

# GIS-basierte Methode zur genaueren Schätzung der Blitzdichte<sup>1</sup>

Wolfgang SPITZER, Wolfgang SCHULZ, Thomas PRINZ und Alexander KEUL

## Zusammenfassung

Karten zur Blitzdichte sind eine international übliche Darstellungsform der Blitzhäufigkeit und dienen u.a. der Abschätzung des Blitzrisikos und in weiterer Folge der Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen. Blitzortungssysteme erfassen die Koordinaten von Blitzentladungen und damit die Grundlage zur Berechnung der Blitzdichte. Die räumliche Genauigkeit jeder einzelnen Blitzortung wird dabei quantifiziert. Herkömmliche Methoden zur Punktdichteschätzung berücksichtigen die Ortungsgenauigkeit meist nur mit pauschalen Annahmen für alle Punkte, obwohl die Genauigkeit der Blitzortung stark variiert. Der gegenständliche Beitrag stellt mit der *probabilistischen Blitzdichte* eine innovative GIS-basierte Methode zur Schätzung der Blitzdichte unter Berücksichtigung der individuellen Ortungsgenauigkeit vor und vergleicht diese mit etablierten Methoden der Blitzdichteschätzung.

## 1 Hintergrund

Im Interreg IV A Projekt „Regionalisierte Blitzauswertung“ (Reblaus) arbeiten das Research Studio iSPACE, der Österreichische Verband für Elektrotechnik (Abteilung ALDIS) und das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik unter breiter Unterstützung<sup>2</sup> gemeinsam an einem Pilotansatz zum grenzübergreifenden Risiko- und Naturgefahrenmanagement in Südostoberbayern und Land Salzburg. Am Beispiel Blitzgefährdung werden dabei Gefahrenmanagement und Prävention, Raum- und Standortplanung sowie alpine Topographie und Infrastruktur integrativ betrachtet. Blitzeinschläge der vergangenen Jahre sind dafür die wesentlichen Eingangsdaten.

Das österreichische Blitzortungssystem ALDIS (Austrian Lightning Detection & Information System) erfasst mit einem hochempfindlichen Verfahren und einer hohen Ortungsrate u.a. den exakten Zeitpunkt sowie die Koordinaten von Blitzentladungen.<sup>3</sup> Aus diesem Sys-

---

<sup>1</sup> Der Beitrag präsentiert Ergebnisse aus dem Interreg IV A Projekt „Grenzübergreifendes Risiko- und Naturgefahrenmanagement durch Regionalisierte Blitzauswertung“ (Reblaus). Dieses Projekt wird über die Strukturfonds der EU „Ziel Europäische Territoriale Zusammenarbeit“ kofinanziert.

<sup>2</sup> Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs (VVO); Lebensministerium (BMLFUW); Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG); Magistrat der Stadt Salzburg; Amt der Salzburger Landesregierung; EuRegio Salzburg - Berchtesgadener Land - Traunstein

<sup>3</sup> Dabei werden die Teilentladungen (Strokes) eines Blitzereignisses erfasst. Der gegenständliche Beitrag behandelt die aus diesen zusammengefassten einzelnen Blitzereignisse (Flashes).

tem stehen für 12 Jahre (1998-2009) Blitzeinschlagsdaten des europäischen Netzwerkes EUCLID (European Cooperation for Lightning Detection) für ein 200x200km großes Gebiet im bayerisch-österreichischen Grenzraum als Punktdaten zur Verfügung (ca. 1,2 Mio.). Die Ermittlung der Koordinaten von Blitzeinschlägen erfolgt als kombiniertes Verfahren aus Bestimmung der Zeitdifferenzen einzelner Sensormeldungen (Time of Arrival) sowie Richtungsinformationen (Magnetic Direction Finding) und gewährleistet eine Ortungsgenauigkeit von 500-1.000m (DIENDORFER, MAIR & PICHLER 2005). Der Ortungspunkt unterliegt also einer gewissen Unsicherheit und stellt im eigentlichen Sinne nur den Punkt der höchsten Wahrscheinlichkeit des Blitzereignisses dar. Mit jedem Blitzereignis wird auch die räumliche Ortungsgenauigkeit – entspricht einer 2-dimensionalen Normalverteilung – als Fehlerellipse gespeichert.

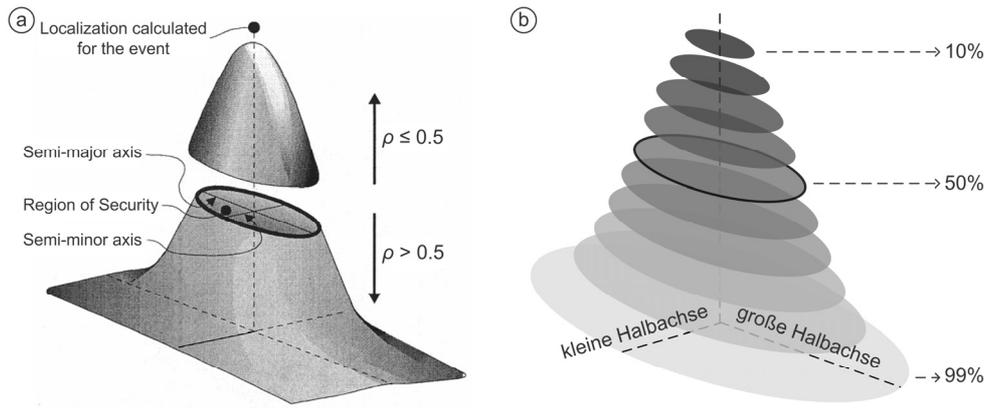
## 2 Schätzung der Blitzdichte

Das gängige Maß zur Beschreibung des Blitzaufkommens ist die *durchschnittliche jährliche Anzahl der Blitzeinschläge pro km<sup>2</sup>* (Mean Ground Flash Density). Zur Bestimmung dieser Größe kennt die Praxis zwei Methoden: Für ein 1km-Raster werden die Punkte in jeder Rasterzelle gezählt. Diese einfache Art der Aggregation (*lokale Blitzdichte*) wird in Überblickskarten und großräumigen Analysen verwendet. Demgegenüber hat sich für die Risikoanalyse von Gebäuden (bspw. nach OVE/ÖNORM EN62305-2) eine Mittelwertbildung (*fokale Blitzdichte*) in einer 3x3km Umgebung als gleitendes Mittel etabliert. Die damit größere Zahl an in die Dichteschätzung einfließenden Ereignissen berücksichtigt die Ortungsgenauigkeit erhöht damit auch die Genauigkeit<sup>4</sup> der Blitzdichte.

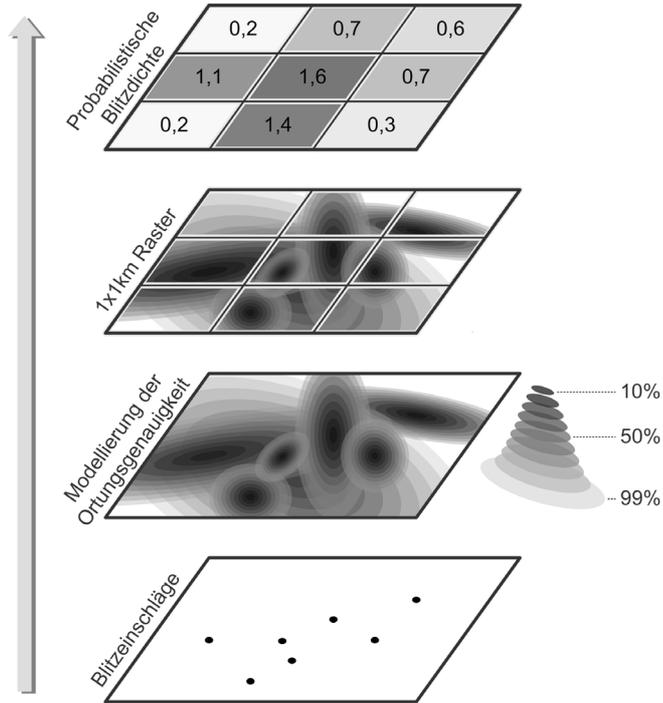
Diesen gängigen Schätzmethoden der Blitzdichte wird hier eine Verfahrensweise in Anlehnung an CAMPOS & PINTO (2007), KOSMAC, LAKOTA JERICEK & DJURICA (2009) sowie BOURSCHIEDT, PINTO & NACCARATO (2010) gegenübergestellt, die eine verbesserte Abbildung der Ortungsgenauigkeit erlaubt und ein realitätsnäheres Ergebnis der Blitzdichteschätzung verspricht. Als Grundlage dienen die Parameter der Fehlerellipse (große Halbachse, kleine Halbachse, Inklination), innerhalb derer das Blitzereignis mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% liegt (vgl. CUMMINS, KRIDER & MALONE 1998). Für jeden einzelnen Blitzortungspunkt wird – umgesetzt in ArcGIS ModelBuilder – ausgehend von der gespeicherten 50%-Fehlerellipse eine 2-dimensionale gaußsche Normalverteilung (abstrahiert über zehn Fehlerellipsen von 10 bis 99% Wahrscheinlichkeit) modelliert (siehe Abbildung 1).

---

<sup>4</sup> Die Genauigkeit steigt mit der Anzahl der Ereignisse in einer Rasterzelle. Bei 80 Ereignissen wird eine Genauigkeit von  $\pm 20\%$  erreicht. Regionen mit geringem Gewitteraufkommen erfordern daher längere Erfassungszeiträume bzw. größere Rasterzellen (vgl. DIENDORFER 2008).



**Abb 1:** a: 2-dimensionale gaußsche Normalverteilung einer 50% Fehlerellipse (verändert nach CAMPOS & PINTO 2007); b: Abstraktion über zehn Fehlerellipsen



**Abb. 2:** Aggregation von Blitzeinschlägen zu einer probabilistischen Blitzdichte

Mit Gleichung 1 lässt sich für eine beliebige Wahrscheinlichkeit  $\rho$  (0 bis <1) der entsprechende Skalierfaktor für die Halbachsen berechnen. Die konkrete Umrechnung der Länge einer gegebenen Halbachse für die gewünschte Wahrscheinlichkeit  $\rho$  erfolgt nach Gleichung 2 (vgl. GOTTHARDT 1968, CAROSIO 2008 bzw. BOURSCHIEDT, PINTO & NACCARATO 2010). Dabei entspricht der Wert 1,1774 dem Skalierfaktor der 50%-Wahrscheinlichkeit.

$$\text{Skalierfaktor}_{\rho} = \sqrt{-2 \ln(1 - \rho)} \quad (1)$$

$$\text{Halbachse}_{\rho} = \frac{\text{Halbachse}_{\rho=0,5}}{1,1774} \times \text{Skalierfaktor}_{\rho} \quad (2)$$

Nach Überlagerung durch ein Raster werden die Flächenanteile der zehn modellierten Fehlerellipsen je Blitzortungspunkt für jede Rasterzelle gewichtet aufsummiert. Dies ergibt eine Blitzdichteoberfläche (probabilistische Blitzdichte), die die Ortungsgenauigkeit jedes Blitzereignisses individuell berücksichtigt (siehe Abbildung 2).

### 3 Ergebnisse

Das Ergebnis dieses auf etwa 1,2Mio. Blitzereignisse der Jahre 1998-2009 im 40.000km<sup>2</sup> großen Analysegebiet angewendeten Verfahrens zur Schätzung der probabilistischen Blitzdichte auf Basis eines 1x1km Rasters zeigt Abbildung 3. Ersichtlich wird darin, dass die Blitzdichte v.a. im Südteil eine gewisse orographische Prägung aufweist. Außerordentliche Blitzdichten (>10) weisen markante Erhebungen wie Gaisberg und Kitzbüheler Horn auf.<sup>5</sup> Ein Vergleich der Werteverteilung der drei Methoden zeigt, dass bei identischen Mittelwerten (2,24 Blitze / km<sup>2</sup> / a) die fokale Blitzdichte im Vergleich zur probabilistischen Blitzdichte bedeutend stärker glättet. Dies wird durch die Punkstreuendiagramme in Abbildung 4 unterstrichen. Würden hier alle Punkte bei null auf der Abszissenachse liegen, gäbe es keinen Unterschied zwischen den Blitzdichtevarianten. Es wird deutlich, dass die Abweichungen zur lokalen Blitzdichte (Abbildung 4a) mit etwa  $\pm 1$  verhältnismäßig gering sind. Bei höherem Blitzaufkommen und damit auch längeren Erfassungszeiträumen nähern probabilistische und lokale Blitzdichte einander tendenziell an. Wesentlich größer ( $\pm 2$ ) sind die Abweichungen in Abbildung 4b. Der erkennbare Trend ist bezeichnend für die starke Glättung der fokalen Blitzdichte. Die im Projekt Reblaus durchgeführten Analysen zu räumlichen Zusammenhängen von Blitzdichte und topographischen Parametern (Meershöhe, Geländeform, Landnutzung) zeigen, dass die unterschiedlichen Verfahren der Blitzdichteschätzung für großräumige Auswertungen kaum Auswirkungen auf die ableitbaren Erkenntnisse haben. So kann mit allen drei Verfahren eine vergleichbare orographische Prägung der Blitzdichte identifiziert werden.

---

<sup>5</sup> Gaisberg und Kitzbüheler Horn nehmen mit ihren Sendeanlagen eine Sonderstellung ein, da dort viele Aufwärtsblitze ausgelöst werden (DIENDORFER, MAIR & PICHLER 2005).

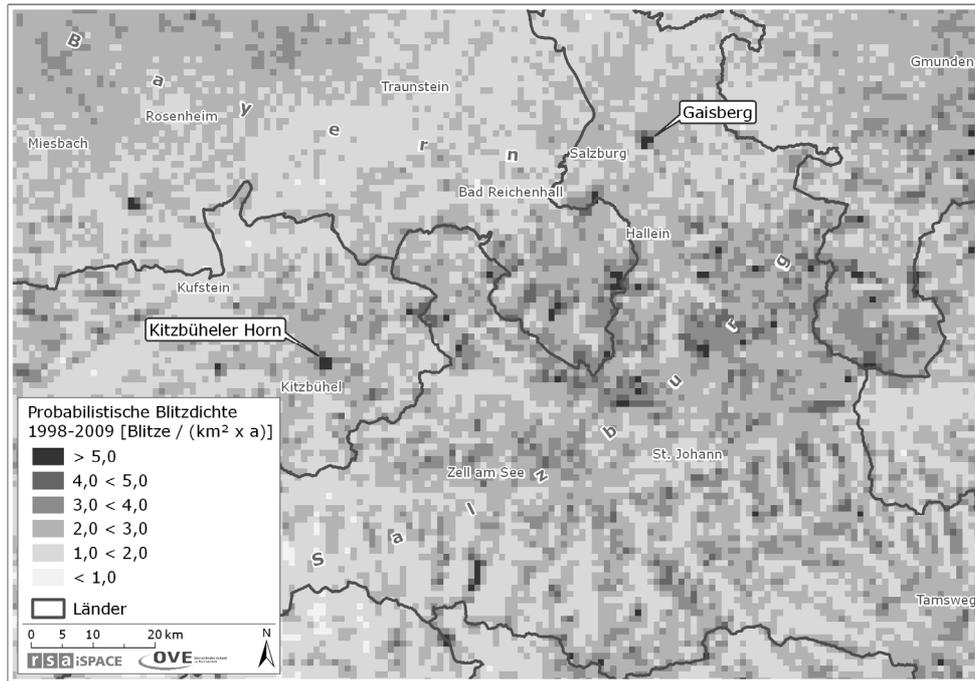


Abb. 3: Probabilistische Blitzdichte im Zeitraum 1998-2009 (1x1km Raster)

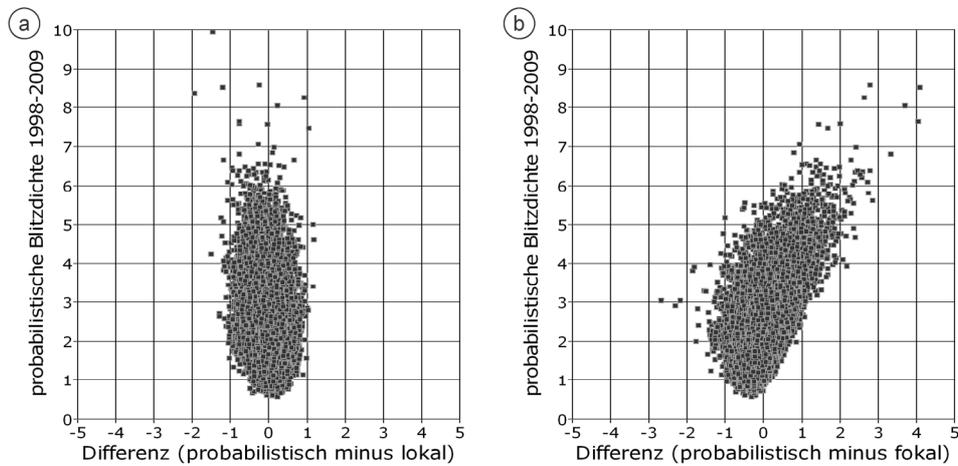


Abb. 4: Streudiagramme der probabilistischen Blitzdichte und ihrer Abweichungen zur lokalen (a) bzw. fokalen (b) Blitzdichte (ohne Ausreißer)

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Eine erste Evaluierung der entwickelten Methode zeigt, dass eine individuelle Berücksichtigung der Ortungsgenauigkeit in der Blitzdichteschätzung für längere Zeiträume und großräumige Auswertungen trotz statistisch genauerer Darstellung nur geringe Vorteile gegenüber einfachen Verfahren bringt. Der Mehrwert der entwickelten probabilistischen Blitzdichte liegt dagegen in räumlichen und zeitlichen Detailbetrachtungen und großmaßstäbigen Risikoanalysen (bspw. für einzelne bauliche Anlagen). Zukünftige Arbeiten sehen neben methodischen Verfeinerungen eine Evaluierung mit am Gaisbergsender in Salzburg direkt gemessenen Einschlägen sowie einen Vergleich der Dichtevarianten in der Modellierung des Blitzrisikos auf Gebäudeebene vor.

## Literatur

- BOURSCHEIDT, V., O. PINTO & K. NACCARATO (2010): Using the gaussian-based confidence ellipse provided by lightning location systems to create more reliable lightning density maps. In: 21st International Lightning Detection Conference. – Orlando.
- CAMPOS, D. & O. PINTO (2007): Investigation about the intensity and location of the maximum cloud-to-ground lightning flash density in the city of Sao Paulo. In: IX International Symposium on Lightning Protection. – Foz do Iguacu.
- CAROSIO, A. (2008): Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung. Band 1. (= ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Bericht Nr. 310).
- CUMMINS, K., E. KRIDER & M. MALONE (1998): The U.S. National Lightning Detection Network and Applications of Cloud-to-Ground Lightning by Electric Power Utilities. In: IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 40, No. 4, S. 465-480.
- DIENDORFER, G. (2008): Some Comments on the achievable accuracy of local ground flash density values. In: 29th International Conference on Lightning Protection. – Uppsala, S. 281-286.
- DIENDORFER, G., M. MAIR & H. PICHLER (2005): Blitzstrommessung am Sender Gaisberg. (= Schriftenreihe der Forschung im Verbund, Band 89).
- GOTTHARDT, E. (1968): Einführung in die Ausgleichsrechnung. – Karlsruhe.
- KOSMAC, J., G. LAKOTA JERICEK & V. DJURICA (2009): Evaluation of Lightning Threat in Distribution Networks. In: 20th International Conference on Electricity Distribution. – Prague, P. 0726.