

**METEOROLOGISCHE MESSKAMPAGNE
IM PLANUNGSGEBIET NATIONALPARK KALKALPEN**

ENDBERICHT 1994
(Teil 2)

MAG. GÜNTER MAHRINGER

MAG. MANFRED BOGNER

Anschrift der Verfasser:

Mag. Günter Mahringer
Lärchenauerstr. 57
4020 Linz

Mag. Manfred Bogner
Clementinengasse 2/14
1150 Wien

Der Endbericht Fachbereich METEOROLOGIE 1994 gliedert sich in folgende Teilberichte:

Teil 1: Übersicht über die meteorologischen Daten aus der Region des Nationalparks
Kalkalpen und Dokumentation der Datenkorrektur der Nationalparkeigenen
Meßstationen

Teil 2: Meteorologische Meßkampagne im Planungsgebiet Nationalpark Kalkalpen

Teil 3: Tagesdokumentationen der Wetterlagen, meteorologischen Vorgänge und Kenndaten
in der Region des Nationalparks Kalkalpen

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	3
1. Vorbemerkung	5
2. Methode	6
3. Beschreibung der Meßroute	8
4. Beschreibung der meteorologischen Situation	9
4.1. Gewitterphase	9
4.2. Kaltfrontphase	9
4.3. Nordstauphase	11
5. Ergebnisse der Meßkampagne	17
5.1. Gewitterphase und Kaltfrontphase	17
5.2. Nordstauphase	19
6. Schlußfolgerungen	23
7. Dank	24
8. Literatur	24

Meteorologische Meßkampagne
im Planungsgebiet Nationalpark Kalkalpen

Endbericht 1994

Mag. Günter Mahringer
Mag. Manfred Bogner

ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge der Erforschung typischer meteorologischer Situationen im Planungsgebiet des Nationalparks Kalkalpen wurde im November 1993 eine erste Meßkampagne durchgeführt, um eine detaillierte Aufnahme der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Niederschläge bei einer Nord- bzw. Nordwestwetterlage mit Stau an der Alpennordseite vorzunehmen (Mahringer und Bogner, 1993). Diese Wetterlage stellt innerhalb der klimatischen Gegebenheiten in der Nationalparkregion ein wesentliches Element dar. Durch die oft tagelang anhaltenden starken Niederschläge entsteht ein besonderes starker Einfluß auf die Ökosysteme.

Da nun zu erwarten war, daß auch bei prinzipiell ähnlicher Wetterlage die Verteilung und Intensität der Niederschläge wesentlich durch die Verschiedenheiten der meteorologischen Situationen geprägt sind, wurde von 3. bis 5. Oktober 1994 eine weitere Meßkampagne durchgeführt. Als Ergebnis wurden Anhaltspunkte dafür erwartet, inwieweit sich die in der ersten Meßkampagne gefundenen Muster in den Niederschlagsverteilungen bestätigen, auch wenn die meteorologischen Situationen im Detail unterschiedlich sind. Im Hinblick auf die Planung eines verdichteten Niederschlagsmeßnetzes wurden ferner weitere Aufschlüsse auf geeignete Meßstandorte erhofft.

Die Niederschlagsmengen wurden mittels einfacher Sammelgefäße an 30 Meßpunkten gemessen, die im Zuge von Meßfahrten periodisch in etwa fünfständigem Zeitabstand abgelesen wurden. Die Meßpunkte wurden möglichst gleichmäßig auf verschiedene Expositionen und Höhenstufen verteilt. Weiters wurde darauf Rücksicht genommen, daß möglichst viele der im Zuge der einzugsgebietshydrologischen Untersuchungen betrachteten Einzugsgebiete repräsentativ erfaßt wurden. Zusätzlich zu den Stationen der Meßkampagne standen die ständigen Meßstellen des Nationalparks, der Zentralanstalt für Meteorologie, des Hydrographischen Dienstes und der Ennskraftwerke zur Verfügung.

Die ausgewählte Nordstaulage brachte im Gegensatz zur Meßkampagne 1993 keine besonders großen Niederschlagsmengen und dauerte auch nur einige Stunden. Es ergab sich aber dennoch eine ausgeprägte und als typisch zu betrachtende regionale Niederschlagsverteilung. Diese stimmt in wesentlichen Aspekten mit jener überein, die durch die Meßkampagne 1993 gewonnen wurde. Im Nordbereich von Sengsengebirge und Hintergebirge wurden wesentlich höhere Niederschlagsmengen gemessen als im Süden der Gebirgszüge. Folgende Aspekte, die bereits 1993 als charakteristisch und als auf andere Situationen übertragbar dokumentiert wurden, traten auch diesmal wieder auf:

- Für das gesamte Planungsgebiet des Nationalparks Kalkalpen (Ostteil) gilt, daß bei Nordstaulagen Niederschlagsmengen erwartet werden können, die z.T. beträchtlich über jenen liegen, die in dessen Umgebung auftreten. Besonders exponiert sind die alpinen, teilweise auch die subalpinen Bereiche.
- Regionale Verteilung (Nord-Süd-Querschnitt): Mehrere Wellen entsprechend der Orographie, Maximum an den nördlichsten Gebirgszügen.
- Verstärkte Niederschläge greifen häufig, aber nicht in jedem Fall bis in leeseitige Tallagen über.

In organisatorischer Hinsicht wurde bemerkbar, daß die Durchführung meteorologischer Meßkampagnen leicht an Grenzen stoßen kann. Die Einsätze sind personalintensiv, ihre Durchführbarkeit daher nicht immer gewährleistet. Die Notwendigkeit, aufgrund der notwendigen organisatorischen Vorarbeiten bereits drei Tage vorher die Durchführung der Meßkampagne anzukündigen, birgt die Gefahr von Fehleinschätzungen des Wetterverlaufes. Auch wenn das Ergebnis dieser Kampagne letztlich als zufriedenstellend und interessant bewertet werden kann, hätte man möglicherweise nachträglich eine andere Wettersituation bevorzugt und die Meßfahrten zeitlich anders eingeteilt.

Es ist daher festzuhalten, daß meteorologische Meßkampagnen eine Dauerbeobachtung nicht ersetzen können. Als Unterstützung für die Konzeption und Planung von dauernd registrierenden Meßnetzen können sie aber mit vertretbarem Aufwand wertvolle Erkenntnisse bringen.

1. VORBEMERKUNGEN

Im Zuge der Erforschung typischer meteorologischer Situationen im Planungsgebiet des Nationalparks Kalkalpen wurde im November 1993 eine erste Meßkampagne durchgeführt, um eine detaillierte Aufnahme der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Niederschläge bei einer Nord- bzw. Nordwestwetterlage mit Stau an der Alpennordseite vorzunehmen (Mahringer und Bogner, 1993). Diese Wetterlage stellt innerhalb der klimatischen Gegebenheiten in der Nationalparkregion ein wesentliches Element dar. Durch die oft tagelang anhaltenden starken Niederschläge entsteht ein besonderes starker Einfluß auf die Ökosysteme.

Da nun zu erwarten war, daß auch bei prinzipiell ähnlicher Wetterlage die Verteilung und Intensität der Niederschläge wesentlich durch die Verschiedenheiten der meteorologischen Situationen geprägt sind, wurde im Oktober 1994 eine weitere Meßkampagne durchgeführt. Dabei wurde die Methodik unverändert beibehalten, das Meßnetz jedoch auf die Struktur der Bacheinzugsgebiete im Hinblick auf karsthydrologische Untersuchungen neu konzipiert.

Als Ergebnis wurden Anhaltspunkte dafür erwartet, inwieweit sich die in der ersten Meßkampagne gefundenen Muster in den Niederschlagsverteilungen bestätigen, auch wenn die meteorologischen Situationen im Detail unterschiedlich sind. Im Hinblick auf die Planung eines verdichteten Niederschlagsmeßnetzes wurden ferner weitere Aufschlüsse auf geeignete Meßstandorte erhofft.

2. METHODE

Die Niederschlagsmengen wurden mittels einfacher Sammelgefäße an 30 Meßpunkten gemessen, die im Zuge von Meßfahrten periodisch in etwa fünfstündigem Zeitabstand abgelesen wurden. Die Meßpunkte wurden möglichst gleichmäßig auf verschiedene Expositionen und Höhenstufen verteilt. Weiters wurde darauf Rücksicht genommen, daß möglichst viele der im Zuge der einzugsgebietshydrologischen Untersuchungen betrachteten Einzugsgebiete repräsentativ erfaßt wurden. Parallel dazu wurden mit Handmeßgeräten Lufttemperatur und Wind gemessen sowie Bewölkung und Wettererscheinungen beobachtet. Zusätzlich zu den Stationen der Meßkampagne standen die ständigen Meßstellen des Nationalparks, der Zentralanstalt für Meteorologie, des Hydrographischen Dienstes und der Ennskraftwerke zur Verfügung. Da sich bei der ersten Meßkampagne eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen diesen und den Meßgeräten der Kampagne-Meßstellen ergab, wurde diesmal verzichtet, parallele Meßpunkte einzurichten.

Der Start für die Meßkampagne erfolgte aufgrund der eigenen Prognose der Wetterlage. Es wurde entschieden, die Meßeinrichtungen am Montag, dem 3. Oktober 1994, aufzustellen und in der darauffolgenden Nacht mit den Meßfahrten zu beginnen. Dadurch sollte erreicht werden, daß einerseits auch die vor dem Einsetzen der Nordstauphase erwarteten Fronten erfaßt würden. Zugleich versprach man sich von dem etwas verzögerten Beginn der Meßfahrten, daß sicher die gesamte Nordstauphase mit dem verdichteten Meßnetz beobachtbar sein würde und die Messungen nicht aus organisatorischen Gründen vorher beendet werden müßten. Diese Maßnahme stellte sich im Nachhinein als nicht notwendig heraus, in mancher Hinsicht wurde das Ergebnis dadurch sogar beeinträchtigt.

Stützpunkt für die Meßkampagne war das Forschungszentrum Molln. Die Aufstellung der Meßeinrichtungen wurde am 3.10.1994 um 11.00 Uhr begonnen und um 21.00 Uhr beendet, die Meßfahrten wurden am 4.10.1994 um 03.30 Uhr begonnen und bis 5.10.1994, 12.30 Uhr kontinuierlich durchgeführt. Die gesamte Kampagne dauerten somit 48 Stunden, in denen 7 Fahrten (einschließlich Aufstellung der Meßgeräte) absolviert wurden. Die Route samt den Meßpunkten sind im folgenden Abschnitt dargestellt. Die Lage der Meßpunkte sowie der Dauermeßstellen ist aus Karte 1 zu ersehen.

Die Wahl der Niederschlagsmeßpunkte erfolgte so, daß sich alle Hindernisse unterhalb eines Höhenwinkels von 45° befanden, nur am Meßpunkt 14 Graßalmgraben war dies nicht möglich. Die meisten Punkte lagen relativ windgeschützt, was sich insbesondere bei der (mit den verwendeten einfachen Meßgeräten ohnehin problematischen) Messung fester Niederschläge günstig auswirkt.

3. BESCHREIBUNG DER MEBROUTE

Molln - Bodinggraben - Sulzboden - Krahlalm - Ebenforst - Großer Bach - Jörglalm - Sitzenbach - Hengstpaß - Windischgarsten - Kogleralm - Spering - Effertsbach - Hopfing - Welchau - Molln

Zeit	Meßpunkt	Höhe	MP-Koord.
	1: Forschungszentrum Molln	425m	68, 51910 / 30590
	2: Klausgraben. Bei der Einmündung der Klausgrabenstraße	539m	69, 52665 / 29905
	3: Blumauer Alm, am Almboden	780m	69, 52650 / 29474
	4: Blöttenbach Kehre mit Abzweigung zum Umkehrplatz	1160m	69, 52495 / 29546
	5: Sulzboden, Waldlichtung	1260m	69, 52702 / 29580
	6: Krahlalm, am Almboden	702m	69, 52980 / 29385
	7: Messerer, auf Wiese nach dem Hof	580m	69, 52845 / 29730
ca. 2 Std.	8: Kehre Göritzstraße, ca. 880m	880m	69, 52915 / 29730
	9: Ebenforst. Kurz nach Erreichen der Freifläche	1050m	69, 53155 / 29677
	10: Großer Bach Abzw. Wasserboden	455m	69, 53522 / 29868
ca. 3 Std.	11: Haus nach Großer Klause, Kote 488m	485m	69, 53585 / 29640
	12: Annerlsteg, vor der Brücke	515m	69, 53647 / 29392
	13: Graßlalmgraben, Gabelung Jörglgraben bei Brücken	568m	69, 53513 / 29308
ca. 4 Std.	14: Jörglalm.	800m	69, 53250 / 29436
	15: Sitzenbachhütte, ca. 400m bachaufwärts	900m	99, 53305 / 29045
	16: Steinfeldnerreut-Dörfmoaralm-Langfirst, beim Schranken	1150m	99, 53200 / 28835
	17: Hengstpaß, links hinter NP-Hütte b. Zaun	990m	99, 53470 / 28550
ca. 5 Std.	18: Rosenau, links d. Straße vor dem von links einmündenden Bach östlich des Ortes	715m	99, 53033 / 28680
	19: Teufelskirche, Freifläche bei Weggabelung kurz davor	555m	68, 51520 / 29435
	20: Kogleralm	1280m	68, 51970 / 29370
ca. 6 Std.	21: Traunfried, Wiese nahe Hof	500m	68, 51258 / 29742
	22: Spering 1 - Kehre bei Höhe 1070m	1070m	68, 51458 29758
	23: Spering 2 - Linkskehre auf 1320m (Steilgelände, Stromleitung geht in den Boden)	1320m	68, 51550 / 29620
ca. 7 Std.	24: Anstandmauer: bei Abzweigung	935m	68, 51675 / 29757
	25: Brauneben: Wiese in Linkskehre unterhalb	750m	68, 51620 / 29825
	26: Dirngraben, Brücke bei Kote 487m, linkes Bachufer / rechte Straßenseite bei Regulierungswehr	487m	68, 51825 / 30114
ca. 8 Std.	27: Hopfing, Abzweigung Polzgrabenstraße	555m	68, 51922 / 29882
	28: Pichlerwiese, bei Abzweigung	880m	68, 52133 / 30058
	29: Ramsauer Größtenberg, Abzweigung südöstlich	900m	68, 52263 / 29870
	30: Welchau, Wiese nahe Forsthaus	530m	68, 52385 / 30105
ca. 9 Std.	Rückkehr nach Molln		

4. BESCHREIBUNG DER METEOROLOGISCHEN SITUATION

Die meteorologische Situation während der Meßkampagne von 3. bis 5. Oktober 1994 war von einer Anzahl verschiedener Erscheinungen geprägt. Am 3. Oktober lagerte warme, feuchte und labil geschichtete Luft über den Ostalpen. Die Höhenströmung war südwestlich. Die Nullgradgrenze lag in Höhen um 3000m, in 1500m lag die Temperatur um 10°C. Bereits in den Morgen- und Vormittagsstunden bildeten sich in dieser Luftmasse einige Regenschauer aus. Während des Nachmittags blieb es dann stärker bewölkt, es regnete aber im Untersuchungsgebiet zunächst nicht.

4.1. Gewitterphase: 03. Oktober 1994, 16 bis 23 Uhr

Erst zwischen 16 und 17 Uhr setzten wieder Regenschauer ein, wesentlich heftiger als zuvor, teils mit Gewittertätigkeit verbunden. An den Meßstationen Schoberstein, Feuerkogel, Windischgarsten und Zöbelboden wurden im Zusammenhang damit Erscheinungen beobachtet, die auch für Kaltfrontdurchgänge typisch sind: der Luftdruckfall ging in Druckanstieg über, die Temperatur sank um etwa 6°C, Windböen traten auf. Die Regenschauer wurden rasch wieder schwächer und hörten bis 22 Uhr fast überall wieder auf. Der Luftdruck begann rasch wieder zu fallen. Dieses Ereignis kann trotz verschiedener Anzeichen nach genauer Analyse noch nicht als der eigentliche Kaltfrontdurchgang bezeichnet werden. Die Abkühlung ging hauptsächlich darauf zurück, daß der Luftmasse durch den starken Niederschlag Verdunstungswärme entzogen wurde, es erfolgte aber kein wirklicher Luftmassenwechsel. Es war keine nachhaltige Winddrehung und kein anhaltender Druckanstieg zu beobachten.

Die typische Niederschlagsverteilung dieser Phase ist auf dem Wetterradarbild vom 3.10.1994, 18:55 Uhr (Abb. 1) zu erkennen. Man erkennt im Osten und im Westen des Untersuchungsgebietes großflächige Zellen mit Niederschlag, dazwischen liegt eine Zone mit schwächerem Regen. Derartige Zellen wanderten während der gesamten Gewitterphase von Westsüdwesten her über das Gebiet. Kurzzeitig und kleinräumig traten auch noch höhere Niederschlagsintensitäten auf. Dies resultierte in einer durchwegs hohen Niederschlagsmenge, wobei kleinräumig beträchtliche Unterschiede zu beobachten waren (Besprechung der Ergebnisse siehe Kap. 5.1.).

4.2. Kaltfrontphase: 04. Oktober 1994, 00 bis 06 Uhr

Der Durchgang der Kaltfront aus Westnordwest erfolgte erst nach Mitternacht (d.h. bereits am 4. Oktober 1994). Vor allem im Zeitraum zwischen 2 und 4 Uhr gab es wieder stärkeren Regen, die Niederschlagsmengen blieben aber wesentlich geringer als jene der vorabendlichen

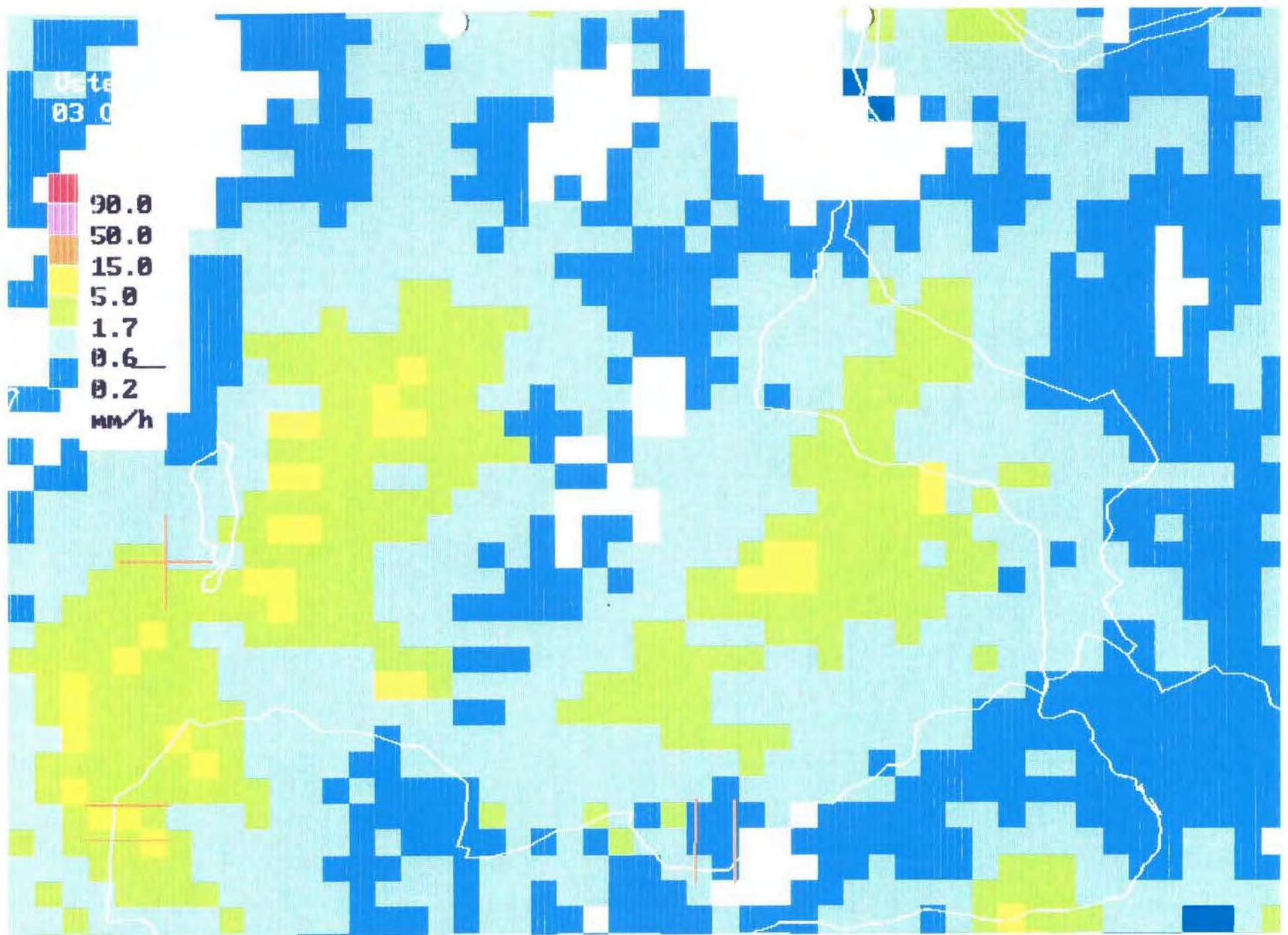


Abb. 1: Wetterradarbild vom 3.10.1994, 18:55 Uhr, (Gewitterphase). Quelle: Austro Control, Flugwetterdienst.

Gewitter. Die Temperatur sank in diesem Zeitraum um weitere 2 bis 3°C, der Luftdruck begann wieder zu steigen, diesmal für mehrere Tage. Die Strömung, die zuvor mit kurzen Unterbrechungen auf Südwest verblieben war, drehte endgültig auf Westnordwest.

Auf dem Wetterradarbild vom 4.10.1994, 03:35 Uhr (Abb. 2) ist das Niederschlagsband der Kaltfront deutlich zu erkennen. Die Niederschläge sind insgesamt wesentlich schwächer als in der Gewitterphase. Im Norden des Gebietes erscheinen sie großflächiger und intensiver. Obgleich dies nur eine Momentaufnahme ist, bestätigt sich dieser Eindruck auch bei der Betrachtung der Niederschlagsmessungen (vgl. Kap. 5.1.).

4.3. Nordstauphase: ab 04. Oktober 1994, 07 bis 16 Uhr

Die mit dem Kaltfrontdurchgang verbundenen Regenfälle hörten zwischen 4 und 5 Uhr weitgehend auf. Aufgrund der erwähnten Drehung der Höhenströmung konnte nun der Beginn der Nordstauphase erwartet werden. Die Abb. 3 und 4 zeigen die Satellitenbilder von METEOSAT aus dieser Phase. Sie wurden vom Flugwetterdienst der Austro Control GmbH zur Verfügung gestellt.

Im Infrarot- (IR-) Bild (Abb. 3) wird die Strahlung vom Wettersatelliten im Spektralbereich des Thermischen Infrarot aufgenommen. Die Grau- und Farbstufen sind daher als Temperaturen der strahlenden Oberflächen zu interpretieren. Bei wolkenfreiem Himmel ist dies die Erdoberfläche. Bei bewölktem Himmel strahlt die Obergrenze der Bewölkung, die entsprechend der Temperaturschichtung in der Atmosphäre üblicherweise eine tiefere Temperatur aufweist als die Erdoberfläche. Im IR-Bild erscheinen bewölkte Gebiete daher meistens heller, die Bereiche mit den tiefsten Temperaturen sind in Falschfarbendarstellung hell eingefärbt. Bei bekanntem vertikalem Temperaturprofil kann aus dem Grau- bzw. Farbwert des Bildes auf die Höhe der Wolkenobergrenze geschlossen werden, wobei sich bei Inversionen sowie sehr dünnen und durchbrochenen Wolkenschichten Fehlinterpretationen ergeben können.

Das Bild im sichtbaren Spektralbereich (VIS), Abb. 4, stellt das von der Oberfläche reflektierte sichtbare Sonnenlicht dar. Diese Bilder sind daher nur für Zeiten mit ausreichend hohem Sonnenstand verfügbar. Sie zeichnen sich durch eine höhere horizontale Auflösung aus (über Mitteleuropa ca. 4 km). Kompakte Bewölkung von großer Vertikalerstreckung erscheint weiß, während dünne, durchscheinende Bewölkung nur wenig Licht reflektiert und grau bzw. eingefärbt erscheint. In wolkenfreien Bereichen kann man verschiedene Oberflächentypen (Land, Wasser, Schnee, Wüsten etc.) grob unterscheiden. Für die meteorologische Interpretation ist eine vergleichende Betrachtung beider Bildarten am ergiebigsten.

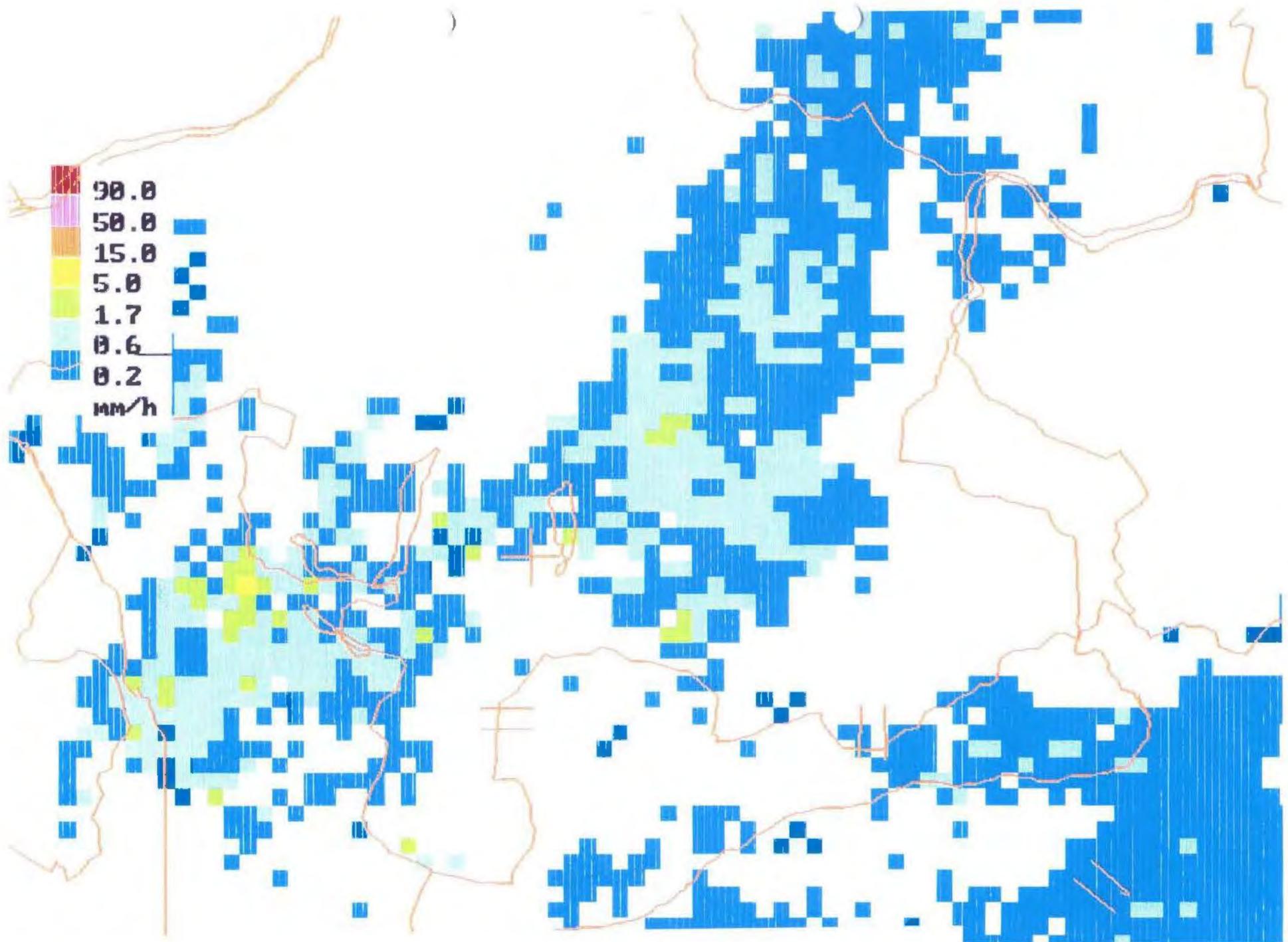


Abb. 2: Wetterradarbild vom 4.10.1994, 03:35 Uhr, (Kaltfrontphase). Quelle: Austro Control, Flugwetterdienst.

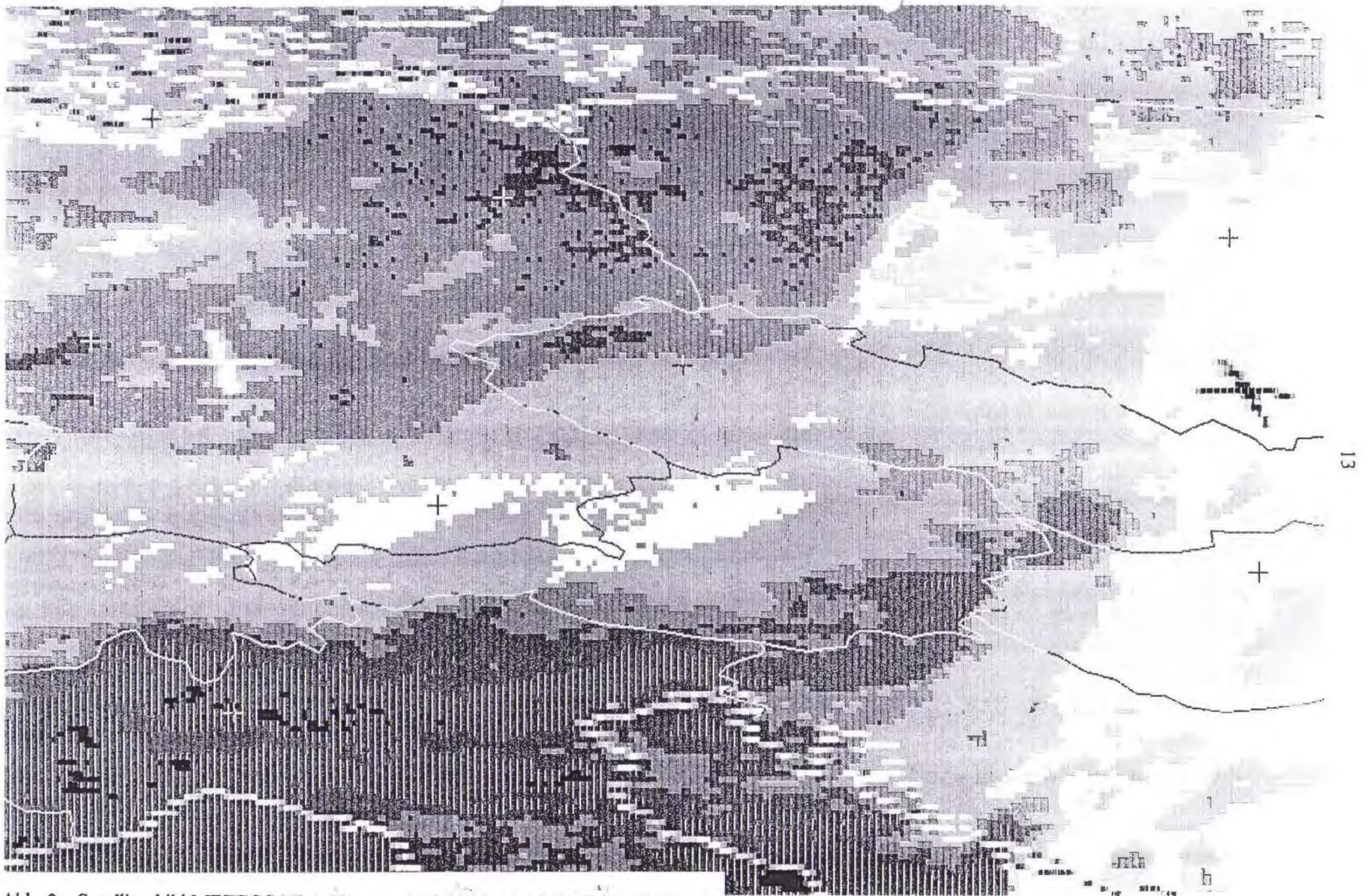


Abb. 3: Satellitenbild METEOSAT 4, IR, vom 4.10.1994, 09:30 UTC (10:30 MEZ)

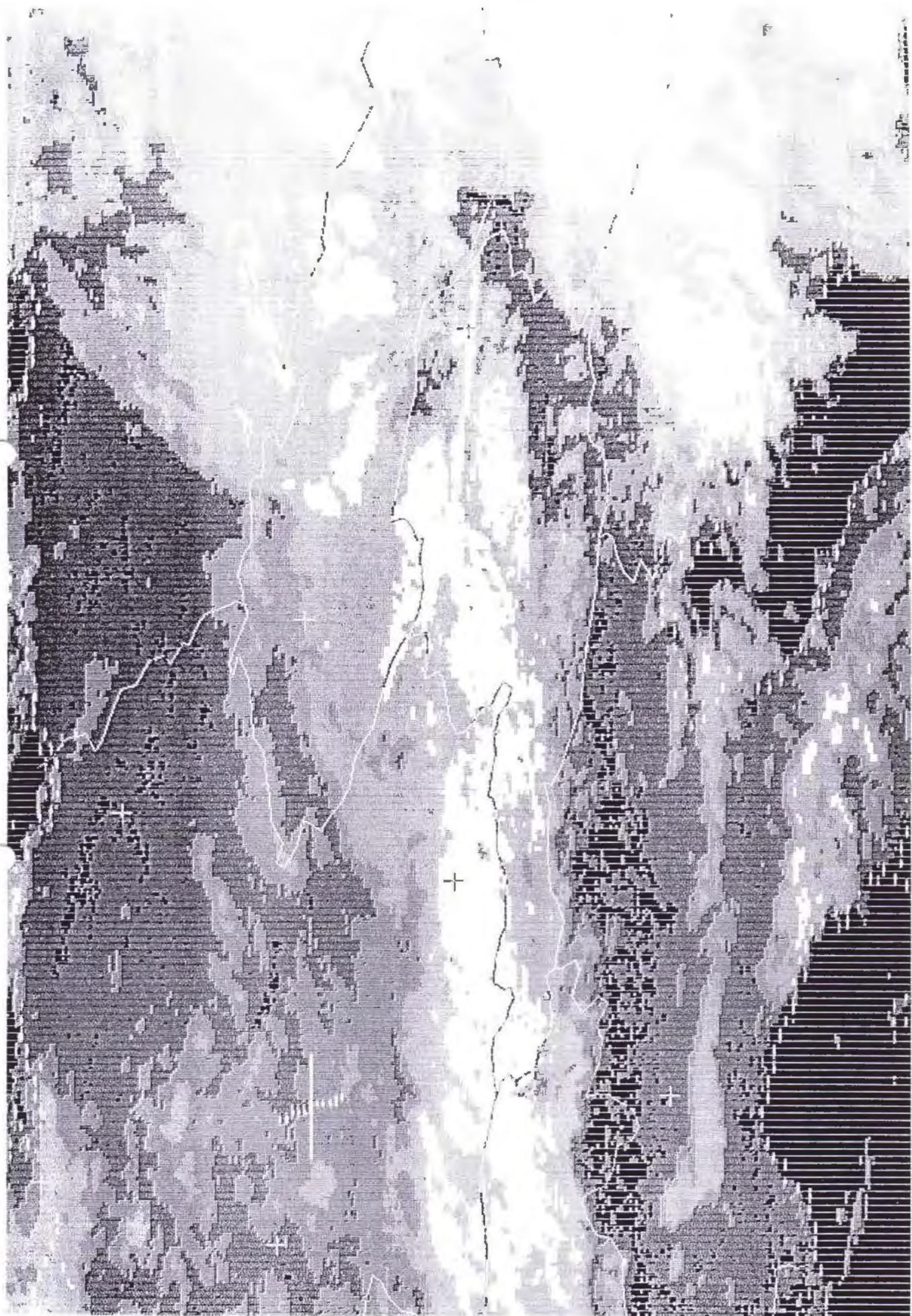


Abb. 4: Satellitenbild METEOSAT 4, VIS, vom 4.10.1994, 09:00 UTC (10:00 MEZ)

Die Satellitenbilder vom 4. Oktober 1994, 09:30 UTC (entspricht 10:30 MEZ) zeigen die Bewölkung der in der vorangegangenen Nacht durchgezogenen Kaltfront bereits über Polen, der Slowakei, Ungarn und dem früheren Jugoslawien. Entlang der Alpen und in einem Streifen nördlich davon liegt ebenfalls dichte Bewölkung (VIS - Abb. 4), die aber weniger hochreichend ist (IR - Abb. 3). Die Wolkenobergrenze lag etwa in München (durch ein kleines Kreuz markiert) bei etwa 4000m. Südlich der Alpen ist es nur gering bewölkt. Diese Bewölkungskonfiguration ist für Nordstaulagen typisch.

In der konkreten Situation führten mehrere Faktoren dazu, daß es trotz der geschlossenen Bewölkungsschicht keine langanhaltenden starken Niederschläge entlang der Alpennordseite gab:

- Wenig Feuchtenachschub. Dies ist in Abb. 3 und 4 daran zu erkennen, daß über Deutschland nördlich des 49. Breitengrades nur noch sehr wenig Bewölkung vorhanden war.
- Keine sehr starke Strömung. In 1500m Seehöhe herrschten mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 20 und 30 km/h, zu wenig, um durch erzwungene Hebung der Luft am Gebirge größere Niederschlagsmengen hervorzurufen.
- Geringe vertikale Mächtigkeit der Nordwestströmung. Bereits in 3000m herrschte Westwind. Damit war nur ein geringer hebungsinduzierender Winkel zwischen Strömung und Gebirge gegeben.

Aus diesen Gründen gab es nach dem Durchzug der Kaltfront nur noch kurzdauernde, nicht besonders ergiebige Niederschläge. Dies ist auch im Wetterradarbild vom 4.10.94, 08:35 Uhr (Abb. 5) zu erkennen. Im Westen sind etwas großflächigere Niederschlagsgebiete zu erkennen, die Intensität der Niederschläge ist aber auch dort schwach. In der Nationalparkregion werden nur einzelne Niederschlagszellen erfaßt. Hier ist allerdings zu beachten, daß die Region relativ weit von den Radarstationen entfernt liegt. Durch die Geometrie der Abtastung werden tiefere Schichten unterhalb von 3000m schlecht erfaßt. In der Nordstauphase erfolgte aber die Niederschlagsbildung zumindest größtenteils in diesen tieferen Schichten, sodaß die Niederschläge nur lückenhaft abgebildet werden.

Trotz der schwachen Niederschläge ist es von Interesse, die Niederschlagsverteilungen detailliert zu untersuchen. Wie im folgenden gezeigt wird, sind die Ergebnisse sogar sehr eindrucksvoll, was den Unterschied zwischen der Nord- und der Südseite der betrachteten Gebirge betrifft (Kap. 5.2.).

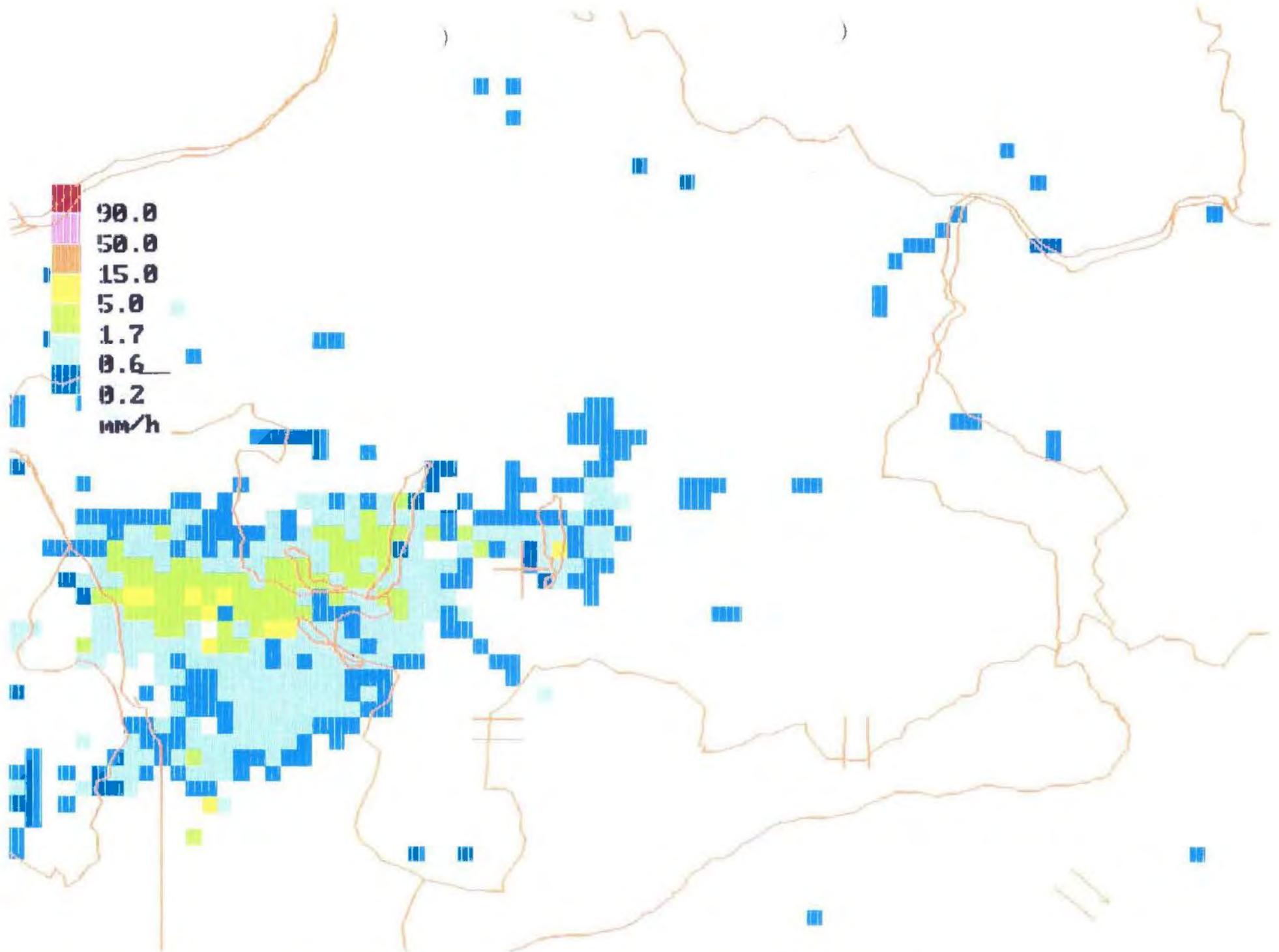


Abb. 5: Wetterradarbild vom 4.10.1994, 08:35 Uhr, (Nordstauphase). Quelle: Austro Control, Flugwetterdienst.

5. ERGEBNISSE DER MESSKAMPAGNE

5.1. Gewitterphase und Kaltfrontphase: 3. Oktober 1994, 16 Uhr, bis 4. Oktober, 6 Uhr

Phasen mit Regenschauern und Gewittern zeichnen sich häufig dadurch aus, daß die Niederschlagsmengen trotz der manchmal kurzen Dauer hoch sein können und auch innerhalb weniger Kilometer stark variieren. Die Niederschläge entstehen durch sogenannte "konvektive Prozesse", also durch Hebungen, die in einer labilen Luftmasse bei genügend Feuchtigkeit durch die dabei frei werdende Kondensationswärme aufrecht erhalten werden. Diese Vorgänge wirken mit dem Gelände nicht in jener direkten Weise zusammen, wie dies für Nordstaulagen gilt. Es gibt daher auch keine für solche Situationen "typischen" Verteilungen, die anhand eines Einzelereignisses aufgezeigt werden können.

An den Meßpunkten 1 bis 15 der Meßkampagnen wurden die Meßgefäße erst während der Gewitterphase aufgestellt. Die erste Meßfahrt mit Ablesung der Geräte erfolgte erst nachdem auch die Kaltfront das Gebiet überquert hatte. An einigen Meßpunkten wiederum erfolgte die Ablesung erst nach Beginn der Stauphase. Daher liegen getrennte Werte für die Gewitterphase und die Kaltfrontphase nur von 6 dauerregistrierenden Meßstationen (Schoberstein, Zöbelboden, Hinterer Rettenbach, Klaus, Windischgarsten, Mooshöhe) vor. Diese Meßwerte sind in Tab. 1 zusammengestellt. Von allen anderen Stationen und den Meßpunkten der Kampagne werden die Ergebnisse als Summen von Gewitterphase und Kaltfrontphase dargestellt (Karte 2). Dabei wurden für die erwähnten Stationen 1 bis 15 die vor der Aufstellung der Geräte gefallenen Niederschlagsmengen durch ein Gebietsmittel angenähert, das aus den dauernd registrierenden Stationen gewonnen wurde. Diese Methodik erlaubt keine exakte Rekonstruktion der tatsächlich gefallenen Niederschläge, sondern soll nur eine qualitative Vergleichbarkeit aller Meßwerte herstellen. Die Werte der Meßpunkte, die erst nach Beginn der Stauphase abgelesen wurden, konnten dank der geringen Niederschläge nach Durchzug der Kaltfront durch einen geringfügigen Abzug relativ exakt korrigiert werden.

Tab. 1 zeigt, daß an den dauernd registrierenden Stationen während der Gewitterphase innerhalb weniger Stunden Niederschlagsmengen zwischen 8 und 17 mm gemessen wurden. Während der Kaltfrontphase fiel im Norden des Gebietes (Klaus, Schoberstein, Zöbelboden) wesentlich mehr Niederschlag als im Süden (Hinterer Rettenbach, Windischgarsten, Mooshöhe).

Tab. 1: Niederschlagsmeßwerte (mm bzw. Liter / m²) der Meßkampagne. Vor Gewitter: 3.10.1994, 7 bis 16 Uhr. Ubrige Phasen siehe Text. Stationen: 2 bis 32: Meßstellen der Meßkampagne. NP: Nationalpark-Dauermeßstellen, HD: Hydrographischer Dienst, ZA: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, EKW: Ennskraftwerke.

Meßpunkt	vor Gewitter (3.10.1994, 7-16 Uhr)	Gewitter	Kaltfront	Gewitter + Kaltfront (k=korrigiert)	Stau (? = unsichere Werte)
2 Klausgraben		7,1		k 21,4	0,8
3 Blumauer Alm		12,1		k 24,1	0,7
4 Umkehrplatz		9,2		k 21,7	0,8
5 Sulzboden		9,6		k 22,3	1,8
6 Krahlalm		6,8		k 20,4	0,7
7 Messerer		10,5		k 22,0	0,4
8 Göritz Kehre		9,7		k 20,9	0,3
10 Ebenforst		13,6		k 23,5	1,3
11 Wasserboden		17,7		k 25,9	1,1
12 Große Klause		19,0		k 26,7	1,3
13 Annerlsteg		18,0		k 25,1	1,1
14 Graßlalmgraben		13,0		k 19,5	? 0,7
15 Jörglalm		18,0		k 23,4	1,0
16 Sitzenbachhütte		25,3		25,3	0,3
17 Steinfeldnerreut		30,2		30,2	0,1
18 Hengstpaß		21,5		21,5	0,1
19 Rosenau		31,2		31,2	0,1
20 Teufelskirche		22,2		22,2	1,3
21 Kogleralm		22,2		k 21,8	? 0,5
22 Traunfried		22,5		k 22,0	? 0,6
23 Spring 1080m		22,6		k 21,9	? 0,9
24 Spring 1320m		21,1		k 20,3	? 0,9
25 Anstandmauer		24,0		k 23,0	
26 Brauneben		21,1		k 20,1	
27 Dirngraben		15,2		k 14,5	
28 Hopfing		16,8		k 16,0	
29 Pichlerwiese		17,9		k 17,0	
30 Ramsauer Größt.		29,0		k 28,0	
32 Welchau		21,4		k 20,4	
Mooshöhe EKW		8,2	1,2	9,4	0,2
St. Pankraz HD		23,8		k 21,4	
Klaus EKW	2,4	17,1	7,0	24,1	1,3
Jaidhaus HD		18,0		k 15,0	
Molln HD		21,8		k 18,8	0,4
Schoberstein NP	3,4	14,4	5,0	19,4	0,8
Reichraming		17,6		k 14,6	
Bodinggraben HD		34,2		k 31,2	1,0
Ht. Rettenbach NP	1,3	16,7	4,0	20,7	0,5
Zöbelboden NP	1,6	12,2	5,4	17,6	0,6
Unterlaussa HD		18,1		k 16,5	0,7
Windischg. ZA	1,6	15,2	2,5	17,7	
Windischg. HD		22,8		k 21,2	0,1
Klein Pyhrgas HD		24,0		k 22,4	
Kleinreifling HD		25,3		k 22,3	0,5
Feuerkogel ZA	3,9	16,5	10,6	27,1	1,9
Liezen HD	3,6	11,7	1,0	12,7	0,0
Wildalpen	6,1	9,7	2,5	12,2	0,4

Die Niederschlagssummen von Gewitter- und Kaltfrontphase sind in Karte 2 dargestellt. Die Verteilung wird durch die Niederschläge der Gewitterphase dominiert. Es kann angenommen werden, daß an einigen Meßpunkten (z.B. Rosenau und Steinfeldnerreut im Süden des Gebietes) die Mengen während der Gewitterphase um oder über 25 mm lagen, da die Summe von Gewitter- und Kaltfrontphase über 30 mm betrug und in diesem Gebiet die Niederschläge während des Kaltfrontdurchganges bei maximal 4 mm lagen. Im Norden des Gebietes traten an den Stationen Bodinggraben und Ramsauer Größtenberg sowie im Bereich Große Klause die höchsten Werte auf, vermutlich über 20 mm. Die Unterschiede in den Niederschlagsmengen während gewittriger Wetterphasen, die oft innerhalb weniger Kilometer beträchtlich sind, können nicht durch Geländeeinflüsse erklärt werden. Daß während der Kaltfrontphase im Norden mehr Niederschlag fiel als im Süden, entspricht den Erwartungen, wenn man bedenkt, daß die Strömung bereits eine schwache nördliche Komponente aufwies.

5.2. Nordstauphase: ab 04. Oktober 1994, 07 bis 16 Uhr

Wie bereits im Abschnitt 4.3. erwähnt wurde, fielen die Niederschläge während der Nordstauphase sowohl hinsichtlich ihrer Intensität als auch ihrer Dauer eher gering aus. Die Meßwerte sind in Tab. 1 zusammengestellt. Bei einigen Stationen mußte eine geringfügige Korrektur angebracht werden, da die Ablesezeit nicht genau zwischen dem Ende der Kaltfrontphase und dem Beginn der Stauphase lag. Aus dem gleichen Grund sind die Werte der Meßpunkte 22 bis 25 mit größeren Unsicherheiten verbunden, für die Meßpunkte 26 bis 32 konnten aufgrund der späten Ablesezeit keine plausiblen Werte rekonstruiert werden. Die Werte der Stationen des Hydrographischen Dienstes sind unter der Annahme verwendbar, daß die Ablesungen gewissenhaft und zur vorgeschriebenen Zeit um 7 Uhr durchgeführt wurden. Dies dürfte meist der Fall sein, bei einigen wenigen Stationen scheinen in den Protokollen allerdings Werte auf, die daran zweifeln lassen. Diese Daten wurden nicht verwendet.

Das Ergebnis ist in Karte 3 dargestellt. Bei seiner Bewertung sind besonders die Abweichungen und Übereinstimmungen zwischen dem untersuchten Fall und der Vergleichssituation, der Meßkampagne 1993, von Interesse (vgl. Mahringer und Bogner, 1994). Es fällt sofort auf, daß in Übereinstimmung mit 1993 für die nördlichen Bereiche von Sengsengebirge und Hintergebirge deutlich höhere Werte ermittelt wurden als für die leeseitig gelegenen Stationen. Das Maximum brachte der Meßpunkt Sulzboden nahe des Rotgsol, gefolgt von mehreren Meßpunkten im Raum Klaus sowie im Bereich Ebenforstalm - Jörglalm - Großer Bach. Auch der Meßwert der Station Schoberstein ist relativ hoch, während südlich davon ein relatives Minimum zu finden ist (Molln, Zöbelboden). Dies ist ein Hinweis dafür, daß bei Vorhandensein mehrerer Gebirgszüge an jedem ein staubedingtes Maximum auftreten kann. Das Minimum der Niederschlagsmengen lag im Raum Windischgarsten - Hengstpaß. Im Gegensatz zur Meß-

kampagne 1993 fällt weiters auf, daß auch im Bereich knapp südlich der Gebirge (z.B. Hinterer Rettenbach) bereits deutlich geringere Mengen vorhanden waren als im Norden. Dies läßt sich durch die geringeren Windgeschwindigkeiten erklären, wodurch die fallenden Niederschlagspartikel nicht so weit ins Lee verfrachtet werden konnten. Weiters ist zu beachten, daß die Dicke der Wolkenschicht geringer war als in der Vergleichssituation 1993, wodurch sich im Mittel ein geringerer Fallweg der Regentropfen ergibt.

Betrachtet man die überregionalen Vergleichswerte, so sieht man, daß die Niederschlagsmengen im Nationalpark deutlich über jenen der weiteren Umgebung lagen. Nördlich davon lagen sie zwischen 0,2 und 0,7 mm, im Ennstal südlich des Pyhrnpasses traten keine meßbaren Mengen auf. Lediglich der Feuerkogel übertraf mit 1,9 mm die Meßwerte der Kampagne geringfügig.

6. SCHLUßFOLGERUNGEN

BEMERKUNGEN ZUR ÜBERTRAGBARKEIT DER ERGEBNISSE

Die ausgewählte Nordstaulage brachte keine besonders großen Niederschlagsmengen und dauerte auch nur einige Stunden, es ergab sich aber dennoch eine ausgeprägte und als typisch zu betrachtende regionale Niederschlagsverteilung. Diese stimmt in wesentlichen Aspekten mit jener überein, die durch die Meßkampagne 1993 gewonnen wurde. Folgende Aspekte, die bereits damals als charakteristisch und als auf andere Situationen übertragbar dokumentiert wurden, traten auch diesmal wieder auf:

- Für das gesamte Planungsgebiet des Nationalparks Kalkalpen (Ostteil) gilt, daß bei Nordstaulagen Niederschlagsmengen erwartet werden können, die z.T. beträchtlich über jenen liegen, die in dessen Umgebung auftreten. Besonders exponiert sind die alpinen, teilweise auch die subalpinen Bereiche.
- Regionale Verteilung (Nord-Süd-Querschnitt): Mehrere Wellen entsprechend der Orographie, Maximum an den nördlichsten Gebirgszügen.
- Verstärkte Niederschläge greifen häufig, aber nicht in jedem Fall bis in leeseitige Tallagen über.

In organisatorischer Hinsicht wurde bemerkbar, daß die Durchführung meteorologischer Meßkampagnen leicht an Grenzen stoßen kann. Die Einsätze sind personalintensiv, ihre Durchführbarkeit daher nicht immer gewährleistet. Die Notwendigkeit, aufgrund der notwendigen organisatorischen Vorarbeiten bereits drei Tage vorher die Durchführung der Meßkampagne anzukündigen, birgt die Gefahr von Fehleinschätzungen des Wetterverlaufes. Auch wenn das Ergebnis dieser Kampagne letztlich als zufriedenstellend und interessant bewertet werden kann, hätte man möglicherweise nachträglich eine andere Wettersituation bevorzugt und die Meßfahrten zeitlich anders eingeteilt.

Es ist daher festzuhalten, daß meteorologische Meßkampagnen eine Dauerbeobachtung nicht ersetzen können. Als Unterstützung für deren Konzeption und Planung können sie aber mit vertretbarem Aufwand wertvolle Erkenntnisse bringen.

7. DANK

Die Durchführung der Meßkampagne war nur dank der bereitwilligen Unterstützung des Nationalpark-Forschungszentrums und seiner Mitarbeiter/innen Mag. Siegfried Angerer (†), Kurt Buchner und Lotte Gärtner und Dipl. Ing. Andres Gärtner möglich. Ihr Einsatz war vorbildlich und ging weit über das im Rahmen des Dienstes zu erbringende Ausmaß hinaus. Frau Doris Kleewein ergänzte das Meßteam. Für ihren großen Einsatz sei ganz besonders gedankt.

Für die äußerst angenehme und bereitwillige Zusammenarbeit und die rasche Überlassung der Daten über Niederschlagsmengen und Schneeeverhältnisse sei dem Hydrographischen Dienst beim Amt der OÖ. Landesregierung herzlichst gedankt.

Sehr wertvoll für das Zustandekommen dieser Arbeit war die gedeihliche Kooperation mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien. Von dieser Stelle stammen wichtige Daten der synoptischen und klimatologischen Beobachtungsstationen.

Dem Flugwetterdienst der Austro Control GmbH sei für die Überlassung der Satelliten- und Wetterradarbilder, von Beobachtungsdaten und Hilfsmitteln für die Wettervorhersage herzlich gedankt.

8. LITERATUR

Mahringer, G. und M. Bogner (1994): Meteorologische Meßkampagne im Planungsgebiet Nationalpark Kalkalpen. Endbericht 1993, Teil 2. Nationalparkplanung, Leonstein.