

# **KLIMAAATLAS STEIERMARK**

Projektleiter: H. Pilger

## **Kapitel 5**

# **GEWITTER UND HAGEL**

H. Wakonigg

## **Kartographische Bearbeitung**

F. Hofer, F. Lackner, H. Rieder



ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE  
UND GEODYNAMIK

Version 2.0

## Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.0   | Allgemeine Einführung.....   | 3  |
| 5.0.1 | Datenmaterial .....  | 5  |
| 5.1   | Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Jahr .....                    | 7  |
| 5.2   | Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Sommer .....                  | 14 |
| 5.3   | Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Frühjahr .....                | 17 |
| 5.4   | Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Herbst.....                   | 20 |
| 5.5   | Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Jahr.....     | 23 |
| 5.6   | Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Sommer .....  | 25 |
| 5.7   | Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Frühjahr..... | 28 |
| 5.8   | Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Herbst .....  | 30 |
| 5.9   | Zugbahnen von Gewittern.....   | 32 |
| 5.10  | Jahresgang der Zahl der Tage mit Hagel und Graupel.....                  | 35 |
| 5.11  | Ergänzende und weiterführende Literatur.....                             | 38 |

## **5.0 Allgemeine Einführung**

Gewitter sind spektakuläre Wettererscheinungen, bei denen fast immer mehrere verschiedene meteorologische Elemente in typischer Weise zusammenwirken, nämlich elektrische Entladungen mit ihren optischen und akustischen Begleiterscheinungen (Blitz und Donner), heftige konvektive Niederschläge (Schauer, Platzregen, teilweise Hagel) und heftige Windböen, die durch das lawinenartige Abstürzen von durch den Regen abgekühlten Luftpaketen ausgelöst werden.

Man könnte demnach die Gewitter auch den Wind- oder Niederschlagskarten zuordnen, aber aufgrund der Dominanz der elektrischen Erscheinungen und der Komplexität des Wetterablaufes werden Gewitter durchwegs in eigenen Kapiteln bzw. hier in einer eigenen Kartengruppe zusammengefasst.

### **Definition**

Nach der allgemeinen meteorologischen Beobachtungsanleitung handelt es sich dann um ein Gewitter bzw. ist in den Notizen ein Gewitter zu vermerken, wenn es wenigstens einen hörbaren Donner an der Beobachtungsstation gegeben hat. Aufgrund dieser Definition gibt es erwartungsgemäß große Unterschiede im Beobachtungsmaterial, da die Aufmerksamkeit der Beobachter schon aufgrund kurzfristiger Abwesenheiten vom Beobachtungs-Ort, Nachtruhe oder subjektiver Einschätzung stark voneinander abweicht. Auch bedeutet ein Beobachterwechsel fast immer eine gewisse Inhomogenität im Beobachtungsmaterial.

### **Beobachter**

Wegen dieser Umstände erweisen sich auch die dauernd besetzten bzw. hauptamtlich betreuten Stationen (Flugwetterwarten, Observatorien) geradezu regelhaft scheinbar gewitterreicher als die Nachbarstationen mit ehrenamtlichen Beobachtern. Dazu kommt, dass aufgrund der recht toleranten Definition die Häufigkeit von Gewittern bzw. Gewittertagen an Stationen mit konsequenter und akribischer Beobachtung deutlich größer ausfällt als es dem subjektiven Empfinden der meisten Menschen entspricht.

Schließlich ergeben sich auch starke Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Datenreihen bzw. Durchschnittswerten und auch kartographischen Darstellungen, womit eine objektiv genaue Erfassung und Darstellung der Häufigkeit von Gewittern bzw. Gewittertagen gar nicht möglich war. Trotzdem konnten in den älteren Darstellungen die Grundzüge der Verteilung der Gewitterhäufigkeit in der Steiermark durchaus zufrieden stellend vermittelt werden.

### **Registrierung**

Eine andere Möglichkeit der Erfassung der Gewitterhäufigkeit ist die objektive Registrierung durch ein elektronisches Blitzdetektor-System, wie es in Österreich seit

über einem Jahrzehnt als so genanntes „ALDIS“-System zum Einsatz kommt. Mit Hilfe dieses Detektor-Systems kann jede elektrische Entladung zwischen Atmosphäre (Wolken) und Erdoberfläche („Bodenblitze“) eindeutig und objektiv erfasst werden. Eine daraus abzuleitende Definition eines Gewitters wäre nun diese, dass es sich dann um ein Gewitter handelt, wenn wenigstens eine Blitzentladung zwischen Wolken und Erdboden registriert wurde.

Damit ist diese objektive mit der subjektiven Methode alles andere als direkt vergleichbar, was schließlich auch das Datenmaterial betrifft. Als **Vorteil** der ALDIS-Methode gegenüber der subjektiven Methode kann die absolute Objektivität genannt werden, d.h. der automatischen Registrierung entgeht kaum ein „Ereignis“, es wird also nichts „überhört“ oder „verschlafen“. Damit sind die Ergebnisse bzw. Häufigkeiten uneingeschränkt regional vergleichbar, worin eigentlich der größte Fortschritt gegenüber der subjektiven Beobachtung zu sehen ist.

Als **Nachteil** könnte genannt werden, dass die bloßen „Wolkenblitze“, d.h. die nicht den Erdboden erreichenden Blitze nicht registriert werden, wodurch auf jeden Fall eine gegenüber der gesamten Blitzhäufigkeit wesentlich geringere Blitzhäufigkeit erfasst wird. Ob das auch für die Gewitterereignisse bzw. Gewittertage gilt, hängt davon ab, ob es Gewitter ohne Erdbodenblitze gibt, was aber seltene Ausnahmen sein dürften, und woraus sich keine nennenswerte Häufigkeitsverminderung ergeben sollte. Bleibt noch die Frage offen, ob es nicht in den Niederungen aufgrund der größeren Distanz zwischen Wolken und Erdboden weniger Bodenblitze gibt als im Bergland, was durch den Vergleich der „subjektiven“ mit den „objektiven“ Karten durchaus nahe liegend erscheint, doch gibt es dafür bisher keine eindeutig nachweisbaren Indizien.

Hauptproblem ist aber der gegenüber der subjektiven Registrierung fehlende örtliche Bezug, d.h. die Frage für welche Stelle oder welchen Bereich ein registrierter Blitz statistisch als Gewitter zu gelten hat. Aufgrund der mittleren Größe einer Gewitterwolke wurde dafür ein Radius von 5 Kilometern festgelegt. Solcherart muss aber die durchschnittliche Gewitterhäufigkeit gegenüber der subjektiv erfassten um einen unbekanntem Betrag kleiner ausfallen, da Donner viel weiter hörbar ist als 5 km und ein einzelner Donner dadurch gleich von mehreren Umgebungsstationen als Gewitter registriert wird und in die Statistik eingeht, auch wenn sich dieses – wenn überhaupt – nur über einer Station wirklich entladen hat.

Im Durchschnitt von 36 vergleichbaren Stationen werden durch das ALDIS-System nur 81 % der traditionell registrierten Gewittertage erfasst, wobei dieser Betrag zwischen 53 % (Wiel) und 137 % (Bad Aussee) schwankt, was aber kaum auf reale Unterschiede bei der Gewitterbildung als vielmehr auf die Unterschiede bei der Genauigkeit der traditionellen Beobachtungen zurückzuführen ist. So beträgt der Anteil der ALDIS-Beobachtungen im Mittel der bekannt oder erwartungsgemäß sehr genau beobachtenden Stationen Aigen, Graz-Universität, Graz-Messendorfberg, Graz-Flughafen (Thalerhof), Wiel und Zeltweg nur 57 % bzw. beträgt die dort subjektiv ermittelte Gewitterhäufigkeit 39,3 Tage gegenüber 28,2 Tagen im Durchschnitt aller 36 Stationen.

## 5.0.1 Datenmaterial

An den österreichischen Klimastationen werden in der Kategorie „sonstige Wettererscheinungen“ Gewitter, Donner und Wetterleuchten durch Wetterbeobachter permanent registriert. Aufgrund der Stationsdichte können aber nicht alle Gewitter aufgezeichnet werden, das betrifft insbesondere die Gebirge. Für eine flächendeckende Erfassung von Gewittern wurde daher auf den Blitzdatensatz des ALDIS- Blitzortungssystem zurückgegriffen, welcher zwischen 1995 und 2004 zur Verfügung stand.

Hagel und Graupel werden im österreichischen Klimadienst unter der Kategorie „Art des fallenden Niederschlages“ an Klimastationen rund um die Uhr durch Augenbeobachtung klassifiziert. Dabei wird neben Regen und Schneefall auch zwischen Frostgraupelschauer, Reifgraupelschauer und Hagelschauer unterschieden, wobei noch eine weitere Abstufung nach der Stärke des Ereignisses erfolgt. Allerdings können trotz des relativ dichten Stationsnetzes durch das punktuelle Auftreten derartiger Niederschläge viele Ereignisse nicht registriert werden.

| Nr. | Name                | Sh [m] | gg. L.      | gg. B.      | Klimaregion | Lage |
|-----|---------------------|--------|-------------|-------------|-------------|------|
| 1   | Admont              | 648    | 14° 27' 25" | 47° 34' 19" | 3           | ☐    |
| 3   | Aflenz              | 785    | 15° 15' 31" | 47° 33' 48" | 6           | ↓    |
| 4   | Aigen/Ennstal       | 640    | 14° 08' 17" | 47° 32' 59" | 3           | ☐    |
| 7   | Altenberg/Hartberg  | 429    | 16° 02' 52" | 47° 15' 24" | 9           | ↗    |
| 10  | Bad Aussee          | 660    | 13° 47' 59" | 47° 37' 40" | 2           | ☐    |
| 11  | Bad Gleichenberg    | 293    | 15° 54' 19" | 46° 53' 35" | 9           | ☐    |
| 14  | Bad Mitterndorf     | 810    | 13° 56' 06" | 47° 33' 11" | 2           | ☐    |
| 15  | Bad Radkersburg     | 208    | 15° 59' 03" | 46° 42' 33" | 9           | ☐    |
| 23  | Bruck/Mur           | 493    | 15° 16' 37" | 47° 25' 43" | 6           | ☐    |
| 27  | Deutschlandsberg    | 448    | 15° 12' 15" | 46° 50' 33" | 9           | ↓    |
| 37  | Fischbach           | 1015   | 15° 39' 55" | 47° 27' 26" | 8           | ↘    |
| 47  | Fürstenfeld         | 271    | 16° 05' 54" | 47° 02' 52" | 9           | ☐    |
| 50  | Gleisdorf           | 375    | 15° 43' 38" | 47° 07' 48" | 9           | ☐    |
| 57  | Graz-Flughafen      | 337    | 15° 27' 52" | 46° 60' 41" | 9           | ☐    |
| 58  | Graz-Messendorfberg | 435    | 15° 29' 27" | 47° 03' 53" | 9           | ↘    |
| 60  | Graz-Universität    | 366    | 15° 27' 58" | 47° 05' 45" | 9           | ☐    |
| 69  | Hieflau             | 500    | 14° 44' 28" | 47° 37' 32" | 2           | ☐    |
| 80  | Irdning-Gumpenstein | 698    | 14° 06' 54" | 47° 30' 43" | 3           | ↑    |
| 84  | Kalwang             | 760    | 14° 44' 37" | 47° 25' 26" | 6           | ☐    |
| 95  | Kleinsölk           | 1005   | 13° 56' 60" | 47° 24' 00" | 4           | ☐    |
| 103 | Lassnitzhöhe        | 527    | 15° 36' 34" | 47° 04' 28" | 9           | ↘    |
| 104 | Leibnitz            | 273    | 15° 32' 17" | 46° 47' 51" | 9           | ☐    |
| 112 | Lobming             | 414    | 15° 11' 42" | 47° 03' 35" | 8           | →    |
| 116 | Mariazell           | 865    | 15° 19' 18" | 47° 46' 09" | 2           | ↙    |
| 126 | Mürzzuschlag        | 758    | 15° 41' 09" | 47° 36' 11" | 6           | ↗    |
| 138 | Oberwölz            | 827    | 14° 17' 57" | 47° 12' 07" | 5           | ☐    |

Tabelle 5.0.1a: Liste der verwendeten Stationen

| Nr. | Name        | Sh [m] | gg. L.      | gg. B.      | Klimaregion | Lage |
|-----|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|------|
| 139 | Oberzeiring | 933    | 14° 30' 46" | 47° 15' 17" | 5           | ☐    |
| 155 | Pusterwald  | 1072   | 14° 23' 34" | 47° 19' 33" | 7           | ☐    |
| 161 | Rechberg    | 926    | 15° 25' 59" | 47° 16' 46" | 8           | ▲    |
| 169 | Rohrmoos    | 1078   | 13° 39' 29" | 47° 23' 41" | 4           | ↗    |
| 173 | Schöckl     | 1436   | 15° 28' 06" | 47° 12' 57" | 8           | ▲    |
| 176 | Seckau      | 855    | 14° 47' 57" | 47° 16' 16" | 5           | ↓    |
| 195 | St.Radegund | 725    | 15° 29' 27" | 47° 11' 56" | 8           | ↓    |
| 198 | Stolzalpe   | 1293   | 14° 12' 42" | 47° 07' 15" | 7           | ↓    |
| 223 | Weiz        | 465    | 15° 38' 08" | 47° 13' 07" | 9           | ☐    |
| 225 | Wiel        | 922    | 15° 08' 46" | 46° 45' 46" | 8           | ↓    |
| 232 | Zeltweg     | 670    | 14° 46' 35" | 47° 12' 05" | 5           | ☐    |

| Klimaregionen                        | Lage                                       |
|--------------------------------------|--|
| 1...Hochlagen im Nordstaugebiet      | ☐ ...Tal                                   |
| 2...Tallagen im Nordstaugebiet       | → ...Hang (Richtung), hier als Beispiel SO |
| 3...Talbecken des oberen Ennstales   | ☐ ...Pass                                  |
| 4...Niedere Tauern                   | ▲ ...Gipfel                                |
| 5...Tabecken des oberen Murtales     |  |
| 6...Talbecken des Mur- und Mürztales |  |
| 7...Hochlagen der Inneralpen         |  |
| 8...Steirisches Randgebirge          |  |
| 9...Vorland                          |  |
| --- außerhalb steir. Klimazonen      |  |

Tabelle 5.0.1b: Liste der verwendeten Stationen / Legende

## 5.1 Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Jahr

Die Ermittlung der Zahl der Gewittertage erfolgte nach den in der Einführung angegebenen Regeln, wobei zur Sicherheit wenigstens **zwei** Blitze registriert werden müssen, um einen Tag für ein Gebiet von knapp 79 km<sup>2</sup> zum Gewittertag zu stempeln.

### Warme Luft enthält mehr Wasserdampf als kühlere

Die raumwirksamen Faktoren für die regionale Verteilung der Gewitterhäufigkeit ergeben sich aus den für die Gewitterbildung nötigen Bedingungen. Ohne auf die komplizierten – und nicht wirklich eindeutig geklärten – Vorgänge bei der elektrischen Auf- und Entladung bzw. Niederschlagsbildung in einer Gewitterwolke einzugehen kann gesagt werden, dass zur Gewitterbildung jedenfalls ausreichend **Energie** und dazu die **Labilisierung** der Atmosphäre nötig ist.

Die Energie wird einerseits durch die Lufttemperatur, andererseits durch den für die Gewitterbildung viel bedeutenderen Wasserdampfgehalt der Luft ausgedrückt, wobei dessen als „latente Wärme“ bezeichnete Energie bei seiner Kondensation in fühlbare Wärme übergeführt wird, was das konvektive Aufquellen der Gewitterwolken weiter beschleunigt. Die theoretisch bei vollkommener Kondensation des gesamten Wasserdampfes erreichbare Lufttemperatur wird pseudopotentielle oder äquivalentpotentielle Temperatur genannt.

### Wasserdampfgehalt

Lufttemperatur („fühlbare Wärme“), Wasserdampfgehalt („latente Wärme“) und damit die Gesamtenergie oder pseudopotentielle Temperatur unterliegen einem akzentuierten Jahresgang mit eindeutigem Winterminimum und Sommermaximum, wodurch der Jahresgang der Gewittertätigkeit mit seinem auffallenden Sommermaximum schon weitgehend erklärt werden kann. Bezüglich der Raumverteilung gilt jetzt, dass der Wasserdampfgehalt der Luft im Alpeninneren generell geringer ist als außerhalb der Alpen, wodurch sich im Sinne des zentral-peripheren Formenwandels auch ein allgemeiner Gegensatz zwischen geringerer Gewitterhäufigkeit im Alpeninneren und höherer an den Außenrändern einstellen muss.

Damit lässt sich auch die gegenüber dem nördlichen Alpenrand größere Gewittertätigkeit am südöstlichen und insbesondere am südlichen Alpenrand erklären, weil dort aufgrund der Zufuhr der entsprechenden Luftmassen der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre größer ist.

### Labilität der Atmosphäre

Die Labilisierung der Atmosphäre wird überwiegend durch einstrahlungsbedingte Erwärmung der unteren Luftschichten bewirkt, wobei die stärkste Labilisierung im April und Mai erfolgt, worauf sie über den Sommer gegen den Herbst wieder

allmählich abnimmt. Die labilen Bedingungen in den beiden Frühjahrsmonaten werden wohl in einer vergleichsweise großen Neigung zu Regenschauern („Aprilwetter“), nicht aber zu Gewittern wirksam, weil die nötige Energie zur Beschleunigung der Konvektion zu gering ist. Diese erreicht ihr Maximum im Juli und August. Aufgrund der strahlungsbedingten Labilisierung ergibt sich aber gegenüber dem Jahresgang der pseudopotentiellen Temperatur doch eine schwache Asymmetrie mit einer leichten Verschiebung der Gewittertätigkeit gegen das Frühjahr, also mit mehr Gewittern im Juni gegenüber dem August und deutlich mehr im Mai gegenüber dem September.

## Jahresgang

Der Jahresgang der Gewitterhäufigkeit nach den aus ALDIS-Beobachtungen für den Zeitraum von 1995 bis 2004 abgeleiteten Monatsnormalwerten wird für drei ausgewählte Stationen in den Abbildungen 5.1.1 bis 5.1.3 dargestellt. Graz repräsentiert dabei eine gewitterreiche Situation am südöstlichen Alpenrand, Glashütten im südlichen Randgebirge ist eine der gewitterreichsten Station der Steiermark und Irdning-Gumpenstein im inneralpinen Oberen Ennstal die gewitterärmste dieses Zeitraums.

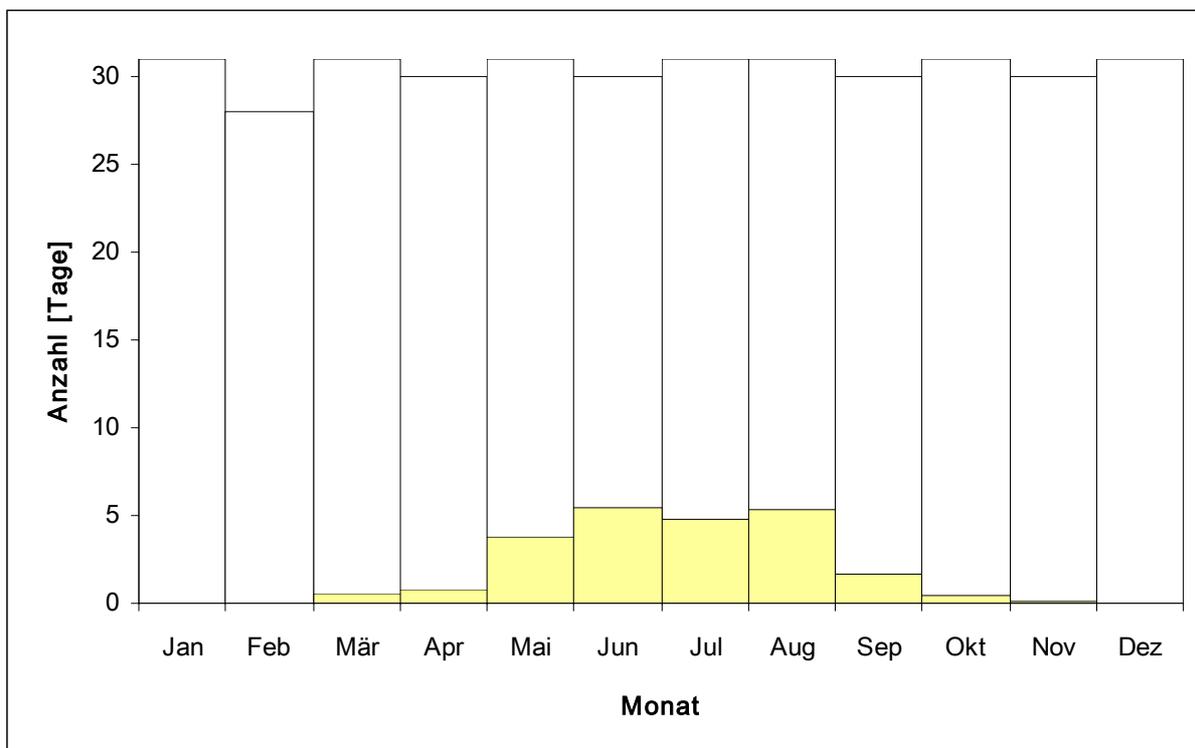


Abbildung 5.1.1: Jahresgang der Gewitterhäufigkeit an der Station Graz-Universität (Sh 366 m) nach den ALDIS-Beobachtungen für den Zeitraum von 1995 bis 2004.

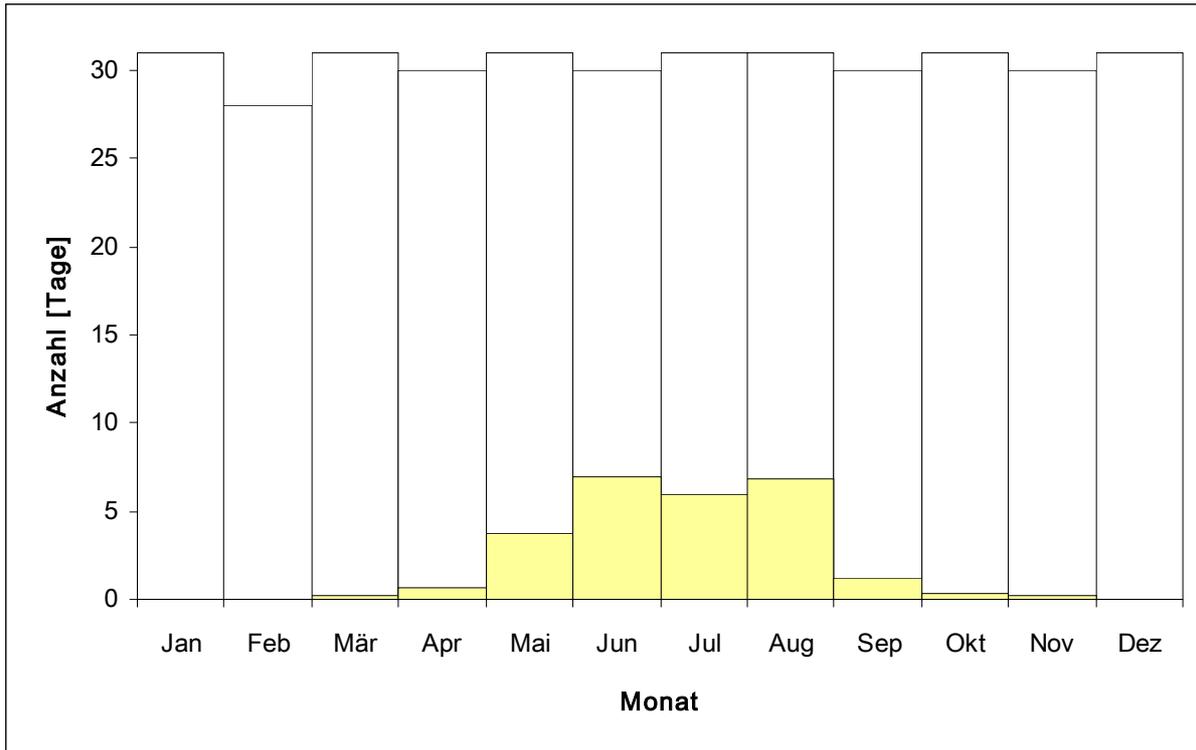


Abbildung 5.1.2: Jahresgang der Gewitterhäufigkeit an der Station Glashütten (Sh 1275 m) nach den ALDIS-Beobachtungen für den Zeitraum von 1995 bis 2004.

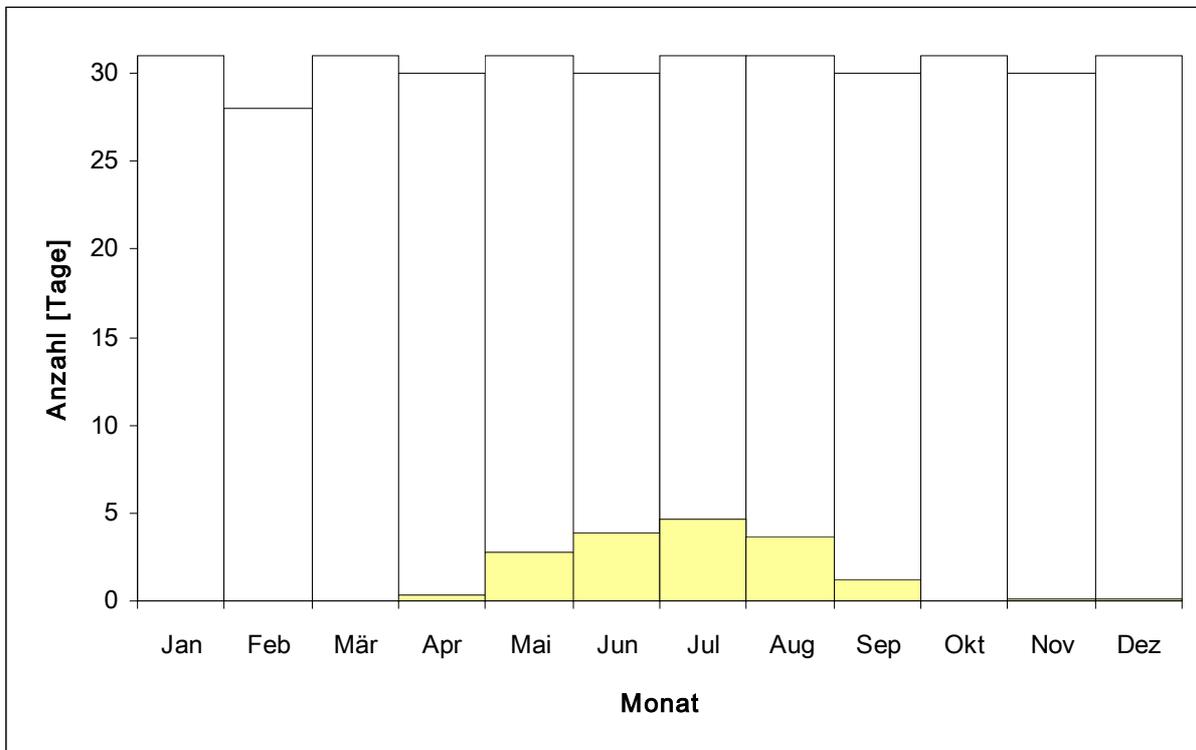


Abbildung 5.1.3: Jahresgang der Gewitterhäufigkeit an der Station Irdning-Gumpenstein (Sh 698 m) nach den ALDIS-Beobachtungen für den Zeitraum von 1995 bis 2004.

### **Im Ennstal mehr Frühsommergewitter als im Spätsommer**

Die Unterschiede sind abgesehen von der absoluten Zahl der Gewittertage nicht wirklich gravierend. Immerhin zeigt das Verhältnis zwischen Frühsommer und Spätsommer – besonders erkennbar am Vergleich von Mai und September – im inneralpinen Ennstal eine geringere Bevorzugung des Frühsommers gegenüber den beiden randalpinen Stationen, was mit dem oben Gesagten in guter Übereinstimmung steht. Der Vorsprung des Mai vor dem September ist an den beiden randalpinen Stationen größer als an der Ennstalstation.

### **Am Alpenrand im Spätsommer ruhiger**

Die geringere Häufigkeit im Juli gegenüber den beiden Nachbarmonaten an den beiden randalpinen Stationen muss als Eigenheit des kurzen Beobachtungszeitraums gesehen werden. Gerade am Alpenrand sind Gewitter im Spätsommer sicher weniger häufig als im Frühsommer. Allen Stationen gemeinsam und wohl für die gesamte Steiermark gültig ist die starke Konzentration der Gewitterhäufigkeit auf die Sommermonate, wobei zwischen Mai und August durchwegs zwischen 85 % (Graz) und 92 % (Glashütten) aller Gewittertage beobachtet wurden.

Eine räumlich unterschiedliche Labilisierung bzw. Verstärkung der Konvektion erfolgt vor allem tagsüber durch die Hangaufwinde im Bergland, weshalb Gewitter, die durch Labilisierung ohne „Fremdeinwirkung“ (Fronten) entstehen, ausgesprochene Bergland-Phänomene sind und sogar in den Zentralalpen häufiger vorkommen als in den Vorländern. Diese Verteilung wird aber durch die zusätzlichen Kaltfrontgewitter, die bevorzugt an den Außenrändern und dabei insbesondere im Südosten wirksam werden, überlagert und unkenntlich gemacht.

### **Gewittermaximum in den Randalpen (Joglland und Koralpe)**

Insgesamt ergibt sich im Raumverteilungsmuster der Gewitterhäufigkeit durch das Zusammenwirken und Überlagern der genannten Faktoren eine allgemeine Zunahme von Norden nach Süden und Südosten bis zu den Randalpen. Schließlich eine leichte Zunahme mit zunehmender Seehöhe im Bergland. Diese ist aber so schwach ausgeprägt und wenig signifikant, dass auf die Mitteilung der Beziehungswerte zwischen Häufigkeit und Seehöhe verzichtet und auf die Abbildung 5.1.4 verwiesen wird.

Auffallend ist dabei die große Häufigkeit im Grenzraum des Oberen Murtales zu Kärnten und insbesondere die (nicht dargestellte) große Häufigkeit in den benachbarten Gurktaler Alpen sowie im Bereich der Saualpe, die somit eine Art Randalpenfunktion für das benachbarte Klagenfurter Becken ausüben.

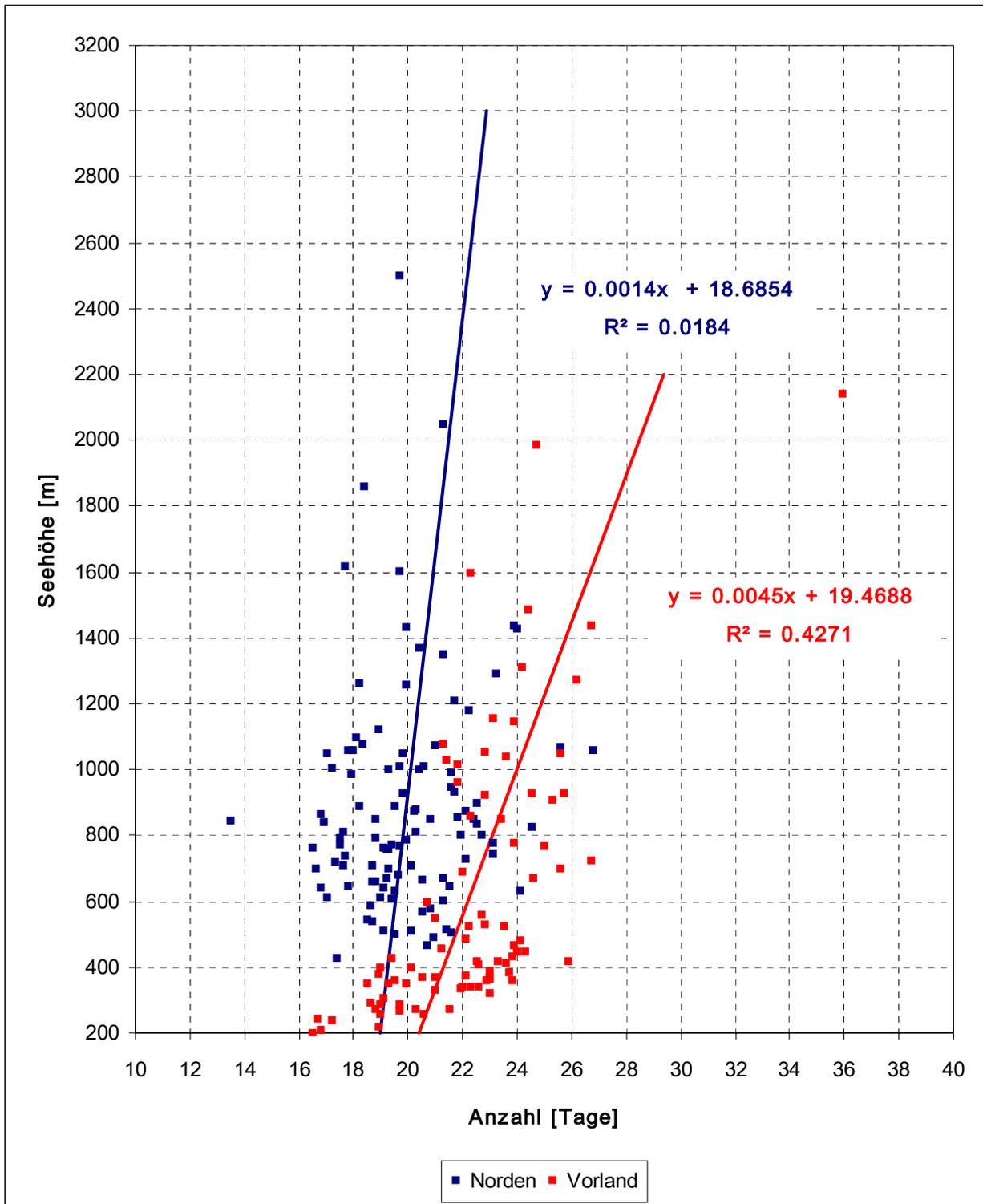
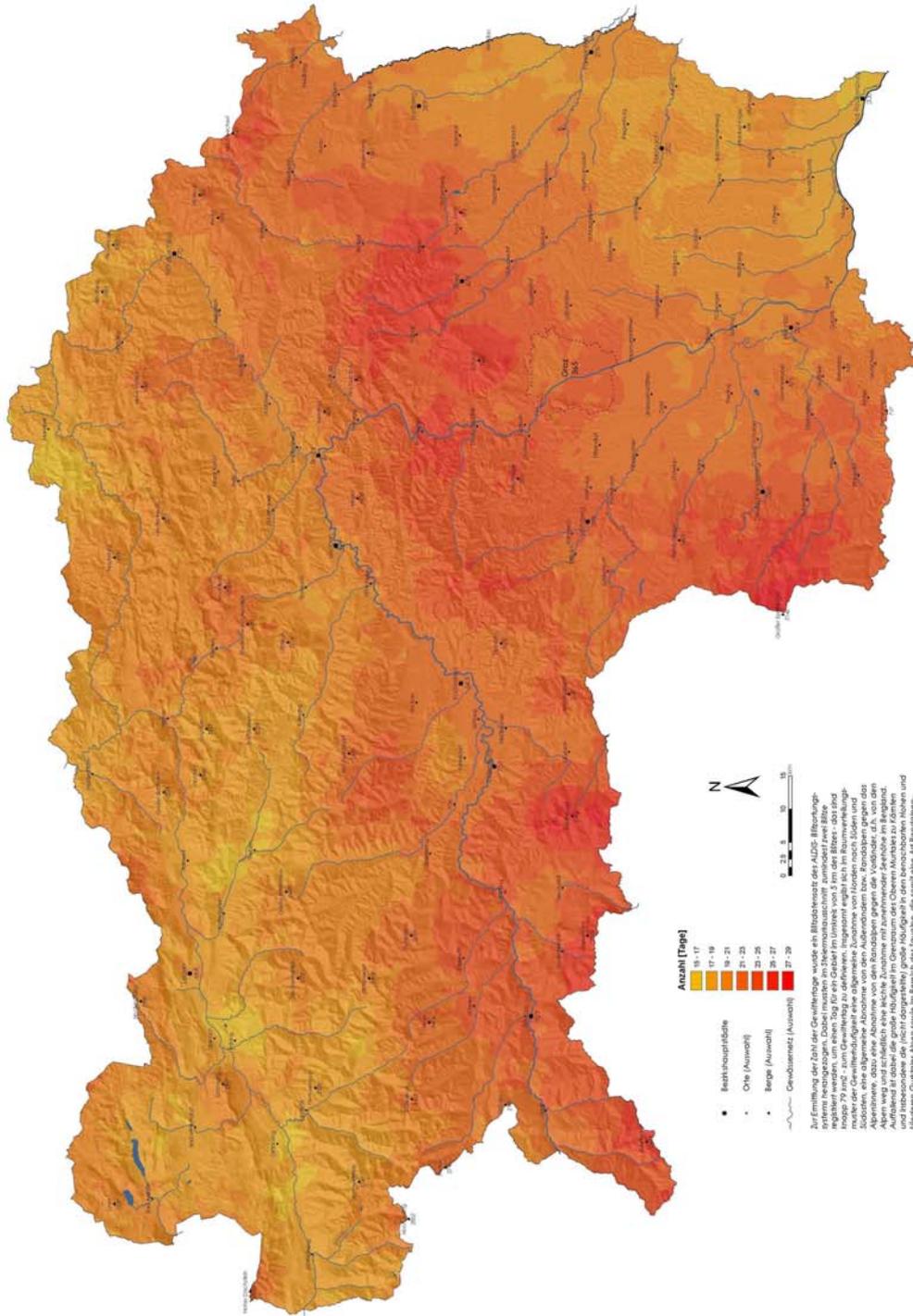


Abbildung 5.1.4: Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Jahr in Abhängigkeit von der Seehöhe.

## **Gewitterreichste Landschaft Österreichs**

Gegenüber den bisherigen auf der subjektiven Beobachtungsmethode basierenden Karten zeigt die Darstellung eine generell geringere Gewitterhäufigkeit, die vor allem das südöstliche alpenfernere Vorland betrifft, deren Ursache in der unterschiedlichen Beobachtungsmethode aber auch in den unterschiedlichen und ungleich langen Beobachtungszeiträumen zu suchen ist, wobei die vorliegende Karte nur aus den Beobachtungen von Mai 1995 bis Ende 2004 abgeleitet worden ist. Ansonsten stimmt das Verteilungsmuster mit jenem der traditionellen Karten recht gut überein. Die große Gewitterhäufigkeit im Steirischen Randgebirge wird recht gut bestätigt, es ist neben den Gurktaler Alpen die gewitterreichste Landschaft in Österreich.

## 5.1 Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Jahr Periode 1995 bis 2004



## 5.2 Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Sommer

Da je nach Landschaft sowohl nach den subjektiven Beobachtungen als auch nach der ALDIS-Registrierung 65 bis 78 % aller Gewitter bzw. Gewittertage im Sommer (Juni bis August) vorkommen, kann die Verteilung der Gewittertage im Sommer gegenüber jener im Gesamtjahr nur wenig abweichen. Die Unterschiede in den Abweichungen ermöglichen aber doch weitere Aussagen bezüglich der Bildungsbedingungen von Gewittern.

Ganz allgemein ist nämlich die Konzentration der Gewittertage auf den Sommer im Alpeninneren, vor allem im Umkreis der Niederen Tauern mit Anteilen bis über 75 % etwas stärker als in den Randalpen, besonders im Grazer Bergland und dessen Umfeld mit Werten bis unter 65 %. Örtlich sind auch im südöstlichen Vorland geringe Sommeranteile zu beobachten. Diese Unterschiede sind beim Vergleich der beiden Karten am ehesten im Bereich des Grazer Berglandes zu erkennen.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Neigung zu sommerlichen Gewittern, insbesondere bei gradientschwachen Wetterlagen oder bei schwachem Hochdruckeinfluss im Alpeninneren etwas größer ist als im Gesamtdurchschnitt bzw. in flacheren Landschaften. Das ist einerseits auf die stärkere Anregung der Konvektion durch das Gebirgsrelief, andererseits auf den größeren Wasserdampfgehalt im Frühjahr im rand- und außeralpinen Bereich zurückzuführen, denn die übrigen Gewittertage konzentrieren sich im Wesentlichen auf das Frühjahr.

Auch im Sommer ist die Beziehung zwischen Gewitterhäufigkeit und Seehöhe nur schwach und wenig signifikant (Abb. 5.2.1), immerhin nimmt die Zahl der Gewittertage im Vorland und Randgebirge um 0,29 pro 100m nach oben zu.

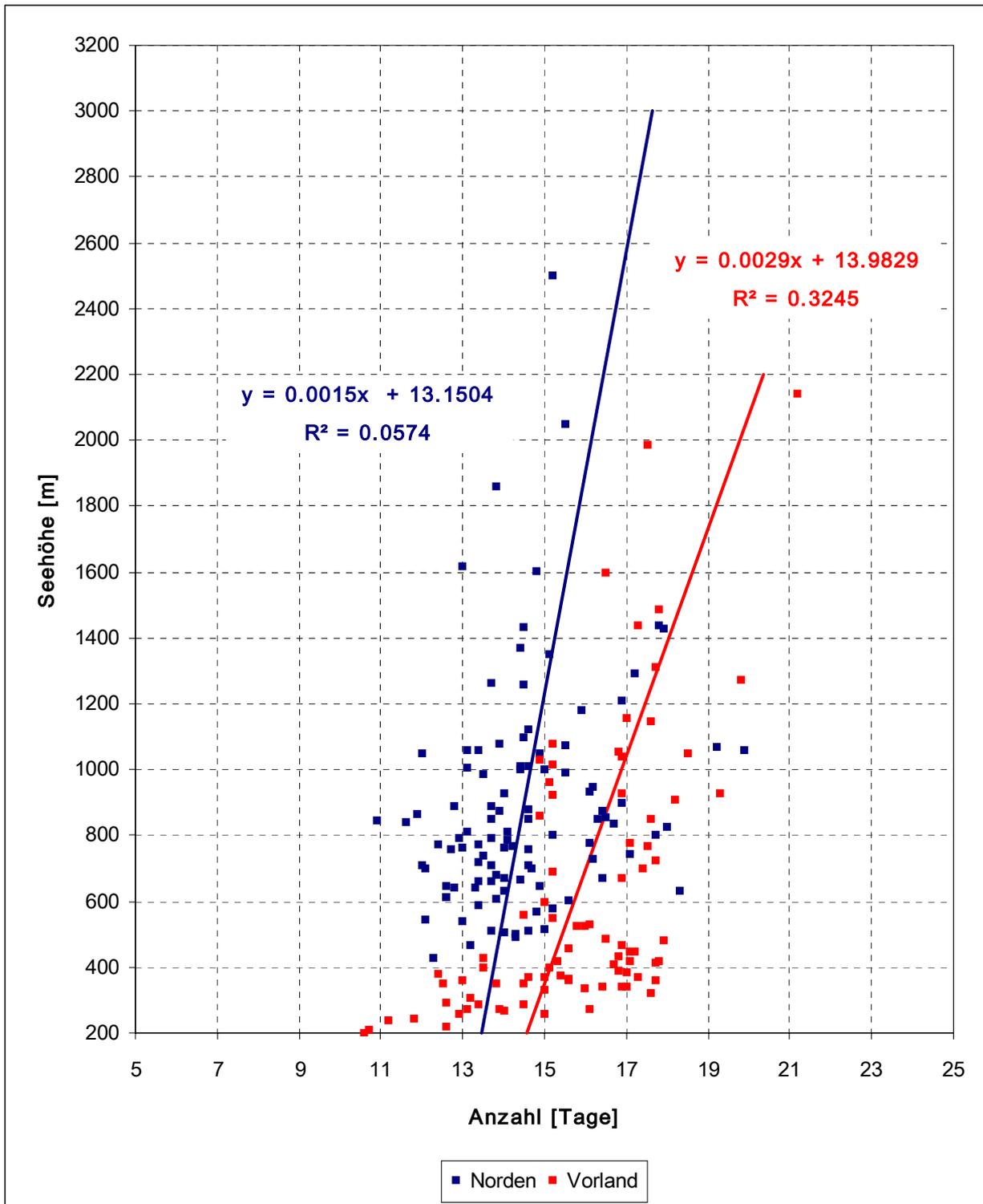
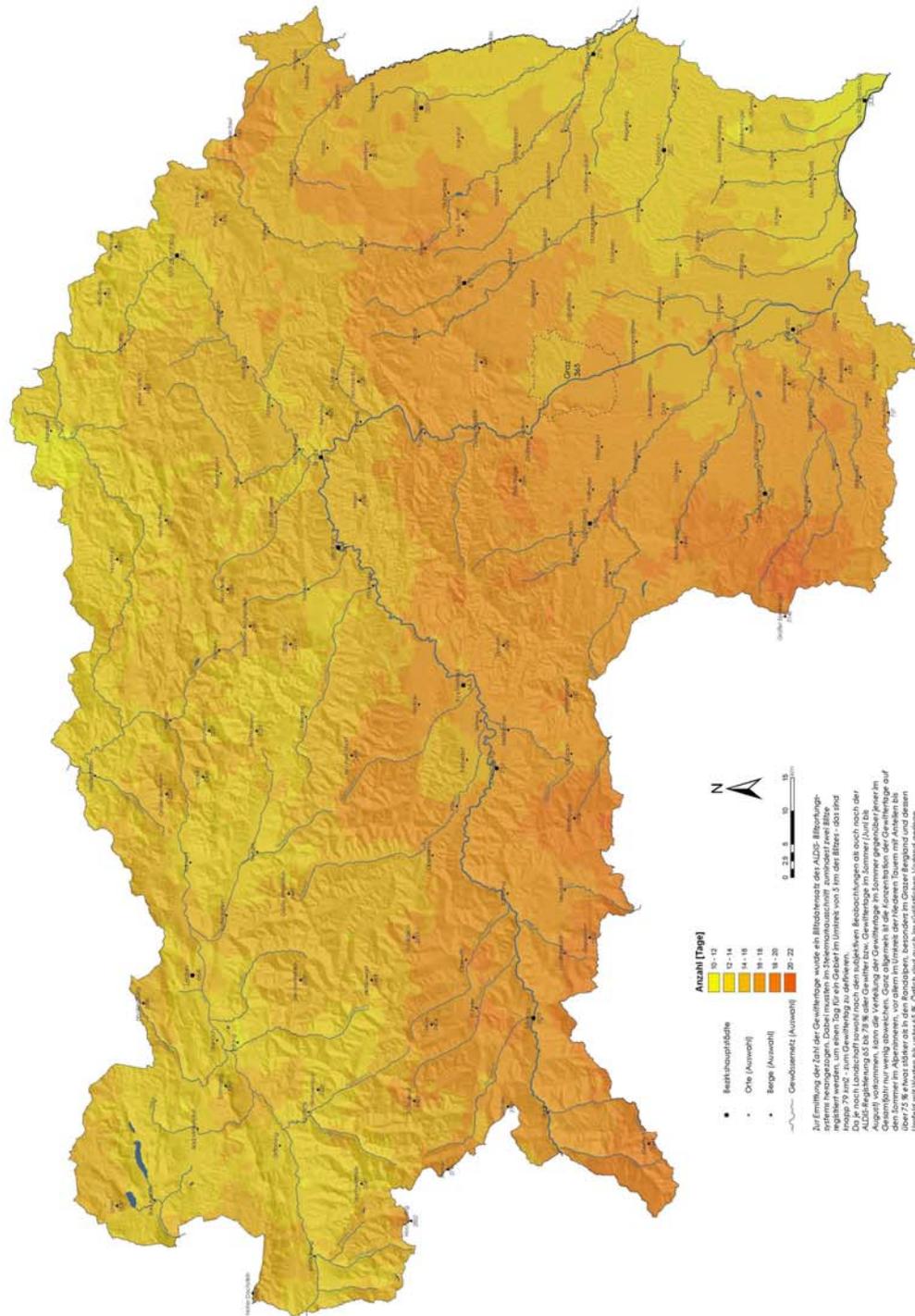


Abbildung 5.2.1: Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Sommer in Abhängigkeit von der Seehöhe.

## 5.2 Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Sommer Periode 1995 bis 2004



### **5.3 Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Frühjahr**

Durch die Asymmetrie der Gewitterhäufigkeit im Jahresgang aufgrund der stärkeren Labilisierung im Frühjahr gegenüber dem Herbst ist die Gewitterhäufigkeit im Frühjahr wesentlich größer, wobei sich auch hier wieder aussagekräftige Unterschiede im Verhältnis der Häufigkeit vom Frühjahr zum Herbst ergeben. Dabei ist die Verteilung der Gewittertage im Frühjahr sehr unausgeglichen, wobei Gewitter im März seltene Ausnahmen sind, im Mai aber schon zum üblichen Wettergeschehen gehören

#### **Häufigkeit der Gewitter – Frühjahr aber regionale Unterschiede**

Die Häufigkeit der Gewittertage ist im Frühjahr im Durchschnitt der ALDIS-Beobachtungen etwa 2,5 mal so groß wie im Herbst, wobei dieses Verhältnis aber regional äußerst unterschiedlich ist. Am geringsten ist der Vorsprung des Frühjahrs im Oberen Murtal, wo das Frühjahr westlich von Judenburg durchwegs unter der doppelten Häufigkeit des Herbstes bleibt und dieses Verhältnis ganz im Westen an der Grenze zum Lungau gegen 1 : 1 absinkt. Ähnlich geringe Unterschiede zwischen diesen beiden Jahreszeiten finden sich nur noch am südöstlichen Grenzsaum zwischen Fürstenfeld und Bad Radkersburg. Beide Gebiete kommen besonders in der Karte der Gewittertage des Herbstes (Kapitel 5.4) gut zum Ausdruck.

Auf der anderen Seite gibt es Regionen, in denen die Gewittertätigkeit im Frühjahr um das Drei- bis Vierfache größer ist als im Herbst. Es ist das eine wenig zusammenhängende Zone, die schon vom östlichen Oberen Ennstal über die Gesäuseberge, die Hochschwabgruppe, und die nordöstlichen Landesteile im Bezirk Mürzzuschlag, dann über die Fischbacher Alpen bis ins Grazer Bergland reicht. Dagegen bleiben die Werte im Bereich der Koralpe schon etwas unter dem Dreifachen.

#### **Zufällige Beziehung mit Seehöhe**

Diese Verteilung steht mit der Vorstellung größerer Wasserdampfmengen an den Außenrändern bzw. Randalpen gegenüber dem Alpeninneren sowie stärkerer Labilisierung im hochalpinen Relief im ansonsten schon recht stabilen September wenigstens in bedingter Übereinstimmung. Die nur zufällige Beziehung zwischen Gewitterhäufigkeit und Seehöhe wird in der Abbildung 5.3.1 dargestellt.

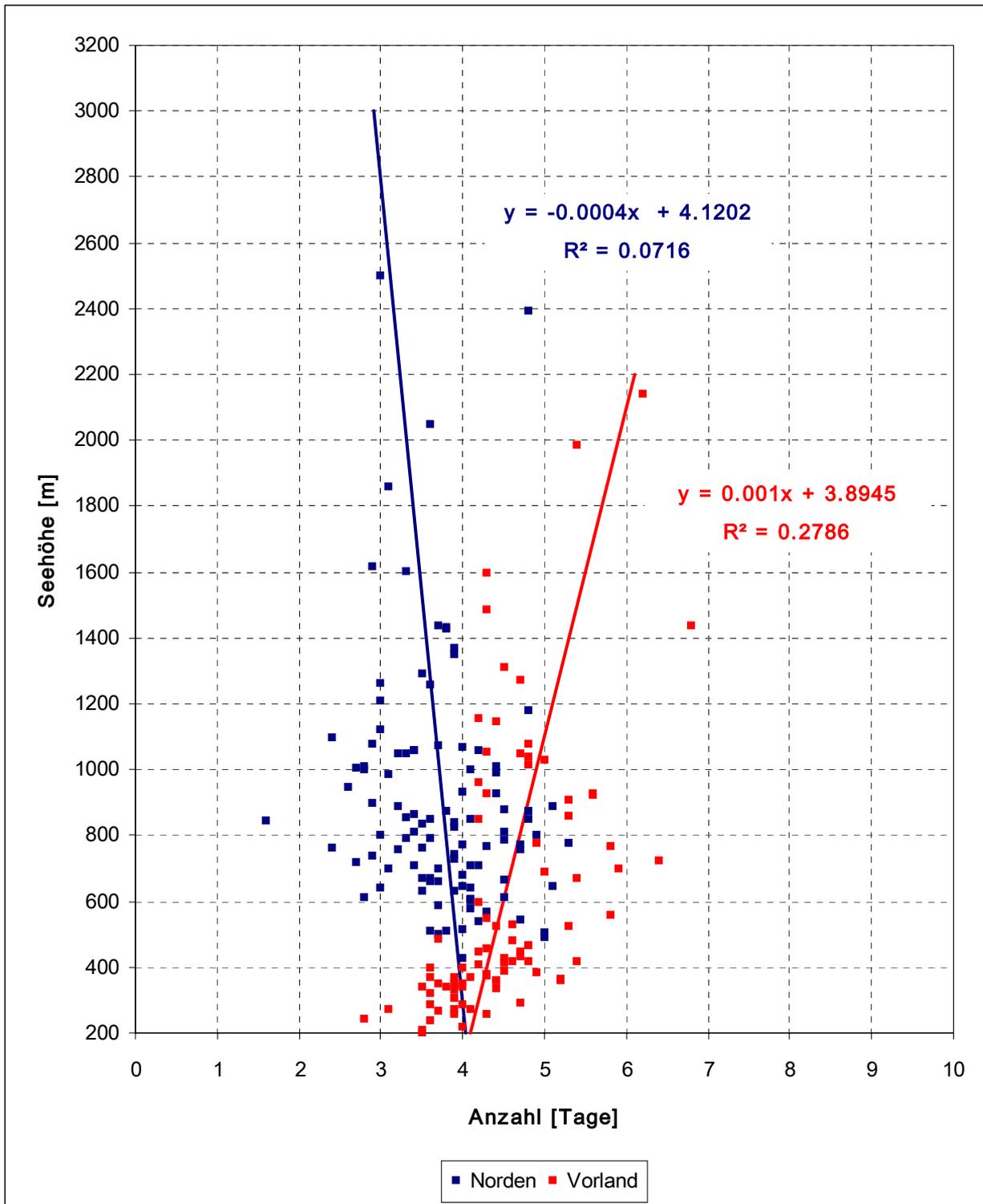
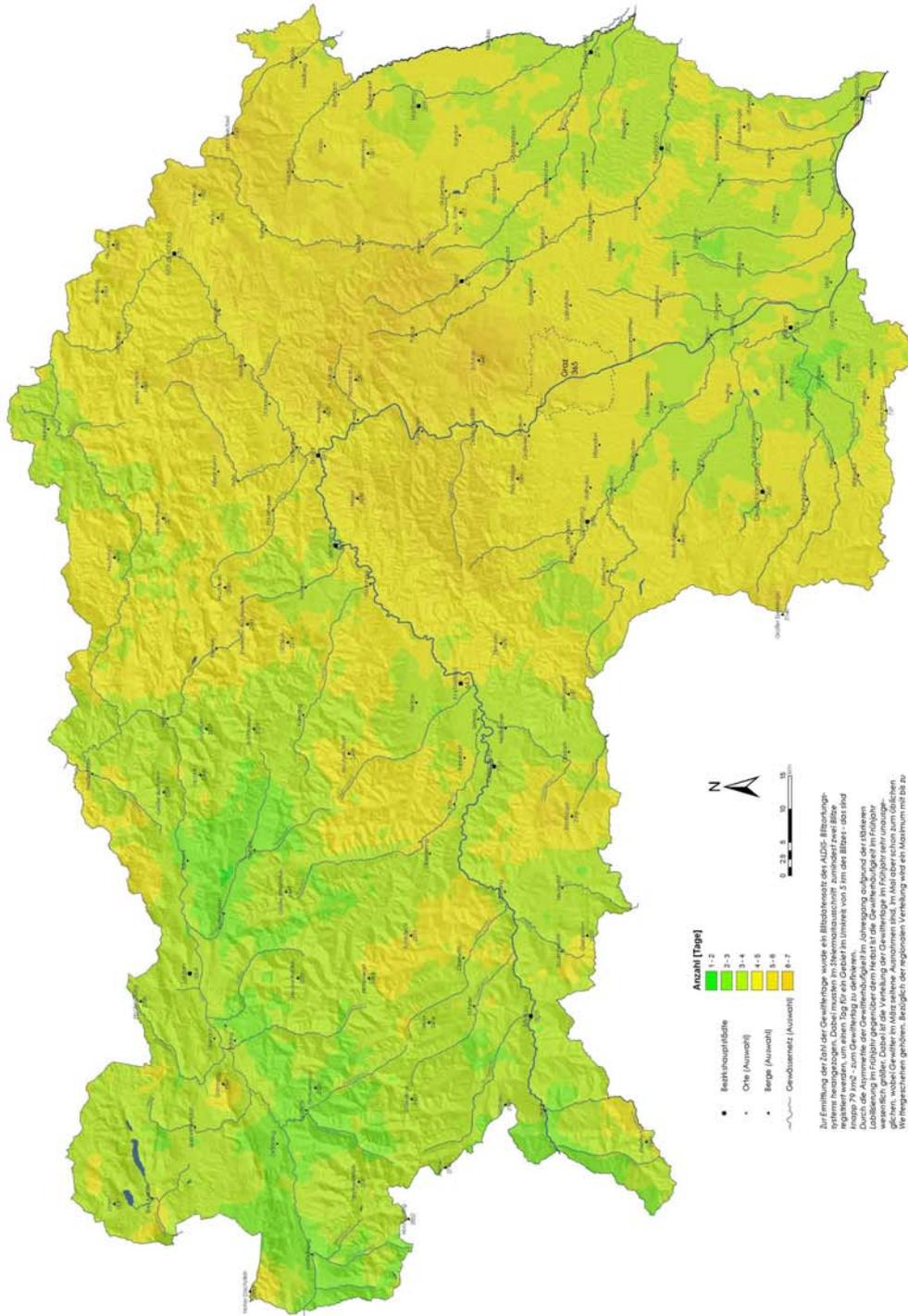


Abbildung 5.3.1: Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Frühjahr in Abhängigkeit von der Seehöhe.

### 5.3 Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Frühjahr Periode 1995 bis 2004



## **5.4 Durchschnittliche Zahl der Gewittertage im Herbst**

### **Kaum Gewitter ab Oktober**

Im Herbst konzentrieren sich die wenigen Gewittertage auf den September, Gewitter im Oktober und November sind bereits seltene Ausnahmen. Die diesbezüglichen Bedingungen und Überlegungen wurden bei der Karte der Zahl der Gewittertage im Frühjahr (Kapitel 5.3) im Wesentlichen angesprochen, worauf verwiesen wird.

### **Auffällige Häufigkeit im oberen Murtal**

Insgesamt zeigt die Verteilung einerseits eine Wiederholung der grundsätzlichen Häufigkeitsverteilung im Jahr bzw. in den beiden anderen Jahreszeiten, d.h. eine Widerspiegelung der üblichen Bedingungen für die Gewitterbildung, wobei die schon angesprochene auffallende Häufigkeit im westlichen Oberen Murtal recht gut zur Geltung kommt. Andererseits ergibt sich ein recht unausgeglichenes Verteilungsbild, das überwiegend formal auf den vergleichsweise kurzen Beobachtungszeitraum, auf die relativ kleine Zahl von Gewittertagen und schließlich auf die sehr klein gewählte Äquidistanz zurückgeht und nicht auf tatsächliche Unterschiede bei den Bildungsbedingungen für herbstliche Gewitter. Die nur zufällige Beziehung zwischen Gewitterhäufigkeit und Seehöhe wird in der Abbildung 5.4.1 dargestellt.

### **Im Stau gewittrige Güsse**

Es muss noch erwähnt werden, dass es außerhalb des Sommers bei extrem niederschlagsintensiven Wetterlagen auch bei geschlossener Bewölkung und „Landregen“ immer wieder zu elektrischen Entladungen kommt, wobei es sich dabei aber nicht um typische Gewitter handelt. Ursache ist die bei starken Stau- oder Aufgleitniederschlägen große Menge an frei werdender latenter Wärme, die örtlich zu Labilisierung und zum konvektiven Aufquellen kumuliformer Wolkensegmente führt, die dann auch blitzauslösend wirken. Diese Vorgänge sind insbesondere für die südliche Koralpe bei niederschlagsintensiven Mittelmeerzyklonen und Vb-Lagen zu erwarten.

Im Winter ist die Zahl bzw. Wahrscheinlichkeit von Gewittertagen so gering, dass sich eine kartographische Darstellung nicht lohnt, zumal auch keine interpretierbaren Verteilungsstrukturen zu erwarten sind.

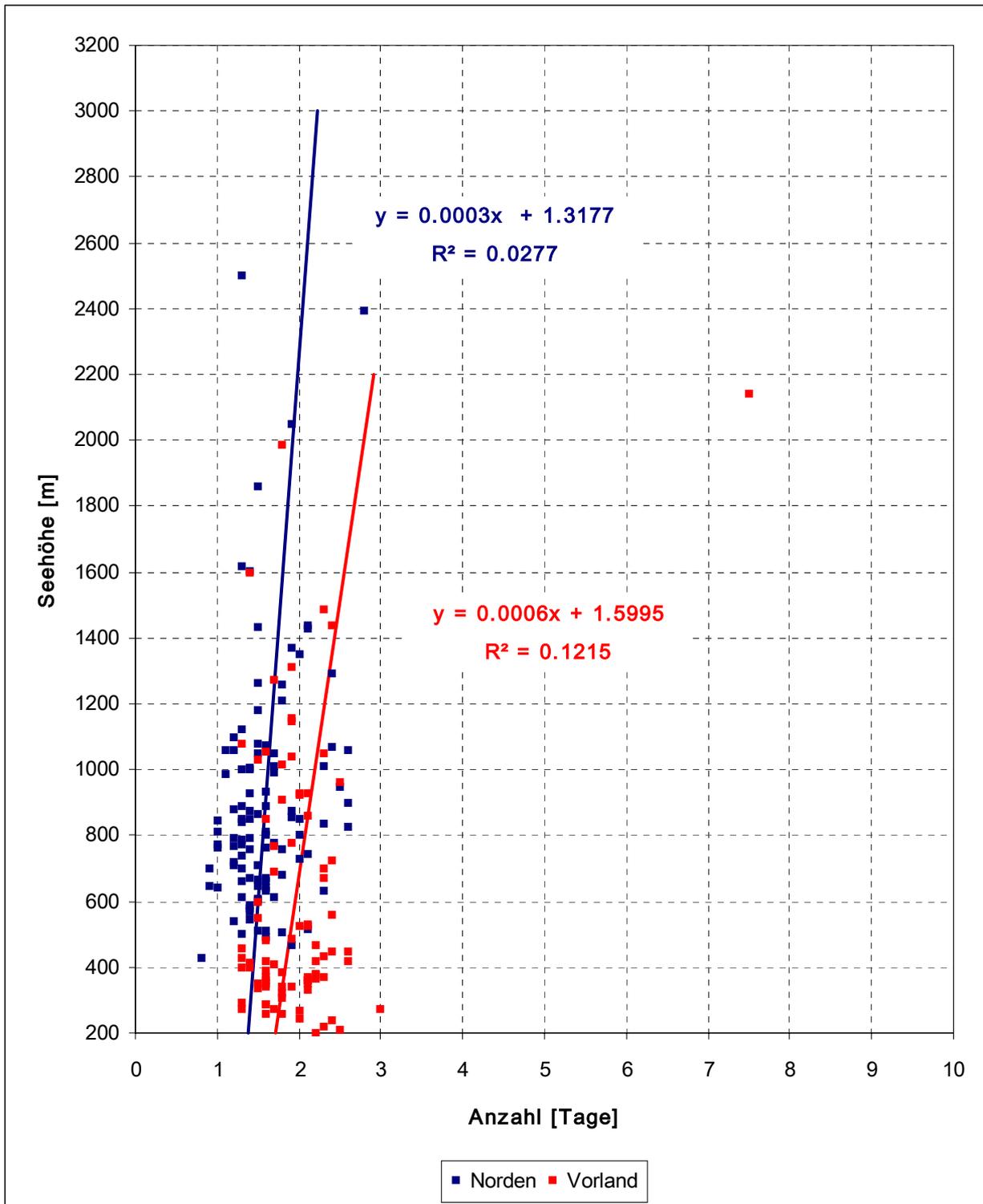


Abbildung 5.4.1: Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewittern im Herbst in Abhängigkeit von der Seehöhe.



## **5.5 Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Jahr**

### **Blitzschlaggefahr**

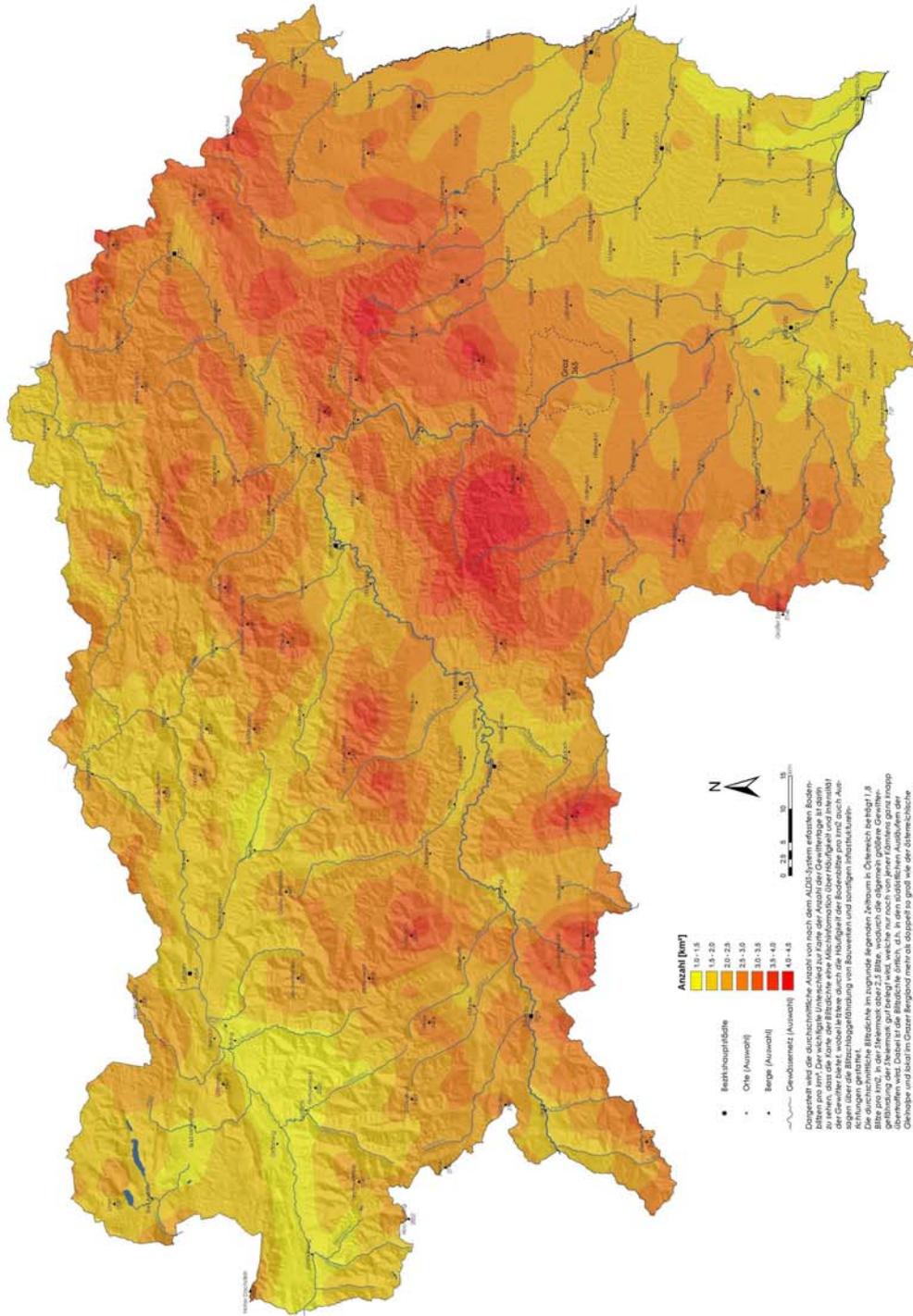
Dargestellt wird die durchschnittliche Anzahl von nach dem ALDIS-System erfassten Bodenblitzen pro Jahr. Der wichtigste Unterschied zur Karte der Anzahl der Gewittertage ist darin zu sehen, dass die Karte der Blitzdichte eine Mischinformation über Häufigkeit und Intensität der Gewitter bietet, wobei letztere durch die Häufigkeit der Bodenblitze pro km<sup>2</sup> auch Aussagen über die Blitzschlaggefährdung von Bauwerken und sonstigen Infrastruktureinrichtungen gestattet.

Die durchschnittliche Blitzdichte im zugrunde liegenden Zeitraum in Österreich beträgt 1,8 Blitze pro km<sup>2</sup>, in der Steiermark aber 2,5 Blitze, wodurch die allgemein größere Gewittergefährdung der Steiermark gut belegt wird, welche nur noch von jener Kärntens ganz knapp übertroffen wird.

### **Im Ennstal und Südosten unterschiedliche Blitzdichte**

Die blitzreichsten Gebiete sind dabei im Wesentlichen die selben wie bei der Gewitterhäufigkeit, weil auch die selben Ursachen zugrunde liegen. Dabei ist die Blitzdichte örtlich, d.h. in den südöstlichen Ausläufern der Gleinalpe und lokal im Grazer Bergland mehr als doppelt so groß wie der österreichische Durchschnitt. Unterboten wird der österreichische Durchschnitt nur im Oberen Ennstal und seiner Umgebung sowie in den südöstlichsten Landesteilen.

## 5.5 Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Jahr Periode 1995 bis 2004



Datenerhebung ALDIS  
Brennweite und kartographische Bearbeitung FAMG / I. Heide, H. Bader  
Auswertungssoftware: A. Pichler

## 5.6 Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Sommer

### Sommerliche Gewitter heftig

Erwartungsgemäß weicht die Verteilung Blitzdichte im Sommer so wie die Verteilung der Zahl der Gewittertage nur unwesentlich von jener im Gesamtjahr ab, wobei der Anteil der Blitze im Sommer an der Gesamtzahl des Jahres etwas größer ist als der Anteil der Gewittertage, was auf eine durchschnittlich größere Heftigkeit der sommerlichen Gewitter im Sinne eines größeren Blitzreichtums hinaus läuft. Im Durchschnitt der gesamten Steiermark beträgt der sommerliche Anteil 77,5 %, doch gibt es dabei eine Spannweite von knapp 65 bis fast 90 %.

### In der Steiermark gut 40 000 Bodenblitze pro Jahr

Der Jahresgang der Blitzdichte im Sinne einer tatsächlichen Dichtezahl (Blitze pro km<sup>2</sup>) könnte für beliebig definierte Punkte mit dem oben angegebenen Radius von 1 km angegeben werden, wird aber als Häufigkeit von Blitzentladungen in der gesamten Steiermark nach Monatsdurchschnitten dargestellt (Abb. 5.6.1). Solcherart kann auch die absolute Blitzhäufigkeit abgelesen werden, die im Juli fast 12 000 Bodenblitze erreicht bzw. im Gesamtjahr gut 40 000. Die schon bekannte Konzentration auf die Sommermonate wird wieder recht deutlich, auf die drei Sommermonate allein entfallen steiermarkweit etwa 78 %, auf den Zeitraum Mai bis August etwa 92 % aller Bodenblitze.

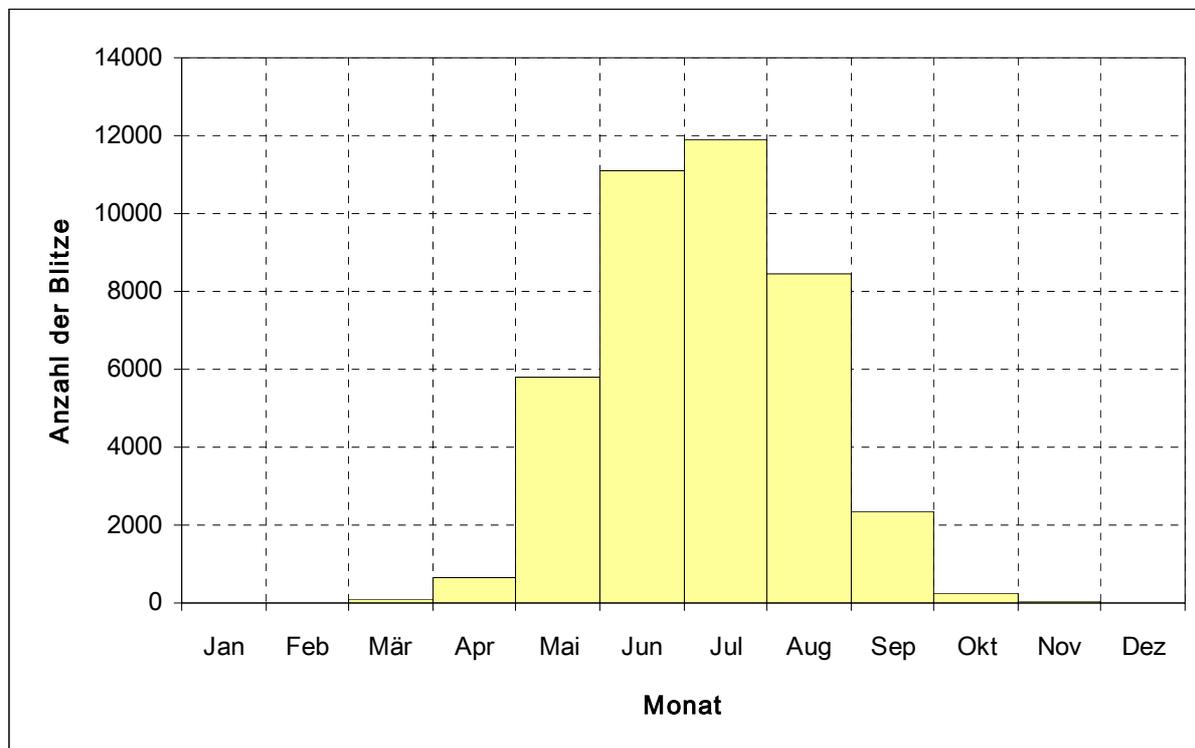


Abbildung 5.6.1: Jahresgang der Blitzdichte (Blitze pro km<sup>2</sup>), Periode 1995 bis 2004.

## Tagesgang

Die starke Abhängigkeit der Gewitterbildung von der einstrahlungsbedingten Labilisierung wird auch im Tagesgang der Häufigkeit von Bodenblitzen (Abb. 5.6.2) sichtbar. Die größte Häufigkeit stellt sich dabei am Fröhnachmittag, nur eine Stunde nach dem Temperaturmaximum ein. Dagegen sind Gewitter in der zweiten Nachthälfte geradezu Ausnahmen und sicher in erster Linie an nächtliche Kaltfrontdurchgänge gebunden.

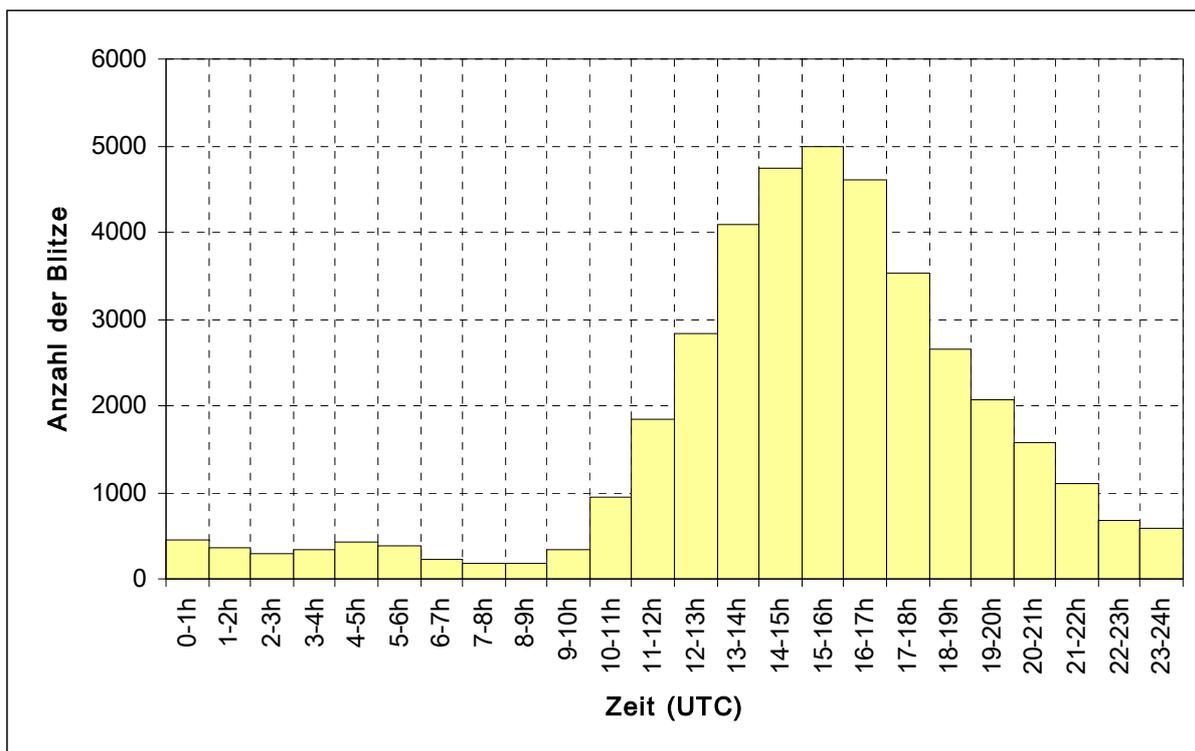


Abbildung 4.6.2: Tagesgang der Häufigkeit von Bodenblitzen, Periode 1995 bis 2004

## Starke örtliche Unterschiede

Die größte Konzentration auf den Sommer ergibt sich wieder im inneralpinen Raum, d.h. im Umkreis der Niederen Tauern mit dem Oberen Enns- und Murtal, wo der Anteil der sommerlichen Blitze fast durchwegs über 80 % liegt, örtlich, d.h. in einigen Tälern der Niederen Tauern und im Umkreis der Seetaler Alpen auch über 85 %. Dagegen sind die Gebiete mit dem geringsten Anteil der Blitze im Sommer so wie bei der Gewitterhäufigkeit mit Werten unter und um 70 % hauptsächlich im Umkreis der Fischbacher Alpen zu finden. Im Übrigen ist die Verteilung des sommerlichen Anteils wenig regelhaft und durch starke örtliche Unterschiede gekennzeichnet.



## **5.7 Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Frühjahr**

### **Maximum im Nordosten**

Die Karte der Verteilung der Blitzdichte im Frühjahr, d.h. im Wesentlichen wieder im Monat Mai zeigt sofort die Konzentration auf den Nordostflügel des Steirischen Randgebirges, der entsprechend durch kleinere Sommeranteile gekennzeichnet wird. Dort werden meist Anteile über 20 %, lokal auch über 25 % bis nahe 30 % erreicht, während die Anteile in den Tälern im Umkreis der Niederen Tauern spiegelbildlich zum Sommer das Minimum erreichen und örtlich auf unter 10 % zurückgehen.



## **5.8 Durchschnittliche Zahl von Blitzen pro Quadratkilometer im Herbst**

### **Flache Maxima in nördlicher Oststeiermark**

Die Blitzdichte im Herbst – jetzt wieder überwiegend jene im September – ist so gering, dass sich aus dem 10-jährigen Beobachtungszeitraum kaum noch interpretierbare, d.h. überzufällige Strukturen erkennen lassen. Einzig die so wie bei der Gewitterhäufigkeit zu beobachtende Verringerung des Gegensatzes zwischen inner- und randalpiner Häufigkeit lässt sich noch einigermaßen ableiten, wobei die zwei Häufigkeitszentren in der nördlichen Oststeiermark wohl als Zufallsergebnisse von vereinzelt stärkeren lokalen Gewittern zu interpretieren sind, denen nicht wirklich eine allgemein interpretierbare regionalspezifische Bedeutung zukommt.



## 5.9 Zugbahnen von Gewittern

### Definition

Die Ermittlung und Darstellung der Zugbahnen („Wanderwege“) der Gewitter erfolgte wieder auf Basis des ALDIS-Blitzdatensatzes und erfasst daher so wie bei den Karten der Blitzdichte zwar nur den Zeitraum von 1995 bis 2004 aber doch insgesamt **772** Ereignisse mit erkennbaren bzw. definierbaren Gewitterzugbahnen bei insgesamt rund 40 000 Entladungen von „Bodenblitzen“. Für die Definition einer Zugbahn eines Gewitters wurde ein Abstand von einer Blitzentladung zur nächsten von höchstens etwa zwei Kilometern und ein zeitlicher Abstand von höchstens 20 Minuten gewählt, um diese Entladungen noch dem selben Gewitter auf einer Zugbahn zuordnen zu können und nicht zwei oder mehreren getrennten Gewittern.

Die in Form von in 20-Minuten-Intervallen fortschreitenden „Punktwolken“ der Blitzentladungen auf der Blitz-Entladungskarte wurden des Weiteren mittels einfacher gerader und höchstens leicht geknickter Linien verbunden, die die Zugbahn des Gewitters darstellen und an deren Ende auch ein Pfeil die Zugrichtung angibt. Dabei bedeutet eine Lage des Pfeils innerhalb der Steiermark, dass das betreffende Gewitter entweder im Bereich des Pfeils aufgehört hatte oder dass dessen Zugbahn nach den o. a. Vorgaben nicht mehr weiter zu verfolgen bzw. zu definieren war. Die Lage eines Pfeils außerhalb der Landesgrenzen bedeutet dagegen fast immer, dass das Gewitter in ein Nachbarland weiter gezogen ist, seine Zugbahn aber nicht mehr weiter verfolgt wurde.

### 90 % der Gewitter kommen aus westlicher Richtung

Zur besseren Unterscheidung werden die Zugbahnen der Gewitter mittels unterschiedlicher Farben für acht Himmelsrichtungen dargestellt, wobei die Häufigkeitsanteile für die Richtungen der Zugbahnen auch in der Kartenlegende angegeben werden. Zusammengefasst ergeben sich für die Richtungen SW, W und NW 87,1 %, dagegen für die Richtungen SE, E und NE nur 3,6 %. Der Rest entfällt mit 6,9 % auf die Nord- bzw. 2,3 % auf die Südrichtung. Damit wird belegt, dass zwar die Entstehung und Häufigkeit von Gewittern stark von lokalen Umständen abhängt, ihre Fortpflanzungsrichtung aber von übergeordneten Gradientwinden („Frontalzone“) der höheren Troposphäre gesteuert wird, wobei solche aus dem Westsektor entsprechend der Zugehörigkeit der Steiermark zum „Westwindklima“ bzw. der dominanten Wirkung der Frontalzone mit westlicher Hauptwindrichtung bei weitem überwiegen. Die anderen Richtungen können daher als Ausnahmen bei starker meridionaler Auslenkung der Frontalzone, bei geringen Druckunterschieden bis in die höhere Troposphäre oder stärkerem Einfluss von Mittelmeerzyklonen mit ost- bis südöstlichen Strömungskomponenten gesehen werden.

Der Beginn der die Gewitterzugbahnen anzeigenden Linien bedeutet zwar nur, dass ab dieser Stelle nach den o. a. Vorgaben eine Zugbahn zu erkennen bzw. definieren war, doch dürfte es sich tatsächlich meistens auch um den Beginn oder wenigstens

die Verstärkung eines Gewitters in der Nähe dieser Stelle handeln, sofern die Stelle innerhalb der Steiermark liegt und das Gewitter nicht schon aus einem Nachbarland in die Steiermark übergetreten ist.

### **Oberes Ennstal gewitterarm**

Damit können aus der Karte sowohl die Regionen mit bevorzugter Gewitterentstehung als auch jene mit der größten Gewitterhäufigkeit erkannt werden. Letztere sind die Bereiche mit der dichtesten Scharung und häufigsten Überschneidung der Zugbahn-Linien. Die beiden Gebiete stimmen auch teilweise überein bzw. stehen in gewisser Beziehung zueinander, insbesondere die Verteilung der Zugbahn-Liniendichte steht mit der Verteilung der Blitzdichte, d.h. besonders mit den Karten 5.1 und 5.2 in guter Übereinstimmung: Die gewitterreichsten Gebiete sind wieder im Bereich des Grazer Berglandes und der Gurktaler Alpen (südlich der Neumarkter Passlandschaft) zu erkennen, die gewitterärmsten wieder in den nordwestlichen Landesteilen, vor allem zwischen Salzkammergut und Niederen Tauern.



## **5.10 Jahrgang der Zahl der Tage mit Hagel und Graupel**

Für die Niederschlagsformen Hagel (Eiskörner über 5 mm Durchmesser) und Graupel (kleinerer Durchmesser) sind weder sinnvolle bzw. signifikante regionale noch vertikale Faktoren für die Häufigkeitsverteilung herzuleiten, weshalb eine flächenhafte Darstellung in Form von Isolinien der Häufigkeit der Ereignisse nicht wirklich Ziel führend ist. Denkbar wäre eine subjektive Erstellung einer solchen Isolinienkarte anhand des Stations-Beobachtungsmaterials, doch stehen dieser große Hindernisse entgegen, die sich aus dem nicht vergleichbaren Beobachtungsmaterial ergeben.

### **Beobachtungsproblematik**

Hauptproblem ist dabei die eindeutige Zuordnung einer Niederschlagsform zu Hagel oder Graupel bzw. die eindeutige Trennung dieser beiden Niederschlagsformen und die damit verbundenen starken subjektiven Einschätzungsunterschiede. Dazu kommt, dass die Erfassung der schwächeren Hagel- und Graupelniederschläge so wie bei den Gewittern theoretisch eine 24 Stunden lange ununterbrochene Aufmerksamkeit der Beobachter erfordert, womit auch von dieser Seite ungleiche Beobachtungsqualitäten vorgegeben sind. Für die Interpretation der Karte ist noch wesentlich, dass Graupelniederschlag ohnehin in fast jedem Gewitter in größerer Seehöhe die übliche Niederschlagsform ist, die wegen der Abschmelzung beim Herabfallen in den Niederungen meist nur mehr als Regen, im Gebirge aber doch häufig noch in gefrorenem Zustand den Erdboden erreicht.

### **Häufigkeitszunahme mit Seehöhe**

Bei Zusammenfassung beider Niederschlagsformen ist daher eine deutliche Zunahme ihrer Häufigkeit mit wachsender Seehöhe zu erwarten und auch zu erkennen, etwa im Vergleich der Werte des Schöckls oder der Wiel und sogar des Krippensteins mit jenen der benachbarten Niederungen. Ansonsten steht die Verteilung der Häufigkeit mit jener der Gewitter (besonders Karten 5.1 und 5.2) in guter Übereinstimmung. Hagel ist damit weitgehend ein Phänomen des Randgebirges und dessen Fußzone und ist dort für das Kulturland von so entscheidender Bedeutung, dass ein risikofreier Qualitätsobstbau, Ackerbau oder Weinbau ohne entsprechende Vorsorge (Hagelnetze, Hagelversicherungen) gar nicht möglich ist. Die Erfolge der aktiven Hagelabwehr sind dagegen vergleichsweise bescheidener.

### **Jahrgang**

Was den Jahrgang der Tage mit Hagel und Graupel anlangt, so steht auch dieser mit der eindeutigen Konzentration auf die Sommermonate mit jener der Gewitterhäufigkeit (Abb. 5.1.1 bis 5.1.3) in guter Übereinstimmung, doch gibt es dabei überraschende Abweichungen im Detail. Dazu gehören insbesondere die Tage

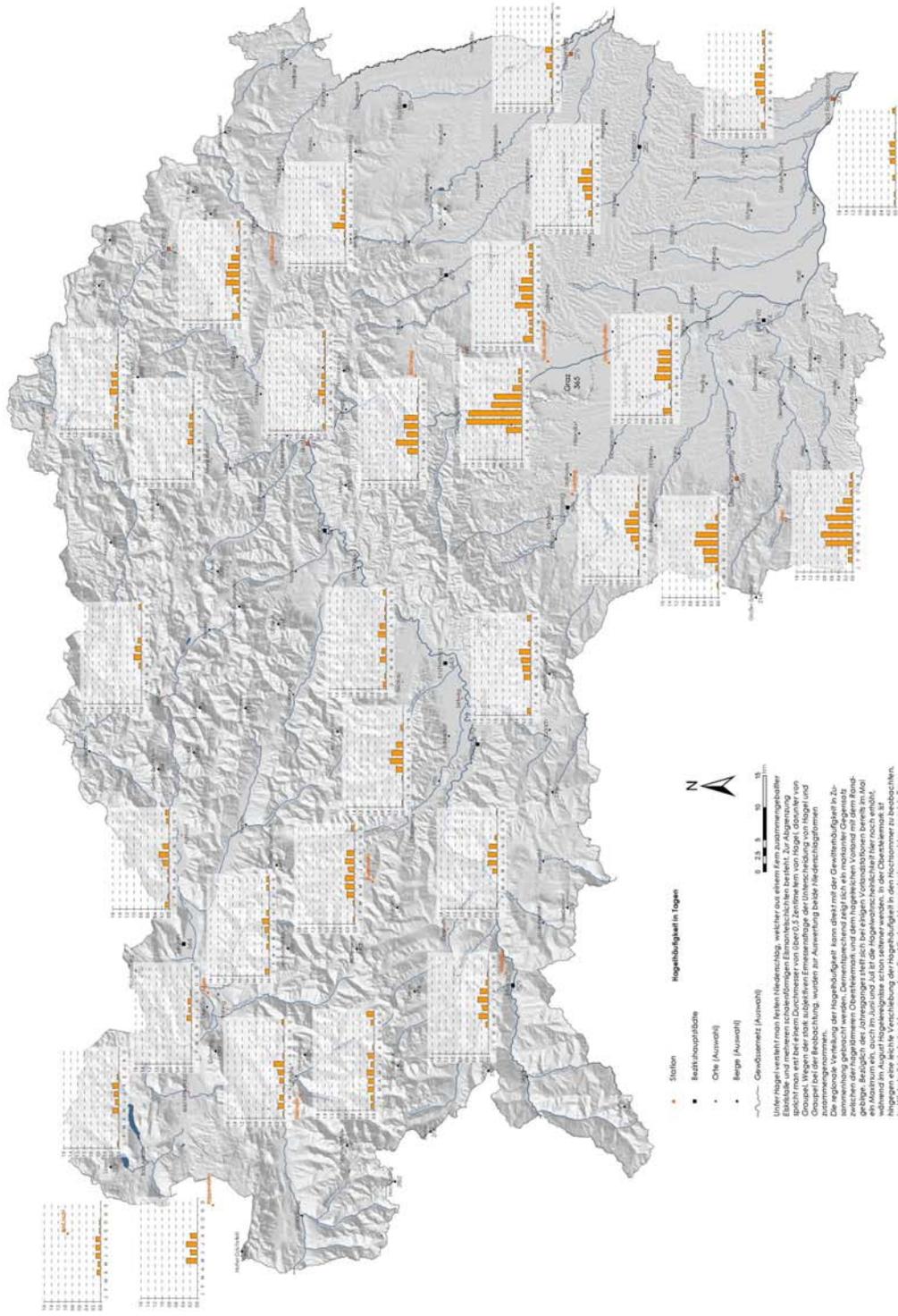
mit Hagel und Graupel im Winter an zahlreichen Stationen, auch an jenen des Vorlandes, was mit der subjektiven Einschätzung wohl nicht übereinstimmt. Darin hat man die Fälle von Schneeniederschlag entweder bei labiler Schauerwitterung an Kaltfronten im Bergland zu sehen, bei denen es durchaus zu Niederschlag in Form von kleinen Graupelkügelchen kommen kann, aber auch die Fälle des Niederschlags aus stabilen Stratusdecken im Vorland, der manchmal in Form des „Schneegriesels“ erfolgt, das sind ebenfalls kleine Reif- und Schneekügelchen, die wohl wegen ihrer auffallenden Abweichung von den „normalen“ Schneeflocken als Graupelniederschlag registriert werden.

### **Maximum im Alpeninneren im Hochsommer**

Ansonsten lässt sich so wie bei der Gewitterhäufigkeit eine gewisse Verschiebung im Jahresgang erkennen, wobei die maximale Hagel- und Graupelhäufigkeit im Randgebirge und Vorland schon im Frühsommer, meist sogar schon im Mai zu erwarten ist, während sie sich gegen das Alpeninnere bzw. in der Obersteiermark überwiegend erst im Hoch- oder Spätsommer einstellt. Die Ursachen dafür wurden schon bei der jahreszeitlichen Verteilung der Gewitterhäufigkeit (Kapitel 5.2 bis 5.4) überlegt.

# 5.10 Jahresgang der Zahl der Tage mit Hagel und Graupel Periode 1971 bis 2000

# KLIMAAATLAS STEIERMARK



# 5 GEWITTER & HAGEL

Datenherkunft: ZAMG  
 Bearbeitet und kartographisch bearbeitet: ZAMG, H. Reichler, C. Benoit  
 Auswertungssoftware: A. Haidinger

## 5.11 Ergänzende und weiterführende Literatur

Bertram, I. 2000: Verbreitung und Verlagerung von Gewittern in Österreich. Diplomarbeit Inst. f. Meteorol. Univ. Innsbruck, 101 S.

Hofer, F. 2006: Gewitter in der Steiermark, Häufigkeit, Verteilung und Zugbahnenanalyse unter besonderer Berücksichtigung von Luftmassen- und Wetterlagenabhängigkeit. Diplomarbeit Inst. f. Geogr. u. Raumf. Univ. Graz, 90 S.

Kann, A. 2001: Klimatologie konvektiver Systeme in den Ostalpen anhand von Blitzdaten. Diplomarbeit Inst. f. Meteorol. Univ. Wien, 71 S.

Staud, D. 1965: Der Hagel in der Steiermark. Hausarbeit Inst. f. Geogr. Univ. Graz, 150 S.

Wakonigg, H. 1978: Witterung und Klima in der Steiermark. Graz, 473 S.