

# Qualitätsverbesserungen des deutschen Blitzortungssystems

Wolfgang Schulz • Gerhard Diendorfer

**Das deutsche Blitzortungssystem BLIDS (Blitzinformationsdienst von Siemens) ist seit mehr als elf Jahren in Betrieb. Während dieser Zeit haben mehrere Änderungen im Bereich der Hard- und Software stattgefunden, die zu einer Qualitätsverbesserung des Ortungssystems geführt haben. In diesem Beitrag zeigen wir, welchen Effekt diese Leistungssteigerungen auf verschiedene Blitzparameter während der einzelnen Jahre haben.**

Das deutsche Blitzortungssystem BLIDS (Blitzinformationsdienst von Siemens, [1]) ist seit Anfang 1992 in Betrieb. Es wurden zu diesem Zeitpunkt ausschließlich GPS-synchronisierte Sensoren (LPATS III) verwendet, die mit Hilfe einer Stabantenne das elektrische Feld eines Blitzes vermessen und den genauen Ankunftszeitpunkt des Feldimpulses bestimmen. Weiterhin bestand das Ortungssystem am Beginn aus zwei Teilnetzen. Zu jedem Teilnetz gehörten sechs LPATS-III-Empfänger und ein Zentralrechner (Central Analyzer Processor – CAP) [2]; die Grenze zwischen den beiden Teilnetzen war der 51. Breitengrad. Da der Sensor in Leipzig Probleme mit lokalen Störungen hatte, wurde beginnend mit dem Jahre 1994 ein Sensor in beiden Teilnetzen verwendet.

Die erste große Änderung im Netzwerk erfolgte 1998 mit der Installation des LP2000 [3] als Zentralrechner. Durch diese Aufrüstung wurde die Teilung des

Ortungsnetzes in zwei Teilnetze obsolet. Des Weiteren wurde das System im Jahre 1998 durch die Integration von Sensoren in der Schweiz (LPATS III) und Österreich („Impact“) erweitert. Die Kommunikation zwischen den Sensoren und dem Zentralrechner LP2000 wurde von X.25 (1 200 bit/s) auf das Siemens Intranet (mind. 2 400 bit/s) umgestellt, womit nicht nur höhere Bandbreiten, sondern auch eine höhere Zuverlässigkeit als im X.25-Netzwerk zur Verfügung stand. Durch die Integration der österreichischen Impact-Sensoren, welche zusätzlich zur Ankunftszeit auch die Richtung zum Blitz über das magnetische Feld bestimmen, war es erstmals möglich, die Amplitudenmessung der LPATS-III-Sensoren zu kalibrieren. Dadurch ist es gelungen, die Genauigkeit der Amplitudenbestimmung des deutschen Netzwerks entscheidend zu verbessern. Alle erwähnten Änderungen schlugen sich in einer verbesserten Detection Efficiency (DE) nieder, beeinflussten aber auch die Verteilung der Stromamplituden der georteten Blitze.

Die Erneuerung von zehn LPATS-III-Sensoren auf Sensoren der damals neuesten Technology (LPATS IV) erfolgte 1999. Auch diese Sensoren bestimmen die Ankunftszeit des Blitzfelds über das elektrische Feld. Für alle LPATS-IV-Sensoren wurde die Kommunikationsgeschwindigkeit mit dem Zentralrechner auf 9 600 bit/s erhöht und ein zusätzlicher Sensor wurde in Deutschland installiert. Damit waren ab diesem Zeitpunkt 13 Sensoren in Deutschland in Betrieb. Die Installation der neuen Sensoren wurde erst nach der Blitzsaison 1999 fertig gestellt, und wie erwartet ist eine verbesserte Performance des Blitzor-

tungssystems daher erst in den Daten des Jahres 2000 erkennbar. 1999 wurden zusätzlich sechs Sensoren in den Benelux-Ländern und drei Sensoren in Polen in das Netzwerk integriert. Wegen Problemen mit dem Ortungsalgorithmus, wenn große Bereiche ausschließlich mit LPATS-Sensoren abgedeckt werden, wurden im Jahr 2001 vier LPATS-IV-Sensoren durch sog. Impact-ESP-Sensoren ersetzt [4]. Liegen z. B. mehrere LPATS-Sensoren zufällig annähernd auf einer Linie, so kann aus der gemessenen Zeitdifferenz keine eindeutige Ortung erfolgen, und es besteht die Gefahr, dass es zu sog. Geisterblitzen kommt. Geisterblitze sind Blitze, welche weit entfernt vom eigentlichen Gewittergeschehen und damit falsch geortet werden. Durch die Installation der Impact-ESP-Sensoren, welche auch die Richtung zum Blitz bestimmen, konnte die Konfiguration des Ortungsalgorithmus so geändert werden, dass mind. ein Impact-Sensor an der Ortung eines Blitzes beteiligt sein muss. Diese Änderung der Konfiguration reduzierte die Anzahl der Geisterblitze signifikant. Eine weitere Reduktion der Geisterblitze wurde im Jahre 2002 durch die Installation eines verbesserten Ortungsalgorithmus mit einem „Outlier-Filter“ erreicht. Die Konfiguration des Netzwerks am Ende des Jahres 2002 ist in Bild 1 dargestellt.

Dr.-Ing. Wolfgang Schulz (39) ist Technischer Leiter des ALDIS beim Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE). Der Matura am TGM in Wien/Österreich (1985) folgte das Studium an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Elektrotechnik, Sponson 1992 und Promotion 1997. Er ist Autor bzw. Co-Autor von mehr als 20 wissenschaftlichen Beiträgen. E-Mail: w.schulz@ove.at



Dr.-Ing. Gerhard Diendorfer (47) ist Geschäftsführer des ALDIS (Austrian Lightning Detection & Information System) beim Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE). Er hat Elektrotechnik an der TU Wien studiert, wo er auch promoviert wurde. E-Mail: g.diendorfer@ove.at



## Abkürzungen

ALDIS	Austrian Lightning Detection & Information System
Benelux	Belgien Niederlande Luxemburg
BLIDS	Blitz-Informationssystem von Siemens
CAP	Central Analyzer Processor
DE	Detection Efficiency
ESP	Enhanced Sensitivity and Performance
GPS	Global Positioning System
IMPACT	Improved Performance from Combined Technology
LPATS	Lightning Positioning and Tracking Systems



**Die Datenbasis**

Verwendet wurden für alle folgenden Untersuchungen Daten der Jahre 1992 bis

2002 (Central Analyzer Processor) des deutschen Blitzortungssystems nicht in der Lage, in Echtzeit Teilblitze zu Blitzen zu gruppieren,

der Teilblitze durchgeführt, und es sollten daher auch sog. „bipolare“ Blitze [5] in den Daten enthalten sein. Seit 1998 wird der im neuen Zentralrechner LP2000 enthaltene Algorithmus zum Gruppieren von Teilblitzen verwendet, welcher ebenfalls in der Lage ist, bipolare Blitze zu registrieren. Eine detaillierte Beschreibung dieses Algorithmus ist in [6] zu finden.

Wie bei allen reinen LPATS-Blitzortungssystemen üblich, wurde auch beim deutschen System vor 1998 der 50 %-Wert der georteten Amplituden an den 50 %-Wert der von Prof. Dr. Karl Berger in der Schweiz am Monte San Salvatore gemessenen Blitzstromverteilung von 30 kA angepasst [7]. Beginnend mit 1998 wurden alle Blitzströme aus den gemessenen Blitzfeldern unter Verwendung von Gl. 1 und einem Feldstrom-Konvertierungsfaktor von 0,23 errechnet [8]. Dieser Konvertierungsfaktor wurde theoretisch aus einem Transmission Line-Modell unter der Annahme einer Return Stroke-Geschwindigkeit von 1 108 m/s errechnet. Des Weiteren wurden für alle LPATS-Sensoren Amplitudenkalibrierfaktoren ermittelt, die aus einem Vergleich mit den bereits kalibrierten österreichischen Impact-Sensoren bestimmt wurden:

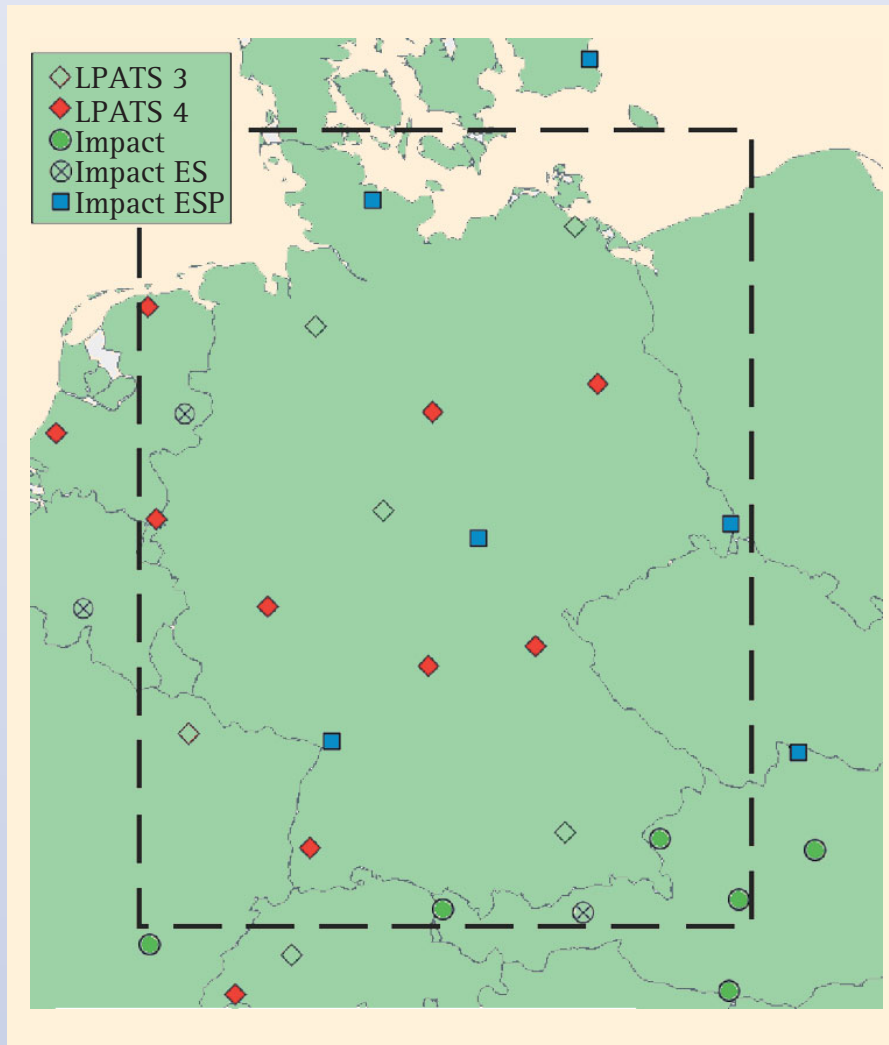
$$I = 0,23 \cdot \overline{RNSS}, \text{ mit} \tag{1}$$

$I$  Blitzstrom in kA,  
 RNSS Normalized Signal Strength.

Die auf 100 km bezogene Signalstärke (Range Normalized Signal Strength) der einzelnen Sensoren wurde mit einer einfachen 1/Distanz-Beziehung errechnet. Bei der Amplitudenbestimmung wurde keine Dämpfungskonstante von 1,13, wie von Prof. Pd.D. Richard E. Orville [8], oder 1,09, wie von Dr. Vincent P. Idone [9] vorgeschlagen, verwendet.

**Resultate – Anzahl der Blitze und Teilblitze**

Bild 2 zeigt die Anzahl der Blitze und Teilblitze der Jahre 1992 bis 2002. Die unterschiedlichen Häufigkeiten der Wolke-Erde-Blitze bzw. -Teilblitze in den Jahren 1992 bis 2002 sind nur zum Teil auf die allgemein variierende Gewitteraktivität in den einzelnen Jahren zurückzuführen. Ein Teil dieser Unterschiede ist auf die bessere Abdeckung des Netzwerks in den Grenzregionen zurückzuführen. Nach dem Austausch der LPATS-III-Sensoren durch LPATS-IV-Sensoren im Jahr 1999 stieg die Anzahl der Wolke-Entladungen signifikant an. Dieser Anstieg ist hauptsächlich auf die neue Sensor-Technologie und die bessere Abdeckung in



**Bild 1.** BLIDS-Netzwerkconfiguration (2002) und die Grenzen des rechteckigen Untersuchungsgebiets

	Wolke-Erde-Blitze	Wolke-Erde-Teilblitze	Wolke-Entladungen
<b>Durchschnitt 1992-1999</b>	376 111	716 723	94 557
<b>Durchschnitt 2000-2002</b>	819 434	1 424 823	380 355
<b>Verhältnis</b>	2,2	2,0	4,0

**Tabelle 1.** Mittlere Anzahl der Wolke-Erde-Blitze/-Teilblitze und Wolke-Entladungen vor und nach dem Upgrade

2002. Für die Analysen wurden Daten aus einem rechteckigen Gebiet rund um Deutschland zwischen den Längengraden 5,5° E und 15,3° E und zwischen den Breitengraden 47,4° N und 55,0° N verwendet (Bild 1).

Vor 1998 war der Zentralrechner (Cent-

weshalb diese Gruppierung im Nachhinein durchgeführt wurde. Der verwendete Algorithmus gruppierete alle Teilblitze, die innerhalb 1 s nach dem Erstblitz und innerhalb von 10 km vom Erstblitz aufgetreten sind, zu einem Blitz. Die Gruppierung wird unabhängig von der Polarität

den Grenzgebieten durch die höhere Anzahl von Sensoren rund um Deutschland (Sensoren in Polen und den Benelux-Staaten) zurückzuführen.

Tabelle 1 zeigt die mittlere Blitz- bzw. Teilblitzanzahl vor und nach dem Upgrade auf LPATS-IV-Sensortechnologie und der Installation zusätzlicher Sensoren rund um Deutschland im Jahr 1999.

Die mittlere Anzahl von Blitzen/Teilblitzen erhöhte sich um den Faktor 2,2/2,0, hingegen ist die mittlere Anzahl der Wolke-Entladungen um den Faktor 4 angestiegen.

### Polarität

Es ist interessant zu sehen, dass der Anteil der positiven Blitze nach dem Upgrade 1998 und auch nach der Integration von zusätzlichen Sensoren rund um Deutschland ansteigt (Bild 3). Die erhöhte Empfindlichkeit der Sensoren und der damit verbundene Anstieg der „Detection Efficiency“ (DE) des Blitzortungssystems resultierte in einer erhöhten Anzahl von Wolke-Entladungen, welche fälschlicherweise als positive Wolke-Erde-Blitze klassifiziert werden [6]. Es wird in verschiedenen Publikationen versucht, den Einfluss dieser falsch klassifizierten Wolke-Entladungen zu verringern, indem alle positiven Blitze < 10 kA unberücksichtigt bleiben. Obwohl diese 10-kA-Grenze willkürlich ist, da Wolke-Entladungen über einen weiten Amplitudenbereich auftreten, verwenden wir die gleiche Näherung in Bild 3. Man erkennt, dass der prozentuelle Anteil der positiven Blitze > 10 kA über alle elf Jahre annähernd gleich bleibt.

Kürzlich wurde vom österreichischen Blitzortungssystem, welches im Vergleich zum deutschen Blitzortungssystem geringere Abstände der Sensoren zueinander aufweist und LPATS/Impact-Sensortechnologie verwendet, über eine unrealistisch hohe Anzahl von positiven bipolaren Blitzen berichtet [10]. Auch in diesem Beitrag werden die bipolaren Blitze in positive und negative Entladungen abhängig von der Polarität des Erstblitzes unterteilt (Bild 4).

Es ist interessant zu beobachten, dass auch in den Daten des deutschen Blitzortungssystems von 1992 bis 1998 eine große Anzahl von positiven bipolaren Blitzen existieren, da während dieser Zeit nur LPATS-III-Sensoren im Netzwerk verwendet wurden. Weiterhin ist der Prozentsatz der positiven bipolaren Blitze von 1992 bis 1998 vergleichbar mit jener von 1999 bis 2002, wo das Netzwerk hauptsächlich aus Impact- und LPATS-IV-Sen-

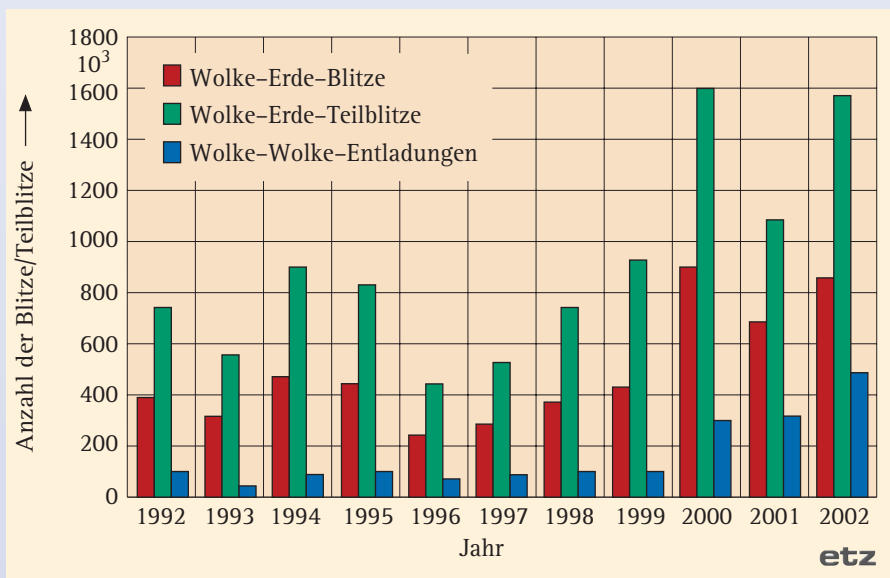


Bild 2. Jährlich geortete Blitze/Teilblitze

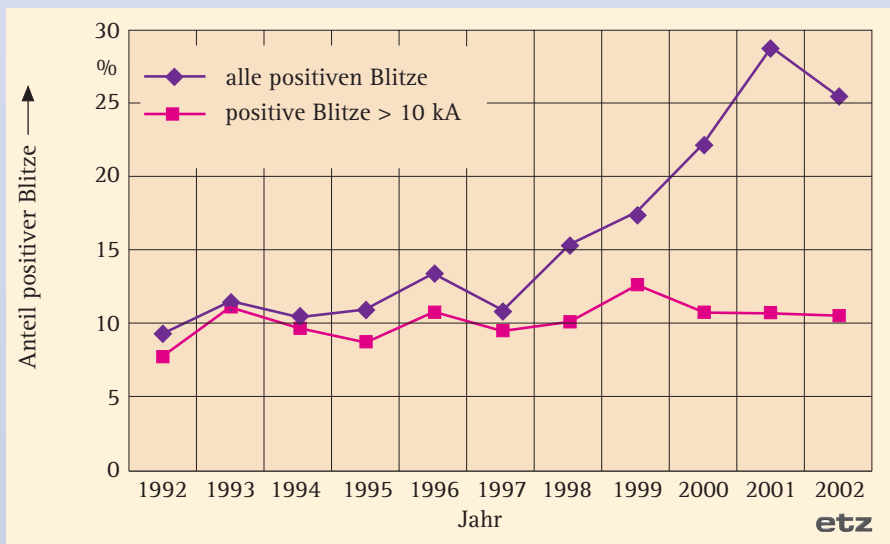


Bild 3. Anteil der positiven Blitze von der Gesamtzahl an georteten Blitzen

soren bestand. Es scheint auch, dass der Anteil der bipolaren Blitze nicht wesentlich vom mittleren Abstand der Sensoren abhängig ist, da auch für das österreichische Blitzortungssystem ein Anteil von 50 % positiver bipolarer Blitze beobachtet wurde [10]. Das Upgrade auf die LPATS-IV-Sensortechnologie im Jahre 1999 erhöhte die Anzahl bipolarer negativer Blitze durch die allgemein erhöhte DE.

### Blitzströme

Die jährlichen Medianwerte der Blitzströme, speziell der positiven Blitze, schwankten von 1992 bis 1997 erheblich (Bild 5). Es ist nochmals zu betonen, dass das System während dieses Zeitraums nicht stromkalibriert war. Nach 1997 wurden alle LPATS-III- und LPATS-IV-Sensoren relativ zu den Impact-Sensoren

rund um Deutschland kalibriert. Die Kalibrierung der LPATS-Sensoren in Deutschland und die zusätzliche Information der Sensoren in Österreich und der Schweiz reduzierten die gemessenen Stromamplituden im Jahre 1998 signifikant. Eine weitere Reduktion wurde nach dem Upgrade des Netzwerks mit LPATS-IV- und Impact-ESP-Sensoren beobachtet.

Aus der Literatur ist bekannt, dass positive Wolke-Erde-Blitze im Mittel höhere Blitzströme aufweisen als negative [7]. Im Gegensatz dazu sind die von BLIDS detektierten positiven Blitze seit 1999 im Mittel kleiner als die negativen. Der Grund dafür sind vermutlich die fälschlicherweise als positive Blitze georteten Wolke-Entladungen. Wenn nur positive unipolare Blitze betrachtet werden, d. h. bipolare Blitze werden eliminiert, wird

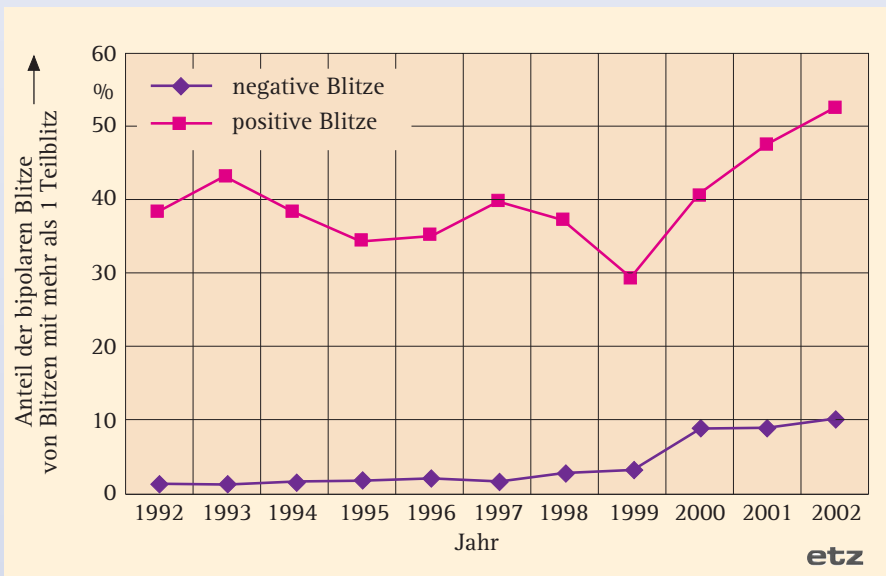


Bild 4. Anteil der bipolaren Blitze von allen Blitzen mit mehr als einem Teilblitz

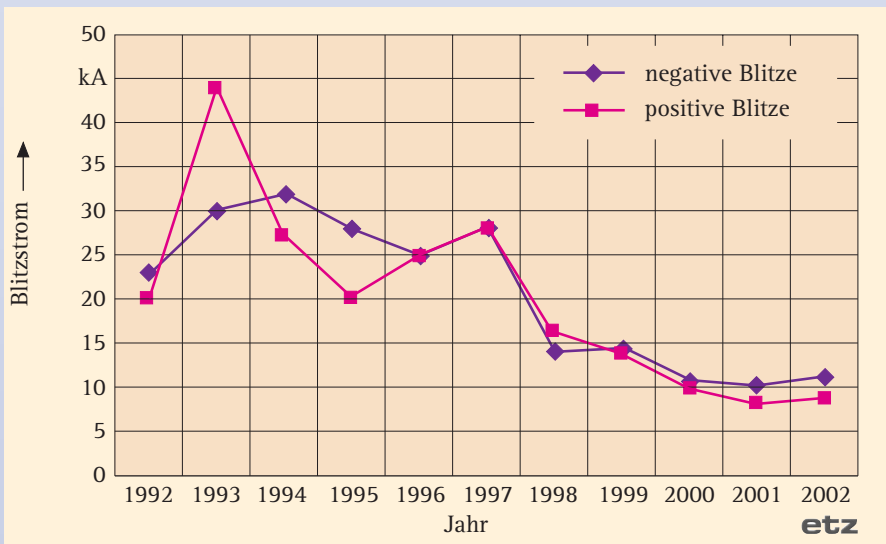


Bild 5. 50 %-Wert (Median) der Blitzstromamplitude für positive und negative Blitze der Jahre 1992 bis 2002

das Resultat von Bild 5 nicht signifikant geändert.

**Diskussion**

Es ist offensichtlich, dass die in der Einleitung angeführten Änderungen der Netzwerkkonfiguration die Performance des Blitzortungssystems beeinflusst haben. Alle drei in diesem Beitrag diskutierten Parameter:

- der Prozentsatz der positiven Blitze,
  - der Anteil der bipolaren Blitze und
  - die mittlere Blitzstromamplitude
- zeigen eine signifikante Änderung im Jahr 2000, dem Jahr nach dem Upgrade auf die neue Sensortechnologie und der Installation bzw. Integration von Sensoren rund um Deutschland.

Aus der über die Jahre sinkenden mitt-

leren Blitzstromamplitude negativer Blitze kann man eine Erhöhung der DE des Netzwerks ablesen. Dieser Parameter zeigt die signifikante Verbesserung des Blitzortungssystems nach den größten Änderungen des Netzwerks im Jahre 1999. Normalerweise ist eine geringfügige Verbesserung der DE nicht in den jährlichen Anzahlen der Blitze/Teilblitze sichtbar, da diese durch allgemeine Schwankungen der Gewitteraktivität bestimmt sind. Im Gegensatz dazu ist die Verbesserung des deutschen Blitzortungssystems im Jahre 1999 derart signifikant, dass sich diese sogar in einer erhöhten Anzahl an Blitzen niederschlägt (Bild 2). Diese Verbesserung wurde hauptsächlich durch das Sensor-Upgrade und die erhöhte Anzahl an Sensoren rund um Deutschland verursacht.

Die Sensoren in den angrenzenden Nachbarländern haben speziell die DE im Bereich der deutschen Landesgrenzen erhöht.

Die jährliche mittlere Blitzstromamplitude wurde einerseits durch die erstmalige Kalibrierung der LPATS-Sensoren im Jahr 1998 und andererseits durch die Verbesserungen im Netzwerk im Jahre 1999 beeinflusst. Durch die Kalibrierung war es erstmals möglich, die Blitzströme zuverlässig zu bestimmen.

**Literatur**

- [1] Blitz-Informationdienst von Siemens (BLIDS), Siemens I&S IS E&C MES, Karlsruhe: www.blids.de
- [2] Bownes, K. F.; Koolman, M.: Lightning Location and Tracking: A New Service in Germany – Preliminary experience and results. S. 295–300 in Proceedings 21. International Conference on Lightning Protection (ICLP), 22.9.–25.9.1992 in Berlin. Berlin-Offenbach: VDE VERLAG, 1992 (ISBN 3-8007-1885-5)
- [3] Diendorfer, G.; Schulz, W.; Rakov, V. A.: Lightning characteristics based on data from the Austrian lightning location system. IEEE Trans. on EMC 40 (1998) H. 4, S. 452–464 (ISSN 0018-9375)
- [4] Vaisala Oyj, Helsinki/Finnland: www.vaisala.com
- [5] Rakov, V. A.: Positive and bipolar lightning discharges: A review. S. 103–108 in Proceedings of the 25th International Conference on Lightning Protection (ICLP), 18.9.–22.9.2000, Rhodos/Griechenland. Rion/Griechenland: University of Patras, 2000
- [6] Cummins, K. L.; Murphy, M. J.; Bardo, E. A.; Hiscar, W. L.; Pyle, R. B.; Pifer, A. E.: A combined TOA/MDF technology upgrade of the U. S. National Lightning Detection Network, J. Geophys. Res. 103 (1998) H. D8, S. 9035–9044, DOI 10.1029/98JD00153 (ISSN 0148-0227)
- [7] Berger, K.; Anderson, R. B.; Kröninger, H.: Parameters of lightning flashes. Electra 5 (1975) H. 41, S. 23–37 (ISSN 1286-1146)
- [8] Orville, R. E.: Calibration of a magnetic direction finding network using measured triggered lightning return stroke peak currents, J. Geophys. Res. 96 (1991) H. D9, S. 17 135–17 142, DOI 10.1029/91JD00611 (ISSN 0148-0227)
- [9] Idone, V. P.; Saljoughy, A. B.; Henderson, R. W.; Moore, P. K.; Pyle, R. B.: A reexamination of the peak current calibration of the national lightning detection network. J. Geophys. Res. 98 (1993) H. D10, S. 18 323–18 332, DOI 10.1029/93JD01925 (ISSN 0148-0227)
- [10] Schulz, W.; Diendorfer, G.: Bipolar flashes detected with lightning location systems and measured on an instrumented tower. In Proceedings VII International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), 17.11.–21.11.2003 in Curitiba/Brasilien. Proceedings. São Paulo/Brasilien: Institute of Electrotechnics and Energy of the University, 2003 (ISSN 1676-9899)

Die Blitzdaten für diese Untersuchung wurden von Siemens I&S IS E&C MES, dem Betreiber des deutschen Blitzortungssystems BLIDS zur Verfügung gestellt. Die Autoren danken Peter Betsch (I&S IS E&C MES AC211) für die Aufbereitung der BLIDS-Daten.