

Der Geek-Atlas

128 Orte auf der Welt, um
Wissenschaft & Technik
zu erleben



O'REILLY®

John Graham-Cumming
Deutsche Übersetzung von Peter Klicman

Die Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag, Autoren und Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell verbliebene Fehler und deren Folgen.

Alle Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt und sind möglicherweise eingetragene Warenzeichen. Der Verlag richtet sich im Wesentlichen nach den Schreibweisen der Hersteller. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten einschließlich der Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Kommentare und Fragen können Sie gerne an uns richten:

O'Reilly Verlag

Balthasarstr. 81

50670 Köln

E-Mail: *kommentar@oreilly.de*

Copyright der deutschen Ausgabe:

© 2009 by O'Reilly Verlag GmbH & Co. KG

1. Auflage 2010

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Lektorat: Volker Bombien, Köln

Fachliche Unterstützung: Tanja Feder, Bonn

Satz: G&U Language & Publishing Services GmbH, Flensburg (www.GundU.com)

Umschlaggestaltung: Hanna Dyer, Sebastopol

Produktion: Andrea Miß, Köln

Belichtung, Druck und buchbinderische Verarbeitung: Media-Print, Paderborn

ISBN: 978-3-89721-933-5

Dieses Buch ist auf 100% chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Inhalt

000	Einführung	X
-----	----------------------	---

Australien

001	Parkes Radioteleskop, Parkes, Australien	1
-----	--	---

Österreich

002	Zentralfriedhof, Wien, Österreich	5
-----	---	---

Belgien

003	Atomium, Brüssel, Belgien	9
-----	-------------------------------------	---

Kanada

004	Baddeck, Nova Scotia, Kanada	14
-----	--	----

Tschechische Republik

005	Mendel-Museum für Genetik, Brünn, Tschechische Republik . . .	18
-----	---	----

Ecuador

006	Galápagos-Inseln, Ecuador	23
-----	-------------------------------------	----

Frankreich

007	Airbus, Toulouse, Frankreich	28
008	Die Arago-Medaillons, Paris, Frankreich.	31
009	Beaumont-de-Lomagne, Frankreich.	36
010	Château du Clos Lucé, Amboise, Frankreich.	39
011	Institut Pasteur, Paris, Frankreich	42

012	Das Jacquard-Museum, Roubaix, Frankreich	46
013	Das Panthéon, Paris, Frankreich	51
014	Millau-Viadukt, Millau, Frankreich	55
015	Musée Curie, Paris, Frankreich	59
016	Musée de l'Air et de l'Espace, Le Bourget, Frankreich	63
017	Musée des Arts et Métiers, Paris, Frankreich	67
018	Der Eiffelturm, Paris, Frankreich	71

Deutschland

019	Deutsches Museum, München, Deutschland	74
020	Historisch-Technisches Informationszentrum Peenemünde, Peenemünde, Deutschland	79
021	Röntgen-Museum, Remscheid, Deutschland	84
022	Stadtfriedhof, Göttingen, Deutschland	88
023	Gutenberg-Museum, Mainz, Deutschland	94

Indien

024	Jantar Mantar, Jaipur, Indien	98
-----	---	----

Irland

025	Broom Bridge, Dublin, Irland	103
-----	--	-----

Italien

026	Tempio Voltiano, Como, Italien	108
-----	--	-----

Japan

027	Akashi-Kaikyo-Brücke, Kobe, Japan	112
028	Akihabara, Tokyo, Japan	116

Niederlande

029	Das Escher-Museum, Den Haag, Niederlande	119
-----	--	-----

Serbien

030	Tesla-Museum, Belgrad, Serbien	123
-----	--	-----

Spanien

- 031 Das Kraftwerk Solúcar PS10, Sanlúcar la Mayor, Spanien 127

Schweiz

- 032 CERN, Genf, Schweiz 131
033 Historisches Museum Bern, Bern, Schweiz 135

Taiwan

- 034 Taipei 101, Taipei, Taiwan. 139

Großbritannien und Nordirland

- 035 14 India Street, Edinburgh, Schottland 143
036 Air Defence Radar Museum, RAF Neatishead, England 148
037 Albury Church, Albury, England 152
038 Alexander Fleming Laboratory Museum, London, England . . . 157
039 Anderton Boat Lift, Northwich, England 160
040 Bletchley Park, Bletchley, England 163
041 British Airways Flight Training, Hounslow, England 168
042 Friedhof Bunhill Fields, London, England 173
043 Down House, Downe, England 177
044 Edward Jenner Museum, Berkeley, England 180
045 Elsecar Heritage Centre, Elsecar, England 184
046 Farnborough Air Sciences Museum, Farnborough, England . . . 187
047 Gonville and Caius College, Cambridge, England 192
048 Goonhilly Satellite Earth Station, Goonhilly, England 198
049 Greenwich, London, England. 202
050 Hovercraft-Museum, Lee-on-the-Solent, England 206
051 Jodrell Bank Observatory, Cheshire, England 209
052 Kelvedon Hatch Atombunker, Kelvedon Hatch, England. 213
053 Kempton Park-Wasserwerk, Kempton Park, England 217
054 Lacock Abbey, Wiltshire, England 221

055	Manchester Science Walk, Manchester, England	225
056	Museum of the History of Science, Oxford, England	228
057	Napier University, Edinburgh, Schottland	232
058	National Museum of Computing, Bletchley, England	237
059	National Museum of Scotland, Edinburgh, Schottland	241
060	National Railway Museum, York, England	244
061	Natural History Museum, London, England	248
062	Poldhu, Cornwall, England	252
063	Porthcurno Telegraph Museum, Porthcurno, England	256
064	Royal College of Surgeons Hunterian Museum, London, England	261
065	Royal Gunpowder Mills, Waltham Abbey, England	265
066	Sackville Street Gardens, Manchester, England	269
067	Hohlspiegelmikrofone, Dungeness, England	274
068	SS Great Britain, Bristol, England	278
069	Der Apfelbaum, Trinity College, Cambridge, England	282
070	Das Brunel-Museum, London, England	287
071	The Eagle Pub, Cambridge, England	290
072	Falkirk Wheel, Falkirk, Scotland	294
073	Das Hunterian Museum, Glasgow, Schottland	298
074	The Iron Bridge, Ironbridge, England	303
075	The Royal Institution of Great Britain, London, England	306
076	Das Science Museum, Swindon, England	311
077	The Science Museum, London, England	315
078	Thinktank, Birmingham, England	320
079	Westminster Abbey, London, England	327

Ukraine

080	Tschernobyl-Zone, Ukraine	332
-----	-------------------------------------	-----

USA

Alaska

- 081 Aurora Borealis, Fairbanks, AK 336
- 082 Trans-Alaska Pipeline-Besucherzentrum, Fox, AK 341

Arizona

- 083 Titan Missile Museum, Sahuarita, AZ 345

Kalifornien

- 084 391 San Antonio Road, Mountain View, CA 349
- 085 844 E. Charleston Road, Palo Alto, CA 355
- 086 Das Computer History Museum, Mountain View, CA 359
- 087 Goldstone Deep Space Communications Complex,
Fort Irwin, CA 365
- 088 Joint Genome Institute, Walnut Creek, CA 371
- 089 1 Infinite Loop, Cupertino, CA 376
- 090 Die HP Garage, Palo Alto, CA 381

Connecticut

- 091 U.S. Navy Submarine Force Museum, Groton, CT 385

District of Columbia

- 092 National Air and Space Museum, Washington, DC 389
- 093 National Museum of American History, Washington, DC 394

Florida

- 094 Kennedy Space Center, Merritt Island, FL 398

Hawaii

- 095 Kalaupapa National Historic Park, Molokai, HI 402

Idaho

- 096 Experimental Breeder Reactor No. 1, Arco, ID 406

Illinois

- 097 Fermilab, Batavia, IL 412

Massachusetts

- 098 MIT-Museum, Cambridge, MA 416

Maryland

- 099 Gaithersburg International Latitude Observatory,
Gaithersburg, MD 421
- 100 National Electronics Museum, Linthicum, MD 425
- 101 National Cryptologic Museum, Fort Meade, MD 429

Michigan

- 102 Das Henry Ford, Dearborn, MI 436

Missouri

- 103 Gateway Arch, St. Louis, MO 441

New Jersey

- 104 Horn Antenna, Holmdel, NJ. 445
- 105 Institute for Advanced Study, Princeton, NJ. 450

New Mexico

- 106 Trinity Test Site, White Sands Missile Range, NM. 454
- 107 Very Large Array, Socorro, NM 459
- 108 White Sands Missile Range-Museum,
White Sands Missile Range, NM 464

Nevada

- 109 Atomic Testing Museum, Las Vegas, NV 468
- 110 Nevada Test Site, NV. 472
- 111 Zero G, Las Vegas, NV 477

New York

- 112 Glenn H. Curtiss Museum, Hammondsport, NY. 480
- 113 John M. Mossman Lock Collection, New York, NY. 485
- 114 Sagan Planet Walk, Ithaca, NY 488

Ohio

- 115 Early Television Museum, Hillard, OH 492
- 116 NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH 495

Oregon	
117	Evergreen Aviation & Space Museum, McMinnville, OR 500
Pennsylvania	
118	Joseph Priestley House, Northumberland, PA. 503
Puerto Rico	
119	Arecibo-Observatorium, Arecibo, Puerto Rico 508
Tennessee	
120	X-10 Graphitreaktor, Oak Ridge, TN 512
Virginia	
121	Kryptos-Skulptur, Langley, VA 516
122	Shot Tower Historical State Park, Austinville, VA 521
Washington	
123	American Museum of Radio and Electricity, Bellingham, WA 525
124	Grand Coulee-Damm, Coulee Dam, WA 529
West Virginia	
125	Reber Radioteleskop, Green Bank, WV. 533
126	Das Greenbrier, White Sulphur Springs, WV. 537
Verschiedene	
127	Magicalada Brood X, East Coast, U.S.. 542
128	Der magnetische Nordpol. 547
	Index 553

Einführung

Ein reger Geist ist immer auf Entdeckungstour

An meinem 13. Geburtstag fuhren meine Eltern mit mir nach Dove Cottage, die frühere Heimat des englischen Poeten William Wordsworth. Ich habe an diesen Besuch nur eine einzige Erinnerung – ein unterirdischer Luftstrom, der einen der Räume kühlte und diesen so zu einem idealen Lagerplatz für Lebensmittel machte. Dort in Wordsworths Haus gab es also auch kleine wissenschaftliche Geheimnisse, die nur darauf warteten, entdeckt zu werden.

Leider ist es leichter, die Heimat längst verstorbener Poeten, Maler oder Schriftsteller ausfindig zu machen, als wissenschaftlich interessante Orte zu finden, denen man einen Besuch abstatten könnte. Rufen Sie ein beliebiges Fremdenverkehrsbüro irgendwo auf der Welt an und fragen Sie nach naturwissenschaftlichen, mathematischen oder technischen Sehenswürdigkeiten. Sie werden ein langes Schweigen ernten oder eine kurze Liste der einschlägigen Wissenschaftsmuseen erhalten. Das ist schade, denn wenn es etwas gibt, das die Naturwissenschaft auszeichnet, dann ist es die Bereitschaft der Wissenschaftler, ihr Wissen zu teilen. Und die Welt ist voller wunderbarer Orte, Museen und scheinbar zufälliger Schauplätze, die das Herz jedes Geeks ein wenig höher schlagen lassen. Viele dieser Orte sind sogar frei zugänglich.

Die 128 Orte in diesem Buch ergeben eine persönliche Liste der Schauplätze, an denen Naturwissenschaft, Mathematik oder Technik »passiert« oder »passiert ist«. Sie werden in dieser Auswahl keine kleinen drittklassigen Museen und keine Tafeln der Art »Professor X hat hier geschlafen« finden. Jeder Ort ist von echtem naturwissenschaftlichen, mathematischen oder technischen Interesse.

Nicht immer geht es um von Menschen gemachte Erfindungen oder Entdeckungen. In diesem Buch werden auch Naturphänomene wie der sich bewegende, magnetische Nordpol (Kapitel 128) und die Aurora Borealis (Kapitel 81) beschrieben. Auch einige wenige Gräber berühmter Wissenschaftler sind enthalten, doch Sie können sicher sein, dort auf Gleichungen zu stoßen.

Jedem Ort ist ein eigenes Kapitel gewidmet und jedes Kapitel ist in drei Teile untergliedert: eine allgemeinen Einführung zu diesem Ort, wobei der Schwerpunkt auf dessen naturwissenschaftlicher, mathematischer oder technischer Bedeutung liegt, gefolgt von einer etwas eingehenderen Erläuterung des jeweiligen Themengebiets und schließlich praktischen Informationen für den Besuch. Das Buch kann wie ein richtiger Reiseführer genutzt werden (und ich hoffe, dass Sie die Gelegenheit haben werden, einige dieser Orte zu besuchen), es eignet sich aber ebenso für den nur »virtuell Reisenden«, den ich durch das Buch zu inspirieren hoffe, mehr über die dargestellte Naturwissenschaft, Mathematik oder Technik zu erfahren.

Bei den technischen Erläuterungen habe ich versucht, die Dinge zu vereinfachen, ohne allerdings das geistige Niveau auf Analogien und Metaphern zu reduzieren, anstatt die eigentlichen Grundlagen zu beschreiben. Wenn Sie das Buch durchblättern, werden Sie also die Art von Bildern sehen, die man in Reiseführern findet, aber auch viele Diagramme und Gleichungen. (Jeder Leser, der sich die Gleichungen nicht antun möchte, kann sich einfach auf den ersten Teil eines Kapitels beschränken.)

Es gibt auch ein wenig abstrakte Mathematik, wobei Themen wie Mengenlehre, transfinite Zahlen, Fermats Letzter Satz, Primzahlen, Gruppentheorie und mehr behandelt werden. Nicht-Mathematiker könnten dadurch abgeschreckt werden, dennoch empfehle ich Ihnen, sich mit diesen Aspekten zu beschäftigen. Ich verspreche Ihnen, dass sich Ihnen eine ganz neue Welt mathematischer Schönheit offenbaren wird, wenn Sie die Cantor-Diagonalisierung (Seite 197) verstehen. (Ja, ich gebe es zu, ich bin ein Mathe-Freak.)

Eine Sache, nach der ich immer und immer wieder gefragt wurde, war die Empfehlung des einen Ortes, den man unbedingt gesehen haben muss. Einen einzelnen Ort hervorzuheben, ist nahezu unmöglich – es gibt da draußen so viele großartige Orte. Doch ich gebe zu, dass ich immer wieder ein Tränchen verdrücke, wenn ich die Differenzmaschine im Wissenschaftsmuseum in London (Kapitel 77) sehe. Das ist Mathematik in Bewegung und Arithmetik in Aktion.

Ein enttäuschender Trend bei Wissenschaftsmuseen ist die Tendenz, sich auf den »Wow!«-Faktor zu konzentrieren, ohne die eigentlichen Grundlagen zu erläutern. Falls ich Ihr Lieblingsmuseum nicht berücksichtigt habe, sollten Sie sich selbst fragen, ob es eines der folgenden lästigen Merkmale aufweist: einen kurzen, mit einem Ausrufezeichen endenden Namen, ein Logo, in Pastellfarben oder mit einem knuddeligen Maskottchen versehen, oder ein IMAX-Kino. Glauben Sie mir, es steckt mehr »Wow!« in Foucaults Messung der Lichtgeschwindigkeit (Seite 68) als in jedem Film, egal wie gut er ist.

Eine Reihe von Orten findet in diesem Buch keine Berücksichtigung, weil Touren aus »Sicherheitsgründen« eingestellt oder eingeschränkt wurden. Das gilt fast ausschließlich für die Vereinigten Staaten, in denen einige für den naturwissenschaftlichen Tourismus interessante Orte als zu sensibel für die Allgemeinheit eingestuft werden. Andere Orte sind ausschließlich amerikanischen Staatsbürgern zugänglich. (Dies entbehrt nicht einer gewissen Ironie, wenn man die Beiträge von Nicht-Amerikanern zur wissenschaftlichen Forschung der USA bedenkt.) Einige Orte wurden dennoch aufgenommen, in der Hoffnung, dass die Beschränkungen in den nächsten Jahren gelockert werden.

Wenn Ihr Lieblingswissenschaftler fehlt, liegt es vielleicht einfach daran, dass seine oder ihre Arbeit nicht an einem einzigen Ort zusammengefasst ist. Ich habe beispielsweise gehofft, den Raketen-Pionier Robert Goddard aufnehmen zu können, aber keiner der möglichen Orte ist wirklich geeignet: Goddards Raketen-Startplatz in Massachusetts besteht nur aus einer Gedenktafel mitten auf einem Golfplatz. Das Goddard Space Flight Center in Maryland ist großartig, doch dieses Buch kann nur eine bestimmte Zahl von NASA-Sites berücksichtigen. Das Roswell-Museum in New Mexico wiederum sieht sich selbst hauptsächlich als Kunstmuseum. Von den drei genannten ist das Letztere allerdings das beste – es stellt die meisten Stücke von Goddards Gerätschaften aus.

Andere Orte hätten es fast geschafft, waren dann aber doch nicht auf einem geeigneten Stand. Ich wollte das Florence Nightingale Museum in London aufnehmen, weil Nightingales Beitrag zur Verwendung von Grafiken zur Darstellung quantitativer Informationen meist übersehen wird. Florence Nightingale wurde als erste Frau Mitglied der Royal Statistical Society und ihre Diagramme zu Todesursachen in einem Feldlazarett sind im Museum ausgestellt. Leider bietet die Ausstellung nur eine schlechte Reproduktion, die weder echte Informationen dazu, was der Besucher dort sieht, noch zu Nightingales Beitrag zur Verwendung von Grafiken (einschließlich Kuchendiagrammen) liefert.

Wenn Sie sich immer noch fragen, warum Ihr Lieblingsort nicht auftaucht, besuchen Sie doch die Website zum Buch und berichten Sie mir von diesem. Wahrscheinlich kenne ich ihn einfach nicht und würde ihn nur zu gerne besuchen. Wer weiß, vielleicht gibt es genug gute Ideen für eine zweite Ausgabe!

– jgc
May 2009

P.S. Es hat sich herausgestellt, dass ich Dove Cottage doch mehr Aufmerksamkeit hätte schenken sollen. Jahre später entdeckte ich, dass Wordsworth ein Bewunderer Newtons war und, inspiriert durch die Newton-Statue am Trinity College in Cambridge, die folgenden Zeilen schrieb:

The antechapel where the statue stood
Of Newton with his prism and silent face,
The marble index of a Mind for ever
Voyaging through strange seas of Thought, alone.

Verwendete Konventionen

Da dieses Buch verschiedene Länder abdeckt, etwa die USA, in denen eine Mischung aus angloamerikanischen und eigenen Maßsystemen verwendet wird, Frankreich, wo das metrische Maßsystem genutzt wird, und Großbritannien, wo ein Durcheinander aus angloamerikanischem und metrischem Maßsystem zum Einsatz kommt, habe ich mich für die wissenschaftliche Option entschieden und halte mich an das metrische Maßsystem. Dadurch werden auch Probleme wie der Volumenunterschied zwischen einer amerikanischen und einer imperialen Gallone vermieden.

Das metrische Maß mag für amerikanische Leser etwas ungewohnt sein, weil ich Entfernungen zwischen amerikanischen Orten in Kilometern angebe.

Bei Ortsnamen habe ich die Schreibweise *Ortsname, nächste Ortschaft/Stadt/Gemeinde, Staat* für alle Orte außerhalb der USA verwendet. Für Orte innerhalb der USA verwende ich das Format *nächste Ortschaft/Stadt/Gemeinde, US-Bundesstaat*. Für die Bundesstaaten verwende ich die aus zwei Buchstaben bestehende Kurzform. Wenn Sie sich als nicht-amerikanischer Leser unsicher sind, ob MI, MO oder MS für Missouri steht, können Sie sich die Kürzel beim U.S. Postal Service unter http://www.usps.com/ncsc/lookups/usps_abbreviations.html ansehen.

Jeder Ort in diesem Buch verfügt über einen Abschnitt mit praktischen Informationen, der üblicherweise die Adresse der zugehörigen Website enthält, falls vorhanden. Anderenfalls finden Sie eine Anfahrsbeschreibung. Zusätzlich sind zu jedem Ort der Längen- und der Breitengrad aufgeführt, die Sie direkt in Ihr Navigationsgerät oder Online eingeben können.

Eine visuelle Kurzreferenz zu Beginn jedes Kapitels liefert Ihnen einige grundlegende praktische Informationen. Die vier folgenden Icons werden verwendet:



Freier Eintritt



Erfrischungen vor Ort



Der Ort ist für Kinder geeignet.



Der Ort kann bei jedem Wetter besucht werden.

Doch denken Sie bitte daran, dass sich die Dinge ändern können. Für eine bislang kostenlose Sehenswürdigkeit könnte plötzlich Eintritt verlangt werden, ein Restaurant wurde möglicherweise geschlossen und der Zugang zu einem Ort wurde vielleicht eingeschränkt. Prüfen Sie solche Dinge, bevor Sie einen Ort besuchen, und lassen Sie es mich wissen, falls sich etwas geändert hat, damit zukünftige Ausgaben dieses Buches auf dem aktuellen Stand sind.

001

Parkes Radioteleskop, Parkes, Australien

32° 59' 59.8" S, 148° 15' 44.3" E



The Dish

Wenn Sie sich gerade »Down Under« aufhalten (oder gar das Glück haben, dort zu leben), dann gibt es dort ein Wahrzeichen, das Sie nicht verpassen sollten, da es der Star eines Filmes ist, bei dem es allein um Wissenschaft geht. Dieser Film heißt *The Dish* und der Star ist das Parkes Radioteleskop (Abbildung 1-1).



Abbildung 1-1. The Dish; zur Verfügung gestellt von Alex Cheal (alexcheal)

Auf halbem Weg zwischen Melbourne und Brisbane, 20 Kilometer nördlich der kleinen Stadt Parkes, steht die anmutig geformte Schüssel, die seit 1961 den südlichen Sternenhimmel auf Radiosignale abhört.

Pulsare

(Die »Kleinen grünen Männchen«)

Im Juli 1967 arbeitete ein Team der Universität Cambridge an einem Radioteleskop, um Signale von Quasaren (Radioquellen von irgendwo im All) einzufangen. Doch die Wissenschaftler entdeckten etwas Seltsames – ein pulsierendes Radiosignal am Himmel, das 40 Millisekunden andauerte und sich regelmäßig alle 1,337 Sekunden wiederholte. Zuerst dachte man, es müsse sich um ein Signal von der Erde handeln, aber man erkannte schnell, dass dem nicht so war, und nannte dieses Signal LGM-1 (Little Green Men-1, also »Kleine grüne Männchen 1«).

Sie hatten einen Pulsar (oder pulsierenden Stern) entdeckt, aber da man noch nie eine so regelmäßige Radioquelle am Himmel ausgemacht hatte, spekulierte das Team darüber, dass es sich um eine Nachricht von einer weit entfernten Zivilisation handeln könnte oder um ein navigatorisches »Leuchfeuer« unbekannter, durch das Universum reisender Lebewesen.

Heute wird LGM-1 als Pulsar CP1919 bezeichnet und ist einer von mehr als 1000 bekannten Pulsaren. Es wurden auch Pulsare entdeckt, die mehr als nur Radiowellen, nämlich regelmäßig Röntgen- und Gammastrahlen aussenden.

Pulsare werden durch schnell rotierende Neutronensterne erzeugt. Ein Neutronenstern entsteht, wenn einem Stern nach einer Supernova die Energie ausgeht, und er aufgrund seiner eigenen Gravitation plötzlich kollabiert. Das führt zu einem unglaublich dichten und kompakten Sternen-Leichnam: einem Neutronenstern.

Neutronensterne sind im Durchmesser üblicherweise kleiner als 20 Kilometer (die Entfernung der Stadt Parkes vom Teleskop), enthalten aber mehr Masse als die Sonne. Das Innere eines Neutronensterns besteht aus Neutronen, weil der unglaubliche Druck im Stern die Protonen und Elektronen zusammenpresst und jede Ladung eliminiert. Tief im Inneren eines Neutronensterns ist der Druck so groß, dass sich dort sehr wahrscheinlich eine Suppe aus Elementarteilchen (wie Quarks) befindet.

Neutronensterne werden durch das Pauli-Prinzip vor dem völligen Kollaps bewahrt. Es besagt, dass zwei Neutronen (genauer gesagt zwei identische Fermionen) nicht gleichzeitig an einem Ort sein können.

Man glaubt, dass das Magnetfeld des rotierenden Neutronensterns mit geladenen Partikeln interagiert, was dazu führt, dass die Oberfläche elektromagnetische Strahlen aussendet. Diese Strahlen können sich im Radiospektrum

befinden, genauso gut kann es sich aber um Gamma- oder Röntgenstrahlen handeln. Sie verlassen den Stern als kontinuierlicher Strahl, der von den magnetischen Nord- und Südpolen des Sterns ausgeht. Dies ist in Abbildung 1-2 zu sehen.

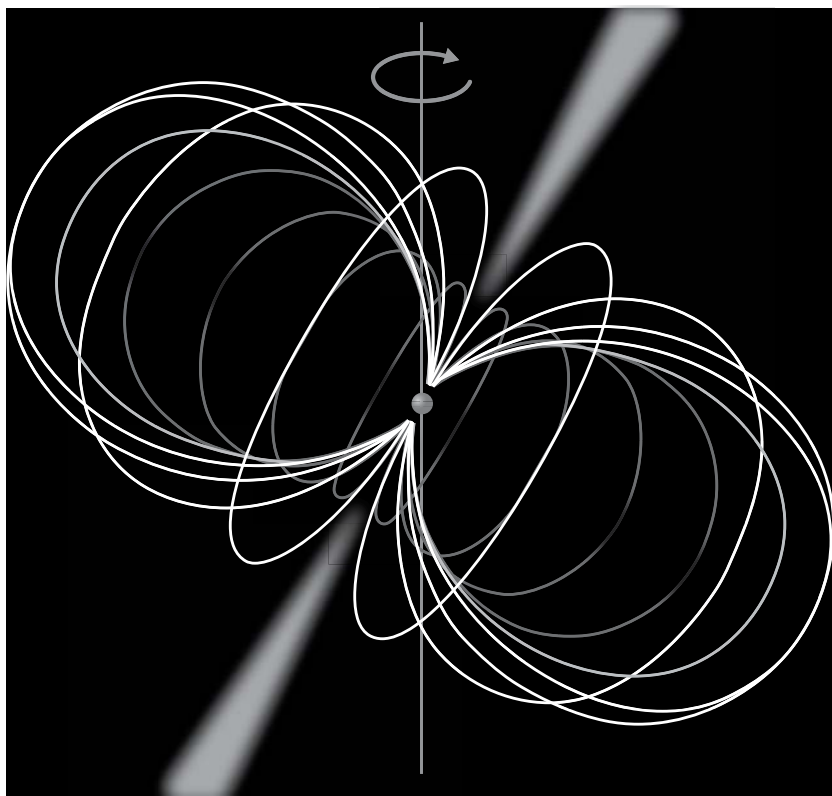


Abbildung 1-2. Ein Pulsar mit Magnetfeld und Strahlung

Da die rotierenden und magnetischen Pole versetzt sind, zeigt der Strahl nicht ständig auf die Erde, sondern streicht bei jeder Rotation nur einmal an ihr vorbei (was uns wie ein Puls erscheint).

Tatsächlich hat man auch nach 40 Jahren Beobachtung noch vieles nicht verstanden. Vielleicht war die Bezeichnung LGM-1 des Teams der Universität Cambridge doch korrekt und Parkes hat seit seiner Eröffnung im Jahre 1961 extraterrestrische Grüße verpasst.

Es war die Rolle, die das Parkes Radioteleskop bei den Übertragungen während der Mondlandung der Apollo 11 spielte, die das Teleskop zu einem Filmstar machte. Als Neil Armstrong und Buzz Aldrin am 20. Juli 1969 auf dem Mond landeten, wurden die Übertragungen der Telemetriedaten und Fernsehbilder ursprünglich an das Goldstone-Observatorium in der Mojave-Wüste in Kalifornien gesendet. Doch es kam zu Problemen und die NASA wechselte zum Honeysuckle Creek-Empfänger in der Nähe von Canberra in Australien, um die Signale zu empfangen. Kurz danach schaltete man auf Parkes um und befand das Signal für so gut, dass man für den Rest der Übertragung bei »The Dish« blieb.

The Dish war in eine ganze Reihe von Weltraum-Missionen involviert, darunter die Voyager 2-Mission bei der man nah an Uranus und Neptun herankam und Bilder der Planeten lieferte, die Giotto-Mission, bei der man 1986 nah an Halleys Komet vorbeiflog, und die Galileo-Mission, bei der 1997 Jupiter fotografiert wurde.

The Dish besitzt ein kleines Besucherzentrum sowie zwei kleine Kinos, in denen Filme die Radioastronomie und das Sonnensystem erklären. Während der Eintritt in das Besucherzentrum kostenlos ist, wird für die Kinos ein kleiner Obolus fällig. Da The Dish ein wenig abseits der Zivilisation liegt, gibt es ein Café mit Speisen und Getränken sowie kostenlose Picknick- und Barbecue-Anlagen.

Unglücklicherweise wird The Dish ständig genutzt und ist daher Besuchern nicht zugänglich. Gelegentlich gibt es im Observatorium aber einen Tag der offenen Tür, an dem die Öffentlichkeit die Schüssel besteigen und sich anschließend den Vortrag eines dortigen Wissenschaftlers anhören kann. In der Vergangenheit wurden diese Tage der offenen Tür mit einer Vorführung von *The Dish* unter dem Sternenhimmel abgerundet.

Wenn Sie sich The Dish nähern, sollten Sie alles ausschalten, was einen Radiosender enthält (z. B. Ihr Mobiltelefon) – The Dish lauscht auf sehr schwache Radiosignale aus dem Kosmos und muss sich nicht auch noch Ihr Geschnatter anhören. Da Parkes etwas abseits liegt, könnten Sie die Reise mit einem großen lokalen Event verbinden. Das Parkes Elvis Festival (das jedes Jahr in der zweiten Januarwoche stattfindet) sollte man nicht verpassen.

Abgesehen vom bisher Genannten liegt der Hauptverwendungszweck der 64 Meter großen Schüssel in der Radioastronomie, mit einem besonderen Schwerpunkt auf Pulsaren (siehe Kasten). Im Laufe der Jahre wurde The Dish immer wieder aufgerüstet, um die unglaublich schwachen Signale, die die Erde erreichen, noch besser verarbeiten zu können.

Praktische Informationen

Informationen über das Parkes Radioteleskop und andere australische Observatorien finden Sie auf <http://outreach.atnf.csiro.au/>.

002

Zentralfriedhof, Wien, Österreich



48° 8' 58" N, 16° 26' 28" E



Ein Wissenschaftler zwischen Komponisten

Falls Sie einen Grund brauchen, um die wunderschöne österreichische Hauptstadt zu besuchen, empfehle ich den Zentralfriedhof. Auch wenn der Friedhof nicht zu den berühmtesten Sehenswürdigkeiten Österreichs zählt, so handelt es sich hier doch um die letzte Ruhestätte vieler berühmter Österreicher und auch Nicht-Österreicher, darunter Beethoven, Brahms, Schubert, vier Strausse und eine ganze Reihe weiterer Künstler und auch Politiker. Doch das Grab, das auf den wissenschaftlich interessierten Besucher wartet, ist das mit einer grundlegenden Formel zur Thermodynamik auf dem Grabstein.

Dieses Grab ist das von Ludwig Boltzmann, dem österreichischen Physiker, der die statistische Mechanik (die zu erklären hilft, wie die fundamentalen Eigenschaften von Atomen, etwa Masse und Ladung, die Eigenschaften der Materie bestimmen) entwickelt hat und der zeigte, dass durch die Gesetze der Mechanik auf atomarer Ebene das zweite Gesetz der Thermodynamik (einfach ausgedrückt die Tatsache, dass Wärme von einem kälteren Körper nicht zu einem wärmeren fließen kann) erklärt werden kann. Die entsprechende Gleichung Boltzmanns wird Ihnen natürlich nicht vorenthalten (siehe Abbildung 2-1).

$$S = k \log W$$

Abbildung 2-1. Boltzmanns Gleichung

Boltzmann lebte im 19. Jahrhundert (er starb kurz nachdem das 20. Jahrhundert eingeläutet wurde) und glaubte fest daran, dass Materie aus Atomen und Molekülen bestehe. Trotz der Tatsache, dass Dalton (siehe Kapitel 55) 1808 die Atomgewichte beschrieben hatte, gab es immer noch eine Debatte über die Existenz von Atomen. Doch Boltzmann nutzte Daltons (von anderen als unbewiesen betrachtete) Theorie, und wandte die Wahrscheinlichkeitstheorie mittels statistischer Mechanik auf die physikalische Welt an – mit ungeheueren Auswirkungen.

Statistische Mechanik und Entropie

Die Beziehung zwischen den Makrozuständen (wie Volumen, Temperatur und Druck) und den Mikrozuständen (Lage, Masse und Geschwindigkeit einzelner Atome) eines Materials ist für die statistische Mechanik von grundlegender Bedeutung, und Boltzmann hat diese Grundlagen gelegt. Die Makrozustände sind einfach zu messen, die Mikrozustände nicht.

Von außen betrachtet lässt sich eine mit Luft gefüllte Flasche durch eine kleine Anzahl von Makrozuständen beschreiben – ihr genaues Volumen, die Temperatur und der Druck beispielsweise gemessen werden. Doch innerhalb der Luft bewegen sich Moleküle und stoßen zusammen. Bei jedem einzelnen festen Makrozustand verändern sich die Mikrozustände ständig. Dennoch gibt es eine Beziehung zwischen den Mikro- und Makrozuständen.

Boltzmanns Entropie kann man sich als Gradmesser für das Chaos innerhalb der Flasche vorstellen, oder als Maß für die Anzahl verschiedener Möglichkeiten, in der sich die Moleküle in der Luft selbst anordnen können, um das gleiche Volumen, den gleichen Druck und die gleiche Temperatur zu erzielen.

Nehmen Sie als Beispiel einmal an, Sie ließen einen Stapel mit 52 Spielkarten auf den Boden fallen und der Makrozustand in diesem Beispiel wäre die Anzahl der Karten, deren Bildseite oben liegt. Dieser kann dann, genau wie das Volumen, die Temperatur und der Druck, ganz einfach gemessen werden. Doch für jede Anzahl mit der Bildseite oben liegender Karten gibt es viele Möglichkeiten, welche individuellen Bildseiten zu sehen sind, d.h. für jeden Makrozustand gibt es viele mögliche Mikrozustände (jede Karte hat ihren eigenen Mikrozustand, der angibt, ob die Bildseite oben liegt oder nicht).

Wenn alle Bildseiten oben liegen, herrscht nur wenig Chaos, da der Mikrozustand jeder Karte bekannt ist. Das gleiche gilt, wenn alle Bildseiten unten liegen. Das größte Chaos herrscht in der Mitte dieser beiden Extreme: wenn 26 Bildseiten zu sehen sind, und 26 nicht. Dann gibt es 495.918.532.948.104 mögliche Mikrozustände.

In Boltzmanns berühmter Gleichung (wie sie Max Planck interpretiert) wird die Anzahl möglicher Mikrozustände, W , für eine gegebene Menge von Makrozuständen verwendet. Die Konstante k ist als Boltzmannsche Konstante bekannt. Der resultierende Wert S , die Entropie, ist ein Mikrozustand wie Volumen, Temperatur oder Druck, und kann für ein ideales Gas berechnet werden (mehr zu idealen Gasen finden Sie auf Seite 230).

Für jedes gegebene Volumen, jede Temperatur und jeden Druck ist die Entropie S ein Maß dafür, wie unsicher wir uns im Bezug auf den internen Zustand des Gases sind.

Boltzmanns Gleichung ist in seinen Grabstein gemeißelt, weil sie die fundamentale Beziehung zwischen der mikroskopischen Welt sich bewegender und kollidierender Atome und der makroskopischen Welt von Temperatur, Druck und Volumen darstellt.

Zusammen mit James Clerk Maxwell (siehe Kapitel 35) und Josiah Willard Gibbs war Boltzmann einer der wichtigsten Physiker des 19. Jahrhunderts. Sein Grab (Abbildung 2-1) mit der berühmten Gleichung in Stein gemeißelt und der imponierenden Büste des Wissenschaftlers ist ein Zeugnis seiner Bedeutung. Er ruht hier zwischen anderen Mitgliedern seiner Familie.

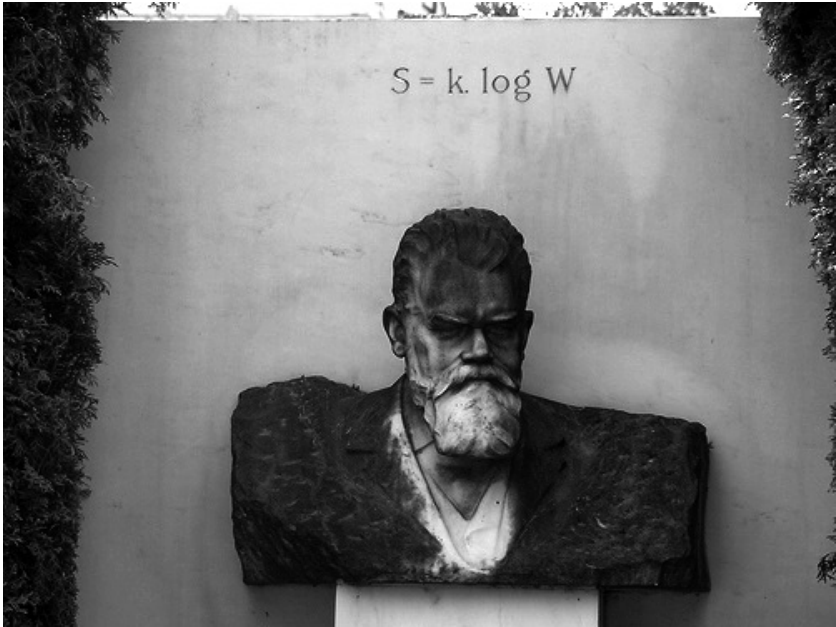


Abbildung 2-2. Boltzmanns Grab; zur Verfügung gestellt von Martin Röhl (martinroell)

Der Friedhof selbst ist riesig: Auf 2,4 Quadratkilometern haben etwa drei Millionen Menschen ihre letzte Ruhe gefunden. Damit ist er einer der größten Europas. Ein Bereich ist namhaften Persönlichkeiten vorbehalten, von denen Boltzmann der einzige Wissenschaftler ist.

Wenn Sie in Wien sind, lohnt es sich auch, das kleine Museum in Freuds früherem Haus zu besuchen.

Praktische Informationen

Die Bahnlinie 71 hat mehrere Haltestellen am Zentralfriedhof. Boltzmanns Grab befindet sich im Abschnitt 14C des Friedhofs. Die Haltestelle Zentralfriedhof Tor 2 liegt hier am nächsten.

003

Atomium, Brüssel, Belgien

50° 53' 41" N, 4° 20' 28" E



Ein Eisenkristall

Das Atomium in Brüssel wurde anlässlich der Weltausstellung 1958 gebaut. Es repräsentiert die Kristallstruktur von Eisen (tatsächlich nur eines der Allotrope von Eisen, siehe Kasten) und besteht aus einer Stahlkonstruktion mit einer Außenhaut aus Aluminium. Wie der Eiffelturm war auch das Atomium nicht als ständige Konstruktion geplant, hat aber aufgrund seiner Popularität überlebt.

Das Atomium besteht aus 9 Sphären, die die Eisenatome darstellen. Diese sind durch 20 Röhren miteinander verbunden, die die Bindung zwischen den Eisenatomen repräsentieren. Zusammen bilden sie einen Würfel mit Eisenatomen an den Eckpunkten und einem einzelnen Eisenatom in der Mitte. Die Würfelstruktur sitzt aus ästhetischen Gründen auf einem Eckpunkt und wird durch zusätzliche Pfeiler gestützt, die mit den erdnahen Sphären verbunden sind. Das gesamte Gebilde ist über 100 Meter hoch.

Zwischen 2004 und 2006 wurde das Atomium umfassend renoviert. Das korrodierte Aluminium wurde entfernt und durch rostfreien Stahl (der nicht aus dem Allotrop besteht, das durch das Atomium selbst repräsentiert wird) ersetzt.

Innerhalb des Atomiums geschieht so einiges. In der Sphäre am Boden gibt es eine Ausstellung zu den 1950ern und zur Weltausstellung 1958. Eine der anderen Sphären beherbergt temporäre Ausstellungen. In der obersten Sphäre befindet sich ein Restaurant mit Panoramablick über Brüssel. Es gibt sogar eine Sphäre, die ausschließlich für Schulausflüge genutzt wird – die Kinder können darin übernachten.

Eisen-Allotrope

Das Eisenkristall, dass durch das Atomium dargestellt wird, ist tatsächlich nur eine von drei möglichen Strukturen (oder Allotropen) des Eisens: Alpha, Beta und Delta. Allotropie (das Bilden verschiedener Strukturen aus einem einzelnen Element) ist nicht auf Eisen beschränkt. Andere Elemente (wie Kohlenstoff und Sauerstoff) besitzen ebenfalls Allotrope.

Wenn geschmolzenes Eisen abzukühlen beginnt, formt es zuerst das Delta-Allotrop, das ein Eisenatom an jeder Ecke sowie ein einzelnes Eisenatom in der Mitte des Würfels besitzt. Jedes Atom ist mit vier anderen Atomen verbunden (den direkten Nachbarn an den Seiten des Würfels sowie dem zentralen Atom). Diese Struktur wird »kubisch-raumzentriert« genannt und ist die Struktur, die das Atomium darstellt (siehe Abbildung 3-1).

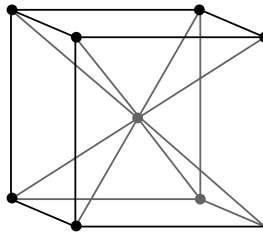


Abbildung 3-1. Kubisch-raumzentriert

Das Eisen-Delta-Allotrop

Wenn sich Eisen weiter abkühlt (unter 1394°C), wird das Gamma-Allotrop, das eine andere Struktur besitzt, gebildet. Gamma-Eisen ist kubisch-flächenzentriert (siehe Abbildung 3-2). Es besitzt eine Würfelstruktur mit Atomen an den Ecken, und zusätzlich ein einzelnes Atom in der Mitte jeder Fläche des Würfels. Gamma-Eisen wird zur Herstellung rostfreien Stahls verwendet und dazu mit Chrom vermischt. (Das Chrom bildet eine unsichtbare Oxidschicht auf der Außenseite des rostfreien Stahls, die es vor Korrosion schützt.)

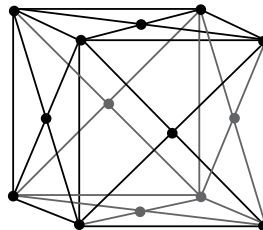


Abbildung 3-2. Kubisch-flächenzentriert

Bei weniger als 912°C bildet Eisen das letzte Allotrop, die Alpha-Form. Sie hat

die gleiche Struktur wie das Delta-Allotrop, weist aber die wichtige Eigenschaft auf, ferromagnetisch zu werden, sobald die Temperatur unter 770°C fällt. (770°C ist die sogenannte *Curie-Temperatur*. Wird diese Temperatur überschritten, dann verliert ein ferromagnetisches Material seinen Magnetismus). Das Alpha-Allotrop wird bei Gusseisen und der Stahlherstellung verwendet.

Kohlenstoff-Allotrope

Die wohl interessantesten Allotrope sind die aus Kohlenstoff. Kohlenstoff besitzt viele verschiedene Allotrope wie Diamant, Graphit und Kohlenstoff-Nanoröhrchen.

Diamanten bilden eine komplexe Struktur mit Tetraedern aus vier Kohlenstoffatomen, die so miteinander verbunden sind, dass sie in einen Würfel passen. Diese Struktur wird als Diamantwürfel bezeichnet (siehe Abbildung 3-3).

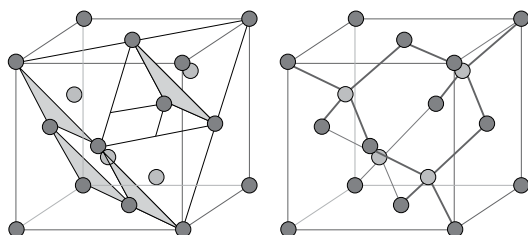


Abbildung 3-3. Diamant-Struktur

Falls Sie keine Diamanten Ihr Eigen nennen, besitzen Sie wahrscheinlich ein anderes Kohlenstoff-Allotrop: Graphit, das man in Bleistift-Spitzen findet. Graphit ist vom ersten Eindruck her das völlige Gegenteil vom Diamant – weich, schwarz und undurchsichtig. Der Kohlenstoff im Graphit besteht aus hexagonalen Einheiten, die sich zu flachen Lagen miteinander verbinden (Abbildung 3-4). Diese Lagen liegen übereinander. Wenn Luft vorhanden ist, können sie »herumrutschen«, was Graphit zu einem nützlichen Gleitmittel macht.

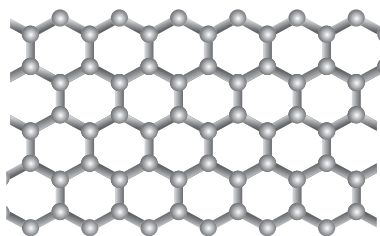


Abbildung 3-4. Graphit-Struktur

Wieder andere Allotrope des Kohlenstoffs formen Röhrrchen (sog. Nanoröhrrchen). Ein Nanoröhrrchen besteht aus einer Lage von Kohlenstoff-Atomen in einer hexagonalen Struktur wie bei Graphit, die zu einem Röhrrchen gedreht wurde (Abbildung 3-5).

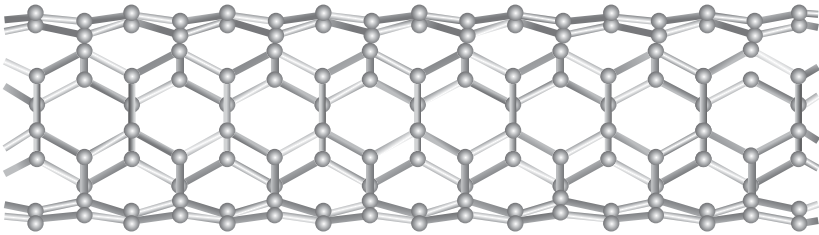


Abbildung 3-5. Kohlenstoff-Nanoröhrrchen

Nanoröhrrchen sind extrem fest und starr, sehr gute Hitzeleiter, und können sowohl Halbleiter als auch gute Leiter bilden. Sie sind aber eine noch relativ junge Entdeckung und werden nur langsam kommerziell eingesetzt. Wahrscheinlich werden sie für das 21. Jahrhundert so bedeutend werden wie Stahl für das 19. Jahrhundert.

Wenn Sie sich fragen, warum sie hier kein Foto sehen, dass Ihnen zeigt, wie cool das Atomium ist, dann liegt das daran, dass man diese nicht einfach veröffentlichen darf. Aufgrund des belgischen Urheberrechts besteht das Atomium darauf, dass es das Copyright an den betreffenden Fotografien erhält, auch wenn diese von anderen aufgenommen wurden. Für jede Reproduktion müssen hohe Summen gezahlt werden. Glücklicherweise gibt es das Web. Um sich das unglaubliche Gebilde anzusehen, suchen Sie auf Google-Bilder einfach nach »Atomium«.

Das Innere des Atomiums ist zwar recht interessant, beherbergt jedoch nichts von wirklich wissenschaftlichem Interesse. Sie können sich also den Eintritt sparen und die Struktur von außen betrachten. Schließlich gilt das Urheberrecht nicht für Bilder auf der Retina.

Praktische Informationen

Informationen zum Atomium und Details zu einem Besuch finden Sie auf <http://www.atomium.be/>.

004

Baddeck, Nova Scotia, Kanada



46° 6' 0" N, 60° 45' 15" W



Alexander Graham Bells Sommerresidenz

Den Spuren Alexander Graham Bells zu folgen ist nicht leicht. Er ist oft umgezogen und hat an einer Vielzahl von Erfindungen gearbeitet. Bell wurde 1847 in der South Charlotte Street 16 in Edinburgh, Schottland, geboren und bis zur Highschool zu Hause unterrichtet. Er zog dann als junger Mann nach England und half seinem Vater dabei, Gehörlosen das Sprechen beizubringen. 1870 emigrierte er mit seiner Familie nach Kanada. Er verbrachte einige Jahre in den Vereinigten Staaten (hauptsächlich in der Umgebung von Boston) und wurde amerikanischer Staatsbürger. Seine Eltern blieben in Kanada in Brantford, Ontario. Bell besuchte sie oft und hatte dort auch eine Werkstatt.

Doch der beste Ort, um Bells Leben und Werk zu verstehen, liegt in Nova Scotia, wo Bell von 1889 bis zu seinem Tod im Jahr 1922 lebte.

Bell ist (natürlich) für die Erfindung des Telefons bekannt, doch zu Beginn wollte er eine Methode entwickeln, mehrere Telegraphensignale über dieselbe Leitung senden zu können. Er arbeitete an seinem harmonischen Telegraphen, der mehrere Signale – jedes mit einer eigenen Tonlage – zur gleichen Zeit über die gleiche Leitung senden konnte. Gleichzeitig zu seiner Forschung unterrichtete er weiterhin Gehörlose in Boston.

Weil er Angst davor hatte, dass man seine Ideen stehlen könnte, arbeitete er im Geheimen mit seinem Assistenten Thomas Watson daran, Sprache über ein Kabel zu übertragen. Am 10. März 1876 zeichnete Bell ein Diagramm eines funktionierenden Telefons in sein Notizbuch (Abbildung 4-1).