

Zur Deutung des Kugelblitzes als elektro-magnetischer Ringwirbel

Diese ersten Abschätzungen machte ich 1983 auf der Basis eines Skolnikovschen Plasmoids. Wenn diese Plasmoid-Form auch als eigenstabil gilt, so wird diese Stabilität sicherlich nur in der unmittelbaren Nähe eines Gleichgewichts zwischen Innen- und Außendruck möglich sein, so daß diese Gleichstrom-Struktur wohl kaum zum Energieeinschluß taugt. Leicht nachzuvollziehen dadurch, daß ja doch der Gesamtstrom bspw. am "Äquator" der Kugel, also die Summe des axialen und peripheren meridialen Stroms sich dort insgesamt netto aufhebt und samt Magnetfeld zu Null wird. Nicht auszuschließen jedoch, daß diese Modellvariante bei instationären Prozessen durchaus möglich sein könnte, so z.B. auch den Plasma-Eruptionen der Richter-Zone zugrunde liegen könnte. Für stationäre Kugelblitze jedoch ist dieses Modell wohl in Abrede zu stellen, kann es doch auch die weiteren Besonderheiten des Kugelblitzes nicht erklären, insbesondere nicht die Durchmesserkonstanz bei Energieverlust oder das Durchdringungsvermögen durch dielektrische Medien.

Die folgenden Seiten sind eine Abschrift der Kopien des Exemplars,
welches ich 1983 Herrn Richter nach Argentinien schickte
und später 1996 in seinem Nachlaß wiederfand.

Es war eine späte Genugtuung,
darin seine vielen zustimmenden Markierungen
und Unterstreichungen zu finden.

Zur Deutung des Kugelblitzes als elektro-magnetischer Ringwirbel

1. Einleitung
2. Theoretische Abschätzung
 - 2.1 Energiespeicherung
 - 2.2 Energieverlust
 - 2.3 Lebensdauer
3. Auswertung der Rechnungen
4. Schlußbetrachtung

1. Einleitung

Nach wie vor behauptet der Kugelblitz seine Rätselhaftigkeit, was wohl hauptsächlich auf die fehlende Forschung auf diesem Gebiet zurückzuführen ist. Anstatt daß die bezeugte Vielfalt äußerst bemerkenswerter Phänomene des Kugelblitzes zum Anreiz intensiver Forschung würde, nimmt die Wissenschaft das Thema Kugelblitz mehr oder weniger nicht zur Kenntnis. Teils verdrängt man gar das Phänomen mit der "bewährten" Methode des Negierens, daß es den Kugelblitz überhaupt nicht gäbe, wobei die teils phantastisch klingenden Erlebnisberichte der Augenzeugen eher als Beweis ihrer optischen Täuschung, Unglaubwürdigkeit bis hin zur Unzurechnungsfähigkeit ausgelegt werden. Wissenschaftler sind also auch heute noch - nur Menschen. So wird der Kugelblitz fast zu einem Ärgernis.

Nun stellt uns der Kugelblitz mit seiner Erscheinungsvielfalt in der Tat vor eine außerordentliche Herausforderung. Bislang konnte wohl keine theoretisch und formelmäßig abgeleitete Deutungshypothese dieser Vielfalt gerecht werden. Diese Theorien verstanden unter dem Kugelblitz mehr oder weniger nur ein leuchtendes Gebilde und mißachteten dabei den eigentlich interessanten Aspekt, nämlich das Vermögen hoher Energiespeicherung, welches offenbar bis in Größenordnungen kleiner Sprengladungen reichen kann. Welche Kugelblitz-Hypothese wird denn den vielen Berichten gerecht, die uns von grell blendenden, explosionsartigen Detonationen berichten, begleitet von langen, aus dem Kern herausschießenden Lichtblitzen und nicht unerhebliche Zerstörungen hinterlassend? Um ähnliches erzeugen zu wollen, bräuchte man schon einige bis viele Gramm Sprengstoff.

Wir wollen hier indes keine neue Deutung entwickeln, sondern uns vielmehr zum Anwalt der alten Überlegungen machen, der Kugelblitz könnte einen elektro-magnetischen Ringwirbel darstellen. Als Erzeugung könnte man sich bspw. das Aufrollen eines Linienblitzes als Folge einer Instabilität gekoppelt mit dem magnetischen Eigenfeld vorstellen. Eine rotierende Stromstärke von insgesamt $10^5 \text{ A} - 10^8 \text{ A}$ wäre auf diese Weise durchaus denkbar, ebenso die Induktion der Energie des Initialblitzes (einige 100 kWh) in den Ringwirbel im Rahmen weniger Promille entsprechend einem Energieäquivalent von einigen 100 g TNT. Hiermit könnte der Kugelblitz einerseits seine Energieverluste über viele Sekunden decken, wäre aber auch in der Lage, die verbleibende noch gespeicherte Energie (zu einer Instabilität gestört) plötzlich in einer Detonation freizusetzen. Bei dieser Explosion wäre zu erwarten, daß die gespeicherte Energie sowohl in Form mechanischer Druckenergie als auch in Form elektrischer Entladung frei würde.

Kugelblitzhypothesen müssen sich im wesentlichen zwei Forderungen stellen:

1. Speichervermögen hoher Energien bis zu einem Äquivalent von vielen g TNT
2. Stabilitäten bis zu vielen Sekunden (Schwerpunkt - 10 sec)

Will man die vielen, eindeutig bezeugten Hinweise auf eine hohe Energiespeicherung nicht mit der obigen Methode des Negierens unter den Teppich kehren, muß hierzu eindeutig Stellung bezogen werden. Eine chemische sowie auch thermodynamische Speicherung scheidet zumindest als alleiniger oder auch als Hauptmechanismus offensichtlich aus, und so bleibt doch eigentlich nur eine Feldspeicherung. Denkt man hier konsequent weiter, kommt schließlich nur noch eine magnetische Speicherung in Frage, wobei der zugehörige Druck ebenfalls eine thermodynamische Komponente zur Folge hätte. Den Hauptanteil des Energieverlustes über die Lebensdauer wird der Kugelblitz jedoch hauptsächlich aus dem Reservoir der gespeicherten Feldenergie decken müssen. Aus Gründen der Stabilität wird als Struktur des Kugelblitzes ein toroidaler Ringstrom analog einer Ringspule zugrunde gelegt werden müssen. Dieses Kugelblitzmodell, welches offenbar erstmals von SKOLNIKOV vorgeschlagen wurde, wird in der einschlägigen Literatur in aller Regel mit der Begründung der Instabilität schnell verworfen. Dem entgegen steht allerdings, daß gerade dieses Ringspulenmodell eine Gleichgewichtskonfiguration von Plasmoiden darstellt, zudem zeichnet sich zur Erklärung der Speicherung hoher Energien im Kugelblitz gar keine andere Alternative ab. Fast möchte man im Umkehrschluß die Stabilität dieser Plasmoid-Konfiguration mit der Energiespeicherung des Kugelblitzes beweisen. Wir sehen gar die Tendenz, daß (analog der Selbstkontraktion einer Ringspule) der Kugelblitz als Folge eines inneren Kollapses zu explodieren in der Lage sein müßte, wie es ja auch bezeugt wird. Seine Stabilität scheint also in der Tat nicht übermäßig ausgeprägt zu sein.

2. Theoretische Abschätzung

2.1 Energiespeicherung

Der Abschätzung sei die Modellvorstellung zugrunde gelegt, daß der Kugelblitz einen Ringwirbel analog einer Ringspule darstellt, wie es Abb. 1 darstellt. Diese Zone wird sehr wohl nur das Zentrum des Kugelblitzes darstellen, welches von aufgeheizten und teilweise ionisierten Gas-mengen aureolenartig umgeben ist, was dem Kugelblitz die eigentliche, visuelle Erscheinung verleiht. Als grobe Abschätzung reicht, wenn wir die "Ringspule" zu einer geraden Zylinderspule mit dem Durchmesser $d/2$ sowie einer Länge $l = \pi d/2$ abwickeln. Die magnetisch gespeicherte Energie lautet daher

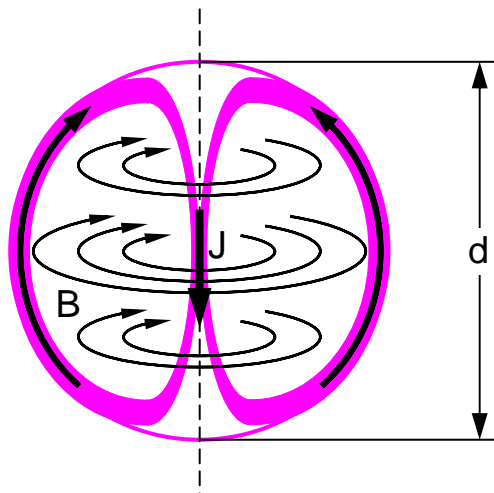
$$E_{\text{magn}} = \frac{1}{2} B H V \quad (1)$$

mit $B = \mu_0 H \quad (2)$

$$H = J/l \quad (3)$$

und $V \approx 0,3 d^3 \quad (4)$

J ist darin der Gesamtstrom der bspw. in Abb. 1 mittig absteigt.



$$\text{Somit: } E_{\text{magn}} \approx 0,06 \mu_0 \cdot J^2 \cdot d \quad (5)$$

Für die volumetrische Energiedichte $e = E_{\text{magn}} / V$ errechnet sich zu

$$e \approx 0,2 \mu_0 (J / d)^2 \quad (6)$$

Für die weiteren Ableitungen empfehlen sich Zahlenwertgleichungen bezogen auf $J [10^6 \text{A}]$ sowie $d [\text{cm}]$ gemäß

$$e \approx 0,7 (J / d)^2 \quad [\text{kWh/ltr.}] \quad (7)$$

$$E_{\text{magn}} \approx 0,75 J^2 \cdot d \quad [\text{kWs}] \quad (8)$$

Nach $p = H \cdot B$ läßt sich der magnetische Druck angeben mit

$$p \approx 5,1 \cdot 10^4 (J/d)^2 [\text{bar}] \quad (9)$$

Die magnetische Energie soll später mit auf der Basis "Gramm-Äquivalent TNT" diskutiert werden. TNT hat eine spezifische Energie von 1085 kcal/kg entsprechend

$$1 \text{ g TNT} = 4,54 \text{ kWs} \quad (10)$$

Schließlich interessiert noch die Selbstinduktivität¹ (Windungszahl 1, $d [\text{cm}]$)

$$L [\text{nH}] \approx 1,6 \cdot d [\text{cm}] \quad (11)$$

¹Abschrifts-Bemerkung: L ergibt sich aus der Beziehung $E_{\text{magn}} = \frac{1}{2} L J^2$ durch Gleichsetzung mit Gl. (1) sowie Einbeziehungen der Gl. (2), (3) und (4)

2.2 Energieverlust

Zusammen mit der gespeicherten Energie bestimmt der Energieverlust maßgeblich die Lebensdauer des Kugelblitzes, die ein entscheidendes Kriterium für die Beurteilung von Kugelblitztheorien darstellt. Es sei davon ausgegangen, daß der eigentliche Ringwirbel nur einen kleinen, zentralen Raumanteil innerhalb der ihn umgebenden, leuchtenden Korona einnimmt. Als hauptsächlicher zeitlicher Energieverlust Q werde hier lediglich die Wärmeleitung durch die Korona betrachtet, abgeschätzt durch die Gleichung

$$Q (1/r_i - 1/r_a) = 4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot (T_i - T_a) \quad (12)$$

in welcher die Wärmeleitzahl κ grob als konstant angesetzt wird. Während der Lebensdauer des Kugelblitzes wird sich zwar mit der Temperatur auch κ ändern, doch gibt es hierfür keine verlässlichen Daten. Diese Schwierigkeit wollen wir einfach damit umgehen, indem für κ ein für unsere Beweisführung ungünstiger Wert angesetzt wird: Die überwiegenden Bereiche der Korona werden Temperaturen unterhalb 20 000K aufweisen, während sie insgesamt unter barometrischem Druck steht. Nach (1)² müßte κ damit insgesamt unterhalb von $2 \cdot 10^5$ erg/cm/°K/sec liegen, wir hingegen schätzen κ mit den 10-fachen Wert von $2 \cdot 10^6$ erg/cm/°K/sec ab.

T_i sei die Temperatur am äußeren Radius des zentralen Ringwirbels gemäß der bisherigen Nomenklatur r . Als Randbedingung lassen wir $r_a \rightarrow \infty$ laufen, so daß $1/r_a$ gegenüber $1/r_i$ vernachlässigt werden darf. Gleichsam ist T_a , d.h. die Umgebungstemperatur gegenüber der Randtemperatur des zentralen Ringwirbels $T_i = T$ vernachlässigbar. Gl. 12 geht über in

$$Q = 2 \pi \cdot \kappa \cdot d \cdot T \quad (13)$$

² H. MAECKER, Der elektrische Lichtbogen, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften Bd. XXV, S. 293-358 (1951)

bzw. als Zahlenwertgleichung für d [cm] und T [10^4 °K]

$$Q = 12,6 \cdot d \cdot T \text{ [kW]} \quad (14)$$

2.3 Lebensdauer λ

Als Lebensdauer definieren wir das Verhältnis E / Q . Eigentlich sind hier e-funktionsähnlich Abklingfunktionen zu erwarten, womit die tatsächliche Lebensdauer größer als λ ausfallen wird.

λ stellt bezüglich Lebensdauer also eine Mindestabschätzung dar.

$$\lambda = E / Q \quad (15)$$

$$\approx 0,01 \mu_0 / \kappa \cdot J^2 / T \quad (16)$$

λ ist damit keine unmittelbare Funktion von der Größe des zentralen Ringwirbels!

Als Zahlenwertgleichung für

$$T \text{ [} 10^4 \text{ °K]}$$

$$J \text{ [} 10^6 \text{ A]}$$

$$\lambda = 0,06 J^2 / T \text{ [sec]} \quad (17)$$

3. Auswertung der Rechnungen

Tabelle 1 stellt einige Rechenbeispiele zusammen, die die Größenordnungen der Daten wie deren Variationen charakterisieren, welche zur Beschreibung typischer Kugelblitze erforderlich sind. Die Ringwirbelhypothese bedingt damit folgende Daten:

Lebensdauer:	bis zu einigen 10 sec
Ringstrom:	einige 10^7 A
Temperatur:	$\approx 10^4$ °K
Energie:	einige 100 g TNT äquivalent

Unter der Temperatur verstanden wir die Außentemperatur des inneren Kernwirbels, also die Innentemperatur der den Kernwirbel umgebenden aureolenartigen Korona. Diese Temperatur sollte genügend hoch angesetzt sein, um eine Vollionisation der Luft sicherzustellen, damit der Ringstrom genügend Leitfähigkeit in den äußeren Wirbelzonen vorfindet. Die Außentemperatur der Korona kann über den Temperaturabfall der Wärmeleitung andererseits genügend tief liegen, um ausbleibende Hitzeeinwirkungen bei kurzzeitigen Berührungskontakt mit dem Kugelblitz (wie bezeugt) plausibel zu machen. Gleichzeitig fordern wir eine hohe Lebensdauer λ von vielen Sekunden. Geht man mit diesen Daten in das Diagramm 1, stößt man auf erforderliche Ströme mehrerer 10^7 A. Nach Übertragung dieser Ströme in das Diagramm 2 finden wir je nach Größe des Wirbels Energieeinhalte im Bereich von 10 - 1000 äquiv. g TNT. Wir wollen dabei annehmen, daß der zentrale Ringwirbel mit seinem Durchmesser etwa um eine Größenordnung kleiner ist als die Gesamterscheinung, die schwerpunktmäßig im Bereich 2 cm bis 50 cm \varnothing beobachtet wird. Unser d des Zentralwirbels schätzen wir demnach mit den Bereich 2 - 50 mm \varnothing ab, was uns letztlich zu obigen Energieäquivalenten führt. Vermerkt sei, daß die hier angegebenen Daten als Anfangswerte zum Zeitpunkt $t = 0$ verstanden sind. Der Kugelblitz wird jedoch verschiedene Zustände über Abklingfunktionen durchlaufen, was beispielsweise die tatsächliche Lebensdauer größer als λ ausfallen lassen wird.

4. Schlußbetrachtung

Die hier vorgenommene rechnerische Abschätzung kann die Richtigkeit der Ringwirbel-Hypothese nicht beweisen, stellt sich aber durchaus in den Bereich des Möglichen. Energieinhalte und Lebensdauer werden plausibel unter der Bedingung, daß Stromstärken um 10^7 A toroidal durch den zentralen Kernwirbel rotieren, der mit Außentemperaturen von 10^4 °K nur einen kleinen mittigen Raum innerhalb der ihm umgebenden kälteren Korona einnimmt. Von diesem zentralen Kernwirbel aufgeheizt und ionisiert prägt diese Korona die visuellen Erscheinungsformen des Kugelblitzes. Die Umwandlung der magnetisch gespeicherten Energie erfolgt einfach über die Selbstinduktion $L \cdot dJ/dt$, hervorgerufen von einer durch die Abkühlung erwirkten Senkung der Leitfähigkeit.

Welchen Zustand das Zentrum dieses enormen "Θ-Pinches" annimmt, läßt sich zunächst nur ahnen. Immerhin errechnet sich der zugehörige Druck gemäß G1. 9 zu $\sim 10^6$ bar. Die volumetrische Energiedichte (Gl. 7) gelangt in Größenordnungen von einigen 10 kWh/ltr. und übersteigt damit die Energiedichte von Sprengstoff um ein Vielfaches (s. Diagram 3)! Die Induktivität beträgt einige nH (Gl. 11). Tabelle 1 läßt diese Induktivität mit den Gradienten $dJ/dt \approx 10^6$ A/s auf einige mV schließen. Angesichts dieser Daten wäre verständlich, wenn Zweifel an der Ringwirbelhypothese aufkämen. Daraus möchten wir aber, und das insbesondere bezüglich der Energiespeicherung, eher den Ansporn für eine intensivierete Forschung auf diesem Gebiet ableiten. Sollte sich nämlich diese Hypothese später tatsächlich bestätigen, öffneten sich mit diesem physikalischen Prinzip überaus interessante Möglichkeiten, vielleicht sogar auch auf dem Gebiet der Atomkernfusion.

Paul-J. Hahn

Tabelle 1gerechnet mit $d = 2 \text{ cm}$ (Fall 7 mit $1,5 \text{ cm}$)

Fall	J [10^6 A]	T [$10^4 \text{ }^\circ\text{K}$]	E [kWs]	TNT-Äq. [g]	Q	λ [s]
1	1	0,4	1,5	0,3	10,1	0,15
2	5	0,5	38	8	12,6	3
3	5	0,7	38	8	17,6	2,1
4	10	0,7	150	33	17,6	8,5
5	10	1,0	150	33	25,2	6,0
6	50	1,0	3.750	826	25,2	150
7	50	5,0	2.750	826	94,5	30
8	100	5,0	15.000	3.300	126	120

Diagramm 1

Ringstrom J [10^6 A] als Funktion der Temperatur T [$10^4 \text{ }^\circ\text{K}$]
Parameter λ [sec]

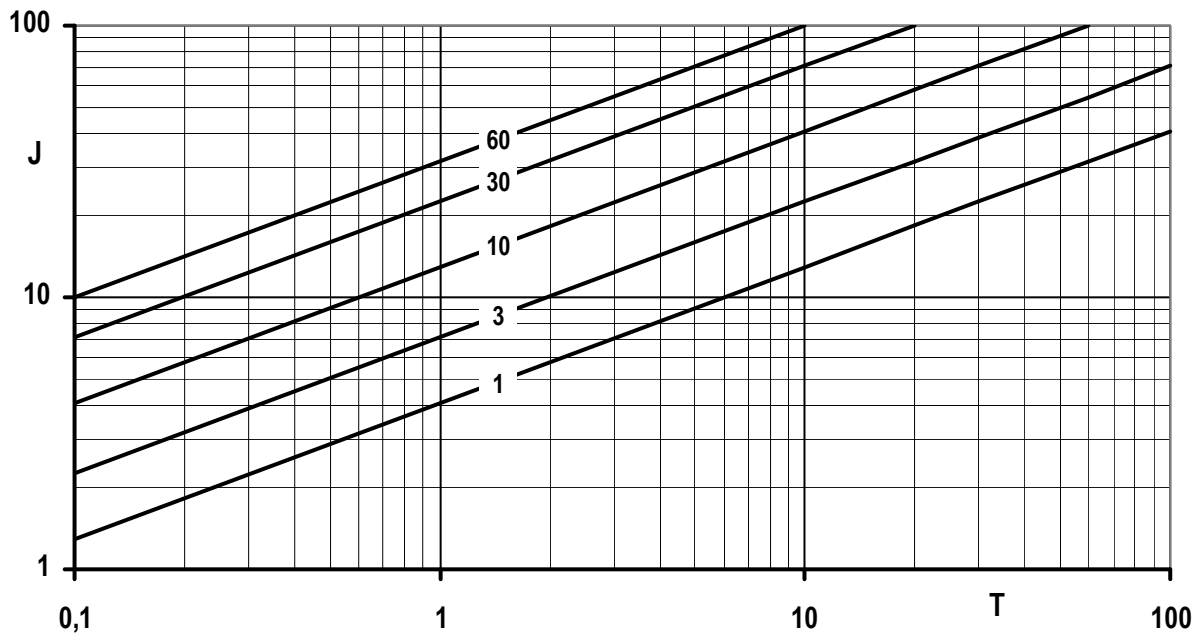


Diagramm 2

Ringstrom J [10^6 A] als Funktion der äquivalenten Energie E_{mag} [g TNT]
 Parameter Durchmesser d [cm]

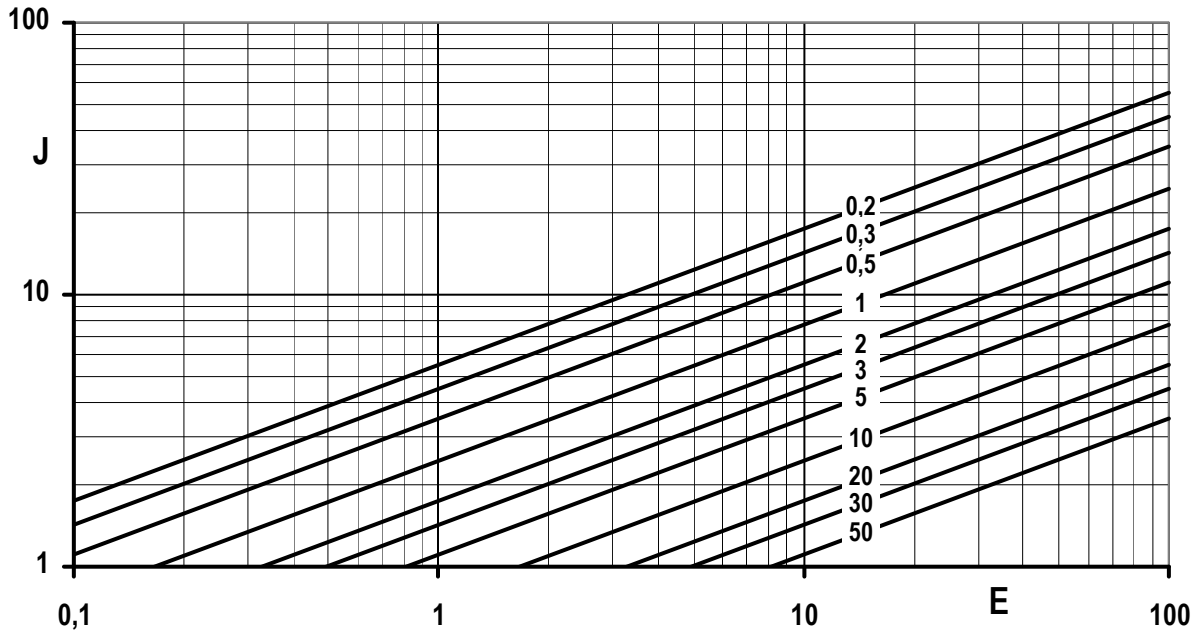


Diagramm 3

Ringstrom J [10^6 A] als Funktion der Energiedichte e [kWh/ltr.]
 Parameter Durchmesser d [cm]

