

## Die lokale Blitzdichte als wesentliche Eingangsgröße bei der Risikoanalyse

Gerhard Diendorfer, Wolfgang Schulz  
(ÖVE-ALDIS),

### 1. Allgemeines

Nach ENV 61024-1:1995 [1] ist die Auswahl der Blitzschutzklasse auf Basis einer Risikoanalyse durchzuführen. Dabei wird die Anzahl der erwarteten Direkteinschläge ( $N_d$ ) der zugelassenen Anzahl der Einschläge ( $N_c$ ) gegenübergestellt. Die durchschnittliche jährliche Anzahl der Direkteinschläge in eine bauliche Anlage  $N_d$  kann abgeschätzt werden durch:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot C_e \cdot 10^{-6} \quad \text{je Jahr} \quad (1)$$

Dabei ist:

$N_g$  die durchschnittliche jährliche Dichte der Erdblitzes (in Blitzen je km<sup>2</sup> und Jahr) in der Region, in der sich die bauliche Anlage befindet;

$A_e$  die äquivalente Auffangfläche der freistehenden baulichen Anlage (in m<sup>2</sup>);

$C_e$  ein Koeffizient zur Berücksichtigung der Umgebung der baulichen Anlage.

In ENV 61024-1:1995 ist bereits angemerkt, daß  $N_g$  nach Möglichkeit mit einem Blitzortungssystem bestimmt werden soll. Nur wenn die Dichte der Erdblitzes ( $N_g$ ) aus solchen Messungen nicht verfügbar ist, kann eine Abschätzung durch folgende Beziehung erfolgen

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \quad \text{je km}^2 \text{ und Jahr} \quad (2)$$

Dabei ist:

$T_d$  die Anzahl der Gewittertage je Jahr, entnommen aus Karten des Isokeraunischen Pegels.

Den Zusammenhang zwischen Gewittertagen und Blitzdichte nach Gl. (2) zeigt Tabelle 1:

$T_d$ (a <sup>-1</sup> )	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$N_g$ (km <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	0,3	0,7	1,2	1,7	2,2	2,8	3,4	4,0	4,7

Tabelle 1: Blitzdichte abgeschätzt aus der mittleren Anzahl der Gewittertage

Wie dieser kurze Überblick zeigt, geht die Größe der regionalen Blitzdichte direkt in das Ergebnis der Risikoanalyse ein und soll daher im folgenden Beitrag etwas ausführlicher betrachtet werden.

## 2. Erfassung der Gewittertätigkeit mit Blitzortungssystemen

Mit den heute technisch verfügbaren Blitzortungssystemen ist man in der Lage, Wolke-Erde-Blitzentladungen mit einer mittleren Ortungsgenauigkeit von einigen hundert Metern zu orten. Die Ortungsgenauigkeit des einzelnen Blitzes hängt von einer Reihe von Parametern ab:

- Abstand der Ortungssensoren zum Einschlagsort
- Relative Lage der Sensoren zum Einschlagsort (z. B. schleifende Schnitte)
- Blitzstromstärke und damit Größe des abgestrahlten Blitzfeldes
- Lokaler elektromagnetischer Störpegel am Sensorstandort
- usw.

Für die Auswertung der Blitzdichte ist wesentlich, daß eine räumliche Auflösung, die kleiner als die mittlere Ortungsgenauigkeit ist, nicht sinnvoller erscheint. Betrachtungen auf Basis eines 1 x 1 km<sup>2</sup> Rasters scheinen bei einer mittleren Ortungsgenauigkeit von einigen 100 Metern aber noch durchaus vertretbar.

In Österreich ist das Blitzortungssystem ALDIS (Austrian Lightning Detection & Information System) seit 1992 in Betrieb. Eine umfassende Beschreibung der Funktion und einer Reihe von Ergebnissen der Datenauswertung ist in [2] zu finden. Die Anzahl der Blitzschläge, die innerhalb der Bundesgrenzen von Österreich in den einzelnen Jahren geortet wurden, zeigt Abb.1:

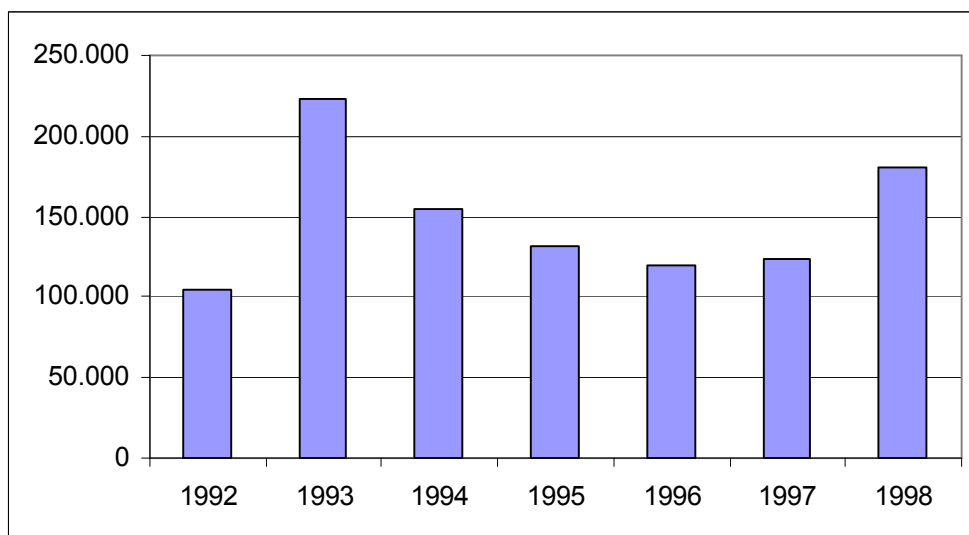


Abb.1: Anzahl der von ALDIS in den Jahren 1992 - 1998 in Österreich registrierten Blitze

### 3. Gewittertage versus Blitzortung

Die Erfassung der Gewittertage durch die meteorologischen Dienste erfolgt durch Beobachter. Als Gewittertag wird ein Tag gewertet, an dem vom Beobachter mindestens ein Blitz gesehen oder ein Donner gehört wurde. Schon aus dieser Definition ist ersichtlich, daß bei dieser Kenngröße „Gewittertag“ die „Blitzhäufigkeit“ praktisch völlig unberücksichtigt bleibt.

Für den Beobachter ist ein schweres Unwetter mit einigen 100 Blitzeinschlägen im Beobachtungsbereich von einigen Kilometern Umkreis ebenso ein Gewittertag, wie im Fall der Wahrnehmung von einigen wenigen entfernten Donnergeräuschen.

Neben dieser grundsätzlichen Unzulänglichkeit der Kenngröße „Gewittertage“ zur Beschreibung der Blitzhäufigkeit wird die Beobachtung zusätzlich durch eine Reihe von subjektiven Faktoren beeinflusst, wie z.B.:

- Aufmerksamkeit des einzelnen Beobachters
- Sichtbereich am Beobachterstandort (z.B. Berglage versus Tallage)
- Vorhandensein von Zusatzinformation (z.B. bei professionellen Wetterdiensten)
- usw.

Im Rahmen eines ausführlichen Vergleiches der ALDIS-Blitzortungsdaten mit den meteorologischen Beobachtungen [3] wurde die Anzahl der Tage, an denen mindestens ein Blitz im Umkreis von 5 km bzw. 10 km um den Beobachterstandort geortet wurde, den Meldungen der Wetterbeobachter gegenübergestellt. Der Distanzbereich von 5 km bis 10 km wurde gewählt, da dies annähernd dem Hörbereich des Donners entspricht. Die Abb. 2 zeigt beispielhaft diese Auswertung für einige Orte in der Steiermark.

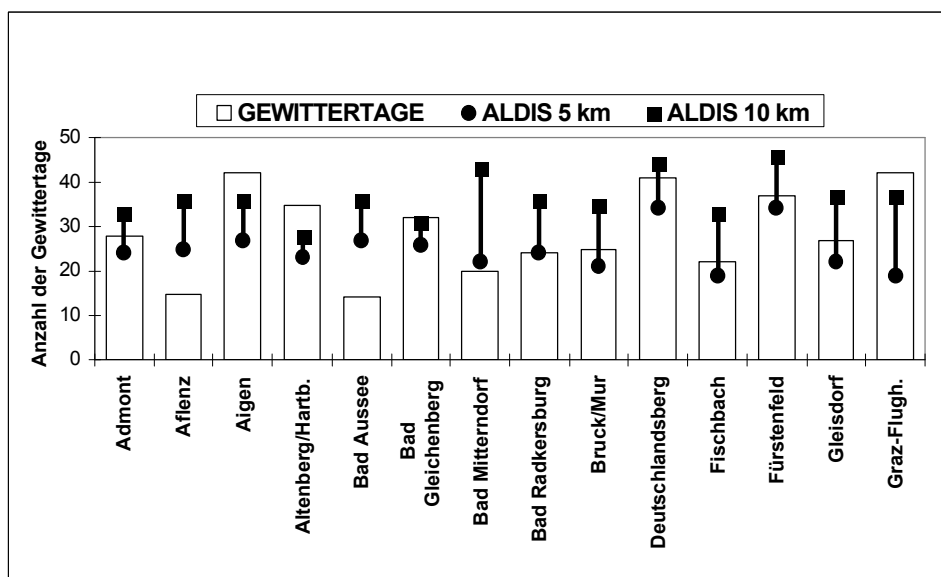


Abb. 2: Gegenüberstellung der von den Wetterbeobachtern gemeldeten Gewittertage 1994 mit der Anzahl der Tage, an denen von ALDIS mindestens ein Blitz im Umkreis von 5 km bzw. im Umkreis von 10 km geortet wurde.

Aus der Abb.2 sind deutlich Unterschiede in der Erfassungsqualität der einzelnen Beobachter bzw. an den einzelnen Beobachtungsstandorten ersichtlich. Haben zum Beispiel die Beobachter in Aflenz und Bad Aussee nur an ca. 50 % der Tage, an denen von ALDIS Blitze im Umkreis von 5 km registriert wurden, Gewitter gemeldet, wurde von den Beobachtern in Aigen und Graz-Flughafen mehr Gewittertage gemeldet, als jene Tage, an denen Blitze im Umkreis von 10 km geortet wurden.

Neben der Tatsache, daß die Gewittertageerfassung die tatsächliche Blitzhäufigkeit völlig vernachlässigt, sind es diese subjektiven Erfassungsunterschiede, die insgesamt zu einer deutlichen Diskrepanz zwischen Isokeraunenkarten und der mittleren Blitzdichte führen, wie der Vergleich in Abb.3 zeigt. Abb.3a zeigt eine Isokeraunenkarte Österreichs auf Basis der Gewitterbeobachtung der Jahre 1958 - 1969. Der grafischen Darstellung der Blitzdichte in Abb. 3b liegt ein geographisches Raster von 10 x 10 km<sup>2</sup> und die ALDIS Daten der Jahre 1992 - 1997 zugrunde.

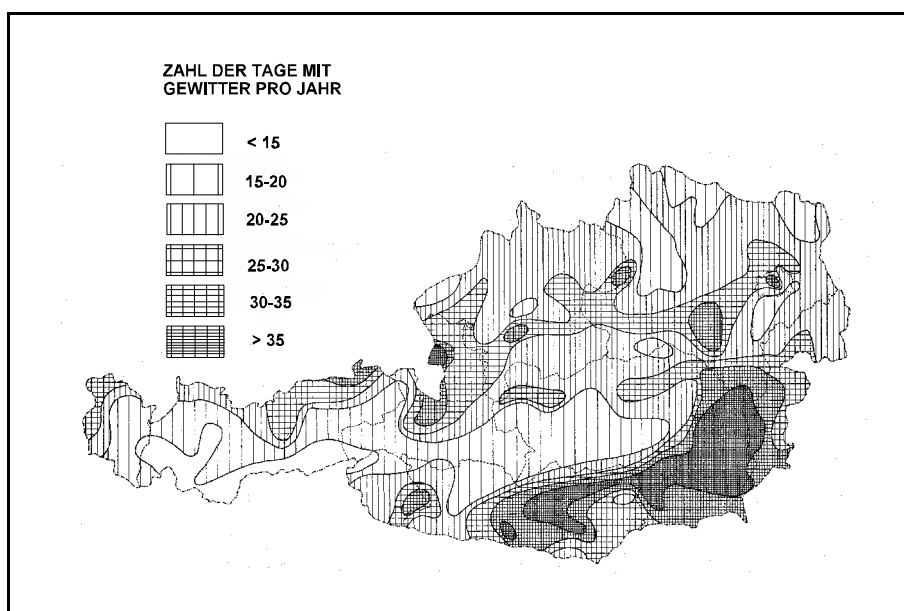


Abb. 3a: Isokeraunenkarte der Jahre 1958 - 1969

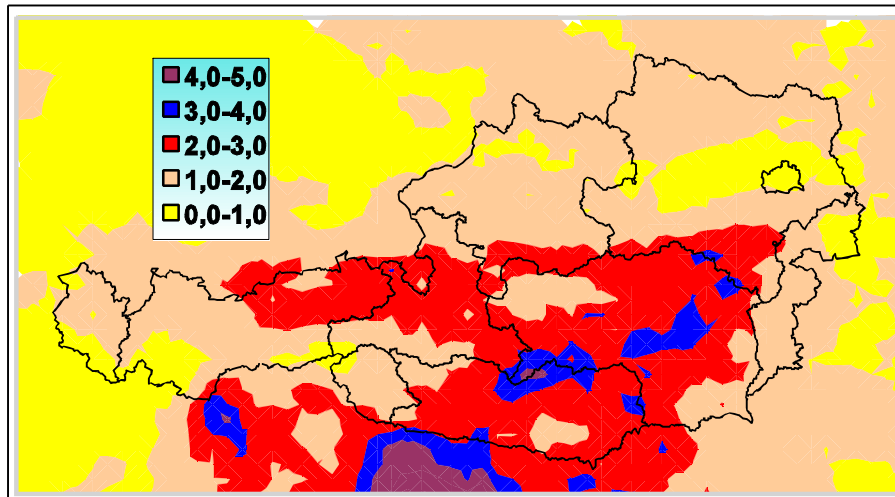


Abb. 3b: Mittlere Blitzdichte der Jahre 1992 - 1997 in Anzahl der Blitzschläge pro km<sup>2</sup> und Jahr (Raster 10 x 10 km<sup>2</sup>)

Vor allem im alpinen Raum zeigen sich deutliche Abweichungen zwischen den Isokeraunenwerten und der mittleren Blitzdichte auf Basis der Blitzortung.

Vergleicht man einzelne lokale Blitzdichtewerte nach Umrechnung der Gewittertage nach Tab.1, so liegt die tatsächliche Blitzdichte in manchen Zonen mehr als doppelt so hoch, als sich aufgrund der beobachteten Gewittertage ergibt.

#### 4. Die lokale Blitzdichte auf Basis der ALDIS Blitzortungsdaten

Um möglichst zuverlässige Aussagen über die lokale Blitzdichte am Standort eines Objektes machen zu können, ist die Aufzeichnung des Blitzgeschehens über einen möglichst langen Zeitraum erstrebenswert.

Wie bereits aus Abb.1 ersichtlich, variiert die Blitzhäufigkeit über Gesamtösterreich von Jahr zu Jahr um mehr als einen Faktor zwei.

Verschiedenste statistische Analysen der ALDIS Daten der Jahre 92-98 haben gezeigt, daß aus dem vorhandenen Datensatz bereits ein sehr stabiles Ergebnis gewonnen werden kann. Das heißt, es zeigen sich sehr eindeutig Verteilungen der Gewittertätigkeit, die sich durch das Hinzufügen der Daten eines weiteren Jahres nur mehr geringfügig verschieben. Unter Berücksichtigung der bereits gezeigten Unzulänglichkeiten in der Erfassung der Gewittertage scheinen daher Blitzdichtewerte auf Basis der Ortungsdaten der Jahre 1992 - 1998 deutlich besser geeignet, die lokale Blitzgefährdung zu beschreiben.

Natürlich sind auch bei der Auswertung der Blitzdichte eine Reihe von Einflußfaktoren zu berücksichtigen.

Idealerweise möchte man ja wissen, wie häufig (im Sinne einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung) wird der Blitz ein gegebenes Objekt treffen, wobei das Objekt nach Gl. (1) durch seine äquivalente Auffangfläche beschrieben wird.

Die Berechnung einer mittleren Blitzdichte, angegeben als Anzahl der Einschläge pro km<sup>2</sup> und Jahr, impliziert, daß die Einschlagswahrscheinlichkeit über die zugrundegelegte Flächeneinheit konstant ist.

Legt man der Auswertung z.B. ein Raster von 10 x 10 km<sup>2</sup> zugrunde, werden alle Unterschiede in der Blitzdichte innerhalb dieser Planquadrate ausgemittelt und stehen für die Risikobeurteilung nicht mehr zur Verfügung. Derselbe Effekt tritt natürlich auch bei der Wetterbeobachtung auf.

Zur Demonstration dieser Tatsache zeigt Tab.2 die Blitzdichtewerte für einen willkürlich gewählten 10 x 10 km<sup>2</sup> Bereich bei einer Rasterung mit 1 x 1 km<sup>2</sup>. Man erkennt, daß die Werte der Blitzdichte innerhalb dieses vergleichsweise kleinen Gebietes im Bereich zwischen 1,1 und 5,9 liegen. Ein Wert von z.B. 3,0 bedeutet, daß im betrachteten Zeitbereich von 7 Jahren (1992 - 1998) insgesamt 27 Blitze innerhalb dieses einen km<sup>2</sup> geortet wurden. Die Unterschiede um einen Faktor 5 sind daher nicht mehr durch einzelne Blitzschläge, die nur zufällig einmal in das eine oder andere Segment fallen, zu erklären.

Hinterlegt man einer derartig fein aufgelösten Blitzdichteverteilung eine topografische Landkarte, so sind eindeutig Zusammenhänge der Topographie und der Blitzdichte zu erkennen. Berge und Hügel zeigen gegenüber den Tälern deutlich höhere Blitzdichten. Die Blitzdichte nimmt mit der Höhe zu.

3,4	2,6	1,7	2,1	1,3	3,3	2,9	1,7	2,1	1,3
2,1	1,7	1,9	2,4	4,3	3,6	3,3	3,4	5,1	4,0
1,4	1,3	3,3	2,6	3,7	4,1	3,7	4,4	3,7	2,7
2,0	2,6	4,7	3,4	4,3	2,9	3,7	3,0	2,9	2,3
2,4	2,4	2,4	4,6	4,0	3,0	3,3	2,9	2,0	2,1
2,1	1,9	2,9	2,6	4,3	2,0	3,1	3,0	2,0	1,7
2,6	3,7	5,3	3,3	2,9	2,1	1,7	1,4	2,9	2,4
2,3	2,3	3,4	2,6	1,7	4,0	2,1	2,9	2,4	3,3
3,4	1,1	3,0	3,0	4,4	2,9	2,4	4,3	2,1	5,9

Tabelle 2: Beispiel der lokale Blitzdichte in 1 x 1 km<sup>2</sup> Segmenten in einem willkürlichen Ausschnitt des Bezirkes Murau in der Steiermark. Die Zahlenangaben in der Tabellenfeldern entsprechen der mittleren Anzahl von Blitzschlägen pro km<sup>2</sup> und Jahr basierend auf den ALDIS Blitzortungsdaten der Jahre 1992 - 1998

Eine detaillierte Risikoanalyse scheint nur sinnvoll, wenn dabei derartig kleinräumige Schwankungen der Blitzdichte auch berücksichtigt werden.

Für den Bereich Österreich wurde auf Basis der ALDIS Daten 1992 - 1998 eine Matrix der Blitzdichte im Raster 1 x 1 km<sup>2</sup> erstellt. Da ein betrachtetes Objekt gegebenenfalls am Rand bzw. in der Ecke der 1 x 1 km<sup>2</sup> Zelle liegen kann, wird als Blitzdichtewert für einen Ort, der geographisch irgendwo innerhalb einer 1 x 1 km<sup>2</sup> Zelle liegt, der Mittelwert aus den Dichtewerten dieser einen Zelle und den Werten der 8 umgebenden Zellen bestimmt.

Für ein Objekt, das z.B. in der Zelle in Zeile 5 und Spalte 6 der Tabelle 2 liegt, ergibt sich damit eine mittlere Blitzdichte von

$$(4,3 + 2,9 + 3,7 + 4,0 + 3,0 + 3,3 + 4,3 + 2,0 + 3,1) / 9 = 3,4 \text{ Einschläge pro km}^2 \text{ und Jahr.}$$

Auf diese Weise ist sichergestellt, daß „Randeffekte“ bei der Selektion der zugehörigen Zelle ausgefiltert werden.

Seit Anfang 1999 kann via Internet ([www.aldis.at](http://www.aldis.at)) für jeden Ort in Österreich die mittlere Blitzdichte, ermittelt nach dem oben beschriebenen Verfahren, abgefragt werden. Die Ortseingabe kann entweder in Form von Ortsname bzw. Postleitzahl oder direkt durch Vorgabe geographischer Koordinaten (Längengrad/Breitengrad) erfolgen. Abb.4 zeigt die entsprechende Maske zur Dateneingabe. Das Ergebnis der Abfrage wird in Form einer HTML-Seite übermittelt und kann so in beliebiger Form weiterverarbeitet werden (z.B. Ausdruck und Beilage zu den Planungsunterlagen einer Blitzschutzanlage).

## Expert-Blitzdichte-Abfrage

User:  Passwort:

Abfrage mit Ort       Abfrage mit Breitengrad/Längengrad

Suche Ort nach Ortsnamen oder PLZ:

Haslach an der Muehl|417  
Sankt Oswald bei Haslach

◀ ▶

Bemerkung:

http://www.aldis.at

Abb.4: ALDIS-Internet Maske zur Eingabe der Ortsdaten



Datum : 9906/19 17:25:39  
Benutzername : test

## ERGEBNIS ALDIS - EXPERT BLITZDICHTER ABFRAGE

Auf Basis der ALDIS Blitzortungsdaten der Jahre 1992 - 1998 wurde für den gewählten Ort bzw. im Bereich der vorgegebenen Koordinaten folgender Blitzdichtewert ermittelt:

Ort:	Haslach an der Muehl
PLZ:	4170
Bemerkung:	Testabfrage

Mittelwert der Blitzdichte (1992 - 1998):

**Resultat: X.X Blitze/km<sup>2</sup> und Jahr**

### Hinweis:

Die angegebene Blitzdichte stellt einen statistischen Mittelwert dar und ist nach den gültigen internationalen Vorschriften (z.B. ENV 61 024:1995) zur Risikoanalyse betreffend Blitzschlag heranzuziehen.

Die Auswertung erfolgt über eine Fläche von insgesamt 9 Segmenten von je 1 km x 1 km, wobei der Ort bzw. der vorgegebene Koordinatenpunkt innerhalb des zentralen Segmentes liegt.

Wie vergleichbare andere statistische Kennwerte kann dieser Wert keine Aussage über das tatsächliche Auftreten weiterer Blitzschläge im betrachteten Planquadrat von 1 x 1 km liefern.

<http://www.aldis.at>

Abb. 5: Ergebnis einer Blitzdichte Abfrage (MUSTER)

## 5. Zusammenfassung

Direkte Vergleiche der Gewittertage und der mit einem Ortungssystem erfaßten Blitzdichte haben gezeigt, daß Isokeraunenkarten nur sehr bedingt zur Festlegung der Blitzgefährdung eines Objektes geeignet sind.

Die lokale Blitzdichte, und für die Gefahr eines direkten Einschlages ist nur diese maßgeblich, kann innerhalb weniger Kilometer um ein Vielfaches schwanken. Werden großräumige Mittelwerte für die Blitzdichte herangezogen, kommt es möglicherweise zu einer deutlichen Über- bzw. Unterbewertung des tatsächlichen Risikos.

Bei der Bestimmung der Blitzdichte auf Basis von Blitzortungsdaten spielt die gewählte Segmentierung des betrachteten Gebietes eine große Rolle. Die regional großen Schwankungen der Blitzdichte lassen es als sinnvoll erscheinen, daß eine räumliche Auflösung von  $1 \times 1 \text{ km}^2$  zugrunde gelegt wird. Eine derartige Auflösung scheint auch noch im Zusammenhang mit der erreichbaren Ortungsgenauigkeit eines Blitzortungssystems gerechtfertigt.

Literatur:

- [1] ENV 61024:1995: Blitzschutz baulicher Anlagen, Teil 1: Allgemeine Grundsätze
- [2] DIENDORFER, G., W. SCHULZ, V.A.RAKOV: Lightning Characteristics Based on Data from the Austrian Lightning Locating System. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility (EMC), Vol. 40, No. 4, Nov. 1998
- [3] GSTREIN CH.: Gewittertage und Blitzdichte in Österreich. Diplomarbeit Technische Universität Wien, 1995

### Adresse des Authors

Dr. Gerhard Diendorfer  
ALDIS, Kahlenberger Str. 2b/3  
A-1190 Wien  
E-Mail: g.diendorfer@ove.at