

Der Sturm der **Aurora Borealis**

Drei Polarlichtjäger brachen im Frühwinter 2012 auf, um das farbige Himmelsleuchten des hohen Nordens zu erkunden. Sie spürten den Forschungen nach, die der Physiker Kristian Birkeland genau 100 Jahre zuvor initiierte und die heute im Observatorium EISCAT fortgesetzt werden. Dann aber folgte das größte Abenteuer: einer der stärksten Polarlichtstürme der letzten Jahre.

Von Reinhardt Wurzel

Die Zehen kneifen, und die halsverschließende Sturmhaube schützt kaum vor der klirrenden Kälte. Ganze acht Stunden harren wir schon aus, stehen nahezu unbeweglich auf gefrorenem Boden. Fortwährend liegt der Kopf fast schmerzhaft im Nacken, aber wir beachten dies nicht. In hypnotischer Faszination inhalieren wir das märchengleiche Wunder, das sich über unseren Köpfen abspielt: der Sturm der Aurora Borealis – das Polarlicht!

Wir sind nicht Zeuge eines »lauen magnetischen Lüftchens«; Nordschwedens intensivstes Polarlicht des Jahres 2012 tobt am Firmament. Im zehnmütigen Rhythmus seiner ekstatischen Entladung wirbeln Kreise, Bänder und Bögen über den Zenit, bilden Spiralen und Wirbel, spalten sich in tausend Nadeln und schießen als Strahlenbüschel bis zum Horizont. So schnell, so fließend – wie von einem Aquarellkünstler gemalt, der mit vielen Pinseln gleichzeitig über das Firmament zieht – huschen die flüchtigen Formen in Sekundenschnelle durch den sternensäten Himmel. Gerade noch war der grün-magenta-farbene Strahlenwirbel im Osten, schon zieht das gleiche Ornament pulsierend über den Westen und entschwindet tief am Horizont (siehe Bild rechts).

Damit ist der Höhepunkt unseres astronomischen Reiseziels erreicht. Im

Fünf-Sekunden-Takt bilden unsere automatisierten Weitwinkelkameras den brennend-leuchtenden Himmel ab – und doch wird das dokumentierte Ergebnis kläglich sein. Denn keinem Fotografen gelang es jemals, diese einzigartig schnellen farbigen Wirbel scharf und realistisch im Bild festzuhalten.

Bevor wir aber den zugefrorenen See, den eisigen Feldweg, unsere tiefwinterliche Kulisse im hohen Norden Skandinaviens erreichten, mussten wir planen, organisieren und anreisen. Der Zweck unserer Reise: Jagd auf das Polarlicht! Die Vorgaben waren klar – ein dunkler Wintermonat mit möglichst langer Polarnacht, dazu das hoffentlich beste Jahr im Aktivitätszyklus der Sonne, alles bei wolkenlosem Himmel und in freundschaftlichem Dreierteam!

Polarlichtforscher in schneebedeckten Weiten

Thematisch begonnen hatte unsere Tour mit einem Besuch des Observatoriums EISCAT (European Incoherent Scatter) im norwegischen Tromsø und einem Gespräch mit dem dort forschenden Physiker Asgeir Brekke (siehe Bilder S. [4]). Als Polarlichtjäger werden wir eingeführt in eine der bedeutendsten Einrichtungen, die sich mit dem Phänomen befasst und fortwährend mit riesigen Radioantennen den Himmel abscaant. EISCAT setzt die

Diese intensiv wirbelnde Polarlichtkrone war während der Polarlichtexkursion 2012 eines von vielen faszinierenden Himmels-schauspielen. Das Foto gelang mit einem Fisheye-Objektiv. Nach dem Höhepunkt der Verwirbelung löste sich die Formation in einen weichen Nebel auf.

erfolgreiche Polarlichtforschung fort, die der norwegische Physiker Kristian Olaf Birkeland (1867–1917) vor mehr als 100 Jahren einleitete.

Durch Laborexperimente gelang es Birkeland im Jahr 1913, Polarlichter künstlich zu erzeugen. Dazu nutzte er eine die Erde darstellende magnetische Kugel – eine so genannte Terrella – die er in eine gläserne Vakuumkammer stellte (siehe Bild S. [5] oben). Dann zielte er mit einem Elektronenstrahl, ähnlich dem in einer Fernsehbiröhre, auf die magnetisierte Kugel und beobachtete die Bahnen der Elektronen anhand der Leuchtspuren, die sie in der Restluft der Kammer hinterließen. Das Leuchten folgte den magnetischen Feldlinien und lief nahe der Pole der Terrella zusammen. Birkeland ahnte: Das Magnetfeld der Erde fängt geladene Teilchen ein, die von der Sonne kommen und die entscheidend zur Entstehung des Polarlichts beitragen.

Den Forschern von EISCAT geht es heute um die Erforschung der feinsten





In Tromsø besuchten die Polarlichtjäger Bernd Gärhken, Jürgen Michelberger und Reinhardt Wurzel das Observatorium EISCAT. Der Physiker Asgeir Brekke (2. von links) führte sie zur 32 Meter-Parabolantenne, mit der das Himmelsgeschehen radartechnisch erforscht wird. Die Messungen bei 32 Zentimeter Wellenlänge werden durch Beobachtungen bei 75 Zentimeter mit einer weiteren Antenne ergänzt (rechts).

Strukturen, Formen, Bänder und Bögen, die sich im Nordlicht offenbaren. Eintretende geladene Teilchen bewegen sich in engen Spiralbahnen um und entlang der Magnetfeldlinien. Dabei verursachen sie Plasmaprozesse, die sich mit denen in einer Neonröhre vergleichen lassen. Die großen elektrischen Ströme erzeugen Magnetfelder, die sich dem Erdmagnetfeld überlagern, also dem Teil, der aus dem Inneren unseres Planeten kommt. Die Ströme lassen sich durch Magnetometer indirekt nachweisen und können Kompassnadeln stören. Das von ihnen erzeugte Leuchten erscheint oberhalb von etwa 200 Kilometer Höhe rot und darunter grün. Am unteren Rand der Zone, in rund 80 Kilometer Höhe, färbt es sich blau-violett (siehe Bild rechts).

Des Weiteren ist es für EISCAT wichtig, diejenigen Effekte genauer zu untersuchen, die bei Satelliten Kommunikationsstörungen auslösen. Die Aurora verursacht in der oberen Atmosphäre Turbulenzen, so dass GPS-Radiosignale, die

von Navigationssatelliten zur Erde gesandt werden, dort hindurch müssen. Die am Boden ankommenden Signale, werden in höchster Ortsauflösung, beispielsweise für den Tunnelbau, benötigt. Auch die für Norwegen sehr bedeutende Ölindustrie steht mit dem Polarlichtinstitut in Verbindung, denn ein gestörtes GPS-Signal liefert eine unpräzise Navigation und verhindert damit das horizontale Bohren von Pipelines.

EISCAT engagiert sich auch bei der Vorhersage des von der Sonne verursachten Weltraumwetters. In Höhen um 150 Kilometer herrschen Temperaturen von mehr als 1000 Grad Celsius. Die Energiezufuhr durch den Sonnenwind ist jedoch derart groß, dass die Temperaturen um weitere 500 Grad Celsius und mehr ansteigen und die obere Atmosphäre aufblähen. Bei starken Stürmen werden dabei viele Satelliten aus dem Orbit abgelenkt. Der Aufwand, sie wieder auf die korrekte Bahn zu bringen, ist beträchtlich. Die Wissenschaftler möchten dahingehend eine Prognose ähnlich der irdischen Wettervorhersage bereitstellen.

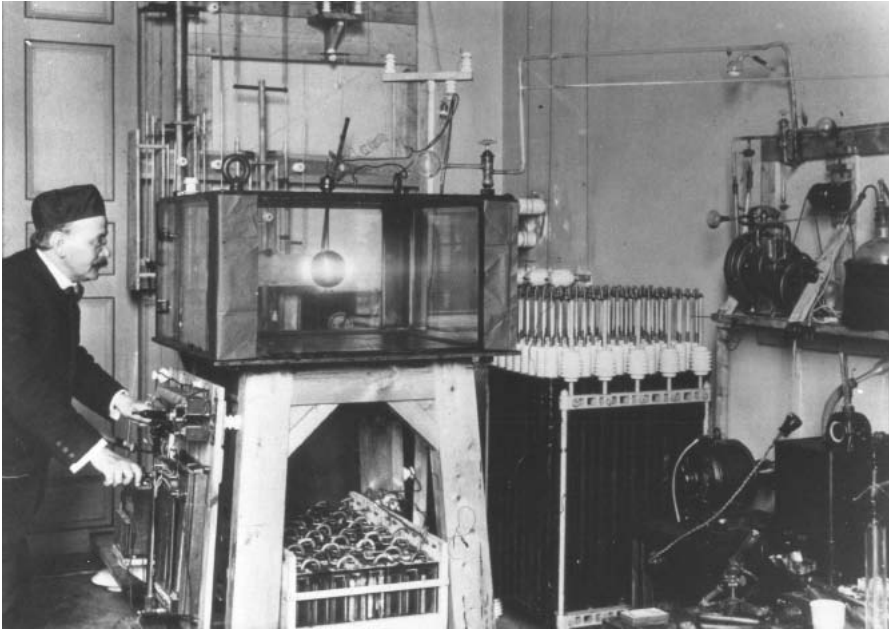
Die Sonne hat es in sich

Schwere Sonnenstürme können sich nachhaltig auf die Erde auswirken, die Infrastruktur katastrophal schädigen und nachfolgend Chaos im gesamten gesellschaftlichen Leben verursachen. Ein derartiges Ereignis wurde bereits im Jahr 1859 anschaulich geschildert, als in Folge eines riesigen solaren Flares eine gigantische Wolke geladener Teilchen die Erde traf. Der

Ausbruch erzeugte viele Polarlichter, die wegen der Intensität des Sonnensturms bis weit in südliche Breiten hinabreichten und über Hawaii, Kuba, Jamaika oder den Bahamas sichtbar waren. Doch der Sturm bewirkte noch mehr: Weltweit versagten die Telegrafleitungen, und Funkenentladungen trafen in etlichen Stationen das Personal. Teils brachen Brände aus – und selbst als die Betreiber die Stromversorgung abkoppelten, funkten die Telegrafen munter weiter.

Heute befürchten Forscher, dass eines Tages ein solarer Supersturm mit unvorstellbaren Auswirkungen die Erde treffen könnte. Zuerst fällt der Strom aus, danach die Trinkwasserversorgung, wenn die Pumpen in den Wasserwerken still stehen. Zeitgleich kommt das Transportwesen zum Erliegen, Züge und U-Bahnen fahren nicht mehr. Regale in den Supermärkten können nicht mehr nachgefüllt werden. Lastkraftwagen und Autos bleiben stehen, weil ihre elektronischen Systeme ausfallen oder fahren allenfalls so lange, wie sie Sprit im Tank haben. Nachtanken? Unmöglich. Denn ohne Strom fallen auch die Zapfsäulen aus. Unser modernes Leben steht ohne Strom still.

Die ersten Opfer dürften jedoch Satelliten mit ihren empfindlichen Instrumenten sein. Der mögliche Schaden im Orbit wird laut einer aktuellen Studie zwischen 30 und 70 Milliarden US-Dollar geschätzt. Ein globaler Supersturm träfe nicht nur die Computer der Welt, sondern mit Radar, GPS und Mobilfunk auch alle Kommunikationssysteme, die durch



Im Jahr 1913 erforschte der norwegische Physiker Kristian Olaf Birkeland mit seinem »Terrella-Experiment« die Ursache der Polarlichter.

In den meisten Nächten des Jahres besteht in Nordskandinavien eine Grundaktivität, die sich immer wieder mit überraschenden Bögen und Strahlen offenbart. Die hier aufgenommenen Lichtbeamer lassen die höhenabhängige Färbung gut erkennen.



Satelliten gesteuert werden. Ein solarer Sturm würde uns also nicht im wahrsten Sinne des Wortes verbrennen, stattdessen aber technologisch weit zurückwerfen.

Untersucht man die Aurora aus unterschiedlichen Winkeln, lassen sich Informationen über ihre räumliche Verteilung gewinnen. Daher sendet EISCAT Radarstrahlen aus verschiedenen Positionen in den Himmel und soll so den Stromfluss bis in die kleinsten Strukturen auflösen. Um die Genauigkeit zu steigern, planen die Forscher ein neues, viel gigantisches Projekt. Statt wie bisher mit nur einer Antenne wird ein ganzer Schwarm von Antennen den Himmel durchsuchen. Dieses »EISCAT 3D« ist ein von der Europäischen Union favorisiertes Forschungsprojekt, für das 160 Millionen Euro veranschlagt sind.

Derart fachlich gut informiert, beendeten wir unseren Besuch bei EISCAT. Unsere Spannung auf das »Himmelsereignis Polarlicht« war nun kaum mehr zu überbieten. Und tatsächlich sollten wir großes Glück haben!

Alarmstufe »Polarlichtsturm«

Es ist Sonntagnachmittag, als der Sonnenforschungssatellit SOHO plötzlich Alarm schlägt. Die Website spaceweather.com prognostiziert ein Aktivitätsniveau des geomagnetischen Felds von $K_p = 6$ auf der insgesamt neunstufigen Skala. »Fantastisch!«, rufen wir, »Das ist Sturmlevel!« Die Ursache hierfür ist ein intensiver solarer Flare. Er gehört der Klasse M an, der zweitstärksten Kategorie solarer Strahlungsausbrüche. Und wie es ein wunderbarer Zufall will, positioniert sich ein in der Nähe des Sonnenäquators gelegenes koronales Loch kurze Zeit später derart günstig, dass der von ihm ausgehende Strom beschleunigter elektrisch geladener Teilchen unmittelbar in Richtung der Erde flutet.

Ein Fahrzeug mit Spikebereifung steht bereit. Tromsø als bewölkten Ausgangspunkt verlassen wir in Windeseile. Auf schneebedeckter Trasse geht es nun 500 Kilometer südostwärts in das schwedische Dorf Jukkasjärvi unweit von Kiruna, das für die kommende, wolkenfreie

Die von uns beobachtete Polarlichtkrone befand sich tatsächlich nicht im Zenit, sondern in der für unseren Beobachtungsort erwarteten Höhe von rund 78 Grad. Bei einem Polarlicht über Deutschland würde der Wert nur bei etwa 65 Grad liegen. Um in Deutschland als Korona sichtbar zu sein, muss das Polarlicht über den Zenit hinaus nach Süden reichen.

Nachdem ein »Polarlichtwächter« das Grün der Aurora Borealis erspähte und die übrigen Beobachter alarmierte, erwarteten alle gespannt die weitere Entwicklung. Das Licht der Stirnlampe tauchte die schneebedeckten Steine in ein tiefes Rot.

Jürgen Michelberger





Jürgen Michelberger

Nacht im Süden Lapplands ein ideales Beobachtungsgebiet sein soll. Sofort wird eine Polarlichtwache eingerichtet, wie schon in den Tagen zuvor. Zwei Personen schlafen, während die dritte wacht und beständig den Himmel kontrolliert: Sind die Wolken verzogen? Gibt es den ersten grünen Schimmer? Alle zehn Minuten folgt noch der Blick auf die skandinavischen Internet-Webcams.

Am 13. November 2012 um 17:45 Uhr UT zahlte sich das geduldige Warten endlich aus. Vier Stunden zuvor hatte die Sonne ihren horizontnahen Weg über den Himmel beendet. Als ich vor die Türe unserer Blockhütte gehe und kontrolliere, rufe ich lauthals: »Grünes Polarlicht, die Show beginnt!«. Für unser Team bedeutet es »Alarmstufe Sturm«: Bei minus 20 Grad Celsius ziehen wir unsere Kleidung in größter Eile an. Dann packen wir unser Magnetometer, sechs Kameras mit Stativen und Drahtauslösern, Stirn- und Taschenlampen, Reserveakkus und Verpflegung ein und verlassen fluchtartig die Hütte. Schließlich wissen wir, dass Polarlichter nicht warten. Jeder Moment zählt, schon in Minuten kann alles vorbei sein! Selbst wenn uns zu diesem Zeitpunkt bewusst gewesen wäre, dass das Wunder der Nacht zwölf Stunden anhalten sollte, so

hätten wir trotzdem keine Sekunde lang gezögert.

Als wir den fernen, nachtdunklen Aussichtsplatz erreichen, ist es ruhig am Himmel. Der schwache Schein eines Bogens steht eine Hand breit über dem Horizont. Grün und blasses Rot wechseln miteinander ab, und wir warten auf mehr (siehe Bild links). Plötzlich wird das Geschehen lebhafter. Mehrere Bögen erscheinen und verbinden sich, durchwirkt vom Glanz der Sterne. Sie spalten sich auf und züngeln wie Flammen zum Firmament empor. Hoch oben in der Polarlichtzone vereinigen sich die wundersamen Strahlenbündel. Sie wirbeln und leuchten in Weißlich-Grün, Rot-Magenta oder leichtem Violett.

Die Szenerie um uns herum ist geradezu surreal. Der Aufruhr am Himmel, lautlos wie in einsamer Wüste, hat uns geradewegs in eine fremde Welt versetzt. Obwohl Neumond herrscht, sind Baum und Strauch beleuchtet, der mit Rauhreif-Farnen verzierte Schnee grünfarben erhellt, und alles Gefrorene glitzert wie ein Myriardenmeer von Diamanten, während unser gefrierender Atem die Wimpern verklebt. Ab und an durchstreift ein unheimlicher Schuss die bizarre Landschaft – das knallende Bersten der kahlen Bäume, deren gefrierender Saft

die hölzernen Stämme zerreißt. Doch wir können unsere Blicke nicht vom Himmel abwenden.

Lebendiges Licht

Die Polarlichtkrone kommt und geht im Rhythmus von Spannung und Entspannung (siehe Bild oben). In zehnmütigem Abstand baut sich ein kreisrundes Gebilde auf, verharrt und teilt sich urpötzlich in vorhangartige Windungen. Scharfe Strahlenbündel tropfen nun von allen Seiten hernieder, bis mit einem Mal durch alle nadelartigen Strahlen immer wieder Lichtwellen huschen und wir es jetzt atemlos erkennen: das Auge der Corona! Einem rasanten, schnellen Höhepunkt folgt nun eine schlagartige Entladung. Alles verblasst und löst sich auf, bis nur noch grünlich-neblige Reste in der Ferne niederschweben.

Erst jetzt sehen wir uns an und fragen, ob das alles nur ein Traum gewesen ist? Wir denken mit Spannung an unser Magnetometer und folgen Birkelands Spuren. Es enthält einen aufgehängten Magneten, der auf das Geschehen während des Polarlichtsturms reagiert. Das einfache, effektive Gerät wurde speziell für unsere Tour gebaut. Eine Kamera im warmen Hüttenquartier zeichnet alle ma-

gnetischen Ausschläge auf, vergleichbar einem Seismografen (siehe Kasten unten). Neben unseren Fotos dokumentiert er das Außergewöhnliche der Nacht.

Der Sternenhimmel funkelt klar über uns. Doch schon baut sich der nächste Lichtvorhang über unseren Köpfen auf. Wir blicken senkrecht in seine Falten hinein, vom unteren Saum entlang tausender Lichtfäden, die sich mittig in unendlicher Ferne vereinigen, als alles zu Wehen beginnt – und wieder verschwindet. Stille ist eingekehrt, doch wie geht es weiter?

Die Akkus der Kameras sind aufgebraucht, Rauheif setzt sich überall ab und die Nasenspitze tropft. Allmählich fordert die Kälte ihren Tribut. Aber sollen wir uns jetzt nach Hause ins Bett begeben? Unmöglich, denn das nächste Wunder wartet schon. Nach nur wenigen Minuten werden wir Zeugen der erstaunlichsten Erscheinung. Bewegungslos steht ein weißer Lichtring im Zenit. Plötzlich lösen sich Strahlen von ihm und senken sich bis zum Erdboden. Dort verharren sie nun, als ob sie sich hinter dem nächsten Wald verankern würden – acht oder neun schmale, scharfe weiße Strahlen in einem Abstand

von 45 Grad. Zwischen ihnen sehen wir den schwarzen, brillanten Sternenhimmel. Die Strahlen sind keine starren Scheinwerfer, in ihnen werden neue feine Linien sichtbar, die stärker und schwächer aufglimmen: Wir sehen lebendiges Licht. Ich drehe mich im Kreis und sehe wie die Strahlen kreisförmig auf uns herab tropfen. Mitten in diesem überirdischen Lichtdom befinden sich drei einsame Beobachter unter einer Krone, die verkehrt herum über ihnen schwebt.

Das insgesamt zwölf Stunden dauernde Himmelschauspiel vergeht zeitlos schnell. Die sturmvollen Momente schwächen sich ab, der ganze Himmel ist in einen grünlichen Nebel getränkt, als wäre die gesamte Atmosphäre ionisiert (siehe Bild rechts). Nur ab und an setzt ein merkwürdiges Pulsieren des Polarlichts ein, wobei der ganze Himmel zu wabern beginnt und erst spät zur Ruhe kommt.

Der Tag bricht an, doch an Schlaf ist nicht zu denken, denn sogleich möchten wir unsere Laptops mit den Daten der Nacht füttern. Bereits der Blick auf den Kp-Index der Nacht lässt uns sprachlos werden. Ein schwerer geomagnetischer

Sturm mit $K_p = 8$ hat sich über unseren Köpfen ausgetobt. Es sollte damit das intensivste sichtbare Polarlichtereignis in Nordschweden im gesamten Jahr 2012 bleiben. Doch wie gut haben unsere Kameras gearbeitet?

Himmelsleuchten in 3D

Um die räumliche Verteilung der Polarlichter zu erkunden, nutzten wir an unterschiedlichen Orten zwei gleiche Fotoobjektive mit elf Millimeter Brennweite. Die Beobachtungspunkte lagen 15,5 Kilometer auseinander. Dieser Abstand und die daraus resultierenden Unterschiede in den Blickrichtungen reichen aus, um die Höhe der Polarlichter zu berechnen. Als wir die so ermittelten Positionen in eine Karte einzeichneten, wurde die räumliche Verteilung des Polarlichts offensichtlich. Zahlreiche Punkte liegen hinter dem Skandengebirge über dem offenen Meer. Polarlichter sind somit über riesige Distanzen hinweg sichtbar.

Die Höhenmessungen ließen sich durch Trigonometrie relativ einfach und überraschend exakt durchführen. Es zeigte sich, dass sich die Untergrenze des grü-

Die unsichtbare Seite der Polarlichter

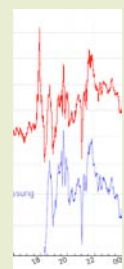
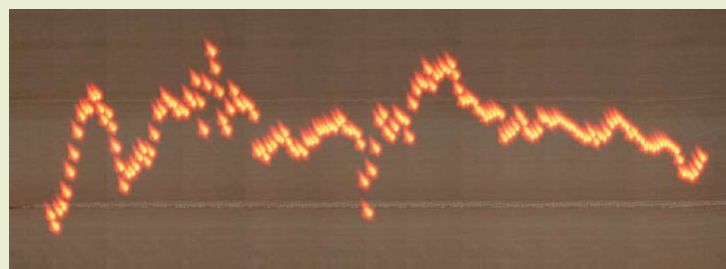
Mit Hilfe eines selbst gebauten Magnetometers dokumentierten wir die in Verbindung mit Polarlichtern auftretenden Störungen des Erdmagnetfelds. Sie beeinflussen einen drehbar gelagerten Magneten, an dem ein Laser befestigt ist. Die Abweichung des Magneten von seiner Ruheposition wird durch einen Laserpunkt angezeigt, der als Zeiger fun-



giert. Hinter dem Magneten befindet sich eine Kupferplatte, die verhindert, dass in der Folge eines Magnetometerauschlags Schwingungen auftreten.

Unser Experiment führten wir am Abend des 16. November 2012 durch. Zwischen 18:16 und 23:58 Uhr UT nahmen wir alle zwei Minuten ein Bild des Laserpunkts auf. So entstand ein zeitlicher Verlauf des Magnetometerauschlags. Versieht man das Bild mit einer Kurve und einer Skala, so ergibt sich das unten dargestellte Diagramm. Der maximalen Auslenkung des Laserpunkts entspricht ein Magnetometerauschlag von etwa 3,5 Grad.

Die spannende Frage war nun, ob unser Instrument tatsächlich brauchbare Daten liefert. Zur Überprüfung zogen wir Daten des Schwedischen Instituts für Weltraumphysik (IRF) heran, das in Kiruna ein Magnetometer betreibt (Grafik unten, rote Kurve) – und das Ergebnis überzeugte: Unsere Daten (blaue Kurve) stimmen sehr gut mit diesen Beobachtungen überein. Die Magnetfeldschwankungen umfassen rund 80 Nanotesla. In der Nacht der maximalen geomagnetischen Aktivität lagen die Störungen bei 1000 Nanotesla. Das Magnetometer hätte entsprechend mehr als zehnmal so stark ausgeschlagen.



Alle 3 Abbildungen: Jürgen Michelberger

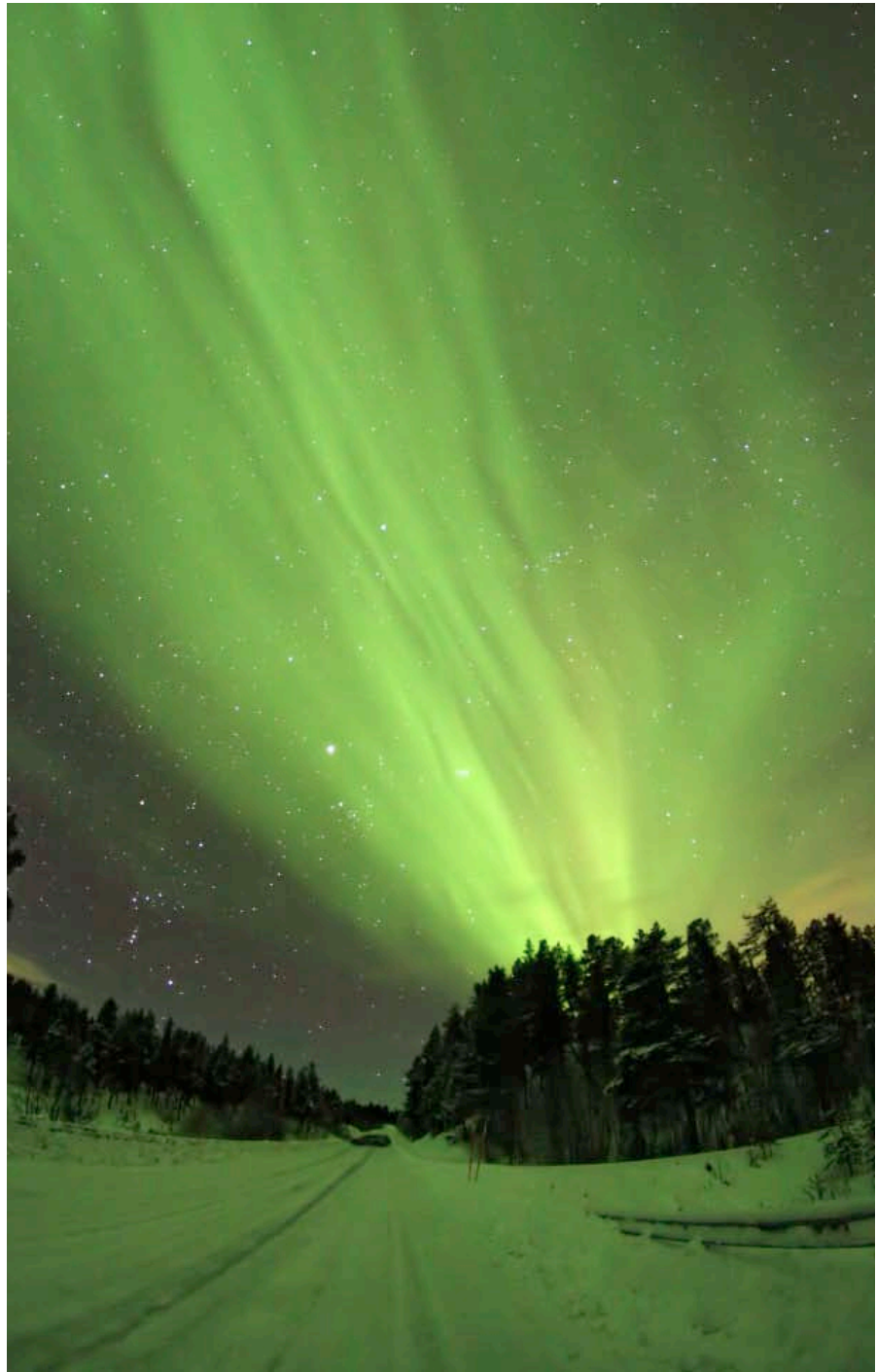
Kurzfristig begann das Polarlicht über den gesamten Himmel hinweg zu pulsieren. Im Takt von einer halben Sekunde vibrierte das Licht mit Helligkeitsschwankungen von 50 Prozent.

nen Polarlichts, grob gesagt, immer bei 100 Kilometer befand. Einzelne vermessene grüne Strahlen waren ungefähr 100 Kilometer lang und nicht senkrecht zum Horizont orientiert, sondern entsprechend der magnetischen Inklination um rund 80 Grad geneigt. Die Strukturen verlaufen also exakt im gleichen Winkel der Magnetfeldlinien. Polarlichter konnten wir bis in rund 1000 Kilometer Entfernung beobachten.

Zusätzlich versuchten wir, die Bewegung der Polarlichter zu berechnen. Sie lassen sich am besten messen, wenn die Leuchterscheinungen zenitnah auftreten. Hierfür markierten wir in einer Aufnahme drei prägnante Strukturen und maßen ihre Positionen. Es handelt sich jeweils um die Unterseiten von Polarlichtstreamern. Ihre trigonometrisch bestimmten Fußpunkte trugen wir in eine Bodenkarte ein. So offenbarte sich eine beträchtliche Positionsänderung in nur wenigen Sekunden Zeitabstand. Die Auswertung ergab weniger eine Bewegung der Leuchterscheinung als Ganzes, sondern vielmehr eine Bewegung innerhalb des Polarlichts! Sein Durchmesser verdreifachte sich innerhalb von nur sechs Sekunden. Die entsprechende Geschwindigkeit beträgt rund sechs Kilometer pro Sekunde. Da es verschiedene Ansatzpunkte für die Definition von Geschwindigkeiten in Polarlichterscheinungen gibt, haben wir das Thema dahingehend noch nicht weiter vertieft.

Auf den Spuren Kristian Birkelands

Das für uns spannendste Experiment ermöglichte unser Magnetometer, das in seiner Einfachheit an Birkelands erste Forschungsversuche erinnerte. Mit diesem Gerät beobachteten wir die während des Polarlichtsturms auftretenden schnellen Änderungen des Erdmagnetfelds (siehe **Kasten links**). Ein Vergleich mit entsprechenden Daten des Schwedischen Instituts für Weltraumphysik in Kiruna ergab, dass unser Experiment ein voller Erfolg war: Die Kurvenverläufe waren beinahe 1:1 vergleichbar, sie wichen nur gering-



Jürgen Michelberger

fügig voneinander ab. Dies kann unterschiedliche Ursachen haben. Möglicherweise traten konstruktionsbedingte Fehler auf. Es könnten sich aber auch magnetische Anomalien in den Daten bemerkbar machen, bedingt durch die gigantischen Erzlagerstätten in Nordschweden. Schließlich befindet sich in Kiruna eines der größten Eisenerzabbaugebiete der Welt.

Vielleicht sind die Abweichungen aber auch real und weisen auf neue Fragestellungen hin. Auf jeden Fall waren wir uns am Ende unserer Exkursion einig: »Hoch lebe die Physik, und hoch lebe Kristian Olaf Birkeland!«.



REINHARDT WURZEL schreibt als Journalist über Naturphänomene – am liebsten aber über seltene astronomische Himmelsereignisse wie totale Sonnenfinsternisse. Viele

Publikationen dazu finden sich auf seiner Webseite www.bilder-der-welt.com.

Weblinks

Hinweise zur Polarlichtaktivität unter www.sterne-und-weltraum.de/artikel/1204707