

Werk

Jahr: 1970

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:36

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0036

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0036

LOG Id: LOG_0154

LOG Titel: Ringstromindizes und asymmetrischer Ringstrom

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Ringstromindizes und asymmetrischer Ringstrom

Ring-Current Indices and the Asymmetric Ring Current

Von H. SCHREIBER, Göttingen¹⁾

Eingegangen am 8. Juli 1970

Zusammenfassung: Systematische Unterschiede zwischen den Ringstromindizes U nach KERTZ und D_{st} nach SUGIURA werden anhand der Daten aus dem IGJ untersucht. Signifikante Differenzen zeigen sich besonders während der Hauptphase starker magnetischer Stürme. Dabei ist $|U|$ (ermittelt aus Stationen um lokal Mitternacht) geringer als $|D_{st}|$ (ermittelt aus acht Stationen auf einem ganzen Breitenkreis). Dieser Unterschied wird auf die Asymmetrie des magnetosphärischen Ringstroms zurückgeführt, der um lokal Mitternacht offenbar ein geringeres Ringstromfeld erzeugt als im Mittel über einen Breitenkreis. Bei schwachen Stürmen wird der Unterschied zwischen D_{st} und U verwischt. Es wird ferner gezeigt, daß die Differenzen zwischen U und D_{st} nur während der Hauptphase magnetischer Stürme mit der durch den AE -Index gemessenen Stärke der polaren Elektrojets korreliert sind. Deshalb hängt die Asymmetrie des Ringstrommagnetfeldes nicht immer mit dem polaren Elektrojet zusammen und wird auch nicht nur von dessen Rückströmen durch die Ionosphäre verursacht.

Summary: Systematic differences between the ring-current indices U after KERTZ and D_{st} after SUGIURA are investigated using data from the IGY. Significant differences were found during the main phase of great magnetic storms: the indices $|U|$ (computed from the data of stations in the midnight region) are less than $|D_{st}|$ (computed from the average data of eight stations uniformly distributed in length). This difference is attributed to the asymmetry of the magnetospheric ring current obviously generating a field, which is smaller near local midnight than in the average over a circle of latitude. During weak storms the difference between U and D_{st} disappears. Furthermore it is shown that the differences between U and D_{st} are correlated to the intensity of the polar electrojet (measured by the AE index) only during the main phase of magnetic storms. Therefore it is concluded that the asymmetric ring-current field is not always connected with the polar electrojets and is not due to return currents of these electrojets in the ionosphere.

1. Einleitung

Als Maßzahl für die Stärke des in der Magnetosphäre westwärts fließenden Ringstroms, der insbesondere während magnetischer Stürme die Depression der Horizontalkomponente H des Erdmagnetfeldes verursacht, wurde von KERTZ [1958] das dreistündliche U -Maß entwickelt. Diese U -Indizes liegen auch für das Internationale Geophysikalische Jahr (IGJ) vor. Ein stündliches Maß für das Ringstromfeld in Äquator-

¹⁾ Dr. Hermann SCHREIBER, Institut für Geophysik der Universität 34 Göttingen, Herzberger Landstraße 180.

nähe wurde von SUGIURA [1964] unter der Bezeichnung D_{st} eingeführt und für das IGJ nachträglich berechnet.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Maßzahlen liegt in der Art der Eliminierung des Sq -Ganges: Bei der Berechnung der Werte U werden nur Registrierungen solcher äquatornahen Stationen einer ganzen Stationskette herangezogen, für die ungefähr Mitternacht Lokalzeit ist, da angenommen wird, daß der Sq -Gang gegen Mitternacht vernachlässigbar ist. Dagegen beruht jeder Wert D_{st} auf den stündlichen Werten von H an acht in der Länge etwa gleichmäßig verteilt liegenden äquatornahen Stationen. Nachdem für jede Station der Sq -Gang berechnet und abgezogen worden ist, wird D_{st} durch Mittelung der stündlichen Werte dieser acht Stationen gewonnen. Einzelheiten über die Herleitung von U und D_{st} findet man bei SIEBERT [1970]. Der Unterschied zwischen D_{st} und U liegt also im wesentlichen darin, daß die U -Indizes ein Maß für das Ringstromfeld auf der sonnenabgewandten Seite der Erde ist, während D_{st} das über einen Breitenkreis (nämlich den Äquator) gemittelte Ringstromfeld wiedergibt. Nun weiß man, daß das Ringstrommagnetfeld und auch der Ringstrom selbst insbesondere während magnetischer Stürme zeitweise stark asymmetrisch ist in bezug auf die Dipolachse des Erdmagnetfeldes [AKASOFU, CHAPMAN 1964; CHUMMINGS 1966; AKASOFU, MENG 1969a]. Wenn also infolge der Asymmetrie das Ringstrommagnetfeld um lokal Mitternacht einen systematisch anderen Wert hat als im Mittel über einen Breitenkreis, sollte das zu einem Unterschied zwischen D_{st} und U führen. Im folgenden wird diese Frage durch Vergleich von D_{st} - und U -Werten aus dem IGJ untersucht.

2. Vergleich zwischen D_{st} - und U -Indizes

D_{st} und U lassen sich nicht direkt vergleichen, da D_{st} stündliche und U dreistündliche Werte sind. Für einen direkten Vergleich werden die D_{st} -Werte zu dreistündlichen Werten zusammengefaßt und dann (wie es bei der Berechnung der U -Werte geschieht) jeweils drei dieser Dreistundenwerte gleitend gemittelt, wobei der Zentralwert doppelt bewichtet wird. Die U -Indizes werden mit -3 multipliziert, um für sie die Einheit γ der D_{st} -Werte zu erhalten. Die so umgerechneten Indizes werden mit D'_{st} und U' bezeichnet.

Zunächst wird das unterschiedliche Niveau der Indizes D'_{st} und U' untersucht; dazu werden die Tagesmittel dieser Indizes für die $5 \cdot 18 = 90$ ruhigen Tage des IGJ verglichen: Die mittlere Differenz dieser Tagesmittel beträgt $(1,4 \pm 1,3) \gamma$; die maximale Differenz beträgt $22,4 \gamma$ am 23. Juli 1958. Ferner weisen die Differenzen einen bestimmten Gang auf und bleiben etwa innerhalb einiger Monate bis auf wenige γ konstant; z. B. betragen die fünf Differenzen an den ruhigen Tagen 2., 6., 15., 16., 23. Juli 1958 $14,1 \gamma$, $16,1 \gamma$, $17,5 \gamma$, $22,3 \gamma$, $22,4 \gamma$. Beim Vergleich der Indizes D'_{st} und U' während eines kurzen Zeitraumes (etwa während eines magnetischen Sturmes) wird deshalb der Niveauunterschied so ausgeglichen, daß am Tage vor Beginn des Sturmes und am Tage nach dem Sturm die Differenz zwischen den U' und D'_{st} am geringsten ist. Die so angeglichenen Indizes werden mit D^1_{st} und U^1 bezeichnet.

Es werden zunächst die Indizes während starker Stürme verglichen: Ein Beispiel zeigt Abb. 1 mit dem Sturm, der am 8. Juli 1958 begann. Die Niveauangleichung für diesen Zeitraum betrug 16γ , so daß $U^1 = U' - 16 \gamma$ beträgt. Man sieht vor dem Sturm und am Ende guten Gleichlauf der Indizes jedoch während der maximalen H -Depression einen starken Unterschied in der Weise, daß D_{st}^1 ein bis zu 76γ stärkeres Ringstrommagnetfeld mißt als U^1 . Beim Beginn der Hauptphase während des steilen Abfalls der H -Komponente mißt dagegen U^1 ein stärkeres Ringstrommagnetfeld als D_{st}^1 . Den erstgenannten Unterschied findet man bei allen starken magnetischen Stürmen. Für 16 starke Stürme des IGJ, die eine maximale H -Depression von mehr als 100γ hatten ($D_{st \max} > 100 \gamma$), wurden D_{st}' und U' für die ersten beiden Tage bestimmt und in jeweils 16 Zeilen so angeordnet, daß die Dreistunden-Intervalle, in die der ssc fiel, untereinander stehen. Es wurden dann die Spaltenmittel \bar{D}_{st}' und \bar{U}' gebildet. In Abb. 2 ist der so erhaltene mittlere zeitliche Verlauf der 16 Stürme in \bar{D}_{st}' und \bar{U}' dargestellt. In diesem Fall ist keine Niveaueinstellung der Mittelwerte erforderlich, wie man am Gleichlauf vor dem Sturm und am Ende des zweiten Sturmtages erkennt. Dagegen besteht im Maximum der Hauptphase eine signifikante Differenz zwischen \bar{U}' und \bar{D}_{st}' von annähernd 30γ . Ferner wird angedeutet, daß zu Beginn der Hauptphase das mit D_{st}' erfaßte Ringstromfeld etwas kleiner ist als das nach U' .

Die Signifikanz der mittleren Differenz von \bar{D}_{st}' und \bar{U}' wird mit Hilfe des t -Testes für die sieben größten Differenzen während der Hauptphase (in Abb. 2 die mit kleinen Kreisen umgebenen Punkte) ausgeführt. Zu den sieben Zeitpunkten (9, 12, 15 ... 27 Stunden nach den ssc) werden für jeden der 16 Stürme die Differenzen d_t zwischen \bar{D}_{st}' und \bar{U}' , deren jeweiliger Mittelwert \bar{d} und die mittlere quadratische Abweichung bestimmt. Ein signifikanter Unterschied zur Nullhypothese (daß nämlich der Unterschied rein zufällig wäre) liegt mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit α vor, wenn \bar{d} größer als eine durch die t -Verteilung gegebene Grenze ist. Die Rechnung ergibt für die sieben Zeitpunkte α -Werte zwischen 0,1 % und 0,27 %. Die geringeren Werte \bar{D}_{st}' beim ssc und zu Beginn der Hauptphase sind dagegen nicht signifikant; es ergab sich ein entsprechender α -Wert von etwa 10 %.

Die gleichen Untersuchungen wurden auch für schwächere Stürme des IGJ durchgeführt. Abb. 3 zeigt am Beispiel des Sturmes vom 6. November 1957 während der maximalen H -Depression die gleichen Differenzen zwischen D_{st}^1 und U^1 wie bei starken Stürmen. Bei noch schwächeren Stürmen verschwindet dagegen der Unterschied, so daß im Mittel über 14 schwache Stürme des IGJ keine signifikante Differenz zwischen \bar{D}_{st}^1 und \bar{U}^1 gefunden wurde (Abb. 4).

3. Diskussion

Folgende Schlüsse können nun aus den Ergebnissen gezogen werden:

a) Während des Maximums starker magnetischer Stürme ist das Ringstromfeld an der Erdoberfläche im Mittel über einen Breitenkreis (den Äquator) stärker als um lokal Mitternacht. Der relative Unterschied beträgt im Mittel etwa 20 %. Die einfachste

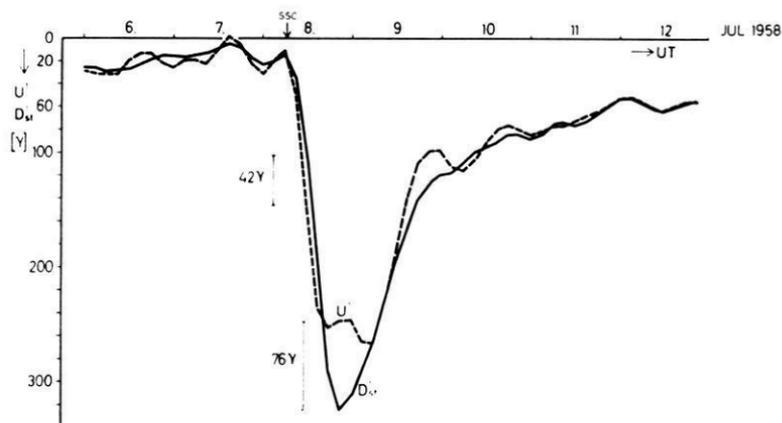


Abb. 1: Die angeglichenen Ringstromindizes U^1 und D_{st}^1 für den starken magnetischen Sturm vom 8. Juli 1958.

The comparable ring-current indices U^1 and D_{st}^1 for the great magnetic storm beginning July 8, 1958.

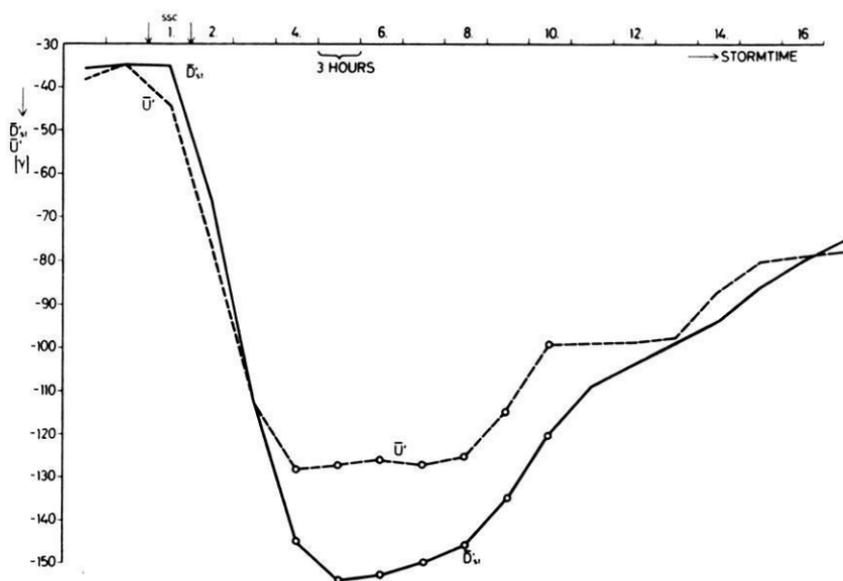


Abb. 2: Der mittlere Verlauf von O' und D_{st}^1 während starker magnetischer Stürme (gemittelt aus 16 Stürmen im IGJ).

The average development of O' and D_{st}^1 during great magnetic storms (averaged from 16 storms of the IGJ).

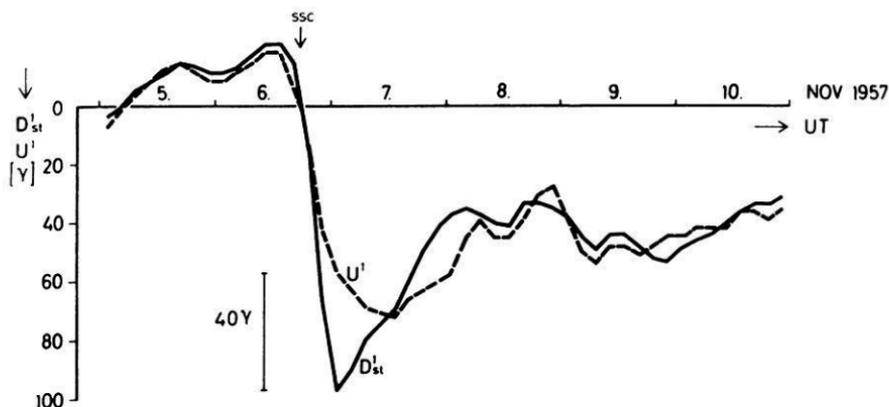


Abb. 3: Die angeglichenen Ringstromindizes U^1 und D_{st}^1 für den mittleren magnetischen Sturm vom 6. November 1957.

The comparable ring-current indices U^1 and D_{st}^1 for the moderate magnetic storm beginning November 6, 1957.

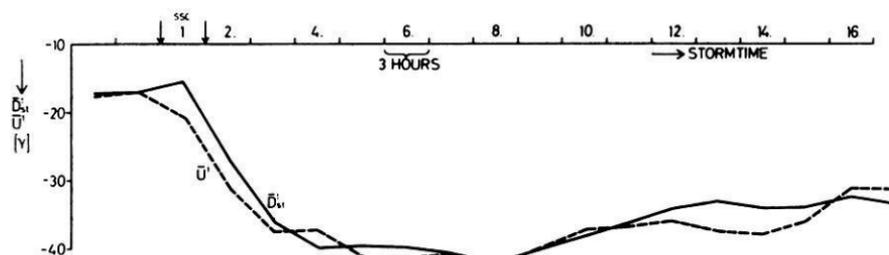


Abb. 4: Der mittlere Verlauf von U^1 und D_{st}^1 während schwacher magnetischer Stürme (gemittelt aus 14 Stürmen im IGJ).

The average development of U^1 and D_{st}^1 during weak magnetic storms (averaged from 14 storms of the IGJ).

Erklärung für diese Asymmetrie bietet das Stromsystem eines magnetosphärischen Teilsturms nach AKASOFU, MENG [1969b]. Danach fließt ein Westwärtsstrom auf der Tagseite in der Magnetosphäre, fließt im Morgensektor entlang den Magnetfeldlinien in die Ionosphäre der Polarlichtzone, dort im Mitternachtssektor weiter westwärts und im Abendsektor wieder entlang den Feldlinien in die Magnetosphäre. Zu Beginn der Hauptphase ist möglicherweise das Ringstromfeld um Mitternacht (dargestellt durch U^1) stärker als im Mittel (dargestellt durch D_{st}^1). Dieser Schluß ist jedoch nicht zwingend, da die Einteilung in Dreistundenintervalle zu grob ist, um den Beginn der

Hauptphase genau genug erfassen zu können. Die vorausgehende Anfangsphase, die durch eine Erhöhung der H -Komponente am Äquator gekennzeichnet ist, tritt nämlich in D_{st}^1 stärker hervor als in U ; das heißt: die Anfangsphase ist auf der Tagseite ausgeprägter als um lokal Mitternacht. Nach AKASOFU et al. [1964] und CHUMMINGS [1966] beginnt die Hauptphase zuerst im Abendsektor (2100 LT); deshalb könnte U' den Beginn der Hauptphase stärker anzeigen als D_{st}^1 . Das von der geographischen Länge abhängige Maximum der H -Depression wandert [AKASOFU et al. 1969a, CHUMMINGS 1966] im Verlauf der Hauptphase nach Westen, das heißt, es wandert mehr und mehr auf die Tagseite; deshalb wird einige Stunden nach Beginn der Hauptphase D_{st}^1 stärker angewachsen sein als U' .

b) Der asymmetrische Anteil des Ringstrommagnetfeldes, der hier durch die Differenz von D_{st}^1 und U' gemessen wird, verschwindet schneller als der symmetrische. Bei starken Stürmen ist die Asymmetrie im Mittel schon etwa 36 Stunden nach Sturmbeginn verschwunden.

c) Je schwächer die magnetischen Stürme sind, um so geringer wird auch der relative Unterschied zwischen D_{st}^1 und U' während der Hauptphase. Der Grund dafür mag darin liegen, daß [AKASOFU et al. 1969a] bei schwachen Stürmen die maximale H -Depression zu späteren Ortszeiten auftritt (2000–2100 LT) als bei starken Stürmen (1600–2000 LT), und deshalb bei schwachen Stürmen D_{st}^1 und U' die Hauptphase offenbar in gleicher Weise messen.

d) Es taucht die Frage auf, ob die Differenz zwischen D_{st}^1 und U' nicht durch äquatoriale Rückströme der polaren Elektrojets in der Ionosphäre bewirkt werden

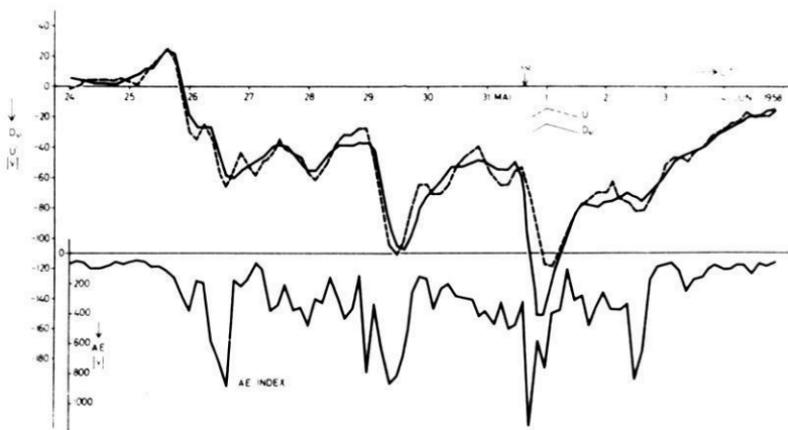


Abb. 5: Die Indizes U^1 und D_{st}^1 (oben) und der Elektrojet-Index AE (unten) für den Zeitraum vom 24. Mai bis 4. Juni 1958.

The indices U^1 and D_{st}^1 together with the auroral electrojet index AE during the time from May 24 to June 4, 1958.

kann. Zur Untersuchung dieser Frage wurde der Zeitraum vom 24. Mai bis 4. Juni 1958 mit großer Elektrojet-Aktivität genauer betrachtet. Es wurden D'_{st} und U' bestimmt und die Niveaueinstellung so vorgenommen, daß sich am 24. Mai sowie 3. und 4. Juni beste Übereinstimmung zwischen D'_{st} und U' ergab. Dazu wurde $U^1 = U' - 10 \gamma$ gebildet. In Abb. 5 sind D_{st}^1 und U^1 aufgetragen. Man erkennt guten Gleichlauf der Kurven bis auf die Zeit der Hauptphase des magnetischen Sturmes vom 31. Mai. Ferner ist in Abb. 5 der Elektrojet-Index AE [DAVIES, SUGIURA 1966] eingezeichnet. Zu Zeiten starker Elektrojet-Aktivität am 26., 28., 29. Mai sowie am 2. Juni ist keine besondere Differenz zwischen U^1 und D_{st}^1 festzustellen, wohl aber in der Hauptphase des magnetischen Sturmes am 31. Mai und 1. Juni. Das bedeutet aber, daß die Differenz zwischen D_{st}^1 und U^1 nicht durch die polaren Elektrojets verursacht wird. Damit wird das Ergebnis von MENG, AKASOFU [1967] bekräftigt, daß die Asymmetrie des Ringstrommagnetfeldes nicht durch die ionosphärischen Rückströme der Polarlichtzonenströme entsteht. Ferner wird aber auch angedeutet, daß der polare Elektrojet nicht immer mit der durch D'_{st} und U' festzustellenden Asymmetrie des Ringstromes zusammenhängt.

Eine weiter ins Detail gehende Untersuchung über Differenzen zwischen D_{st} und U erscheint nicht sinnvoll, da Einzelheiten und besondere Effekte bei magnetischen Stürmen durch die grobe Zeitauflösung der dreistündlichen U -Werte verwischt werden.

Herrn Prof. M. SIEBERT und Herrn Dr. H. VOELKER danke ich für Anregungen und Diskussionen.

Literatur

- AKASOFU, S.-I., und S. CHAPMAN: On the asymmetric development of magnetic storm fields in low and middle latitudes. *Planetary Space Sci.* 12, 607—626, 1964
- AKASOFU, S.-I., und C.-I. MENG: Non uniform growth of the ring current belt. *Planet. Space Sci.* 17, 707—714, 1969 a
- : A study of polar magnetic substorms. *J. Geophys. Res.* 74, 293—313, 1969 b
- CHUMMINGS, W. D.: Asymmetric ring currents and the low latitude disturbance daily variation. *J. Geophys. Res.* 71, 4495—4503, 1966
- DAVIES, T. N., und M. SUGIURA: Auroral electrojet activity index AE and its universal time variations. *J. Geophys. Res.* 21, 785—801, 1966
- KERTZ, W.: Ring-current variations during the IGY. *Annals of the IGY XXXV*, 49—61, 1964
- : Ein neues Maß für die Feldstärke des erdmagnetischen äquatorialen Ringstromes. *Abhandl. d. Akad. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. Beitrag zum Intern. Geophysikal. Jahr*, Heft 2, 1958
- MENG, C. I., und S.-I. AKASOFU: The geomagnetic storm of April 17—18. 1965, *J. Geophys. Res.* 72, 4905—4916, 1967
- SIEBERT, M.: Maßzahlen der erdmagnetischen Aktivität. *Handbuch der Physik* 49/3, 1970
- SUGIURA, M.: Hourly values of equatorial D_{st} for the IGY. *Annals of the IGY, XXXV*, 9—45, 1964

