß entstehen kann; es gibt somit *keine spezifischen Symptome* für die Föhnkrankheit, und es dürfte aus diesem Grunde schwer fallen, differentialdiagnostische Kriterien für diesen Krankheitskomplex aufzustellen.

Aber nicht nur beim pathologischen Fall, sondern auch schon beim Gesunden treten gewisse Variationen der normalen physiologischen Funktionen als Effekt der Föhnvorgänge auf. Dabei ist bemerkenswert, daß — wie STÄMPFLI und REGLI im Berner Physiologischen Institut festgestellt haben — ein derartiges Ansprechen auf meteorotrope Einflüsse *objektiv* bei allen Menschen nachgewiesen werden kann, daß jedoch nur labile, eben die sogenannten «föhnfühligen» Menschen, diese Reaktion auch *subjektiv* empfinden.

Wer sich mit Untersuchungen der Wetterfühligkeit befaßt, empfindet es leicht als unbefriedigend, daß sich die Signifikanz der meteoropathologischen Untersuchungsergebnisse nur selten durch strenge statistische Kriterien nachweisen läßt. Doch darf hier darauf hingewiesen werden, daß dieser Mangel unvermeidlich und begründet ist. Die Symptome der Föhnkrankheit sind, wie wir eben gesehen haben, unspezifisch und können daher unabhängig vom Wetter auch durch andere Ursachen ausgelöst werden. Da zudem die Reaktionsbereitschaft auch bei föhnfühligen Menschen offenbar starken zeitlichen Schwankungen unterliegt, so muß notgedrungen die Korrelation zwischen den meteorotropen Ursachen und der biologischen Reaktion sehr lose sein.

Aus dem ganzen vielfältigen Bild, das die Föhnfühligkeitssymptome bieten, können wir erkennen, daß die Föhnwirkung zwar häufig an einem einzelnen Organ in Erscheinung tritt, daß jedoch ihr primärer Angriffspunkt viel tiefer, nämlich in einer *Reaktionsänderung des vegetativen Nervensystems* gelegen ist. Diese Auffassung ist besonders geeignet, eine Erklärung für die Tatsache zu geben, daß eine Föhnsituation sich bei verschiedenen disponierten Personen in ganz verschiedener Weise manifestiert.

Diese Anschauung, daß die Pathogenese der meteorotropen Effekte in einer Tonusänderung des zentralen Nervensystems beruht, bietet die Möglichkeit zu einer synthetischen Auffassung dieses Symptomenkomplexes. Einzig über den Rezeptor dieser Wirkung können wir noch gar nichts aussagen und wissen nichts über die Fragen, durch welches Empfangsorgan sie das Nervensystem erreichen und über welche Funktion sie es beeinflussen.

Damit verlassen wir die biologische Fragestellung und wenden uns der meteorologischen Erklärung der Föhnfühligkeit zu. Es sind in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Hypothesen entwickelt worden, um das meteorologische Element oder den atmosphärischen Vorgang zu finden,

dem die biologische Föhnwirkung zuzuschreiben ist. Sie sind alle nicht zu überzeugenden Resultaten gekommen, meines Erachtens vor allem, weil einige Grundtatsachen und Feinheiten dabei nicht genügende Beachtung gefunden haben. So wurde der Föhn stets als feststehender Begriff verwendet und weder den Unterschieden des räumlichen und zeitlichen Ablaufs noch den mikroklimatischen Gesichtspunkten Rechnung getragen. Zudem wurden manche Beobachtungstatsachen, die für den Föhnkenner wohl vertraut und gesichert sind, von den Theoretikern, die den Föhn vielfach nur aus der Literatur kennen, nicht genügend beachtet. Da jedoch gerade diese Grundtatsachen für die Brauchbarkeit einer Föhnfähigkeitshypothese von entscheidender Bedeutung sind, möchte ich sie zunächst kurz erörtern.

Da ist zuerst die eigentümliche Erscheinung der *Vorfähigkeit* gegenüber Föhn zu nennen. Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß in den Föhntälern die subjektiven Föhnbeschwerden am stärksten sind, bevor der Föhn im Tale durchbricht, während sie nach dem Föhndurchbruch nachlassen. Auf Grund unserer heutigen Vorstellungen über den Föhnablauf können wir nun sagen, daß die biologischen Föhneffekte dann am intensivsten sind, wenn oben der Höhenföhn bläst, unten dagegen die leichte Südströmung oder der passive Nordwind weht. Das Wesentliche ist dabei die Verschiedenheit der Luftströmung in den verschiedenen Schichten, an die die Existenz einer Diskontinuitätsfläche und Grenzeffekte irgendwelcher Art geknüpft sein können. Sobald jedoch der Föhn bis zum Boden durchgegriffen hat, ist die Grenzschicht hinweggeräumt, und *in der homogenen Föhnluft* lassen die Föhnbeschwerden nach.

Diese Feststellung, daß die Föhnkrankheit vor allem im Vorföhnstadium auftritt, findet man von verschiedenen Autoren angeführt, durchwegs jedoch im Sinne einer gefühlsmäßigen Erfahrungstatsache und ohne genaueres Beweismaterial. Es ist uns nun gelungen, auf Grund der klinischen Statistik von ERNST FRITZSCHE in Glarus den zahlenmäßigen Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung zu erbringen. Danach ist die Wahrscheinlichkeit von Befindensstörungen am größten im *Vorföhnstadium*, wo über einer Diskontinuitätsschicht eine starke Föhnströmung in der Höhe weht. Bezeichnen wir die normale Häufigkeit von Befindensstörungen, mit denen wir jederzeit, auch ohne Wettereinfluß, rechnen müssen, mit 100 %, so steigt dieser Wert bei Beginn der Föhnsituation zunächst auf 160 % und während der letzten Vorföhnphase mit passivem Nordwind am Boden bis gegen 200 %. Das Abklingen der Symptome nach dem Durchbruch des Föhns bis zum Talboden läßt sich an dem Rückgang dieser Häufigkeitsprozentzahl während des Föhns zunächst auf 140 %, später auf 110 % erkennen; nach Beendigung des Föhns fällt sie auf 100 %. Wir ersehen daraus, daß es gar nicht der Föhn selbst ist, der uns die stärksten meteorotropen Beschwerden verursacht, sondern die *Vorföhnphase*. Die bisherigen Mißerfolge der Föhnfähigkeitsforschung dürften sich zu einem guten Teil daraus erklären, daß die bisherigen Bearbeiter dieser Probleme fast stets nach den Eigenschaften der Föhnluft selbst gefragt haben, während

die zukünftige Forschung sich viel stärker mit den atmosphärischen Charakteristika des Vorföhnstadiums zu befassen haben wird.

Nun gibt es viele Orte im näheren und weiteren Alpenvorland, wo der Föhn nur selten bis zum Boden durchbricht, häufiger dagegen in der Höhe weht. Auch für solche Gegenden gilt somit die Tatsache einer Doppelschichtung von zwei verschiedenen Luftströmungen, die durch eine Grenzfläche getrennt sind. Im schweizerischen Mittelland, in Zürich, aber auch in Basel, wo man häufig unter Föhnbeschwerden leidet, ohne daß die üblichen meteorologischen Kriterien des Föhns am Boden zu beobachten sind, könnte auf diesem Wege eine Erklärung für den starken Meteorotropismus des Klimas gefunden werden. Bei solchen Situationen weht häufig in der Höhe eine kräftige Süd- oder Südwestströmung, gleichgültig, ob föhniger oder nichtföhniger Natur, während in der bodennahen Schicht eine träge, stagnierende oder wenig bewegte Luftmasse liegt. Für diese Fälle ist somit auch wieder eine Doppelschichtung mit einer Diskontinuität charakteristisch.

Da unser Organismus nicht etwas vorausspüren kann, was erst später eintritt, müssen wir zur Erklärung der geschilderten Erscheinungen annehmen, daß die dem Föhndurchbruch vorausgehende Luft bereits Modifikationen des atmosphärischen Milieus aufweist, die meteorotrop wirksam sind, oder aber daß von der Grenzschicht selbst Fernwirkungen ausgehen, auf die wir ansprechen. Auf jeden Fall ist es klar, daß wir bei Berücksichtigung dieser Vorfühligkeit nicht die Föhnluft selbst, sondern den atmosphärischen Zustand im Zeitpunkt des Maximums der biologischen Föhnsymptome, also im Vorföhnstadium, untersuchen müssen.

Ein weiteres Kriterium, das bei der Erklärung der Föhnfühligkeit unbedingt berücksichtigt werden muß, besteht in der Erfahrungstatsache, daß die biologischen Föhneffekte auch *im Hause*, sogar bei geschlossenen Türen und Fenstern, genau so stark zur Geltung kommen wie im Freien. Wäre dies nicht der Fall, so brauchten sich die Föhnfühligen bei Föhn einfach ins Haus zu begeben, sie könnten durch bloßes Schließen von Türen und Fenstern den Beschwerden ausweichen. Diese Tatsache der Auswirkung der Föhn- und Wetterfühligkeit im Hause ist von keiner Seite ernstlich bestritten worden; im Gegenteil wird von einzelnen Autoren sogar die Ansicht vertreten, daß die meteorotropen Symptome im Hause eher verstärkt auftreten, etwa in der Art einer Resonanzerscheinung.

Dieser Auswirkung des Föhns im Hause kommt für die Symptomatik und die Erklärung dieser Erscheinungen eine grundlegende Bedeutung zu. Zur Erklärung der Föhnfühligkeit können nämlich nur solche atmosphärische Vorgänge herangezogen werden, deren Verhalten sich im Hause ähnlich abspielt wie im Freien, wie etwa der Luftdruck oder gewisse luftelektrische Erscheinungen. Es erklärt sich daraus andererseits der Umstand, daß die früheren Bemühungen, die Föhnfühligkeit durch die Schwankungen einzelner der herkömmlichen Elemente erklären zu wollen, zu einem vollständigen Mißerfolg verurteilt sein muß-

ten; im Hause verhalten sich ja Elemente wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Strahlungsvorgänge ganz anders als im Freien, und ihre natürlichen Schwankungen werden durch die Einrichtungen unserer Behausungen weitgehend unterdrückt. Für die chemische Zusammensetzung und die Beimengungen der Luft wie etwa ihren Gehalt an Staub, Kondensationskernen und Elektrizitätsträgern, wobei neuerdings von gewisser Seite wieder das Ozon stark in den Vordergrund geschoben wurde, gelten ähnliche Überlegungen. Man sollte deshalb zur Prüfung atmosphärischer Einflüsse auf das Befinden, soweit es sich nicht um Elemente handelt, die sich vollkommen ungehindert ins Haus hinein fortpflanzen, nur meteorologisches Vergleichsmaterial verwenden, das unter den speziellen Lebensbedingungen der Versuchspersonen, somit ebenfalls im Hause, gewonnen worden ist.

Zum Abschluß möchte ich noch kurz diskutieren, wie sich die verschiedenen Hypothesen zur Erklärung der Föhnfähigkeit im Lichte der eben skizzierten prinzipiellen Kriterien präsentieren. Wenn auch die Forschung, wie ich Ihnen einleitend ausgeführt habe, den meteorologischen «Erreger» der Föhnfähigkeit noch nicht mit Namen nennen kann, so können wir heute doch einiges über seine charakteristischen Eigenschaften aussagen; vor allem aber können wir verschiedene ungeeignete Erklärungshypothesen ausscheiden und den Weg zur richtigen freilegen.

Die zahlreichen Hypothesen zur Meteoropathologie des Föhns lassen sich hinsichtlich der Angriffsweise des Föhns in die zwei Kategorien der Milieuwirkungen und der Fernwirkungen gruppieren. Bei den *Milieuwirkungen* wird der meteorotrope Effekt auf Änderungen des uns direkt umgebenden atmosphärischen Milieus zurückgeführt, etwa auf Schwankungen der chemischen Zusammensetzung der Luft oder der Beschaffenheit des Aerosols, also ihres Gehaltes an Staubteilchen, Kondensationskernen oder elektrischen Ionen. Während die Milieuwirkungen auf Vorgänge in unserer nächsten Umgebung beschränkt sind, gehen die *Fernwirkungen* auf Effekte zurück, die von einem in der Ferne gelegenen Ursprungsort ausgehen und sich in ihrer Auswirkung bis zu uns, sogar bis ins geschlossene Haus hinein fortpflanzen. Zu den Fernwirkungen zählen daher die elektrischen Potentialfelder zwischen Erde und Atmosphäre, eventuell auch elektrische Vorgänge solaren Ursprungs in der Ionosphäre. Daneben sind die vielfachen Schwankungen des Luftdrucks zu nennen, die im Luftmeer ständig beobachtet werden können. Alle diese Effekte, mit Ausnahme derjenigen, die von der Sonne in der Ionosphäre erzeugt werden, haben ihren Sitz oder Ausgangspunkt in den *Diskontinuitätsflächen* in der Atmosphäre.

Wenn wir uns schließlich noch für die physikalischen Vorgänge interessieren, die den einzelnen *Hypothesen* zur Erklärung der Föhnfähigkeit zu Grunde liegen, so lassen sich diese in drei Gruppen zusammenfassen, wobei sie teilweise Milieu-, teilweise Fernwirkungen darstellen.

Zu einer ersten Kategorie lassen sich die Anschauungen zusammennehmen, die die Föhnfähigkeit durch eine Änderung der Zusammensetzung und der Beimengungen der uns umgebenden Luft zu erklären versuchen. Wir haben bereits gesehen, daß derartige Milieuhypothesen auf zwei grundsätzliche Schwierigkeiten stoßen. Einerseits lassen sich mit Milieueffekten von dieser Art die Erscheinungen der Vorföhnfähigkeit und der Fernwirkung prinzipiell nicht erklären. Und wenn auch die landläufige Ansicht, daß durch das Schließen von Türen und Fenstern ein vollständiger Abschluß der Zimmer erzielt werden kann, durch die Erfahrungen der Wohnungshygiene widerlegt worden ist, so ist doch für alle Änderungen in der Zusammensetzung und den Beimengungen der Luft nur mit einem verzögerten und abgeschwächten Eindringen ins geschlossene Haus zu rechnen.

Den Erscheinungen der Fernfähigkeit und speziell der Fernwirkung von Diskontinuitätsflächen wird in viel besserem Maße Rechnung getragen durch eine zweite Art von Hypothesen, wonach die meteorotropen Effekte durch schnelle *Schwankungen des Luftdrucks* ausgelöst werden. Nachdem nachgewiesen worden war, daß in der Atmosphäre stets eine gewisse Unruhe des Luftdrucks herrscht, daß aber vor allem von Grenzflächen merkbare interne Druckwellen ausgehen, hat FICKER in Innsbruck 1911 als erster die Vermutung ausgesprochen, daß vielleicht gerade auf diese Wellen die Auslösung der Föhnfähigkeit zurückzuführen sei. Das Problem wurde dann lange Zeit nicht genauer verfolgt; STORM VAN LEEUWEN, der es anpackte, ist 1933 gestorben, bevor er es abschließend behandeln konnte.

Seit mehr als einem Jahrzehnt beschäftigen wir uns am Davoser Observatorium mit den verschiedenen Problemen, die durch die meteorologische und die meteorobiologische Bedeutung der schnellen Druckschwankungen aufgeworfen werden. Wir haben zu diesem Zweck während Jahren Luftdruckvariographen nach WILHELM SCHMIDT von sehr hoher Empfindlichkeit in Betrieb gehabt, nicht nur in Davos, sondern auch in Glarus, Zürich und Basel. Die Verarbeitung dieser Registrierungen hat ergeben, daß die internen Druckwellen der Atmosphäre sehr große Variationen zeigen können; dabei ist das Aussehen der Druckkurven in so hohem Maße charakteristisch für die Wettersituation, daß sich aus dem Kurvenverlauf weitgehende Schlüsse auf das meteorologische Geschehen ziehen lassen. Vor allem Diskontinuitätsflächen und Luftmassengrenzen in der Höhe lassen sich damit vorzüglich nachweisen, und es ist sehr wohl denkbar, daß solche Luftdruckvariographen in Zukunft auch der Analyse und der Prognose des Wetters dienstbar gemacht werden können.

An dieser Stelle interessiert uns aber die Bedeutung dieser Druckwellen für die Wetterfähigkeit. Da erscheint es nun wesentlich, daß diese Druckwellen sich in der Atmosphäre nach allen Richtungen und mit großer Geschwindigkeit fortpflanzen und sich ungestört auch im geschlossenen Zimmer auswirken. Ferner haben unsere Untersuchungen gezeigt, daß stets dann, wenn allgemein über subjektive Wetterbe-

schwerden geklagt wird, die Druckwellen vergrößert sind und ein charakteristisches Aussehen zeigen. Bei der Analyse des klinischen Beobachtungsmaterials aus Glarus, von dem schon die Rede war, hat sich sogar die überraschende Tatsache ergeben, daß eine engere Korrelation der Befindensstörungen zu den Druckwellen zu bestehen scheint als zu den äußerlich manifesten Wetterstörungen, daß somit, methodologisch betrachtet, die Trefferzahl bedeutend größer ist, wenn man die Befindensstörungen mit dem Aussehen der Variographenkurven in Beziehung setzt, als wenn man sie mit täglichen Wetteranalysen korreliert.

Man möchte deshalb versucht sein, in den schnellen Druckschwankungen wenn nicht eine Ursache, so doch ein wesentliches Kriterium für das Auftreten meteorotroper Effekte zu erblicken. Wie sollen nun aber Schwankungen des atmosphärischen Druckfeldes auf unseren Organismus und speziell auf das zentrale Nervensystem wirken? Wenn im Außenraum der Druck Variationen erfährt, so ändert sich auch der Druckunterschied zwischen außen und den Hohlräumen unseres Organismus, von denen hier wohl der Schädelraum besonderes Interesse beansprucht. Nun steht unser Ohr mit dem Schädel in direkter Verbindung und ist seinerseits auf Druckschwankungen sehr empfindlich. Es liegt daher nahe, eine Wirkung der atmosphärischen Druckschwankungen auf das Labyrinth und von diesem auf das vegetative Nervensystem anzunehmen.

Denken wir nun aber diese Vorstellung zu Ende, so gelangen wir zu neuen Schwierigkeiten. Mein Mitarbeiter PETER COURVOISIER hat geprüft, was für Druckschwankungen in der Atmosphäre überhaupt auftreten und wie sie von unserem Ohr aufgenommen werden. Dabei hat sich gezeigt, daß alle Druckwellen, die langsamer verlaufen als etwa eine Schwankung pro Minute, in unserem Ohr nicht ungestört zur Auswirkung gelangen können, sondern durch den spontanen Schluckvorgang in Minutenteilwellen zerlegt werden. Umgekehrt können wir auch nicht annehmen, daß Wellen von mehr als 16 Schwingungen pro Sekunde eine meteorotrope Wirkung haben können; sonst müßte mit den Wetterfähigkeitssymptomen auch eine akustische Empfindung im Ohr verbunden sein. Verbleibt somit nur noch der mittlere Frequenzbereich zwischen 16 Hz und 10^{-2} Hz; dieser Bereich umfaßt in der Natur die Windstöße, doch widerspricht es der Erfahrung, anzunehmen, daß die einzelnen Windstöße, wie sie gerade für Schönwetterwinde charakteristisch sind, Störungen unseres Befindens sollten hervorrufen können.

Ogleich die äußeren Bedingungen, unter denen schnelle Druckschwankungen in der Atmosphäre auftreten, weitgehend identisch erscheinen mit den Voraussetzungen für das Auftreten meteorobiologischer Effekte, so fehlt uns doch noch einerseits ein strikter Beweis für einen kausalen Zusammenhang und andererseits eine zwingende Vorstellung für den physiologischen Vorgang, der sich dabei abspielen soll. Die Hoffnung, die meteorotropen Vorgänge als eine Wirkung der schnellen Druckschwankungen erklären zu können, hat sich somit bisher noch nicht erfüllt.

Schließlich kommen wir noch zu einer dritten Gruppe von meteoro-

pathologischen Hypothesen, zu den *elektrischen Erscheinungen* in der Atmosphäre. Hier müssen wir verschiedene luftelektrische Elemente unterscheiden. Daß die *Luftionen*, also die Elektrizitätsträger, die entweder aus geladenen Luftmolekülkomplexen oder aus geladenen Suspensionspartikeln bestehen, bei der Berührung mit unserer Haut oder in unserer Lunge ihre Ladung abgeben und dadurch unseren Organismus beeinflussen können, dürfte nicht zweifelhaft sein, wenngleich diese Ladungsabgabe fein differenzierten Bedingungen unterliegt. Die Schwierigkeit der Annahme einer meteorotropen Wirkung liegt hier nicht auf dem biologischen, sondern viel mehr auf dem meteorologischen Gebiet. Unsere eingehenden Ionenuntersuchungen in Davos und in Glarus haben nämlich ergeben, daß die Schwankungen des Ionenhaushalts im normalen Tages- und Jahresgang viel größer sind als seine Veränderungen bei Frontpassagen oder beim Auftreten von Föhn, und doch ist ein derart starker Tages- oder Jahresgang unseres subjektiven Befindens, wie er sich daraus ergeben müßte, keineswegs bekannt. Im Gegenteil hängt der Ionenhaushalt und speziell der Quotient der positiven zu den negativen sowie der schweren zu den leichten Ionen in erster Linie von den zur Verfügung stehenden Suspensionen ab, so daß durch ein Heizungskamin oder durch den Rauch einer Zigarette der Ionenhaushalt viel gründlicher beeinflußt wird als durch Föhn oder andere Witterungserscheinungen. Schließlich ist die Ionenhypothese den Milieuwirkungen zuzuzählen, für die die Erklärung der Vor- und der Fernfühligkeit eo ipso auf große Schwierigkeiten stößt.

Diese letztgenannte Komplikation fällt weg, wenn wir zum zweiten luftelektrischen Element übergehen, zum *Potentialgefälle*, das auch bei ungestörtem Wetter zwischen Erde und Atmosphäre ständig herrscht. Es liegt nahe, anzunehmen, daß der Mensch in diesem Potentialfeld elektrischen Kräften unterliegt, da sein Kopf von Potentialflächen höheren Potentials umgeben ist als seine Füße. Doch gilt diese Überlegung nur im Freien; im Hause dagegen befindet sich der Mensch in einem Faradayschen Käfig, er ist geerdet und gegen das Potentialfeld abgeschirmt. Um ganz sicher zu gehen, haben wir diese Fragen experimentell geprüft und tatsächlich festgestellt, daß von den starken, langsamen Potentialfeldschwankungen, wie sie bei Wetterstörungen im Freien auftreten, im Hause nichts zu beobachten ist. Erinnern wir uns aber daran, daß die Wetterfühligkeit im Hause mindestens ebenso stark auftritt wie im Freien, so erkennen wir, daß wir sie mit der Hypothese der langsamen Potentialfeldschwankungen, wie es bisher vielfach versucht wurde, nicht erklären können, so gut diese andererseits geeignet wäre, die Fernfühligkeit gegenüber dem Höhenföhn wiederzugeben.

Die luftelektrische Hypothese der Meteoropathologie hat während mehrerer Jahrzehnte eine große Rolle gespielt. Unsere kritische Überprüfung zeigt nun aber, daß weder die Ionisation noch das Potentialgefälle, die beide von der klassischen luftelektrischen Forschung in den Vordergrund gestellt wurden, geeignet sind, alle Aspekte der Wetterfühligkeit zu erklären. Hier bietet uns nun die neuere Entwicklung der

Hochfrequenzphysik eine wesentliche Erweiterung des Blickfeldes, die uns möglicherweise einen Weg zur Erklärung der Wetterfühligkeit weist. Wohl werden die langsameren Potentialfeldschwankungen, wie sie die luftelektrische Forschung bisher untersucht hat, von unseren Gebäuden abgeschirmt und unwirksam gemacht, so daß sie im Innern der Häuser keine meteorotropen Wirkungen hervorzurufen vermögen. Nun macht aber PETER COURVOISIER¹ neuerdings darauf aufmerksam, daß diese Erfahrung nur für langsame Potentialfeldschwankungen gilt, während unsere normalen Häuser aus Holz und Stein für hochfrequente Feldänderungen von mindestens einer Million Wellen pro Sekunde durchlässig sind. Aus verschiedenen Untersuchungen, in der Schweiz vor allem von JEAN LUGEON, kann geschlossen werden, daß derartige hochfrequente elektromagnetische Oszillationen tatsächlich in der Atmosphäre auftreten und vorwiegend von Grenzschichten ihren Ausgang nehmen, teilweise sogar von der Sonne emittiert werden.

Wenn es nun der zukünftigen Forschung gelingt, einerseits das Auftreten und die Eigenschaften *hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen* in der Atmosphäre und ihre Beziehungen zu den meteorotropen Wettersituationen nachzuweisen und andererseits physiologische Wirkungen solcher Oszillationen auf unser vegetatives Nervensystem zu finden, so dürfte die Türe zu einer Erklärung der Wetterfühligkeit geöffnet sein, die voraussichtlich alle bisherigen Schwierigkeiten überwinden kann; denn auf Grund dieser Hypothese würden sich die Erscheinungen der Vor- und der Fernfühligkeit, der simultanen Wirksamkeit über große Distanzen sowie das Eindringen der meteorotropen Wirkung ins Haus zwanglos erklären. Auch die Erfahrungstatsache, daß starke Befindensstörungen gelegentlich mit solaren Eruptionen koinzidieren, würde von dieser Hypothese umfaßt werden. Damit wäre aber auch das Rezept gefunden, wie wir uns, wenigstens im Hause, vor Wetterbeschwerden schützen können; wir müßten die Häuser gegen die hochfrequenten Feldschwankungen abschirmen, und dies geschieht in einfacher Weise durch Einbau eines gut geerdeten Drahtnetzes unter dem Dach oder durch enge Eisenarmierung in Eisenbetonhäusern.

Kehren wir jedoch zum Schlusse von diesen Zukunftsproblemen auf den Boden des gesicherten Wissens zurück, so kommen wir zu der Erkenntnis, daß wir zwar verschiedene Arbeitshypothesen, jedoch noch keine überzeugende Theorie zur Erklärung der Föhnfühligkeit besitzen. Einzelne mögen vielleicht versucht sein, diese Feststellung mit Resignation und Enttäuschung entgegenzunehmen. Es scheint mir aber, daß gerade eine Klarstellung der Begriffe und Zusammenhänge, wie ich sie heute zu geben versucht habe, uns zu neuer Initiative aufrufen sollte. Jeder Fortschritt der Forschung legt den Weg zu neuen Problemen frei.

In diesem Optimismus, der nicht nur für die Föhnbiologie, sondern für jede Forschung seine Berechtigung hat, erkläre ich die 130. Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft für eröffnet.

¹ P. COURVOISIER, Die Schwankungen des elektrischen Feldes in der Atmosphäre und ihre Beziehungen zur Meteoropathologie. *Experientia* 7 (1951).