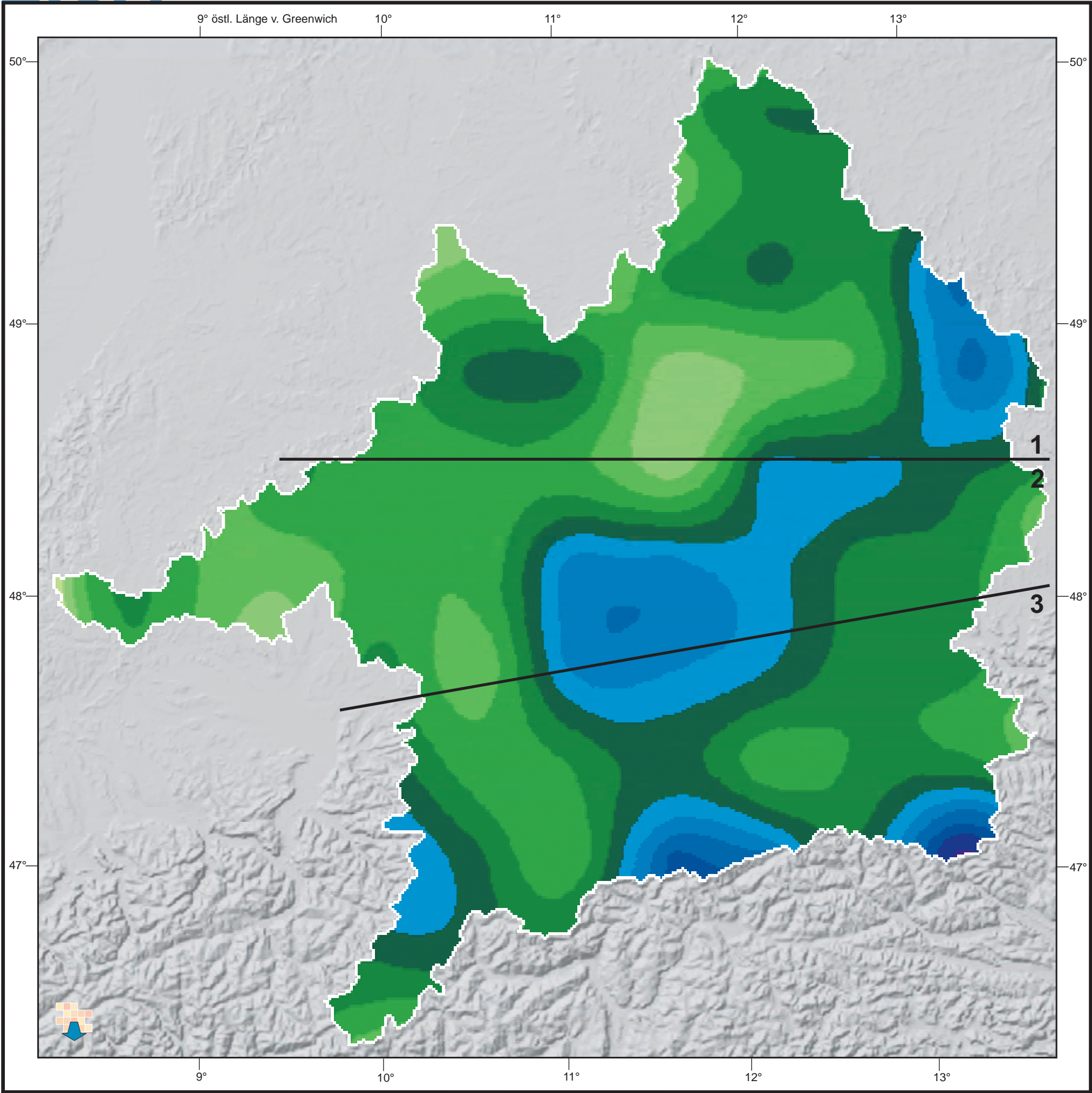
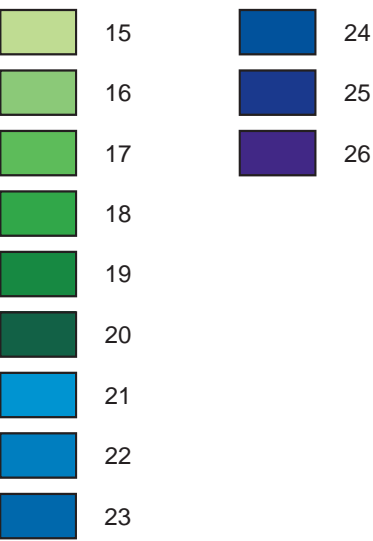


2.6.1



Mittlere Anzahl von Gewittertagen von Mai bis September der Jahre 1995-1999



Zone 1: nördliches Donaueinzugsgebiet
Zone 2: Voralpenland
Zone 3: Alpen

GLOBAL CHANGE ATLAS
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Universität München (LMU)

2.6.1 Teilprojekt Niederschlag/Fernerkundung
Mittlere Anzahl von Gewittertagen

Rastergröße: 1 x 1 km²
Maßstab: 1: 1.700.000



Datengrundlage:
Meteosat-7 Satellitendaten 1995-1999

Autoren:
B. Thies, T. Nauss, C. Reudenbach, J. Cermak, J. Bendix,
Fachbereich Geographie, Lab for Climatology and Remote Sensing,
Universität Marburg

Grafik:
Abt. Kartographie, Dept. für Geo- und Umweltwissenschaften LMU

2.6.1 Teilprojekt Niederschlag/Fernerkundung - Mittlere Anzahl von Gewittertagen

1. Einleitung

Niederschläge sind der Hauptantriebsfaktor für hydrologische Prozesse, so dass der korrekten Erfassung der Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet ein hoher Stellenwert zukommt. Aus diesem Grund wurden in DANUBIA drei Modelle zur Niederschlagserfassung implementiert: ein mesoskaliges Atmosphärenmodell (*AtmoMM5*, Wettermodell), ein auf Stationsdaten beruhendes Interpolationsmodell (*AtmoStations*) und ein satellitengestütztes Niederschlagsretrieval (*AtmoSat*).

Auf die Implementierung eines auf Radardaten beruhenden Verfahrens wurde verzichtet, da durch die Topographie des Einzugsgebietes verursachte, systematische Fehler (Clutterbildung) im Bereich der Alpen einen flächendeckenden Einsatz auf das Alpenvorland beschränken würden. Das satellitenbasierte Niederschlagsretrieval *AtmoSat* beruht daher als einziges der drei implementierten Verfahren auf flächendeckenden Datensätzen (Satellitenbildern), die eine direkte Abbildung der räumlichen Niederschlagsmuster erlauben und wird deshalb überwiegend zur Validierung der beiden anderen Modelle (*AtmoMM5*, *AtmoStations*) verwendet. Darüber hinaus kann *AtmoSat* auf die Daten aller bisherigen (und künftigen) Meteosat-Satellitensensoren angewendet werden, was die Erstellung langer Niederschlagszeitreihen und damit eine Analyse der regionalen Auswirkungen des klimatischen Wandels im oberen Donaeinzugsgebiet ermöglicht.

Neben der Erfassung der Niederschlagsverteilung kann *AtmoSat* auch zur Erfassung und Echtzeit-Beobachtung von spezifischen Witterungserscheinungen wie beispielsweise von Gewitterstürmen verwendet werden (Nauss et al., 2004), da diese im Zusammenhang mit hochreichenden, konvektiven Wolkenkernen stehen, die mit hoher Sicherheit in den thermalen Sensorkanälen identifiziert werden können. Die hohe raumzeitliche Variabilität von Gewittern macht ein quasi-kontinuierliches Messsystem erforderlich, das durch die 30- bzw. 15-minütige Reptition des Meteosat-7 bzw. Meteosat-8 Systems verfügbar ist.

2. Datenaufbereitung

Grundlage für die Erfassung der Niederschlagsverteilung bilden Daten des europäischen Meteosat-Systems, das in ca. 36.000 km Höhe synchron zur Rotation der Erde in einem geostationären Orbit über dem Schnittpunkt zwischen dem 0. Längengrad und dem Äquator steht. Diese Position ermöglicht die Aufnahme der gesamten, dem Sensor zugewandten Erdhalbkugel (Europa, Afrika) mit einer räumlichen Auflösung von wenigen Kilometern und einer zeitlichen Auflösung von 30 bzw. seit Meteosat-8 von 15 Minuten. Mit der Umstellung auf Meteosat-8 Anfang 2004 hat auch die spektrale Auflösung des an Bord befindlichen SEVIRI-Sensors deutlich zugenommen. Während bis Meteosat-7 der VISSR-Sensor lediglich über drei Kanäle verfügt, sind auf SEVIRI 12 Kanäle innerhalb des sichtbaren Spektrums, des nahen Infrarots, der Wasserdampfabsorptionsbanden und des thermalen Infrarots vorhanden.

Zur Ableitung der Niederschläge sind verschiedene Vorverarbeitungsschritte notwendig, die in den operationellen Prozessierungsketten des Teilprojekts Niederschlag/Fernerkundung implementiert sind. Die empfangenen Meteosat-Daten (5 x 5 km²) werden zunächst kalibriert, mittels einer bilinearen Interpolation in die DANUBIA-Kartenprojektion (1 x 1 km²) überführt und abschließend zur Berechnung der Niederschlagsdaten an das in DANUBIA integrierte Retrieval übergeben.

3. Modellbeschreibung

Die Niederschlagsableitung in *AtmoSat* erfolgt durch die in zwei Teile gegliederte Advective-Convective-Technique (ACT) (Nauss et al., 2004; Reudenbach et al., 2005; Reudenbach et al., 2001), die in DANUBIA integriert ist. Der erste, fernerkundliche Teil dient der Abgrenzung regnender Wolkenflächen im Satellitenbild, der zweite der Zuweisung der Regenrate, die bei der ACT auf dreidimensionalen Wolkenmodellrechnungen basiert und die zuvor identifizierten Niederschlagsprozesse berücksichtigt. Der fernerkundliche Teil der ACT besteht aus zwei Modulen, die zur Identifizierung von Niederschlägen aus konvektiven Wolken (z. B. Gewittern) und

stratiformen Wolken (z.B. aus im Zusammenhang mit Konvektionswolken auftretenden Nimbostratus Wolken) dienen. Die Niederschläge aus konvektiven Wolken werden auf Basis der gemessenen Wolkenoberflächentemperatur im Wasserdampf- (WV, ~6,5µm) und Infrarotkanal (IR, ~11µm) ermittelt. Tjemkes et al. (1997) haben gezeigt, dass vertikal mächtige, hochreichende (Gewitter-) Wolken im WV-Kanal wärmer sind als im IR-Kanal, so dass positive WV-IR Temperaturdifferenzen folglich auf die Existenz hochreichender, konvektiver Bewölkung hinweisen und somit eine physikalisch begründete Identifikation von Gewitterzellen ermöglichen. Im Gegensatz zur Erfassung konvektiver Niederschläge ist die Erfassung stratiformer Niederschlagsflächen für den Zeitraum 1995-2003 nicht unmittelbar physikalisch begründet, da hier lediglich Daten des drei Kanäle umfassenden Meteosat VISSR Sensors zur Verfügung stehen. Die Identifikation beruht auf einer Kombination aus Clusteranalyse des WV- bzw. IR-Signals sowie einer Analyse der Kompaktheit der Wolkenfelder, anhand derer letztendlich entschieden wird, ob eine Niederschlagsituation vorliegt oder nicht.

Mit der Verfügbarkeit von Meteosat-8 SEVIRI konnte dieses zweite Modul der ACT für Tagaufnahmen seit Anfang 2004 durch das physikalisch begründete Rain Area Delineation Scheme RADS (Nauss, 2005) ersetzt werden, dass ebenfalls in *AtmoSat* implementiert worden ist. Die grundsätzliche Neuerung des Konzeptmodells von RADS liegt darin, dass die Niederschlagsfläche aus der vertikalen Mächtigkeit der Wolke und der Größe der Wolkentropfen abgeleitet wird. Die Vertikalerstreckung ist dabei nicht nur zum Aufbau ausreichend großer Tropfen gemäß der Dynamik von Wolkensystemen notwendig, sondern stellt auch eine steuernde Größe der Verdunstung von ausfallenden Tropfen unterhalb der Wolke dar, was wiederum einen unmittelbaren Einfluss auf die notwendige Tropfengröße hat. Für die Ableitung der Wolkenparameter, die die verbesserte spektrale Auflösung von SEVIRI benötigen, wird der Semi-Analytical Cloud Retrieval Algorithm SACURA (Kokhanovsky et al., 2003 und Nauss et al., 2005) verwendet, der auf Reflexionsmessungen im sichtbaren Spektrum und nahen Infrarot basiert.

4. Darstellung einiger Ergebnisse

Abbildung 2.6.1.1 zeigt einen Vergleich der monatlichen Niederschlagsmittel im Untersuchungsgebiet für 1999 auf Basis von *AtmoMM5*, *AtmoStations* und der ACT in *AtmoSat*. Die monatlichen Abweichungen sind zum überwiegenden Teil darauf zurückzuführen, dass das Satellitenverfahren aufgrund der notwendigen Verwendung des älteren Meteosat-VISSR-Sensors Defizite bei der Identifizierung von stratiformen Niederschlägen aufweist, numerische Wettermodelle auf der anderen Seite leichte Schwächen in der Berechnung von konvektiven Niederschlägen haben und die berechnete Niederschlagsverteilung zudem stark von der gewählten Auflösung abhängig ist. Die auf Stationsdaten beruhenden Interpolationsmodelle tendieren schließlich zur Senkung von Spitzenniederschlagsraten bei gleichzeitiger Ausdehnung der Niederschlagsfläche. Die Abweichungen dürfen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass alle drei Modelle den jeweiligen Stand der Forschung repräsentieren und im Mittel zu sehr verlässlichen Aussagen über die Niederschlagsverteilung führen.

Die Karte auf der gegenüberliegenden Seite zeigt die mittels der ACT zwischen 1995 und 1999 abgeleitete durchschnittliche Anzahl von Gewittertagen zwischen Mai und September. Ein Tag wurde als Gewittertag identifiziert, wenn innerhalb von 24 Stunden mindestens ein deutlich in den Bereich der Tropopause vorstoßender, konvektiver Wolkenkern über der jeweiligen Position beobachtet wurde, da derartige Systeme mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ein Gewitter zur Folge haben.

Im Unterschied zur klimatologischen Definition eines Gewittertags, von dem gesprochen wird, wenn an einem Standort von einem Beobachter ein Donner gehört wurde, muss für die vorgenommene Zählung folglich der Ort des Gewitterkerns mit dem Beobachtungsstandort übereinstimmen. Die durch das Satellitenverfahren er-

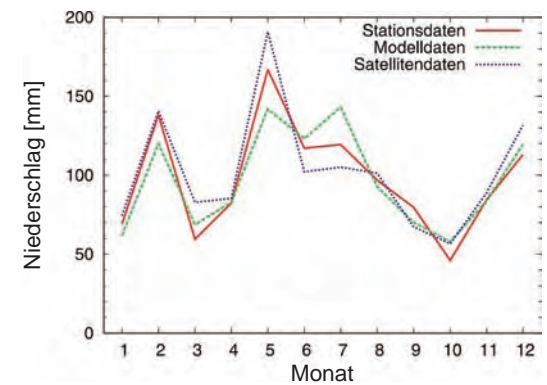


Abbildung 2.6.1.1: Vergleich des mittleren monatlichen Gebietsniederschlags für das Jahr 1999 auf Basis von raum-zeitlich interpolierten Stationsdaten (*AtmoStations*), Wettermodellrechnungen (*AtmoMM5*) und Satellitendaten (*AtmoSat*).

mittelte Anzahl der Gewittertage erscheint folglich im Vergleich mit subjektiven Beobachtungen etwas geringer.

Die Karte zeigt prinzipiell die orographisch bedingte Zunahme der Gewitterhäufigkeit im Einzugsgebiet. Im Osten ist diese durch den Bayerischen Wald und den Böhmerwald, im Süden durch die Alpen und im Nordwesten durch die Schwäbische, z.T. auch die Fränkische Alb bedingt. Im Lee des Schwarzwaldes sowie der Schwäbischen und Fränkischen Alb ist ein Gebiet deutlich geringerer Gewitterwahrscheinlichkeit erkennbar, an dessen südöstlicher Flanke sich die Stausituation der Alpen durch die nach Südosten gerichtete Zunahme der Gewitter im Alpenvorland abzeichnet. Im Mittel der Jahre 1995-1999 traten im oberen Donaeinzugsgebiet zwischen Mai und September 14 bis 26 Gewittertage auf. Im Vergleich zur klimatologischen Gewittertags-Definition, anhand derer im bayerischen Alpenvorland bis zu 30 Gewittertage zwischen Januar und Dezember gezählt werden, können die Angaben des Satellitenprodukts als realistisch angesehen werden.

Abbildung 2.6.1.2 zeigt die mittlere monatliche Anzahl an Gewittertagen im Verlauf der Frühjahrs- und Sommermonate für die drei in der Karte eingezeichneten Raumzonen. Die Häufigkeitsverteilung zeigt das zu erwartende, hochsommerliche Maximum im Juli und lässt in den übrigen Monaten eine prinzipielle Abnahme der mittleren Gewitterhäufigkeit von den Alpen über das Alpenvorland und weiter in Richtung Norden erkennen.

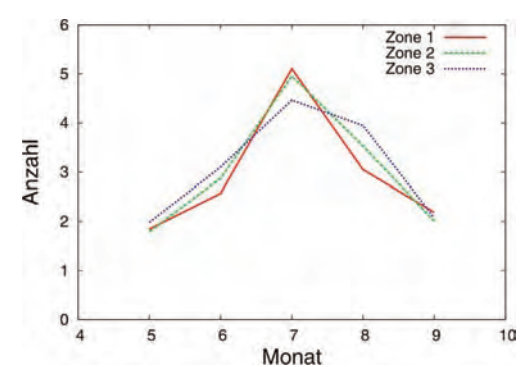


Abbildung 2.6.1.2: Durchschnittliche Anzahl an Gewittertagen für die Monate Mai bis September in den Alpen (Zone 3), dem Voralpenland (Zone 2) und dem nördlichen Donaeinzugsgebiet (Zone 1) auf Basis von Satellitendaten der Jahre 1995 bis 1999.

Literatur

- Kokhanovsky, A. A., Rozanov, V. V., Zege, E. P., Bovensmann, H. & Burrows, J. P. (2003): A semi-analytical cloud retrieval algorithm using back-scattered radiation in 0.4-2.4 µm spectral region. J. of Geophys. Res. 108, AAC 4-1-AAC 4-19.
- Nauss, T. (2005): Das Rain Area Delineation Scheme RADS - ein neues Verfahren zur satellitengestützten Erfassung der Niederschlagsfläche über Mitteleuropa. Dissertationsschrift zur Erlangung des Dr. rer. nat. Titels. Marburger Geographische Schriften, in Druck.
- Nauss, T., Kokhanovsky, A. A., Nakajima, T. Y., Reudenbach, C. & Bendix, J. (2005): The intercomparison of selected cloud retrieval algorithms. Atmos. Res., in Druck.
- Nauss, T., Reudenbach, C., Cermak, J. & Bendix, J. (2004): Operational identification and visualisation of cloud processes for general aviation using multispectral data. Eumetsat Sat. Conf., Prague, Czech Republic, 196-172.
- Reudenbach, C., Heinemann, G., Heuel, E., Bendix, J. & Winiger, M. (2001): Investigation of summertime convective rainfall in Western Europe based on a synergy of remote sensing data and numerical models. Meteor. Atmosph. Phys. 76, 23-41.
- Reudenbach, C., Nauss, T. & Bendix, J. (2005): Retrieving precipitation with GOES, Meteosat and Terra/MSG at the tropics and midlatitudes. In: Levizzani, V., P. Bauer & F. J. Turk (Hrsg.): Measuring precipitation from space, in Druck.
- Tjemkes, S.A., van de Berg, L. & Schmetz, J. (1997): Warm water vapour pixels over high clouds as observed by Meteosat. Contr. Atmos. Phys., 70, 15-21.