

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 33 (1992)
Heft: 2

Artikel: Das Mistral-Messnetz : Konzeption, Aufbau und Betrieb
Autor: Kamber, Kurt / Kaufmann, Pirmin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088746>

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 Mistral-Messnetz

Konzeption, Aufbau und Betrieb

Kurt Kamber, Pirmin Kaufmann

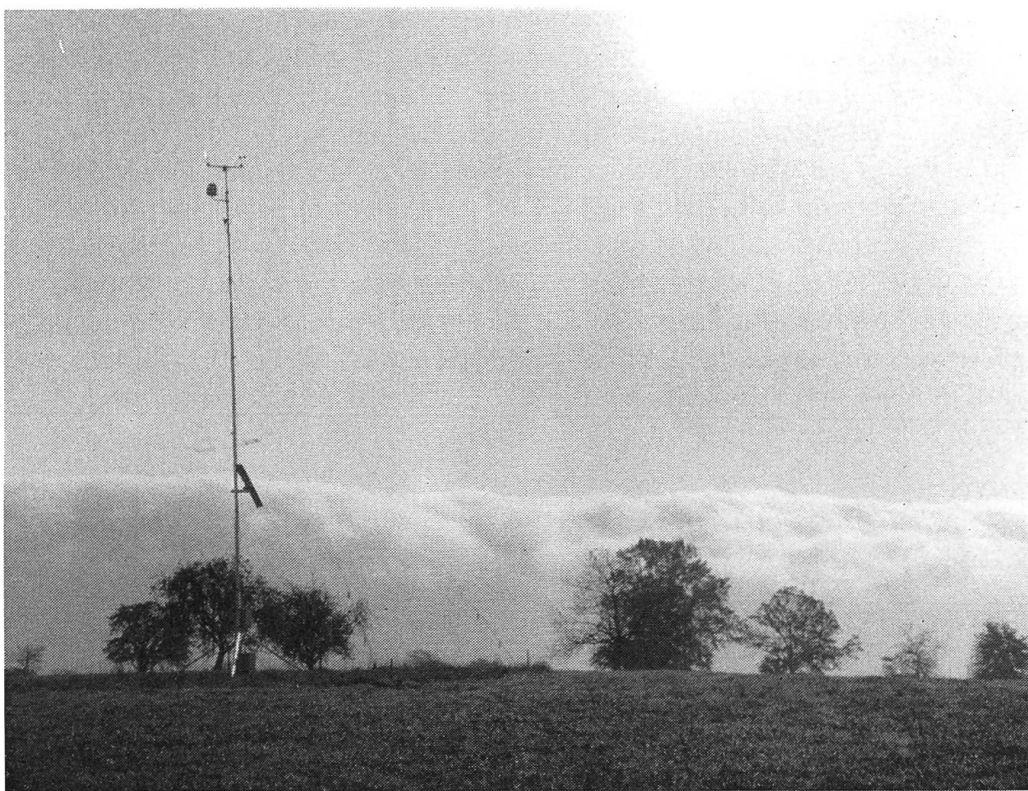


Abb. 1 Die MISTRAL-Station auf dem Dinkelberg, westlich von Wehr, untersucht die Wind-, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse in einer Höhe von 10 m über Boden. Die Stromversorgung wird durch ein Solarpanel sichergestellt. Der Blick nach Osten zeigt eine Nebelschicht, die über den Hotzenwald ins Wehratal hinunterfließt und sich dabei auflöst. Der Nebel im schweizerischen Mittelland – mit einer Obergrenze von 800 m – löst sich im Verlaufe des Nachmittages auf. Vgl. Abb. 4, die das regionale Strömungsbild zum Zeitpunkt dieser Aufnahme dokumentiert (1. November 1991, 10 Uhr). *Bild: SEI*

Adresse der Autoren: Dipl. Geogr. Kurt Kamber, Umweltengineering, Suisselectra Ingenieurunternehmung AG, Hochstr. 48, CH-4002 Basel. Dipl. Natw. Pirmin Kaufmann, Labor für Umwelt- und Systemanalyse, Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI

Zusammenfassung

Das Projekt MISTRAL ist ein schweizerisches Teilprojekt des Regio-Klima-Projektes REKLIP. Das grenzüberschreitende MISTRAL-Messnetz untersucht die Wind-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in der Region Basel. Der Beitrag beschreibt die Ziele des Projektes sowie Konzeption, Aufbau und Betrieb des MISTRAL-Messnetzes. Die systematische Inventarisierung der Luftströmungen und der Ausbreitungsbedingungen von Luftschadstoffen liefert einen wichtigen Beitrag zur Vertiefung der regionalen naturräumlichen Kenntnisse.

1 Einleitung

Das Projekt MISTRAL ist ein schweizerisches Teilprojekt des internationalen Regio-Klima-Projektes REKLIP. Der Projektname MISTRAL, der an den bekannten Lokalwind im südfranzösischen Rhonetal erinnert, leitet sich ab von der Bezeichnung "Modell für Immissionsschutz bei Transport und Ausbreitung von Luftfremdstoffen." Die schweizerischen Teile des Klimaforschungsprojektes REKLIP werden durch die Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt finanziert; der Bund beteiligt sich zu einem Viertel an den Kosten in Form der Mitarbeit des Paul Scherrer Institutes in Villigen.

Das Paul Scherrer Institut (PSI) und die Suisselectra Ingenieurunternehmung in Basel (SEI) arbeiten beim Teilprojekt MISTRAL sehr eng zusammen. Im Aufgabenbereich des PSI liegt die Beschaffung der MISTRAL-Stationen und der wissenschaftliche Teil des Projektes. Der SEI sind der Aufbau und der Betrieb des MISTRAL-Messnetzes übertragen sowie die Mitarbeit bei der Datenaufbereitung und bei den daran anschließenden Untersuchungen. Wissenschaftlicher Projektleiter ist Dr. F. Gassmann vom Labor für Umwelt- und Systemanalyse (PSI). Die Arbeiten der SEI werden durch Herrn O. Schaub geleitet.

2 Das Projekt MISTRAL

Mit dem Projekt MISTRAL werden Entscheidungsgrundlagen zum Schutze der Bevölkerung vor lästigen oder schädlichen Immissionen erarbeitet (Gassmann 1992). Das dafür vorgesehene und zu erarbeitende Modell basiert auf dem über ein Jahr zu betreibenden engmaschigen MISTRAL-Messnetz in der Region Basel. Die Auswertung und statistische Analyse der vielen zeitlich und räumlich hochaufgelösten Windfelder (dreidimensionale Beschreibung der Windverhältnisse) werden den Lufthygienefachstellen Grundlagen zur Evaluation von geeigneten Massnahmen liefern (siehe Beitrag von Moser in diesem Heft). Die mit dem Modell durchführbaren Ausbreitungs- und Transportrechnungen für Luftschadstoffe (siehe Beitrag von Feller in diesem Heft) werden bei regionalplanerischen Entscheiden von hohem Nutzen sein. Das Teilprojekt MISTRAL wird zudem der Umweltforschung starke Impulse verleihen, da viele Forschungsarbeiten auf eine detaillierte Kenntnis des Wind- und Temperaturfeldes angewiesen sind.

Auf der Grundlage des Teilprojektes MISTRAL wird ausserdem eine Demonstrationsanlage entwickelt, die aufzeigt, wie mit Hilfe von aktuellen Winddaten bestimmter MISTRAL-Stationen eine Prognose über die regionale Ausbreitung einer punktförmigen

gen Schadstoffemission durchgeführt werden kann. Ein solches System ist ein wertvolles Hilfsmittel zur Lagebeurteilung im Falle von Störfällen mit Emissionen gas- oder partikelförmiger Luftschadstoffe.

Zur Erfassung des regionalen Windfeldes werden in der Region Basel 48 MISTRAL-Messstationen betrieben. Sie registrieren die Parameter Windgeschwindigkeit, Windrichtung, atmosphärische Turbulenz sowie Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Zusätzlich werden der Fernmeldeturm Chrischona sowie die REKLIP-Station Gempen in das Messnetz integriert, die von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt bzw. vom Geographischen Institut Basel betrieben werden. Die hohe räumliche Dichte der Messstationen zeigt sich darin, dass auf durchschnittlich 20 km² des Untersuchungsgebietes eine Messstation entfällt.

Die MISTRAL-Stationen registrieren mit wenigen Ausnahmen die bodennahen Windverhältnisse. Einige Stationen, wie die Stationen auf dem Blauen, dem Passwang und dem Wisenberg, registrieren dagegen die weniger stark variierenden Windverhältnisse in grösserer Höhe. Zusätzlich zu diesen Messungen werden die Aufzeichnungen von zwei SODAR-Geräten (Lufthygieneamt beider Basel, PSI) in die Untersuchung miteinbezogen. Diese liefern Daten zum vertikalen Verlauf der Wind- und Turbulenzverhältnisse über den Messstandorten bis in Höhen von 300 - 600 m über Grund.

Die durch die Messkampagne gewonnene grosse Datenmenge soll in einem ersten Schritt auf typische regionale Windfelder reduziert werden. Das im Anschluss an diese Arbeiten eingesetzte diagnostische Windfeldmodell wurde bereits im Rahmen eines Nationalfondsprojektes angewendet (*Kaufmann* 1989). In einem weiteren Schritt soll aufgezeigt werden, welche Stationen für die typischen regionalen Windverhältnisse repräsentativ sind. Die systematische Inventarisierung der Luftströmungs- und Ausbreitungsbedingungen bedeutet eine wichtige Vertiefung der regionalen naturräumlichen Kenntnisse (*Kamber* 1986; *Kamber* 1987, 123).

Die MISTRAL-Messkampagne fällt in die erste Betriebsphase des REKLIP-Messnetzes, wodurch eine gegenseitige Anbindung der Projekte gegeben ist. Das REKLIP-Messnetz im mittleren und südlichen Oberrheingebiet untersucht die Energieumsätze an der Erdoberfläche, die für die lokale Ausprägung der Windfelder von grosser Bedeutung sind.

3 MISTRAL-Stationen

Bei den MISTRAL-Stationen handelt es sich um eine gemeinsame Entwicklung des Paul Scherrer Instituts und der Firma Elsys AG in Niederrohrdorf. Die Station besteht aus einem bis 13 m hoch ausziehbaren Teleskopmast aus Aluminium, der mit Stahlseilen abgespannt wird (Abb. 1). Ein Anemometer für die Windgeschwindigkeitsmessung und eine Windfahne für die Windrichtungsregistrierung befinden sich auf einem Ausleger auf der Mastspitze. Thermometer und Hygrometer befinden sich unterhalb der Mastspitze in einem ventillierten Messgehäuse. Der aus Windrichtung und Windgeschwindigkeit berechnete Windvektor wird in kartesische Vektorkomponenten (N- und O-Komponente) zerlegt; die Standardabweichungen der beiden Vektorkomponenten sind ein Mass für die Turbulenzverhältnisse in der Luft.

Die Signale der vier Messfühler werden über einen Zeitraum von 2,5 Minuten gemittelt. Bei diesem kurzen Mittelungsintervall können viele verschiedene meteorologische Phänomene wie Frontdurchgänge, Thermik, Kaltluftabflüsse, Gewitter etc. beobachtet werden. Für spezielle Turbulenzuntersuchungen misst die Station beim Bahnhof Basel SBB mit einem Mittelungsintervall von nur 20 Sekunden. Jede Station ist mit einem Zeitzeichenempfänger ausgestattet, der auf die Frequenz des Senders Mainflingen bei Frankfurt eingestellt ist. Dadurch wird die Zeitsynchronisation der Stationen untereinander sichergestellt, was bei der räumlichen und zeitlichen Verfolgung und Beobachtung von Lokalwindströmungen oder von Frontensystemen äusserst wichtig ist. Zudem entfallen aufwendige Zeitkorrekturen, die bei relativ ungenauen Zeitsystemen sowie kurzen Mittelungsintervallen erforderlich sind.

Die Stromversorgung für den Datenlogger erfolgt bei Vorhandensein eines Netzanschlusses über einen Transformator; bei Feldstationen mit Hilfe eines 0.5 m² grossen Solarpanels. Eine wartungsfreie Batterie sichert die Datenerfassungseinheit vor Stromunterbrüchen und Spannungsschwankungen. Der Stromverbrauch ist mit 1,3 Watt sehr gering.

4 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die beiden Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt, Teile der Kantone Bern, Solothurn und Aargau sowie Grenzgebiete des Département Haut-Rhin (Elsass) und des Bundeslandes Baden-Württemberg. Die Ausdehnung beträgt rund 40 km in West-Ost Richtung und 30 km in Nord-Süd Richtung. Faltenjura, Tafeljura sowie das Schwarzwaldgebirge und das Sundgauer Hügelland kennzeichnen den komplexen orographischen Charakter des Untersuchungsgebietes (Abb. 2). Die markanteste Talandschaft im Untersuchungsgebiet bildet das Hochrheintal im Osten der Stadt Basel. Die wichtigsten Seitentäler des Hochrheintales sind diejenigen der Birs, der Ergolz und der Wiese sowie das Fricktal. Bedeutend für die lokalklimatischen Verhältnisse der Stadt Basel ist der Übergang vom Hochrheintal in den sehr viel breiteren Oberrheingraben.

5 Messnetzkonzept

Die Standorte der Stationen sind u.a. aufgrund folgender Kriterien festgelegt worden:

- Hohe räumliche Repräsentativität einer Station,
- Verdichtung des Messnetzes in Räumen mit starken horizontalen Gradienten der Luftströmungen,
- Erfassung der Windverhältnisse in den grossen Tälern,
- Untersuchung der Zirkulationsverhältnisse eines typischen Nord/Süd-verlaufenden Tales im Tafeljura (Diegtertal) sowie des West/Ost-verlaufenden Ergolztales,
- flächendeckende Bestückung der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt.

Um die Messstandorte optimal festlegen zu können, müsste man die Windsituation im Gebiet bereits kennen. Inventare liegen keine vor, diese sollen mit dem Projekt MISTRAL erst erarbeitet werden. In der Region Basel sind jedoch im Zusammenhang mit der CLIMOD-Studie 1981 (Climate Modification) schon qualitative Untersuchungen an physikalischen Modellen gemacht worden (*Hertig et al. 1981*). Ihre Ergebnisse wurden bei der Standortwahl berücksichtigt.

Stellvertretend für die ähnlich orientierten Täler im Tafeljura wird das Diegtertal untersucht, das auch für die Lufthygiene interessant ist, da hier die Nationalstrasse N2 – eine europäische Transitachse – hindurchführt. Um die lokale Windsituation des Tales in einem Querprofil vollständig zu erfassen, werden vier Windmessstationen benötigt: je eine Station am West- und am Osthang, eine dritte in Talbodenmitte und eine vierte auf der seitlich verlaufenden Tafelfläche. Die beiden vorgelagerten Stationen in der Nähe von Mulhouse und Altkirch dienen u.a. dazu, im Hinblick auf ein Alarmkonzept zu überprüfen, ob diese Stationen vorzeitig Hinweise auf Änderungen der Windverhältnisse in der Agglomeration Basel liefern können.

6 Messnetzaufbau

Nach der Evaluation der Ausrüstung der MISTRAL-Stationen erfolgte noch im Dezember 1989 die Bestellung von 50 Stationen, die im Paul Scherrer Institut von R. Erne für die Aufstellung vorbereitet wurden. Alle der SEI gelieferten Stationen wurden zuerst auf dem Flachdach des Postreitergebäudes beim Bahnhof Basel SBB gruppenweise auf ihre Funktionstüchtigkeit getestet. Dieser Arbeitsschritt hat sich als sehr wertvoll erwiesen.

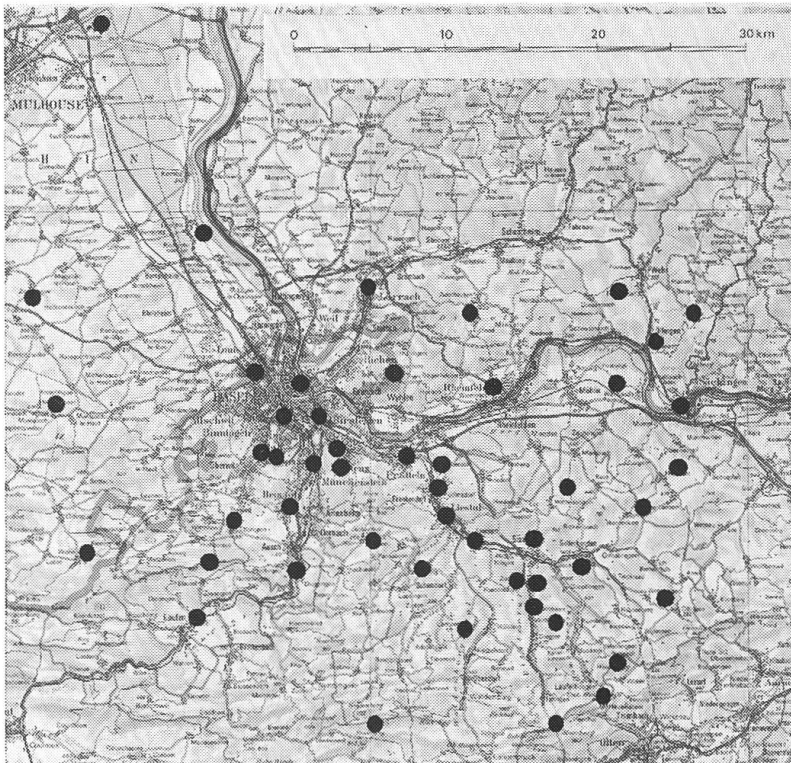


Abb. 2 Das aus 50 Stationen bestehende MISTRAL-Messnetz liefert räumlich und zeitlich hochaufgelöste Grundlagendaten, mit deren Hilfe der Transport und die Ausbreitung von Luftschadstoffen in der Region Basel beurteilt werden kann. (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 15. Januar 1992. Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz 1:300000).

Der Aufbau des Messnetzes gliederte sich in mehrere, z.T. gleichzeitig ablaufende Phasen: Neben der bereits erwähnten Testphase zählt hierzu die Phase der Feldbegehungen zur Standortsuche, die Bewilligungsphase sowie die eigentliche Aufstellungsphase. Parallel zu den erwähnten Phasen erfolgte von Anfang an die Datensichtung der vergleichenden Messungen auf dem Testfeld sowie die Sichtung der Daten der fortlaufend aufgestellten Stationen des Messnetzes. Auf der Grundlage des theoretisch erarbeiteten Messnetzplanes wurden die Standortverhältnisse im Terrain abgeklärt und geeignete Aufstellungsorte eruiert. Dabei sind z.T. kleinere Verschiebungen in der Standortwahl notwendig geworden. Die Abklärungen mit Eigentümern, Verwaltungen und Pächtern sowie mit den Behörden der drei Länder (Kantone, Landkreismänter, Stadtbauämter, Départements, Gemeinden) waren sehr zeitintensiv. Hierzu gehört z.B. auch die Genehmigung von Luftfahrthindernissen in der Nähe von Helikopterlandeplätzen. Die Zollformalitäten für die 11 in Frankreich und in Deutschland aufgestellten Stationen verursachen zusätzliche Kosten und Umtriebe.

Etwa die Hälfte der Stationen konnte auf Flachdächern von Hochhäusern – einige auf Reservoirs, Silos, Turmstandorten und Fernmeldegerüsten – installiert werden; für die Arbeitssicherheit an diesen hoch gelegenen Standorten waren besondere Vorkehrungen erforderlich. Die übrigen Stationen wurden in windoffener Lage im freien Feld aufgebaut. Die Aufbauhöhe variiert zwischen 10 m und 13 m. Der Messnetzaufbau, der im November 1990 begonnen wurde, konnte dank des milden Winters im Mai 1991 erfolgreich abgeschlossen werden. Der Aufbau der Stationen erfolgte durch M. Muntwiler (SEI) mit Hilfe jeweils eines Praktikanten. Als Arbeitshilfe und zur Sicherung der Qualität der Arbeiten wurden von Anfang an detaillierte Checklisten für den Stationsaufbau, für den Stationsunterhalt sowie für weitere spezielle Arbeiten erstellt.

7 Messnetzbetrieb

Einen hohen Stellenwert hat die Protokollierung aller Arbeiten, namentlich des Austauschs von Stationskomponenten oder der Datenauslesung. Dadurch sind nachträglich notwendige Abklärungen, wie z.B. die Verfolgung fehlerhafter Geräte, jederzeit möglich. Auch die Erstellung einer Messnetzdokumentation ist ein wichtiges Arbeitsinstrument für spätere Arbeiten.

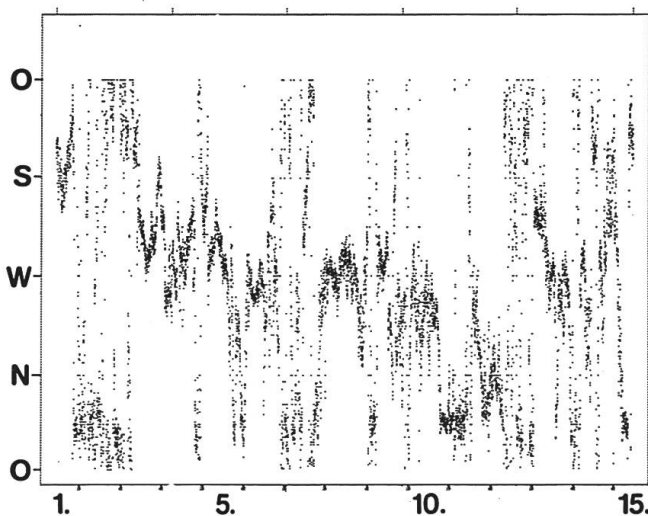


Abb. 3 Punkt-Darstellung der 2,5 Minuten-Mittelwerte der Windrichtung der Station Wehr für den Zeitraum vom 1.- 15. November 1991. Die Aufzeichnungen beginnen am linken Rand mit südlichen Winden. Aufgrund der Erfahrung können fehlerhafte Aufzeichnungen eruiert und bearbeitet werden, so z.B. Fehlaufzeichnungen der Windrichtung infolge von gefrierendem Regen, starkem Schneefall oder elektromagnetischen Störungen.

Die Daten werden auf eine leicht auswechselbare 128 kByte Speicherkarte abgelegt, die nach 20 Tagen vollgeschrieben ist. In einem Intervall von 15 bzw. 20 Tagen besuchen und unterhalten wir die Stationen. Die auf Speicherkarten eingesammelten Daten werden im Büro auf mehrere Datenträger übertragen und gesichert. Die anschließende Datensichtung dient dazu, sich über die Funktion der Stationen ein sofortiges Bild zu verschaffen; gleichzeitig finden mit der Sichtung der Punkt-Darstellungen (Abb. 3) erste Plausibilitätskontrollen statt. Nach der Weiterverarbeitung der Daten mit einem Auswertungsprogramm von C. Baraldi und P. Kaufmann (PSI) wird für jede Station und jede Auslesung ein Datenprotokoll erstellt, das die wesentlichen Feststellungen zu den Messungen enthält.

Für die Winddaten wurde eine zweite Stufe einer Plausibilitätskontrolle entwickelt. Dabei wird das regionale Windfeld in Form von Stundenmittelwerten auf einem Farbbildschirm dargestellt (Abb. 4). Der rasche Bildschirmaufbau erlaubt, die Abfolge der Windverhältnisse zu beobachten und sie aufgrund des Wissens und der Erfahrung zu beurteilen. Gleichzeitig können die komplexen regionalen Windverhältnisse in einem ersten Schritt studiert werden.

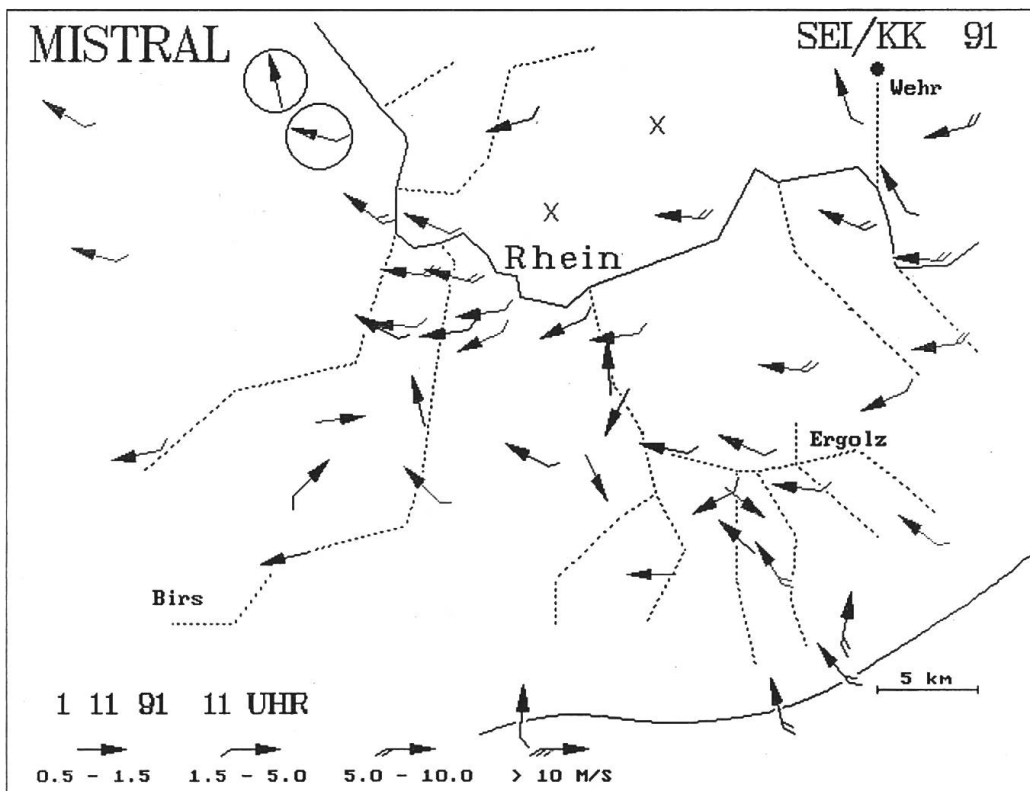


Abb. 4 Darstellung der regionalen Windverhältnisse am 1. November 1991 zwischen 10 und 11 Uhr. Zur Orientierung ist das Gewässernetz eingetragen. Die Standorte der Stationen Kembs und Mulhouse sind nicht lagertreu und deshalb eingekreist dargestellt. Die Stationen auf den Höhen und in den Passlagen des Jurakammes dokumentieren eine deutliche Strömung vom Mittelland ins Baselbiet. Im Hochrheintal sind östliche Winde vorherrschend. Die Grosswetterlage ist indifferent; in grösserer Höhe wehen Westwinde.

Die nach der Datensichtung beim PSI eintreffenden Rohdaten des Messnetzes werden auf eine für das Projekt reservierte Microvax übertragen und auf Magnetband gesichert. Danach werden die Daten auf eine speziell zu diesem Zweck programmierte Datenbank übertragen (Schelders 1990). Der Zugriff erfolgt aufgeschlüsselt nach Monat und nach Messgrösse.

Die Organisation der Daten, die pro Jahr 360 MByte Platz beanspruchen, erfolgt in Keyed-Access-Dateien. Solche Dateien brauchen etwas mehr Speicherplatz, dafür wird die Zugriffszeit stark verkleinert. Die Datenbankprogramme sind in der Sprache "Fortran" geschrieben, die in der Forschung nach wie vor Standard ist. Das ergibt eine hohe Flexibilität im Umgang mit den Daten, die entweder als Tabellen aus der Datenbank extrahiert oder mittels Unterprogrammen in eigenen Anwendungen verwendet werden können.

8 Schluss

Die Erfahrung zeigt, dass aussenstehende Personen den Aufwand zur Durchführung von Messkampagnen sehr häufig unterschätzen. Die korrekte Zusammenstellung der Stationskomponenten, der Aufbau des Messnetzes, der Stationsunterhalt sowie die unbedingt erforderliche Datenverifikation bilden zusammen ein umfangreiches und anspruchsvolles Aufgabenpaket.

Literatur

- Gassmann F. et al. 1992. *Calculation of Immission Fields on the Basis of Measured Wind Fields*. Annex V zum Jahresbericht des Paul Scherrer Institutes (PSI) 1991. CH-5232 Villigen PSI.
- Kamber K. 1986. *Klimaökologische Untersuchungen im Hochrheintal östlich Basel: Lokawettertypen, Ausbreitungsbedingungen, Immissionssituation*. Diplomarbeit am Geographischen Institut Basel.
- Kamber K. 1987. Lokalklimatische Untersuchungen im Hochrheintal vor Basel im Hinblick auf die Luftverschmutzung und damit zusammenhängende Raumordnungsprobleme. *Regio Basiliensis* 28/1+2, 123-131.
- Kaufmann P. 1989. *Anwendungen eines diagnostischen Windfeldmodells auf experimentelle Daten im Gebiet des Limmattals*, unveröff. Diplomarbeit, Paul Scherrer Institut (PSI), CH-5232 Villigen PSI.
- Hertig J., Keller J., Liska P. 1981. *La ventilation régionale dans la vallée du HautRhin, Rhin Supérieur. Résultat de la modélisation physique*. EPFL, Lausanne.
- Schelders Ch. 1990. *REK_LIB, Beschreibung REKLIP/MISTRAL Datenbank und Programm-bibliothek*, unveröff. Manuskript, Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI.