

Der Kugelblitz – ein interdisziplinärer Zankapfel

Alexander G. Keul, Universität Salzburg und TU Wien

Referat vor der Österreichischen Gesellschaft für Parapsychologie und Grenzgebiete der Wissenschaft, 18. März 2013

Einleitung

Guarda! Guarda! (Seht! Seht!) – Rufe von der Corsa dei Servi (heute Corso Vittorio Emanuele II) im Zentrum Mailands alarmieren Herrn Butti, Marinemaler der Kaiserin von Österreich. Es ist Juni 1841, sechs Uhr abends, und draußen geht ein schweres Gewitter nieder. Vom Fenster aus sieht Butti Leute, die im Regen unter einer rötlichgelben Feuerkugel mitrennen. Sie schwebt in Fensterhöhe des zweiten Stocks, steigt höher und explodiert etwas später am Turmkreuz der nahen Kirche mit dumpfem Krach. Der Künstler schreibt das Erlebnis dem Physiker Arago. 1923 wird sein Bericht von Oberstudienrat Walther Brand wiederentdeckt – für seine Monografie „Der Kugelblitz“, der bislang einzigen in deutscher Sprache.

Der Begriff Kugelblitz (KBL) wird seit Francois Arago 1838 für eine noch unerklärte Gruppe metastabiler leuchtender Phänomene der atmosphärischen Elektrizität benutzt. Kugelblitze erscheinen scheinbar zufällig in Zeit und Raum, dauern nur Sekunden und verschwinden mit oder ohne Spuren. Was seine Klassifikation, die Analyse angeblicher Rückstände und Laborsimulationen betrifft, führt der KBL zu erkenntnistheoretischen Problemen.

Nach mindestens 400 Jahren dokumentierter KBL-Fallgeschichten und 150 Jahren wissenschaftlicher Erklärungsversuche ist das meiste gesammelte Material immer noch anekdotisch. Die renommierten US-Blitzforscher Vladimir Rakov und Martin Uman zogen 2003 in ihrem Handbuch „Lightning“ Bilanz: Die Existenz von KBLn stünde bei Tausenden gleichartiger Berichte zwar außer Frage, aber harte Beweise in Form von Fotos, Filmen oder Messungen, eine exakte Theorie oder eine nachvollziehbare Simulation im Labor, die würden ihrer Ansicht nach fehlen. Das klingt im „Zeitalter der Wissenschaft“ unglaublich – wir können mit dem Weltraumteleskop Hubble entfernteste Quasare erforschen, aber ein in Reichweite bei Gewitter erscheinendes Phänomen schlüpft wie ein „glühendes Fossil“ durch die engen Maschen der Naturwissenschaft? Charles Hoy Fort hätte herzlich gelacht.

Als Spontanphänomen werden die meisten KBLs von Nichtwissenschaftlern gesehen. Wird über Fälle in den Medien berichtet, ist es oft nicht klar, ob so ein Objekt wirklich auftrat oder ob nur darüber phantasiert wird. Das heißt, der Fall KBL hat auch eine psychologische Ebene,

wo es um Zeugenberichte, Lagentheorien und mentale Modelle geht, für die Physiker von ihrer Ausbildung her nicht zuständig sind.

Der Referent, ausgebildeter Meteorologe und Psychologe, geriet während seines Wiener Meteorologiestudiums in den Disput. Eine KBL-Meldeanleitung im offiziellen Beobachterleitfaden des österreichischen Wetterdienstes, aber amüsiertes Schweigen an der Universität, dafür emotionale Berichte in fast jeder größeren Stammtischrunde. Ein Grund, sich die Sache selbst anzusehen und die Daten zu überprüfen. Dies führte zu inzwischen 40 Jahren Fallsammlung und Feldforschung. Im folgenden wird die fast forensische Prüfung von Zeugenberichten und angeblicher Beweisstücke ebenso kurz dargestellt wie die europäische und internationale KBL-Fallstatistik. Abschließend werden Hindernisse und Chancen für eine wissenschaftliche Lösung dieser langjährigen Kontroverse umrissen.

Geschichte, Definitionen, Theorien, Labor

Die Bezeichnung Kugel-Blitz leitet sich sprachlich aus dem Bereich Gewitter und Blitz ab. Auch wenn dieses Forschungsgebiet aus Zeitgründen hier nur skizziert werden kann, soll darauf verwiesen werden, dass meteorologisch Gewitterwolken durch Aufwärtsbewegung feuchter Luft entstehen, wobei Kondensation und Gefrieren der Wasserteilchen zu Ladungstrennung und dann zu elektrischen Erscheinungen führt. Unterschieden werden Wolke-Wolke-Blitze zwischen Teilen der Wolke am Himmel und Wolke-Erde-Blitze von der Wolke auf den Boden oder Erde-Wolke-Blitze von Türmen oder Bergen in die Wolke hinein. Blitz heißt dabei ein Gesamtvorgang, der sich aus einzelnen raschen Entladungen zusammensetzt. Beim klassischen Wolke-Erde-Blitz entsteht in der Wolke ein Leitblitz, der in Ruckstufen rasch Richtung Boden wächst, wo ihm sogenannte Fangentladungen entgegenwachsen, von denen meist eine mit dem Leitblitz zur Hauptentladung verschmilzt. Die meisten Wolke-Erde-Blitze haben mehrere Teilentladungen, was das beobachtete Flackern der Blitze erklärt. Die Entladungsvorgänge liegen im Hundertstel- bis Tausendstelsekundenbereich, sind also zu rasch für das menschliche Auge. Durch die Aufeinanderfolge vieler Entladungen kann ein Blitz aber durchaus eine Sekunde dauern. Blitzforschung wird in Österreich von ALDIS, dem Blitzmess- und Registrierungsnetzwerk von ÖVE und Verbund, betrieben. Auf dem Salzburger Gaisberg steht eine Blitzmessenanlage mit Hochgeschwindigkeitskamera. Obwohl Blitze seit Benjamin Franklin 1752 als elektrische Funkenentladung bekannt sind, sind die Verhältnisse komplizierter als bei den Funken der

Elektrifiziermaschine: Es gibt Blitze aus der Wolke abwärts und von Türmen aufwärts, es gibt positive und negative Blitze, Polaritätswechsel, sehr unterschiedlichen Energiegehalt und vieles mehr. Erst in letzter Zeit entdeckt wurden Erscheinungen über der Gewitterwolke, die als Jets, Elfen oder Kobolde (engl. Sprites) in der höheren Atmosphäre aufleuchten.

KBL als Phänomen haben Namen in vielen Sprachen: In Italien fulmine globulari, in Frankreich foudre en boule oder éclair en boule, in Spanien rayo de bola, in Dänemark kuglelyn, in Holland ball bliksem, in Schweden klotblix, in Finnland pallosalama, in Island urdarmáni, in England ball lightning, in Estland keraväik, in Tschechien kulový blesk, in Ungarn gömbvillám, in Russland sharovaya molniya, in Malaysia bola petir und in Japan hinotama.

In Österreichs Sagenwelt gibt es durchaus KBL-Bezüge: Sei es die rollende „Klage“ im Leithagebirge, eine Schicksalskugel, „Vizotum“ (soviel wie der Teufel persönlich) im Bregenzerwald, der beim Herabrollen vom Berg den Spötter mitreißt, oder der Kärntner „Skopniak“, eine glühende Kugel, die Frevlern den Bart versengt. Auch wenn die frühen KBL-Geschichten religiös ausgedeutet wurden, existieren aktuell keine verbreiteten esoterischen KBL-Bezüge, also Beobachter fragen sich nicht, was das für sie zu bedeuten habe bzw. wer ihnen etwas mitteilen will. Anders als im sehr bunten Feld der UFOs bieten KBL eine eher monotone Wiederholung immer gleicher Phänomen-Beschreibungen, was klar für ein Naturphänomen spricht.

Historische KBL-Berichte reichen bis 1557 und 1638, also ungefähr 400 Jahre zurück (Doe 2013). Wissenschaftliche KBL-Untersuchungen beginnen mit "Sur le tonnerre" des Physikers Francois Arago (1838). Der Astrophysiker (und KBL-Beobachter) Axel Wittmann, Universität Göttingen, listete 1976 die KBL-Phänomenologie so auf: Erscheinen in Gewittern, oft in der Nähe von Wolke-Erde-Blitzen, runde Form unter einem Meter, Farbe hauptsächlich orange bis rot, undurchsichtig und selbstleuchtend, kontinuierliche oder unregelmäßige Bewegung, manchmal bewegungslos, häufiges Eindringen in Gebäude, Lebensdauer selten über mehrere Sekunden, mit Geräusch oder geräuschlos, auch in der Endphase, meist ohne Spuren, also Schäden und Verletzungen. Neben dem Erscheinen in Gebäuden verblüffen auch zahlreiche Beobachtungen in und um Flugzeuge auf Reiseflughöhe die Wissenschaftler (Doe & Keul 2009, Doe et al. 2009).

KBL-Publikationen – bereits 1.600 in Barrys Bibliografie (1980), 2.400 in Stenhoffs Sammlung (1999) – haben eher unsichere theoretische Fundamente, weshalb zahlreiche Fallstudien und Laborsimulationen verschiedener Forschergruppen unverbunden nebeneinander stehen. Turner (2002) nannte das eine „zersplitterte Wissenschaft“ und forderte mehr Organisation ein. Allerdings vergebens, denn auf allen internationalen Kongressen des International Committee on Ball Lightning seit 1988 gab es lange Sessions mit immer neuen Theorien und Modellen und nur wenige Felduntersuchungs- und Fallberichte. Stanley Singer beklagte daher 2002: "Nur eine kleine Anzahl von Beobachtungen ist untersucht worden, um die Zuverlässigkeit der Augenzeugen zu bestimmen und den Bericht zu evaluieren."

Trotzdem war die Gründung des ICBL, eines internationalen Komitees für KBL-Forschung, 1988 ein Fortschritt, und die Vorstandsmitglieder haben sich auf den zweijährlichen Konferenzen bemüht, ihre scientific community zu koordinieren.

Rakov und Uman fassen in ihrem Handbuchkapitel 2003 die vorliegenden KBL- Theorien in 16 Kategorien zusammen:

A. Modelle mit innerer Energiequelle

1. Erhitzte Luft mit Verunreinigungen, 2. Staub, Tröpfchen, Aerosole,
3. Chemische Reaktionen, Verbrennung, 4. Plasma hoher Dichte,
5. Geschlossene Stromfluss-Schleife, 6. Luftwirbel mit leuchtendem Gas,
7. EM-Feld in einer dünnen Plasmahülle, 8. Kernreaktionen, Antimaterie,
9. Kleinste Schwarze Löcher, 10. Ladungstrennung, 11. Maser-Theorie mit Wasserdampf

B. Modelle mit äußerer Energiequelle

1. Fokussierte atmosphärische Hochfrequenzfelder,
2. Stetiger, lokal fokussierter Stromfluss, 3. Fokussierte kosmische Strahlung,
4. Antimaterie-Meteore, 5. Elektrische Felder am Boden nach Blitzentladung

Diese 16 Kategorien sind nicht vollständig, denn es gibt zusätzlich noch zwei

"Sinnestäuschungs"-Modelle, die den KBL a) als optisches Blitz-Nachbild auf der Netzhaut oder b) als ein neurologisches Blitzartefakt, eine EM-Halluzination, erklären wollen. Ihr skeptischer Reduktionismus vermag aber das gesamte Fallspektrum, und vor allem das Foto- und Videomaterial, nicht zu erklären (Keul et al. 2008).

Ähnlich bunt entwickelte sich die KBL-Laborforschung, die das Phänomen (aber welches?) simulieren will. Neuere Laborversuche drehten sich um Silizium-Nanomoleküle an Blitzeinschlagsstellen (Abrahamson und Dinniss 2000) und durch Lichtbogenentladungen auf

Siliziumwafern (Piva et al. 2007) oder um brennbare Substanzen im Plasma (Emelin et al. 1997, Dikhtyar & Jerby 2006).

Keine Laborsimulation, aber ein innovatives Feldexperiment wurde von der Forschungsgruppe Uman durchgeführt (Hill & Uman 2010): Auf der Militärbasis Camp Blanding, FL, werden schon lange Blitze getriggert, indem bei Gewitter Raketen mit einem Metalldraht abgeschossen werden. Auf diese Art wurden 2008 künstlich Blitze ausgelöst und am Boden über etwa 100 Substanzen geleitet, darunter Salzwasser, Siliziumwafer, rostfreier Stahl oder Nadelbaumzweige. Die dabei entstehenden Leuchterscheinungen wurden fotografiert und analysiert. So entstand eine halbe Sekunde lang über Salzwasser eine Flamme, leuchtende Siliziumfragmente fielen 1 sec lang herab, ein Überschlag über der Stahloberfläche bildete einen Lichtball von 33 cm Durchmesser und die Entladung in den Nadelbaumzweigen war für eine halbe Sekunde sichtbar. Uman und Kollegen nennen das nicht KBL, weisen aber auf Effekte verschiedener Materialien unter Blitzeinwirkung hin. Stephan und Massey (2008) ergänzten, dass KBL-Ereignisse teilweise durch geschmolzene Kugeln beim Blitzeinschlag verdampfter Metallobjekte erklärbar wären.

Ein weiteres erkenntnistheoretisches Problem ist das folgende: Die Bezeichnung KBL steht sprachlich für den Eindruck kugelförmiger Objekte, begründet deshalb aber noch lange nicht ein homogenes, abgeschlossenes Phänomen. Auch Sonne und Mond erscheinen am Himmel rund und in fast derselben Winkelgröße, ohne physikalisch dasselbe zu sein. Jeder blendende Kurzschlusslichtbogen nach einem Blitzeinschlag erscheint für den Beobachter subjektiv als Kugel, ist aber keineswegs kugelförmig, sondern nur ein Überstrahlungsbild (Irradiation). Rakov und Uman (2003, 656) haben daher recht mit ihrer vorsichtigen Bemerkung: „dass es mehr als einen Typus von KBL geben kann und daher auch mehr als einen Mechanismus, durch den ein KBL entsteht.“

Psychologie und Kugelblitz: Mentale Modelle, Laientheorien

Bei der Mehrzahl aller Kugelblitzberichte handelt es sich um mündlich-verbales Material. Sozialwissenschaftliche Techniken werden zu ihrer Interpretation gebraucht und sollen helfen, die Zeugenaussagen einzuschätzen (Keul 1993). Forensische Psychologen haben bereits zahlreiche Feldstudien mit Augenzeugen gemacht, aber eben nicht in den für KBL-Ereignisse typischen Kontexten, Situationen und Latenzzeiten. Trotzdem gibt es interessante Ergebnisse aus diesem Forschungsfeld: Besondere Details einer Handlungsreihenfolge

werden besser erinnert (Marshall et al. 1971). Zentrale Details einer Szene werden klar erinnert, auch wenn sie Angst verursachten (Kebeck & Lohaus 1986). Personen tendieren, die Dauer von angst- und stressbeladenen Ereignissen zu überschätzen (Sarason & Stoops 1978). Beobachtete Details können durch suggestives Befragen danach verzerrt werden (Carmichael et al. 1932), aber auch durch persönliche und kulturelle Stereotype. Emotional aufwühlende, folgenreiche Ereignisse werden oft zusammen mit irrelevanten Details der Ereignissituation gemerkt ("Blitzlichtgedächtnis"; Brown & Kulik 1977). Falsch erinnerte Details werden konsequent falsch erinnert ("freezing effect" Kay 1955).

Die Kognitionspsychologie spricht von Mentalen Modellen als inneren Symbolen oder Repräsentationen der äußeren Realität, wesentlich bei Wahrnehmung und Interpretation (Craik 1943). Ein Mentales Modell beruht auf nicht qualifizierbaren, obskuren und unvollständigen Informationen (Gentner & Stevens 1983) – genau das passiert, wenn aus einem runden Loch in einer Mauer nach einem Gewitter ein zwingender „Beweis“ für einen KBL wird. In der sozialen und klinischen Forschung wird ein ähnlicher Begriff benutzt: Laientheorien sind informelle common sense-Erklärungen von Laien für bestimmte Phänomene, meist völlig losgelöst von wissenschaftlichen Erklärungen (Furnham 1988).

Dem Untersucher von KBL-Fallmeldungen muss das Phänomen falscher KBL-Berichte bewusst sein. Sie werden von einem Mentalen Modell oder einer Laientheorie produziert, die ungefähr wie folgt lautet: "Außergewöhnliche Ereignisse in einem Gewitter, wie ein seltsamer oder ein unerwartet großer Schaden und andere unerklärte Dinge, werden vom überaus gefährlichen KBL verursacht." Beschädigt also ein „teuflischer“ Wolke-Erde-Blitz eine Kirche, zerstört er gleich ein ganzes Lagerhaus, dann gerät der KBL – auch durchaus vor ländlicher Exekutive oder Versicherungsleuten – unter Tatverdacht. Geschädigte und Medienleute nehmen diese Erklärung gerne auf, denn sie reduziert die Unsicherheit. Für den Referenten ist das bei aller emotionalen Evidenz noch lange kein KBL, sondern falscher Alarm.

Kurz gesagt, die Psychologie von KBL-Berichten ist mehr als einfache Varianz, Fehldeutungen durch Informationsmangel, sondern es existieren Konzepte, die aktiv falsche KBL-Berichte produzieren. KBL-Untersuchungen sind daher auch kein induktivistisches, theorieloses Spiel, sondern folgen implizit oder explizit einem Forschungsparadigma (Kuhn 1962): Es bestimmt,

was wie beobachtet wird, welche Fragen gestellt werden dürfen, wie Ergebnisse interpretiert werden sollen, wie Experimente angestellt werden müssen.

Fallbeispiele

Zwei Fälle 2011 sollen die kritische Fallprüfung beispielhaft demonstrieren:

Am 6. Juni 2011 kam es laut einer Lokalzeitung kurz nach 20 Uhr Sommerzeit bei einem Gewitter in Strasburg bei Uecker-Randow, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland, zu einem Großbrand auf dem Dach einer örtlichen Plattenbausiedlung. Martens, Journalist des NordKurier (2011), schrieb dazu: „..setzte sich während des Gewitters ein fußballgroßer Feuerball auf Block 34 bis 37 im Straßburger Siedlungsweg 1, etwa über den Hauseingang 35. Der Feuerball raste dann südwärts über das Dach .. setzte alles brennbare Material in Flammen.“ Das Feuer breitete sich rasch über die gesamte Dachstuhlänge aus, die trotz sofortiger Alarmierung aller örtlicher Feuerwehren völlig ausbrannte. Erst im Herbst davor war eine Photovoltaikanlage über die volle Dachlänge installiert worden – sie wurde beim Feuer zerstört. Am fraglichen Abend erzeugte ein Tief über den Britischen Inseln zwei Kaltfronten mit weit verbreiteten Gewittern vor 16 Uhr. Gerhard Diendorfer, Chef von ALDIS (der österreichischen Blitzüberwachung), schaute die deutschen Aufzeichnungen durch und fand gegen 20.04 Sommerzeit eine Serie von vier negativen Wolke-Erde-Blitzen zwischen 4.000 und 21.000 Ampere Stärke, die ungefähr über 1 km im Brandgebiet streute. Es erscheint als wahrscheinlich, dass ein negativer Wolke-Erde-Blitz einen Kurzschluss in der Photovoltaikanlage erzeugte, was dann die ganze Dachlänge in Brand setzte. Kurzschluss-Lichtbögen erschienen dabei als beweglicher Feuerball.

Am 9. August 2011 informierte Michael Staudinger, Direktor der ZAMG in Wien, den Referenten über einen möglichen KBL-Bericht aus Niederösterreich. Beim Rückruf erfuhr er dann folgendes von der Beobachterin: Mitte Juli 2011 nachts stand sie in Alland im Wienerwald vor ihrem Haus neben ihrem Auto, als sie einen lauten Knall hörte und ein vollmondgroßes, rundes, gelbliches Objekt über sie Richtung Westen flog. Es war nach ungefähr zwei Sekunden verschwunden. Der Gegenstand hatte unscharfe Konturen; seine Helligkeit war nicht blendend. Er flog eine Kurve und dabei war ein Zischen zu hören. Ihre Tochter sah es ebenfalls vom Fenster aus. Die Beobachterin arbeitet in der Radiologie und hat eine Fotografie-Ausbildung. Ein Nachbar fand später eine versengte Stelle in seinem Garten, wie ein Blitzeinschlag. Da der Fall schon drei Wochen alt war und sich auf mündliche Daten beschränkte, wurde keine Felduntersuchung durchgeführt. Gerhard Diendorfer, Chef

von ALDIS, fand in seinen Daten am 14. Juli 2011 einen negativen Wolke-Erde-Blitz, Stärke 9.000 Ampere, gegen 23.07 Uhr Sommerzeit unmittelbar im Beobachtungsgebiet. Der Wiener Flughafen Schwechat meldete ab 20.20 Uhr Sommerzeit Regen und Gewitter. Die Wetterkarte zeigte Tiefs über Norddeutschland, der nördlichen Adria und dem Balkan mit einer Kaltfront/Okklusion über den Alpen. Es erschien plausibel, dass eine lokale Gewitterzelle nach 23.00 Uhr in der Nähe von Alland einen Wolke-Erde-Blitz und als sekundären Effekt einen KBL produzierte, der weiterflog und verschwand (Keul 2011).

KBL-Untersuchungen

Eine technische Mitteilung von COST P18, die von 30 führenden europäischen Blitzexperten (Thottapillil 2005) unterschrieben wurde, führt auch den KBL als Forschungsthema an. Zufallsberichte kommen fast immer von Laien, das Dunkelfeld ist groß, Medien oft zwischengeschaltet. In letzter Zeit wird verstärkt mittels eMail berichtet, wenn Beobachter die Informationsseite des Referenten im Internet finden.

Zu Beginn einer KBL-Untersuchung muss der Erstbericht kritisch gelesen und kategorisiert werden in: a) Irrtümer (Fehlidentifikation, Betrug, andere Phänomene), b) mangelhafte Information/Zweit-Hand-Berichte (ungenügende Details, sekundäre Berichte - „mein Großvater hat einmal..“) oder c) genügend erste Indizien für eine persönliche Untersuchung. Dann ist direkter Kontakt mit den Hauptbeobachtern obligatorisch, via Telefon, Internet oder schriftlich. In entsprechend interessanten Fällen sollte eine kostenintensivere Felduntersuchung gemacht werden. Ohne Forschungsförderung sollte sich die Hauptenergie der Forscher aus ökonomischen Gründen auf aussichtsreiche Fälle – sehr qualifizierte Beobachter, Fotos, Videos, materielle Spuren – konzentrieren.

Der Referent verwendet einen Kugelblitz-Fragebogen für Telefonate, eMail- oder Briefkontakte und ein Felduntersuchungsschema, als eine Art Checkliste. Anders als in der physikalischen Forschung gibt es neben Beschreibung und seltenen Spuren immer einen Beobachter, der einen psychologisch und medizinisch interessieren sollte. Wenn also z.B. eine Beobachterin von nachfolgenden Sehstörungen berichtet, sollte nicht spekuliert, sondern nach Symptomen aus der Augenheilkunde gefragt werden. Im konkreten Fall 2012 handelte es sich offenbar um eine Keratitis photoelectrica vulgo Verblitzung.

Gibt es –selten genug– mehrere Beobachter, sind separate Interviews notwendig, um individuelle Wahrnehmungen und Details zu dokumentieren. Interviews werden freiwillig gegeben, Beobachter sollten daher freundlich behandelt und nicht „verhört“ werden.

Die beste Situation für Augenzeugen, die sich an Details erinnern sollen, ist die Rückkehr an den Beobachtungsort, wo entsprechende Umwelt-Hinweisreize präsent sind und berücksichtigt werden können. So kann etwa der Beobachtungsrahmen geklärt werden: Erschien das Objekt auf freiem Feld oder innerhalb eines beschränkten Sichtfeldes, war daher die sichtbare Flugbahn nur der sichtbare Teil einer längeren? Die Beobachtungsdauer ist naiv nicht zu erfragen, sondern im Feld zu rekonstruieren: "Jetzt stellen Sie sich einmal vor, das Ganze passiert gerade wieder, und Sie sagen mir ‚jetzt‘ wenn es beginnt und ‚stopp‘, wenn es zu Ende ist"). Dann wird die Dauer mittels Stoppuhr gemessen. Meist ist sie kürzer als vom Beobachter selbst geschätzt, entsprechend nach Sarason und Stoops.

Analog die Größenschätzung – abgesehen von möglicher Überstrahlung (Irradiation) vor dunklem Hintergrund ist die Frage nach Zentimetern eher sinnlos, weil Menschen im Alltag (vielleicht bis auf Modellbauer oder Gerichtsmediziner) nicht in Zentimetern denken, sondern mit Vergleichsobjekten als Größenreferenz. „Fußballgroß“ ist daher die häufigere Angabe als „33 cm“. Feldskizzen und Fotos mit Maßstab sind, wie bei jeder Feldforschung, selbstverständlich. Die Anonymität des Beobachters sollte, besonders bei kontroversen Fällen, streng beachtet werden. Medienkontakte müssen ethischen Standards folgen, das Copyright von Fotos/Videos beachten und nicht primär profitorientiert verlaufen.

Bei der Feldarbeit des Verfassers waren materielle Spuren seltene Ausnahmen (z.B. Keul, Gugenbauer & Diendorfer 1993). Für kompetente Spurenprüfung sollte um die Assistenz qualifizierter Experten ersucht werden.

Das Montafon-Foto (Keul 1992, 1996)

Fotografie hat das Potenzial, flüchtige Phänomene aufzuzeichnen und erlaubt post-hoc eine physikalische Überprüfung der Aufzeichnung. Brauchbares fotografisches Material von Kugelblitzen ist selten, weil es unwahrscheinlich ist, ein Fünf-Sekunden-Phänomen trotz Schrecksekunde mit einer Kamera zu erfassen. Daher erscheinen KBLs wenn, dann meist auf Zeitaufnahmen. Ein solcher Fall soll berichtet werden:

Werner Burger, Augenzeuge und Fotograf des Farbdias, meldete sich beim Referenten nach einem lokalen Presseaufruf 1990. Nach Übersendung einer Papierkopie seines Fotos fuhr der

Referent zur Felduntersuchung nach Vorarlberg. Danach wurden Kopien des Fotos plus Erstuntersuchungsbericht an astronomische, meteorologische, und technische Experten verteilt mit der Bitte um ihre Fachmeinungen. Auch Bildanalysen am Computer wurden durchgeführt.

In einer Sommer-Nacht 1978 bemerkte Werner Burger in St.Gallenkirch im Montafon eine sich nähernde Gewitterfront. St.Gallenkirch hat 1.400 Einwohner und liegt im Alpental des Montafon im südlichen Vorarlberg auf etwa 900 Meter, umgeben von Bergmassiven von über 2.000 Metern Höhe. Der Beobachtungsort 1978 war Burgers Elternhaus in Aussergant in der Nähe der Silvrettapass-Straße. Burger stellte seine Spiegelreflexkamera mit Stativ und Drahtauslöser auf den Balkon, um Blitze zu fotografieren. Die Kamera war Richtung Grappeskogel (2.206 m) im Osten gerichtet. Es war dunkel und vor Mitternacht.

Der Beobachter hatte gerade eine weitere Zeitaufnahme begonnen und dazu den Fernauslöser betätigt, als er ein Geräusch hörte, "wie von einer Weihnachtsspritzkerze, oder von einer Drahtbürste, die ruckartig über einen Rand gezogen wird" Dann fiel, genau voraus, "ein Feuerball herunter" und Burger ließ, etwas schockiert, den Drahtauslöser los, bevor der Gegenstand verschwand. Bei der Rekonstruktion an Ort und Stelle wurden mit Burger zwei Sekunden visuelle Beobachtungszeit und vorher eine Sekunde Geräusch gestoppt. Das Objekt schien im freien Fall vom Himmel zu kommen. Die Blitzfotos wurden 1978 als Zeitaufnahmen mit einer Fujica AZ1 mit Brennweite 55 mm auf Agfa CT-18 Diafilm (50 ASA) gemacht. Nach der Diafilm-Entwicklung waren die Blitzaufnahmen überbelichtet, während die Aufnahme vom Feuerball scharf erschien und Details zeigte.

Otto Svabik von der Klimaabteilung der ZAMG stellte später fest, dass die Nacht vom 3. auf den 4.August 1978 mit einem Kaltfrontdurchgang und Regen als Zeitpunkt am wahrscheinlichsten war.

Der Beobachter und Fotograf wurde 1957 im Montafon geboren und arbeitete 1978 für die Silvretta Bergbahnen. Zum Untersuchungszeitpunkt arbeitete er für eine Behörde in Bludenz und führte zusammen mit seiner Frau eine Frühstückspension. Er hatte normale Sehschärfe und war sportlich sehr aktiv. Das Farbdia mißt 23x35 mm. Es wurde für die weitere Fotoanalyse hochauflösend eingescannt.

Bei der interdisziplinären Analyse, die einige Jahre lief, ging es darum, welche physikalischen Parameter sich vom Foto ableiten lassen und, ob sich die Aufnahme als konventionelles

Phänomen erklären läßt. Der Meteorastronom Zdenek Cepelcha, Ondrejov, Tschechien, betonte die parabolische Form der Flugbahn, schloss ein helles Meteor (vor den Wolken!) aus und schätzte aufgrund der Leuchtspur ein Objekt von einem Meter auf eine Entfernung von 400 Metern. Er verwies darauf, dass die zwei längsten und hellsten Funken andere Bahnen haben. Pyrotechniker Claus Feuerstein erkannte keine typische Feuerwerksrakete. Die fotografierten „Funken“ wären in der Pyrotechnik nicht üblich, sondern sähen eher militärisch aus, wie brennendes Gas oder eine Flüssigkeit. Josef Scheutz, ein zweiter Pyrotechniker, glaubte, eine „Skorpionbombe“ zu erkennen, jedoch konnte der Referent bei dessen Feuerwerk in Linz keinen ähnlichen Effekt fotografieren. „Bomben“ explodieren üblicherweise nach einem Steigflug ohne Lichtspur. Oberst Marterbauer, Salzburg, sagte zum Foto, dass im Montafon das Verschießen von Artilleriemunition nicht erlaubt ist, sondern nur an speziellen Truppenübungsplätzen. Er schloß auf dem Foto ein Artilleriegeschoss oder eine Granate definitiv aus. Der Blitzschutzspezialist Alfred Gugenbauer nahm als mögliche Erklärung einen Aufwärtsblitz an. Seine Hypothese paßt allerdings weder zur Beobachtung noch zu den fotografischen Daten. Ein Aufwärtsblitz würde nicht als herabfallendes Objekt beobachtet werden. ALDIS-Chef und Blitzschutztechniker Gerhard Diendorfer hält die Aufwärtsblitzhypothese für nicht plausibel. Fotografierte Wolke-Erde- oder Erde-Wolke-Blitze sind als kontinuierlicher Kanal abgebildet, nicht als Fragment. Blitzforscher Doug G.Jordan, ein US-Kollege von Uman in Florida, untersuchte bei einem Besuch in Österreich die Fotografie. Er bemerkte dazu: "no standard lightning", wunderte sich, warum die "Funken" ähnliche Form hätten, und meinte, das Objekt wäre etwas, das brennend herunterfällt, durch einen Blitzschlag erzeugt. Hannspeter Winter, Plasmaphysik-Professor an der TU Wien, sagte dazu: "Etwas fiel vom Himmel und brannte aus. .. Es ist definitiv kein hochionisiertes Plasma. .. Wenn der Film die korrekte Farbtemperatur zeigt, ist dies ein eher kaltes Phänomen, ein konventioneller Verbrennungsprozess von 1.500 bis 2.000 Grad Celsius Maximum. Ein Plasma, wie der Blitz, wäre dagegen im blauen Spektralbereich." Blitzschutzexperte Walter Hattinger, Salzburg, sah weder einen konventionellen Blitz noch brennendes Magnesium. Vielleicht eine brennbare Flüssigkeit? Feuerwehr-Trainingsoffizier Greisberger, Salzburg, bestritt das: "Eine brennende Flüssigkeit wäre nicht kompakt, sondern würde sich rasch auflösen. .. Brennendes Gas brennt nicht so hell. .. Es ist ein fester Körper, der im Kern brennt und .. sich irgendwie auflöst."

Auch Diskussionen auf den Kugelblitzkongressen in Los Angeles 1992 und in Salzburg 1993 führten nicht wesentlich weiter. Im Montafon fertigte der Referent Zeitaufnahmen von Signalraketen an, die Werner Burger als Vergleich abschloß. Sie sind speziell von der Funkenbildung her dem KBL-Dia nicht ähnlich. Während auf dem Montafon-Foto die Abwesenheit von Landschaftsdetails eine gewisse Schwäche darstellt, sind Informationsgehalt und Detailreichtum bemerkenswert und sollten zu weiteren Analysen durch interessierte Experten ermutigen.

Das Zwoenitz-Video (Keul 2004a, 2004b, Schrattenecker & Baumegger 2004)

Filme oder Videos von KBLen wären sehr wertvoll; es gibt aber fast keine. Die wenigen Dokumente wurden von Barry (1980) und Stenhoff (1999) besprochen. Ein Video 1976 aus Transvaal, Südafrika, zeigte in der Nähe eines Wolke-Erde-Blitzkanals (Eriksson 1977) eine davon abgelöste runde Form. Ein angebliches KBL-Video aus Ashford, England, 1989, stellte sich später als interne Spiegelung des Camcorders heraus (Meaden 1990; Bergstrom & Campbell 1991). Im Internet, auf YouTube, stehen mehrere KBL-Videos unbekanntem Ursprungs ohne Angabe von Falldetails. Die inzwischen weit verbreitete Verwendung von Digitalfotografie, Camcordern, Webcordern und Fotohandys macht jedenfalls die zufällige Dokumentation von KBLen heute statistisch wahrscheinlicher.

Der Referent erhielt am 22. April 2003 eine eMail der Schüler Sabine und Thomas Fuchs aus Zwoenitz, Sachsen: "...wir haben während eines Gewitters ein Phänomen gefilmt und nehmen an, es könnte ein KBL sein." Ein 332 KB-avi-Ordner mit einem acht Sekunden-Farbvideo lag bei. Das erste Telefoninterview ergab folgende Details: Die Familie lebt in einer Plattenbausiedlung westlich vom Stadtzentrum. Am Abend des 19. April montierte Thomas seine Webcam auf eine Stuhllehne, Blickrichtung durchs Zimmerfenster nach Osten, zur Aufzeichnung möglicher Blitze. Der Himmel war bewölkt, kein Niederschlag, Donner war hörbar. Die Webcam-Aufnahme startete um 18.44 Uhr Computerzeit. Thomas verließ den Raum, um etwas zu essen und hielt vier Minuten später die Aufzeichnung an. Später am Abend fand seine Schwester Sabine eine sich bewegende Lichtquelle auf dem Webcamvideo. Das Video zeigt das Flachdach des Plattenbaus vis-a-vis unter einem dunklen, bewölkten Himmel. Nach ungefähr vier Sekunden kommt eine gelb-orangefarbene, helle Lichtquelle hinter dem Flachdach hervor, bewegt sich in den Himmel hinauf, ruckartig entlang einer wellenförmigen Bahn mit zwei Helligkeitsmaxima, bevor sie nach 2 Sekunden entweder

schwächer wird oder in den Wolken verschwindet. Optisch wirkte der erste Eindruck fast wie eine Spiegelung in einem Zugfenster.

Die Webcam war eine etwa drei Jahre alte Mustek WCam300 mit einem 1/3 Zoll Farb CMOS Sensor von RGB24 und 640x480 Pixel maximaler Auflösung. Manueller Fokus, Fixblende 2.0, eingebautes Mikrofon (im Video auf Null gestellt) und 54° Sichtfeld. Aufnahme und Verarbeitung verwendeten VirtualDub 1.51 mit DivX-Kompression, 25 fps. Verbunden war die Webcam mit einem Toshiba 200 MHz 64 MB RAM Notebook. Eine Mustek Bildrate von 15 fps, also 15 pro Sekunde, bedeutet bei der eingestellten Maximalauflösung von 640x480 Pixel, dass 10 Bilder pro Sekunde durch mangelnde Systemkapazität verloren gehen, also nicht gespeichert werden. Daher das Rucken der Bilder, wie in einem alten Stummfilm. Von 18.44 bis 18.48 Uhr wurden 4 Minuten und 3 Sekunden Videosignale aufgezeichnet. Die Webcam war dabei ungefähr 1 Meter vom geschlossenen und sauberen Fenster entfernt, die Webcam-Achse etwas nach links gekippt. Die Familie lebt im fünften Stockwerk des Plattenbaus. Zwischen den Blöcken befindet sich eine Grünfläche, aber keine Straße. Der Plattenbau steht in offenem Hügelland in 500-700m Seehöhe. Im Westen, also im Rücken der Kamerarichtung, laufen eine Eisenbahnnebenlinie und eine Hochspannungsleitung. Kein Flugplatz oder militärische Installation im Nahbereich, kein Feuerwerk oder Fest am Tag der Aufnahme. Die im Film sichtbaren Dachstützen sind Abluftkamine. Eine Begehung dort fand keine Besonderheiten.

Zum Zeitpunkt der Meldung waren beide Teenager weder an Geld noch an Publicity interessiert, sondern wollten Video und Fallbericht bis zur Klärung aus den Medien heraushalten. Bei Untersuchung des Videos mit dem Magix Programm Video 2.0 deluxe ergaben sich 56 Bilder, die insgesamt 2 Sekunden und 240 ms umfassten. Thomas Fuchs erzeugte ein Kompositbild, also eine Übereinanderlagerung aller Videobilder auf einer Aufnahme. Die wellenförmige Flugbahn weicht deutlich von einer Parabel ab. Sichtbar sind zwei Lichtmaxima und drei Sprungstellen durch verlorene Bilder.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) meldete am 19. April 8 Uhr Sommerzeit ein flaches Hoch über Skandinavien mit Deutschland an seiner Südgrenze. Um 20 Uhr Sommerzeit hatte die Warmfront eines Tiefs über Frankreich Süddeutschland mit Schauern und Gewittern erreicht. Sie war um 2 Uhr nachts fast stationär. Laut lokalen Daten herrschte Schlechtwetter mit bedecktem Himmel, Regenschauern und einigen Blitzschlägen.

Eine erste Interpretation des Videos ließ ein Meteor –bei bedecktem Himmel- nicht zu. Gerhard Diendorfer, ALDIS-Chef, schloss einen gewöhnlichen Wolke-Erde-Blitz aus. Die Frage einer Reflexion wurde auf einem weiteren Webcam-Video durch Einschalten der Zimmerbeleuchtung überprüft – diese erschien unbewegt in Form von vier Lichtkreisen in der Scheibe. Feuerwerk scheidet ohne Fest und bei Gewitter aus. Für eine privat geschossene Signalarakete sind Aussehen und Flugbahn untypisch – eine Leuchtkugel fliegt keine Kurven, sondern eine ballistische Parabel. Wie beim Montafon-Foto liegt die Farbtemperatur im gelblichen Bereich und wird beim Aufleuchten weißer.

Während einer Urlaubsreise fuhr der Referent am 16. September 2003 auf eine Felduntersuchung nach Zwoenitz zu Familie Fuchs. Sozial ergab sich dabei kein Anlass, an der berichteten Fallgeschichte zu zweifeln. Eine Winkelbestimmung der Bahnlänge ergab 20-25 Grad, damit eine Winkelgeschwindigkeit des Objektes von mindestens 10 Grad pro Sekunde. Bei einer angenommenen Entfernung von 100 m wären das 65 kmh.

Ein Lokalreporter fand heraus, dass um 18.45 Sommerzeit die Rettungszentrale Chemnitz einen falschen Feualarm von einem Gartencenter 1,7 km von der Kameraposition erhalten hatte. Wegen 2-3 Minuten Zeitunsicherheit der Computerzeit gegenüber der aktuellen Ortzeit war das praktisch gleichzeitig. Auf Befragung sagte ein Feuerwehrmann, Fehlalarme durch Überspannungen im Netz kämen immer wieder vor.

Gerhard Diendorfer, ALDIS Wien, fand im fraglichen Zeitintervall 18.40 bis 18.50 Uhr Sommerzeit 13 Blitzregistrierungen in einem 20 km-Radius. Zwei negative Wolke-Erde-Blitze mit 12.000 und 15.000 Ampere kurz nach 18.46 Uhr waren mögliche Kandidaten für lokale Netzüberspannung. Alfred Gaiswinkler, pensionierter BEWAG-Direktor, erkundigte sich in der Vattenfall-Zentrale nach möglicher Überspannung im Hochspannungsnetz. Eine solche kam im fraglichen Zeitfenster nicht vor.

Blieb noch die kritische Überprüfung des Webcam-Videos hinsichtlich einer möglichen Fälschung, also einkopierten Daten. Dies erledigten Schrattenecker und Baumegger, zwei Videoprofis der Fachhochschule Salzburg. Sie analysierten das Zwönitz-Video mit Premiere Pro und Photoshop 7.0. Durch Einzelbildanalyse fanden sie das hier schon referierte Framedropping, also Bildverluste von 25 fps Aufnahme zu 15 fps Speicherung. Um mögliche Einkopierungen zu entdecken, verwendeten sie eine Bildkontrastanalyse. Bei 8 Bildern untersuchten sie vergrößerte Randpixel zwischen Objekt und Umgebung in Photoshop 7.0

auf Farbwertdifferenzen, wie sie beim Einkopieren von Fremdmaterial entstehen. Es wurden keine gefunden. Auch ein Trickverdacht durch mehrfache MPEG-Encodierung, um Bearbeitungsspuren „auszubügeln“, war technisch nicht zu erhärten. Kommentar der Videoprofis: „Wenn die zwei das wirklich gefälscht haben, sollte man sie sofort in Hollywood anstellen.“ Für einen Artikel im Journal of Meteorology bestätigten Schrattenecker und Baumegger die sehr wahrscheinliche Authentizität des Zwönitz-Videos.

Die Stärke des Zwönitz-Falles ist, dass die technischen Aufnahmebedingungen des .avi-Films gut bekannt sind. Weitere Interpretationen zum Fallmaterial können nicht vom „grünen Tisch“ der Theoretiker kommen, sondern durch empirische Überprüfungen, bei denen mögliche Erklärungshypothesen unter identischen Aufnahmebedingungen getestet werden. Handelt es sich beim Zwönitz-Objekt wirklich um einen KBL, dann gibt es einen 2 Sekunden-Datensatz seiner Flugbahn.

Das Quito-Video (Keul et al. 2013)

Monte Akira ist ein Wohnungsprojekt der Stadtentwicklungsregion Yanazarapata mit 18 Häusern auf 2.530 m Seehöhe in San Juan Alto, Cumbayá, nahe Quito, der Hauptstadt von Ecuador. Während der Bauphase bewachten zwei lokale Sicherheitsleute in Postenhäuschen die Einfahrt zu dieser Gated Community. Am Nachmittag des 27. März 2012 verschlechterte sich das Wetter und es kam zu heftigem Regen mit Hagel, Blitz und Donner. Um 15.11 Uhr Lokalzeit wollte einer der beiden Sicherheitsleute mit der Videokamera seines Nokia E71 Mobiltelefons Blitze aufnehmen. Kurz nachdem er seine wacklige Aufnahme von Hand gestartet hatte, schoß von links eine leuchtende Kugel horizontal ins Bild, bewegte sich über den Fahrweg in Richtung auf Vegetation, hielt dort an, flog dann eine Kurve und verschwand mit hoher Geschwindigkeit nach rechts aus dem Bild. Einige Tage später zeigten die Sicherheitsleute, lokale Indios, ihr seltsames Video dem Aufsicht führenden Bautechniker und Manager Walter Aldaz, der die mögliche Bedeutung der Aufnahme erkannte und im Internet recherchierte. Er ließ sich das mp4-Video auf seinen Computer überspielen und sandte es am 10. April an Karl D. Stephan, einen Physiker in Texas, der seinerseits den Referenten verständigte. Es wurde beschlossen, eine Fernuntersuchung des Falls durchzuführen. Walter Aldaz sandte uns Fotos vom Aufnahmeort und Vermessungsangaben. Am 27. März 2012 meldete der Flughafen Quito (SEQU) zwischen 14 und 15 Uhr Ortszeit ein heftiges Gewitter. Es regnete und hagelte zeitweise bis 17.30 Uhr; ein weiteres Gewitter

wurde um 16 Uhr notiert. Die Temperatur fiel von 18 auf 10 Grad. Quito, fast in Äquatorlage, hat ein subtropisches Hochlandklima mit „ganzjährigem Frühling“ und viel Niederschlag.

An der Beobachtungsstelle, dem Monte Akira-Eingangsbereich, stehen die zwei Wächterhäuschen auf Schotter, nahe einer betonierten Straße. Die Energieleitungen sind ein südamerikanisches Bündel – ganz oben eine 13.000 Volt Ortsleitung, dann zwei 120 V-Phasen, ein Nulleiter, eine Leitung für die Beleuchtung und Telefonkabel. Zwei solche Mehrfachleitungen kreuzen sich über der Beobachtungsstelle. Vor der Videoaufnahme sah der Wächter einen Wolke-Erde-Blitz östlich hinter der Wohnhausanlage. Auf dem 69 Sekunden langen mp4-Video ist kein Blitz zu sehen und auf der Tonspur kein Donner zu hören, wohl aber das Prasseln eines tropischen Regens.

Die Videoaufnahme wurde, wie berichtet, mit einem Nokia E71 Handy durchgeführt. Das Video hat QVGA-Auflösung (320x240), eine Bildrate von 15 pro Sekunde und eine Stereo-Tonspur. Im Film erscheint das helle Objekt zwischen Sekunde 6 und 8. Die Episode dauert, in Einzelbilder zerlegt, 28 Bilder, also bei 15 fps weniger als zwei Sekunden bzw. 1 Bild pro 66,7 Millisekunden. Eine erste grobe Abschätzung der Bewegung des Objektes durch Karl Stephan lieferte 10m/sec bei der Bewegung von links nach rechts, dann fast Stillstand und etwa 50m/sec beim raschen Abflug nach rechts. Die grobe Bildauflösung (halb so hoch wie auf dem Video von Zwönitz) sowie die Störungen durch den starken Regenguß erschweren eine Größenschätzung. Stephan schätzt sie zu Beginn auf etwa 30 cm, später nur mehr 20 cm und vor Abflug nur mehr knapp über 10 cm. Farbumkehr im Photoshop und vom Referenten hergestellte Äquidensiten zeigen, dass die Lichtquelle nicht exakt rund, sondern eher oval war. Sie erscheint als heller Kern mit einem schwächeren Halo. Weitere Überlegungen und Tests mit einem Nokia E71-Handy sind im Gange. Sie sollten klären, welche optische Auflösung die Handykamera hat und welche Details auf dem Film daher real und welche eher Artefakte durch mangelhafte Auflösung sind.

Europäische und internationale Kugelblitz-Statistik

Brand (1923) veröffentlichte vor 90 Jahren die erste europäische Kugelblitz-Monographie und sammelte und analysierte darin 215 Fälle aus wissenschaftlichen Zeitschriften, und zwar aus 19 europäischen Ländern und einige aus Übersee. Was läßt sich heute über publizierte europäische Fälle später sagen? Ergebnisse dazu besprechen Keul und Schwarzenbacher (1989), Keul und Stummer (2002), Keul (2005, 2008a) u.a..

Eine KBL-Umfrage des Referenten in 21 europäischen Ländern (Keul 2005) zeigte, dass Wetterdienste in 17 Ländern das Phänomen kennen. Von österreichischen Klimabeobachtern gibt es sogar offizielle Berichte. Inoffizielle Meldungen des Personals stammen aus Österreich, Finnland und Schweden. KBL-Berichte von Polizei und Medien sowie Laienberichte aus der Öffentlichkeit werden in 15 der 21 Länder genannt. KBL-Falldokumentationen existieren in 14 der 21 Länder. Veröffentlichungen dazu gibt es in 10 der 21 Länder.

Publizierte europäische KBL-Fallsammlungen mit jeweils über 200 Berichten existieren in Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, Ungarn und Russland (Keul 2005). So gibt es französische Datenbanken von Hubert (1996) und Piccoli (2011), italienische von Toselli (1999) und Carbognani (2006), eine ungarische von Egely (1987). Datenbanken der Ex-UdSSR enthalten über 3.000 dokumentierte Fälle (Stakhanov 1979, Smirnov 1993), auch aus Asien.

Welcher phänomenologische und quantitative Datenvergleich ist möglich? Mit über 4.000 Fällen ist die eurasische Datenbank die derzeit größte. Der Referent stellte einen Vergleich von sechs nationalen Datensets nach 22 wichtigen Variablen an (Keul 2008a). Einige von ihnen (Jahr, Gewitter, Dauer, Form, Entfernung, Größe, Farbe, Details) sind aus allen Datenbanken bekannt; andere (besonders zeugenbezogene Daten wie Geschlecht, Alter, Beruf, Reaktion, Anzahl der Beobachter) nur für das deutschsprachige und französische Gebiet verfügbar.

Beobachtungsalter: Deutschsprachige Beobachtungen kamen zu 30 bis 70% von Kindern oder Schülern.

Die emotionale Reaktion auf die Beobachtung war in Deutschland und Österreich ähnlich - etwa die Hälfte interessiert, die Hälfte erschrocken.

Personenanzahl: 40-50% deutschsprachige Beobachter waren allein, in Frankreich dagegen hatten 60% der Fälle zwei oder mehr Beobachter.

Jahre: Die meisten KBL-Datenbanken beginnen um 1900 und enden vor 2000. Häufigste Jahre waren in vier Datenbanken die 50er und 60er-Jahre des 20. Jahrhunderts.

Monate: Alle Dateien außer Italien zeigen ein deutliches Sommer-Maximum mit 60 bis 80% der Fälle. Der Sommer-Gipfel ist steil in Deutschland, Österreich und der Ex-UdSSR und flacher in Italien und Ungarn.

Tageszeit: In vier Datenbanken folgt der KBL dem Gewittermaximum am Nachmittag (zwischen 12 und 18 Uhr). In Italien wurden auch 30% späte Ereignisse (18-21 Uhr) aufgezeichnet.

Auftreten bei Gewitter: Ein typisches Muster für 50 bis 80% der Fälle. Aber 6 bis 20% passieren auch außerhalb von Gewittern, in Italien fast 40%.

In den deutschsprachigen Ländern berichten ungefähr 60% von gleichzeitigem Niederschlag und 20 bis 40% von einem gleichzeitigen Wolke-Erde-Blitz. Aber eine größere Anzahl (25-60%) hat keine Verbindung mit Blitzen.

Objektanzahl: In Deutschland und Österreich sind über 90% der KBL einzelne Objekte.

Die Daten zur Dauer sind ähnlich: 40-80% liegen innerhalb 1-5 Sekunden; die meisten Fälle dauern nicht länger als 20 Sekunden.

Form: 80 bis 90% berichten von kreisförmigen bzw. runden Objekten.

Entfernung: Die Entfernung Objekt-Beobachter beträgt für 50-70% der Fälle weniger als 5 Meter, also in großer Nähe. 70-80% liegen innerhalb 20 m.

Größe: Die Größenkategorie hat Mittelwert und Median im Intervall 10-50 cm. 60 bis 80% der Objekte ist kleiner als 30 cm, also unter Fußballgröße.

Deutschsprachige Länder berichten zu über 75% eine scharf abgegrenzte KBL-Oberfläche.

Farbdaten aus allen sechs Datenbanken haben ihr Maximum in der roten Region des sichtbaren Spektrums (50-75%). Typische berichtete Farben sind gelb, rot und weiß.

Helligkeit: Sie wird in 55-90% der Fälle als nicht blendend beschrieben. Etwa 10-25% sind aber (in Hentschel's deutscher Sammlung sogar 44%) blendend, was sie in die Nähe von Lichtbögen bei Kurzschluss bringt, besonders bei weiß-blauer Farbe.

Bewegung: Typische primäre Bewegung im deutschsprachigen Raum wie der Ex-UdSSR ist horizontal mit 50-75% der Fälle. Andere Bewegungen führen abwärts, sind komplex, stationär oder selten aufwärts. Über Sekundärbewegungen wie Hüpfen wird berichtet.

Ort: Alle sechs Datenbanken unterscheiden Beobachtungen im Gebäudeinneren und draußen – der typische Innen-Prozentsatz liegt bei 35 Prozent, weniger in Ungarn, bis zu 50% in der Ex-UdSSR.

Rückstände: Sie werden in 20-30% der Fälle erwähnt, in Frankreich sogar bei 43%.

Geräusch: Ist mit 15-20% weniger häufig, Geruch ist noch seltener mit 7-15%.

Explosion zu Beobachtungsende wird bei 30-50% der KBL berichtet; in Frankreich nur von 13%.

Insgesamt zeigen also sechs nationale KBL-Dateien zu allen Parametern mehr Ähnlichkeiten als Unterschiede. Obwohl die Daten von bis zu 3.000 km entfernten Orten mit sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen stammen, bilden grundlegende Merkmale wie Auftreten bei Gewitter, Entfernung vom Beobachter, Größe, Farbe und Helligkeit gemeinsame Cluster. Eines von drei KBL-Ereignissen passiert im Gebäudeinneren. Bis zu 60% der Objekte enden explosiv.

Weitere internationale Datensätze stammen aus den USA (513 McNally 1966) und Japan (2.060 Ohtsuki & Ofuruton 1989). Leider haben die Japaner zwar emsig gesammelt, aber kaum Ergebnisse veröffentlicht. In den USA standen 85% der KBL-Fälle im Zusammenhang mit Gewittern – in Europa lag der Prozentsatz höher. Die häufigsten US-Werte für Beobachtungsdauer (1-4 Sekunden) und Größe (13-40 cm) sind Europa ähnlich. Auch das US-Farbmaximum im rotgelben Bereich (38%) ist vergleichbar. In den USA macht "sudden decay", plötzlicher Zerfall, 74% der Fälle aus, in Europa explodieren bis zu 60%.

90 Jahre nach Oberstudienrat Walther Brand (1923) sitzen wir vor 4.420 Fällen statt 215, aber mit teilweise zweifelhafter Datenqualität, während Brands Fälle aus wissenschaftlichen Zeitschriften stammten und er die Fallzahl noch von 600 auf 215 reduzierte. Weitere Analyseschritte sollten sich neben dem dringenden Problem der Datenqualität um Cluster von Eigenschaften kümmern, etwa das gleichzeitige Auftreten von „blendend“, „Metallkontakt“ und „blauweiß“, was für Kurzschluss-Lichtbögen spricht. Außerdem sollte man stärker als bisher Geografische Informationssysteme verwenden, also Fälle georeferenziert auf topografische und klimatologische Karten setzen. Erste Versuche wurden vom Referenten für Österreich und für einen Datenbestand aus den USA unternommen.

Hindernisse und Chancen für eine wissenschaftliche Lösung

Nach vier Jahrhunderten mit KBL-Berichten wirkt jede öffentliche Kontroverse über die bloße Existenz von Kugelblitzen mittelalterlich und erinnert an die Zeit vor der Aufklärung. KBL-Falldaten sind für die Natur- und Sozialwissenschaften verständlich und eine Anzahl gut dokumentierter Fälle sind international bekannt.

Erkenntnistheoretische Schwierigkeiten bleiben a) die kurze Ereignisdauer, (b) die zufällige Beobachtung, (c) unterlassene Berichte über Beobachtungen, also das Dunkelfeld, (d) emotionale Interpretation und subjektiver Beobachtungsrahmen, sowie e) eine große Anzahl von physikalischen Objekten und Effekten, die unter Nicht-Laboratoriumsbedingungen

interagieren. Was notwendig gebraucht wird, sind nicht neue spekulative Theorien, sondern mehr Feldforschung, insbesondere zu materiellen Spuren und zu Foto-/Videofällen, mit dem Ziel, Orte und Bedingungen als "hot spots" zu identifizieren, an denen das Phänomen häufiger erscheint und für instrumentelle Aufzeichnungen erreichbar wird. Erst nach einer Reihe hochwertiger Aufzeichnungen können Laborprojekte versuchen, diese Natureffekte physikalisch zu reproduzieren.

Entgegen verbreiteten Laienängsten ist der KBL keineswegs tödlich und vergeht in den meisten Fällen ohne materielle Auswirkungen. Infolgedessen entstand bisher kein besonderer Druck auf die Sicherheits- und Versicherungsindustrie, Geldmittel in eine wissenschaftliche Untersuchung zu investieren. Als Konsequenz sind KBL-interessierte Wissenschaftler Teilzeitforscher und werden dabei kaum bis gar nicht finanziert. Investitionen in die KBL-Forschung sind zwar Grundlagenforschung, können aber zu interessanten Nebenprodukten und Anwendungen führen.

Vladimir L.Bychkov, der ICBL-Vizepräsident, bemerkte 2012, dass weiterer Fortschritt zu erzielen sei, wenn man die Interaktion von KBLen mit natürlichen Materialien (Metall, Sand, Glas) genau betrachtete, wobei sich KBL-Modelle von reinem Plasma zu einer Verbrennung fester Stoffe in Plasma verlagern sollten.

Um zuverlässigere Daten zu gewinnen, sollte die Feldforschung internationalisiert, durch Trainings verfeinert und kritisch evaluiert werden. KBL-Forschung braucht mehr interdisziplinäre Zusammenarbeit, etwa mit Historikern, Kulturgeographen, Forensischen Meteorologen. 2012 wurde der KBL als neuer Ereignistyp in die ESWD, die größte europäische Datenbank für Sturmereignisse (Severe weather), aufgenommen (European Severe Weather Database; Holzer et al. 2011).

Der Referent dankt zahlreichen Beobachtern und Forschern. Anton Pühringer, Axel Wittmann und Karl-Heinz Hentschel leisteten Pionierarbeit in Österreich und Deutschland. Österreichische Fälle wurden unter Mithilfe von Michael Karrer und Oliver Stummer untersucht. Die freundliche Kooperation von Gerhard Diendorfer, ALDIS, Michael Staudinger und Otto Svabik, ZAMG Wien, und Alois M.Holzer, ORF und ESSL, wird sehr geschätzt. Internationale Kontakte mit Boris M.Smirnov und Vladimir Bychkov, Russland, Yoshi-Hiko Ohtsuki, Japan, dem inzwischen verstorbenen Stanley Singer und Karl D.Stephan, USA, Gerard Berger, Frankreich und Robert K.Doe, Großbritannien, halfen, europäische Daten in

die richtige Perspektive zu setzen. Ein Buchprojekt von Katrin und Niki Pfeifer regte 2012 zur Reflexion über den neuesten Stand der Forschung an. Der Referent dankt Prof. Peter Mulacz für die freundliche Vortragseinladung.

Literaturverzeichnis:

- Abrahamson, J. and Dinniss, J.: Ball lightning caused by oxidation of nanoparticle networks from normal lightning strikes on soil. *Nature* 403 2000, 519-521.
- Arago, F.: Sur le tonnerre. *Annuaire au roi par le bureau des longitudes, Notices scientifiques*, 1838.
- Barry, J.D.: *Ball lightning and bead lightning*. New York: Plenum, 1980.
- Bergstrom, A. and Campbell, S.: The Ashford "ball lightning" video film explained. *The Journal of Meteorology*, 1991, 185-190.
- Brand, W.: *Der Kugelblitz*. Hamburg: Henri Grand, 1923.
- Brand, W.: *Der Kugelblitz* (reprint). Remagen-Oberwinter: Kessel, 2010.
- Brown, R. and Kulik, J.: Flashbulb memories. *Cognition*, 5 1977, 73-79.
- Bychkov, V.L.: Personal communication on the BL state-of-the-art. February 8, 2012.
- Bychkov, V.L., Nikitin, A.I. & Dijkhuis, G.C.: Ball lightning investigations. In Bychkov, V.L., Golubkov, G.V. & Nikitin, A.I. (Eds.): *The atmosphere and ionosphere. Physics of earth and space environments*. Dordrecht: Springer, 2010, 201-373.
- Carbognani, A.: The nature of ball lightning in Italy. *The Journal of Meteorology*, 31 2006, 307-315.
- Carmichael, L.C., Hogan, H.P. and Walter, A.A.: An experimental study of the effect of language on the reproduction of visually perceived form. *Journal of Experimental Psychology*, 15 1932, 73-86.
- Craik, K.J.W.: *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dikhtyar, V. and Jerby, E.: Fireball ejection from a molten hot spot to air by localized microwaves. *Physical Review Letters*, 96 2006, 045002-1 – 045002-4.
- Doe, R.K.: *Ball Lightning: the illusive force of nature*. In Pfeifer, K. and N. (Eds.): *Forces of nature and cultural responses*. Dordrecht: Springer, 2012, 7-26.
- Doe, R.K. and Keul, A.G.: Ball lightning risk to aircraft. EGU2009 Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-0, NH1.7/AS4.4 Lightning and its Atmospheric Effects, 2009.
- Doe, R.K., Keul, A.G. and Bychkov, V.: An analysis of ball lightning-aircraft incidents. Poster AGU American Geophysical Union Fall Meeting 2009, San Francisco, CA, December 14-18, 2009.
- Egely, G.: *Hungarian ball lightning observations*. Budapest: Central Research Institute for Physics, Hungarian Academy of Sciences, 1987.
- Emelin, S.E., Semenov, V.S., Bychkov, V.L., Belisheva, N.K. and Korshyk, A.P.: Some objects formed in the interaction of electrical discharges with metals and polymers. *Technical Physics*, 42 1997, 269-277.
- Furnham, A.: *Lay theories*. Oxford: Pergamon Press, 1988.
- Gentner, D. and Stevens, A.L.: *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1983.
- Hill, J.D., Uman, M.A., Stapleton, M., Jordan, D.M., Chebaro, A.M. and Biagi, C.J.: Attempts to create ball lightning with triggered lightning. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 72 2010, 913-925.
- Holzer, A.M., Groenemeijer P., Dotzek N., Feuerstein B., Krennert T., Kühne T., Liang Z. and Haeseler S.: New event types for the European Severe Weather Database (ESWD). Poster, 6th European Conference on Severe Storms (ECSS 2011), 3 - 7 October 2011, Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain, 2011.
- Hubert, P.: *Nouvelle enquete sur la foudre en boule - analyse et discussion des resultats*. Rapport PH/SC/96001. Saclay, France: Commissariat a l'Energie Atomique, 1996.
- Kay, H.: Learning and retaining verbal material. *British Journal of Psychology*, 46 1955, 81-100.
- Kebeck, G. and Lohaus, A.: Effect of emotional arousal on free recall of complex material. *Perceptual and Motor Skills*, 63 1986, 461-462.
- Keul, A.G.: *Kugelblitze*. *Naturwissenschaften*, 68, 1981 134-136.
- Keul, A.G.: Possible ball lightning colour photograph from Sankt Gallenkirch, Vorarlberg, Austria. *The Journal of Meteorology*, 17 1992, 73-82.
- Keul, A.G. (Ed.): *Progress in ball lightning research*. Proceedings of the interdisciplinary congress Vizotum, Salzburg, Austria, Sep 20-22. Salzburg: Vizotum, 1993.
- Keul, A.G.: Ball lightning photographs - testing the limits. *Journal of Meteorology*, 21 1996, 82-88.
- Keul, A.G.: A possible ball lightning webcam record from Zwoenitz, Germany. *The Journal of Meteorology*, 29 2004a, 168-173.
- Keul, A.G.: Further results of the Zwoenitz webcam case. *The Journal of Meteorology*, 29 2004b, 176-180.
- Keul, A.G.: European survey on ball lightning. *The Journal of Meteorology*, 30 2005, 99-103.
- Keul, A.G.: European ball lightning statistics. In Karpov, I.V. (Ed.): *AIS-2008 Atmosphere, ionosphere, safety*. Kaliningrad, July 7-12, 2008. Book of abstracts (pp. 111-112). I.Kant University: Kaliningrad, Russia, 2008a.
- Keul, A.G.: Ball lightning borderline conditions: An important piece of information. In I.V.Karpov (Ed.): *AIS-2008 Atmosphere, ionosphere, safety*. Kaliningrad, July 7-12, 2008. Book of abstracts (pp. 112-113). I.Kant University: Kaliningrad, Russia, 2008b.

Keul, A.G.: The Alland ball lightning report. Unpublished research note. August 16, 2011.

Keul, A.G.: The ball lightning controversy: Empirical case studies. In K. & N. Pfeifer (Eds.): Forces of nature and cultural responses. Springer: Dordrecht, 2013, 27-48.

Keul, A.G., Freller, M.M., Himmelbauer, R., Holzer, B. and Isak, B.: Lightning knowledge and folk beliefs in Austria. *Journal of Lightning Research*, 1 2009, 22-29.

Keul, A.G., Gugenbauer, A., and Diendorfer, G.: A ball lightning trace case at Perg, Upper Austria. *The Journal of Meteorology*, 18 1993, 287-294.

Keul, A.G., Hentschel, K.H. and Stummer, O.: German ball lightning data bank results. In Dijkhuis, G.C. (Ed.): Proceedings Ninth International Symposium on Ball Lightning, ISBL-06, 16-19 August 2006, Eindhoven, The Netherlands, 2006.

Keul, A.G., Sauseng, P. and Diendorfer, G.: Ball lightning – an electromagnetic hallucination? *The International Journal of Meteorology*, 33 2008, 89-95.

Keul, A.G. and Schwarzenbacher, K.: Phenomenological and psychological analysis of 150 Austrian ball lightning reports. In Ohtsuki, Y.H. (Ed.): Science of ball lightning. Singapore: World Scientific, 1989, 58-80.

Keul, A.G., Stephan, K.D. and Aldaz, W.: First report on the March 27, 2012, Quito, Ecuador, ball lightning video. *International Journal Unconventional Electromagnetics and Plasmas*, 2013.

Keul, A.G. and Stummer, O.: Comparative analysis of 405 Central European ball lightning cases. *The Journal of Meteorology*, 27 2002, 385-393.

Kuhn, T.S.: The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

Marshall, J., Marquis, K.H. and Oskamp, S.: Effects of kind of question and atmosphere of interrogation on accuracy and completeness of testimony. *Harvard Law Review*, 84 1971, 1620-1643.

Marten, R.: Kugelblitz entfacht Großbrand. *NordKurier Strassburg*, June 11, 2011.

McNally, J.R.: Preliminary report on ball lightning. Oak Ridge National Laboratory No.3938, 1966.

Meaden, G.T.: Preliminary analysis of the video recording of a rotating ball-of-light phenomenon which happened at Ashford, Kent, in England on 10 September 1989. *The Journal of Meteorology*, 15 1990, 128-140.

Ohtsuki, Y.H. and Ofurton, H.: Nature of ball lightning in Japan. In Ohtsuki, Y.H. (Ed.): Science of ball lightning (Fire ball). Tokyo, Japan. 4-6 July 1988. Singapore: World Scientific, 1989, 31-57.

Piccoli, R.: A statistical study of ball lightning events observed between 1994 and 2011. Internet file. Champs sur-Tarentaise: Laboratoire de recherche sur la foudre, 2011.

Piva, G.S., Pavão, A.C., de Vasconcelos, E.A., Mendes, O.Jr. and da Silva, E.F.Jr.: Production of ball-lightninglike luminous balls by electrical discharge in silicon. *Physical Review Letters*, 98 2007, 048501-1 – 048501-4.

Rakov, V.A. and Uman, M.A.: Lightning. Physics and effects. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

Sarason, I.G. and Stoops, R.: Test anxiety and the passage of time. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46 1978, 102-108.

Schrattenecker, R. and Baumegeger, S.: Video analysis of the Zwoenitz webcam data. *The Journal of Meteorology*, 29 2004, 174-176.

Singer, S.: The nature of ball lightning. New York: Plenum, 1971.

Singer, S.: Ball lightning - the scientific effort. *Philosophical Transactions of the Royal Society London A.*, 360 2002, 5-9.

Smirnov, B.M.: Physics of ball lightning. *Physics Reports*, 224 1993, 151-236.

Stakhanov, I. P.: The physical nature of ball lightning. Moscow: Atomizdat, 1979.

Stephan, K.D. and Massey, N.: Burning molten metallic spheres: One class of ball lightning? *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 70 2008, 1589-1596.

Stenhoff, M.: Ball lightning. New York: Kluwer, 1999.

Thottappillil, R.: The physics of lightning flash and its effects. COST P18 proposal. Technical Annex. Uppsala, 2005.

Toselli, P.: BLITA Italian ball lightning database. Poster ISBL-99. 23-25 August 1999. Antwerp, Belgium, 1999.

Turner, D.J.: The fragmented science of ball lightning (with comment). *Philosophical Transactions of the Royal Society London A.*, 360 2002, 107-152.

Wittmann, A.: Gibt es Kugelblitze? *Umschau*, 76 1976, 516-521.

Kurzbiografie: Geboren 1954 in Wien, Matura 1972, 1978 Doktorat Uni Wien Meteorologie, 1985 Doktorat Uni Salzburg Psychologie. Forschung und Lehre Salzburg, TU Wien. KBL-Felduntersuchungen, Datenbank. Seit Japan 1988 bei ICBL-Kongressen, 1993 Organisation KBL-Kongress Vizotum Salzburg, 2000 KBL-Projekt für Aldis, COST 2006-2008, ab 2008 im ICBL-Vorstand, ab 2011 bei ESSL. KBL-Berichte gerne an alexander.keul@sbg.ac.at