

# Eine Widerlegung des EMBLA 2002-Berichts zur optischen Luftraumüberwachung in Hessdalen <sup>1</sup>

MATTEO LEONE <sup>2</sup>

**Zusammenfassung** – Im August 2002 wurde von der Sektion für Physik eines italienischen Wissenschaftlerteams unter dem Codenamen EMBLA eine wissenschaftliche Expedition in das Hessdalen-Tal (Norwegen) mit dem Ziel durchgeführt, eine unidentifizierte atmosphärische Lichterscheinung zu untersuchen. Dem EMBLA 2002-Bericht zufolge gibt es Belege für ein unbekanntes atmosphärisches Lichtphänomen, das „fähig ist, eine Leuchtleistung von bis zu 100 kW zu erzeugen“. In diesem Aufsatz werden die durch das Wissenschaftlerteam gesammelten photometrischen und spektroskopischen Daten reanalysiert und Gründe für die Zurückweisung der vorgeschlagenen Schlussfolgerungen dargelegt. Darüber hinaus wird eine Erklärung vorgeschlagen, welche die vorliegenden Belege im Rahmen eines bekannten Phänomens zufriedenstellend einordnen kann. Trotz dieser negativen Befunde legt das in Hessdalen zusammengetragene anekdotische Material nahe, dass klar umrissene, spezifische Studien zu anomalen atmosphärischen Phänomenen unterstützt werden sollten.

*Schlüsselbegriffe:* unidentifiziertes atmosphärisches Lichtphänomen – UFO – Hessdalen

- 
- Anmerkung der Redaktion:** Vom 17.-19. August 2007 wird die aktuelle Jahrestagung der *Society for Scientific Exploration* (SSE) in Rosos nahe dem Hessdalen-Tal in Norwegen stattfinden. Aus diesem Anlass dokumentieren wir hier in deutschsprachiger Übersetzung einen der mittlerweile klassischen Texte zur Kontroverse um die seit 1981 auftretenden anomalen Lichterscheinungen von Hessdalen. Diese erstmals 2003 in italienischer Sprache publizierte Studie von Matteo Leone (in Englisch: Leone 2003) blieb ihrerseits nicht unwidersprochen (siehe z.B. Teodorani 2004a, 2004b), und die durch sie ausgelöste Kontroverse ist bis heute im Gang und unabgeschlossen (siehe z.B. Leone 2006; Teodorani 2006). Lesern, die nicht nur an der Einschätzung von Leone interessiert sind, sondern sich durch die Hinzuziehung der Veröffentlichungen anderer Autoren ein umfassendes und ausgewogenes Urteil bilden möchten, empfehlen wir die Homepages [www.itacomm.net/PH/](http://www.itacomm.net/PH/) und [www.hessdalen.org](http://www.hessdalen.org), wo zahlreiche Studien zu den Hessdalen-Phänomenen zusammengestellt sind. Der vorliegende Text wurde von Ingbert Jüdt unter Mithilfe von Thorsten Siebenborn aus dem Englischen übersetzt und dabei geringfügig überarbeitet. Wir danken Matteo Leone für die Übersetzungs- und Abdruckerelaubnis.
  - Dr. Matteo Leone ist Physiker an der Universität Bari in Italien und wissenschaftlicher Berater des Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen (CIPH). Seminario di Storia della Scienza, University of Bari, Piazza Umberto I, 1, I-70121 Bari, Italien. E-Mail: [matteo.leone@usa.net](mailto:matteo.leone@usa.net).

### **A rebuttal of the EMBLA 2002 report on the optical survey in Hessdalen**

**Abstract** – In August 2002 a scientific expedition to the Hessdalen valley (Norway) was carried out by the physics section of an Italian team of scientists, code-named EMBLA. It aimed at investigating an unidentified atmospheric light-phenomenon. According to the EMBLA 2002 report, there was evidence for an unknown atmospheric light phenomenon “able to produce a luminous power of up to 100 kW”. In this paper the photometrical and spectroscopical data collected by the team of scientists are reanalysed and reasons for rejecting the suggested conclusions are presented. Furthermore, an explanation is proposed that satisfactorily explains the evidence in terms of a known phenomenon. In spite of these negative findings, the anecdotal evidence collected in Hessdalen suggests that clearly-defined, specific studies into the field of anomalous aerial phenomena should be supported.

*Keywords:* unidentified atmospheric light-phenomenon – UFO – Hessdalen

### ***Einleitung***

Hessdalen ist ein sich über 12 Kilometer erstreckendes, dünn besiedeltes Tal in Zentralnorwegen, südöstlich von Trondheim und nahe der schwedischen Grenze (Bygdekatalog 2000; Dalsbygda 1992; Haltdalen 1995). Seit November 1981 wurde von den Bewohnern des Tals eine Serie nicht identifizierter Leuchterscheinungen berichtet. Den Sichtungsberichten zufolge wurden schwebende oder sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegende Lichter beobachtet.

„Diese Lichter konnten überall sein. Manchmal wurden sie als knapp über den Hausdächern oder dem Boden befindlich gemeldet. Manchmal konnten sie hoch oben in der Luft sein. Meistens wurden sie unterhalb der Spitzen der nahe gelegenen Berge gemeldet. Niemand hatte eine Erklärung für die Lichter. Die Lichter schienen bestimmte, unterschiedliche Formen zu haben. Dies zeigte sich auf den Fotos. Sie konnten die Form eines Projektils haben, mit der spitzen Seite nach unten. Sie konnten so rund wie ein Fußball sein. Sie konnten wie ein umgedrehter ‚Weihnachtsbaum‘ sein. Die Farben waren meist weiß oder gelblich-weiß. [...] Die Lichter traten mehrmals am Tag auf, aber meistens während der Abend- und Nachtzeit. [...] Im Winter gab es mehr Lichter, im Sommer wurden so gut wie keine Lichter beobachtet. Ein Grund hierfür könnte sein, dass im Sommer in Hessdalen fast die ganze Nacht hindurch Tageslicht herrscht.“ (Strand 1985)

Nachdem sich keine offizielle Behörde um diese unbekanntes Lichter zu kümmern schien, etablierte im Juni 1983 eine kleine Gruppe aus fünf Mitgliedern unter der Leitung von Leif Havik, Odd-Gunnar Roed, Erling Strand, Håken Ekstrand und Jan Fjellander ein „Projekt Hessdalen“. Diese Gruppe sicherte sich technische Unterstützung durch die Norwegische Organisation für Verteidigungsforschung, die Universitäten von Oslo und die Universität Bergen. Das Projekt umfasste drei Stationen mit Beobachtern und ihren Kameras (einige mit

Beugungsgittern ausgerüstet), ein Spektrometer, ein Infrarotsichtgerät, einen Seismographen, einen Geigerzähler, einen Magnetographen und einen Laser. Die Felduntersuchungen in Hessdalen begannen am 21. Januar 1984 und endeten am 26. Februar 1984 (Strand 1985).

„Lichter, die unterhalb der Gebirgrücken dokumentiert wurden, müssen ihren Ursprung in der Hessdalen-Region haben, aber Lichter, die oberhalb des Kammes dokumentiert wurden, können ihren Ursprung in großer Distanz haben. Ohne Dreieckspeilung oder andere Informationen ist es unmöglich, die Distanzen der Lichter zu bestimmen. Einige der als Lichter beobachteten Ereignisse wurden jedoch auch durch Radar verfolgt. Dem Augenschein nach implizieren die Radarmessungen Geschwindigkeiten von bis zu 30.000 km/h. [...] Während eines viertägigen Zeitraums wurden in zehn Fällen unbekannte Lichter gesichtet, und der Fluxgate-Magnetometer registrierte 21 Pulse, von denen vier mit der Beobachtung von Lichtern zu korrespondieren scheinen und eine Beziehung zwischen einigen der Lichter und den magnetischen Störungen nahelegen. Die Beugungsgitter auf den Kameras sollten spektroskopische Daten ermitteln: die Spektren scheinen kontinuierlich zu sein und enthalten keine Anhaltspunkte für Emissionslinien oder Absorptionslinien“. (Sturrock 1998, 1999).

Das „Projekt Hessdalen“ wurde in den Wintern 1985 und 1986 mit weiteren Felduntersuchungen in dem Gebiet fortgesetzt (Hynek 1985). Die Sichtungsserie endete angeblich im Jahre 1986. Obwohl fotografische, spektrografische und Radardaten gesammelt worden waren, kam das Projekt Hessdalen zu keiner klaren Antwort, und die Untersucher waren unterschiedlicher Ansicht über die Natur des Phänomens. Nach Roed hatten die Lichter wahrscheinlich eine „komplexe“ natürliche Ursache, obwohl sie „intelligent in ihren Bewegungen schienen“. Strand auf der anderen Seite merkte an, „wenn die Lichter natürlichen Ursprungs sind, wäre es seltsam, dass sie über einen Zeitraum von fünf Jahren existieren und ausschließlich in Hessdalen und nirgendwo sonst dokumentiert sind“ (Clark 1998). Weitere Untersuchungen und Feldstudien wurden durch andere private Forscher fortgesetzt. Ein Ergebnis dieser Bemühungen war die Erklärung mehrerer Sichtungen als Fehlwahrnehmungen astronomischer Körper und Flugzeuge (Henke 1987). Andere erwiesen sich als durch Temperaturunterschiede in Luftschichten verursachte Brechung entfernter Lichtquellen (Krogh 1985; Devereux 1989). Nichtsdestotrotz blieb ein „Restbestand“ von „nicht identifizierbaren“ Lichtbeobachtungen übrig (Devereux 1989). Obwohl der zwischen 1982 und 1984 aufgetretene Spitzenwert der Aktivität nicht mehr erreicht wurde, wurden auch in den folgenden Jahren Sichtungen unidentifizierter Lichter berichtet. Angeblich beläuft sich die Sichtungsrate zur Zeit auf etwa 20 Berichte pro Jahr (Sturrock 1998, 1999).

Um sich dieser wissenschaftlichen Anomalie zu stellen, wurde auf Initiative von zwei Assistenzprofessoren an der Østfold-Hochschule (Sarpsborg, Norwegen) – Erling Strand (zuvor Mitbegründer des Hessdalen-Projektes), Institut für Computerwissenschaften, und Bjørn Gitle Hauge, Abteilung für Ingenieurwesen und Naturwissenschaften – in Hessdalen eine permanente automatische Messstation (Automatic Measurement Station, AMS) mit dem Ziel aufgestellt, die Westseite des Tals dauerhaft durch automatische Videokameras zu überwachen (Strand 2002).

Im August 2000 und 2001 führte ein italienisches Forscherteam – Physiker, Ingenieure und Techniker vom CNR-IRA (Nationaler Forschungsrat, Institut für Radioastronomie, Bologna, Italien) – gemeinsam mit den Østfold-Forschern in Hessdalen unter dem Codenamen EMBLA-Projekt eine Messreihe durch, sowohl im optischen als auch im Radiofrequenzbereich (Hauge 2001; Teodorani et al. 2000, 2001).

Da das EMBLA-Team nicht offiziell vom CNR mit dieser Aufgabe beauftragt worden war, bedurfte die Mission einer Quelle finanzieller Unterstützung. Das Problem wurde durch ein im Juli 2000 eigens zu diesem Zweck eingerichtetes ziviles Spendensammlungs-Komitee gelöst. Dieses Komitee ist ein ehrenamtlich arbeitender Verein unter dem Vorsitz von Renzo Cabassi, dessen Ziel die Förderung wissenschaftlicher Studien von Hessdalen-ähnlichen Phänomenen ist (Cabassi 2001; CIPH 2002). Die beiden EMBLA-Missionen der Jahre 2000 und 2001 wurden vollständig durch die CIPH unterstützt und finanziert.

Die radiooptische EMBLA 2000-Mission resümierend schrieben Teodorani et al. (2000), dass „ohne jeden Zweifel unstrukturierte und plasmaähnliche Lichter häufig mit ‚strukturierten Objekten‘ koexistieren“. Die Leiter der optischen EMBLA 2001-Mission gehen darüber hinaus so weit zu schließen: „1. die Leuchterscheinungen sind ein thermisches Plasma; 2. die Lichtkugeln sind keine Einzelobjekte, sondern setzen sich aus vielen kleinen Bestandteilen zusammen, die ab und zu um einen gemeinsamen Schwerpunkt vibrieren; 3. die Lichtkugeln sind in der Lage, kleinere Lichtkugeln auszustoßen; 4. die Lichtkugeln verändern fortlaufend ihre Form; 5. die Zunahme der Helligkeit der Lichtkugeln ist auf eine Vergrößerung der Senderfläche zurückzuführen“ (Teodorani et al. 2001). Während eines Seminars in Hessdalen legte Teodorani (2002) öffentlich dar, dass „die annähernde Kugelform der Plasmoide auf eine Art von Zentralkraft ähnlich der Schwerkraft zurückzuführen ist, welche den Plasmoiden die Form eines ‚Mini-Sterns‘ verleiht. [...] Anhand der Aufzeichnungen besteht kein Zweifel, dass das Phänomen Merkmale von Selbststeuerung bezüglich Energiehaushalt zeigt, und es ist bislang nicht möglich, einen Mechanismus natürlichen Ursprungs anzugeben, der fähig ist, spontan mit einem so überraschenden Wirkungsgrad zu agieren.“

In der Zeit vom 5. bis zum 18. August 2002 wurde in Hessdalen eine dritte EMBLA-Mission durchgeführt. Eines ihrer Resultate ist ein Aufsatz der Autoren Massimo Teodorani und Gloria Nobili mit dem Titel „EMBLA 2002 – An Optical and Ground Survey in Hessdalen“:

„Diesmal bestand die wissenschaftliche Expedition aus zwei Gruppen: einer Gruppe von Ingenieuren und einer Gruppe von Physikern. Die Ingenieurgruppe bestand aus Stelio Montebugnoli, Leiter der Radioastronomiestation der CNR-IRA in Medicina (Bologna, Italien) und seinem Assistenten, Marco Poloni. Die Physikergruppe [bestand aus Massimo Teodorani und Gloria Nobili und] widmete sich hauptsächlich fünf Tätigkeiten: 1. dem Fotografieren der Lichtphänomene, 2. Spektralmessungen der Lichtphänomene, 3. an einigen Orten Messungen der Strahlungsverteilung mit Geigerzählern, 4. dem Sammeln von Bodenproben in der vermuteten Nähe der Lichtphänomene, 5. Vorschläge für biophysikalische Untersuchungen“ (Teodorani & Nobili 2002).

Soweit man es anhand von Teodorani und Nobili „Bodenprobenanalyse“ sagen kann, gibt es keinen Anlass zu der Annahme, dass die entnommene Probe in irgendeinem Zusammenhang mit den Lichterscheinungen steht, die von den Einwohnern Hessdalens gelegentlich gesichtet werden (Teodorani & Nobili 2002, S. 13). Insoweit die vom EMBLA-Physikerteam dokumentierten Daten es dem Autor nicht ermöglichen, die angeblich „sehr nahe Sichtung einer Lichtkugel“ zu überprüfen, wird das Thema der Bodenuntersuchungen hier nicht erörtert.

Anders als frühere Missionen wurde EMBLA 2002 nur teilweise vom CIPH finanziert. Insbesondere die „Physikergruppe“ wurde vom Komitee aufgrund von Meinungsverschiedenheiten zu methodischen Fragen der in den vorangegangenen Jahren abgeschlossenen Datensammlung und -analyse nicht finanziell unterstützt (mit Ausnahme der leihweisen Überlassung eines Übertragungsgitters).

Allerdings erhielt das EMBLA-Ingenieurteam (unter Leitung von Stelio Montebugnoli, dem Direktor und führenden Technologen des CNR) eine Zuwendung des italienischen Komitees: die Feldmessungen mittels eines Pulsradars niedriger Leistung (Montebugnoli et al. 2002) und die Erfahrung des Ingenieurteams verdienen diese Unterstützung.

Im August 2002 wurde der Verfasser dieses Aufsatzes – was Teodorani & Nobili (2002) nicht klarstellen – vom CIPH beauftragt, Sichtsichtsberichte der Talbewohner zu sammeln und die Methodik der in Hessdalen durchgeführten Datensammlung zu evaluieren. Zur selben Zeit wurde Flavio Gori (NASA Inspire Project) mit der Aufzeichnung und Auswertung von Radiosignalen in der VLF-Region mit dem Ziel beauftragt, mögliche Zusammenhänge zwischen Leuchtphänomenen und Radioemissionen zu studieren. Gori und der Verfasser dieses Aufsatzes wurden vom CIPH bei der Erfüllung dieser Zielsetzungen unterstützt und finanziert. Die Felduntersuchungen des CIPH wurden am 1. August 2002 aufgenommen und endeten am 8. August 2002.

### *Argumente für die Hessdalen-Lichter*

Die These von unidentifizierten Luftphänomenen im Hessdalen-Tal beruht auf verschiedenen Arten von Belegen wie Aussagen von Augenzeugen, Fotos und Videos sowie nichtoptischen Instrumentenaufzeichnungen. Da eine umfassende Betrachtung der bislang gesammelten Beweismittel außerhalb der Zielsetzung dieses Aufsatzes liegt, beschränken ich mich auf eine kurze Erörterung:

#### *Aussagen von Augenzeugen*

Obwohl Teodorani und Nobili fest davon überzeugt sind, dass die als „unidentifizierte fliegende Objekte“ bezeichneten Phänomene so schwer fassbar sind, dass eine wissenschaftliche Untersuchung unmöglich ist (z. B. Teodorani & Nobili 2002, S. 16), zeigen die Fallstudien der

von der Universität von Colorado im Auftrag der US-Luftwaffe durchgeführten „Scientific Study of Unidentified Flying Objects“, dass das Gegenteil der Fall ist und die Sichtungen unidentifizierter Phänomene durch Augenzeugen der wissenschaftlichen Forschung zugänglich sind (Condon & Gillmor 1969).

In Bezug auf das, was wissenschaftliche Beweismittel ausmacht, bemerkte der MIT-Physiker Philip Morrison während eines von der *American Association for the Advancement of Science* geförderten Symposions, dass die „Abwesenheit von Menschen in der Indizienkette kein Kriterium für eine gute Beweislage ist“ (Morrison 1969). Wenngleich er einräumte, dass es solche Kriterien gibt, fügte er hinzu, dass „unter dem Gesichtspunkt des Schlussfolgerns aus Ereignissen ein Zeuge einfach ein besonders feines und komplexes Beobachtungsinstrument ist“.

Berichte über unidentifizierte fliegende Objekte stellten über Jahrzehnte hinweg nachweislich ein wissenschaftliches Problem dar. Eine Reihe von Astronomen und Physikern haben die wissenschaftliche Gemeinschaft damit vertraut gemacht, unter ihnen der Astronom und frühere Berater des „Project Blue Book“ der US-Luftwaffe J. A. Hynek (1969, 1972), der Astrophysiker und Computerwissenschaftler J. F. Vallée (1965, 1966), der Atmosphärenphysiker J. E. McDonald (1967, 1969) sowie die CNES-Ingenieure C. Poher und A. Esterle (CNES 1979 - 1983). Dieses Problem hat sowohl mit Psychologie als auch mit Physik zu tun.

Zur der psychologischen Seite ist wohlbekannt, dass bei Augenzeugenberichten Probleme auftreten hinsichtlich der Wahrnehmung von Ereignissen, dem Bewahren von Informationen im bzw. dem Abrufen von Informationen aus dem Gedächtnis (Loftus 1979). Jedoch sind einige Erscheinungen von potentiell wissenschaftlichen Interesse – wie vorübergehende Leuchtphänomene in der unteren Atmosphäre – in ihrem Auftreten so unvorhersagbar, dass die einzigen Beweisquellen spontan beobachtende Zeugen sind (Corliss 1982). Von mehreren Psychologen mit einem anhaltenden Interesse an den methodologischen Problemen des Studiums von Berichten über unidentifizierte fliegende Objekte wurden spezielle Techniken mit dem Ziel entwickelt, spontane menschliche Beobachter als Quelle wissenschaftlicher Daten zu nutzen (Shepard 1968, 1979; Haines 1976, 1979, 1980).

Während der Vor-Ort-Untersuchungen im Hessdalen-Tal im August 2002 haben der Verfasser dieses Aufsatzes und Flavio Gori von mehreren Talbewohnern bezeugte Sichtungen unidentifizierter Lichter und Objekte gesammelt. Während die vom Autor bislang zusammengetragene Sammlung von anekdotischem Beweismaterial nicht auf eine spezifische Konstante im angeblichen „Hessdalen-Phänomen“ insgesamt hindeutet, entziehen sich einige Augenzeugenberichte von Hessdalen-Einwohnern gleichwohl einer konventionellen Erklärung und erfordern weitere, tiefer gehende Untersuchungen. Um sich des von E. J. Ruppelt, dem ehemaligen Leiter des „Project Blue Book“ der US-Luftwaffe, geprägten Akronyms zu bedienen: es handelt sich bei den dokumentierten Phänomenen um UFOs im buchstäblichen

Sinne, d. h. um Unidentifizierte Fliegende Objekte (Ruppelt 1956).<sup>3</sup> Obwohl die meisten Sichtungen von Lichtern in Hessdalen durch leicht erkennbare, konventionelle Stimuli verursacht wurden, bleiben einige wenige unerklärte Sichtungen übrig.

*Automatische Messstationen (Automatic Measurement Stations, AMS)*

Vom 30. September bis zum 3. Oktober 1997 wurde am Pocantico Conference Center in Tarrytown, New York, ein Arbeitstreffen abgehalten, bei dem ein aus neun Wissenschaftlern unterschiedlicher Fach- und Interessensgebiete bestehender wissenschaftlicher Ausschuss mit mehreren Untersuchern von Berichten über unidentifizierte fliegende Objekte zusammentraf (Sturrock 1998, 1999). Die Zielsetzung dieses viertägigen Arbeitstreffens war die Prüfung von vorgeblichem, mit UFO-Berichten zusammenhängendem physikalischem Beweismaterial, in der Absicht, eine Einschätzung zu treffen, ob die weitere Beschaffung und Untersuchung solchen Beweismaterials für die Lösung des UFO-Problems hilfreich wäre, nämlich zu einer Bestimmung des Grundes oder der Gründe solcher Berichte gelangen zu können. Der Ausschuss kam zu dem Schluss, dass „es insofern wertvoll wäre, UFO-Berichte sorgfältig auszuwerten, weil immer dann, wenn es zu unerklärten Beobachtungen kommt, die Möglichkeit besteht, dass Wissenschaftler durch das Studium dieser Beobachtungen etwas Neues lernen“ (Sturrock 1998, 1999). Während des Treffens hielt Erling Strand einen zusätzlichen Vortrag über die Untersuchung der wiederkehrenden Phänomene im Hessdalen-Tal. Als Ergebnis dieses Vortrags schloss der Ausschuss, dass

„es verdienstvoll wäre, eine nicht allzu komplizierte Gruppe von Instrumenten zu entwerfen und aufzustellen. Diese sollte entsprechend eines strengen Protokolls in Gebieten betrieben werden, in denen die Wahrscheinlichkeit für bedeutsame Sichtungen ziemlich hoch erscheint. Es wird empfohlen, dass in einem ersten Schritt zwei separate Videorecorder mit identischen Weitwinkelobjektiven ausgerüstet und auf zwei entfernt stehende Stative installiert werden, um die Chance zu reduzieren, dass von den Videorecordern entdeckte, scheinbare Bewegungen auf Handbewegungen des Bediener oder auf Bodenvibrationen zurückzuführen sind. Es wäre ebenfalls nützlich, zwei identische Kameras aufzustellen, von denen eine mit einem Beugungsgitter ausgerüstet wird. Die bisherige Erfahrung in Hessdalen zeigt jedoch, dass ein Beugungsgitter zur Gewinnung spektroskopischer Informationen möglicherweise nicht ausreichend ist. In Anbetracht der großen Bedeutung spektroskopischer Daten wäre die Entwicklung und Aufstellung spezieller Ausrüstung für die Gewinnung hochauflösender spektroskopischer Daten aus vorübergehenden, beweglichen Quellen sehr

---

3 „In vielen Fällen wurde eindeutig nachgewiesen, dass Menschen Ballons, Flugzeuge, Sterne und viele andere gewöhnliche Objekte als UFOs gemeldet haben. Die Leute, die solche Meldungen machen, erkennen diese gewöhnlichen Objekte nicht, weil etwas in ihrer Umgebung vorübergehend ein unvertrautes Aussehen annimmt. [...] Zur Identifikation eines UFOs gründete das Projekt seine Arbeitsweise auf eine wohlbekannt psychologische Annahme. Diese Annahme lautet, dass, um eine Reaktion eines Sinnesorgans zu bewirken, ein Stimulus vorhanden sein muss. Wenn Sie denken, Sie hätten ein UFO gesehen, müssen Sie irgendetwas gesehen haben. Reine Halluzinationen sind außerordentlich selten“ (Ruppelt 1956, S. 15, 17).

wünschenswert. Dies könnte ein nichttriviales Problem darstellen“ (Sturrock 1998, 1999).

Im Anschluss an das Pocantico-Arbeitstreffen wurde in Hessdalen eine automatische Messstation errichtet. Wie in der Einleitung dargestellt, wurde diese Station von Erling Strand und Bjørn Gitle Hauge an der Østfold-Hochschule entwickelt und vorbereitet, welche die gegenwärtige Basis des Hessdalen-Projekts ist. Diese Station umfasst eine Weitwinkel-Schwarzweißkamera im sichtbaren Bereich mit CCD (der Ausgang der CCD-Kamera wird automatisch in einen Rechner eingespeist, der einen Videorecorder auslöst) und einen Satz von zwei CCD-Farbkameras zur Dreieckspeilung des Phänomens (Strand 2002). Sobald sich ein plötzliches Licht im Sichtfeld der CCD-Kamera zeigt, wird ein Alarmbild an die Website des Projekts Hessdalen gesendet und der Videorecorder wird gestartet und läuft 15 Sekunden lang. Obwohl die große Mehrzahl der Alarme auf leicht zu identifizierende Lichtquellen zurückzuführen sind, bleiben ein paar optische Stimuli unerklärt und verdienen weitere Beachtung (Strand 2002).

Diese Systeme sind ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer vollständigen Umsetzung der Empfehlungen des Pocantico-Arbeitstreffens. Die Entwicklung einer Spezialausrüstung zur automatischen Gewinnung spektroskopischer Daten von vorübergehenden beweglichen Quellen steht noch aus. Dieses Problem könnte durch einen Import von Methoden und Ausrüstung aus dem Gebiet der „Meteorspektroskopie“ behoben werden (Majden 1998; Majden, Borovicka 1998).

#### *Aufzeichnungen nichtoptischer Geräte*

Während der Hessdalen-Felduntersuchungen des Jahres 1984 wurde eine Anzahl von visuellen „high-strangeness – high-probability“-Sichtungen<sup>4</sup> durch Geräteaufzeichnungen bestärkt (Strand 1985). Am 12. Februar 1984 richteten die Beobachter einen Laserstrahl (633 nm; Energie = 0,4 / 0,76 mW) auf vorbeiziehende Lichter. Bei einer Gesamtzahl von 9 reagierte das Licht in allen Fällen bis auf einen in einer merkwürdigen Weise: den Zeugen zufolge „änderte“ ein sich langsam bewegendes, regelmäßig blinkendes Licht „seine Blinksequenz von einem regelmäßig blinkenden Licht zu einem regelmäßig doppelt blinkenden Licht“ (Strand 1985). Am 27. Februar 1984 wurde ein sich mit 8500 m/s bewegendes helles Licht durch Radar verfolgt. Bei einer anderen Gelegenheit zeigte sich ein unter ständiger visueller Beobachtung stehendes unidentifiziertes Licht auf dem Radar nur bei jedem zweiten Umlauf der Radarschüssel. „Aber in den meisten Fällen – 33 insgesamt – konnte weder das Auge noch die Kamera etwas sehen, wenn das Radar etwas zeigte“ (Clark 1998). Hin und wieder wurden von den Beobachtern innerhalb der Radarreichweite „nadel-ähnliche Signale“ entdeckt, gleichwohl „sahen wir zu derselben Zeit, zu der wir die Lichter sahen, auf dem Spektrometer gar

---

4 Eine operationale Definition von Merkwürdigkeits/Wahrscheinlichkeits-Indizes wurde von Hynel (1972) vorgeschlagen.

nichts“ (Strand 1985).

Bislang sind die meisten der während der EMBLA-Missionen gesammelten nichtoptischen Belege mit dem angeblichen Leuchtphänomen nicht korreliert. Hinsichtlich der „nadelähnlichen“ Signale „konnte kein Leuchtphänomen gemeldet werden, während das Personal die Bildschirme der Radiospektrometer überwachte“ (Teodorani et al. 2000, S. 6). Was die Radaraufzeichnungen betrifft, so wurde 2002 ein unidentifiziertes Echo entdeckt, jedoch „war es unmöglich, irgend etwas an demselben Punkt des Himmels mit Ferngläsern und tragbaren Teleskopen zu sehen“ (Montebugnoli et al. 2002). Andere interessante Beobachtungen innerhalb des Niedrigfrequenzbereichs (VLF) wurden von Gori (2002) durchgeführt. Diese Aufzeichnungen waren ebenfalls nicht mit visuellen Sichtungen korreliert.

### *Optische Luftraumüberwachung im August 2002*

Nach Angabe der Autoren des physikalischen EMBLA 2002-Berichts wurden im August 2002 „mehrere Lichtphänomene ... an verschiedenen Positionen“ des Hessdalen-Tals aufgezeichnet. Obwohl sie „unidentifiziert“ blieben, sind die Berichte über diese Phänomene nicht im EMBLA-Bericht enthalten. Das „bestätigte ‚Hessdalen-Phänomen‘“ wies ein regelmäßiges Verhaltensmuster auf (vgl. Abb. 1):

*„Nur die Bilder eines vom Aspåskjolen-Punkt aus in Richtung Süden gesehenen, blinkenden Lichts wurden als dem Hessdalen-Phänomen zuzuschreibend bestätigt und dementsprechend für eine Analyse in Betracht gezogen: von diesem Typ des Phänomens wurden insgesamt 15 Fotos aufgenommen, wovon 6 für die Analyse verwendet wurden. Das Lichtphänomen wurde an exakt dieser Position beinahe jeden Abend bzw. nachts gesehen, meistens zwischen 10 Uhr abends und Mitternacht. In fast allen Fällen schien sich dieses Licht sehr dicht über dem Boden zu befinden; es blinkte sehr schnell mit einer Pulsrate von weniger als einer halben Sekunde, und die gesamte Erscheinung dauerte von einer bis hin zu 30 Sekunden, meistens 5 Sekunden. Gelegentlich wurde dieses Verhalten mehrfach in einer einzelnen Nacht beobachtet [Herv. v. Verf.]“ (Teodorani, & Nobili, 2002, S. 2 f).*

Es ist interessant, anzumerken, dass nach Teodorani et al. (2000) dieses seltsame „blinkende Licht“ auch in den vorangehenden Jahren häufig gesehen wurde. Im August 2000 wurde dieses Licht als „Typ 1“ klassifiziert (Teodorani et al. 2000, S. 9 f.). Im August 2001

*„war der allergrößte Teil der Ziele auf sehr intensive ›blinkende Lichter‹ zurückzuführen, die überwiegend von Aspåskjolen in Richtung Süden gesichtet wurden. Diese Lichtphänomene dauerten von 5 bis zu 60 Sekunden. Das Blinken war stets irregulär. Diese ›Lichtkugeln‹ wurden jedes Mal auf den Berghöhen gesehen“ (Teodorani et al. 2000, S. 16).*



**Abbildung 1:** Beispiel eines laut EMBLA-Physikerteam „echten Lichtphänomens“. Dieses unbearbeitete Foto wurde vom Aspåskjolen-Punkt im August 2002 aufgenommen. Das Licht erscheint bei denselben Winkeln wie in den im EMBLA 2002-Physikbericht veröffentlichten Bildfolgen. (© CIPH, Hessdalen 2002).

Im EMBLA-Bericht 2002 fehlen zu diesem Phänomen die grundlegenden Informationen von Datum und Uhrzeit ihres Auftretens. In Erwiderung auf diese naheliegende Bemerkung sagt das EMBLA-Physikerteam, dass

„das Datum des Auftretens der Lichtphänomene im Allgemeinen nicht als relevanter Parameter für die Analyse betrachtet wurde, da das Lichtphänomen [...] normalerweise an fast allen Tagen beobachtet wurde. [...] Der Parameter ›Zeit‹ [...] ist von einem eigentlich statistischen Gesichtspunkt aus gesehen in keiner Weise objektiv – in derselben Weise, wie die Videodaten die ganze Zeit über auf automatisiertem Wege von den automatischen Messstationen erhoben werden“ (Teodorani & Nobili, 2002, S. 3).

Die Gründe, die das EMBLA-Team dazu bewegten, auf die Aufzeichnung von Parametern zu verzichten, die – wie Datum und Uhrzeit – zur unabhängigen Stützung (oder Falsifizierung) seiner Daten geeignet wären, wenn andere Zeugen das Lichtphänomen beobachtet oder die automatischen Messstationen ein Licht gefilmt hätten, sind nicht leicht zu verstehen. Im Übrigen verzichten die EMBLA-Forscher durch die Nichterhebung dieser elementaren Information auf die Möglichkeit, nachträglich eine Dreieckspeilung des Phänomens vorzunehmen.

Der Autor dieses Aufsatzes hatte allerdings während seines mehrwöchigen Aufenthalts in Hessdalen zwei Gelegenheiten, die beinahe bewegungslosen und punktförmigen Lichtphä-

nomene zu beobachten, die von Teodorani und Nobili vom Aspåskjolen-Gelände aus gesichtet und fotografiert worden waren. Die erste Sichtung fand am 6. August 2002 um 21:50 UT(C) statt, die zweite am 7. August 2002 um 21:05 (Leone 2002).

Während das EMBLA-Team das Phänomen mit bloßem Auge oder durch das Objektiv einer Reflexkamera beobachtete, beobachtete es der Verfasser mit bloßem Auge und (bei einer Gelegenheit) durch ein tragbares Linsenteleskop (Stein Optik, 60mm Durchmesser, 30x – 90x Vergrößerung) und identifizierte es mit Leichtigkeit *als ein Paar von Autoscheinwerfern*. Obwohl der Verfasser Teodorani über diese erfolgreiche Identifizierung unterrichtete, geht das EMBLA 2002-Papier nicht auf die Erklärung durch Scheinwerfer ein.

Teodorani (2003, S. 2) <sup>5</sup> zufolge sah der Verfasser dieses Aufsatzes „bei einer Gelegenheit gemeinsam mit uns allen ein Auto (und dies geschah regelmäßig bei vielen Gelegenheiten) und ermittelte vermutlich auch dessen korrekte Entfernung, aber das tatsächliche Phänomen befand sich nicht dort, wo der unerfahrene Verfasser behauptet.“ Diese Aussagen implizieren, dass der Verfasser zwar Autoscheinwerfer sah, dass diese Sichtung aber etwas anderes betreffen als das vom EMBLA-Team beobachtete „tatsächliche Phänomen“. Teodoranis Hypothese ist jedoch nicht stichhaltig:

1. Am Beobachtungsstandort erwartete das Team entsprechend der Erfahrung des Vorjahres, dass das Licht tief über dem Horizont in südlicher Richtung auf einen Sattel zu und zwischen zwei hohen Gipfeln (Hessjøhøgda und Nyvollhøgda) erscheinen sollte.
2. Jedes Mal, wenn sich dieses bestimmte Licht zeigte, sprang das EMBLA-Physikerteam erregt auf und richtete die Aufmerksamkeit des Beobachters auf die helle, stationäre, punktförmige Leuchterscheinung.
3. Da dieses bestimmte Licht die einzige bedeutsame Lichtquelle mit diesem Azimut und diesem Höhenwinkel war, war keine Verwechslung des optischen Stimulus möglich.
4. Nach der ersten von Leone berichteten Sichtung (6. August, 21:50) richtete der Verfasser das Linsenteleskop auf die erwarteten Winkelkoordinaten.
5. Als das Licht zum zweiten Mal erschien, wurden mehrere Handlungen ausgeführt: das EMBLA-Ingenieurteam fuhr mit der Aufzeichnung von Radardaten für eine mögliche Korrelation mit der optischen Sichtung fort, das EMBLA-Physikerteam fotografierte und nahm Spektralmessungen vor und das CIPH-Team sammelte VLF-Daten (Gori 2002). Zur gleichen Zeit betrachtete der Verfasser das Licht durch das Linsenteleskop und identifizierte es mit Leichtigkeit als ein Paar von Fahrzeugscheinwerfern.
6. Nach Teodorani betraf diese Sichtung (7. August, 21:05) das „echte“ Phänomen. Als der Verfasser ihn über das Resultat der Beobachtung mit dem Teleskop unterrichtete, antwortete er, dass er dem Verfasser nicht glaube, weil die Sichtungen seinen Erwartungen zufol-

---

5 Dieser kurze Aufsatz des Leiters des EMBLA-Physikerteams wurde als Replik auf Leone (2003) verfasst.

ge das seit August 2000 bezeugte unerklärte Licht betreffe.

Zusammengefasst: sowohl der Verfasser als auch das EMBLA-Team beobachteten exakt dasselbe Leuchtphänomen, und der einzige Unterschied bestand in der Unfähigkeit des EMBLA-Physikerteams, seine wahre Natur zu bestimmen oder die zu einer korrekten Identifizierung erforderlichen Arbeitsmittel (z.B. ein gebräuchliches tragbares Teleskop) aufzustellen.

Da das Licht während der Saison 2002 und davor wiederkehrendes Verhalten, Erscheinungsform und Position aufwies, wird vorgeschlagen, dass sich hinter jeder Sichtung des EMBLA-Physikerteams *eines solchen entsprechenden Lichtes* eine Quelle von der Art eines Scheinwerfers verbirgt. Da die gesamten optischen Belege im physikalischen Bericht EMBLA 2002 ein entsprechendes Licht betreffen, ist es vernünftig, zu folgern, dass der gesamte Bestand der von Teodorani 2002 zusammengetragenen optischen Daten in dieser Weise erklärbar ist.

### ***Lineare und winkelbezogene Bildvermessungen***

Der gesamte Bestand der visuellen, fotometrischen und spektrografischen Belege, von denen der EMBLA 2002-Aufsatz berichtet, wurde „vom Aspåskjolen-Beobachtungsstandort“ aus gesammelt (Teodorani & Nobili 2002, S. 7). Seine genauen geografischen Koordinaten und seine Höhe über NN werden der Vorstellungskraft des Lesers überlassen. Ebenso unbestimmt bleiben Azimut und Höhenwinkel der Leuchterscheinung. Da das EMBLA-Team die optischen Daten zu dem Leuchtphänomen ausschließlich von einem einzigen Beobachtungsstandort aus sammelte, ist es nicht möglich, die genaue lineare Distanz zwischen Phänomen und Beobachter und somit die tatsächliche Größe des Phänomens zu schätzen. Allerdings könnten Azimut und Höhenwinkel mit hinreichender Genauigkeit aufgezeichnet werden, indem man eine Kamera auf einem Theodoliten fixiert. Die Erhebung solcher Daten ist eine Frage des Prinzips, weil sie eine Dreieckspeilung des Phänomens ermöglichen, sofern andere Beobachtungen von anderen Standorten aus verfügbar werden sollten. Es ist enttäuschend, festzustellen, dass das EMBLA-Team dieser offensichtlichen Vorgehensweise nicht gefolgt ist. Im Gegenteil: man wies sie zurück, indem man es für ausgemacht hielt, dass die Entfernung des Phänomens eine bekannte Größe sei:

„... die Entfernung des Phänomens ... wird mit annähernd 9 km [der Skarvan-Hügel] vom Aspåskjolen-Beobachtungsstandort *angenommen*. Dieser aus Hessdalen-Karten abgeleitete Entfernungswert wird durch eine der Spuren an der Hügelkuppe (Richtung Süden: Kompassweisung von Aspåskjolen = 187,7°) bestätigt, die von dem durch die Ingenieurgruppe betriebenen Radar aufgezeichnet wurde“ (Teodorani und Nobili, 2002, S. 7; Herv. M. L.).

Wenige Sekunden nach jeder Sichtung maß der Verfasser den Azimut des Phänomens, indem er einen Kompass genau auf den Punkt ausrichtete, an dem das Phänomen sich zeigte: 185°

(+/- 5°). Durch einen Vergleich einer Landschaftsaufnahme Richtung Süden mit der Bildfolge 1-6 (Teodorani & Nobili 2002, S. 4) und den Abbildungen 8-9 (Teodorani & Nobili 2002, S. 18 f.) ist eine genauere Schätzung des Azimuts der Erscheinung möglich.<sup>6</sup>

Der Beobachtungspunkt (im EMBLA-Bericht als Aspåskjolen bezeichnet) ist eine Wiese (Länge: 11°10'53" Ost; Breite: 62°50'16" Nord; Höhe: 690 m) im nördlichen Hessdalen-Tal, auf der rechten Seite einer Landstraße, die Hessdalskjølen entlang der Hauptstraße FV576 mit Åsbardet verbindet (Hessdalskjølen 1995, Haldalen 1995).

Das „blinkende Licht“ erschien – aus der Beobachterperspektive – zwischen zwei hohen Gipfeln des südlichen Landstrichs: Hessjøhøgda (Länge: 11°08'21" Ost; Breite: 62°41'47" Nord; Höhe: 1057 m) auf der rechten und Nyvollhøgda auf der linken Seite (Länge: 11°10'32" Ost; Breite: 62°40'29" Nord; Höhe: 1044 m) (Dalsbygda, 1992). Tabelle 1 zeigt die Winkelkoordinaten dieser Berggipfel vom Standort „Aspåskjolen“ aus gesehen (Dalsbygda 1992, Haldalen 1995).

Durch eine Reihe Längen- und Winkelvermessungen eines farbigen Ausdrucks des Positivs der südwärts gerichteten Landschaftsaufnahme (Abb. 2, für eine andere Aufnahme desselben Sichtbereichs siehe Cabassi 2001, S. 7) und durch Längenmessungen der Abbildung des Lichts auf den im EMBLA 2002-Bericht veröffentlichten vergrößerten Aufnahmen (Teodorani & Nobili, 2002, S. 4) ist es möglich, die horizontalen und vertikalen Winkel des Leuchtphänomens bezüglich der Berggipfel zu schätzen.

Sei 1,0 die Entfernung zwischen den beiden Berggipfeln. Dann beträgt die scheinbare horizontale Entfernung zwischen dem Licht und Hessjøhøgda 0,38 und die scheinbare vertikale Entfernung 0,14.

Die geschätzten Winkel des Lichts sind in Tabelle 2 angegeben. Erstens sei angemerkt, dass der Azimutwert nahe bei dem oben beschriebenen Vor-Ort-Messwert liegt (der Fehlerwert wurde durch das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz von Messungen auf einem Fotopositiv im Format 18x10 ermittelt).<sup>7</sup> Zweitens – und am wichtigsten – ist der von Teodorani angegebene Wert (187,7°) insofern nicht verlässlich, als er zwei Grad außerhalb des Fehlerbereichs des Azimuts liegt.

Wichtige Daten über die tatsächliche Position des Lichts können durch eine geometrische Analyse der gesamten bei Teodorani & Nobili (2002, S. 4) verfügbaren Bildfolgen gewonnen werden. In Abbildung 3 werden die scheinbaren Positionen des Lichts in Bezug auf den Heggsethøgda-Rücken dargestellt (die Bilder 4 und 6 wurden verworfen, da ihr Kontrast zu gering

6 Streng genommen muss die Kompassmessung um die magnetische Abweichung korrigiert werden. Da diese Abweichung in Norwegen unter 1°, also unter der Genauigkeit des Kompasses liegt (siehe <http://www.ngdc.noaa.gov/cgi-bin/seg/gmag/flsntn1.pl>), wird die magnetische Abweichung hier nicht berücksichtigt.

7 Der Verfasser dankt Nicolosi und Ricchetti (2003) für die Überprüfung und Korrektur der ursprünglichen Schätzung der Höhenwinkel des Lichts durch den Verfasser.

ist, um verlässliche Messungen zu gestatten). Da die vier Bilder geringfügige Verzerrungen um die Linsenachse herum aufweisen, wurden die tatsächlichen Lichtpositionen entsprechend modifiziert, bevor die Bilder übereinander gelegt wurden.

**Tabelle 1: Winkelkoordinaten von Berggipfeln, vom Standort „Aspåkjolen“ aus gesehen.**

| Berg        | Azimut (°) | Höhenwinkel (°) |
|-------------|------------|-----------------|
| Hessjøhøgda | 187.7      | +1.3            |
| Nyvollhøgda | 180.9      | +1.1            |

**Tabelle 2: Winkelkoordinaten des Leuchtphänomens, vom Standort „Aspåkjolen“ aus gesehen.**

| Merkmal            | Azimut (°)  | Höhenwinkel (°) |
|--------------------|-------------|-----------------|
| „blinkendes Licht“ | 185.1 ± 0.4 | - 0.3 ± 0.4     |



**Abbildung 2: Blick vom Aspåkjolen-Beobachtungsstandort in südliche Richtung auf die Landschaft Hessdalens. Man erkennt den Varhuskjolen-Hügel im Vordergrund. Das „blinkende Licht“ erschien innerhalb des gekennzeichneten Rechtecks (vgl. Abb. 1).**

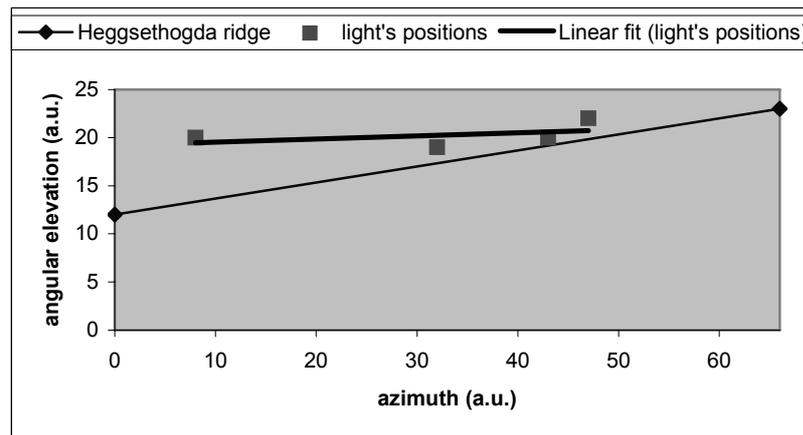


Abbildung 2: Scheinbare Lichtpositionen relativ zum Heggsethøgda-Rücken: geometrische Darstellung auf der Grundlage von vier Bildern aus Teodorani und Nobili 2002 (S. 4, Abb. 1).

Tabelle 1: Winkelabstandsmessungen in drei EMBLA-Bildern (Quelle: Teodorani & Nobili 2002, S. 4).

| Bild | Licht-Winkelabstand zum linken Rand ( $x_1$ ) | Licht – Winkelabstand zum Schnittpunkt beider Berge ( $x_2$ ) | $\Delta x_1$ | $\Delta x_2$ |
|------|---|---|--------------|--------------|
| Nr.  | mm  | mm  | mm           | mm           |
| 2    | 32  | 23  |              |              |
| 3    | 47  | 29  | +15          | +6           |
| 5    | 42  | 26  | +10          | +3           |

Das auffälligste Ergebnis ist, dass der scheinbaren Höhenwinkel des Lichts konstant unabhängig vom scheinbaren Azimut ist (Abb. 3). Ein anderes auffälliges Ergebnis betrifft die scheinbare Position des Schnittpunkts zwischen zwei Bergen im Hintergrund (Hessjøhøgda und Nyvollhøgda), der nahe der oberen linken Seite der EMBLA-Bilder sichtbar ist. Aus der Analyse der Bilder 2, 3 und 5 (Nr. 1 wurde verworfen, da dieses Merkmal dort nicht abgebildet ist) geht hervor, dass der Winkelabstand zwischen dem Schnittpunkt und dem Licht nicht im erwarteten Verhältnis zum scheinbaren Winkelabstand des Lichts variiert.

Tabelle 3 zeigt, dass der scheinbare horizontale Winkelabstand zwischen dem Licht und dem Bergrückenschnittpunkt weniger als halb so groß ist wie der entsprechende Abstand

zwischen dem Licht und dem linken Bildrand (wie durch die Baumreihe im Vordergrund angezeigt wird; jedes Bild zeigt denselben Ausschnitt des Heggsethødga-Hügels, weshalb die Bildkanten als Bezugspunkt verwendet werden können).

Entgegen den Behauptungen des EMBLA-Physikerteams, dass „die Verarbeitung zeigt, dass das Lichtphänomen einige zehn Meter über dem Boden beobachtet wurde“ und dass „die Positionsveränderungen als ungefähr 100 Meter senkrecht zum Betrachter bestimmt werden können“ (Teodorani & Nobili, 2002, S. 3), verweisen die oben diskutierten Ergebnisse auf eine andere Schlussfolgerung. Beide Effekte, die Konstanz der scheinbaren Höhenwinkel und die Anomalie im scheinbaren Abstand des Lichts, kann durch eine einzelne Hypothese leicht erklärt werden: das Licht befindet sich auf dem Hügel hinter Heggsethødga (nämlich Løbergsvollen-Heggsetvollen). Entsprechend dieser Hypothese ist die Veränderung des Azimuts des Lichts weit davon entfernt, echt zu sein, sondern sie ist das Resultat nicht dokumentierter Veränderungen des EMBLA-Beobachtungspunktes. Am Aspåskjolen-Beobachtungsstandort befanden sich die Kameras von einem Abend zum nächsten nicht an festen Standorten, und Verschiebungen von bis zu einem Dutzend Metern kamen häufig vor. Abstände dieser Größenordnung sind konsistent mit den auf den EMBLA-Bildern beobachtbaren scheinbaren Bewegungen.

Sollte das Licht sich über dem Heggsethødga-Hügel befinden, würde ein „echter“ Versatz des Lichts auf dem Heggsethødga-Rücken ( $\Delta x_1$ ) zu einem scheinbar gleichgroßen Versatz bezüglich der Berge im Hintergrund führen. Tabelle 3 zeigt, dass dies nicht der Fall ist. Im Gegenteil: wenn sich das Licht auf dem Løbergsvollen-Heggsetvollen-Hügel befindet, kann erwartet werden, dass der Effekt einer Veränderung des Beobachtungspunktes auch die scheinbare Position auf den Bildern im umgekehrten Verhältnis zum Abstand vom Aspåskjolen-Beobachtungsstandort beeinflusst. Wenn ein solcher Positionswechsel den scheinbaren Azimut des Heggsethødga-Rückens um einen bestimmten Faktor verändert, würde die erwartete Azimutveränderung eines Scheinwerfers auf dem Løbergsvollen-Heggsetvollen-Hügel viel kleiner sein (um einen Faktor nahe bei dem Verhältnis der Entfernungen, d.h. 4,2 / 11,5). Die entsprechend erwartete Veränderung der Berge im Hintergrund würde sehr viel kleiner sein. Diese Erwartung stimmt qualitativ mit den Messungen der EMBLA-Bilder in Tabelle 3 überein.

### ***Ergebnisse eines Besuchs vor Ort und Analyse der topographischen Karten***

Eine umfassende Ortsbesichtigung wurde vom CIPH-Team im vergangenen August vorgenommen. Der Bereich von Hessdalen, in dem die oben zitierten Aufnahmen gemacht wurden, wurde in Augenschein genommen und fotografiert. Die Vor-Ort-Erhebung und die Untersuchung topografischer Karten zeigt, dass sich in der Richtung des Auftretens des Phänomens mehrere Hügel befinden. Die wichtigsten, auf der rechten Seite des Tals (mit Blick nach Süden) sind (in abnehmenden Abstand zum Beobachtungsort) Løbergsvollen-Heggset-

vollen, die Skarvan-Gipfel und Heggsethøgda. Das Licht erschien knapp über der Kante des Heggsethøgda-Hügels. Der Boden ist überwiegend von Wald und gelegentlich von Kulturland bedeckt. Es befinden sich keine bewohnten Häuser in Sichtlinie (die in etwa parallel zum Fluss Hesja verläuft).

Bei der Auswertung der gesammelten Daten versäumen es die Autoren des EMBLA-Aufsatzes, eine wichtige Möglichkeit in Betracht zu ziehen, nämlich das Vorhandensein von Landstraßen entlang der Sichtlinie (in dieser Gegend Norwegens gibt es viele private, gebührenpflichtige Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen, die nach der Entrichtung von Gebühren zur Durchfahrt offenstehen, wobei die Gebühren dazu dienen, für die Straßen anfallende Unterhaltskosten der Landeigentümer zu bestreiten). Im Anschluss an die im vorhergehenden Abschnitt erörterten Daten ist daher die Einbeziehung von Informationen aus Straßenkarten naheliegend.

Die Untersuchung topografischer Karten zeigt, dass zumindest eine Straße mit den erforderlichen Winkelkoordinaten existiert: nämlich eine auf dem Løbergsvollen-Heggsetvollen-Hügel gelegene private Straße, die den Hessjøen-See (720 m ü. d. M.) mit der Landstraße FV576 (die das ganze Hessdalen-Tal in Nord-Süd-Richtung durchquert) nahe Fjellheim verbindet. Die Referenz zur Auffindung dieser Landstraße in Karten des Hessdalen-Tals im Maßstab 1:50000 (Dalsbygda, 1995) ist 32VPQ103579. Diese Straße befindet sich ungefähr 11500 Meter südlich von Aspåskjolen in 760 m Meereshöhe und ist vom Beobachtungspunkt ungehindert einsehbar. Darüber hinaus weist sie in annähernder Süd-Nord-Richtung auf den Beobachtungspunkt (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Winkelkoordinaten der Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße (Topografische Karte 1:50000)**

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| Azimut      | $185,2^\circ \pm 0,3^\circ$ |
| Höhenwinkel | $0,3^\circ \pm 0,1^\circ$   |

Diese Straße weist eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Position des oben dargestellten „blinkenden Lichts“ auf. Der Fehlerbereich des Azimuts ist im Wesentlichen der tatsächlichen Position des Beobachtungsstandortes geschuldet, während der Fehlerwert der Höhenwinkel aus der Länge der Straße resultiert. Die Länge des relevanten Straßenabschnitts (mehrere zehn Meter) ist unter der Scheinwerferhypothese der Größenordnung nach konsistent mit der durchschnittlichen Dauer jeder Sichtung.

Obwohl die obenstehenden Beobachtungen die Løbergsvollen-Heggsetvollen-Hypothese unterstützen, ist es angemessen, auch die Situation auf anderen Hügeln entlang der Sichtlinie zu prüfen. Durch Ziehen einer Linie mit einer Neigung von  $185^\circ$  vom Beobachtungsstandort des betreffenden Bildes entdeckte der Verfasser, dass die Ideallinie relativ zum Heggsethøgda-Rücken einen „Traktorveg“, also einen Feldweg kreuzt. Dieser Weg grenzt an ein Wald- und

Moorgebiet, verläuft hinab zum Hesja-Fluss und endet in Heggset. Die Referenz zur Auffindung dieses Feldweges in den handelsüblichen topografischen Karten des Maßstabes 1:50000 (Haltdalen, 1995) ist 32VPQ111653. Dieser Abschnitt des Feldweges beginnt am Heggsethødga-Rücken und weist in annähernde Nordrichtung, also auf den Beobachtungsort zu. Das Höhenmuster der Landschaft zeigt, dass dieser Straßenabschnitt weder vom Hügel im Vordergrund (Vårhuskjølen) noch vom Heggsethødga-Rücken selbst verdeckt wird (siehe Tabelle 5).<sup>8</sup>

**Tabelle 5: Winkelkoordinaten der Heggsethødga-Straße (Topografische Karte 1:50 000).**

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| Azimet      | $184.1^\circ \pm 0.7^\circ$ |
| Höhenwinkel | $-0.1^\circ \pm 0.1^\circ$  |

Wie auch ohne Betrachtung der geometrischen Analyse der gesamten EMBLA-Bildsequenz ersichtlich ist, befinden sich die ermittelten Werte noch innerhalb des Fehlerbereichs der Position des blinkenden Lichts, aber ihre Übereinstimmung ist deutlich weniger genügend als die mit der Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße.

Somit gibt es innerhalb des Messfehlers eine gute Übereinstimmung zwischen den Winkelkoordinaten des Lichts und denen von mindestens einer Landstraße in Sichtlinie. Diese Straße weist ohne Sichtbehinderung auf den Beobachtungsort und verläuft im relevanten Abschnitt nahezu horizontal. Sie verläuft auf dem Rücken des Løbergsvollen-Heggsetvollen-Hügels auf einer Höhe von 760 m. Dieses erste annähernde Ergebnis besagt, dass dort fahrende Kraftfahrzeuge in Richtung auf den Beobachtungsstandort leuchten können. Eine weniger wahrscheinliche Möglichkeit ist der Heggsethødga-Feldweg, der nahezu eben auf einer Höhe von 680 m verläuft.

Man ist berechtigt zu sagen, dass der beste Kandidat die Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße ist. Die wichtigsten Gründe sind: bessere Winkelkoordinaten, geeigneterer Straßentyp

<sup>8</sup> Geringfügig andere Werte für das Gebiet Holtälensør-Trøndelag erhält man aufgrund der vom Statens kartverk, Sør-Trøndelag, veröffentlichten Karten des 1:5000 "Økonomisk kartverk". Die betreffenden Karten haben die Schlüssel „CR 112-5-4 – Engesvollen“ (Engesvollen 1995), „CR 112-5-2 – Vårus“ (Vårus 1995) und „CR 113-5-4 – Hessdalskjølen“ (Hessdalskjølen 1995). Der Heggsethødga-Rücken wird von Engesvollen (1995) and Vårus (1995) abgedeckt. Diese Unterschiede sind vermutlich zurückzuführen auf die unterschiedlichen, in den topografischen Karten 1:50000 und 1:5000 verwendeten geometrischen Projektionen. Das Erfordernis konsistenter Daten lässt es angemessen erscheinen, trotz der geringeren Genauigkeit die Schätzung der Straßenkoordinaten aus der topografischen Karte zu entnehmen. Ich erinnere daran, dass die Koordinaten des blinkenden Lichts vom Verfasser aufgrund von Berggipfelkoordinaten entsprechend einer Karte im Maßstab 1:50000 ermittelt wurden.

(die hohe Sichtungsfrequenz passt ersichtlich besser zu dem Straßenverkehr auf einer privaten Landstraße als zum Verkehrsaufkommen auf einem kleinen Feldweg), höhere Erklärungskraft der Resultate aus der geometrischen Analyse der EMBLA-Bildsequenz sowie eine bessere Erklärung des scheinbaren Schwebens über dem Heggsethødga-Rücken.

### *Schätzung der optischen Ausgangsleistung*

In den vergangenen Jahren haben verschiedene Untersucher Versuche unternommen, in Fällen von Sichtungen unidentifizierter Lichtquellen die optische Lichtstärke zu schätzen. Besondere Anstrengungen wurden unternommen, um Schätzungen aus fotografischen Belegungen (Maccabee 1979, 1980, 1987, 1999) und Zeugenaussagen (Vallee 1990, 1998; Ballester & Fernández 1987) abzuleiten. Diese Studien entwickeln interessante Verfahren zur Berechnung optischer Lichtleistungen durch Umkehrung fotometrischer Standardgleichungen. Es wurde angemerkt, dass

„durch diese Vorgehensweise sofort offensichtliche Bedenken hervorgerufen werden. Die Leuchtquelle ist per definitionem ein unbekanntes Phänomen. Wir wissen nicht, ob das Licht eine primäre Manifestation ihres internen physikalischen Zustands ist (wie das bei der Sonne der Fall ist), oder ob es eine sekundäre Folge ist wie im Falle des Mondes oder eines Autoscheinwerfers. Wir wissen nicht einmal, ob der größte Teil der elektromagnetischen Energie im sichtbaren Spektrum abgestrahlt wird, auf welches menschliche Zeugen und die meisten Kameras reagieren“ (Vallée 1998).

Wie oben dargestellt, sammelte das EMBLA-Physikerteam eine große Menge von Belegdokumenten über ein wiederkehrendes Leuchtphänomen. Sollten diese Dokumente hinreichenden Verlässlichkeitskriterien für die Gewinnung quantitativer Daten hinsichtlich Entfernung und Helligkeit genügen, könnten grobe Schätzungen der Lichtleistung vorgenommen werden. Obwohl die Aufnahmen des Leuchtphänomens das Team in die Lage versetzten, Helligkeitsschätzungen vorzunehmen, gelangten sie bedauerlicherweise nicht zu verlässlichen Einschätzungen der Entfernung.

Den Verfassern des EMBLA-Physikberichts zufolge war es durch Anwendung der Technik der „Blenden-Fotometrie“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 4) auf eine Sequenz von Aufnahmen

„möglich, die Größenordnung der vom Lichtphänomen emittierten Energie zu schätzen. Diese Aufgabe wurde durch den Einsatz der Software Iris gelöst, nachdem zuvor Verstärkungs- und Vergrößerungsoperationen (Bildinterpolation) mit dem Programm Adobe Photoshop 5.5 durchgeführt wurden, wodurch kleine Ausschnitte aus einer gegebenen Fotografie erzeugt wurden. Anschließend wurde Blendenfotometrie angewandt, indem das Lichtphänomen durch Anwendung konzentrischer Kreise auf Fotos gemessen wurde, bei denen der externe Radius exakt dem Radius der Lichtkugel entspricht. Auf diese Weise wird die scheinbare Helligkeit direkt als Wert in erg/sek berechnet und anschließend mit dem Faktor  $1 \times 10^{-7}$  multipliziert, wodurch sich derselbe Parameter in Watt ergibt“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 7).

Teodorani und Nobili ermitteln die absolute Helligkeit ( $L_{ABS}$ ) des Phänomens nach der Formel  $L_{ABS} = L_{APP} \cdot 4\pi d^2$ , wobei  $L_{APP}$  die scheinbare Helligkeit und  $d$  die Entfernung des Phänomens in Metern ist. Man erhält  $L_{APP}$ , weil man „weiß, dass  $L_{APP} = L_{EXP} / t$ , wobei  $t$  die Belichtungszeit (in Sekunden) und  $L_{EXP}$  die soeben am Foto bestimmte Leuchtstärke ist.“ Die Ergebnisse werden in einer Tabelle zusammengefasst, in der die absolute Leuchtstärke als im Intervall  $3.6 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$  W befindlich berichtet wird. Wir wollen die Argumente des Verfassers analysieren, um die Verlässlichkeit dieser Schätzung zu prüfen.

1. Die Entfernung  $d$  „wird mit ungefähr 9 km angenommen“. Wie wir im vorhergehenden Abschnitt dargelegt haben, sind die Gründe für diese Annahme (d.h. die Azimutdaten) wahrscheinlich falsch.
2. Das EMBLA-Team nimmt eine gleichförmige Strahlung in alle Richtungen (einen  $4\pi$ -Strahlungskörper) an. Da die optische Datenerhebung von einem einzigen Beobachtungsstandort aus vorgenommen wurde und keine unabhängige Bestätigung einer *gleichzeitigen* Sichtung vorliegt, ist dies eine willkürliche Annahme. Im Gegenteil zeigt die visuelle Beobachtung durch ein Linsenteleskop, dass die Lichtquellen nicht-gleichförmig strahlende Autoscheinwerfer waren.
3. Der von den Verfassern veröffentlichten Tabelle zufolge werden sowohl  $L_{APP}$  als auch  $L_{ABS}$  in Watt ausgedrückt. Da die Zahlen in der Spalte  $L_{ABS}$  durch die Berechnung als  $L_{ABS} = L_{APP} \cdot 4\pi d^2$  ermittelt werden und  $d$  in Metern ausgedrückt wird, ist die Bedeutung der  $L_{APP}$ -Zahlen unklar.

Um mögliche Missverständnisse zu vermeiden, halte ich in der nachfolgenden Tabelle 6 einige Informationen über optische Mengengrößen, Maßeinheiten und Symbole fest.

Fassen wir zusammen: Teodorani und Nobili nehmen eine entfernte, homogene und punktförmige Lichtquelle an. Folglich schätzen sie den Gesamtausstoß an Lichtleistung ( $L_{ABS}$ ), indem sie die Intensität  $I$  mit dem Raumwinkel ( $4\pi$ ) multiplizieren:

$$L_{ABS} = 4\pi \cdot I = E \cdot 4\pi d^2$$

d. h.

$$L_{ABS} = L_{APP} \cdot 4\pi d^2$$

Die fragwürdigen Annahmen von Teodorani und Nobili führen sie fast zwangsläufig zu einer Überschätzung der absoluten Leuchtstärke. Was das Bild 5 anbetrifft, wo der höchste Wert für  $L_{APP}$  auftritt, so ergibt die Einfügung der Werte für Entfernung und scheinbare Helligkeit in die obige Gleichung entsprechend Teodorani und Nobili (2002, S. 7) eine absolute Leuchtstärke von etwa

$$L_{ABS} = L_{APP} \cdot 4\pi d^2 = 9.8 \cdot 10^{-5} \cdot 4\pi (9 \cdot 10^3)^2 = 10^5 \text{ W}$$

**Tabelle 5: Mengen und Maßeinheiten der Radiometrie und Fotometrie**  
(lm = Lumen, sr = Steradian, cd = Candela; lx = Lux; nt = Nit)

| Energie Q   | Radiometrie                                 | Fotometrie   | EMBLA-Bericht |
|---|---|--|---------------|
| Leistung (Durchflußmenge)<br>$dQ/dT$  | Strahlungsfluß<br>$\Phi$ (W)                | Lichtstrom<br>$\Phi_V$ (lm)                          | <b>LABS</b>   |
| Intensität (Leistung pro Richtungseinheit) $dQ/dtd\omega$                       | Strahlstärke<br>I (W/sr)                    | Lichtstärke<br>$I_V$ (lm/sr = cd)                    |               |
| Flußdichte (Leistung pro Flächeneinheit) $dQ/dA$                                | Bestrahlungsstärke E<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Beleuchtungsstärke $E_V$<br>(lm/m <sup>2</sup> = lx) | <b>LAPP</b>   |
| Flußdichte (Durchflußmenge pro Raumbetrachtungswinkeleinheit)<br>$\Phi/A\omega$ | Strahlungsdichte L<br>(W/m <sup>2</sup> sr) | Leuchtdichte $L_V$<br>(lm/m <sup>2</sup> sr = nt)    |               |

Seien  $d_1$  und  $d_2$  zwei allgemeine Terme der Entfernung zwischen dem Licht und dem Beobachtungspunkt. Entsprechend der folgenden Gleichung

$$\frac{L_{APP}^{d_1}}{L_{APP}^{d_2}} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

kann die scheinbare Helligkeit (W/m<sup>2</sup>) für eine allgemeine Entfernung geschätzt werden. Um von diesen Werten eine Schätzung der Beleuchtungsstärke abzuleiten, ist es erforderlich, eine Umwandlung der fotooptischen in radiometrische Einheiten vorzunehmen. Die Definition von „candela“ (cd = lm/sr, siehe Tab. 6) – der Einheit der Lichtstärke – besagt, dass es sich um 683 lm/W bei 555 nm handelt. Diese Definition geht von einer monochromatischen Lichtquelle aus. Im Fall von Quellen mit spektralen Anteilen wie dem Schwarzkörperspektrum eines Halogenscheinwerfers erfolgt die Umwandlung weniger direkt. Diese Umwandlung beinhaltet eine Integration des Produkts der Lichtquelle (W) und der Lichtausbeute  $V_\lambda$  über die betreffende Wellenlänge. Die Lichtausbeutungskurven für Standardbeobachter wurden von der Internationalen Beleuchtungskommission (Commission Internationale de l'Éclairage, C.I.E.) im Jahre 1924 spezifiziert und 1933 von der General Conference on Weights and Measures übernommen (Engel 1968). Die relativen Werte der Lichtausbeute (Augenempfindlichkeit) für unterschiedliche Wellenlängen kann in PHLOX (2003) nachgeschlagen werden und wird in Abbildung 4 dargestellt.

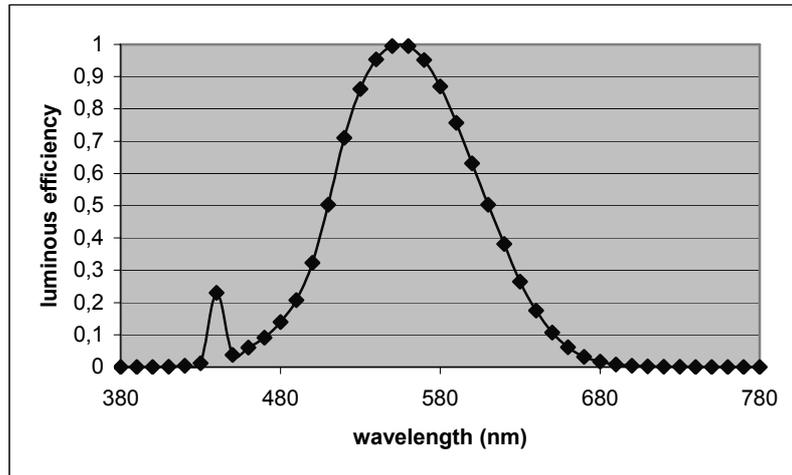


Abbildung 4: Lichtausbeutungskurve für das menschliche Auge (Quelle: PHLOX 2003)

Wenn  $E_V$  die Beleuchtungsstärke (lx),  $E_\lambda$  die Bestrahlungsstärke (Flussdichte) bei der Wellenlänge  $\lambda$  ( $\text{Wm}^{-2}$ ),  $V_\lambda$  Lichtausbeutungsfunktion und  $K_m = 683 \text{ lm/W}$ , so ist die Beleuchtungsstärke gegeben durch die Formel:

$$E_V = K_m \int_0^\infty E_\lambda V_\lambda d\lambda$$

Dies bedeutet, dass die pro Sekunde bei einer bestimmten Wellenlänge vom Spektrum eines Halogenscheinwerfers ausgestrahlte Energie mit der Lichtausbeutungskurve multipliziert werden muss (Abbildung 5).

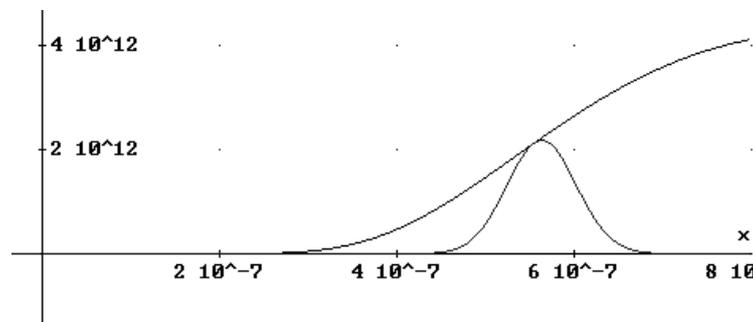


Abbildung 5: Halogenspektrum (3200 K) und Lichtausbeutungskurve für den Standardbeobachter multipliziert mit einem Halogenspektrum.

Sei  $E$  die Bestrahlungsstärke ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) im Bereich von  $3800\text{-}6800 \text{ \AA}$  und  $\overline{X}$  der Mittelwert der in Abbildung 5 dargestellten Resultierenden. Um den Umrechnungsfaktor zwischen lx und  $\text{W}/\text{m}^2$  zu ermitteln, können wir die Gleichung auch schreiben als

$$E_V = K_m \int_0^{\infty} E_\lambda V_\lambda d\lambda = K_m \overline{X} E$$

$\overline{X}$  kann geschätzt werden als das Verhältnis zwischen den von den in Abbildung 5 dargestellten Kurven umschriebenen Flächen. Sein Wert beträgt 0,38.

Wenn  $d_1 = 25 \text{ m}$  (Standardentfernung für internationale Bestimmungen für Kraftfahrzeugscheinwerferbeleuchtung, festgesetzt von der VN-Wirtschaftskommission für Europa (UN/ECE) (ECE Regulation 2002, S. 18)) und  $d_2 = 11500 \text{ m}$  (Entfernung zwischen der Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße und dem Beobachtungspunkt), so ergibt sich

$$L_{APP}^{25} = 2.1 \cdot 10^5 \cdot L_{APP}^{11500}$$

Wenn die Lichtquelle ein Paar von Autoscheinwerfern in  $11500 \text{ m}$  Entfernung war,  $L_{APP}^{11500} = (3.5 \div 9.8) \times 10^{-5} \text{ W}/\text{m}^2$  (Teodorani & Nobili 2002, S. 7), so ergibt die Formel  $L_{APP}^{25} = (7.4 \div 20.7) \text{ W}/\text{m}^2$ . Daher folgt:  $E_{Vmin} = 7.4 \times 0.38 \times 683 = 1920 \text{ lx}$  und  $E_{Vmax} = 20.7 \times 0.38 \times 683 = 5370 \text{ lx}$ .

Die Kraftfahrzeugscheinwerferbeleuchtung wird durch strenge internationale Bestimmungen geregelt, die von der UN-Wirtschaftskommission für Europa (United Nations Economic Commission for Europe) herausgegeben werden. Für den Fall eines einzelnen Scheinwerfers, der ein Fernlicht und ein Abblendlicht liefern soll, soll die maximale Beleuchtungsstärke ( $E_M$ ) – gemessen auf einem in  $25 \text{ m}$  Entfernung vom Scheinwerfer senkrecht aufgestellten Schirm – „in keinem Fall  $240 \text{ lux}$  überschreiten“<sup>9</sup> (ECE Regulation 2002, S. 18). Normalerweise verfügt ein Auto über zwei Scheinwerfer.

Entsprechend dieser Bestimmung soll die von allen Autoscheinwerfern emittierte maximale Lichtstärke ( $I_M$ )  $225000 \text{ cd}$  nicht überschreiten. Dementsprechend sollte unabhängig von der Anzahl der Scheinwerfer „die maximale Lichtstärke des Fernlichts, ausgedrückt in Kilocandelas mittels der Formel  $I_M = 0.625 E_M$  berechnet werden“ (a.a.O.).

Es ergibt sich:

$$E_M = \frac{I_M}{d^2} = \frac{225000}{25^2} = 360 \text{ lx}$$

Daraus folgt, dass die Beleuchtungsstärke – unter der Hypothese, dass die Autoscheinwerfer sich auf der Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße befanden – um eine Größenordnung höher liegt als von Autoscheinwerfern erwartet würde. Wenn sich andererseits die Autoscheinwerfer

<sup>9</sup> Die Beleuchtungsstärke wird gemessen am Schnittpunkt (HV) der optischen Achse mit dem Scheinwerferglas (ECE Regulation 2002, S. 18).

auf der Heggsethødga-Straße befunden hätten, würde die Schätzung der optischen Energie um den Faktor  $(4.2 / 11.5)^2 = 0.13$  niedriger liegen. Somit würde das Ergebnis im zweiten Fall mit der ECE-Bestimmung über die maximale Beleuchtungsstärke übereinstimmen.

Da die Art der Quelle ein abgeschlossenes Thema ist und die Løbergsvollen-Heggsetvollen-Straße der geeignetere Kandidat zu sein scheint, würde dieses Resultat die Verlässlichkeit der fotometrischen Messungen des EMBLA-Physikerteam in Frage stellen.

Um die Gründe für diese offenkundige Abweichung zu verstehen, ist eine Prüfung der Verfahrensweise erforderlich, die vom EMBLA-Physikerteam bei der Schätzung der scheinbaren Leuchtstärke befolgt wurde.

Ein erster fragwürdiger Schritt, den Teodorani und Nobili Aufsatz vollzieht, betrifft den Parameter Zeit<sup>10</sup>. Das EMBLA-Physikerteam nimmt „eine durchschnittliche tatsächliche Dauer des Lichtphänomens von  $t = 5$  Sekunden (an) ... : dies ist einfach der Wert der ‘tatsächlichen Belichtungszeit’ die sich an den Fotos orientiert, welche das Lichtphänomen zeigen“ (Teodorani und Nobili 2002, S. 7). Unter Annahme dieser Belichtungszeit bestimmten sie die scheinbare Helligkeit mittels der Gleichung  $L_{APP} = L_{EXP} / t$ , wobei „ $L_{EXP}$  ... die der Fotografie entnommene Leuchtstärke“ ist“ (a. a. O.). Da das EMBLA-Physikerteam die tatsächliche Dauer jeder Sichtung des blinkenden Lichts nicht aufgezeichnet hat, fragt man sich, ob nicht dieses ungesicherte Wissen für die oben erwähnte Diskrepanz verantwortlich ist. Teodorani und Nobili selbst merken an: “das gesamte Auftreten [des Lichts] dauerte zwischen 1 und 30 Sekunden, am häufigsten 5 Sekunden” (a. a. O., S. 3). Wenn in gewissen Fällen die Dauer des Lichts bis zu  $30/5 = 6$  mal so lange anhielt wie der willkürlich angenommene Wert, dann würde dies implizieren, dass manche Schätzungen von  $L_{APP}$  bezüglich der vom EMBLA-Physikerteam berichteten Daten bis zu 6fach überschätzt sein können. Daher *könnte* die Unsicherheit hinsichtlich der Größe des Zeitparameters für die Diskrepanz zwischen den experimentellen Daten und theoretischen Schätzungen bezüglich 11,5 km vom Beobachtungspunkt entfernten Scheinwerfern verantwortlich sein.

---

10 Bei extremen Beleuchtungsstufen oder Belichtungszeiten besteht eine herabgesetzte Filmempfindlichkeit, so dass eine erhöhte Beleuchtung zum Ausgleich für kurze Belichtungszeiten keine angemessene Belichtung mehr gestattet. Dieser Umstand wird als „Versagen des Reziprozitätsgesetzes“ bezeichnet, weil das Reziprozitätsgesetz (der Betrag der Belichtung (E) (exposure), der der Film ausgesetzt ist, ist proportional zur Lichtintensität (i) auf dem Film, multipliziert mit der Belichtungszeit (t), daher gilt  $E = it$ ) die Filmempfindlichkeit bei sehr kurzen und sehr langen Belichtungszeiten nicht mehr beschreibt. Bei Farbfilmen muss der Fotograf darüber hinaus die Reaktionszeit des Films sowie Schwankungen im Farbgleichgewicht berücksichtigen, weil die Reaktionszeit für jede der Emulsionsschichten unterschiedlich sein kann. Farbkontrastchwankungen können überhaupt nicht berücksichtigt werden, und Kontrastfehler können daher auftreten. Es ist nicht klar, ob das EMBLA-Physikerteam diese Effekte bei der Schätzung der Belichtungszeit berücksichtigt hat.

### *Eine alternative Schätzung der Lichtstärke*

Da die obige Diskussion die Verlässlichkeit der fotometrischen Daten des EMBLA-Physikerteams in Frage stellt, wird im Folgenden eine alternative Schätzung der Lichtstärke von einem Fotopositivabzug entwickelt. Das überprüfte Foto wurde im August 2002 aufgenommen und betrifft das vom EMBLA-Physikerteam analysierte Leuchtphänomen. Da für diese Untersuchung keine Belichtungsmesserausrüstung zur Verfügung stand, wird hier nur eine grobe Annäherung versucht. Um die Übereinstimmung zwischen der Leuchtstärke und der Scheinwerfererklärung zu prüfen, wird die jetzige Schätzung unter der Annahme entwickelt, dass die Lichtquelle eine von der Kamera nicht aufgelöste punktförmige Quelle war (was offensichtlich ist, wenn es um 11,5 km entfernte Scheinwerfer geht). Diese Annahme wurde hinsichtlich des EMBLA-Physikberichts bereits von Maccabee (2002) in Erwägung gezogen.

Wie von Maccabee (1987, 1999) demonstriert, kann man die Lichtstärke einer punktförmigen Quelle in lm/sr oder cd (siehe Tab. 6) mittels der folgenden Gleichung berechnen:

$$I_V = \frac{H \cdot A_i \cdot R^2 \cdot e^{bR}}{T \cdot A \cdot t}$$

Diese Gleichung „kann durch die Umkehrung fotometrischer Standardgleichungen gebildet werden, welche die Belichtungszeit in Begriffen der Intensität der Quelle ausdrücken“ (Maccabee 1987, S. 165).  $HA_i$  ist die innerhalb der Grenzen des Bildes gespeicherte fotometrische Energie (lm·s), wobei  $H$  die durchschnittliche Belichtungsstufe (lm·s/m<sup>2</sup>) und  $A_i$  die Bildfläche (m<sup>2</sup>) ist.  $R$  ist die Entfernung der Kamera zur Lichtquelle (m),  $b$  ist die atmosphärische Absorption (m<sup>-1</sup>),  $T$  ist die Durchlässigkeit der Kameralinse,  $t$  ist die Belichtungsdauer (s) und  $A$  ist die Fläche der Blende (m<sup>2</sup>). Diese Fläche ist gegeben durch

$$A = (\pi/4) \cdot (F/f\#)^2$$

wobei  $F$  die Brennweite der Linse (hier: 28 mm) und  $f\#$  die Blendeneinstellung (hier: 2,8) ist. Dementsprechend ist  $A = 7.85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ .

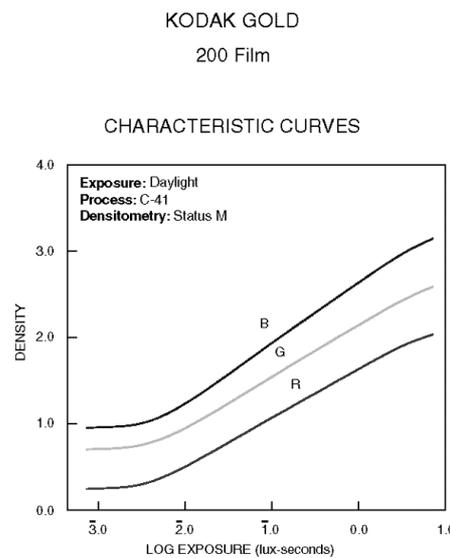
Die Bildfläche  $A_i$  wird als annähernde Kreisfläche mit einem Radius von 0,05 mm betrachtet.<sup>11</sup>  $R$  wird mit 11500 m angenommen (Entfernung von Løbergsvollen-Heggsetvollen zum Beobachtungspunkt). Die Fehlerkorrekturen für atmosphärische Absorption ( $e^{bR}$ ) und die Durchlässigkeit der Kameralinse ( $T$ ) kann mit annähernd 1 gleichgesetzt werden, da sie diese auf eine Größenordnung abzielende Schätzung nicht ernsthaft beeinflussen. Der Parameter  $t$  wird mit 5 Sekunden angenommen. Die letzte verbleibende Größe für die Berechnung der

---

<sup>11</sup> Diese lineare Messung wurde mittels des Programms Photoshop 5.0 auf einem eingescannten Bild eines Farbpositivabzugs ausgeführt. Die Messung wurde korrigiert entsprechend dem geometrischen Verhältnis zwischen dem 12x18 cm Positivabzug und dem 24x36 mm Negativ.

Intensität der Quelle ist das mittlere  $H$  über das ganze Bild. Die charakteristischen Kurven für den Film, welche die Lichtempfindlichkeit des Films grafisch darstellen (auch Schwärzungskurven oder D-LogE-Kurven genannt), stammen vom Filmhersteller.

Bei dieser Kurvenfamilie wird die Dichte als Funktion des Logarithmus von  $H$  abgebildet. Die Form der Kurve stellt die Farbempfindlichkeit für eine große Bandbreite von Belichtungen und für einen bestimmten Entwicklungsverlauf dar. Mit abnehmender Neigung der Kurve sinkt auch die Fähigkeit des Films, den Kontrast zwischen unterschiedlichen Belichtungszeiten abzubilden, und endet ganz, wenn die Kurve horizontal verläuft. Die rechte Seite der Kurve geht in Sättigung über (Eastman Kodak Company Staff 1997). In diesem Kurvenabschnitt sinkt die Rate der Dichtezunahme bei steigender Belichtungszeit allmählich ab, bis ein Maximum erreicht wird. Dies wird „Maximaldichte“ genannt. Jenseits dieses Punkts können sich Belichtungsveränderungen nicht mehr als Dichteveränderungen auswirken.



**Abbildung 6: Schwärzungskurven eines KODAK Gold 200-Films (Quelle: KODAK GOLD 100 and 200 Filme, August 2000).**

Um den  $H$ -Parameter zu bestimmen, wird hier die der Maximaldichte entsprechende Belichtungszeit des für die Aufnahme verwendeten Films (KODAK Gold 200) betrachtet. Die charakteristischen Kurven für die drei Farben Rot, Grün und Blau werden in Abbildung 6 dargestellt. Die rechte Seite der Kurve entspricht einer Überbelichtung des Bildes. Der  $\log H$ -Höchstwert der von der Firma Kodak bereitgestellten Kurven ist 1,0. Dies entspricht  $H = 10 \text{ lx} \cdot \text{s}$  (oder  $\text{lm} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ ). Daher wird angenommen, dass der relevante Bereich des Films überbe-

lichtet wurde und einer Beleuchtung von  $10 \text{ lx} \cdot \text{s}$  ausgesetzt war.

Mit den obigen Daten ergibt die Gleichung (5)  $I_V = 2.6 \cdot 10^4 \text{ cd}$ , ein Wert, der deutlich unterhalb der von Autoscheinwerfern emittierten maximalen Lichtstärke liegt (siehe die ECE-Bestimmung). Diese grobe Schätzung zeigt, dass die Lichtstärke des vom EMBLA-Physikerteams registrierten Lichts mit dem übereinstimmt, was im Falle von Autoscheinwerfern erwartet werden darf. Darüber hinaus unterstützt dieses Resultat die Schlussfolgerung, dass die von Teodorani und Nobili dargelegten fotometrischen Schätzungen der scheinbaren Leuchtkraft nicht sehr verlässlich sind.

### *Diskussion des Leuchtstärke/Größe-Gesetzes*

Aufgrund der Nachverarbeitung von während des EMBLA-Feldaufenthalts 2001 aufgenommenen Videobildern berücksichtigen Teodorani und Nobili geringfügige Zeitabweichungen. Die von ihnen vorgeschlagene Erklärung für die gesammelten Daten lautet, dass

*„die Helligkeit eines blinkenden und unbeweglichen Lichtphänomens auch dann wächst, wenn sich das Lichtphänomen anscheinend ausdehnt (Zunahme von  $R$ ). Aus der Thermodynamik wissen wir, dass wenn eine Plasmakugel [dies ist die vom EMBLA-Physikerteam vorgeschlagene Quelle der Hessdalen-Lichter (Teodorani et al. 2001)] sich ausdehnt, sie ... mit einer deutlichen Abnahme der Leuchtstärke (Intensität pro Pixel) schnell abkühlen muss, aber dies geschieht im Falle des Hessdalen-Phänomens nicht. Die Leuchtstärke unterliegt hier einem linearen Wachstum aufgrund einer offenbar ausschließlichen Abhängigkeit der Leuchtstärke vom Parameter  $R^2$  (Stefan-Boltzmann-Gesetz), die in diesem besonderen Fall im Vergleich mit der sehr schwachen Abhängigkeit der Leuchtstärke vom Parameter  $T_E$  [Effektivtemperatur] sehr stark ausfällt.“ (Teodorani und Nobili 2002, S. 8 f.)*

Sei  $A$  die scheinbare Größe des Leuchtphänomens „wie von einer Canon XM-1-Videokamera registriert“ und  $k$  eine Konstante. Aus einer „Kurve, die eine Zunahme der scheinbaren Leuchtstärke mit der Größe einer unbeweglichen blinkenden Lichtkugel zeigt“ (Teodorani und Nobili, 2002, S. 9), folgt somit

$$L_{APP} = kA$$

Um die lineare Beziehung zwischen scheinbarer Leuchtstärke und scheinbarer Größe zu erklären, merken Teodorani und Nobili an, dass

*„dieser experimentelle Beleg, welcher zeigt, dass in diesen Lichtphänomenen die Temperatur bei einer Ausdehnung der strahlenden Oberfläche konstant bleibt oder sehr geringfügig abnimmt, in hohem Maße anomal wäre, wenn die Zunahme der Leuchtstärke von einer einzelnen Lichtkugel verursacht würde, aber sie kann sehr gut erklärt werden, wenn die scheinbare ‚Ausdehnung‘ der strahlenden Oberfläche nicht von einer einzelnen Lichtkugel, sondern vom plötzlichen Auftreten mehrerer anderer Lichtkugeln in großer Nähe zum ersten verursacht wäre.“ (Teodorani und Nobili 2002, S. 9)*

Sie nehmen also an, dass die scheinbare Größe mit der tatsächlichen Größe einer Anzahl

angeblicher „Lichtkugeln“ korreliert. Diese Annahme ist jedoch von zweifelhafter Verlässlichkeit, weil die Daten vermutlich von einer gesättigten Lichtquelle herrühren.<sup>12</sup> Wenn  $S$  die Anzahl der Berechnungen ist, die einen Pixel sättigen, und  $N$  der scheinbare Radius der gesättigten Quelle (in Pixel), dann ergibt sich die Gesamtzahl der Berechnungen  $S_{tot}$  durch die Anzahl der gesättigten Pixel plus der Anzahl der Pixel in einer ungesättigten Korona mit einem Radius von einem Pixel:

$$S_{tot} = S\pi(N-1)^2 + \left[ aS\pi N^2 - aS\pi(N-1)^2 \right] = S\pi(N-1)^2 + \pi aS(2N-1)$$

wobei  $a$  ein zufällig zwischen 0 und 1 variierender Parameter ist. Die Sättigungszahl  $S$  kann einem Schaubild entnommen werden, sie ist gleich der maximalen Anzahl von Berechnungen geteilt durch die Anzahl der Pixel der Quelle mit der entsprechenden Anzahl von Berechnungen. Der Ausdruck in eckigen Klammern gibt die Streuung der Berechnungen einer Quelle vom Radius  $N$  unter der Voraussetzung an, dass  $S$  bekannt ist. Die auf diese Weise ermittelte Funktion ist der im EMBLA-Schaubild abgebildeten sehr ähnlich, und die Sättigungshypothese stimmt mit der linearen Abhängigkeit von scheinbarer Größe und Leuchtstärke überein. Änderungen von  $S_{tot}$  könnten durch Bäume in der Sichtlinie, durch scheinbare Drehungen der Autoscheinwerfer oder eine Kombination von beidem hervorgerufen sein.

### *Kritik der Schätzung der Effektivtemperatur*

Im Abschnitt „Spektroskopie“ diskutiert das EMBLA-Physikerteam die Merkmale des „mit einem ROS-Beugungsgitter in Verbindung mit einer mit einem 270mm-Objektiv versehenen Praktika BX-20 Reflexkamera registrierten Spektrums eines Hessdalen-Lichtphänomens“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 11). Dieser Abschnitt folgt auf einen anderen, in dem die Verfasser durch fotometrische Berechnungen die von den Lichtern ausgestrahlte „Gesamtenergie“ ermitteln. (Teodorani & Nobili 2002, S. 7). Durch Anwendung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes (unter der Hypothese, dass „das Lichtphänomen ... sich wie eine aus ionisierten Teilchen im thermodynamischen Gleichgewicht bestehende Lichtkugel“ verhält, ermittelt das EMBLA-Team die angebliche Effektivtemperatur des Phänomens und merkt an: „Die spektroskopisch abgeleitete Farbtemperatur entspricht nicht der aus der Fotometrie abgeleiteten Effektivtemperatur“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 12).

Während die behauptete fotometrische Effektivtemperatur zwischen 8853 und 10878 K liegt, führt die Spektralanalyse das EMBLA-Team zu Werten im Bereich von 4400 und 6300 K. Dieses Ergebnis überrascht nicht, da ihre fotometrischen Schätzungen aus einer fragwürdigen Bestimmung der beteiligten Parameter folgen. Einige Anmerkungen scheinen angebracht.

---

12 Der Verfasser dankt Michele Moroni für den Hinweis auf das Problem der Sättigung sowie für einige wichtige Korrekturen und Verbesserungen der ursprünglichen Berechnung der scheinbaren Leuchtstärke und scheinbaren Größe.

Erstens: Hinsichtlich der Größe des Phänomens stellen sie fest, dass „es ... möglich (ist), einen Vergleich mit der Größe der Bäume zu ziehen“ und dass „ein Mittelwert von  $R = 10\text{ m}$  ... angenommen werden (kann)“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 7). Da (a) das Phänomen nicht vollständig stationär verharrte, (b) das Bild durch eine lange Belichtungszeit gewonnen wurde und (c) die Höhe der Bäume aufgrund der Überschätzung der Entfernung (diese Bäume befinden sich auf dem Heggsethødga-Rücken in 4 km Entfernung vom Beobachtungspunkt) ebenfalls überschätzt wurde, entbehrt die Annahme von 10 m jeder Grundlage.

Zweitens: Das EMBLA-Team unterstellt „die Gültigkeit der Gleichung  $L_{ABS} = 4\pi R^2 \sigma T_E^4$ , wobei  $R$  der Radius des Leuchtphänomens,  $\sigma = 5.6697 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  die Stefan-Boltzmann-Konstante und  $T_E$  die Effektivtemperatur ist“ (Teodorani und Nobili 2002, S. 7).

Wie vom Physikerteam angemerkt wird, beruht diese Annahme auf der „willkürlich gemachten Hypothese, dass das Phänomen sich wie eine Lichtkugel verhält, die sich aus ionisierten Partikeln im thermodynamischen Gleichgewicht besteht (Theorie des schwarzen Strahlers)“ (a. a. O.). Diese willkürliche Annahme wird durch einige Rechenfehler noch verschlimmert. Entsprechend der Tabelle, welche die geschätzte Effektivtemperatur angibt, würde dieser Wert im Bereich zwischen 8853 und 10878 K liegen. Dieses Ergebnis steht jedoch nicht im Einklang mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz.<sup>13</sup> Für Bild 1 werden vom EMBLA-Team die folgenden Werte angegeben:  $L_{ABS} = 61\,041 \text{ W}$ ; *Gesamtenergie* =  $3.05 \cdot 10^{12} \text{ erg}$  ( $3.05 \cdot 10^5 \text{ J}$ );  $T_E = 9622 \text{ K}$ . Wenn man die vom EMBLA-Physikerteam selbst geschätzten Parameterwerte in die folgende Formel einfügt, dann liegt die „korrekte“ Effektivtemperatur unterhalb der Umgebungstemperatur.

$$T_E = \left( \frac{L_{ABS}}{4\pi R^2 \sigma} \right)^{1/4} = \left( \frac{61,041}{4 \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8}} \right)^{1/4} \cong 171 \text{ K}$$

---

13 Die Gesamtleistung pro Flächeneinheit eines Schwarzkörperstrahlers ( $L_{ABS}/A$ ) wird durch eine Integration der Planckschen Strahlungsformel über alle Wellenlängen erreicht. Die pro Flächeneinheit ausgestrahlte Leistung als Funktion der Wellenlänge ist

$$\frac{dL_{ABS}}{d\lambda} \frac{1}{A} = \frac{2\pi^5 h c^2}{15 \lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)}$$

Ihre Integration bildet die Schlussform des Stefan-Boltzmann-Gesetzes:

$$\frac{L_{ABS}}{A} = \frac{2\pi^5 k^4}{15h^3 c^2} T^4 = \sigma T^4 = \left[ 5.6697 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right] T^4$$

Daher folgt für einen sphärischen Radiator:

$$L_{ABS} = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Die wahrscheinliche Quelle für diesen Fehler dürfte der Umgang des EMBLA-Teams mit der Maßeinheit für  $L_{ABS}$  sein. Es stellt sich heraus, dass die umgekehrte Schätzung der absoluten Leuchtstärke (aus dem von Teodorani und Nobili angegebenen  $T_E$ -Wert)

$$L_{ABS} = 4\pi R^2 \sigma T_E^4 = 4 \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (9622)^4 = 6.1 \cdot 10^{11} \text{ W}$$

ergibt, ein Wert, der  $10^7$  mal höher liegt als der von Teodorani und Nobili engegebene Wert, d. h. er ist um einen numerischen Faktor fehlerhaft, der dem Umrechnungsfaktor von W nach erg/s entspricht.

In einer kürzlich erhaltenen e-mail hat Teodorani behauptet, dass der Verfasser hinsichtlich seiner Schätzung der Effektivtemperatur einem Irrtum erliegt. Er hat zunächst angemerkt, dass die Stefan-Boltzmann-Gleichung „zum Studium der Sterne und nicht von Scheinwerfern“ dient, womit er offenbar mit dem Verfasser übereinstimmt, dass diese Gleichung von zweifelhaftem Wert für die Untersuchung der von ihm nicht erkannten Autoscheinwerfer ist. Zweitens ist seiner Ansicht nach der Wert von 171 K falsch, weil sein  $L_{ABS}$ -Wert in die Stefan-Boltzmann-Gleichung „ohne die Umwandlung von Watt in erg/s“ (also um einen  $10^7$ -Faktor) eingefügt wird, bevor die Temperatur berechnet wird (Teodorani, zit. n. Sabadin 2003).

Teodoranis Analyse ist nicht korrekt. Dem Stefan-Boltzmann-Gesetz zufolge (siehe beispielsweise Piragino & Pisent 1984, S. 572, S. 579) ist die von einem Schwarzkörperstrahler pro Sekunde und Flächeneinheit (A) ausgestrahlte Energie proportional zur vierten Potenz der absoluten Temperatur und beträgt (in Teodoranis Schreibweise)

$$L_{ABS} / A = \sigma T^4 \left[ \text{Jm}^{-2} \text{s}^{-1} \right]$$

wobei  $\sigma = 5.6697 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  (oder  $\text{J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ). *Dieser Wert ist exakt derselbe konstante Wert wie von Teodorani und Nobili (2002, S. 7) angegeben.* Wie ersichtlich ist, werden sowohl diese Konstante als auch die anderen Werte ( $L_{ABS}$ , A, T) *bereits in SI-Einheiten ausgedrückt*, weshalb es für den vorgeschlagenen Wechsel der Maßeinheit keine Rechtfertigung gibt. Eine Umwandlung der  $L_{ABS}$ -Messung in erg/s, wie Teodorani das macht, würde zu einem inkonsistenten Wert ohne jede physikalische Bedeutung führen. Ein numerisches Beispiel kann die Korrektheit dieses Verfahrens demonstrieren. Wenn man in die obige Gleichung die Werte der absoluten Leuchtstärke und Fläche der Sonne einfügt *und sie in SI-Einheiten angibt*, dann folgt aufgrund  $L_{ABS} = 3.9 \cdot 10^{26} \text{ W}$  und  $R = 6.96 \cdot 10^8 \text{ m}$

$$T = \left( \frac{L_{ABS}}{4\pi R^2 \sigma} \right)^{1/4} = \left( \frac{3.9 \cdot 10^{26} \text{ W}}{4 \cdot 3.14 \cdot 4.84 \cdot 10^{17} \text{ m}^2 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{1/4} = 5800 \text{ K}$$

in perfekter Übereinstimmung mit der Temperatur der Sonne.<sup>14</sup> Dieselbe Vorgehensweise mit den von Teodorani für das „blinkende Licht“ in Hessdalen angegebenen Werten für  $L_{\text{ABS}}$  und  $R$  würde zu einer effektiven Temperatur von 171 K führen. Darin besteht das Problem.

Darüber hinaus überzeugt Teodoranis Ansatz nicht aus einem tiefer liegenden theoretischen Grund. Er stellt fest, dass das Stefan-Boltzmann-Gesetz in einer Leuchtstärke „im sichtbaren Bereich von  $\Delta\lambda = 3800\text{-}6800 \text{ \AA}$ “ resultiert (Teodorani & Nobili 2002, S. 7). Dies ist nicht zutreffend. Diese Formel betrifft die *Lichtleistung (über das gesamte Spektrum)* und daher die Gesamtenergie pro Flächeneinheit eines Schwarzkörperstrahlers. Wenn die Temperatur nahe der der Sonne liegt (5800 K), besteht nur eine geringe Differenz zwischen beiden Leuchtstärken. Bei tieferen Temperaturen wie 3200 K jedoch umfasst die Differenz bereits zwei Größenordnungen, und bei einer Temperatur von 171 K sind dies 49 Größenordnungen! Wenn man daher, wie Teodorani, eine Leuchtstärke im Bereich von 3800-6800  $\text{\AA}$  in die Gleichung einfügt, erhält man eine Effektivtemperatur, die in keiner Weise (nicht einmal der Größenordnung nach) mit der Temperatur des Objekts korreliert.

### Spektralanalyse

Wie aus dem vorangehenden Abschnitt klar wird, ist die – aus den oben erörterten nicht verlässlichen Annahmen – korrekt geschätzte Effektivtemperatur bedeutungslos und steht in offenem Widerspruch mit den durch die spektroskopischen Daten ermittelten Werten. Auf der anderen Seite gibt es, wie im Folgenden gezeigt werden soll, keinen Widerspruch zwischen den aus der Spektralanalyse resultierenden Zahlen und der Scheinwerferhypothese. Das EMBLA-Team schreibt:

„Durch den Einsatz der Praktika-Spiegelreflexkamera in Verbindung mit einem [vom CIPH geliehenen] ROS-Beugungsgitter war es möglich, eine Reihe von Spektren sowohl von bekannten Lichtern als auch von dem vermutlichen Hessdalen-Licht zu ermitteln. Die Merkmale des Beugungsgitters wurden als passend für punktförmige Lichter wie die obigen Lichtquellen erachtet. Spektren von Straßenlaternen mit sehr gut identifizierbaren Linien wurden als ‚Kalibrierungslampen‘ verwendet, um eine Positions-Wellenlänge-Kalibrierung des relevanten Spektrums zu ermöglichen. In diesem Fall wurde das Spektrum einer Natriumdampfampe (typisches gelbes Licht) verwendet, obwohl auch eine Quecksilberdampf-Hochdrucklampe (typisches weißes Licht) in Betracht gezogen wurde. ... Außerdem wurden einige Testspektren auch von anderen Lichtquellen wie Auto- und Traktorlampen, Xenon-, Krypton- und Wolframblitzlichtern, Halogenlampen, Feuer, Neonröhren und LED-Lichtern ermittelt: diese wurden als Vergleich verwendet. Nur eines von drei Spektren (bei zehn Versuchen) wurde für die Analyse herangezogen, da die anderen zuviel Rauschen enthielten. ... Das in diesem Jahr ermittelte Spektrum erscheint als ein kontinuierliches Spektrum ohne aufgelöste Linien. Es zeigt eine Zusammensetzung aus zwei hohen Spitzen bei 5750 und 6600  $\text{\AA}$  und einer deutlich kleineren Spitze bei 4500  $\text{\AA}$ .“ (Teodorani und Nobili 2002, S. 10 f.)

---

14 Für Daten zur solaren Physik siehe z. B. <http://www.astro.wisc.edu/~dolan/constants/calc.html>.

Wie oben ausgeführt, ermitteln Teodorani und Nobili drei Temperaturwerte (6300, 5100 und 4400 K) „durch die willkürliche Annahme, dass das Spektrum von einer Art ionisiertem und/oder angeregtem Ionen- und Elektronengas im thermodynamischen Gleichgewicht herrührt“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 12). Das Spektrum wird in Abbildung 7 dargestellt.

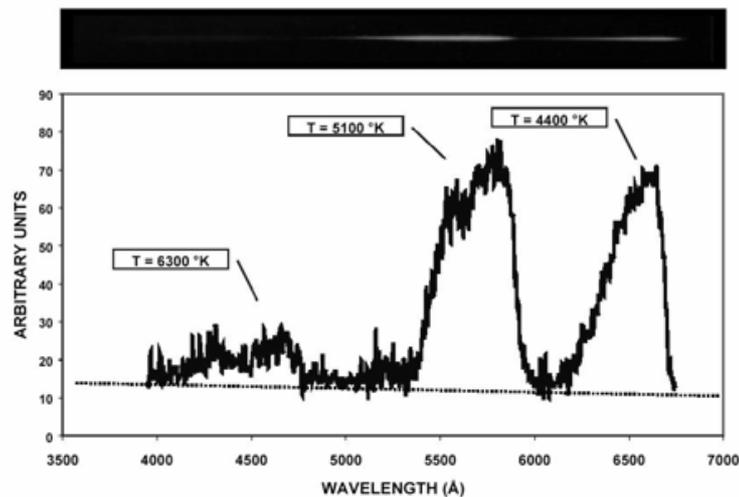


Abbildung 7: Vom EMBLA-Physikerteam im August 2002 ermitteltes Spektrum (Quelle: Teodorani & Nobili 2002).

Aufgrund einiger Analogien mit den Spektren, die von Leuchtstoffröhren, Xenon-Gasentladungslampen, Kohlebogenlampen, Fluoreszenzleuchten, Blitzlichtern und Tageslicht-Leuchtstoffröhren werden sie zu der Annahme geführt, dass „das aufgezeichnete Spektrum ... von mehreren zusammengesetzten Lichtquellen herrühren (könnte), die mehr oder weniger einem künstlichen Licht ähneln, aber nicht notwendigerweise dieselben Geräte sind, welche ein solches Leuchten vom chemisch-physikalischen Standpunkt aus erzeugen“ (a.a.O.). Nichtsdestotrotz formulieren sie eine andere Deutung, „die möglicherweise realistischer ist“: die drei Maxima (peaks) „rühren von einer Vermischung vieler sehr eng beieinander liegender Emissionslinien her“ (a.a.O.). Unter den in Betracht kommenden Elementen listen sie auf: Silizium vermischt mit Neon (5750 Å-Maximum), Sauerstoff, Stickstoff, Neon, Argon und Natrium (4500 Å), ferner Kalzium und Natrium vermischt mit Silizium (6600 Å). Andere, schwächere von Teodorani und Nobili gesammelte Spektren gleichen angeblich dem im EMBLA-Aufsatz gezeigten:

„Nachdem wir sichergestellt haben, dass die Hauptmaxima die Position hinsichtlich Wellenlänge und Form in drei verschiedenen Spektren, die zu drei verschiedenen Zeiten und unterschiedlichen Lichtereignissen bestimmt wurden, nicht ändern, haben wir eine weitere Demonstration des Tatbestands, dass R, der Radius der

Licht ausstrahlenden Fläche, der einzige für die Lichtstärkenveränderungen verantwortliche Parameter ist und nicht die Temperatur  $T$ . Daher *ist die Konstanz der Farbtemperatur ein gesicherter Tatbestand* (Teodorani & Nobili 2002, S. 14).

Für die Beurteilung dieses Resultats ist es wichtig, die beiden grundlegenden Typen von Fahrzeugbeleuchtungen zu analysieren: Glüh- und Gasentladungslampen.

Im Glühlampenscheinwerfer wird das Licht von einem dünnen Wolframfaden erzeugt, der bei Erhitzung durch elektrischen Strom leuchtet. Die Fadentemperatur in einer Wolframdrahtglühbirne liegt im Allgemeinen zwischen 2800 und 3200 K, wobei höhere Temperaturen größere Leuchtstärken ergeben. Wenn die Fadentemperatur erhöht wird, erhöht sich jedoch auch die Verdampfungsrate, was zu einer Verkürzung der Lebensdauer aufgrund einer Schwärzung der Glühbirne führt. Um die Verdampfung des Fadens zu vermindern, wird der Glühbirne ein träges Gas oder eine Mischung träger Gase hinzugefügt. Längere Lebensdauer und erhöhte Effizienz werden mit der Wolframhalogenlampe erzielt, die dem Füllgas ein Halogen hinzufügt und die sich eine umkehrbare Reaktion zwischen dem Wolfram und dem Halogen zunutze macht. In Halogenlampen wird das verdampfte Wolfram dem Faden durch einen chemischen Transportprozess wieder zugeführt, welcher eine Schwärzung der Glühbirne verhindert. Dieser regenerative Zyklus ermöglicht die Verwendung einer höheren Fadentemperatur (Rechtsteiner & Ganske 1998). Bezüglich des Spektrums liegt die Farbtemperatur einer Standardglühlampe bei 2800 K, während ein Halogenscheinwerfer üblicherweise 3200 K erreicht. In den vergangenen Jahren kamen neue Halogenlampen auf den Markt, die bis zu 4000 K liefern (OSRAM 2000a). Auch die Sonne ist ein Leuchtkörper: das Standard-Sonnenlicht ist mit 5400 K festgesetzt. Es ist nicht überraschend, dass diese Farbtemperatur mit einer Wellenlänge einhergeht, die nahe bei dem Wert für maximale Empfindlichkeit der Retina liegt (555 nm). Als Folge dieser Kennzahlen strahlt eine Wolframfadenlampe überwiegend im Infrarotbereich. Somit ist das Spektrum bei den sichtbaren Frequenzen eine kontinuierliche glatte Linie, die mit zunehmender Wellenlänge ansteigt. Die ECE-Bestimmungen (1992, 2002) führen verwaltungstechnische Vorkehrungen und technische Voraussetzungen für Scheinwerfer mit Halogenfadenlampen der folgenden Kategorien: H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, HB<sub>3</sub>, HB<sub>4</sub>, H<sub>7</sub>, H<sub>8</sub>, H<sub>9</sub>, HIR1, HIR2 und/oder H<sub>11</sub>.

Hochenergie-Entladungslampen (High-Intensity Discharge lamps, HID) verwenden einen elektrischen Lichtbogen zur Erzeugung eines intensiven Lichts. Der Lichtbogen wird mittels einer Kapsel (Birne) mit zwei aneinandergrenzenden Elektroden in großer Nähe erzeugt. Die Kapsel leitet diese beiden Anschlüsse an ein elektronisches Vorschaltgerät. Dies ist ein elektronisches Bauteil, das als Zündvorrichtung der Gasentladung dient. Die HID-Kapsel ist vakuumversiegelt mit einer angereicherten Mischung an Edelgasen und Salzen der Alkalimetalle. Ein elektrischer Hochspannungsbogen wird zwischen beiden Elektroden aufgebaut, der Xenongas zur Entladung von Photonen anregt (Wang 2002). Standard-HID-Scheinwerfer erzeugen Licht bei 4100 K. In den letzten Jahren hat die HID-Automobiltechnologie Scheinwerfer entwickelt, die 5400 K erreichen, also nahe bei der Farbtemperatur der Sonne liegen (OS-

RAM 2000b). Mit steigender Farbtemperatur wechselt die Farbe des Lichts von Gelb über Weiß zu Weißblau. HID-Scheinwerfer erzeugen Licht bei einer höheren Farbtemperatur als normale Halogenscheinwerfer, was ihnen ein reinweißes Erscheinungsbild gibt. Ein Problem besteht darin, dass eine Entladungslampe ihre Strahlung nicht in einer schönen glatten Kurve mit Strahlung auf allen Wellenlängen emittiert. Eine Entladungsquelle weist in ihrem ausgestoßenen Spektrum ausgeprägte „Spitzen“ auf, die von den spezifischen Elementen stammen, die für die Füllmischung des Lichtbogens verwendet werden. Die normalerweise verwendete Methode besteht darin, den Ausstoß der Lichtbogenquelle an eine Glühfadenquelle anzupassen und die Farbtemperatur dieser Quelle zu verwenden. Wenn die Anpassung auf diese Weise vorgenommen wird, bezeichnet man die Farbtemperatur der Entladungsquelle als „korrelierte Farbtemperatur“, die eine hilfreiche Annäherung bietet (Wood 2000). Die ECE-Bestimmungen (1996, 2001) führen verwaltungstechnische Vorkehrungen und technische Voraussetzungen für Scheinwerfer mit Gasentladungslampen in den Kategorien D1S/D2S und D1R/D2R..

Somit hat jeder Scheinwerfertyp seine eigene besondere Farbtemperatur, und dieser Parameter ist unabhängig von der scheinbaren Größe des Leuchtphänomens. Kurz, dieses Ergebnis stimmt mit dem „Phänomen der konstanten Farbtemperatur“ überein.

Wie oben dargelegt, war das vom EMBLA-Team ermittelte Spektrum aus „zwei Spitzen bei 5750 und 6600 Å und einer deutlich kleineren Spitze bei 4500 Å zusammengesetzt“ (Teodorani & Nobili 2002, S. 11). War die Leuchtquelle ein Glühlampen- oder ein Gasentladungsscheinwerfer? Obwohl die Diskontinuitäten im Hessdalen-Spektrum auf eine Entladungsquelle zu verweisen scheinen, führt die Suche nach einer „schuldigen“ HID nicht zum Erfolg. Während die Stärke der Spektralemission eines D2- und D4-HID aufgrund zweier Emissionslinien bei 569 nm (Scandium) und 589 nm (Natrium) zwischen 550 und 600 nm am höchsten ist, also dort, wo das EMBLA-Spektrum eine breite Spitze um 575 nm aufweist, stimmen andere Merkmale mit dem vom EMBLA-Team ermittelten Spektrum nicht überein. Auffällig ist das Fehlen der großen 660 nm-Spitze (Schimke & Grundmann 2002). Die D2- und D4-Spektren sind in Abbildung 8 dargestellt.

Bessere Ergebnisse erhalten wir, wenn wir eine Halogenglühlampe in Betracht ziehen. In Abbildung 9 wird ein typisches Spektrum einer Glühfadenlampe dargestellt. Wie ersichtlich ist, ist die Spektralverteilung von Glühfadenlampen kontinuierlich und folgt sehr eng einer Schwarzkörperverteilung. Da es keine Emissionslinien oder -bereiche gibt, ist es interessant anzumerken, dass in Übereinstimmung mit dem vom EMBLA-Team ermittelten Spektrum die meisten Emissionen im Bereich von 400-700 nm bei hohen Wellenlängen erfolgen.

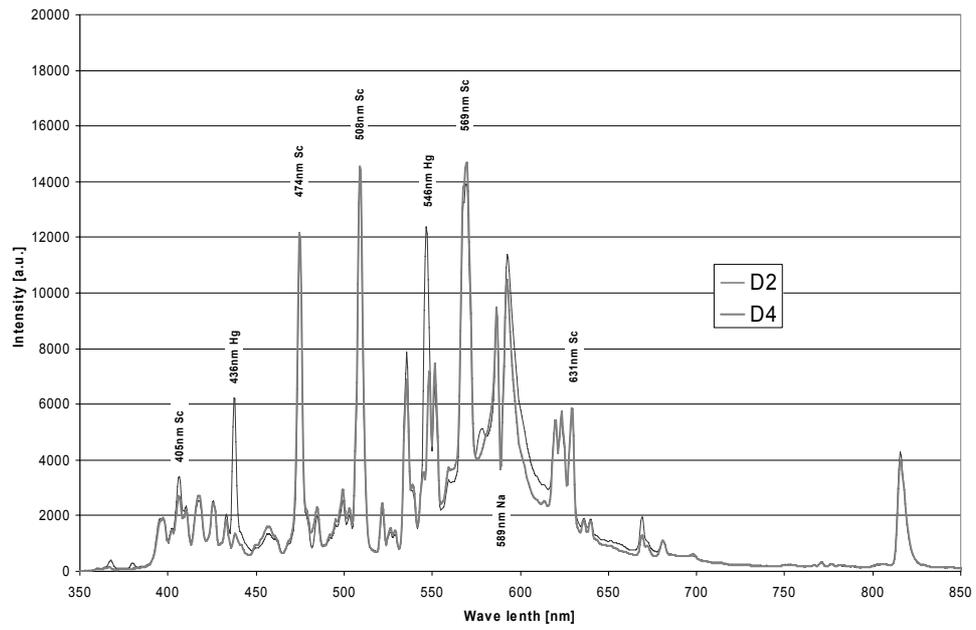


Abbildung 8: Spektralvergleich von D2- und D4-Scheinwerfern  
(Quelle: Schimke & Grundmann 2002).

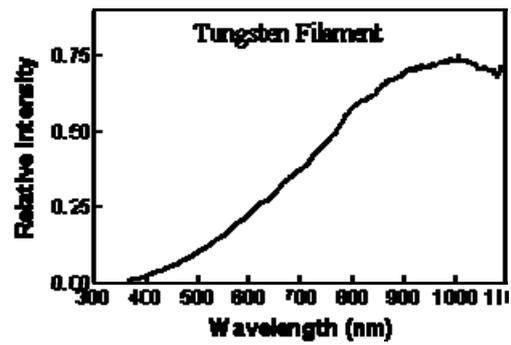


Abbildung 9: Spektrum eines Wolframfadens in einer Glühbirne  
(Quelle: Rechtsteiner & Ganske 1998).

### *Die Halogenscheinwerfer-Farbfilm-Hypothese*

Obwohl die Emissionen bei hohen Wellenlängen einer Glühfadenlichtquelle mit dem allgemeinen spektroskopischen Resultat der optischen EMBLA-Erhebung übereinstimmen, muss das Problem der „anormalen Spitzen“ bei 6600, 5750 und 4500 Å noch geklärt werden. Steht das Vorhandensein von Emissionsspitzen in dem vom EMBLA-Physikerteam ermittelten Spektrum tatsächlich im Widerspruch zu dem erwarteten Spektrum von Halogenscheinwerfern?

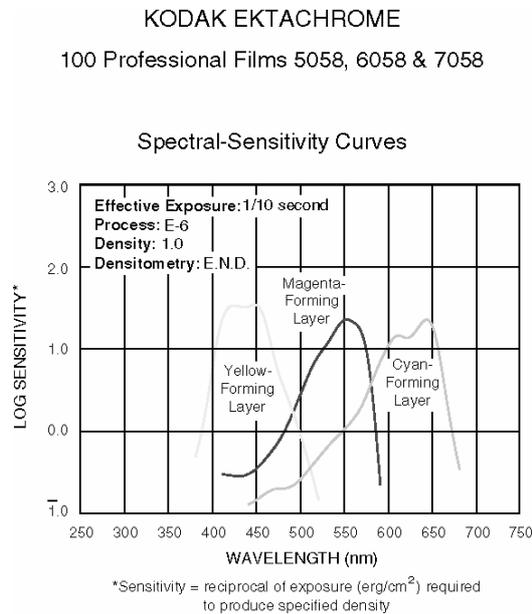
Um diese Frage zu beantworten, ist es wichtig, sowohl die Lichtquelle als auch das Messsystem, d. h. den fotografischen Film, zu betrachten. Es ist wichtig, zur Kenntnis zu nehmen, dass die für die Aufnahme des Hessdalen-Spektrums verwendete Reflexkamera einen Film verwendete (Kodak Ektachrome 100), dessen spektrale Empfindlichkeitskurve im Bereich von 400-700 nm nicht flach verläuft. Abbildung 10 zeigt eine solche Kurve (Kodak Ektachrome 100, 2002). Da der vom EMBLA-Physikerteam verwendete Film eine spektrale Empfindlichkeitskurve entsprechend Abbildung 10 aufweist, ist – in Übereinstimmung mit dem von der GEPAN ermittelten Spektrum<sup>15</sup> – zu erwarten, dass das Spektrum eines Glühfadenlichts eine Grenze des Rotanteils bei ungefähr 650 nm hat, übereinstimmend mit dem Cyan-Empfindlichkeitseinschnitt. Dies ist genau das, was das Hessdalen-Spektrum zeigt. Die „zweite große Spitze“ bei 6600 Å (Teodorani & Nobili 2002, S. 12) ist daher das Ergebnis der spektralen Empfindlichkeitskurve eines Kodak Ektachrome 100-Films anstatt einer tatsächlichen Emissionsspitze.

Während Farbfilme und panchromatische Schwarzweißfilme für alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts empfindlich sind, sind kaum zwei Filme für alle Wellenlängen gleichermaßen empfindlich. *Spektrale Empfindlichkeit* beschreibt die relative Empfindlichkeit der Emulsion für das Spektrum innerhalb des Empfindlichkeitsbereichs des Films. Die fotografische Emulsion hat inhärent die Empfindlichkeit lichtempfindlicher Silberhalidkristalle. Wie in Abbildung 10 gezeigt wird, weist der Kodak Ektachrome 100-Film drei spektrale Empfindlichkeitskurven auf – jeweils eine für die rotempfindliche (Cyan-Farbstoff produzierende), die grünempfindliche (Magenta-Farbstoff produzierende) und die blauempfindliche (Gelb-Farbstoff produzierende) Emulsionsschicht. Die Daten werden ermittelt, indem man den Film über das ganze Spektrum reichenden, 10 nm breiten, kalibrierten Strahlungsbändern aussetzt, und die Empfindlichkeit wird als umgekehrter Wert der für die Erzeugung einer bestimmten

---

15 Zum Vergleich findet sich auch bei Louange (1983) das Spektrum eines Glühfaden-Autoscheinwerfers. Das Spektrum wurde in den 1980er Jahren von der GEPAN (eine Abteilung der französischen Raumfahrtbehörde CNES, die sich mit dem Studium „nichtidentifizierter Luftraumphänomene“ befasst) aufgenommen. Solche Versuchsreihen gestatteten es der GEPAN, einen Katalog von Spektren aufzubauen, die von verschiedenen bekannten Lichtquellen ausgestrahlt werden, als Referenz zur Auswertung von Fotografien, die unidentifizierte fliegende Lichter zeigen.

Dichte erforderlichen Belichtung ausgedrückt. Die in nm ausgedrückte Strahlung wird auf der horizontalen, der Logarithmus der Empfindlichkeit auf der vertikalen Achse abgetragen, was eine Kurve der spektralen Empfindlichkeit ergibt (Eastman Kodak 1997). Dieser Film gibt Farben so wider, wie sie vom menschlichen Auge wahrgenommen werden: unser Auge verfügt über drei Gruppen von Rezeptoren (*Zapfen*) mit Empfindlichkeitsspitzen, die wir als Rot (580 nm), Grün (540 nm) und Blau (450 nm) bezeichnen. Licht beliebiger Wellenlängen im von 400 bis 700 nm reichenden sichtbaren Bereich erregt einen oder mehrere dieser Rezeptortypen.



**Abbildung 10: Spektrale Empfindlichkeitskurve des vom EMBLA-Team verwendeten Farbfilms (Quelle: Eastman Kodak 2002a).**

Ein erster Blick auf die Kodak-Kurven zeigt, dass die maximalen Intensitäten sich bei Wellenlängen der angeblichen „Spitzen“ des EMBLA-Physikerteams befinden (Abbildung 7). Ist dies Zufall? Keineswegs. Wie wohlbekannt ist, kann eine mit einem Beugungsgitter oder einem Prisma ausgestattete Kamera zur Fotografie einer großen Bandbreite von Spektren verwendet werden. Die Aufzeichnung fotografischer Spektren erfordert jedoch Sorgfalt in der Auswahl des Films. Was astronomische Spektren (d.h. punktförmige Lichtquellen wie die Hessdalen-Lichter) betrifft, so „lohnt sich der Einsatz von Farbfilmen nicht, weil das dominierende spektrale Merkmal von den Farbfiltern des Films herrührt: man erhält keinen glatten Farbverlauf. Sogar bei Schwarzweißfilmen ist Vorsicht mit den ziemlich plötzlichen Empfindlich-

keitswechseln bei unterschiedlichen Wellenlängen geboten, die als breite Spektralbänder in Erscheinung treten” (Fosbury 1999).

Der erste Schritt bei der Analyse der Möglichkeit, dass die „Spitzen“ in dem vom EMBLA-Team ermittelten Spektrum das Ergebnis eines Halogenlichts sind, das mittels eines Films einer bestimmten spektralen Empfindlichkeit aufgenommen wurde, besteht darin, die theoretische relative Intensität gegen die Wellenlänge zu schätzen. Entsprechend des Planckschen Gesetzes ist die Schwarzkörper-Bestrahlungsstärke  $E_{\lambda,T}$  gegeben durch

$$E_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{(e^{hc/\lambda kT} - 1)}$$

wobei  $h$  das Plancksche Wirkungsquantum ( $6.63 \cdot 10^{-34}$  J s),  $k$  die Boltzmann-Konstante ( $1.38 \cdot 10^{-23}$  J K<sup>-1</sup>),  $c$  die Lichtgeschwindigkeit ( $3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>),  $\lambda$  die Wellenlänge und  $T$  die absolute Temperatur ist. Somit ist das Spektrum eines Schwarzkörperstrahlers von 3200 K – entsprechend einem typischen Halogenscheinwerfer (OSRAM 2000a) – im sichtbaren Bereich in etwa linear (siehe Abbildung 11).

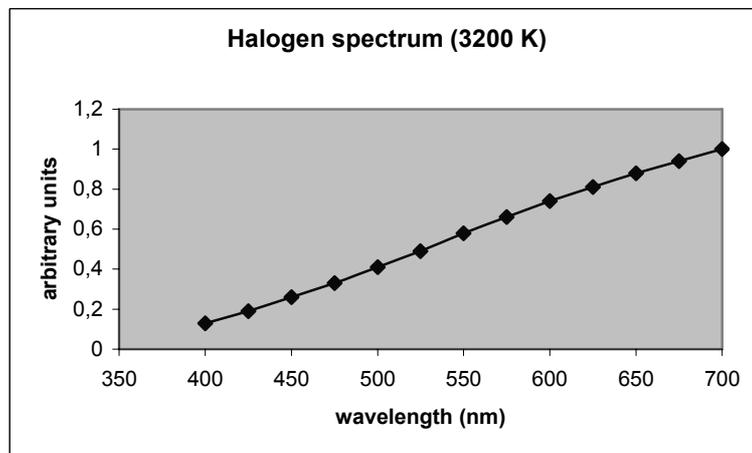


Abbildung 11: Spektrum eines Schwarzkörperstrahlers bei 3200 K.

Der zweite Schritt besteht darin, die effektive Leistung pro Flächeneinheit zu schätzen, die vom fotografischen Film aufgenommen wird. Dies wird erreicht durch eine Korrektur der obigen Werte durch den Logarithmus der spektralen Empfindlichkeit der Gelb-, Magenta- und Cyan-Schichten des Films (Abbildung 10). Die relativen Intensitäten (Abbildung 11) werden in Intervallen von 25 nm mit der spektralen Empfindlichkeit des Films multipliziert. Das Resultat wird in Abbildung 12 dargestellt.

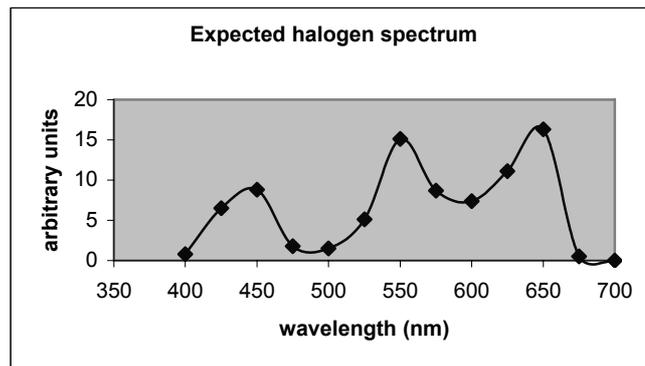


Abbildung 12: Von einem Kodakfilm aufgezeichnete Leistung pro Flächeneinheit und Wellenlänge.

Der dritte und letzte Schritt besteht darin, das aufgrund der obigen Hypothese erwartete Spektrum mit dem vom EMBLA-Team ermittelten Spektrum zu vergleichen. Aus Abbildung 12 geht hervor, dass das von einem gewöhnlichen Halogenscheinwerfer emittierte Spektrum, wenn es mit einem Ektachrome 100-Film aufgenommen wird, ziemlich genau auf das von Teodorani und Nobili ermittelte Spektrum passt (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Parallelen zwischen dem vom EMBLA-Physikerteam ermittelten und dem gemäß der Scheinwerferhypothese erwarteten Spektrum.

| Übereinstimmung | Teodorani und Nobilis Spektrum        | Spektrum von Halogenscheinwerfern auf Kodak-Film |
|-----------------|---------------------------------------|--|
| 1               | Drei breite Bänder                    | Drei breite Bänder                               |
| 2               | 4500, 5750, 6600 Å                    | 4500, 5500, 6500 Å                               |
| 3               | höchste „Spitzen“ bei 5750 und 6600 Å | höchste „Spitzen“ bei 5500 und 6500 Å            |

Unabhängig vom Verfasser hat auch R. Levin (persönliche Korrespondenz, 31. Jan. 2003) – ein Spezialist der Firma OSRAM Sylvania – das vom EMBLA-Physikerteam ermittelte Spektrum ausgewertet. Seinem Urteil zufolge ist das Spektrum ein Artefakt des Messsystems. Diese Schlussfolgerung stimmt mit den in diesem Abschnitt erörterten Befunden überein. Dem OSRAM-Spezialist zufolge ist

„das Licht ... ein Glühfadenscheinwerfer und das Muster ... ein Artefakt des Meßsystems. ... Das Spektral-

bild am oberen Ende des Spektrums [Abb. 7] legt nahe, dass das Spektrum der Lichtquelle über den ganzen Film verteilt ist. ... Farbfilme haben keine glatte Empfindlichkeitskurve. Stattdessen gibt es drei relativ schmale Empfindlichkeitsbereiche, einen für jede Farbe. Ich habe die Empfindlichkeitskurven für Ektachrome gerade nicht zur Hand, aber ich verwende eine typische standardisierte Empfindlichkeit für Farbfilme (ANSI Ph3.37-1969, entwickelt für die Bewertung selektiver Durchlässigkeit fotografischer Linsen). Wenn ich diese mit dem Spektrum eines Glühfadenscheinwerfers multipliziere, dann sind die Resultate dem [Hessdalen-] Spektrum sehr ähnlich. Ich weiß nicht, welcher Film tatsächlich verwendet wurde, daher habe ich die relative Empfindlichkeit zwischen den drei Bändern nicht ausgeglichen, aber ich denke, darin besteht das Problem. Ein panchromatischer Schwarzweißfilm würde das tatsächliche Spektrum aufzeichnen.“

Die von dem OSRAM-Spezialisten erzielten Ergebnisse, entsprechend der Hypothese, dass das Spektrum das Resultat eines Halogenscheinwerfers und eines Farbfilms ist, werden in Abbildung 13 dargestellt.

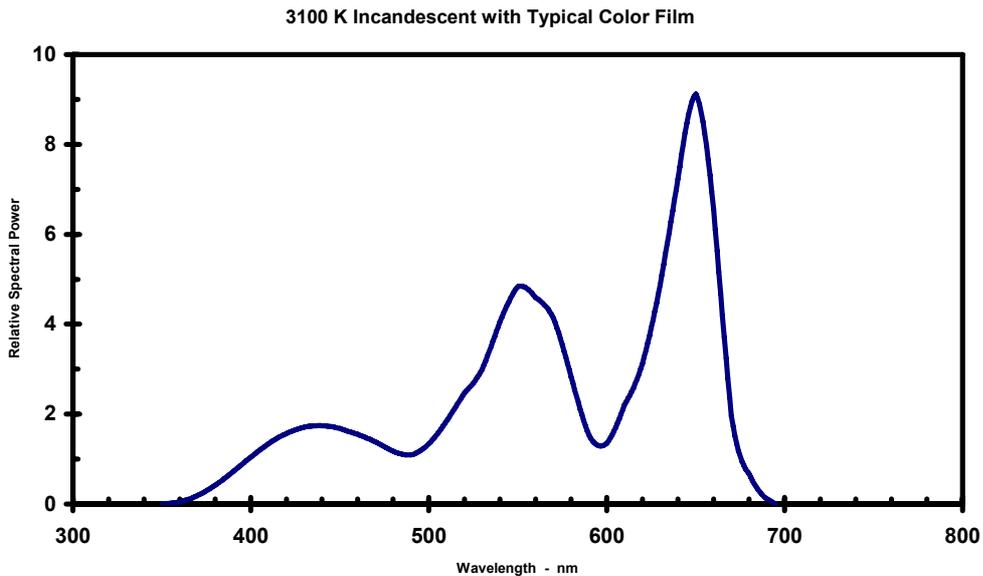


Abbildung 13: Glühfadenspektrum auf typischem Farbfilm (R. Levin, persönliche Korrespondenz, 31.1.2003).

Die qualitativen Entsprechungen zwischen dem hypothetischen Spektrum, dem hypothetischen Spektrum des Verfassers und dem empirischen Spektrum des EMBLA-Physikerteams sind bemerkenswert (siehe den in Abbildung 14 dargestellten Spektrenvergleich).

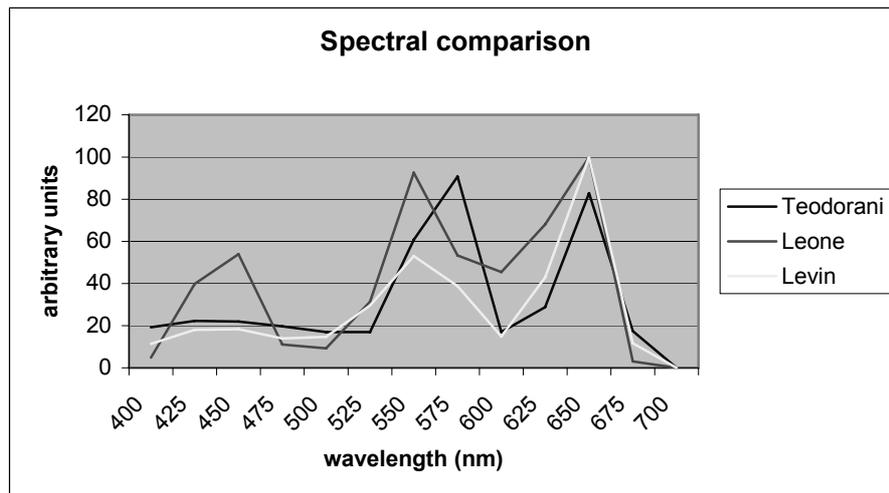


Abbildung 14: Spektrenvergleich zwischen a) dem empirischen EMBLA-Spektrum, b) dem Spektrum des Verfassers und c) dem des OSRAM-Spezialisten.

Um die Fahrzeugscheinwerferhypothese auch quantitativ zu testen, hat der Verfasser eine statistische Prüfung des empirischen gegen das theoretische Spektrum vorgenommen. Das Verhältnis zwischen dem von Teodorani erhobenen empirischen Spektrum und dem von einer Glühfaden-Lichtquelle emittierten theoretischen Spektrum wurde durch die Berechnung des nichtparametrischen Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten bestimmt (Galeotti 1983; Siegel und Castellan 1992). Es wurde die folgende Vorgehensweise befolgt:

a) Da keine Rohdaten verfügbar waren, wurden lineare Messungen der Intensität des EMBLA-Spektrums und Abbildungen der Empfindlichkeit des KODAK-Films in Abständen von 5 nm durchgeführt (siehe Abb. 15 und 16).

b) Die EMBLA-Werte wurden mit dem umgekehrten Wert der spektralen Empfindlichkeit des Films multipliziert. Dadurch wurde das theoretische Spektrum der Lichtquelle unabhängig vom Korrekturwert für die Empfindlichkeit des Films ermittelt (Abb. 17). Dieser Schritt war erforderlich, um zwei *unabhängige* Spektren zu erhalten.

c) Jeder Intensitätswert des EMBLA-Spektrums wurde der Größenordnung nach von 1 bis  $n$  geordnet (wobei  $n$  die Grundgesamtheit ist, d. h. die Anzahl der Klassen, in die das Spektrum unterteilt wurde).

d) Das von einer Glühfaden-Lichtquelle (Autoscheinwerfer) emittierte Licht wurde ebenfalls von 1 bis  $n$  geordnet. Insofern ein Glühfadenspektrum (3200 K) im sichtbaren Bereich nahezu linear ansteigt (Leone 2003, S. 22), ist der Rang direkt proportional zur Wellenlänge.

Im letzten Schritt wurde der Spearman-Korrelationskoeffizient berechnet, indem das Ver-

hältnis des EMBLA-Spektrums zur Filmempfindlichkeit (Abb. 17) und das Spektrum einer Glühfadenlampe (3200 K) berechnet wurden. Das Ergebnis ist Tabelle 8 zu entnehmen.<sup>16</sup>

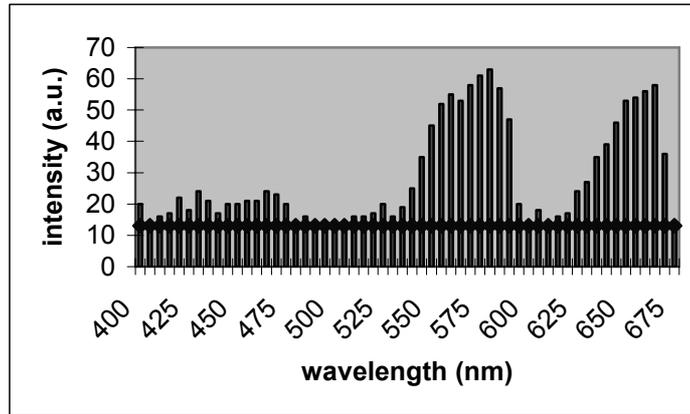


Abbildung 15: Empirisches EMBLA-Spektrum (Quelle: Teodorani & Nobili 2002). Die durchgezogene Linie zeigt das Rauschniveau an.

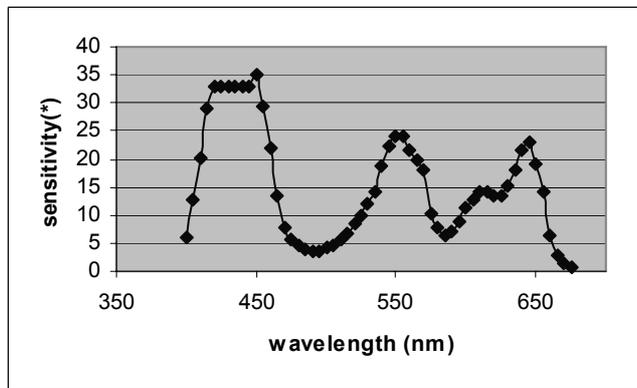


Abbildung 16: Spektrale Empfindlichkeitskurve eines Kodak Ektachrome 100-Films (Quelle: Kodak Ektachrome 100, 2002). Empfindlichkeit = Umgekehrter Wert der zur Erzeugung der angegebenen Dichte erforderlichen Belichtung (erg/cm<sup>2</sup>):

---

16 Die Formel des Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten lautet  $r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$ , wobei  $d$

die Rangdifferenz ist. Anstelle der Rohdaten werden die Datenpunkte in jeder Menge von 1 bis  $n$  geordnet. Der Parameter  $d$  wird für jede Wellenlänge aus der Differenz eines Rangpaars berechnet.

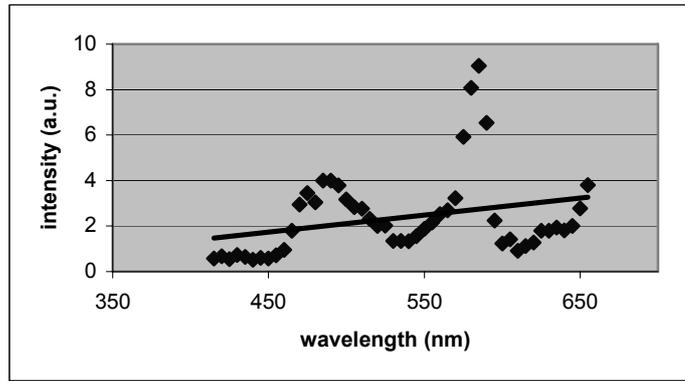


Abbildung 17: Verhältnis des EMBLA-Spektrums zur Filmempfindlichkeit. Die durchgehende Linie ist das erwartete Glühfadenspektrum.

Tabelle 8: Schätzung des Spearman-Korrelationskoeffizienten.

| Datenserie                    | Stichprobengröße | r     | p-Wert |
|-------------------------------|------------------|-------|--------|
| EMBLA vs. Halogenscheinwerfer | 50               | 0.383 | <.01   |

Dieses Ergebnis zeigt eine ziemlich starke Abhängigkeit der beiden Datenserien. Die Korrelation zwischen dem empirischen EMBLA-Spektrum und dem erwarteten theoretischen Scheinwerferspektrum ist auf dem 1%-Niveau signifikant (Holl 1990; Siegel & Castellan 1992), d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass diese Übereinstimmung auf Zufallsfaktoren zurückzuführen ist, liegt bei weniger als 1%. Abbildung 15 zeigt, dass die vom EMBLA-Physikerteam ermittelten spektroskopischen Daten in einigen Wellenlängenbereichen sehr nahe am Rauschniveau liegen ( $\lambda < 415$  nm;  $480$  nm  $< \lambda < 535$  nm;  $600$  nm  $< \lambda < 620$  nm). Würden nur die Klassen außerhalb dieser Bereiche berücksichtigt (vgl. Abbildung 18), so würde der Spearman-Koeffizient noch weitaus signifikanter ausfallen. Wie in Tabelle 9 dargestellt, wird dann die Wahrscheinlichkeit, dass die Korrelation zwischen dem EMBLA-Spektrum und dem Glühfadenscheinwerfer dem Zufall geschuldet ist, verschwindend gering.

Tabelle 9: Schätzung des Spearman-Korrelationskoeffizienten entsprechend des in Abbildung 18 dargestellten Spektrums.

| Datenserie                    | Stichprobengröße | r     | p-Wert |
|-------------------------------|------------------|-------|--------|
| EMBLA vs. Halogenscheinwerfer | 33               | 0.730 | <.001  |

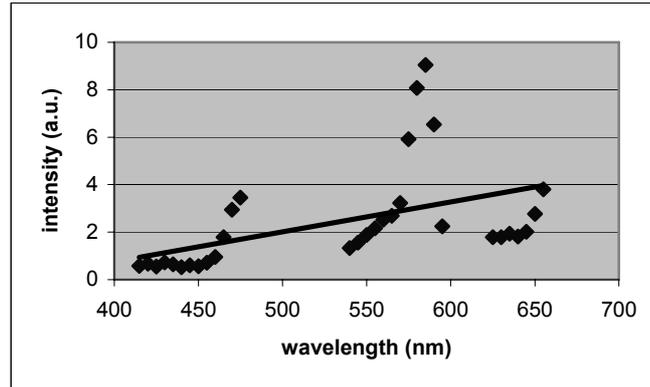


Abbildung 18: Verhältnis des EMBLA-Spektrums zur Filmempfindlichkeit (Auslassung der Bereiche  $\lambda < 415 \text{ nm}$ ;  $480 \text{ nm} < \lambda < 535 \text{ nm}$ ;  $600 \text{ nm} < \lambda < 620 \text{ nm}$ ). Die durchgehende Linie ist das erwartete Glühfadenspektrum.

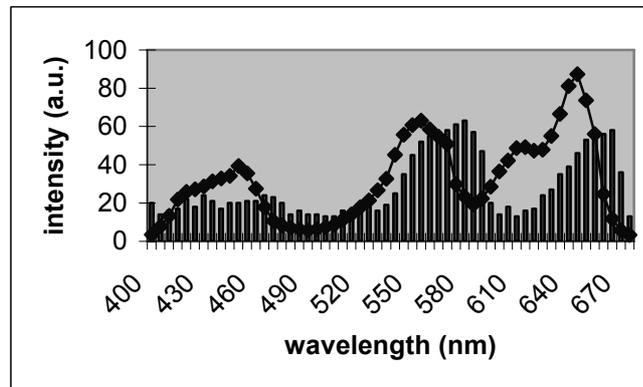


Abbildung 19: Empirisches EMBLA-Spektrum (Histogramm) und theoretisches Scheinwerfer-plus-Filmempfindlichkeits-Spektrum (Linie). Das empirische Spektrum weist relativ zum theoretischen Spektrum eine Rechtsverschiebung auf. Dieser Effekt resultiert wahrscheinlich aus einer Belichtungszeit, die höher als die maximal empfohlene liegt.

Wie vorstehend erörtert, besteht eine Fehlerquelle des EMBLA-Spektrums in dem geringen Verhältnis von Signal und Rauschen in mehreren Wellenlängenbereichen. Nichtsdestotrotz ist die Korrelation zwischen empirischen und theoretischen Spektren unter der Scheinwerferhypothese stark und unbezweifelbar. Das erwartete theoretische Spektrum, das durch die Multiplikation eines Glühfadenlampenspektrums mit der Filmempfindlichkeitskurve erzielt

wird, ist in Abbildung 19 dargestellt (kontinuierliche Linie). Ihre höhere Auflösung in Bezug auf das Spektrum in Abb. 12 rührt von dem geringeren Berechnungsintervall der EMBLA-Daten her (5 nm). In Abb. 19 wird auch das empirische EMBLA-Spektrum abgebildet. Legt man beide aufeinander, dann zeigt sich, dass eine weitere mögliche Abweichungsquelle – außer dem geringen Signal/Rauschen-Verhältnis – in einer Art von Wellenlängenverschiebung in Richtung auf den rechten Rand besteht. Dieser Effekt manifestiert sich in den Wellenlängenspitzen der Magenta- und Cyan-Schicht des EMBLA-Spektrums.

Ein solches Resultat überrascht nicht, wenn man die Charakteristika des verwendeten Films in Betracht zieht. Dem technischen Beiblatt des Kodachrome 100-Films zufolge sind bezüglich der Einstellungen für lange und kurze Belichtungszeiten signifikante Farbverschiebungen in die Cyan-Richtung (rechtes Ende des Spektrums) möglich, wenn länger als 1 Sekunde belichtet wird:

„Keine Filterkorrektur oder Belichtungsanpassung ist notwendig für Belichtungszeiten zwischen 1/10000 und 1/10 Sekunde. Bei 1 Sekunde verwenden Sie einen CC05M-Filter und erhöhen Sie die Belichtungszeit um 1/3 Blendenstufe. *Wir empfehlen keine Belichtungszeiten von mehr als 1 Sekunde. Bei längeren Belichtungszeiten können deutliche Farbgleichgewichtsverschiebungen in die Cyan-Grün-Richtung oder Kontrastfehler auftreten.*“ (Kodak Ektachrome 100 2002, Herv. M. L.)

Da das EMBLA-Physikerteam angibt, eine mittlere Belichtungszeit von ungefähr 5 Sekunden verwendet zu haben, kann dieses Merkmal einer Verschiebung im empirischen EMBLA-Spektrum auf diese Weise erklärt werden. Ein niedriges Signal/Rauschen-Verhältnis sowie ein Verschiebungseffekt sind die wahrscheinlichen Gründe hinter der ersichtlichen Oszillation um das erwartete lineare Glühfadenspektrum (siehe Abb. 17 und 18).

Das resultierende theoretische Fahrzeugscheinwerfer-plus-Filmempfindlichkeits-Spektrum hat nur eine qualitative Bedeutung, da die maximale theoretische Höhe (bei 555 nm) so gewählt wurde, dass sie zur maximalen experimentellen Höhe passt. Da (a) das EMBLA-Physikerteam die spektroskopischen Daten nur in willkürlichen Einheiten veröffentlichte (Teodorani & Nobili 2002, S. 11), (b) die Größenordnung von Fehlern unbekannt (aber wahrscheinlich sehr hoch) ist und (c) das empirische EMBLA-Spektrum von breiten Bereichen mit niedriger Signal/Rauschen-Relation durchzogen und durch einen Verschiebungseffekt belastet ist, der auf höhere als vom Hersteller empfohlene Belichtungszeiten zurückzuführen ist, lassen diese Punkte es nicht zu, einen verlässlichen Anpassungstest (z. B. einen  $\chi^2$ -Test) durchzuführen. Nichtsdestotrotz stellt der berechnete Spearman-Rangkorrelationskoeffizient ohne vernünftigen Zweifel den Nachweis einer engen Korrelation zwischen den empirischen EMBLA-Daten und dem erwarteten theoretischen Spektrum des Lichts dar.

### *Anomalous Lights vs. Headlights*

Wie oben dargelegt, sind einige der im Hessdalen-Tal gemeldeten angeblich anomalen Lichter auf gewöhnliche Fahrzeugscheinwerfer zurückzuführen. Dies *bedeutet nicht*, dass die Gesamtheit der Sichtung unidentifizierter Lichter in Hessdalen in dieser Weise erklärt werden kann. Damit wird lediglich ausgesagt, dass Fahrzeugscheinwerfer eine Quelle von Täuschungen sein können. Die optische EMBLA-Studie 2002 zeigt, dass auch wissenschaftliche Untersucher nicht vor solchen Irrtümern sicher sind.

Wie die in der wissenschaftlichen Mainstream-Literatur veröffentlichten anomalen Beobachtungen zeigen<sup>17</sup>, wurden schwache nächtliche Lichter seit Jahrhunderten als „Irrlichter“, „Feuerschiffe“, „Leichenkerzen“ (im Englischen will-o'-the-wisps, jack-o'-lanterns, ghost lights, fireships, corpse lights) und unter vielen anderen Namen dokumentiert. Beispiele von Orten, an denen schwache nächtliche Lichter gründlich studiert wurden, sind die Brown Mountain-Lichter (North Carolina), die Tri-State-, Ozark- oder Hornet-Lichter (Oklahoma), die Marfa-Lichter (Texas), die Min-Min-Lichter (Australien), die Yakima-Lichter (Staat Washington) und natürlich die Hessdalen-Lichter (Corliss 2001).

Während ein kleiner Rest an schwer zuzuordnenden Sichtungen zu verbleiben scheint, kann an vielen bekannten Orten „die große Mehrheit der gesichteten Lichter angemessen als gebrochenes, von Menschen erzeugtes Licht (Autos, Straßenlaternen etc.) erklärt werden“ (Corliss 2001, S. 291). So auch im Fall der Hessdalen-Lichter.

Seit dem späten 19. Jahrhundert wurden in North Carolina die *Brown Mountain-Lichter* gesichtet. Diesem Problem widmeten sich zwei offizielle, von der Regierung unterstützte wissenschaftliche Studien sowie mehrere private Forschungsgruppen (Corliss 2001, S. 299-301). Beide von der Regierung unterstützte Studien machten für alle gesichteten Lichter menschliche Aktivität verantwortlich. Im Jahr 1922 ordnete ein Wissenschaftler des U.S. Geological Survey, G. R. Mansfield, „47 Prozent der Lichter Automobilscheinwerfern, 33 Prozent Lokomotivscheinwerfern, 10 Prozent stationären Lichtern und 10 Prozent Buschfeuern zu“ (Kane 1983, zit. nach Corliss 2001, S. 300). Weitere Feldforschungen ergaben, dass für einen kleinen Bruchteil der Beobachtungen weiterhin eine überzeugende Erklärung fehlt (Frizzell 1984, zit. nach Corliss 2001, S. 300-301).

Was die *Tri-State-Lichter* betrifft, so haben „mehrere Wissenschaftler, die die Tri-State-Erscheinungen in Augenschein genommen haben, ... sich davon überzeugt, dass alles als atmosphärische Brechung von Autoscheinwerfern erklärt werden kann“, die auf einem als „Devil's Promenade“ bezeichneten einsamen Abschnitt einer Landstraße fuhren (Corliss 2001, S. 302). Unter den Wissenschaftlern, die dieses Phänomen studierten, war auch der

---

17 Corliss (2002) bietet eine historische Darstellung zur Identifikation und Sammlung von Berichten über Anomalien in der wissenschaftlichen Literatur im Rahmen des sog. Sourcebook Project. Siehe auch die grundlegenden Arbeiten von Charles Fort (1941, 1974).

Berater des Projekts Blue Book, J.A. Hynek (1973, zit. nach Corliss 2001, S. 302).

Die *Marfa-Lichter*, benannt nach einer kleinen Viehzüchter-Gemeinde im Westen von Texas, können fast jede Nacht beobachtet werden. Allerdings, „so wie bei den meisten der Brown Mountain-Lichter und einigen der Tri-State-Spuklichter, kann leicht nachgewiesen werden, dass nahezu alle Marfa-Lichter nicht mehr sind als *Automobilscheinwerfer*, die 24 Meilen [39 km] südlich von Marfa einen Hügel auf dem Highway 67 erklimmen. Dies zeigt eine Dreieckspeilung der Lichter ebenso wie Beobachtungen mit Hochleistungsteleskopen“ (Corliss 2001, S. 304; siehe auch Bunnell 2001; Lindee 1992).

Von August bis September 2000 analysierte eine Firma, die weltweit kommerzielle luft- und satellitengestützte Sensoranalysen von Bodenbedeckungen durchführt, die Marfa-Lichter. Durch eine Kombination von computersimulierter Bodenverteilung mit topografischen Karten des U.S. Geological Survey und einem Höhenmodell kam die Untersuchung zu dem Schluss, dass „Autoscheinwerfer, die in die Richtung auf den Beobachtungspunkt zeigen und von der konkaven Bodenoberfläche entlang des Highway 67 reflektiert werden, die Quelle der Lichter sind. Der hochgradig reflektierende Boden wirkt als Spiegeloberfläche, die die beobachteten Phänomene erzeugt“ (Alto Technology 2001). Nichtsdestotrotz gibt es zwei Klassen von Daten, die weiterhin unerklärt bleiben: erstens wurden einige Marfa-Lichter bereits 1883 von Viehtreibern beobachtet – lange bevor Autos und Highway 67 existierten, zweitens beschreiben einige der in der Literatur veröffentlichten Anekdoten angebliche Nahbegegnungen mit Marfa-Lichtern (Corliss 2001, S. 304).

### *Schlussfolgerungen*

Die vorliegende Reanalyse der optischen Hessdalen-Studie 2002 führte den Verfasser dieses Aufsatzes zu der Schlussfolgerung, dass das gesamte von Teodorani & Nobili (2002) präsentierte optische Belegmaterial mit der Scheinwerferhypothese konsistent ist. Mehrere unterschiedliche Anhaltspunkte führen zu dieser Schlussfolgerung: das „blinkende Licht“ erwies sich bei einer Beobachtung durch ein tragbares Linsenteleskop seitens des Verfassers als durch ein Paar von Autoscheinwerfern verursacht, das Leuchtphänomen trat in großer Nähe zu einer Landstraße auf, deren Winkelkoordinaten (Azimut und Höhenwinkel) vom Beobachtungsstandort aus mit denen des „blinkenden Lichts“ übereinstimmen; seine Leuchtstärke stimmt überein mit der Lichtemission eines hypothetischen Fahrzeugs, das sich auf der genannten Landstraße bewegt, und sein Spektrum ist konsistent mit einem von Autoscheinwerfern emittierten Spektrum. Diese Hypothese ist durch ein kontrolliertes Experiment mit einem Paar Autoscheinwerfern leicht verifizierbar (oder falsifizierbar).

Daraus folgt, konträr zu den Behauptungen des EMBLA-Physikerteams: (a) emittiert das beobachtete Leuchtphänomen keine „Leistung in der Größenordnung von 100 kW“, (b) seine Zunahme der Leuchtstärke ist nicht verursacht „durch viele Licht-Spheroide, die einen anfänglichen Lichtkeim umgeben“, (c) es schwebt nicht „einige zehn Meter über den Hügelkup-

pen" (Teodorani & Nobili 2002, S. 17).

Es war die Absicht dieses Aufsatzes, aufzuzeigen, dass die optische Studie in Hessdalen vom August 2002 sowohl hinsichtlich der Vorgehensweise bei der Datenerhebung als auch bei der Datenauswertung mangelhaft war. Nichtsdestotrotz verdient das Thema der im Hessdalen-Tal beobachteten Leuchtphänomene weitere Beachtung. Eine fortgesetzte Auseinandersetzung mit dem Thema wird jedoch keine verlässlichen Ergebnisse erzielen, wenn nicht ein Programm zur Erhebung von Augenzeugenberichten und zur intensiven wissenschaftlichen Überwachung für das Auftreten der angeblichen Leuchtphänomene gestartet wird. Die während des Feldaufenthalts von 1984 ermittelten Informationen sind vielversprechend, aber nicht abschließend, und die Forscher im Bereich anomaler Luftphänomene bedürfen besserer problembezogener Grundlagen. Diese Grundlagen umfassen eine sorgfältige Beachtung sowohl von Verfahren der Erhebung von Zeugenaussagen als auch zum Thema der „objektiven“ Beweismittel. Was den ersten Punkt angeht, so ist es unbedingt erforderlich, einige minimale Richtlinien zur Vermeidung einer Beeinflussung von Zeugen, dem Missverstehen von Aussagen und daraus folgenden falschen Schlüssen etc. einzuhalten. Seit einigen Jahren werden solche Richtlinien von den meisten zivilen Gruppen, die sich der Untersuchung von Berichten über unidentifizierte fliegende Objekte widmen, befolgt (Randles 1976; SOBEPS 1979; Fowler 1983; Russo 1993). Die vom AMS des Østfold College gesammelten Daten sind ein hilfreicher Beitrag zum zweiten Punkt, nämlich der intensiven wissenschaftlichen Überwachung des Tals. Während die gesammelten Daten noch immer einer tiefer gehenden Analyse zur Identifikation konventioneller Stimuli bedürfen, ist die Station von Strand und Hauge ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung (Strand 2000). Wie im Pocantico-Workshop angemerkt wurde, wird „diese automatische Station ... sich hoffentlich nur als ein erster Schritt in Richtung auf die Entwicklung eines ganzen Netzes von Stationen erweisen" (Sturrock 1998, 1999). Die Verfahrensweisen und Instrumente des EMBLA-Ingenieurteams (Montebugnoli et al. 2002) könnten ebenfalls zu interessanten Ergebnissen führen, vorausgesetzt dass ihr optischer Gegenpart den Schwerpunkt der EMBLA-Missionen nicht in die Irre führt, wie das durch die fragwürdige optische Studie von 2002 geschehen ist.

### *Danksagungen*

Diese Studie wurde vom Italienischen Komitee für das Projekt Hessdalen (CIPH) unterstützt (<http://www.itacomm.net/ph/>). Der Verfasser dankt daher Renzo Cabassi und den anderen Mitgliedern des Komitees: Nico Conti, Roberto Labanti, Maurizio Morini, Marco Orlandi, Marco Piraccini, Roberto Raffaelli, Massimo Silvestri, Alessandro Zabini. Besonderen Dank schulde ich Flavio Gori für seine Unterstützung bei der Erhebung von Augenzeugenberichten während der Hessdalen-Feldforschung im August 2002, Stelio Montebugnoli und dem EMBLA-Ingenieurteam für nützliche Informationen über ihre Radiostudie, Peder Skogås für seine unschätzbare Tätigkeit als norwegischer Dolmetscher und für seine dem CIPH-Team

geleistete Hilfe, sich mit Augenzeugen aus Hessdalen zu treffen, Ellin and Birger Brattås (und ihre wunderbare Familie) für die wertvollen Informationen zum Hessdalen-Phänomen, Erling Strand und Bjørn Gitle Hauge für den Zugang zur AMS-Station, und allen Einwohnern Hessdalens, die sich bereiterklärt haben, dem Verfasser ihre Sichtungen mitzuteilen. Der Verfasser dankt weiterhin Giusy Marabello, Linguistin, für ihre Übersetzung von Quellen aus dem Deutschen, Salvatore Pierro, optischer Physiker, für seinen Hinweis auf die ECE-Bestimmungen und für einige wesentliche Verbesserungen meiner ursprünglichen Berechnungen, Michele Moroni, Astrophysiker, für wichtige Anregungen zum Thema der Sättigung von Lichtquellen und zur statistischen Analyse der EMBLA-Daten und Robert Levin, Wissenschaftler der Firma OSRAM Sylvania, für die unabhängige Unterstützung der Scheinwerferhypothese. Außerdem möchte der Verfasser Roberto Labanti seine Dankbarkeit für die sorgfältige Lektüre mehrerer Entwürfe dieses Aufsatzes sowie für kluge Vorschläge und Kommentare ausdrücken, und ebenso Renzo Cabassi and Nico Conti für nützliche Empfehlungen, die es möglich machten, die ursprüngliche Vorlage wesentlich zu verbessern.

Wer meint, Sichtungen unidentifizierter fliegender Objekte, Hessdalen-ähnlicher Lichter oder anderer anomaler atmosphärischer Phänomene gemacht zu haben, ist eingeladen, dem Verfasser an seine Email-Adresse [matteo.leone@usa.net](mailto:matteo.leone@usa.net) oder über das Italienische Zentrum für UFO-Studien (CISU) zu schreiben, der seriösesten zivilen mit der Sammlung und Untersuchung von UFO-Berichten befassten Organisation in Italiens (<http://www.cisu.org>). Jede Korrespondenz wird streng vertraulich behandelt.

### Literatur

- Alto Technology (2001): Hyperspectral analysis of the Marfa Lights. Retrieved October 21, 2003, [http://www.watchingyou.com/marfa\\_janks\\_forward.html](http://www.watchingyou.com/marfa_janks_forward.html).
- Ballester Olmos, V.J.; Fernández Peris, J.A. (1987): Enciclopedia de los encuentros cercanos con OVNIS. Plaza & Janes, Barcelona, 53-84.
- Bygdekatalog (2000): Holtalen. Grummerns Printing; Finland.
- Bunnell, J. (2001): Seeing Marfa Lights: A Viewer's guide. Lacey Publishing Company, Cedar Creek, TX.
- Cabassi, R. (2001): I fenomeni di Hessdalen: un'ufologia per il XXI secolo? UFO – Rivista di Informazione Ufologica 24, 7-12.
- CIPH (2002): Italian Committee for Project Hessdalen. Retrieved February 3, 2003, von der Website des Italienischen Komitees für das Projekt Hessdalen: <http://www.itacomm.net/ph/>
- Clark, J. (1998): Hessdalen Lights. In: The UFO Encyclopedia. 2<sup>nd</sup> edition. Omnigraphics, Detroit, 484-487.
- CNES (1979-1983) : Note Techniques 1-18. Groupe d'Etude des Phénomènes Aérospatiaux Non-identifiés, Toulouse.
- Condon, E.U.; Gillmor, D.S. (1969): Scientific Study on Unidentified Flying Objects. New York: Bantam Press, New York.

- Corliss, W.R. (1982): Lightning, auroras, nocturnal lights, and related luminous phenomena: A catalog of geophysical anomalies. The Sourcebook Project, Glen Arm, MD.
- Corliss, W.R. (2001): Remarkable luminous phenomena in nature : A catalog of geophysical anomalies. The Sourcebook Project, Glen Arm, MD.
- Corliss, W.R. (2002): A Search for Anomalies. *Journal of Scientific Exploration* 16, 439-453.
- Dalsbygda (1992): Norge 1:50000. Topografisk Hovedkartserie – M711. Blad 1620 II. Statens kartverk, Hønefoss.
- Devereux, P. (1989): Earth Lights Revelation. Blandford Press, London, 140-144.
- Eastman Kodak Company Staff (1997a): General Curve Regions. In ders. *Student filmmaker's handbook* [Elektronische Version]. Rochester, NY: Silver Pixel Press. Retrieved June 17, 2003 from <http://www.kodak.com/US/en/motion/students/handbook/sensitometric3.jhtml>.
- Eastman Kodak Company Staff (1997b): Color Sensitivity and Spectral Sensitivity. In ders.. *Student filmmaker's handbook* [Electronic version]. Rochester, NY: Silver Pixel Press. Retrieved January 21, 2003 from <http://www.kodak.com/US/en/motion/students/handbook/sensitometric4.jhtml>.
- ECE Regulation (1992): Addendum 1: Regulations No. 1 and No. 2. Revision 4 (1992, December). Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam and/or a driving beam and equipped with filament lamps of category R2. In: United Nations: Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts (done at Geneva on 20 March 1958) [Elektronische Version]. Genf: United Nations Economic Commission for Europe. Retrieved January 12, 2003, [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r001r4e\\_1.pdf](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r001r4e_1.pdf); [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r001r4e\\_2.pdf](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r001r4e_2.pdf).
- ECE Regulation (1996): Addendum 97: Regulation No. 98. (1996, March). Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources In: United Nations: Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles and conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions [Elektronische Version]. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. Retrieved January 17, 2003, [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r098e\\_1.pdf](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r098e_1.pdf).
- ECE Regulation (2001): Addendum 98: Regulation No. 99. (2001, August). Uniform provisions concerning the approval of gas-discharge light sources for use in approved gas-discharge lamp units of power-driven vehicles. In: United Nations: Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles and conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions [Elektronische Version]. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. Retrieved January 17, 2003, <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r099r1e.pdf>.
- ECE Regulation (2002): Addendum 7: Regulation 8. Revision 4 (2002, June). Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with halogen filament lamps (H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR1, HIR2 and/or H11). In: United Nations: Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles and conditions for reciprocal recognition

- of approvals granted on the basis of these prescriptions. [Elektronische Version]. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. Retrieved January 12, 2003, <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r008r4e.pdf>.
- Engel, C.E. (1968): *Photography for the scientist*. Academic Press, London and New York.
- Fort, C. (1941): *The books of Charles Fort*. Henry Holt and Company, New York.
- Fort, C. (1974): *The complete books of Charles Fort*. Dover, New York.
- Fosbury, R. (1999): *Photographing spectra. Natural colour*. Retrieved January 21, 2003, from [http://www.stecf.org/~rfosbury/home/natural\\_colour/spectrophot/nc\\_spec\\_slitless.html](http://www.stecf.org/~rfosbury/home/natural_colour/spectrophot/nc_spec_slitless.html).
- Fowler, R.E. (1983, ed.): *MUFON Field Investigator's Manual*. B-W Graphics, Versailles, MI.
- Galeotti, P. (1983): *Elementi di probabilità e statistica*. Levrotto & Bella, Torino.
- Gori, F. (2002): *Hessdalen 2002, Embla Mission: The I.C.P.H. Radio Experience*. Retrieved February 3, 2003, from Italian Committee for Project Hessdalen web site: [http://www.itacomm.net/ph/embla2002/embla2002\\_e.htm](http://www.itacomm.net/ph/embla2002/embla2002_e.htm).
- Haines, R.F. (1976) : *UFO Appearance Recognition and Identification Test Procedure. UFO Phenomena* 1, 39-54.
- Haines, R.F. (1979, ed.): *UFO Phenomena and the Behavioral Scientist*. Scarecrow Press, Metuchen.
- Haines, R.F. (1980) : *Observing UFOs*. Nelson-Hall, Chicago.
- Haltdalen (1995): *Norge 1:50000. Topografisk Hovedkartserie – M711. Blad 16201. Statens kartverk, Hønefoss*.
- Hauge, B.G. (2001): *Project Embla*. Paper presented at the 2001 International Conference on Engineering Education, Oslo, Norway. Retrieved February 5, 2003 from Proceedings of the ICEE 2001 Conference web site: <http://www.ineer.org/Events/ICEE2001/Proceedings/papers/297.pdf>.
- Henke, R. (1987): *Das Hessdalen-Phänomen im Lichte der Astronomie. CENAP Report* 133, 31-36.
- Hessdalskjølen (1995): *Økonomisk kartverk. Holtå lensør-Trøndelag. CR 113-5-4. Statens kartverk*.
- Holl, P. (1990): *Elementi di statistica. Bologna: Il Mulino (ursprünglich veröffentlicht als: Quantitative methods for economics, 1987)*.
- Hynek, J.A. (1969): *Twenty-one Years of UFO Reports. American Association for the Advancement of Science, 134th Meeting (December 27, 1969)*. In: Sagan & Page (1972), 37-51.
- Hynek, J.A. (1972): *The UFO Experience*. Regnery Press, Chicago.
- Hynek, J.A. (1985): *Tracking the Hessdalen Lights. International UFO Reporter* 10 (2), 10-11.
- ILFORD (1983): *Document Technique. FP4. Film noir et blanc de rapidité moyenne 35 mm. Annex 2 of Louange (1983)*.
- KODAK EKTACHROME 100 Professional Film (Kodak Publication No. E-27). (2002): [Elektronische Version]. Rochester, NY: Eastman Kodak Company. Retrieved January 19, 2003 from <http://www.kodak.com/global/en/professional/support/techPubs/e27/e27.jhtml>.
- KODAK GOLD 100 and 200 Films (Kodak Publication No. E-15). (2000): [Elektronische Version]. Rochester, NY: Eastman Kodak Company. Retrieved June 17, 2003 from <http://www.kodak.com/global/en/consumer/products/techInfo/e15/>.

- Krogh, J.S. (1985): The Hessdalen Report. *CENAP Report* 116, 33-40.
- Leone, M. (2003): A rebuttal of the EMBLA 2002 report on the optical survey in Hessdalen. Retrieved May 17, 2003, from the Italian Committee for Project Hessdalen web site: <http://www.itacomm.net/ph/rebuttal.pdf>.
- Leone, M. (2006): Questioning Answers on the Hessdalen Phenomenon. *Journal of Scientific Exploration* 20, 39-68.
- Lindee, H. (1992): Ghost Lights in Texas. *Skeptical Inquirer* 16, 400-406.
- Loftus, E.F. (1979): Eyewitness Testimony. Harvard University Press, Cambridge.
- Louange, F. (1983) : Note Technique No. 18. Systeme d'acquisition et d'analyse de spectres photographiques. Le point sur l'utilisation des reseaux de diffraction. CNES – GEPAN, Toulouse.
- Maccabee, B. (1979): Photometric Properties of an Unidentified Bright Object seen off the Coast of New Zealand. *Applied Optics* 18, 2527-2528.
- Maccabee, B. (1980): Photometric Properties of an Unidentified Bright Object seen off the Coast of New Zealand: author's reply to comments. *Applied Optics* 19, 1745-1746.
- Maccabee, B. (1987): Analysis and Discussion of the Images of a Cluster of Periodically Flashing Lights Filmed Off the Coast of New Zealand. *Journal of Scientific Exploration* 1, 149-190.
- Maccabee, B. (1999): Optical Power Output of an Unidentified High Altitude Light Source. *Journal of Scientific Exploration* 13, 199-211.
- Maccabee, B. (2002): Re: EMBLA 2002 – Hessdalen Optical & Ground Survey [Msg. 10-023]. Message posted to: <http://www.virtuallystrange.net/ufo/updates/2002/oct/m10-023.shtml>
- McDonald, J.E. (1967): *UFOs: Greatest Scientific Problem of Our Times?* The Author, Tucson, AZ.
- McDonald, J.E. (1969): Science in Default: Twenty-two Years of Inadequate UFO Investigations. American Association for the Advancement of Science, 134th Meeting (December 27, 1969). In: Sagan & Page (1972), 52-122.
- Majden, E.P. (1998): Meteor Spectroscopy with Inexpensive Holographic Gratings. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 92, 91-92.
- Majden, E.P.; Borovicka, J. (1998): A Perseid Meteor Spectrum. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 92, 153-56.
- Montebugnoli, S.; Monari, J.; Cattani, A.; Maccaferri, A.; Poloni, M.; Bortolotti, M.; Roma, M.; Hauge, B.G.; Strand, E.; Cevolani, G. (2002): Measurements with a Low Power Pulsed Radar in the Hessdalen 2002 Camp. Retrieved February 5, 2002, from Italian Committee for Project Hessdalen web site: [http://www.itacomm.net/ph/radar/radar\\_e.pdf](http://www.itacomm.net/ph/radar/radar_e.pdf).
- Morrison, P. (1969): The Nature of Scientific Evidence: A Summary. In: Sagan & Page (1972), 276-290.
- Nicolosi, I.; Ricchetti, N. (2003): A simplified digital elevation model of Hessdalen valley. Retrieved May 17, 2003, from the "Sassalboproject" web site: [http://www.sassalboproject.com/documenti/hessdalen\\_3dmodel.pdf](http://www.sassalboproject.com/documenti/hessdalen_3dmodel.pdf).
- OSRAM SYLVANIA (2000a): SilverStar High Performance Halogen. Retrieved January 2, 2003, from Osram Sylvania web site: <http://www.sylvania.com/auto/silverstar.htm>.

- OSRAM SYLVANIA (2000b): XENARC High Intensity Discharge FAQ. Retrieved January 2, 2003, from Osram Sylvania web site: <http://www.sylvania.com/xenarc/hidfaq.htm>.
- PHLOX (2003): 12. Photometry training. Retrieved May 17, 2003 from the PHLOX corporation web site: [http://www.phlox-gc.com/eng/pdf/Photometry\\_Training.pdf](http://www.phlox-gc.com/eng/pdf/Photometry_Training.pdf).
- Piragino, G.; Pisent, G. (1984): *Fisica generale e sperimentale*. Vol. II: Elettrostatica – Corrente elettrica – Elettromagnetismo – Ottica. Piccin, Padova.
- Randles, J. (1976): *UFO Investigation - A Field Investigator's Handbook*. BUFORA, London.
- Rechtsteiner, G.A.; Ganske, J.A. (1998): Using Natural and Artificial Light Sources to Illustrate Quantum Mechanical Concepts. *The Chemical Educator* 3, 4. Retrieved January 2, 2003 from: <http://chemed.boisestate.edu/sbibs/samples/spapers/34samplejg.htm>.
- Ruppelt, E.J. (1956): *The Report on Unidentified Flying Objects*. Doubleday and Company, Garden City.
- Russo, E. (1993): *Manuale di metodologia di indagine ufologica* (2<sup>nd</sup> ed). Upiar, Torino.
- Sabadin, C. (2003): Dal Dott. Massimo Teodorani [Msg. 2904]. Message posted to: <http://groups.yahoo.com/group/ufo-italia/message/2904>.
- Sagan, C.; Page, T. (1972, eds.): *UFOs : A Scientific Debate*. Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Schimke, C.; Grundmann, D. (2002): *Hg-free HID for Automotive Lighting*. OSRAM Global Automotive Lighting, May 2002.
- Shepard, R.N. (1968): Some psychologically oriented techniques for the scientific investigation of unidentified aerial phenomena. In U.S. House of representatives. Committee on Science and Astronautics. Symposium on Unidentified Flying Objects (pp. 223-235) [Elektronische Version]. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office. Retrieved May 19, 2001, from the National Capital Area Skeptics web site: <http://912a-87.umd.edu/ufosymposium/shepard.html>.
- Shepard, R.N. (1979): Reconstruction of Witnesses' Experiences of Anomalous Phenomena. In: Haines (1979), 188-224.
- Siegel, S.; Castellan, N.J. (1992): *Statistica non parametrica*. McGraw-Hill, Milano (originally published as: *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd edition), 1988).
- SOBEPS (1979) : *Guide de l'enquêteur*. Société Belge d'Etude des Phénomènes Spatiaux.
- Strand, E. (1985): *Project Hessdalen 1984: Final Technical Report. Part One*. Project Hessdalen, Duken, Norway.
- Strand, E. (2002): Automatic Measurement Station (AMS). Retrieved January 9, 2003, from Project Hessdalen web site: <http://hessdalen.hiof.no/station/>
- Sturrock, P.A. et al. (1998): Physical Evidence Related to UFO Reports. *Journal of Scientific Exploration* 12, 170.
- Sturrock, P.A. (1999): *The UFO Enigma. A new review of the physical evidence*. Warner Books, New York.
- Teodorani, M. (2002): A physical study of the Hessdalen anomaly and the SETV hypothesis. Paper presented at the first Norsk UFO-Senter workshop, Holtalen, Norway. Retrieved February 5,

- 2003, from the Project Hessdalen web site: [http://www.hessdalen.org/reports/Workshop2002\\_Massimo.pdf](http://www.hessdalen.org/reports/Workshop2002_Massimo.pdf).
- Teodorani, M. (2003): M. Teodorani's reply to M. Leone's confutation of EMBLA 2002 paper. Retrieved May 17, 2003 from the "Camelot Chronicles" web site: [http://members.xoom.virgilio.it/camelotchr/Download/2003/Re\\_Rebuttal.pdf](http://members.xoom.virgilio.it/camelotchr/Download/2003/Re_Rebuttal.pdf).
- Teodorani, M. (2004a): Some final notes on the "rebuttal phenomenon". <http://www.camelotchronicles.com/Altro/teod2004eng.htm>.
- Teodorani, M. (2004b): A long-term scientific survey of the Hessdalen phenomenon. *Journal of Scientific Exploration* 18, 217-251.
- Teodorani, M. (2006): Hessdalen Research: A Few Non-Questioning Answers. *Journal of Scientific Exploration* 20, 66-67.
- Teodorani, M., Montebugnoli, S.; Monari, J. (2000): First Steps of the EMBLA Project in Hessdalen: A Preliminary Report. Retrieved February 5, 2003, from Italian Committee for Project Hessdalen web site: [http://www.itacomm.net/ph/embla2000/embla2000\\_e.htm](http://www.itacomm.net/ph/embla2000/embla2000_e.htm) (see also another version on National Institute for Discovery Science web site: <http://198.63.56.18/pdf/hessdalen.pdf> and in *European Journal for UFO and Abduction Studies* 2, 3-24.
- Teodorani, M., Strand, E.P.; Hauge, B.G. (2001): EMBLA 2001: The Optical Mission. Retrieved February 5, 2003, from Italian Committee for Project Hessdalen web site: [http://www.itacomm.net/ph/embla2001/embla2001\\_e.pdf](http://www.itacomm.net/ph/embla2001/embla2001_e.pdf).
- Teodorani, M.; Nobili, G. (2002): EMBLA 2002: An Optical and Ground Survey in Hessdalen. Retrieved February 5, 2003, from the Project Hessdalen web site: [http://hessdalen.org/reports/EMBLA\\_2002\\_2.pdf](http://hessdalen.org/reports/EMBLA_2002_2.pdf).
- Vallee, J.F. (1965): Anatomy of a phenomenon. Henry Regency, Chicago.
- Vallee, J.F. (1966): Challenge to Science. Henry Regency, Chicago.
- Vallee, J.F. (1990): Confrontations. Ballantine Books, New York.
- Vallee, J.F. (1998): Estimates of Optical Power Output in Six Cases of Unexplained Aerial Objects with Defined Luminosity Characteristics. *Journal of Scientific Exploration* 12, 345-358.
- Vårus (1995): Økonomisk kartverk. Holtålenør-Trøndelag. CR 112-5-2. Statens kartverk.
- Wang, R. (2002): HIDo's & HIDon'ts. The HID lighting tutorial. Retrieved January 12, 2003, from: <http://www.intellexual.net/hid.htm>.
- Wood, M. (2000): Color Temperature of Metal Halide Sources. Retrieved January 5, 2003, from: <http://www.highend.com/news/colortemp.html>.

***Kommentare zu Leone:  
Eine Widerlegung des EMBLA 2002-Berichts  
über die optische Vermessung in Hessdalen***

GERD H. HÖVELMANN<sup>18</sup>

**Hessdalen-Irritationen**

Die teils kontroversen Diskussionen um den Charakter der Hessdalen-Lichter, die sich an Leones Scheinwerfer-Theorie einer kleinen Gruppe von Einzelereignissen entzündet haben und die Leone seither mit dem von ihm so genannten EMBLA-Physikerteam ausficht, habe ich bereits auf den in Leones Literaturverzeichnis angegebenen Websites sowie in den einschlägigen Beiträgen verfolgt, die in den vergangenen Jahren im *Journal of Scientific Exploration* erschienen sind (Leone 2006; Teodorani 2004; Teodorani 2006). Diese Diskussionen vermitteln bisher den Eindruck, dass Teodoranis Repliken im Wesentlichen ausweichend sind: Leones aufwendige, aber vorderhand plausible Erklärungen der hier in Frage stehenden Einzelereignisse sind nach meiner Einschätzung bisher nicht wirkungsvoll bestritten worden. Das Argument, es handelt sich ja eben nur um einen kleinen Auszug aus jedenfalls ansonsten weiterhin erklärungsbedürftigen Lichtphänomenen, scheint mir – zumal gerade dieser Punkt von Leone gar nicht bestritten, sondern ausdrücklich hervorgehoben wird – eher eine Ausflucht als ein Gegenargument. Und Teodoranis etwas pausbäckige Versicherung, man wisse „as a result of expertise acquired during 2 months of non-stop sky-watching at several spots“ (Teodorani 2006, p. 66) Scheinwerfer-Lichter sehr wohl von „echten“ Lichtphänomenen in Hessdalen zu unterscheiden, ist für sich genommen ebenfalls nicht dazu angetan, nennenswerte Zweifel an Leones Analyse und Argumenten zu wecken.

Dies alles aber unterstellt und auch weiterhin angenommen, dass Leones gründliche, mit beträchtlichem Aufwand betriebene Studie zutreffend Autoscheinwerfer als die verantwortlichen Lichtquellen im konkret betrachteten Fall ermittelt, so verbleibt für den fernen Betrachter der Lichtbeobachter mindestens eine nachhaltige Irritation: Wenn man sich anschickt, die ja nicht nur aus dem Tal von Hessdalen, sondern auch aus vielen anderen Weltgegenden gemeldeten und dokumentierten Lichtphänomene (Corliss 1982, 2001) zu untersuchen, dann sollte man von den betreffenden Untersuchungsleitern doch erwarten dürfen, dass wenigstens die naheliegendsten potentiellen Irrtumsquellen systematisch kontrolliert werden. Das heißt für entsprechende Orte, so auch für Hessdalen, wo sich seit rund einem Vierteljahrhundert

---

18 Gerd H. Hövelmann, M.A., Philosoph und Linguist, war bis 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Philosophie der Universität Marburg und ist seither selbständig. E-Mail: [hoevelmann.communication@kmpx.de](mailto:hoevelmann.communication@kmpx.de)

immer wieder Wissenschaftler-Teams, teils mit Finanzierung und Apparaturen aus universitären Einrichtungen, zur Registrierung und Untersuchung der beschriebenen Lichtphänomene einfinden, dass beim Auftreten entsprechender Lichterscheinungen, die nicht vor freiem Himmel, sondern vor dem Hintergrund von Landschaftsformationen zu beobachten sind, mindestens festgestellt werden muss, ob die mutmaßlichen Ursprungsorte dieser Lichter für Menschen zugänglich sind. Hier aber zeigt sich, dass augenscheinlich selbst existierende Straßen im betreffenden Gebiet nicht nur nicht berücksichtigt und in Forschungsberichten entsprechend gewürdigt, sondern möglicherweise noch nicht einmal registriert worden sind. Dies sind Versäumnisse, die jeden vernünftigen Pessimismus übertreffen.

Das Vorhandensein entsprechender Straßen und Wege gäbe den Untersuchern sogar die Möglichkeit an die Hand, die Beobachtungsbedingungen systematisch zu variieren. Wir reden hier ja nicht von Oslo und nicht von Trondheim, nicht von Bergen und nicht von Lillehammer, sondern vom dünn besiedelten Hessdalen-Tal in Zentralnorwegen. Ohne nennenswerten logistischen, administrativen, finanziellen und apparativen Aufwand sollte es möglich sein, die betreffenden Wege und (Privat-)Straßen, in deren Bereich Lichtphänomene wahrgenommen worden sind, für einige Tage zu sperren, die Eigentümer entsprechend zu entschädigen und abzuwarten, ob die beobachteten Lichter weiterhin auftreten. Besser noch wäre es, in dem aus der Ferne einsehbaren Wege- oder Straßenbereich ein- und ausfahrende Fahrzeuge automatisch oder durch zwei Mitarbeiter am Beginn und Ende der einsehbaren Strecke registrieren zu lassen. Lichtphänomene, die mit der Passage eines Fahrzeugs zeitlich zusammenfallen, könnten dann bei der Fallanalyse systematisch ausgeschlossen oder gesondert berücksichtigt werden. Dafür ist freilich zusätzlich erforderlich, dass der fernstehende Lichtbeobachter seine Aufzeichnungen jeweils mit Datum und genauer Uhrzeit versieht, wobei die Uhren des Beobachters und der Straßenkontrolleure synchronisiert sein sollten. Stattdessen, wie Teodorani, auf eine Zeitregistrierung, „owing to the practical problem of writing notes at night“ (Teodorani 2006, p. 67), nahezu vollständig zu verzichten, macht allerdings auch ein solches Arrangement zunichte.

Im Übrigen sind, wie auch Leone einräumt, weltweit zahlreiche ungewöhnliche Leuchterscheinungen registriert, für die Automobilscheinwerfer als Ursache zweifellos nicht in Frage kommen. William Corliss hat viele einschlägige Quellen aus meist natur- oder technikwissenschaftlichen Fachzeitschriften zusammengetragen (Corliss 1982, 2001). Auch von diesen werden sich manche auf bisher übersehene Ursachen zurückführen lassen, auch wenn sie aus Zeiten vor der Erfindung des Automobils stammen. Für andere dürfte es – zumal im Nachhinein – ersichtlich schwieriger werden, plausible Verursachungszenarien zu ersinnen oder festzustellen. Sie werden folglich legitimem Zweifel nicht mehr entzogen werden können. Daneben existieren zahlreiche weitere, zwar charakteristisch beschriebene, aber heute kaum noch überprüfbare Fallbeschreibungen von Lichterscheinungen – so etwa des Haldenwaldlichts im schweizerischen Obersimmenthal (Küeffler 1913, S. 87) –, die in die Folklore vieler Länder Einzug gehalten haben, ferner stark verfremdende literarische Ausgestaltungen sol-

cher Lichterscheinungen (etwa Ludin 1950), die ihre mutmaßlichen Ursprünge gleichwohl noch errahnen lassen.

Da es in der einschlägigen Literatur nach meiner Kenntnis ansonsten bisher nicht registriert ist, darf hier abschließend vielleicht ein besonders markantes Lichtphänomen nachgetragen werden. Hoffmann-Krayer (1910, S. 236) zitiert es im Originalwortlaut aus einer um 1610 von dem Luzerner Apotheker und Stadtschreiber Renward Cysat<sup>19</sup> angelegten Chronik:

Vngefärllich, Anno 1605, alls zwen vernampte [angesehene; G.H.H.] Ratsfründ diser Statt sampt jren Dienern Geschefften halb gan Solothurn gereiset, vnd jm Heimkeer spat jn der Nacht in den Wald zwischen Willisow vnd Buochholtz vngfar 3 Stund wyt von diser Statt, kommen, hatt sich der gantz Wald gächling [plötzlich] entzündt vnd erglänzt, glych alls ob es alles ein Fwür wäre vnd so heiter, das man ein jeden Brieff daby hette läsen können; vnd haben doch kein Hitz noch andere Endrung by jnen selbs empfunden. Vnd diss hatt gewärt, bis sy vss dem Wald kommen. Diss hand mir darnach ouch noch andre meer namhafte Herren vnd Personen glychs Fals also bezügt, dass es jnen an disem Ort eben also ouch begegnet sye.

Hoch wahrscheinlich würde sich auch hierfür, sofern man Näheres über die Umstände wüsste, eine eher prosaische Erklärung finden lassen. Autoscheinwerfer sind im Jahr 1605 freilich nicht unter den Lösungskandidaten.

### Literatur

- Corliss, W.R. (1982): *Lightning, Auroras, Nocturnal Lights, and Related Luminous Phenomena: A Catalog of Geophysical Anomalies*. The Sourcebook Project, Glen Arm, MD.
- Corliss, W.R. (2001): *Remarkable Luminous Phenomena in Nature: A Catalog of Geophysical Anomalies*. The Sourcebook Project, Glen Arm, MD.
- Hoffmann-Krayer, E. (1910): Cysatiana. Volkskundliches aus dem Kanton Luzern um die Wende des 16. Jahrhunderts. *Schweizerisches Archiv für Volkskunde* 14, 198-245.
- Küeffler, G. (1913). Sagen aus dem Obersimmenthal. *Schweizerisches Archiv für Volkskunde* 17, 77-98.
- Leone, M. (2006). Questioning answers on the Hessdalen phenomenon. *Journal of Scientific Exploration* 20, 39-66.
- Ludin, J. (1950). Spiel der Lichter über dem Land Tirol. In: Ludin, J.: *Verzaubertes Alpenland*. Abendländische Verlagsanstalt, Innsbruck, 126-132.

---

<sup>19</sup> Der Luzerner Apotheker und Stadtschreiber Renward Cysat (1545-1614) gilt als Begründer der schweizerischen Volkskunde. Von Cysats Nachnamen leitet sich der Titel „Cysatiana“ her, den Hoffmann-Krayer (1910) seinen umfangreichen Auszügen aus Cysats originaler Chronik aus dem Jahr 1610 gegeben hat. Obgleich 400 Jahre alt, sollte sich der schweizerdeutsche Text auch dem heutigen Leser noch ohne größere Beschwerden erschließen.

Teodorani, M. (2004): A long-term scientific survey of the Hessdalen phenomenon. *Journal of Scientific Exploration* 18, 217-251.

Teodorani, M. (2006): Hessdalen research: A few non-questioning answers. *Journal of Scientific Exploration* 20, 66-68.