# Luftschadstoff- und Pollenmessungen : 20 Jahre Gesellschaft Liechtenstein-Werdenberg für Lufthygiene

Autor(en): **Gassner, Markus**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Werdenberger Jahrbuch : Beiträge zu Geschichte und Kultur der Gemeinden Wartau, Sevelen, Buchs, Grabs, Gams und Sennwald**

Band (Jahr): **18 (2005)**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-893450

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Luftschadstoff- und Pollenmessungen

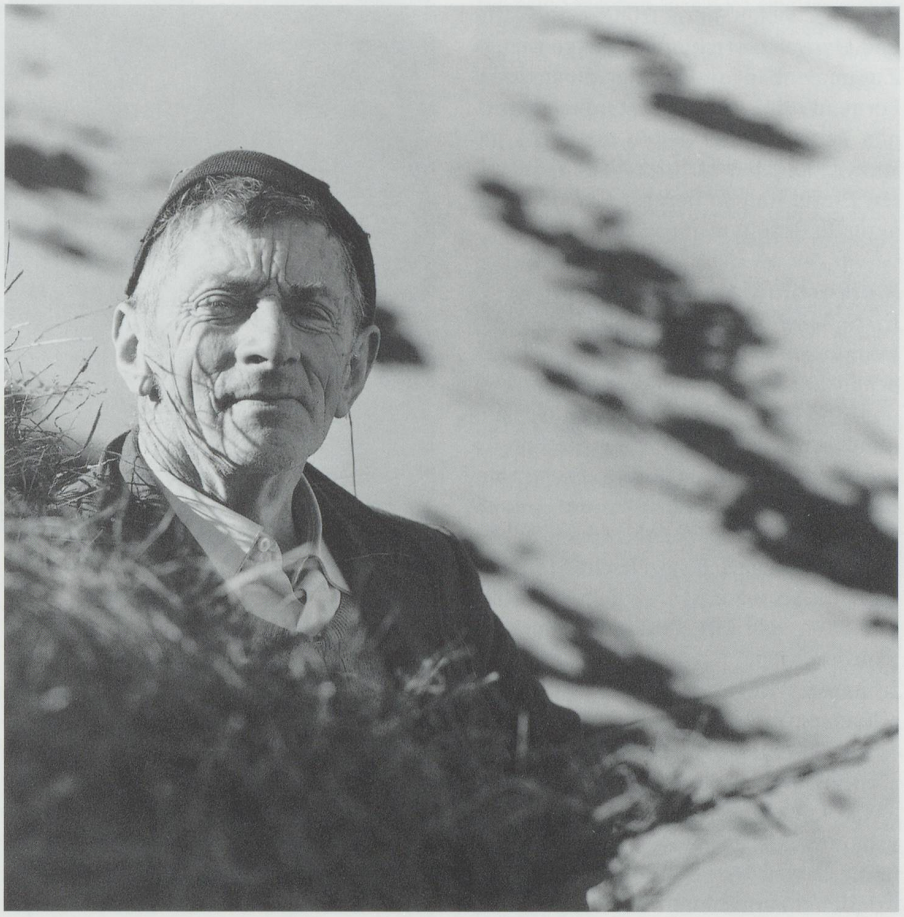
## 20 Jahre Gesellschaft Liechtenstein-Werdenberg für Lufthygiene

Markus Gassner, Grabs

Die Frage eines Schülers mit Heuschnupfen im Schularztdienst schien denkbar einfach: ob das Risiko der Herausbildung eines Bäckerasthmas, einer Berufskrankheit, bestehe. Die Wirkung war gross, entwickelte sich daraus mit der Zeit doch ein ganzes Netzwerk von umweltmedizinischen Beobachtungen und Forschungen. Schwerpunktmässig wurden dabei in Grabs die Beziehungen zwischen Allergien, Luft, Infektionskrankheiten und Lebensweise modellhaft untersucht. Eine umfangreiche Infrastruktur musste hierfür aufgebaut werden mit epidemiologischen Konzepten für die obligatorischen Untersuchungen der Schulkinder, mit standardisierten Fragebogen und Messungen, mit Hauttests, Blutentnahmen und Überprüfung der Lungenfunktion.

Was nützen aber Messungen, wenn keine Vergleichsdaten zu Umweltexpositionen verfügbar sind? – Also wurde im Lauf der Jahre ein Netzwerk von Umweltmessungen aufgebaut mit Vernetzungen beispielsweise zur Aerobiologie (Pollenmessungen), Meteorologie, Phänologie, Virologie, Bakteriologie, Parasitologie, Immunologie usw.

Für die Finanzierung der Pollenmessungen mittels der Pollenmessstelle Buchs, auf dem Dach des Neu-Technikums Buchs (NTB), wurde im November 1984 die Gesellschaft Liechtenstein-Werdenberg für Lufthygiene (GLWL) gegründet. Dies gibt Anlass zu einem Rückblick auf die Entstehung dieser umweltmedizinischen Forschungen im Werdenberg. Viele Fragen, insbesondere bezüglich der Gewöhnung der Bauernkinder an Gräserpollen, sind noch offen, werden nun aber auch über internationale Studien weiter untersucht. Inzwischen ist das 1983 in Grabs begonnene kleine Netzwerk immer grösser geworden, wurde mit anderen Studien verknüpft und wird nun schliesslich zu einem kleinen Mosaiksteinchen für das gesamte Verständnis des Lebens.

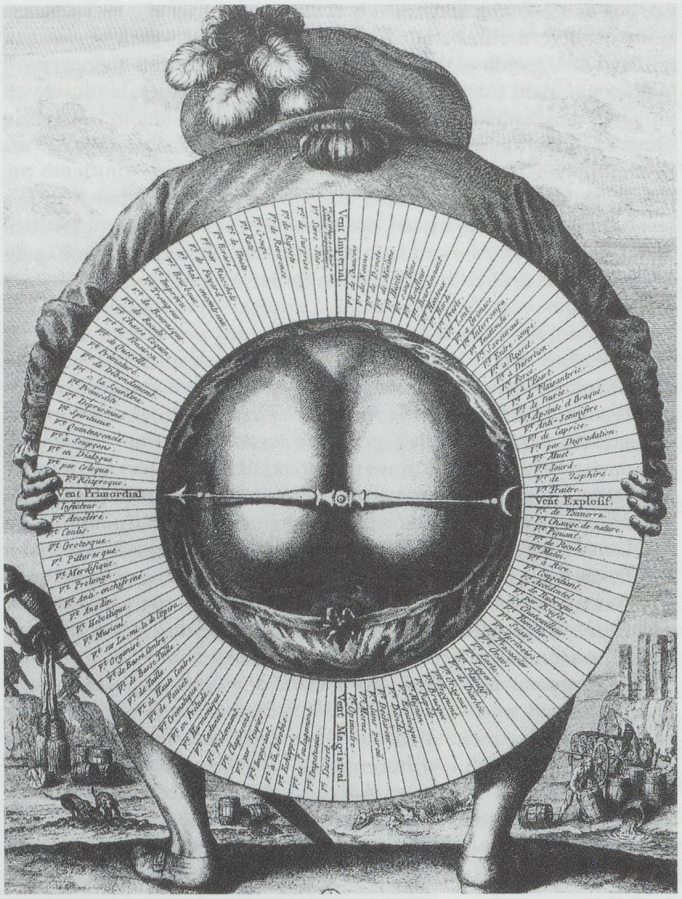


**Leben ist die Kunst der Anpassung. Dieser Bauer trägt für seine Kühe Heu in den Stall. Es liegt immer noch Schnee. Ohne die Fürsorge des Bauern könnten die Kühe nicht überleben, umgekehrt könnte auch er nicht ohne Kühe leben. Bild aus «Leute am Grabserberg».**

### Luft und Gesundheit

Leben und Gesundheit eines jeden Lebewesens sind einerseits abhängig von den Genen, die jedes bei der Entstehung seines Lebens erhalten hat. Andererseits aber wird die Gesundheit auch kontinuierlich geprägt durch die Umwelt. Die Wahrscheinlichkeit des Überlebens ist abhängig von der Fähigkeit, sich der Umwelt anzupassen. Dies gilt auch für den Menschen. Beim Menschen sind dabei nicht die Kräfte des Einzelnen massgebend, sondern vielmehr die Lebenserfahrungen, die Kulturen, die Lebensgemeinschaft in der Familie, im Staat und letztlich auch in unserer Völkergemeinschaft. Als Individuen ohne gesellschaftlichen Zusammenhalt könnten in unserer Region nur wenige Menschen – etwa als Sammler und Jäger – überleben. Das klassische Beispiel für das Überleben einer menschlichen Gemeinschaft durch Anpassung an die Umwelt ist die Agrikultur. Eine Kuh könnte ohne den Menschen nicht überleben; das Zusammenleben der Menschen mit den Kühen aber zeigt, dass

das in der Agrikultur gegenseitige Anpassen für Tier und Mensch ein optimales Leben innerhalb der von der Natur gesetzten Grenzen ermöglicht. Das Bild des Bergbauern vom Grabserberg zeigt diese Zusammenhänge. Der Bauer trägt in seinen Armen das im Sommer getrocknete Gras über verschneite Wiesen, um damit seine Kuh zu füttern. Ohne die Arbeit des Bauern könnte die Kuh hier nicht überleben – und ohne Kuh der Bauer nicht.[1]
Von den vielen Vernetzungen in Natur und Umwelt seien hier nur einige wenige Zusammenhänge aufgezeigt, die sich dem Formenkreis Luft und Gesundheit zuordnen lassen. Dabei sollen einerseits die Entwicklung der Messmethoden und deren Einführung in unserer Region sowie aktuelle Resultate aufgezeigt werden.




**Bis um 1840 konnte die Luft nur mit der Nase beurteilt werden. Christian Schönbein hat als erster einen Luftschadstoff, das Ozon, beschrieben, hergestellt und damit experimentiert. Zeitgenössische Darstellung «Neuer Kompass für sensible Nasen». Bild aus Corbin 1993.**

## Meteorologie und Phänologie

Erste Messungen meteorologischer Art machte in der Schweiz Johann Jakob Scheuchzer in den Jahren 1708 bis 1711 und 1718 bis 1719.[2] Doch erst im 19. Jahrhundert wurden regelmässige meteorologische Messungen angestellt. Diese wurden früh weltweit vernetzt; der Hauptgrund hierfür war die Sicherheit in der Schifffahrt. Die Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA) in Zürich besteht seit 1881, das Observatorium auf dem Säntis seit 1882.
In unserer Region gab und gibt es verschiedene meteorologische Wetterhäuschen, die für private oder öffentliche Zwecke Witterungsdaten erheben. Die SMA konzentrierte sich um 1990 auf vollautomatische Messstationen mit kontinuierlichen, im 10-Minuten-Takt elektronisch übermittelten Messungen. Für unsere Region wurden hierzu die Messstellen Säntis und Vaduz ausgewählt. Die Messresultate dieser Stationen sind für die Öffentlichkeit leider nicht jederzeit aktuell oder retrospektiv abrufbar. Im Unterschied dazu stehen in Grabs zumindest die Temperaturmessungen über das Netzwerk «Ostluft» in stündlichen Abständen – auch für die vergangenen Jahre – jedermann problemlos zur Verfügung.[3] Allein schon diese Temperaturdaten ergeben gute Hinweise, wenn jemand wissen möchte, wann im letzten oder im laufenden Jahr beispielsweise ein Kälteeinbruch stattgefunden hat.
Meteorologische Daten sind wichtig für die Landwirtschaft. Der Witterungsverlauf ist eine wesentliche Bedingung für das Wachstum und die Fruchtbarkeit der Pflanzen. Jede Pflanze reagiert gemäss ihrer spezifischen Eigenart darauf. Die Wissenschaft, die sich mit den Witterungseinflüssen auf die Pflanzen befasst, nennt man Phänologie. Diesbezügliche Beobachtungen haben in der Schweiz eine lange Tradition. Berühmt ist die gesetzliche Verpflichtung des Stadtrates von Genf, den Beginn der Kastanienblüte jedes Jahr offiziell festzustellen. Ein schweizerisches, auch international vernetztes phänologisches Messstellennetz hat Bernhard Primault, Biometeorologe der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt Zürich, seit 1951 kontinuierlich aufgebaut.[4] Lange Zeit bestand eine Meldestelle in Grabs; sie befindet sich heute an der landwirtschaftlichen Schule Rheinhof in Salez. Seit 1986 besteht zudem ein phänologisches Sofortmeldeprogramm (Claudio Defila, SMA, Zürich), das es erlaubt, Daten aktuell zu erfassen und zu publizieren.[5] Diese Erhebungen sind nicht nur wichtig für die Frostwarnung, sie dienen auch dem Erfassen von Klimaauswirkungen auf die Pflanzen. Die Pollenmessungen (siehe unten) ergeben hierzu zusätzliche kontinuierliche Informationen.

## Christian Schönbein und das Ozon

Bis ins 19. Jahrhundert war die Geruchswahrnehmung die einzige Möglichkeit, die Qualität der Luft zu beurteilen.[6] Weil riechbar, war Ozon dann auch die erste chemische Substanz, die vom deutschen Chemiker Christian Friedrich Schönbein 1839 entdeckt und beschrieben wurde. Als Chemieprofessor in Basel beschäftigte er sich unter anderem mit der Elektrolyse von Wasser. Ihm fiel auf, dass die Sauerstoffkomponente der Substanz einen merkwürdigen Geruch aufwies, den er ebenfalls bei heftigen Gewittern feststellen konnte. Er benannte diese Substanz Ozon (von griech. *ozien* 'riechen') und experimentierte in der Folge recht intensiv damit.[7] Da er sich auch mit Farbstoffen befasste, erfand er zum Nachweis von Ozon in der Luft die sogenannten Jod-Kali-Kleisterpapierchen,[8] die im vorletzten Jahrhundert für Messungen von Ozon eingesetzt wurden. Seine Experimente mit Ozoninhalationen ergaben,

dass dieses Gas Reizungen der Atemwege verursacht und somit als Heilmittel nicht empfehlenswert sein konnte.[9]

Mit dem um 1970 verstärkt aufkommenden Umweltbewusstsein begann auch das Interesse an der Luftqualiät zu wachsen. Ozon spielte dabei eine wesentliche Rolle, weil experimentell festgestellt werden konnte, dass die Leistungsfähigkeit speziell auch bei Sportlern unter Ozon abnahm. Ozonkonzentrationen in der Luft oberhalb der aktuell gültigen Grenzwerte können durchaus Schädigungen der Lungen und Atemwege verursachen und die Sauerstoffaufnahme beeinträchtigen. Sehr schwierig nachzuweisen ist, wieweit wiederholte erhöhte Ozonkonzentrationen chronische Lungenschädigungen verursachen. Vielleicht ist die Übersterblichkeit der Bauern und Bauarbeiter, die speziell bei hohen Ozonkonzentrationen in der Aussenluft strenge körperliche Arbeit verrichten und deshalb mehr Ozon einatmen, ein Hinweis auf ein berufsbedingtes gesundheitliches Risiko. Neben Ozon ist in diesen Berufsgruppen aber auch die Staubinhalation ein wichtiger Risikofaktor.[10]

Ozon entsteht aus Primärschadstoffen wie Stickoxyd. Durch die Einführung des Katalysators beim Auto sind die Stickoxyd-Emissionen zurückgegangen. Die Ozonimmissionen aber sind von vielen anderen, auch natürlichen Umweltfaktoren wie Luftverfrachtungen, Sonne, Staub usw. abhängig. Dadurch entsteht der typische Tagesgang der Ozonkonzentrationen mit Spitzenwerten gegen Abend.

Kontinuierlich gemessen wurde Ozon in unserer Region zunächst im Fürstentum Liechtenstein. Die Vergleiche mit stündlich ausgewerteten Pollenmessungen zeigten, dass vor allem die Graspollenkonzentrationen während hoher Ozonkonzentrationen ebenfalls erhöht waren.[11] In jüngster Zeit sind die an der Messstelle Grabs ermittelten Ozonwerte über www.ostluft.ch im Internet jederzeit abrufbar und lassen sich bis zum 2. September 2002 zurückverfolgen. Auffällig sind hier die im Vergleich zu den andern Messstellen hohen Ozonbelastungen: In Grabs werden häufig früh die höchsten Spitzenwerte der Ostschweiz festgestellt, und Stickstoffdioxid, die Leitsubstanz für Primärschadstoffe, zeigt häufig merkwürdige Spitzenkonzentrationen am Morgen, die nur schwer interpretierbar sind.

Während in den USA zwar festgestellt wurde, dass bei Sportlern, die dem Ozon vermehrt ausgesetzt sind, gehäuft Allergien auftreten, deuten die Untersuchungen bei Grabser Bauernkinder darauf hin, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Ozonbelastung und Allergieentstehung unwahrscheinlich ist: Die Bauernkinder leiden nur selten an Heuschnupfen und allergischen Sensibilisierungen, obwohl sie im Vergleich zu andern Kindern doch vermehrt – zum Beispiel beim Heuen – ozonexponiert sind.[12]

## Louis Pasteur, Begründer der Mikrobiologie

Der französische Wissenschaftler Louis Pasteur (1822–1895) beschäftigte sich intensiv mit der Gärung und der Fäulnis. Mit einem Mikroskop konnte er Bakterien und Hefepilze nachweisen, und es gelang ihm, Nährböden herzustellen, die das Wachstum bestimmter Bakterien und Pilzkulturen ermöglichten. So konnte er vorgängige Untersuchungen bestätigen, dass gekochte Nahrungsmittel in luftdicht verschlossenen Behältern nicht faulen und verderben und somit haltbar sind. Diese Technik des Haltbarmachens, das Pasteurisieren, wurde dann auch nach ihm benannt.[13]

Für die Untersuchung von Mikroorganismen in der Luft benützte Pasteur eine weitere Erfindung von Schönbein, die Schiessbaumwolle. Es handelte sich dabei um nitrifizierte Baumwolle, die ein ordentlich wirksames Schiesspulver ergab. Für diesen Zweck setzte sich die Erfindung zwar nicht durch, hingegen liess sich die so behandelte Baumwolle in Alkohol-

1 Alle Bewohner des Grabserbergs wurden 1987 in ihrem Umfeld fotografisch festgehalten. Vgl. VON ARB, GIORGIO/STRICKER, HANS, *Leute am Grabserberg.* Buchs 1987.

2 Die ersten Messungen des Zürcher Oberstadtarztes Johann Jakob Scheuchzer (1672 bis 1735) blieben vorerst fragmentarisch (Klemm 1974, S. 451).

3 Laufende Informationen über stündlich aktuelle Erhebungen von Ozon, Stickoxid und Temperatur: www.ostluft.ch

4 Das phänologische Messstellennetz der Schweiz wurde von Bernard Primault an der Schweiz. Meteorologischen Anstalt Zürich aufgebaut. Er berichtete 1994 in Buchs ausführlich darüber (Primault 1955).

5 Claudio Defila, Nachfolger von Primault, schuf das heutige elektronisch vernetzte phänologische Beobachtungsnetz und ergänzte dieses mit einem aktuellen Phänomeldenetz (Defila 1988).

6 Corbin 1993 beschreibt in aller Deutlichkeit die für uns heute nicht mehr vorstellbaren Gerüche der Stadt Paris. Kanalisationen waren weitgehend unbekannt, verendete Tiere wurden auf den Schindanger gekarrt und dort weiter verarbeitet. – Das Thema wird auch aufgegriffen in Patrick Süskinds Roman «Das Parfum».

7 Schönbein zitiert in seiner umfangreichen Abhandlung über Ozon vorgängige Veröffentlichungen. Er betont eingangs, «dass während der electrolytischen Zersetzung des Wassers [...] neben dem Sauerstoff auch noch eine eigenthümlich riechende Substanz sich entwickelt, welcher ich, ihres starken Geruchs halber den Namen 'Ozon' beilegte». Schönbein 1844, S. 1.

8 Schönbein 1844, S. 114.

9 Er befürchtete sogar, dass – ähnlich dem Chlor – bei elektrischen Entladungen (Blitzen) bei lang dauernden Gewittern die «Menschen catarrhalisch ergriffen werden, und Krankheiten entstehen, die mit dem Catarrh in eine Kategorie fallen; wie dies, so glaube ich, z. B. von den Masern angenommen wird». Schönbein 1844, S. 150. Auch befürchtete er schädigende Auswirkungen auf Pflanzen, speziell auf Obstbäume (S. 152): «So gut Ozon einen Catarrh zu verursachen mag, so gut kann es auch eine zarte Blüthe desorganisiren.» Heute ist gut bekannt, dass erhöhte Ozonkonzentrationen das Wachstum von Kulturpflanzen hemmen.

10 Die Bauern sterben in der Schweiz häufiger an chronischer Bronchitis und ähnlichen Lungenkrankheiten, aber seltener an Lungenkrebs. Die Bauern rauchen gemäss vieler statistischer Erhebungen nicht häufiger und insbesondere nicht intensiver als andere Arbeiter. Für die Übersterblichkeit dürften das Einatmen von beträchtlichen Mengen organischen Staubs, aber auch immunologische Prägungen eine grössere Rolle spielen. Gassner 1995.

11 Die Gräserpollen halten sich gemäss diesen präliminären Daten recht gut an meteorologische Gegebenheiten (relative Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Schwachwindlagen); die Ozonentstehung aus den Primärschadstoffen verläuft hierzu gleichzeitig. Andere Pflanzen, z. B. Bäume, setzen ihre Pollen unabhängig von diesen meteorologischen Gegebenheiten frei. Gassner 1987.

12 Für die geringe Allergieanfälligkeit der Bauernkinder dürften immunologische Prägungsmechanismen infolge biologischer Expositionen massgebend sein. Vgl. Gassner 2000.

13 Pasteur befasste sich in den Jahren 1860–64 sehr intensiv mit der Entstehung des Lebens (9 publizierte Vorlesungen zu diesem Thema). Er filtrierte die Luft, mikroskopierte die unterschiedlichen Keime in der Luft, infizierte dann gekochte (sterilisierte) Nährlösungen, konserviere Luftsedimente usw. Er verwies auch immer wieder auf die Voruntersuchungen von Appert und anderen. Er belegte die Übertragung von Bakterien und Pilzsporen über die Luft. Hierzu konstruierte er eine Vielzahl von Apparaturen. Noch später wurde in Wien ein undefinierbares «Miasma» als krankmachender Bestandteil der Luft angenommen, speziell für das Kindbettfieber, das im Winter in allen Gebärkliniken weit häufiger war, als im Sommer. *Zeitschrift der k.k. Gesellschaft der Ärzte in Wien*, 1864, Nr. 20, S. 165–208.

**In unserer Region sind die Luftschadstoffmessungen der Messstation Grabs jederzeit aktualisiert abrufbar und problemlos mit Daten bis ins Jahr 2002 vergleichbar. Bild: Paul Schawalder, Werdenberg.**

Äther auflösen und zu einem Luftfilter verarbeiten, der sich für mikroskopische Analysen von Luftbestandteilen gut eignete. In den Abbildungen von Pasteur sind diese Luftfilter-Untersuchungen immer wieder dargestellt. Mit ganz einfachen Experimenten konnte er so nachweisen, dass Gärung oder Fäulnis nur entsteht, wenn filtrierbare Luftbestandteile einer «pasteurisierten» Nährlösung zugegeben werden. Diese Erkenntnisse erlaubten, zwischen den Übertragungsmöglichkeiten von Infektionskrankheiten entweder über die Ernährung oder über die Luft einigermassen zu unterscheiden. Früher starben viele Menschen, besonders Kinder, häufig an Infektionskrankheiten, die durch Keime in Nahrungsmitteln oder im Trinkwasser ausgelöst werden, zum Beispiel Typhus, Cholera, Bang oder Q-Fieber. Lebensmittelverordnungen und Tierseuchengesetze waren wohl hilfreich bei der Bekämpfung solcher Krankheiten, wichtiger war aber die Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser, was erst durch den Aufbau von Wasserversorgungsnetzen sichergestellt werden konnte. Noch im Jahr 1873 verfügte nicht einmal das Kantonsspital St.Gallen über fliessendes Wasser – es durfte mehrere Tansen Trinkwasser beim benachbarten Brunnen gratis beziehen![14]

Nach der Lösung des Wasserproblems wurden jene Krankheiten zunehmend bedeutungsvoller, die über die Luft übertragen werden, zum Beispiel Tuberkulose, Grippe und Masern. Allerdings sind wir auch heute noch weit davon entfernt, Infektionskeime in der Aussenluft direkt nachweisen zu können.

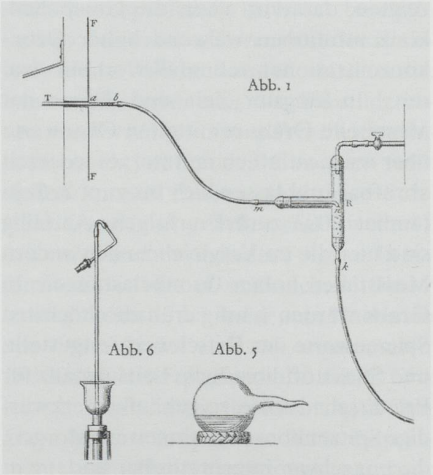
## Charles Blackley und der Heuschnupfen

Dass manche Menschen, vorwiegend Aristokraten und Kardinäle, im Sommer regelmässig an einem heftigen Schnupfen litten, war seit Jahrhunderten bekannt. Manche glaubten, die Rosen seien daran schuld (Rosenfieber) und verbannten diese aus der Umgebung ihrer Paläste.
Es ist das Verdienst von Charles Blackley (1820–1900), einem Arzt in London, selbst an Heuschnupfen leidend, die bis heute gültigen, wichtigsten Zusammenhänge beobachtet und 1873 beschrieben zu haben.[15] Er experimentierte in der eigenen Nase mit Pollen, speziell der Gräser, und wies diese Pollen in der Luft nach. Er verwendete hierzu eine mit Vaselin beschichtete Glasscheibe; die Pollen blieben daran haften und konnten so unter dem Mikroskop gezählt und bestimmt werden. 1866 publizierte er den ersten Pollenkalender für London. An seiner Methode hat sich bis heute nur wenig geändert. Blackley konstruierte auch Drachen, um die Pollen in oberen Luftschichten zu untersuchen.[16] Er liess ebenfalls Pollen auf Schiffsreisen analysieren. Gleichzeitig benützte er dabei die Jod-Kali-Kleister-Papiere von Schönbein. Er konnte so auf offener See Ozon nachweisen, aber keine Pollen. Dementsprechend stellte er fest, dass sonst von Heuschnupfen geplagte Schiffspassagiere beschwerdenfrei waren. Auch ihm fiel bereits auf, dass Bauernkinder seltener an Heuschnupfen leiden.[17]

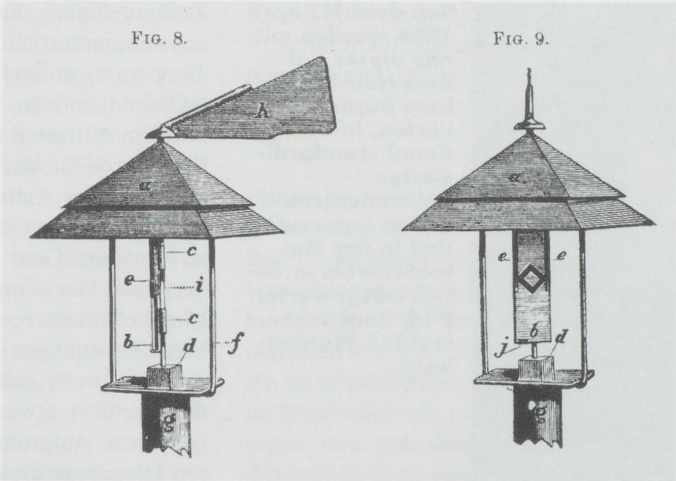
## Messungen in der Schweiz und im Werdenberg

In der Schweiz wurden kontinuierliche Pollenmessungen 1969 von Ruth Leuschner in Basel eingeführt.[18] Sie war auch die treibende Kraft für den Aufbau eines schweizerischen Pollenmessstellennetzes. 1982 wurde die schweizerische Arbeitsgruppe für Aerobiologie gegründet.
Im Zusammenhang mit den epidemiologischen Untersuchungen bei den Schulkindern von Grabs war es wünschenswert, in dieser Region auch eine Pollenmessstelle zu installieren. Hierzu fehlten aber die finanziellen Mittel. Trotzdem konnten in der Region verschiedene Firmen als Sponsoren gewonnen werden, die

**Louis Pasteur benutzte Luftfilter für den Nachweis, dass Gärung und Fäulnis durch Keime in der Luft entstehen. Heute werden durch die Luft übertragene Krankheitserreger immer wichtiger. Ein Beispiel sind die Grippeviren, die seit 1985 bei Patienten in Grabs laufend untersucht werden. Illustrationen von Pasteur aus seinem «Bericht über die organisierten Körperchen, die in der Atmosphäre existieren».**



**Charles Blackley konstruierte erstmals eine Pollenfalle und erstellte 1866 den ersten Pollenkalender für London. Illustration aus Blackley 1873.**




es ermöglichten, in England für 8000 Franken eine neue, standardisierte Pollenfalle zu erwerben und auf dem Dach des NTB in Buchs zu installieren.

Unklar blieb, wie die personalintensive Auswertung der Pollenfangstreifen durch hierzu notwendige Spezialisten finanziert werden könnte. Da bewusst eine Langzeitbeobachtung angestrebt werden musste, war die Finanzierung über die Industrie nicht der optimale Weg. Deshalb wurde am 22. November 1984 die Gesellschaft Liechtenstein-Werdenberg für Lufthygiene (GLWL) gegründet. Dieser Verein ist bis heute ein gewisses Unikum geblieben. Sämtliche Gemeinden des Fürstentums Liechtenstein und des Bezirks Werdenberg zeichneten neben verschiedenen Industrieunternehmungen als Mitglieder, ebenfalls einige wenige lufthygienisch interessierte Privatpersonen, vor allem Ärzte aus der Region.

Mit der Initiative zur Vereinsgründung konnte auch erreicht werden, dass der Kanton St.Gallen und das Fürstentum Liechtenstein subsidiär die Auswertungskosten der Pollenmessstelle übernahmen. Die GLWL konzentrierte sich in der Folge auf die Information der Bevölkerung über lufthygienische Probleme in deren vernetzten Zusammenhängen (Meteorologie, Phänologie, Flechtenbestimmungen, Luftschadstoffmessungen, Einflüsse auf das Pflanzenwachstum, Lungenerkrankungen speziell in der Landwirtschaft, Hausstaubmilben usw.).

Einen ganz besonderen Beitrag leistete die Mittelschule Sargans in Form einer arbeitsintensiven Klassenarbeit. In deren Rahmen wurden im Werdenberg Flechtenuntersuchungen durchgeführt, aber auch Experimente mit Ozon auf Weissklee. Ausgelöst wurden diese Arbeiten durch einen von der GLWL an den Schulen der Region ausgeschriebenen Wettbewerb. Weitere Motivationsbemühungen zu ähnlichen Untersuchungen sind später dann leider ergebnislos geblieben.

Die Standortwahl für die Pollenmessstelle fiel auf Buchs beziehungsweise aufs NTB wegen der idealen Lage mitten im Rheintal und aufgrund logistischer Überlegungen. Dabei ging es nicht nur um den Stromanschluss und um die Wartung durch technisch versiertes Personal, sondern – Internet war vor 15 Jahren noch kaum bekannt – um den internationalen Datenaustausch: Durch Vermittlung des NTB konnten die schweizerischen Pollenmessungen elektronisch mit dem Europäischen Polleninformationsdienst in Wien ausgetauscht werden.

Während die Finanzierungsfrage bezüglich Pollenmessstelle Buchs also gelöst werden konnte, ergaben sich Probleme bei der Finanzierung der übrigen Schweizer Pollenmessstellen. Bundesweit war für Pollenallergien und Pollenemissionen juristisch niemand zuständig. Umgekehrt war es nicht möglich, die vorwiegend den Patienten zugute kommende Dienstleistung kantonal zu regeln, weil nicht alle Kantone über eine Messstelle verfügten und nicht bereit waren, an andere Kantone zu bezahlen. Die Lösung fand man mit dem Konzept «Napol», dem nationalen Pollen-Messstellennetz der Schweiz, das der schweizerischen meteorologischen Anstalt Zürich angegliedert wurde. Somit wurde eine Finanzierung über den Bund möglich. Dieses Konzept hat sich bewährt.

## Der Nachweis von Keimen

Die Erfahrungen der epidemiologischen Erhebungen von Infektionskrankheiten über ein obligatorisches Meldesystem im Verlauf des letzten Jahrhunderts haben gezeigt, dass ein an die Ärzteschaft gekoppeltes Verfahren in der Praxis schlechte Daten liefert. Es gab Ärzte und Kliniken, die zuverlässig meldeten, andere aber nie! Bei Infektionskrankheiten spielen auch Unsicherheiten eine Rolle. Eine sichere Diagnose hinsichtlich des Erregers schon bei der ersten Arztkonsultation ist nur sehr selten möglich. Eine Tuberkulose zum Beispiel lässt sich allein aufgrund eines Röntgenbildes nur vermuten. Entscheidend ist hier der Erregernachweis beim Patienten. Tuberkulosebakterien wachsen sehr langsam. Noch vor wenigen Jahrzehnten war ein Resultat deshalb erst nach etwa zwei Monaten möglich. Der Patient war inzwischen meist weitergewiesen, hielt sich in einer Klinik auf oder war «untergetaucht». Manchmal wurden auch noch Tierversuche eingesetzt, etwa bei Verdacht auf Milzbrand. Bei Viren war der Erregernachweis oft nicht oder nur mit sehr aufwendigen Methoden möglich. Manche liessen sich auf befruchteten Hühnereiern

14 *Erster Inspectionsbericht über den Kantonsspital St.Gallen umfassend die Zeit vom 1. Mai bis 31. Dezember 1873.* St.Gallen 1874.

15 Blackley publizierte 1873 ein bis heute gültiges Standardwerk über den Heuschnupfen. Sein Werk zeichnet sich aus durch die gleichzeitigen Mituntersuchungen vieler anderer Parameter, z.B. Ozon, aber auch anderer chemischer Substanzen. Ebenso experimentierte er mit unterschiedlichen Pollenarten, untersuchte den Einfluss von Licht und Hitze und machte als Arzt (bei ihm selbst) auch klinische und experimentelle Beobachtungen. Blackley 1873.

16 «Atmospheric Experiments», Blackley 1873, S. 115–153.

17 Blackley 1873, S. 154–162: Er weist auf eine auffallende Zunahme von Heuschnupfenerkrankungen: «On the greater prevalence of hayfever and on the increase of its predisposing and exciting causes.»

18 Leuschner 1974. Sie benutzte als erste in der Schweiz die von Burkard (London) konstruierte sogenannte volumetrische Pollenfalle. Diese Pollenfalle hat sich weltweit als Standardinstrument für Pollenbestimmungen durchgesetzt. Dabei werden vergleichbar einem standardisierten Staubsauger kontinuierlich 10 Liter Luft pro Minute angesaugt. Durch einen kleinen Schlitz prallt die Luft auf einen sich langsam drehenden Klebestreifen. Dieser wird wöchentlich ausgewechselt und mikroskopisch analysiert. Da sich die Pollen über Jahre kaum verändern, entsteht so gleichzeitig auch ein Luftpartikelarchiv.

**Seit dem 11. April 1984 werden mittels dieser auf dem Neu-Technikum Buchs installierten, international standardisierten Pollenmessstelle Pollen untersucht und in der MeteoSchweiz in Zürich ausgewertet. Bild: Paul Schawalder, Werdenberg.**

züchten, später in Zellkulturen. Heute ermöglichen immunologische und gentechnologische Methoden ein schnelles Resultat, und man braucht im Labor für die Diagnostik keine Mäuse oder Meerschweinchen mehr.

Das Untersuchen von krankmachenden Infektionskeimen direkt in der Luft hat sich bisher nicht bewährt. Je nach Fragestellung kann man allenfalls in Räumen (zum Beispiel in Operationssälen) bestimmte Keime, die sich kultivieren lassen, mit aufwendigen Methoden direkt in der Luft untersuchen. Auch Grippe- und Sars-Viren lassen sich nicht einfach mit Luftfiltern nach den Methoden von Pasteur oder anderweitig nachweisen. Hermann Sahli hatte bereits 1919 die Fraglichkeit des Nutzens von schon damals verwendeten Schutzmasken bestätigt.[19] Psychologisch sind diese aber äusserst eindrücklich und wirken so auch epidemiologisch.

## Sentinella

1984 entstand unter der Leitung des Landarztes Hugo Flückiger an der Universität Bern in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit ein neues Meldesystem: Sentinella (abgeleitet von *sentinelle* 'Wachposten'). Seit Beginn steht ein solcher «Wachposten» auch in Grabs.[20] Man wollte mehr wissen über Krankheiten, die in einer Arztpraxis behandelt werden. Die beteiligten Ärzte sollen möglichst alle Patienten mit einzelnen bestimmten Krankheiten exakt erfassen. Dabei werden auch Hintergründe erfragt und – ohne Belastung der Krankenkasse und des Patienten – aufwendige Laboruntersuchungen offeriert. So wurden in der Pilotphase der Influenzaverdacht (Grippe), Masern und Heuschnupfen untersucht.[21]

Grippe- und Masernerkrankungen werden seither laufend routinemässig erfasst. Andere Krankheiten wie Mumps, Röteln, Keuchhusten, aber auch nicht infektiöse Befunde wie Asthmaanfälle, Depressionen, Bissverletzungen, Unfälle im Haushalt, Rückenschmerzen, Mittelohrentzündungen, Selbstmordversuche, Husten usw. wurden im Rahmen eines Jahresprogramms oder über mehrere Jahre mituntersucht.

1986 wurde eine Hustenstudie im Sentinella-System integriert. Einige von der Epidemiologie begeisterte und an Umweltproblemen interessierte Praktiker fragten während Wochen systematisch alle Patienten, ob sie am Vortag gehustet hätten, und meldeten dies an Sentinella. An acht Orten wurden 1986 in den Wochen vier bis zwölf mittels Passivsampler Luftschadstoffmessungen ($NO_2$ und $SO_2$) durchgeführt und an der ETH Zürich ausgewertet. In Grabs wollten wir unter anderem zusätzlich noch wissen, ob der Schwimmunterricht bei Schulkindern zu häufigerem Husten führt (Erkältung, Chlor). Die Studie ergab keinen Zusammenhang zwischen Husten und Schwimmunterricht, auch nicht mit tiefen Temperaturen und höheren $SO_2$- und $NO_2$-Immissionen, hingegen sehr wohl mit dem Auftreten von Influenza-Viren!

1984 wurde mit der Sentinella-Erhebung ebenfalls der kulturelle Nachweis von Grippeviren über das nationale Influenza-Zentrum Genf eingeführt. Speziell bezüglich der Grippe hat sich dieses Messstellennetz bewährt.[22]

Diese Erhebungen werden in unserer Region in Grabs seit 1984 kontinuierlich durchgeführt, etwas später kam Bad Ragaz hinzu. Aufgrund der virologisch klaren Diagnosen ergibt sich jedes Jahr ein Bild davon, welche Grippeviren wann auftreten. Auch diese Informationen sind öffentlich laufend zugänglich und international vernetzt.

Ähnliches gilt auch für Masern- und Mumpsviren.[23] Hier wird zunehmend wichtiger, diese Viren anhand genetischer Unterscheidungsmerkmale genau zu kennen. So können Zusammenhänge verschiedener Epidemien weltweit erkannt werden. Andererseits ist dies auch wichtig bei der Beurteilung von Impfversagern.

## Schüleruntersuchungen

Der eigentliche Auslöser all dieser umweltmedizinischen Untersuchungen in Grabs war – wie eingangs erwähnt – der Fall eines Schülers, der sich nach dem Risiko bezüglich eines Bäckerasthmas erkundigte. Der Schüler litt an Heuschnupfen und hatte beträchtliche weitere Sensibilisierungen – aber bereits auch einen Lehrvertrag! Ich empfahl diesem Schüler, eine andere Lehre zu machen. Die Eltern fragten, wie dies begründbar sei. Die damaligen Rückfragen bei Universitätskliniken, Suva und anderswo ergaben immer die gleiche Antwort: Das Risiko sei sicher erhöht, aber man wisse nicht um wieviel. Für eine genauere Aussage seien epidemiologische Untersuchungen unabdingbar.

Deshalb wurde dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ein Forschungsprojekt eingereicht, das auch akzeptiert wurde.[24] Die Untersuchungen wurden 1983 begonnen. Der Nationalfonds finanziert aber keine Langzeitprojekte, sondern lediglich auf drei bis maximal sechs Jahre begrenzte Studien. Die ursprüngliche Fragestellung wurde deshalb um aktu-

elle umweltmedizinische Fragen ergänzt. 1991 wurden die Untersuchungen von Grabs ins Projekt Scarpol integriert (Swiss Surveillance Program of Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with respect to Air Pollution and Climate).[25] Im Unterschied zu drei wiederholten Untersuchungen dieses Projektes wurden die Untersuchungen bei den Schülern von Grabs jedes Jahr kontinuierlich weitergeführt. So ergab sich eine weltweit einmalig lange Untersuchung serologischer Art. Daraus einige Ergebnisse:

*Zunahme der Allergien*

Mit objektivierbaren Bestimmungen – nicht nur über Fragebogenaktionen – konnte eindeutig festgestellt werden, dass die Sensibilisierungen auf verschiedene Pollen und andere Allergene in den Jahren 1983 bis 1993 zunahmen. In den folgenden Jahren stellte sich diesbezüglich aber eine Plafonierung hinsichtlich der Häufigkeit dieser Sensibilisierungen ein. In den letzten drei Jahren ergaben sich Hinweise, dass möglicherweise erneut eine Zunahme der Sensibilisierungen stattfinden könnte.[26]

*Impfungen und Allergien*

Wenn wir schon bei Schülern Blut entnehmen, was aus vielen Gründen nicht einfach ist, so wollten wir dieses auch hinsichtlich der Wirksamkeit von Impfungen optimal untersuchen.

Von 1983 bis 1985 sind gemäss Angaben der Eltern bei den Schülern im 8. Schuljahr 81 bis 82 Prozent an Masern erkrankt; geimpft waren nur 3 bis 15 Prozent. Eine Immunität auf Masernviren liess sich bei 92 bis 100 Prozent nachweisen. Die Kindergartenkinder waren damals bereits zu 50 bis 75 Prozent geimpft! Die seither gute Durchimpfungsrate der Kinder unserer Region hat sich recht gut bewährt; in den letzen 20 Jahren gab es keine Epidemien mehr. Weil nun aber zunehmend mehr Eltern ihre Kinder nicht mehr impfen lassen, muss in den nächsten Jahren mit einer erneuten Epidemie gerechnet werden. Von den nicht geimpften Kindern zeigten 1992 bis 1996 nur 43 Prozent eine Immunität auf Masern (Krankheit durchgemacht oder Impfung nicht nachweisbar).[27]

Mitunter wird behauptet, Impfungen würden mehr Allergien verursachen. Die Resultate der gesamtschweizerischen Studie zeigen aber genau das Gegenteil: Kinder mit einer serologisch messbaren Immunität auf Masern (infolge Impfung oder Erkrankung) weisen seltener messbare allergologische Sensibilisierungen auf.[28]

*Bauernkinder und ihre Gewöhnung an die Graspollen*

Bereits die ersten Auswertungen der Untersuchungen ergaben, dass die Bauernkinder selten an Heuschnupfen leiden und auch seltener Allergien auf Graspollen aufweisen, obwohl sie bei der Mithilfe im Bauernbetrieb, bei den Heunachmittagen und auf dem Schulweg diesen Allergenen ganz offensichtlich vermehrt ausgesetzt sind.[29] Damit war eindeutig, dass die Erkrankungen infolge Umweltfaktoren nicht unbedingt nur abhängig sind von der Expositionsmenge. Offensichtlich spielen hier komplexe Gewöhnungsmechanismen aufgrund anderer Begleiterscheinungen des täglichen Lebens eine wesentlichere Rolle. Es gibt also auch Anpassungsphänomene immunologischer Art. Die Forschung um diese Anpassungsphänomene hinsichtlich Al-

19 Hermann Sahli war Professor und Leiter der medizinischen Klinik Bern. Im Zusammenhang mit der Grippe-Epidemie von 1918 untersuchte er nebenbei auch die Wirksamkeit der damaligen Schutzmasken. Diese erwiesen sich als völlig untauglich. Als Ironie der Geschichte wurde in Bern auch ein Grippe-Impfstoff hergestellt. Dabei wurde das bei Grippepatienten häufig gefundene Bakterium *Hämophilus influenza* benützt. Der Impfstoff konnte nach dieser schweren Grippeepidemie nicht mehr getestet werden, da praktisch die gesamte Bevölkerung der Schweiz erkrankt und somit ein paar Jahre immun war. Ein solcher Impfstoff verhütet heute, allgemein angewendet, Hirnhautentzündungen bei Kleinkindern, aber keine Grippe!

20 Das im November 1984 begonnene Messstellennetz, vorerst im Kanton Bern mit den drei «zugewandten Orten» in Einsiedeln, Pfyn und Grabs, hat sich bis heute bewährt. Die Daten können, wöchentlich aktualisiert, jederzeit über www.bag.admin.ch abgerufen werden.

21 Die Auswertungen der Sentinelladaten (Sentinella 1986 S. 17–20) ergab, dass damals die Pollenallergie durch Baumpollen den praktizierenden Ärzten noch weitgehend unbekannt war, im Gegensatz zu den Allergien durch Gräserpollen. Die direkte wöchentliche Information der Ärzte über die aktuellen Pollenbelastungen im Bulletin des BAG sowie der Öffentlichkeit über die Medien haben wesentlich dazu beigetragen, dass Ärzte und Patienten heute meist gut über diese Zusammenhänge orientiert sind.

22 Die aktuellen Befunde an der «Grippefront» in der Schweiz mit guten Links zur internationalen Situation sind abrufbar über www.influenza.ch

23 Ein weiterer Schwerpunkt des Sentinella-Überwachungssystems sind die mit Impfungen verhütbaren Krankheiten. Dies betrifft insbesondere Masern, Mumps und Röteln. Die Masernimpfung hat sich – im Gegensatz zur Mumpsimpfung – offensichtlich bewährt. Hier ergänzen die virologischen Erregernachweise die Untersuchungen bei den Schülern.

24 Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Projekt Nr. 3/954.08/82, «Häufigkeit allergologischer Erkrankungen und Sensibilisierungen bei Schulkindern einer Landbevölkerung im Hinblick auf die Berufsberatung».

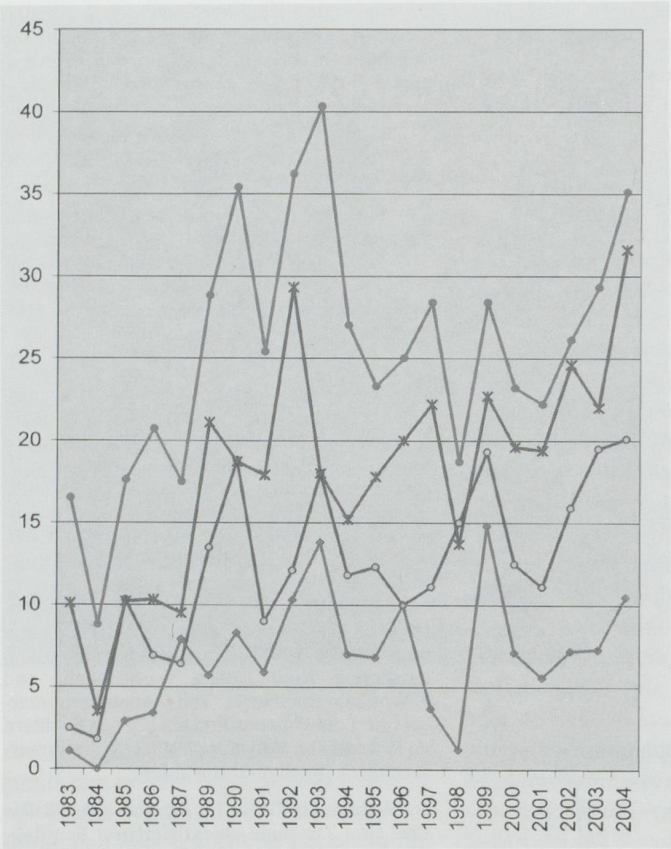
25 Das Projekt Scarpol war eines der beiden grossen epidemiologischen Projekte des nationalen Forschungsprogramms 26 «Gesundheit, Mensch und Umwelt» (vom Bundesrat am 9.6.1987 genehmigt). Bezüglich Luftschadstoffmessungen wurden die Messstelle Buchs (1990 bis 1992), Passivsammlermessungen am Grabserberg ($NO_2$), in Gams (Ozon, $NO_2$, PM 10) sowie die Pollenmessstelle Buchs berücksichtigt. In diesem Projekt an zehn Orten in der Schweiz wurden in den drei Untersuchungsperioden (1992–1993, 1995–1997 und 1999–2000) insgesamt über 10000 Schulkinder in den Alterskategorien Kindergarten, 5. Schuljahr und 8. Schuljahr untersucht. Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen bei den Schülern im 8. Schuljahr, weil hier gleichzeitig Blutuntersuchungen durchgeführt wurden.

26 Während in Grabs für die Zeit von 1983 bis 1992 eine Zunahme objektivierbarer Sensibilisierungen auf die Leitallergene Birken-, Gräserpollen, Katze und Hausstaubmilbe feststellbar waren, zeigte sich in den folgenden Jahren kein weiterer Anstieg mehr. Dies konnte auch durch die Befunde des Scarpol-Projektes bestätigt werden (Braun 2004). Hingegen weisen nun die Daten der letzten drei Jahre auf eine erneute Zunahme hin.

27 Die Blutuntersuchungen dieses gesamtschweizerischen Projektes zeigen, dass die Impfungen gegen Masern offensichtlich gut schützen, auch wenn sich serologisch (Antikörper) eine Immunität nicht sicher nachweisen lässt. Die Daten der Untersuchung 2000 (noch nicht publiziert) zeigen eine seltenere Immunität der Kinder in Regionen, in denen 1983 und 1984 Masernepidemien auftraten. Die Durchimpfungsraten waren an jenen Orten stets höher, wo Schulärzte die Impfungen vornahmen.

28 In der Scarpol-Studie wurde die serologisch objektiv nachweisbare Sensibilisierung mit der serologisch gemessenen Immunität hinsichtlich Masern (und andern Viren) korreliert. Kinder, die erfolgreich gegen Masern geimpft sind, zeigen seltener Allergien. Die Zunahme der Allergien in den neuen Bundesländern Deutschlands nach der Wende bei gleichzeitig abnehmender Impfdisziplin belegt dies ebenso.

29 Soweit eine Bestätigung der Beobachtungen von Blackley 1873! Die Blutuntersuchungen der Schüler von Grabs konnten aber dieses Phänomen allergologisch objektiviert nachweisen. Die quantitativen Sensibilisierungsmuster der Schüler zeigen, dass die Bauernkinder insbesondere weniger stark auf Gräserpollen sensibilisiert sind. Dies spricht gegen eine Selektion, sondern für dauernde immunologische Gewöhnungsmechanismen. Gassner 2000.




**Ausgangspunkt der hier behandelten Umweltmessungen sind die Untersuchungen im Schularztdienst Grabs. Seit 1983 werden bei den Schülern im 8. Schuljahr im Blut Antikörper auf Pollen, aber auch auf diverse Viren untersucht. Bis 1993 haben die Allergien zugenommen, blieben danach bis 2001 konstant und scheinen seither wieder zuzunehmen. Grafik: Markus Gassner.**

lergien und Umwelt wird heute denn auch intensiviert. In den letzten zehn Jahren setzte sich diesbezüglich die sogenannte Hygienehypothese durch: Je mehr die Kinder in der frühesten Jugend mit verschiedensten natürlichen Umweltallergenen in Berührung kommen, desto weniger entwickeln sie Allergien. Im Zusammenhang mit den Bauernkindern wurden auch biologische Faktoren untersucht, die diese Annahme möglicherweise unterstützen. Ein Modell ergab sich über die Messungen von Bestandteilen von Bakterien (Endotoxinen).[30] Man fand heraus, dass Bauernkinder diesbezüglich vermehrt exponiert sind. Aus der experimentellen Immunologie weiss man, dass diese Substanzen das Immunsystem eher dazu bewegen, nicht mit typischen allergischen Reaktionen wie Asthma, Heuschnupfen oder Ekzem zu reagieren, dafür möglicherweise aber mit andern Lungenschädigungen (chronische Bronchitis). Die festgestellten Gewöhnungsmechanismen haben nun zu Fragen im Hinblick auf die Nahrungsmittel geführt. Kann man beispielsweise mit Zusätzen ungefährlicher Bakterien oder deren Bestandteilen die Nachteile einer zu guten Hygiene ausgleichen? Hierfür in Frage kämen Joghurt oder auch Kleinkindernahrungsmittel mit entsprechenden Zusätzen. Die bisherigen epidemiologischen Resultate hierzu sind allerdings enttäuschend.

Bei unseren Bauern zeigt sich eine weitere zwiespältige Erscheinung: Sie leiden zwar, wie erwähnt, selten an Allergien der Atemwege (Heuschnupfen, Asthma), trotzdem erkranken sie häufiger an einer schweren chronischen Bronchitis. Bauern sterben in der Schweiz überdurchschnittlich häufiger und früher an Lungenkrankheiten, und sie benötigen viel häufiger Sauerstoffapparate wegen chronischer Lungenkrankheiten – dies, obwohl sie statistisch nicht häufiger rauchen als in andern Berufen Tätige.

Somit ergibt sich ein neues medizinisches Dilemma: Die Gewöhnung an Pollen und an Staub (beziehungsweise die fehlende Allergie auf Pollen) ist langfristig möglicherweise nicht unbedingt gesund, zumindest nicht, wenn sie von Staubschutzmassnahmen abhält. Vielleicht ist es bei Staubinhalationen ähnlich wie beim Rauchen: Würden alle Raucher bei jeder Zigarette so heftig husten wie bei der ersten, wäre diese Abhängigkeit sicher seltener. Kurzfristige erfolgreiche Anpassungen schützen also nicht unbedingt vor Spätfolgen.

30 Dadurch ausgelöste weitere Staubanalysen in Schlafzimmern der Kinder von Bauern und Nichtbauern zeigten, dass die Bauernkinder weit häufiger auch im Wohnraum mit Endotoxinen (Bestandteilen von Colibakterien) exponiert sind. Diese Untersuchungen wurden in Österreich, Bayern und der Schweiz gleichzeitig durchgeführt. Projekt Alex: RIEDLER, JOSEF et al., «Exposure to farming in early life and development of asthma and allergy: a cross-sectional survey». Lancet 2001; 358:1129–33.

## Literatur


Blackley 1873: BLACKLEY CHARLES H., *Experimental researches on the cause and nature of Catharrhus aestivus (Hay-Fever or Hay-Asthma).* London 1873 (Facsimile: Oxford Historical Books Abingdon 1988).

Braun 2004: BRAUN-FAHRLÄNDER CHARLOTTE/GASSNER, MARKUS et. al. and the Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory symptoms with respect to Air Pollution (SCARPOL) team, *No further increase in asthma, hay fever and atopic sensitisation in adolescents in Switzerland.* – In: *Eur Resp J* 2004; Nr. 23, S. 407–413.

Corbin 1993: CORBIN, ALAIN, *Pesthauch und Blütenduft. Eine Geschichte des Geruchs.* Frankfurt a. M. 1993.

Defila 1988: DEFILA, CLAUDIO, *Phänologische Beobachtungen und die Anwendungsmöglichkeiten für die Pollenprognose.* – In: *Swiss Med.* 1992, 3S, S. 75–79.

Gassner 1987: GASSNER, MARKUS/PEETERS ANNIE/PRIMAULT BERNARD, *Relation von meteorologischen Gegebenheiten mit Pollen- und Luftschadstoffimmissionen, insbesondere Ozon, im Rheintal.* – In: *Schweiz. Ärztezeitung* 1987, Nr. 68, S. 1079–1082.

Gassner 1995: GASSNER, MARKUS/SPUHLER THOMAS, *Warum sterben Bauern häufiger an Lungenkrankheiten?* – In: *Schweiz. Med. Wochenschrift* 1995, Nr. 125, S. 667–675.

Gassner 2000: GASSNER-BACHMANN, MARKUS/WÜTHRICH, BRUNELLO, *Bauernkinder leiden selten an Heuschnupfen und Asthma.* – In: *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2000, Nr. 125, S. 924–931.

Klemm 1974: KLEMM, FRITZ, *Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in der Schweiz bis zum Jahre 1700.* – In: *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.* Zürich 1974, S. 405–454.

Leuschner 1974: LEUSCHNER RUTH M., *Luftpollenbestimmung in Basel während der Jahre 1969 und 1970.* Basel 1974.

Primault 1955: PRIMAULT, BERNARD, *Cinq ans d' observations phénologiques systématiques en Suisse.* – In: *Annalen* der Schweiz. Meteorologischen Anstalt. Zürich 1955.

Schönbein 1844: SCHÖNBEIN, CHRISTIAN FRIEDERICH, *Über die Erzeugung des Ozons auf chemischem Wege.* Basel 1844.

Sentinella 1986: *Das Sentinella-Pilotprojekt im Kanton Bern.* Eine Zusammenstellung der Ergebnisse von der Arbeitsgruppe Sentinella, Dezember 1986. Bezugsquelle: Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern. (Seither bei der gleichen Bezugsquelle alljährliche Jahresberichte und wöchentlich aktuelle Daten.)