

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 23 (1982)
Heft: 1-2

Artikel: Das Klima der Basler Region als Bestandteil des menschlichen Lebensraumes
Autor: Schüepp, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088796>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.04.2026

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

Das Klima der Basler Region als Bestandteil des menschlichen Lebensraumes

WALTER SCHÜEPP

1 Die Niederschläge und ihre Bedeutung für die historische Entwicklung der Besiedlung des Raumes um Basel

Die Regio Basiliensis ist als Lebensraum geprägt von der Topographie her in dem Sinne, dass Gebirge bewegungshemmend wirken, ebenso die Sumpfgebiete. Aber auch das Klima wird stark vom Gelände beeinflusst. Es ist nicht leicht, diese im Lebensraum parallel wirksamen Kräfte getrennt zu untersuchen.

Die Niederschlagsverhältnisse zum Beispiel sind von entscheidender Bedeutung für Vegetation und Fauna, die ursprünglich in diesem Gebiet vorkamen, die Biotope. Zum grössten Teil sind auch die Veränderungen, die der Mensch durch Ackerbau, Viehwirtschaft, Obst- und Gemüsebau aber auch durch die Waldpflege gebracht hat, von den Niederschlagsverhältnissen geprägt. Gebietsweise, wie am Austritt der Schwarzwaldtäler in die Ebene, ist schon früh ein Netz von Bewässerungskanälen erstellt worden. Grossflächige Beregnungsanlagen aus dem Grundwasser für Gemüsebau und andere Intensivkulturen haben im Markgräflerland erst in den letzten 50 Jahren eine Reduktion der Abhängigkeit von den Niederschlägen gebracht – soweit die Flüsse während der Vegetationszeit ausreichend mit Wasser versorgt sind und der Grundwasserspiegel noch im lockeren Aufschüttungsgebiet liegt (*H. Trenkle* 1980).

Ein wesentlicher Grundzug ist die grosse Trockenheit des zentralen Teiles der Oberrheinischen Tiefebene mit wenig über 500 mm/Jahr Niederschlag in Colmar; unter 700 mm/Jahr fallen auf der französischen Seite der Ebene vom Basler Flughafen bis hinunter nach Enzheim. Beidseits dieser Linie nimmt die Niederschlagsmenge zu, um in der Gipfelzone des Schwarzwaldes und der Vogesen 2000 mm/Jahr zu erreichen. Die feuchten Auenwälder liegen noch in der sehr niederschlagsarmen Zone, d.h. die Feuchtigkeit kommt hier von den früher breit mäandrierenden Flüssen zwischen Ill, Rhein-Rhone-Kanal und Rhein und dem Grundwasserstrom her und nicht aus der Luft. Auch die nächtlichen und herbstlichen Nebel, die hier recht häufig sind, erhalten viel Feuchte vom Bodenwasser. Abgesehen von der Rhein- und Kanalschifffahrt war diese Ebene früher unwegsam und kaum genutzt. Auch heute noch konzentriert sich die Bevölkerung längs der Hügelketten, die dem Schwarzwald und den Vogesen vorgelagert sind. In dieser Hügelzone sind die Niederschläge bereits deutlich erhöht (800 bis

PD Dr. Walter Schüepp, Abt. Meteorologie, Postfach, CH - 4010 Basel

1000 mm/Jahr), so dass an den Sonnenhängen und frostsicheren Stufen ohne Bewässerung Wein angebaut werden kann. An den etwas weniger bevorzugten Lagen wächst anderes Obst und Gemüse. Im Gebirgsbereich dagegen nimmt die Niederschlagsmenge derart zu, dass Ackerbau nur noch beschränkt möglich ist; es kann dafür Graswirtschaft betrieben werden. Grosse Flächen sind bevorzugt mit dunklem Tannenwald (daher Schwarzwald) bestanden, der bis über 1000 m hinauf vorzüglich gedeiht. Dass die Gebirgskuppen vorwiegend waldfrei sind, ist nicht zuerst auf die Temperaturabnahme mit der Höhe zurückzuführen, sondern auf die häufigen stürmischen Winde, die ganz im Gegensatz zum windschwachen Tiefland der Rheinebene stehen.

Das dritte Gebirge, das die Regio abgrenzt, der Jura, erreicht zwar ungefähr die gleiche Höhe, streicht aber von SW nach NE in Richtung der «Regenwinde», wobei die Kammlinie nach Osten im Lee des Windes absinkt. Somit stellt es den Wolken weniger Widerstand entgegen und folglich sind auch die Niederschlagsmengen geringer – erst weit ausserhalb der Regio, im Neuenburger und Waadtländerjura fallen auch 2000 mm/Jahr, im Regioteil dagegen nur 1000 bis 1500 mm/Jahr. Somit ist der Tafeljura vom Aare-Durchbruch bei Koblenz bis zu den Freibergen für eine Besiedlung mit Acker- und Grasbau im Wechsel begünstigt; die Wälder beschränken sich auf Steilhänge und den Kettenjura. Der Auszug aus der Niederschlagskarte von *H. v. Rudloff* zeigt noch viele interessante Details, die durchaus auch ihre Bedeutung für Vegetation und Besiedlung haben. Breite Talbecken sind im Verhältnis zur Umgebung niederschlagsarm, z.B. Delémont im Birstal, Sissach im Ergolzthal, Fraize im Tal der Meurthe. Umgekehrt nimmt die Ergiebigkeit der Niederschläge rheinaufwärts von Basel bis Laufenburg von 700 mm auf beinahe 1200 mm/Jahr zu, wohl als Folge des als Riegel wirkenden Hotzenwaldes von Norden und der Juratafel des Thiersteinbergs von Süden her.

Nicht die Gesamtmenge des Niederschlags ist für die Wahl von Siedlungen ausschlaggebend, sondern katastrophale Ereignisse wie Hochwasser, Eisstau in den Flüssen, Reifbruch und Windbruch in den Wäldern, Sicherheit in der Ergiebigkeit und Qualität von Wasserquellen. Dies alles nicht nur am Wohnort selbst, sondern auch längs der Verbindungswege zu den Nachbarsiedlungen. Deshalb werden erhöhte Lagen, die möglichst nahe an den Fluss heranreichen, aber vom hochwassersicheren Talrand her zugänglich bleiben, bevorzugt. Nur längs Bächen, wie in den Dörfern der Juratäler, wird in Kauf genommen, dass bei Hochwasser auch die Strassen überflutet werden – mit dem Vorteil, dass bis zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts der Dorfbach auch die Funktion der Kanalisation übernehmen konnte. Sehr seltene Höchstwerte des Niederschlags sind für den Schutz vor Hochwasser entscheidend. Aus den beinahe 100-jährigen Messreihen von zahlreichen Niederschlagsstationen können folgende Spitzenwerte in 2, 10, 100 und 1000 Jahren pro Station abgeleitet werden. Angeführt ist der höchste beobachtete Wert (*Trenkle u. v. Rudloff* 1981). Ein Maximalwert in 10, 100, resp. 1000 Jahren heisst, dass am Messpunkt eine Niederschlagsmenge über diesem Betrag nur 1 mal in 10, 100 resp. 1000 Jahren zu erwarten ist. Da es z.B. im Schwarzwald über 100 Niederschlagsmesstationen hat, heisst dies aber auch, dass

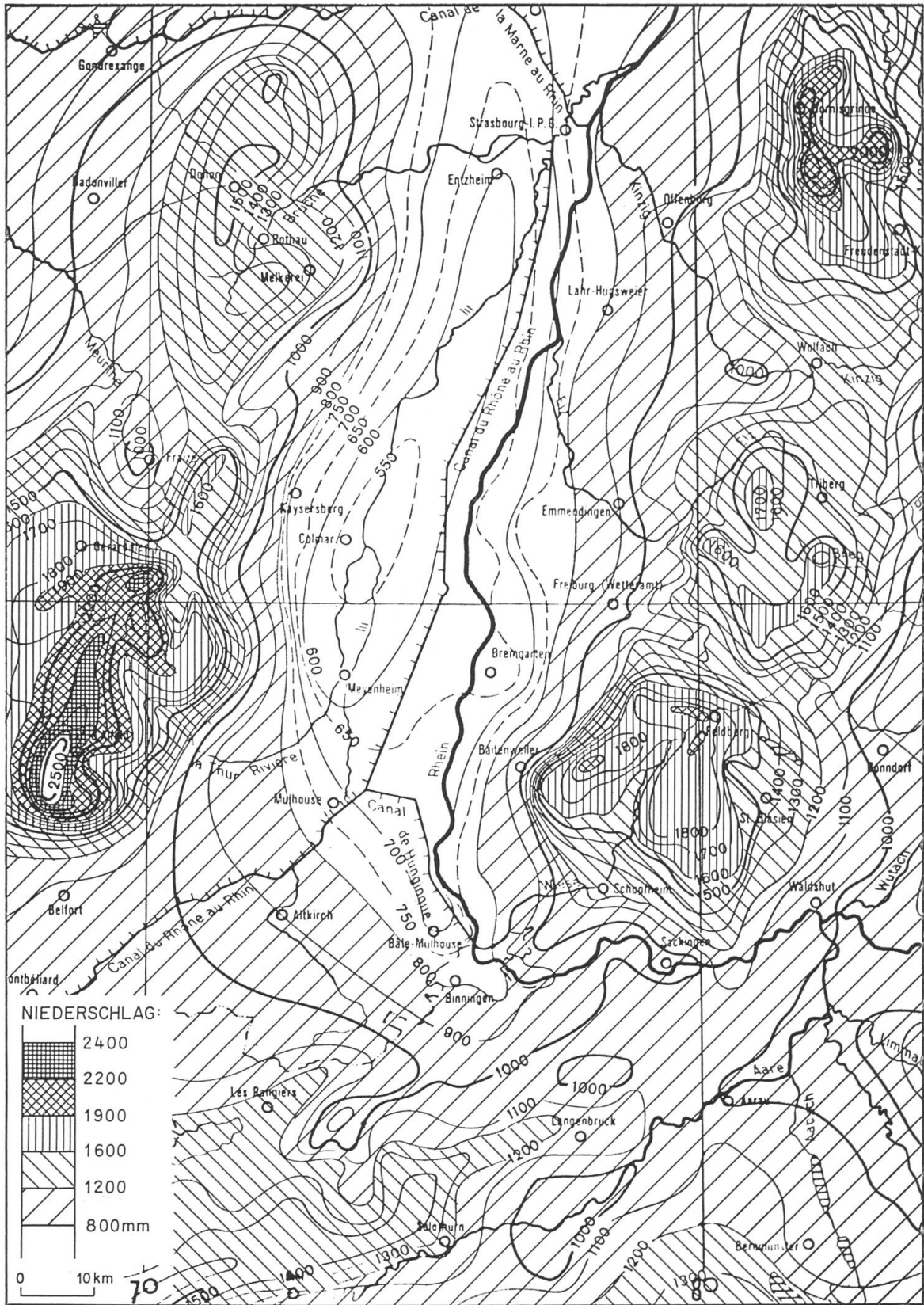


Abb. 1 Ausschnitt aus der Niederschlagskarte «Dreiländereck»; Jahresmengen des Niederschlags in mm 1931–1960. H. v. Rudloff

schon in 10 Jahren einmal an einem der 100 Messpunkte der für 1000 Jahre angegebene Betrag überschritten werden kann; und da zwischen den Messpunkten doch noch erhebliche Abstände bleiben, kann irgendwo im Schwarzwald ein noch höherer nicht beobachteter Wert aufgetreten sein. Hierin liegt die Grenze einer Häufigkeitsstatistik. Tatsächlich ist seit Beginn der Beobachtungen im Schwarzwald als höchster Wert an der Station Herrenwies am 20. 05. 1906 196,2 mm gemessen worden. Entsprechend sind im Jura bei 20 Stationen über 98 Jahre am 04. 06. 1886 in Böckten 129 mm gemessen worden.

Tab. 1 24-stündige Höchstwerte der Niederschlagsmenge

Region	Alle 2	10	100	1000 Jahre	Maximum gemessen
4 Stationen am Fusse des Schwarzwaldes	39	67	105	145	107 mm
5 Stationen im Zentralschwarzwald	56	78	105	125	131 mm
5 Stationen im Südschwarzwald	58	88	125	160	177 mm
5 Stationen um Basel	34	48	82	114	87 mm
5 Stationen im Tafeljura	38	52	82	110	82 mm
5 Stationen im Kettenjura	40	58	84	110	85 mm

Für Rheinhochwasser dagegen sind vor allem die Schneeschmelze in den Alpen, gefolgt von grossräumigen Starkregen, ausschlaggebend. Durch die vielen Stauseen ist die Auswirkung von Starkregen im Alpengebiet im Laufe der letzten 100 Jahre erheblich vermindert worden. Von jeher haben die grossen Voralpenseen (Bodensee, Zürichsee, Vierwaldstättersee) zur Hauptschneeschmelze die Hochwasser gedämpft. Heute sind für plötzliche Hochwasser besonders das seefreie Einzugsgebiet der Thur und der beiden Emmen entscheidend. Höchstens alle 100 Jahre können Flussvereisungen gefährliche Folgen haben. In 400 bis 600 m Höhe droht bei langandauernden Hochnebellagen Reifbruch in den Wäldern; unterkühlter Regen kann diese Gefahr noch erhöhen und zeitweise Passstrassen unpassierbar machen. Vom 17.–21. 02. 1978 vereisten bei Basel ca. 60 mm Niederschlag, was zu den in Abb. 2 gezeigten gewaltigen Holzschäden führte.

Die Versorgung mit Trinkwasser ist in den regensicheren Vogesen- und Schwarzwaldhöhen kein Problem, doch in der dicht besiedelten Randzone können nach Trockenjahren schon einige Quellen versiegen. Im Kalkgebiet des Dinkelbergs und des Tafeljuras müssen sichere Quellen gesucht werden, soweit die Siedlungen nicht unten im Tal nahe einem Quellhorizont liegen. Mit dem steigenden Wasserverbrauch erweisen sich heute im Einzugsgebiet der Ergolz die Grundwasserströme nicht mehr als ausreichend, um den vollen Bedarf sicherzustellen, so dass noch in Versickerungsbecken gereinigtes Rheinwasser zugebracht werden muss. Bei Sommertrockenheit sichern die Schneefelder und Gletscher in den Alpen eine ausreichende Wasserführung des Rheins – sollte der Gletscherschwund noch lange weitergehen, würde sich dies auf die Wasserführung im Sommer auswirken müssen. Folgt auf einen trockenen Sommer noch ein kalter Winter, muss oft zuerst die Schifffahrt eingestellt werden; später treten Schwierigkeiten mit der Wasserversorgung für die Industrie und zu Kühlzwecken ein.



Abb. 2 Eisbruch 17.–21. 2. 1978 bei Ettingen im Birsigtal. Phot.: Ch. Brombacher u. H. R. Moser

Die Veränderlichkeit der Niederschlagsmenge begrenzt vor allem die wilde Vegetation. In den letzten 100 Jahren zeigten sich enorme Schwankungen; so fielen während der Vegetationszeit (März bis September) in Basel im trockensten Jahr nur ca. 300 mm Niederschlag, im nässesten dagegen 900 mm. 1921 musste sich Binningen bei Basel mit 481 mm im ganzen Jahr zufrieden geben, während im nässesten (1939) in Binningen 1205 mm und in Langenbruck 1646 mm fielen. Diese Differenz zwischen nassen und trockenen Jahren fällt in den niederschlagsarmen Niederungen bedeutend stärker ins Gewicht als in den feuchteren Höhen. Viele neu eingeführte Kulturpflanzen gehen in solchen Jahren ein, können aber relativ leicht wieder angebaut werden. Folgen sich Jahre mit trockener Vegetationszeit kurz hintereinander (1947, 1949, 1953) so kann dies zu Umstellungen in der Landwirtschaft führen. Gesunde grosse Tannenbäume brachten über die 8 Jahre 1947 bis 1954 weniger als die Hälfte des normalen Holzzuwachses.

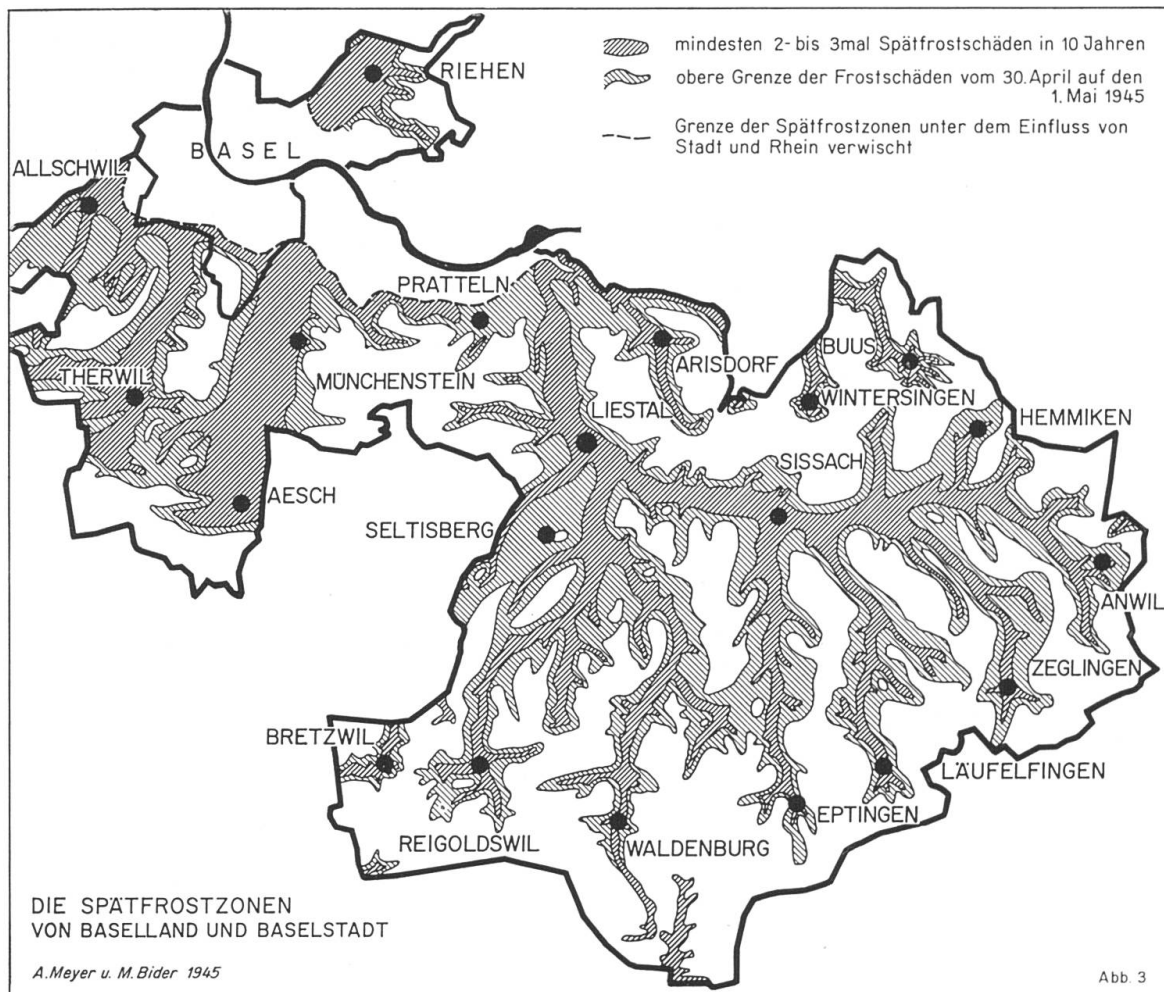
Aus allen diesen Gründen konzentrierte sich die Bevölkerung lange Zeit auf die weniger trockenen Randzonen der Gebirge, auch des Tafeljuras. Mehr und mehr wurden in der Folge die Mittel- und Niederterrassen und schliesslich die Flussniederungen urbar gemacht, indem Bewässerungskanäle das Niederschlagsmanko ausglich und Dämme die Flüsse bei Hochwasser in ihre Grenzen wiesen. Nicht überall sind diese Schutzvorrichtungen dem Ausmass seltener Hochwasser angepasst worden, so konnte das Hochwasser der Birs am 24. 06. 1973 die kürzlich erstellte Kläranlage bei Reinach überfluten.

2 Die Temperaturverhältnisse und ihre Bedeutung für die Nutzung der Region

Ein sehr wichtiges meteorologisches Element ist die Lufttemperatur. Auch diese schwankt in der Regio in grossem Masse. Die höchsten Sommerwerte werden natürlich in der Oberrheinischen Tiefebene und an ihren sonnenexponierten Randhügeln gemessen. Da das Netz der Stationen mit zuverlässig über viele Jahre geführten Messungen sehr locker ist, kann die Temperaturverteilung nur in groben Zügen festgehalten werden. In Basel–Binningen wurden mehrfach im Juni, Juli und August Werte von 38 Grad überschritten und einmal 39 Grad erreicht. An den heissesten Stellen dürfte es schon 40 Grad warm geworden sein. Für den Ertrag der Kulturpflanzen ist aber eher das mittlere tägliche Maximum der Temperatur von 25,8 Grad im Juli entscheidend. Dieser Wert liegt in der nordamerikanischen Maisregion viel höher. Obwohl die in den letzten zwanzig Jahren eingeführten Maissorten eine kürzere Vegetationszeit brauchen, ist es bei spätem Sommereinbruch wie 1980 oder bei frühem Herbsteinbruch wie 1970 erst im November oder Dezember möglich gewesen, die Körner maschinell zu ernten. Die im Mittel um ca. 0,5 Grad pro 100 m Höhenzunahme sinkende Temperatur bewirkt vor allem in höheren Lagen eine Verkürzung der Vegetationszeit, so dass von diesem Faktor her die Intensivkulturen auf die Ebene und die Hügelketten beschränkt sind. Während der Weinbau bei 450 bis 550 m Höhe seine obere Grenze findet, steigt der Obstbau als eine wesentliche Nebeneinnahmequelle der Bauern mit gutem Ertrag bis ca. 600 m hinauf; oberhalb gedeiht noch das weniger anspruchsvolle Mostobst. Beim Obstbau gibt es aber noch eine andere Grenze für die Wirtschaftlichkeit, die Häufigkeit und Stärke der Frostschäden. *M. Bider* und *A. Meyer* (1956) haben für Baselstadt und Baselland eine Karte mit Angabe der Zonen häufiger Frostschäden entworfen.

Zwar blüht der Wein so spät, dass die Gefährdung der Blüten selten ist, hingegen können die in der zweiten Hälfte April austreibenden Blattknospen erfrieren; umgekehrt blühen die Kirschen so früh, dass meist noch Fröste während und nach der Blüte eintreten. Birnen und Äpfel blühen ca. 2 Wochen später, und auch da kann es noch Frost geben. Am meisten frostgefährdet sind die Talmulden bei klaren Nächten, gerade hier aber beginnt der Blust zuerst. Deshalb sind die neuen Obstkulturen an den Hängen oberhalb 50 m über Talgrund angelegt und gibt es auch weniger Frühobst. Der grosse Preisunterschied zwischen Früh- und Haupternte macht es dennoch lohnend, in der Rheinebene schon Ende März mit der Pflanzung zu beginnen und dafür in kalten Nächten mit aktiver Frostbekämpfung die Kulturen zu schützen. In der Frostwoche des April 1981 blieben teils Mulden verschont und wurden andererseits auch als sicher angesehene Hanglagen und Höhen geschädigt, je nach vorüberziehenden Wolkenfeldern oder windstillen Perioden.

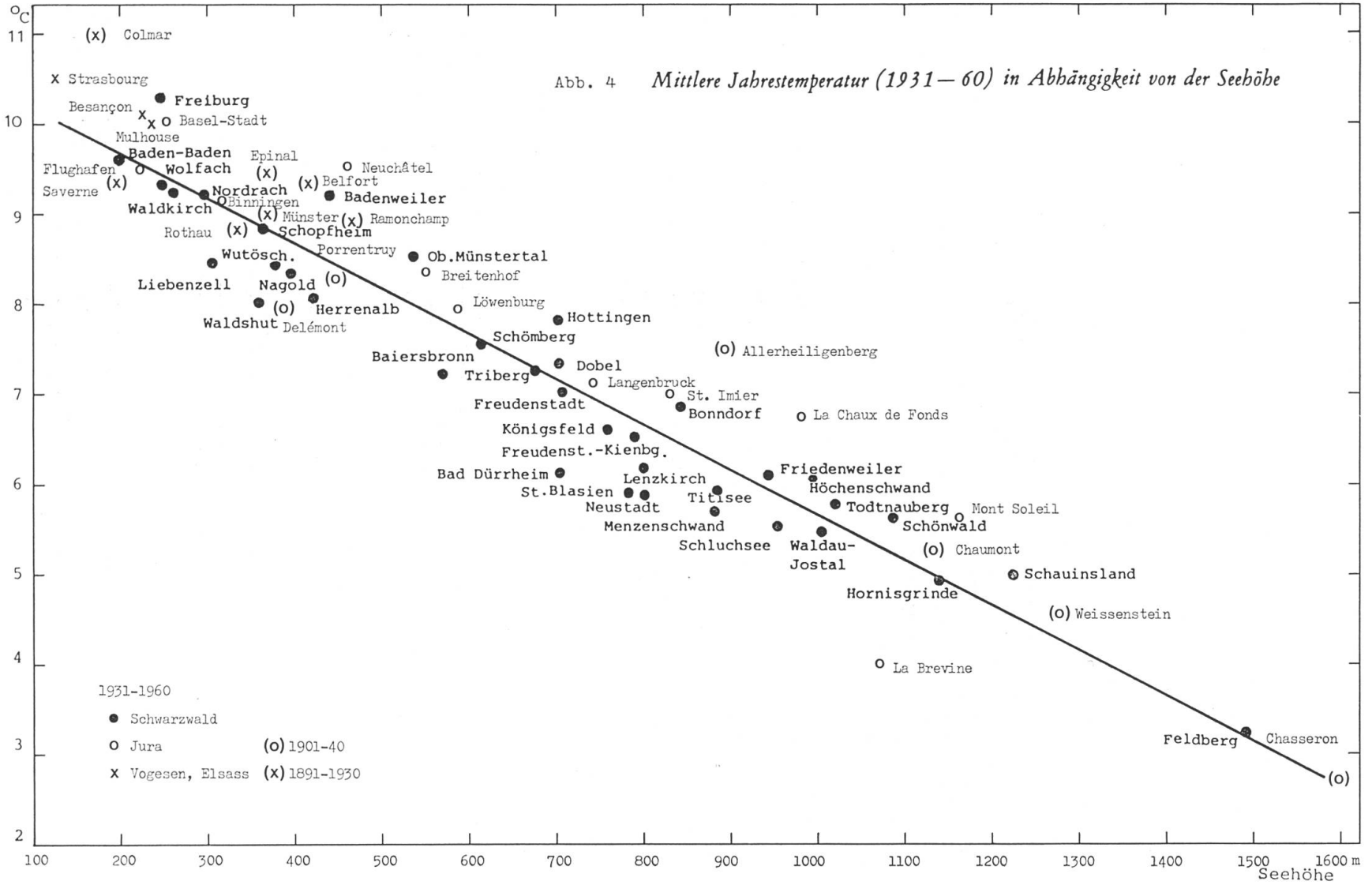
M. Bider (1978) zeigt im Kapitel Jura der «Klimatologie der Schweiz», wie im milden Januar 1948 die Temperatur von +4,8 Grad in Basel auf –1 Grad am Weissenstein abnahm; im kalten Januar 1940 dagegen war es mit –6,5 Grad an beiden Orten gleich kalt. Als tiefste Temperaturen sind uns –23 Grad in Freiburg, –27 Grad in Basel und –31 Grad auf dem Feldberg bekannt. Trotz dieser



Eigenheiten reihen sich die Temperaturen im 30-jährigen Mittelwert gut in ein Band mit 0,5 Grad Temperaturabnahme pro 100 m Höhenzunahme ein. Muldenlagen sind bis 2 Grade kälter, Städte und Hanglagen sind bis 1,5 Grad wärmer als dem allgemeinen Verlauf entspricht. Dabei sind generell die Jurastationen etwas wärmer als die Schwarzwaldstationen. Im bisher kältesten Februar (1956) sind viele Obstbäume in Muldenlagen erfroren, obwohl die Blattknospen noch geschlossen waren.

Während auch von den mittleren und extremen Temperaturen her der bevorzugte Gürtel für die Landwirtschaft unter 600 m Höhe liegt, sind – zuerst im Sommer – die höheren Lagen als Kur- und Wandergebiete erschlossen worden. In jüngster Zeit erfreuen sich dank des Wintersports auch die höchsten Lagen vermehrten Interesses. Obwohl es sehr schneereiche Winter gibt wie 1970, als am 11. April auf dem Weissenstein 234 cm Schneehöhe gemessen wurde und auf dem Feldberg am 20. März gar 350 cm, muss auch mit sehr schneearmen Wintern gerechnet werden, die unterhalb 1200 m Höhe für den Wintersport ungeeignet sind. Andererseits sind aber die Kurorte in allen drei Gebirgen im Winter dennoch zu empfehlen, ist es doch an sonnigen Tagen erstaunlich mild, während

Schwarzwald: H. Trenkle, Jura: M. Bider, Vogesen: A. Herrenschneider



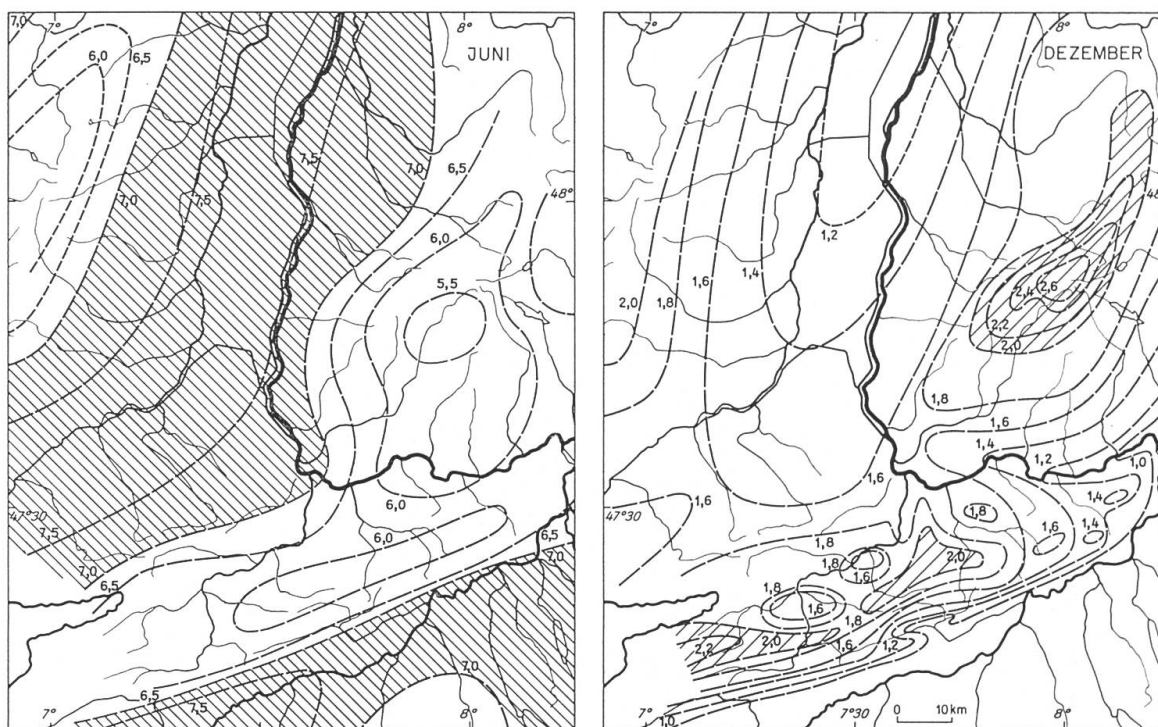


Abb. 5 Die Sonnenscheindauer (1931–1960) in Stunden pro Tag

gleichzeitig die Niederungen unterhalb 600 bis 900 m unter einer dichten Hochnebeldecke liegen, aus welcher in der Nähe von Industrieanlagen gar etwas Schnee fallen kann, z.B. Freiburg (*Harlfinger 1978*), Basel (Jan. 1981). Pro Winter ist mit ca. 30 milden Sonnentagen in den Höhenlagen zu rechnen. Die nähere Umgebung von Basel – Wiesental, Ergolzthal, unteres Birstal und die Oberrheinische Tiefebene oberhalb Kembs – profitieren meistens auch von der Sonne, aber bei Temperaturen, die deutlich unter jenen der hochgelegenen Kurorte liegen, und bei durch Dunst erheblich geschwächter Sonnenstrahlung. Andererseits steigen die Nebelfelder am Jurasüdfuss und am Ostabhang des Schwarzwaldes besonders hoch.

3 Sonnenschein und Bewölkung als beeinflussbare Faktoren der Lebensqualität

Besonders deutlich erkennt man diese lokalen Klimateffekte, wenn die Sonnenscheindauer betrachtet wird. Wir unterscheiden einerseits die nebelreichen Tieflagen von Säckingen und Karlsruhe, andererseits die begünstigten Tieflagen von Rheinfeldern und Basel, ferner die Hangnebellagen (Jurasüdfuss, Ostseite des Hotzenwaldes), die Kurortlagen und die freien Hochlagen. Im Winter gilt die Faustregel: je höher desto sonniger. Im Sommer dagegen liegen die Gipfel in den Mittagsstunden häufig im Schatten mächtiger Quellwolken, so dass die Sonnenscheindauer von Colmar aus nach allen drei Richtungen zum Gebirge hin abnimmt.

Heute spielt die Sonne nicht nur eine Rolle für die Gesundheit und die Psyche, sondern sie wird auch als Energiequelle in Anspruch genommen. Obwohl der blaue Himmel und die Wolken viel zur Helligkeit und somit auch ihren Teil zur Strahlungsbilanz beitragen, steht bei energetischer Nutzung doch die direkte Sonnenstrahlung im Vordergrund. In höheren Lagen kann die auf die Südfront eines Gebäudes fallende Strahlung gut genutzt werden, da ihr Anteil im Sommer zwar klein, dafür aber im Winter doch bedeutend ist. Eine Schwierigkeit liegt darin, dass dieselben Wände auch gegen Niederschlag und Wind Schutz bieten müssen. Wohl kann mittels Solarzellen die diffuse Strahlung genutzt werden, die insgesamt mehr als die Hälfte der sichtbaren solaren Strahlung ausmacht; andererseits gelingt es mit Flachkollektoren kaum, bei unsichtbarer Sonne von der Strahlung aus den Wolken einen Gewinn zu ziehen, weil die langwellige Ausstrahlung der äusseren Hüllen des Kollektors etwa gleichviel Verlust erleidet. In den nebelfreien Niederungen ist die Sonnenstrahlung durch den starken Dunst sowohl natürlichen Ursprungs als auch von Wohnung, Verkehr und Industrie dermassen geschwächt, dass der Wirkungsgrad der meisten Anlagen gegenüber den Höhenlagen auf gegen die Hälfte reduziert ist. In den nebelreichen Niederungen müssten zuerst Speichermöglichkeiten vom Sommer auf den Winter erschlossen werden.

Die Bewölkung spielt nicht nur eine Rolle als Trägerin der Niederschläge und als Abdeckung der Sonne; durch ihre ungeheure Vielfalt in Gestalt und Beleuchtungseffekten trägt sie auch zur Bereicherung der Umwelt bei. Helle kleine und mittlere Haufenwolken verstärken durch ihre bevorzugte Bildung über Hügeln und Bergen den topographischen Akzent. Ein Blick aus der Höhe über ein Nebelmeer, besonders wenn man soeben aus der grauen Tiefe aufgestiegen ist, wirkt befreiend. Andererseits verdichten sich bei Südwestwetter die Wolken zu einer dunklen Masse über dem Schwarzwald und bei Nordwestwetter hüllen sie den Jurakamm ein. Wenn die Atmosphäre eine mässige thermische Stabilität hat, stellen sich jeweils im Lee der Höhenwinde föhnartige Situationen ein. Die Gegend von Colmar profitiert davon am meisten, liegt sie doch bei den Winden aus NE bis SE im Lee des Schwarzwaldes, bei Winden aus dem Sektor S im Lee des Jura und bei den sehr häufigen Strömungen aus SW bis NW im Lee der Vogesen (*Chappaz 1975*). Abb. 6 zeigt an 4 Beispielen, wie die Ergiebigkeit der Niederschläge von der Windrichtung auf dem Feldberg abhängt (nach *H. R. Moser*).

Das zeigt sich nicht nur im Minimum der Niederschlagsmenge sondern auch in der Auflösung der Wolkendecke. Ist die Luft so trocken, dass es in den untern 3000 m der Atmosphäre keine Wolken hat, bilden sich bei Westströmung über den Vogesen öfters typische, mehrstöckige Föhnwolken bis an die Grenze der Tropopause (7 bis 12 km) hinauf, die trotz hoher Windgeschwindigkeit scheinbar unbeweglich feststehen, indem sie am Westrand in der aufsteigenden Strömung dauernd entstehen und am Ostrand in der absinkenden Strömung sich wieder auflösen. Über Jura und Schwarzwald sind ähnliche Wolken viel seltener zu beobachten.

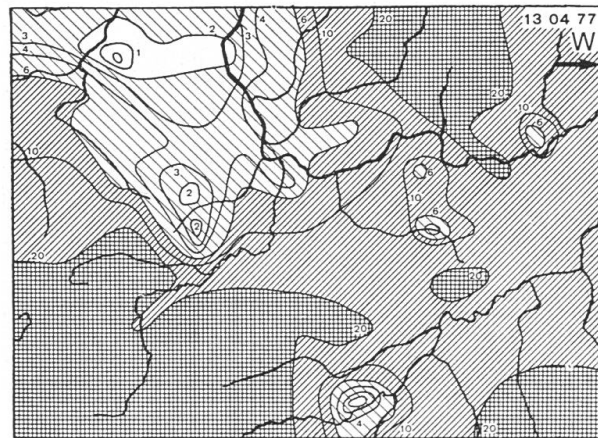
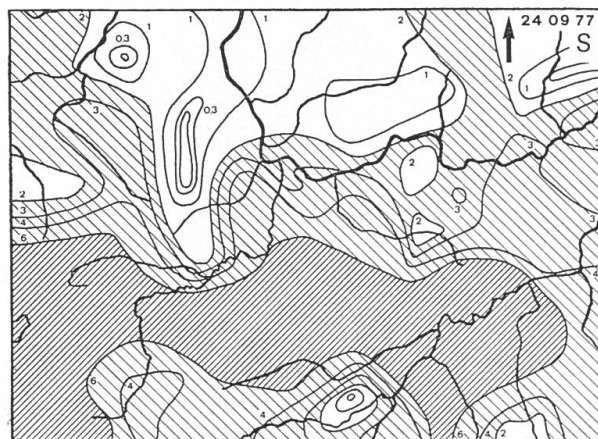
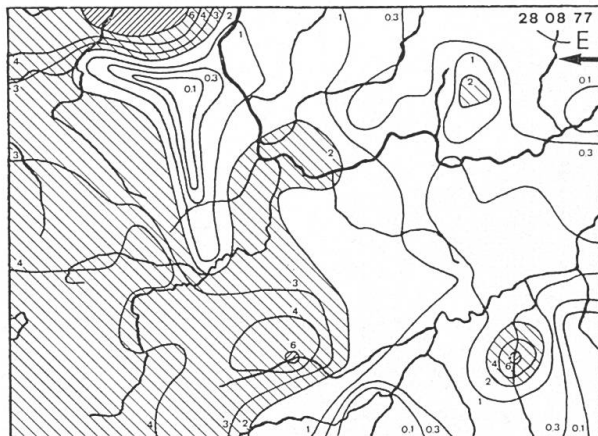
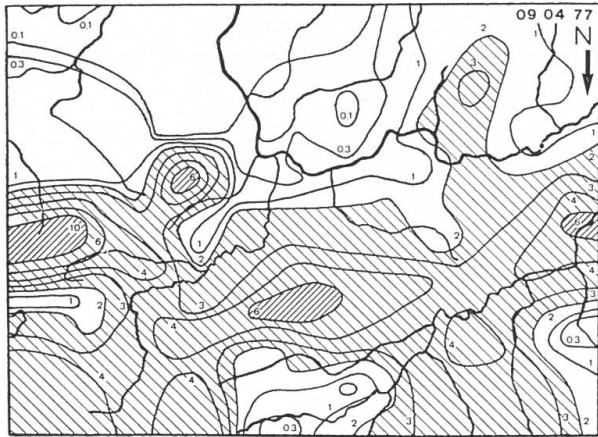
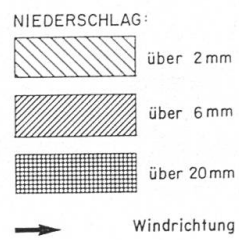
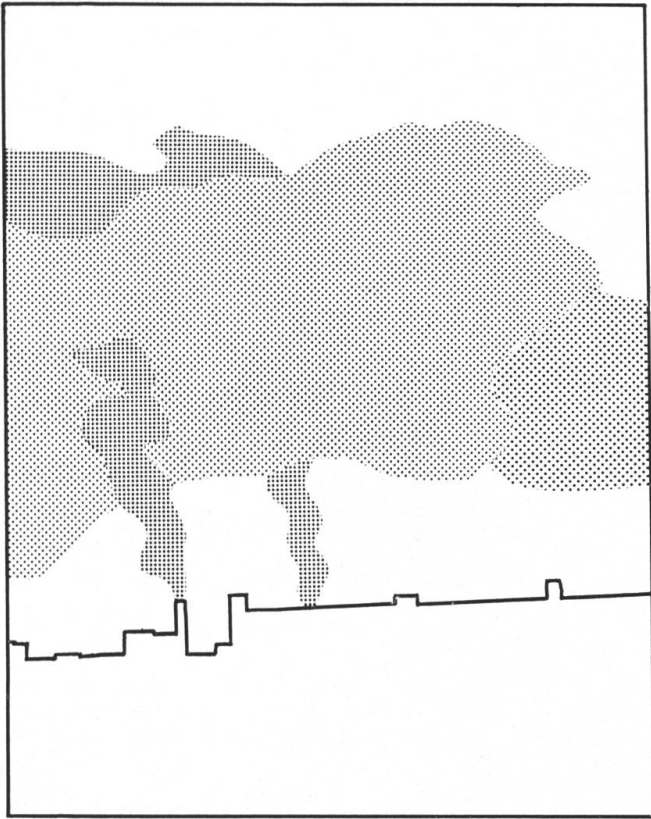


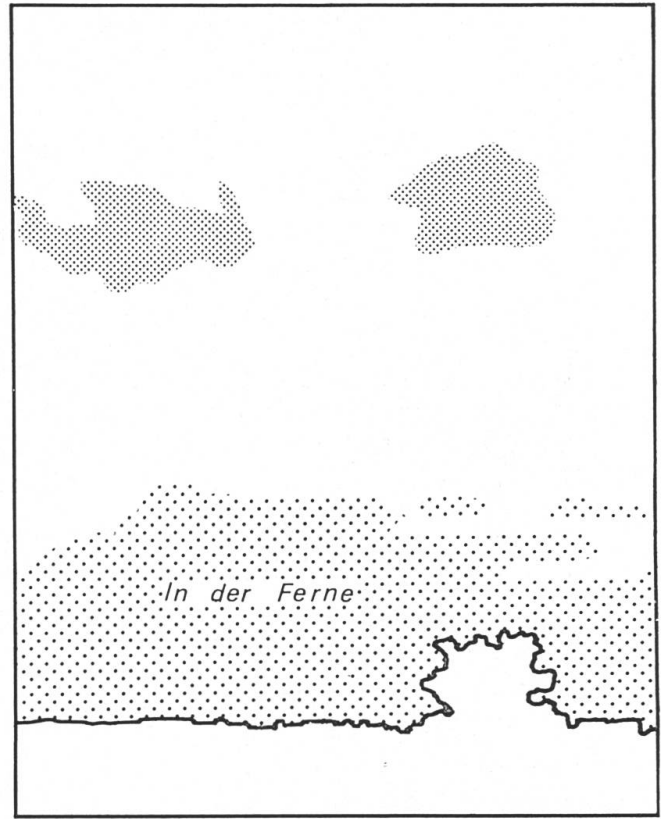
Abb. 6 Niederschlagsverteilung bei vier Wetterlagen je nach der Windrichtung auf dem Feldberg (nach H. R. Moser)



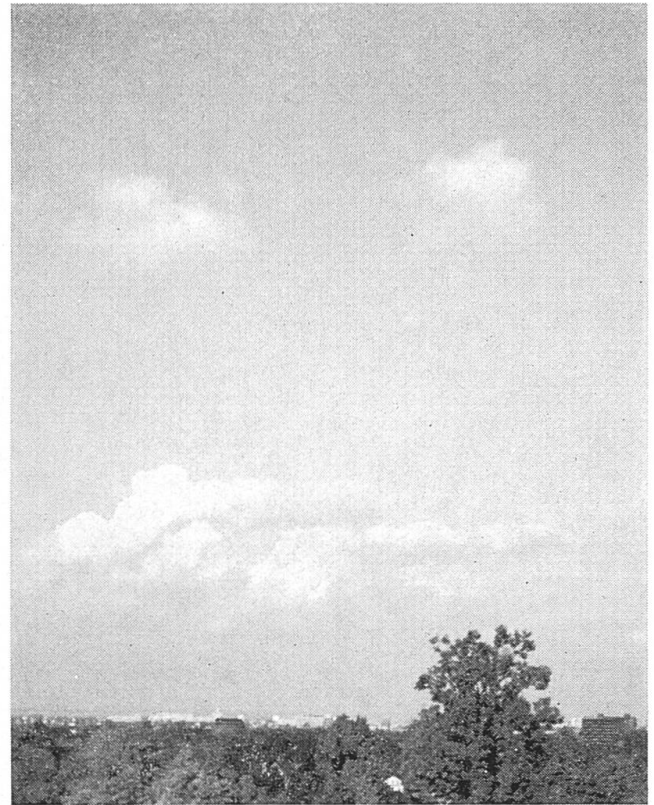
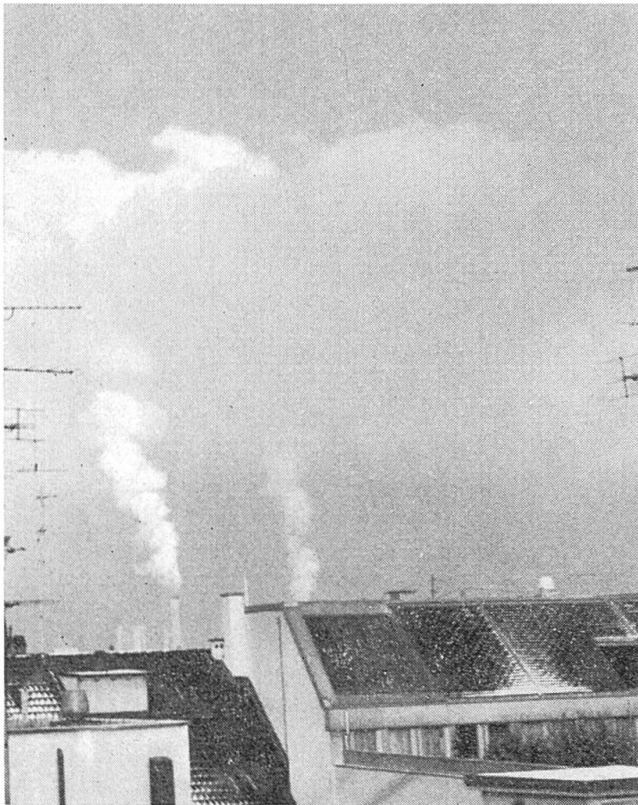
Wolkenbildungen über der Stadt Basel



„aus Kaminrauch“



„aus Thermik“



Durch genaue Beobachtungen, vor allem mit fest montierten Filmkameras, kann nachgewiesen werden, dass auch eine Stadt wie Basel sich aktiv am Wolkengeschehen beteiligt. Einerseits heben sich Bodennebelfelder beim Eindringen in die warme, meist trockene Stadt vom Boden ab, lockern sich nicht selten auf und gehen schliesslich in starken Dunst über. Andererseits können in wenigen hundert Metern über der Stadt Dampfwolken aus grossen Kaminen sich zu Wolken verdichten und im Winter für einige Stunden den Nordwest-, Nord- und Ostteil der Stadt beschatten. Bei heiterem Wetter zeigen meist nur sehr kleine, isolierte Wölkchen an, dass über gewissen Teilen der Stadt und der im Osten vorgelagerten Industriezonen die Thermik (aufsteigende Luftpakete) wesentlich verstärkt ist. Sobald die Luft etwas trockener wird, sind heute dank verschiedenster Rauchreinigungsverfahren nur noch selten Rauchfahnen zu sehen.

Eine neue Dimension ins Wolkenbild bringen die grossen Nasskühltürme von Wärmekraftwerken. In etwa 16% der Zeit erreichen die sichtbaren Dampfschwaden, resp. die Wolken, die sich bei Erreichung des allgemeinen Kondensationsniveaus daraus bilden, Längen von über 4 km. Zu einer Klimaänderung von regionalem Ausmass braucht es aber Energien von über 10 000 MW – thermisch mehr als 4 Kraftwerksblöcken entsprechend.

In welchem Ausmass Gewitterwolken durch die Topographie in ihrer Entwicklung beeinflusst werden, ist bis jetzt noch ungenügend erforscht. Bei der starken vertikalen Entwicklung und den häufigen Richtungsänderungen der Zugbahnen können erst die vor kurzem begonnenen Radarfilmaufnahmen vom Uetliberg ob Zürich aus objektive Informationen liefern. Der Eindruck, dass die Gewitter bevorzugt neben der Beobachtungsstation vorbeiziehen würden, ist meist eine optische Täuschung. Nicht selten werden Gebiete, die tagsüber verschont blieben, dann nachts doch von einem Gewitter erreicht, weil über dem trockenen Boden der Auftrieb stärker ist als über den umliegenden regennassen Gebieten. Wohl ist im allgemeinen die Ergiebigkeit von Niederschlägen an Bergkämmen grösser als über Tälern; aber wie die langjährige statistische Untersuchung gezeigt hat, sind die stärksten Niederschläge in Basel gleich hoch wie im Kettenjura.

H. Schirmer (1973) hat in Südwestdeutschland eine Art von Präferenzlinien erhöhter Niederschläge entdeckt, die teils von Grosstädten auszugehen scheinen, teils über solche hinwegführen; aber bei den erheblichen rein topographisch bedingten Unterschieden scheint es noch nicht möglich abzuschätzen, in welchem Umfang anthropogene Faktoren auf Wolken- und Niederschlagsbildung einwirken.

4 Die Windverhältnisse und ihre Bedeutung in der Lufthygiene

Während die Niederungen im allgemeinen äusserst windschwach sind – der Mittelwert am Observatorium in Basel, auf einem Hügel südlich der Stadt liegend, beträgt genau 2 m/sec (auf dem Flughafen im Norden der Stadt erreicht das zehnjährige Mittel immerhin 2,7 m/sec) –, so kann der Wind in den Gipfelregionen erhebliche Werte annehmen. Mindestens bis in 700 m Höhe ist der

Wind im Mittel noch deutlich schwächer als über einer weiten Ebene. Man darf sich durch isolierte Beobachtungen nicht täuschen lassen. Die hohen Geschwindigkeiten auf dem Feldberg können durch die Geländeform verstärkt sein.

Interessiert man sich für die Spitzenwerte der Windgeschwindigkeit, so zeigt sich, dass diese sich nicht in gleicher Masse unterscheiden. Die Ermittlung der Maximalwerte stellt allerdings hohe Anforderungen an die Instrumente, und man muss deshalb bei der Planung von Bauten noch eine Sicherheitsmarge zulegen. Wenn also am Observatorium in Basel innerhalb von 50 Jahren Dauerregistrierung eine Maximalgeschwindigkeit von 115 km/h gemessen worden ist, muss man durchaus mit einem möglichen Maximalwert von 140 km/h rechnen. Da auf dem Feldberg schon 205 km/h registriert worden sind, können auch Geschwindigkeiten von 230 km/h noch möglich sein. Von daher ist es auch verständlich, dass die Gipfel der Vogesen und des Schwarzwaldes waldfrei sind, ebenso auch die höchsten Jurakämme.

Die Faustregel über den Windschutz der von Gebirgen umgebenen Niederungen darf man aber nur auf ca. 80% der Regio-Fläche anwenden. Es gibt topographisch bedingte Besonderheiten, denen sehr grosse Bedeutung zukommt im Hinblick auf die Luftreinhaltung resp. die Ausbreitung von Dampfschwaden und Schadstoffen. Die eben abgeschlossene CLIMOD-Studie (CLIMOD-Schlussbericht 1981) hat einige überraschende Phänomene zum Vorschein gebracht und teils auch erklärt. Einerseits bilden sich Lokalwinde zwischen jedem Gebirge und seinem Vorland, die sich im Frühling in einem tagesperiodischen Wechsel zwischen Hangab- und Bergwind nachts und einem Hangauf- und Talwind tagsüber ausdrücken. Im Sommer dominiert die Tageskomponente mit maximaler Windgeschwindigkeit in den unteren Luftschichten am Nachmittag; im Winter dominiert die Nachtkomponente wobei das Maximum zeitlich wenig fixiert ist. In gewissen Fällen treten ohne Richtungsänderung zwei Maxima der Geschwindigkeit nach Mitternacht und am Nachmittag auf. Auf Höhenstationen dagegen weht der Wind am stärksten in der Nacht. Nun gibt es aber einige Gebiete, wo Lokalwinde unerwartet stark werden oder in Richtung und Tagesgang erheblich von obiger Regel abweichen. Solche Phänomene dürften an manchen Orten bisher noch unentdeckt schlummern, weshalb für jede Grossplanung ein sorgfältiges lokalmeteorologisches Messprogramm durchgeführt werden muss. Schon vor Beginn der CLIMOD-Untersuchung war aus Messungen am Geographischen Institut in Basel bekannt, dass bei Möhlin, wo eine eiszeitliche Endmoräne den Rhein nach Norden abdrängt, die Windgeschwindigkeit besonders bei winterlichen Hochdrucklagen ungewöhnlich stark ist. Auch die Lufthygienestation des städtischen Netzes bei Muttenz zeigt bei Ostwind eine doppelt so hohe Windgeschwindigkeit als das auf einem Hügel gelegene Observatorium, während umgekehrt am Flughafen im Norden von Basel die Windgeschwindigkeit gering ist. Weder auf den Höhenstationen St. Chrischona (510 m, am Westgipfel des Dinkelbergs) noch auf dem Gempfenplateau (710 m) werden so starke Winde gemessen wie in Muttenz. Folgt man rückwärts den Stromlinien, so zeigt sich, dass die Strömung bei Möhlin teils von Waldshut her das Hochrheintal hinunterfließt, teils über die flachen Jurapässe Bözberg und Staffelegg kommt. Der dem

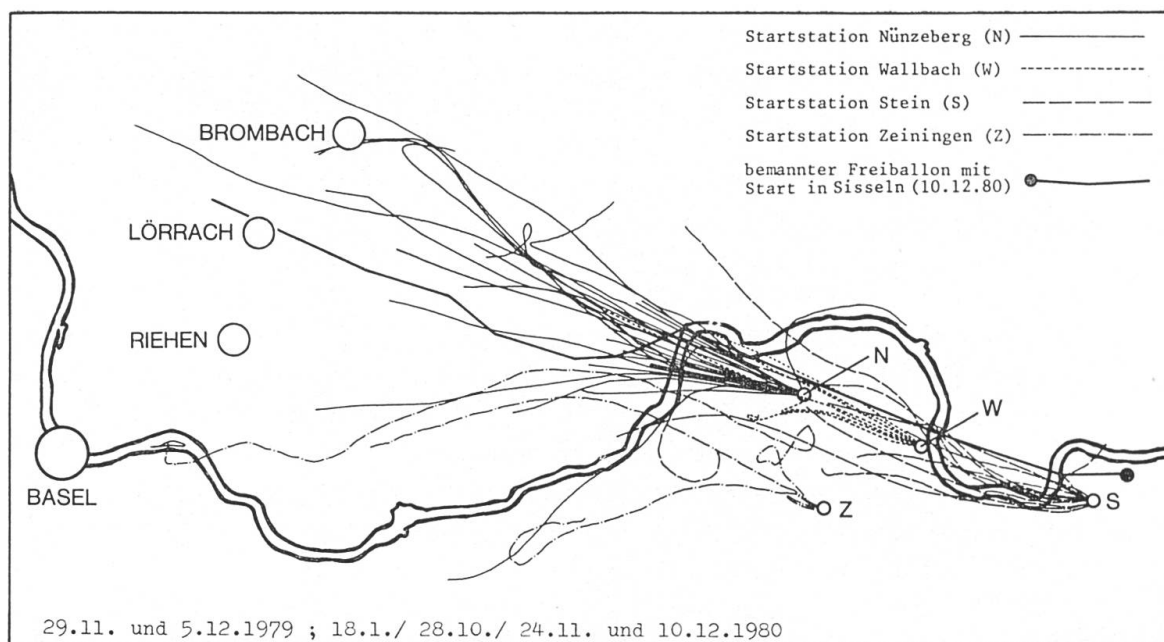


Abb. 8 Schwebeballontrajektorien in 600 bis 800 m. ü. Meer

Schwarzwald vorgelagerte Sporn des Hotzenwaldes einerseits, die Juratafel des Thiersteinberges andererseits führen zu einer schmalen Starkwindzone, deren Energie so gross ist, dass sie von Säckingen–Wallbach–Möhlin–Karsau unbeachtet der Bodengestalt über den Dinkelberg und das Wiesental Richtung Kembs führt, unterwegs sich ausbreitet und verliert. Diese Strömung ist um mehrere Grade kälter und viel häufiger mit Nebel erfüllt als die Luftmassen westlich von Rheinfeldern. Die halb so starken, aber dennoch sehr deutlichen Winde bei Muttenz werden dagegen zur Hauptsache von den höheren Regionen des Jura gespiesen (Salhöchi, Wasserfallen). Diese Trennung der Ströme hat zur Folge, dass nur selten Luft vom Hochrhein oberhalb Säckingen direkt Richtung Basel gelangt. An solchen Windzonen könnte man sich auch die Möglichkeit von Windnutzung vorstellen, hat doch die Strömung einen Energieinhalt von ca. 200 MW kinetischer Energie bei 5 m/sec Windgeschwindigkeit und 800 MW bei 10 m/sec in der Stromröhre. Bemerkenswert ist weiterhin, dass die Quelle dieser «Starkwindzonen» auf der anderen Seite des Jura im Schweizerischen Mittelland liegt. Ein anderes auffälliges Phänomen ist der «Höllentäler-Wind», der besonders nachts und im Winter einen Teil der Stadt Freiburg belüftet und dieses Gebiet mit frischer Luft aus dem Schwarzwald versorgt (O. Harlfinger 1978). Hier genügt offensichtlich die Annahme, dass der Bergwind des Höllentals durch Düsenwirkung lokal verstärkt ist und dann noch einige Kilometer weit in die Tiefebene ausfächert.

Das Windsystem der Oberrheinischen Tiefebene als Ganzes ist noch wenig erforscht. Es fällt aber auf, dass gerade bei meteorologischen Nordlagen der Wind meist nicht aus Norden weht, dass aber die häufigen Nordwinde bei Colmar gleichzeitig mit Nordwinden in Breisach, mit Nordostwind in Belfort und mit

Nordwestwinden in Basel auftreten. Auf dem Feldberg weht an 80% dieser Fälle Wind aus Sektor Ost. *M. Cadez* (1966) hat auf Grund von Beobachtungen in den Jugoslawischen Gebirgszügen ein analoges Verhalten festgestellt – nur hätte man nach seiner Theorie erwartet, dass sich dann im Hochrheintal bis hinunter nach Basel ein Ostwind durchsetzen würde. Tatsächlich weht in Leibstadt in über 50% dieser Fälle Ostwind, aber nur in 20% der Fälle setzt sich dieser Ostwind bis hinunter nach Basel durch – mit zunehmender Höhe allerdings deutlicher, nämlich 30% auf St. Chrischona und 50% auf dem Gempfen. In Anbetracht der zunehmenden industriellen Nutzung dieser Region müssen diese Strömungsverhältnisse noch weiter erforscht werden. Die Aussagen des CLIMOD-Schlussberichtes (1981) beschränkten sich auftragsgemäss auf den schweizerischen Teil dieses Gebietes. Wie weit Dampffahnen von Leibstadt und dem geplanten Werk Schwörstadt ins Wiesental getragen werden, wie weit rheinaufwärts Dampfschwaden von Werken bei Wyhl und Fessenheim reichen können und sich eventuell überlagern, lag ausserhalb dieser Untersuchung.

Dass die Stadt Basel das lokale Windfeld an schwachwindigen Tagen verändert, ist unbestritten, das Ausmass dieser Beeinflussung kann aber kaum gemessen werden. Die Biegung um 80 Grad vom Hochrhein zum Oberrhein wird nur teilweise von den Lokalwinden mit vollzogen. Entgegen der drastischen Bremsung, die die Strömung aus Osten über der Stadt Basel erfährt, wehen die Westwinde am Flughafen und in Muttenz fast gleich stark und werden auch über dem Stadtzentrum selbst nur um ca. 30% vermindert. Überraschend oft liegt die Stadt in einer Zone sprunghafter Änderung der Windrichtung; z.B. nimmt manchmal der Flughafen noch an einer das Elsass beherrschenden Nordströmung teil, während eine hochrheinische Ostströmung schon bis zum Observatorium reicht. Trotz dieser scheinbaren Konvergenz laufen die Nebel aus der Oberrheinischen Tiefebene Richtung Basel häufiger aus, als dass sie sich verstärken. Eine andere nicht seltene Kombination zeigt sich, wenn aus W bis SW milde, feuchte Winde durch die Burgundische Pforte eindringen. Über viele Stunden gelingt es dann oft nicht, eine gut 100 m mächtige kältere Strömung, die von Muttenz dem Rhein nach Norden folgt, zu verdrängen. Diese Erscheinung ist visuell besonders eindrücklich, weil die Westwinde meist sehr klare Luft mit kräftigen Farbkontrasten in die Landschaft bringen, während sich in der träge fliessenden Kaltluft die Pollution (Luftverschmutzung) zu einem dichten Dunst verstärkt.

Das in der Oberrheinischen Tiefebene 1978 gestartete Projekt MESOKLIP wird sicher noch eine Fülle interessanter Details über die Strömungsverhältnisse in der Ebene und ihren Randzonen liefern. Mit abnehmender Höhe der beidseitigen Gebirgszüge erhöht sich die Windgeschwindigkeit in allen Höhenstufen, trotzdem wird aber die Windrichtung über der Rheinebene kanalisiert, so dass die beiden Sektoren rheinaufwärts und rheinabwärts bevorzugt bleiben.

Für die Luftreinheit sind nebst den Massnahmen bei den anthropogenen Emittenten die detaillierten Strömungsverhältnisse bis 300 m über Grund von entscheidender Bedeutung. Wegen der starken Turbulenz mit ständiger Beimischung von Luft aus der Nachbarschaft (resp. Abgabe dorthin) werden Rauch- und Dampfwolken wesentlich langsamer fortbewegt als die gemessene Windge-



Abb. 9 Dunstglocke über Basel bei Westwind

schwindigkeit anzeigt, ja sie können in einer darübergerlegenen, entgegengesetzt gerichteten Strömung wieder über Ort zurückkommen. Dies geschieht häufig zwischen 09 und 11 Uhr, wenn das nächtliche Windsystem zum Tagessystem umkehrt; dann werden auch in Bodennähe die verschmutzten Luftmassen über die Stadt zurückgebracht, so dass am Observatorium um diese Zeit die Anzahl der Kondensationskerne in der Luft ihren Höchstwert erreicht (*M. Bider* 1954). Während bei gewissen markanten Gerüchen der Emittent rasch ermittelt werden kann, ist es nur bei sehr regelmässigen Windströmungen möglich, den Weg von Heizungsabgasen (wie SO_2) und Verbrennungsabgasen aus Motoren wie (NO_x) zu ermitteln (*W. Schüepp* 1975).

Da der Beitrag von Abgasen aus fernen Industriezonen in die Regio sehr klein ist, kann man seit der massiven Einführung von Erdgas an Stelle von Heizöl und Koks eine deutliche Abnahme der Belastung durch SO_2 feststellen (*F. Leuppi* 1972). Ein sehr kalter Winter, dichtere Überbauung der Agglomeration, schlechtere Qualität des Heizöls würden die SO_2 -Werte wieder in die Höhe treiben. Der zunehmende Strassenverkehr hat zu einem erheblichen Anstieg der NO_x -Belastung geführt, die für den Fussgänger häufig die gültigen Grenzwerte überschreitet. Diese Schadgase haben nur einen geringen Einfluss auf die Sichtweite und die Strahlung. Der oft dichte Dunst, der bei windschwachem Wetter fast über allen Niederungen lagert, ist zu einem guten Teil natürlichen Ursprungs; teils besteht er aus hygroskopischen (Feuchte anziehenden) Teilchen, die bei nächtlicher Abkühlung stark anschwellen, teils aus Schwebestaub. Besonders im Frühjahr kann dieser natürliche Dunst die Sichtweite auf ca. 5 km reduzieren, er erzeugt einen blassen, hellen Himmel und schwächt die Sonnenstrahlung bis zu 20%. Die Obergrenze des natürlichen Dunstes ist oft unscharf, und auch von

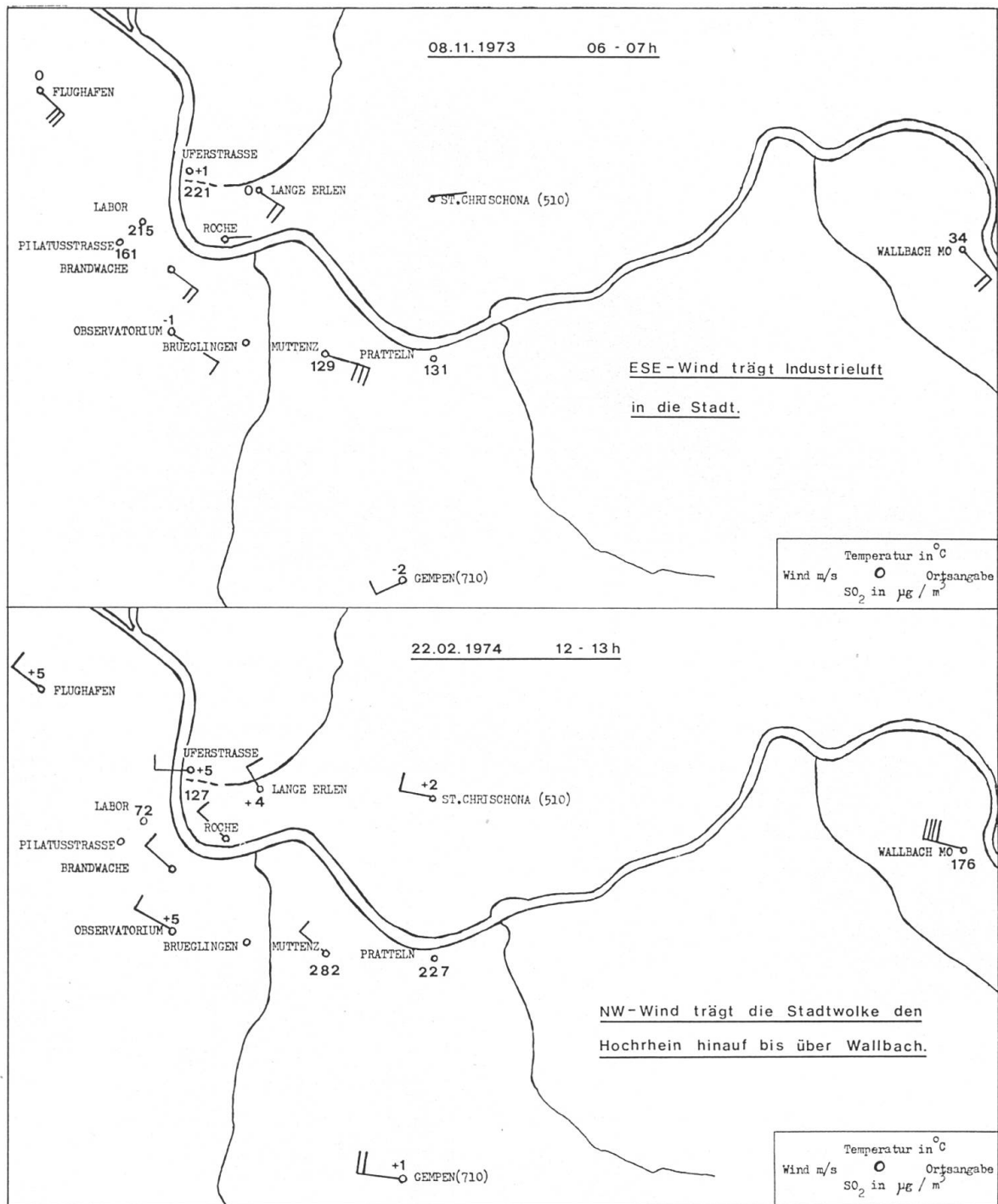


Abb. 10 Belastung der Luft mit SO₂ in Abhängigkeit von Temperatur und Wind.
 8. 11. 1973, 06–07 h Ostwind, kalt, stabile Luftschichtung.
 22. 2. 1974, 12–13 h Nordwestwind, mild, neutrale Luftschichtung

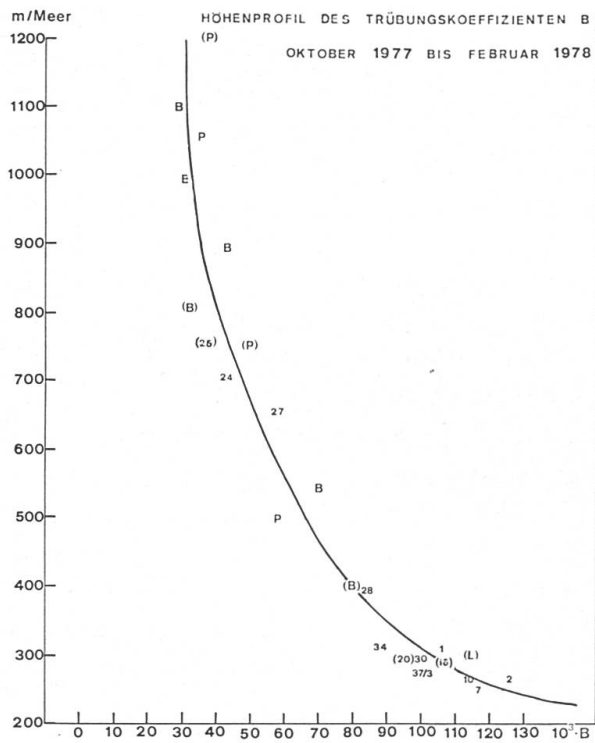
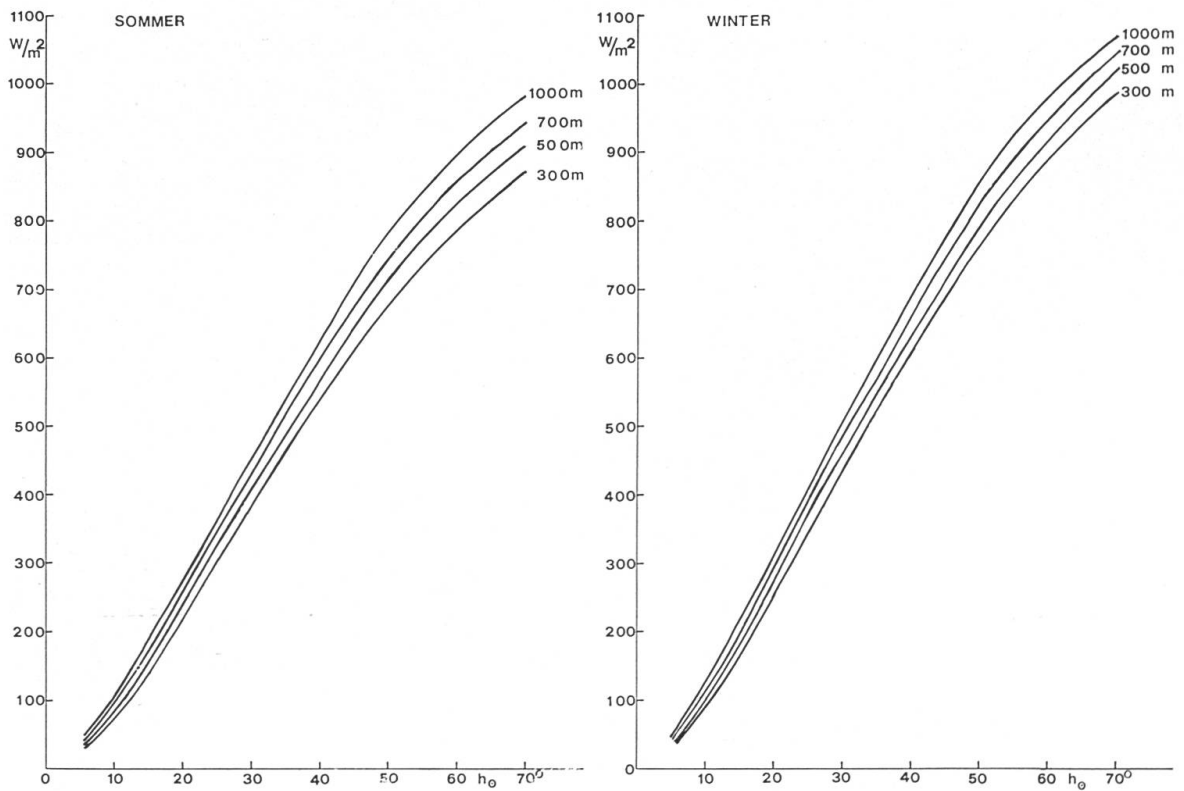


Abb. 11 Höhenprofil von Trübung und Globalstrahlung bei wolkenlosem Wetter



den Gipfeln aus sieht man dann die Alpen nicht. Demgegenüber ist der anthropogene Dunst am stärksten um dicht besiedelte Gebiete, nur wenige 100 m hoch reichend und von auffallend blättriger Struktur. Die nicht sehr zahlreichen «Trübungsmessfahrten», auf welchen die Schwächung der direkten Sonnenstrahlung im Gelb (500 nm) gemessen wurde, zeigen eine rasche Abnahme der Trübung mit der Höhe, aber nur eine geringe Abnahme rheinaufwärts bis Rheinfelden.

An dieser Trübung sind eben nicht nur Industriezentren mit sehr hohem Umsatz aber fortschreitend verbesserten Verbrennungsanlagen beteiligt, sondern auch Kleinheizungen, Motorfahrzeuge, offene Feuerstellen, qualmende Schuttablagerungsplätze, staubaufwirbelnde Strassenbaugeräte und Kiesförderungsanlagen tragen dazu bei. Wie weit aufgewirbelter Staub getragen werden kann, demonstrieren die jährlichen 1 bis 2 Mal auftretenden Wüstenstaubwolken aus der Sahara; dieser Staub konzentriert sich an der Oberfläche von Regentropfen, welche parkierte Autos mit ockergelben Flecken versehen. Sehr weit getragen werden auch Pollen (die z.B. Heuschnupfen und andere Allergien auslösen) und Bakterien aller Art, die aber in wenigen Stunden ihre Vitalität verlieren (*R. Leuschner* 1974). Verglichen mit der Erosion der Bodenoberfläche, besonders bei nicht deckendem Pflanzenbestand, über die *W. Seiler* (1980) berichtete, ist der Beitrag des langsam sich setzenden Schwebstaubes von ca. 50 g/m² im Jahr sehr klein.

Auch die Ausbreitung des Schalles durch die Atmosphäre ist vom Wetter beeinflusst; bei starken Inversionen z.B. spiegeln sich die Schallwellen an der Obergrenze der Kaltluftschicht, so dass Lärm von Autobahn, Güterbahnhöfen und vielen andern Quellen einige Kilometer weit über dazwischenliegende Häuserreihen oder Waldstreifen hinweg getragen werden kann. Diese anomale Schallausbreitung erschwert geeignete Schutzmassnahmen und zwingt, der Schalldämpfung an der Quelle Priorität zu geben.

LITERATUR

- Bider, M.* (1954): Ergebnisse der eininhalbjährigen Registrierungen der Anzahl der Kondensationskerne in Basel. *Geofisica Pura et App.* 29, Basel
- Bider, M.* (1978): Nordöstlicher Jura und Juranordfuss. In: *Klimatologie der Schweiz II*. S.M.A. Zürich. S. 115
- Bider, M.* und *Meyer, A.* (1956): Die Spätfrostzonen von Baselland und Baselstadt. Karte. Eidg. Landestopographie Wabern. Bern
- Cadez, M.* (1966): Über synoptische Probleme im Südostalpinen Raum. 9, *Int. Meteorol. Tagung Alpine Meteorologie*, Zürich, S. 155
- Chappaz, R.* (1975): L'effet du foehn dans la plaine d'Alsace. *Météorologie Nationale Française*, Monographie N° 97, Paris
- CLIMOD-Schlussbericht (1981): Möglichkeiten regionaler Klimaveränderungen durch menschliche Einwirkungen. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern
- Harlfinger, O.* (1978): Schneefall durch Industrieemissionen? In: *Umwelt* 6, Düsseldorf, S. 445
- Leuppi, F.* (1972): Luftuntersuchungen. Amt f. Lufthygiene Basel-Landschaft, Liestal
- Leuschner, R.* (1974): Luftpollenbestimmung in Basel während der Jahre 1969 und 1970. *Verh. Naturf. Ges. Basel* 84, H. 2, S. 521–625
- Moser, H. R.* (1979): Geländeklimatische Untersuchungen auf dem Möhliner Feld. *Met. Rundschau* 32, S. 150–159
- Moser, H. R.* (1983): Die Niederschlagsverteilung und -struktur bei verschiedenen Wetterlagen in der Region Basel. *Physiogeographica* 4 (in Vorbereitung)
- Schirmer, H.* (1973): Die räumliche Verteilung der Bänderstruktur des Niederschlags in Süd- und Südwestdeutschland. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde, Bonn–Bad Godesberg
- Schüepp, W.* (1975): Illustrationen zu grenzüberschreitenden Immissionen im Raume Basel. *Abt. Meteorologie Basel*, Pub. Nr. 17
- Seiler, W.* (1980): Der Einfluss von landwirtschaftlicher Nutzung, Wirtschaftsweise und von verschiedenen Niederschlagsarten auf das Erosionsereignis. *Regio Bas.* 21, S. 186
- Trenkle, H.* (1980): «Das Klima» in Breisgau – Hochschwarzwald. *Verl. K. Schillinger*, Freiburg
- Trenkle, H.* und *v. Rudloff, H.* (1981): Der Schwarzwald. Das Klima im Schwarzwald. *Veröff. Allemannisches Institut Freiburg* Nr. 47
- v. Rudloff, H.*: unveröffentlichte Karte