



Ágúst Gudmundsson

Die faszinierende Geologie von Islands Südwesten

Der Goldene Ring (Golden Circle)
und andere Touren



Springer Spektrum

Die faszinierende Geologie von Islands Südwesten

Ágúst Gudmundsson

Die faszinierende Geologie von Islands Südwesten

Der Goldene Ring (Golden Circle) und andere Touren

Deutsche Bearbeitung: Sonja Philipp

 Springer Spektrum

Ágúst Gudmundsson
Department of Earth Sciences
Royal Holloway University of London
Egham, UK

Aus dem Englischen übersetzt von Sonja Philipp

ISBN 978-3-662-56024-2 ISBN 978-3-662-56025-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56025-9>

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

Springer Spektrum

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Verantwortlich im Verlag: Stephanie Preuß

Einbandabbildung: Ágúst Gudmundsson

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Islands Südwesten mit dem berühmten „*Golden Circle*“ („Goldener Ring“) bietet eine einzigartige Gelegenheit, viele der Naturkräfte der Erde zu beobachten und zu verstehen. Diese Kräfte bewegen die tektonischen Platten, reißen die Erdkruste auf, rufen Erdbeben und Vulkanausbrüche hervor. Erdbeben und Vulkanausbrüche wiederum eröffnen Fließwege und liefern Wärmequellen für heiße Quellen und Geysire. Diese Kräfte aus dem Erdinneren („interne Kräfte“) formen in Wechselwirkung mit von außen auf die Erde einwirkenden („externen“) Kräften auch die Landschaft. Solche externen Kräfte werden durch Gletscher und Flüsse hervorgerufen, die die Erdoberfläche erodieren und Wasserfälle, Täler und Schluchten und schließlich auch Berge formen.

Der „Goldene Ring“ macht nicht nur diese Naturkräfte sichtbar, sondern auch natürliche Ressourcen. Darunter sind große Mengen von außergewöhnlich reinem und leicht nutzbarem Grundwasser. Hinzu kommen sogenannte „erneuerbare Energien“, die derzeit an Bedeutung gewinnen. Auch diese sind – zum Teil nur aus der Entfernung – während der Reise entlang des „Goldenen Rings“ zu sehen. Es sind dies Wasserfälle (Wasserkraft), Erdwärmevorkommen (Geothermiekraftwerke), Wellen (Wellenenergie) und Wind (Windkraft).

Der „Goldene Ring“ wird normalerweise an einem Tag bereist. Es gibt noch viele andere interessante Orte, die in Tagestouren besucht werden können. In diesem Buch beschreibe ich vier zusätzliche Touren, die weniger bekannt sind als der Goldene Ring. Sie ermöglichen jeweils ein tieferes Verständnis der Prozesse, die unseren Planeten sowie wunderschöne Landschaften formen. Da die meisten Besucher Islands in Reykjavík oder der Umgebung übernachten, beginnen und enden alle hier beschriebenen Touren in Reykjavík. Die Touren können jedoch auch von jedem anderen Ort im Südwesten Islands aus unternommen werden.

Konkret werden in diesem Buch fünf Tagestouren im Südwesten Islands beschrieben. Die erste Tour ist der klassische „*Golden Circle*“ oder „Goldene Ring“. Dieser führt zum Thingvellir-Graben (Þingvellir), dem Geothermalfeld Geysir, dem Wasserfall Gullfoss sowie dem Vulkankrater Kerid (Keríð). Die zweite Tour geht zu dem bildschönen Fjord Hvalfjörður (Hvalfjörður) nördlich von Reykjavík, wo man in das tiefe Innere von Vulkanen und Vulkanzonen blicken kann und wunderschöne Landschaft zu sehen ist. Die dritte Tour umfasst die einzigartige Landschaft, die vulkanische Aktivität und die geothermische Energie des Hengill-Vulkans südlich des Thingvallavatn-Sees. Die vierte Tour führt zur Reykjanes-Halbinsel südlich von Reykjavík, auf der sich die „Blaue Lagune“ sowie die „Brücke zwischen zwei Kontinenten“ befinden. Hier geht es vor allem um Seen, Explosionskrater, Geothermalfelder, Vulkanspalten und Lavafelder. Die fünfte Tour schließlich führt nach Südisland, inklusive dem größten Erdbebengebiet der beschriebenen Region. Der Schwerpunkt liegt hier jedoch auf den berühmten Vulkanen Hekla (Ausbruch im Jahr 2000), Eyjafjallajökull (Ausbruch 2010) und Katla (Ausbruch 1918) sowie den Wasserfällen, Sanderflächen und den wunderschönen Basaltsäulen am Strand von Reynisfjara.

Dieses Buch ist für Islandreisende geschrieben. Insbesondere für diejenigen, die nicht nur Islands einzigartige Schönheit genießen möchten, sondern auch die Prozesse würdigen und verstehen möchten, durch die diese Schönheit entsteht. Es werden keine Vorkenntnisse in Geologie vorausgesetzt. Fachbegriffe wurden so weit wie möglich vermieden, die Unvermeidlichen im Text sowie einem detaillierten Glossar am Ende des Buches alltagssprachlich erklärt. Ich bin seit Jahren Führer zahlreicher geologischer Exkursionen in Island, auch der in diesem Buch beschriebenen Touren. Einige dieser Exkursionen waren in erster Linie für Geowissenschaftler, andere hingegen für Personen ohne solchen fachlichen Hintergrund konzipiert. Während dieses Buch hauptsächlich für Nicht-Fachleute gedacht ist, werden die Geländebeispiele und Prozessklärungen in diesem Buch auch für Geowissenschaftler und Studierende hilfreich sein.

Viele Leser werden weder Zeit noch Muße haben, das gesamte Buch zu lesen. Die einzelnen Kapitel sind deswegen so geschrieben, dass sie für sich allein verständlich sind. Es ist also möglich, eine Tour gezielt auszuwählen und nur das dazugehörige Kapitel zu lesen. Einige Begriffe, Prinzipien und Prozesse werden mehrfach erläutert sowie häufig auf ausführlichere Erklärungen in anderen Kapiteln, insbesondere auf Abbildungen, verwiesen.

In vielen naturwissenschaftlichen Büchern für Laien sind die meisten Abbildungen Strichzeichnungen. Dieses Buch ist in dieser Hinsicht ungewöhnlich. Strichzeichnungen werden zwar zur Verdeutlichung einiger geologischer Prozesse verwendet, mehrheitlich verwende ich jedoch beschriftete Fotografien, um geologische Strukturen und Prozesse zu erklären. Der Vorteil liegt darin, dass die Prozesse anhand von Strukturen erklärt werden, wie Sie sie tatsächlich in der Natur sehen. Als Folge davon enthält dieses Buch mehr als 240 Abbildungen, weit überwiegend Fotografien. Die meisten Fotos zeigen geologische Strukturen genau so, wie Sie sie auf den Touren erkennen können. Hinzu kommen zahlreiche Luftbilder derselben Phänomene, aufgenommen aus Flugzeugen. Diese sollen Prozesse und Strukturen in einem anderen Maßstab erklären als vom Boden aus sichtbar und die einzigartige Schönheit der Geologie Islands unterstreichen.

Ágúst Gudmundsson

Danksagung

Bei der Arbeit an diesem Buch erhielt ich dankenswerterweise viel Hilfe von meiner Frau Nahid Mohajeri. Im Einzelnen hat sie ältere Abbildungen überarbeitet und alle neuen Abbildungen für dieses Buch gezeichnet. Außerdem haben ihre hilfreichen Kommentare den Text verbessert. Ich möchte auch Ines Galindo und Sonja Philipp für die sorgfältige Durchsicht des gesamten Textes und viele hilfreiche Anregungen danken.

Alle digitalen Höhenkarten in diesem Buch basieren auf Daten von Landmælingar Íslands (Islands Landesvermessungsamt). Im Einzelnen handelt es sich um die ► Abb. 1.1, 1.5, 2.1, 2.3, 4.1, 10.1, 11.1, 12.1, 13.1, 14.1, 14.12b, und 14.18. Auch die Luftbilder auf ► Abb. 8.2 und 13.7 stammen von Landmælingar Íslands. Diese Daten werden von Landmælingar Íslands durch eine Regierungslizenz kostenlos zur Verfügung gestellt. Ich danke Landmælingar Íslands vielmals für diese kostenlose Verwendungsmöglichkeit der Daten und Luftbilder.

Den folgenden Personen danke ich für die Erlaubnis, Fotografien zu verwenden. Ines Galindo für ► Abb. 13.20, 13.21, 13.23, 13.34, 13.35, 13.36, und 13.39; Sonja Philipp für ► Abb. 9.4, 7.1, 12.4, 12.5, 12.18, 12.19, 14.25 und 14.28; Ævar Johannsson für ► Abb. 13.27. Alle anderen Fotos in diesem Buch habe ich selbst gemacht.

Einige der Abbildungen wurden aus früheren wissenschaftlichen Fachartikeln und Büchern verändert übernommen. ► Abb. 2.2, 2.4, 4.10, und 11.14 stammen aus dem Fachartikel *The mechanics of large volcanic eruptions*. *Earth-Science Reviews*, 163, 72–93, 2016; ► Abb. 5.9 aus dem Fachartikel *Effects of mechanical layering on the development of normal faults and dykes in Island*. *Geodinamica Acta*, 18, 11–30, 2005; ► Abb. 11.3 aus dem Fachartikel *How local stresses control magma-chamber ruptures, dyke injections, and eruptions in composite volcanoes*. *Earth-Science Reviews*, 79, 1–31, 2006; und ► Abb. 14.20 aus dem Fachartikel *Strengths and strain energies of volcanic edifices: implications for eruptions, collapse calderas, and landslides*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1–18, 2012. ► Abb. 13.26 ist eine überarbeitete Version aus dem Fachbuch *Rock Fractures in Geological Processes*, Cambridge University Press, 2011. Alle anderen Abbildungen wurden für dieses Buch neu erstellt.

Ágúst Gudmundsson

Anmerkungen zur deutschen Ausgabe

Seit ich 1996 das erste Mal privat in Island war, bin ich von diesem Land und seiner Geologie fasziniert. Damals hatte ich gerade das Vordiplom in Geologie bestanden und konnte einiges in der Natur entdecken, was ich bis dahin nur aus Lehrbüchern kannte.

Der Autor dieses Buches, Ágúst Gudmundsson, war von 2001 bis 2003 mein „Doktorvater“ an der Universität i Bergen, Norwegen. Später arbeitete ich mit ihm in der von ihm geleiteten Abteilung Strukturgeologie und Geodynamik an der Georg-August-Universität Göttingen zusammen. Während dieser Zeit waren wir zweimal gemeinsam in Island: zur Forschung und zu einer Exkursion mit Studierenden. Während dieser Aufenthalte (sowie weiterer privater Reisen) hatte ich ausgiebig Gelegenheit, mein Verständnis der Geologie Islands zu vertiefen. Dieses gebe ich auch gerne weiter. Überhaupt ist es mir schon seit Studienzeiten ein Anliegen, das Wissen um geologische Zusammenhänge auch außerhalb von Fachkreisen zu verbreiten. Daher war es mir eine Freude, *The Glorious Geology of Iceland's Golden Circle* ins Deutsche zu übertragen.

Den Titel habe ich in Absprache mit dem Autor in der Übersetzung etwas verändert, unter anderem, weil das Buch Touren im gesamten Südwesten Islands umfasst. Der Begriff „*Golden Circle*“ ist auch in deutschsprachiger touristischer Literatur verbreitet, jedoch finden sich auch die Übersetzungen „Goldener Kreis“, „Goldener Zirkel“ oder „Goldener Ring“. Weil „Goldener Ring“ dem isländischen „gullni hringurinn“ entspricht, haben wir uns für diese Variante entschieden.

Die direkte Ansprache der LeserInnen durch den Autor in Art einer Vorlesung habe ich beibehalten. Dabei habe ich mich im Deutschen für das förmlichere „Sie“ entschieden, zumal dies auch den Plural darstellt. Insgesamt habe ich mich jedoch bemüht, den deutschen Text möglichst dem Stil des Autors im Englischen nachzuempfinden.

Bei der Übersetzung der Fachbegriffe habe ich mich an der aktuellen deutschen Fachliteratur orientiert. Teilweise werden im Deutschen unterschiedliche Begriffe für den gleichen geologischen Sachverhalt verwendet. In diesen Fällen verwende ich nur den jeweils gebräuchlichsten beziehungsweise meiner Ansicht nach treffendsten deutschen Begriff. Da das Buch auf dem neuesten Stand der Forschung ist und auch noch nicht anderweitig publizierte Forschungsergebnisse des Autors enthält, besteht für manche verwendeten Fachbegriffe in der deutschen Fachliteratur ein Ausbaurückstand, das heißt, es sind bisher keine Übersetzungen etabliert. In diesen Fällen habe ich die englischen Fachbegriffe möglichst wörtlich beziehungsweise treffend selbst übersetzt. Dabei bleibt anzumerken, dass selbst Fachleute häufig englische Begriffe verwenden, ohne sich diese Mühe zu machen. Weil Artikel in wissenschaftlichen Fachzeitschriften überdies meist auf Englisch publiziert werden, geht im Alltag so mancher Forscher/innen die deutsche Fachsprache noch weiter verloren. Dem möchte ich hier entgegenwirken. Im Glossar ist jedoch jeweils beim Hauptbegriff beziehungsweise bei der ersten Nennung eines Begriffs die im englischen Original dieses Buches verwendete Bezeichnung kursiv angegeben.

Bei der Schreibweise von Ortsnamen habe ich seltener eine Umschrift verwendet als im englischen Original. Die Vokale mit „Akzenten“ haben zwar keine Betonungszeichen, sondern gelten im Isländischen als eigene Buchstaben mit anderer Aussprache als diejenigen ohne „Akzent“ („á“ wie deutsch „au“; „ó“ wie der Diphthong im englischen „so“; ú wie deutsch „u“ – hingegen „u“ eher wie deutsch „ü“). Weil dies aber keine Schwierigkeit beim Lesen ergibt, sind nur für Worte mit „þ“ (wie ein stimmloses „th“ im Englischen, beispielsweise in „thing“), „ð“ (wie ein stimmhaftes „th“ im Englischen, zum Beispiel in „the“) sowie æ („ae“) Umschriften angegeben.

Im Glossar habe ich einige fehlende Begriffe ergänzt und dabei die anderswo im Text verwendeten Erklärungen verwendet. Im gesamten Text sind kleinere Fehler korrigiert und gewisse Inkonsistenzen des englischen Originals vermieden. An ein paar Stellen hat der Autor Formulierungen oder Vergleiche verwendet, die nur im Englischen so funktionieren. Diese wurden mit einer entsprechenden Erläuterung im Text ergänzt. Einige der Beschriftungen in den Abbildungen habe ich zur besseren Erkennbarkeit vergrößert und farblich stärker hervorgehoben. Einige wenige Abbildungen habe ich geringfügig korrigiert.

Für die kritische Durchsicht des deutschen Manuskriptes und hilfreiche Kommentare danke ich Florian Neukirchen.

Sonja Philipp

Inhaltverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Von Keflavík nach Reykjavík	9
3	Reykjavík	19
4	Von Reykjavík nach Thingvellir (Þingvellir)	27
4.1	Esja – Spreizungsrate und Struktur	28
4.2	Magma­kammer und Einsturzcaldera	35
4.3	Absinkendes Krustensegment – ein Graben	39
5	Thingvellir (Þingvellir)	43
5.1	Almannagjá	44
5.2	Peningagjá und Flosagjá	49
5.3	Wie entstehen die Spalten?	53
5.4	Wie tief reichen die Brüche?	56
5.5	Wann ist der nächste Vulkanausbruch?	61
6	Von Thingvellir (Þingvellir) nach Geysir	63
6.1	Hrafnagjá	64
6.2	Botnsúlur und Ármannsfell	65
6.3	Tafelberg Hrafnabjörg	66
6.4	Lavaschild Skjaldbreidur (Skjaldbreiður)	69
6.5	Laugarvatnshellar und Hyaloklastite	71
6.6	Die Bedeutung von Potenzgesetzen in natürlichen (und menschengemachten) Prozessen	73
6.7	Kissenlaven	76
7	Geysir	81
7.1	Eruptionsmechanismus	82
7.2	Geothermalfelder	88
7.3	Geysire und Erdbeben	89
7.4	Die Wärmequellen	89
8	Gullfoss	91
8.1	Warum hat Gullfoss zwei schräge Stufen?	92
8.2	Wie entwickelte sich die Schlucht?	95
9	Gullfoss-Kerid (Kerið)-Reykjavík	99
9.1	Erdbebenstörungen und Bergformen	101
9.2	Einsturzkra­ter	103
9.3	Felsstürze und Erdbeben	105
9.4	Lava des Jahres 1000	107
9.5	Der jüngste Lavastrom, der bis Reykjavík floss	108

10	Andere geologische Tagestouren von Reykjavík aus	113
11	Reykjavík-Hvalfjörður (Hvalfjörður)	117
11.1	Magmatransport im Inneren eines Vulkans	119
11.2	Vulkansysteme und Gangschwärme	122
11.3	Sandbank, Sekundärminerale und Gangausbreitung.....	123
11.4	Unterschied zwischen eruptiven Brüchen (Gängen) und Erdbebenbrüchen (Störungen)	130
11.5	Landschaften, Geländeformen und der Hvalfjörður-Vulkan	133
11.6	Wie sieht der Thingvellir-Graben in großer Tiefe aus?.....	139
11.7	Querschnitt durch zwei Lavaschilde	142
11.8	Tafelberg Hvalfell	146
12	Reykjavík-Hengill	151
12.1	Hyaloklastit-Rücken	153
12.2	Fördergang	155
12.3	Geologie des Hengill – Überblick	157
12.4	Geothermie	164
12.5	Nesjahraun-Lava	167
12.6	Große Störungen.....	171
13	Reykjavík-Kleifarvatn-Reykjanes	177
13.1	Lavarinnen.....	179
13.2	Sveifluháls und Kleifarvatn	182
13.3	Kleifarvatn – durch Brüche geformt.	185
13.4	Bruchscharen und Vulkanausbrüche	190
13.5	Die Struktur des Sveifluháls	191
13.6	Deformationsbänder und Fluidströmung	192
13.7	Geothermalfelder	196
13.8	Explosionskrater – Maare.....	197
13.9	Halbierter Tafelberg	201
13.10	Junger Lavastrom und ein Graben	204
13.11	Vulkanspalte und Strömungsverengung	207
13.12	Reykjanes – Lavaschilde und Lavafelder	212
13.13	Eine 800 Jahre alte Spalteneruption	216
13.14	Details zu den 800 Jahre alten Gängen.....	219
13.15	Brücke zwischen zwei Kontinenten	223
14	Reykjavík-Eyjafjallajökull-Reynisfjara	227
14.1	Der weltweit größte Lavastrom der letzten 10.000 Jahre	228
14.2	Erdbebenbrüche aus dem Jahr 2000	230
14.3	Der Vulkan Hekla	234
14.4	Wasserfall Seljalandsfoss	237
14.5	Vulkan Eyjafjallajökull – Internstruktur und Ausbruch 2010	241
14.6	Wasserfall Skógarfoss	248
14.7	Pétursey – eine Insel auf dem Trockenen	250
14.8	Ein von den Ausbrüchen der Katla bedrohtes Dorf	251
14.9	Mýrdalssandur	253

14.10	Wie groß sind die Gletscherfluten?	255
14.11	Der Vulkan Katla	256
14.12	Strand von Reynisfjara	258
	 Serviceteil	
	Glossar	268
	Weiterführende Literatur	278
	Sachverzeichnis	281

Einleitung

Wenn Sie die unseren Planeten formenden Naturkräfte verstehen möchten, ist das beste Reiseziel Island. Es gibt kein vergleichbar kleines Gebiet auf diesem Planeten, welches eine solche Vielfalt einfach zu betrachtender geologischer Prozesse bietet wie Island. Sie können den die Erdoberfläche aufbauenden **tektonischen Platten** zusehen, wie sie sich voneinander wegbewegen, was auch als **Spreizung** bezeichnet wird und zu Vulkanausbrüchen, Erdbeben, Geysiren und geothermischer Energie führt. Weiterhin gibt es große Flüsse mit wunderschönen Wasserfällen sowie Eiskappen und Gletscherzungen, die tiefe Täler und Fjorde ins Land schnitten und hohe Berge dazwischenstehen ließen. All dies kann man in Island leicht betrachten und verstehen.

Gerade weil die geologischen Prozesse und Strukturen in Island so deutlich ausgebildet sind und einfach betrachtet werden können, sind sie auch ohne geologische Fachkenntnisse zu verstehen. Wenn Sie sich die Landschaften und Gesteine anschauen, sollten Sie mithilfe dieses Buchs in der Lage sein, die wichtigsten Geländeformen zu erkennen, und verstehen, wie und durch welche Prozesse sie gebildet werden. Ziel dieses Buchs ist, die Geländeformen und geologischen Prozesse auf den im Folgenden beschriebenen **Touren** auf eine Weise zu erklären, die für Laien ohne Geologiestudium verständlich ist. Dies im Blick verwende ich so wenige technische Konzepte und Fachbegriffe wie möglich. Eher verwende ich Alltagsbeispiele, um Geländeformen und Prozesse in Island zu erklären.

Jedes Thema wird bei der ersten Erwähnung erläutert. Zusätzlich erkläre ich die Bedeutung einiger geologischer und anderer Fachbegriffe in einem detaillierten **Glossar** am Ende des Buchs mit einfachen Begriffen. **Fettdruck** ist zur Hervorhebung und für Begriffe im Glossar verwendet. Insbesondere sind wichtige Begriffe, hauptsächlich bei deren ersten Verwendung, fett hervorgehoben. Auch die **Halte** auf den Touren sind fett gesetzt.

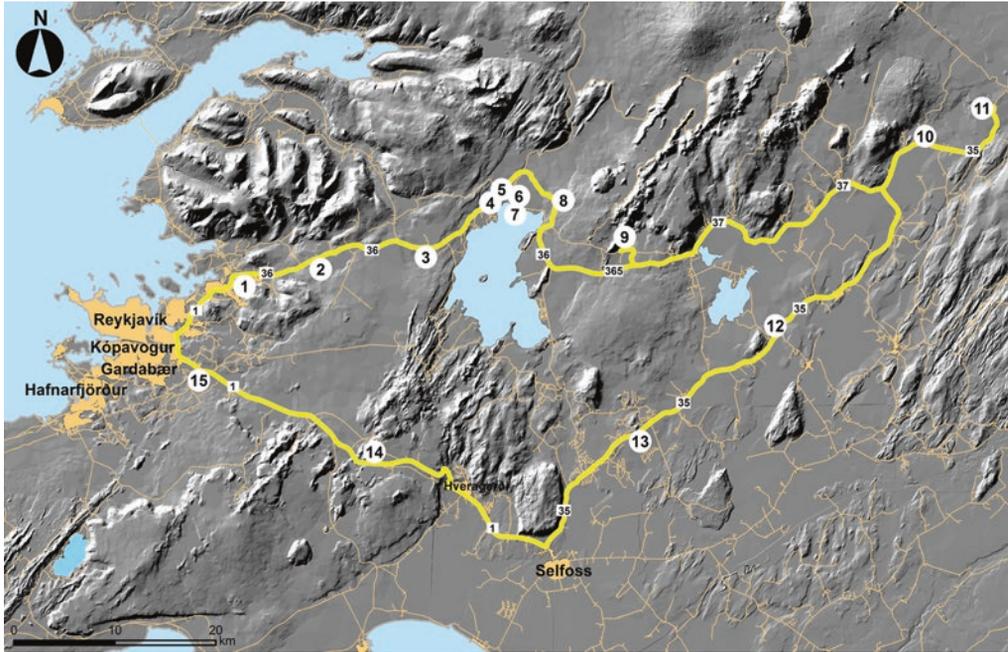
Alle oben erwähnten Prozesse und deren Resultate sind im südwestlichen Teil Islands,

und viele entlang des „*Golden Circle*“ zu sehen. Es gibt mehrere, leicht unterschiedliche Definitionen für den „*Golden Circle*“. Geometrisch ist dieser auch kein Kreis, was die wörtliche Übersetzung von *circle* wäre, sondern eher ein Dreieck (■ Abb. 1.1) – im Folgenden wird die übersetzte Bezeichnung „Goldener Ring“ verwendet (siehe Anmerkungen zur deutschen Ausgabe). Die Rundfahrt der meisten Reisenden entlang des „Goldenen Rings“ ist folgendermaßen:

- Von Reykjavík zum Thingvellir-Graben
- Von Thingvellir zum Geothermalfeld Geysir
- Von Geysir zum Wasserfall Gullfoss
- Von Gullfoss zum Krater Kerid
- Von Kerid nach Reykjavík

Manche Routen des „Goldenen Rings“ umfassen zusätzliche Halte. Beliebt ist zum Beispiel ein Halt bei der Kathedrale von Skálholt im mittleren Südisland. Diese ist von historischer Bedeutung, aber geologisch kaum interessant, und wird hier daher nicht beschrieben. Andere Routen beinhalten die Stadt Hveragerdi und das Kraftwerk Hellisheidarvirkjun. Beide befinden sich an geologisch interessanten Orten, nicht nur in Zusammenhang mit geothermischer Energie, sondern auch, weil sie sich nahe (Hveragerdi und Hellisheidarvirkjun) oder innerhalb (Hengill) von aktiven Vulkanen und Erdbebenzonen befinden. Hveragerdi und Hellisheidarvirkjun werden hier als optionale Halte auf dem „Goldenen Ring“ beschrieben.

Der hier beschriebene „Goldene Ring“ ist auf ■ Abb. 1.1 dargestellt. Er beinhaltet 15 Halte, also einige mehr als oben bereits genannt. Diese zusätzlichen Halte wurden nach ihrer geologischen Bedeutung ausgewählt. ■ Abb. 1.2 zeigt Fotos der wichtigsten Halte – Esja, Thingvellir, Geysir, Gullfoss, und Kerid –, die Beschreibung beschränkt sich jedoch nicht darauf. Es gibt viele interessante geologische Strukturen zwischen diesen Halten. Viele davon sind von den Straßen, die den „Goldenen Ring“ bilden, aus zu



■ **Abb. 1.1** Der „Goldene Ring“ in Gelb. Die großen Zahlen in Kreisen, hier und auf ähnlichen Karten, entsprechen den wichtigsten Halten der Touren. Die kleinen Zahlen in Quadraten sind die Straßennummern. Die Nordrichtung ist als Pfeil in der oberen linken Ecke angegeben, der Maßstab in der unteren linken Ecke. Die Stadt Reykjavik und die wichtigsten Ortschaften sind orange dargestellt. Für die Lage des „Goldenen Rings“ in ganz Island siehe ■ **Abb. 1.5**

erkennen; andere erfordern kurze Abstecher. Zum Beispiel führt ein kurzer Abstecher von Straße 365 zwischen Thingvellir und Geyssir weg nach Norden nach Laugarvatnshellar („Höhlen von Laugarvatn“, neunter Halt), wo viele interessante geologische Strukturen zu sehen sind. Nicht nur die Höhlen selbst, die Anfang des 20. Jahrhunderts bewohnt waren, sind hier interessant. Überdies ermöglicht ein nahe gelegener Anschnitt eines inaktiven Vulkans zu verstehen, wie Vulkane und Vulkaninseln während Eruptionen in Wasser, wie dem Schmelzwasser von Eiskappen, entstehen. Insbesondere gibt es am neunten Halt schön ausgebildete **Kissenlava** (■ **Abb. 1.3**). Dabei handelt es sich um den gleichen Lavatyp, der sonst in großer Wassertiefe an Mittelozeanischen Rücken entsteht. Die Kissen treten hier auf, weil sich der Berg in tiefem Wasser bildete, genauer gesagt im Schmelzwasser innerhalb eines Eisfeldes der letzten Verei-

sung. Eruptionen in tiefem Wasser, im Meer oder unter Gletschern ereignen sich in Island noch immer. Zum Beispiel fand eine solche Eruption 1996 im Vatnajökull-Gletscher statt (■ **Abb. 1.4**, siehe Karte auf ■ **Abb. 2.2**). Auch der Ausbruch 2010 des Eyjafjallajökull (► **Kap. 14**) erfolgte zum Teil innerhalb einer Eiskappe (eines Gletschers).

Die Kapitel über den „Goldenen Ring“ beschreiben einerseits beachtenswerte geologische Phänomene und Prozesse, die auf dem Weg zwischen den Haupthalten (zum Beispiel zwischen Thingvellir und Gullfoss) zu erkennen sind. Andererseits werden die Haupthalte selbst – mit den jeweils interessanten Strukturen und den sie bildenden geologischen Prozessen – erläutert.

Es gibt zusätzlich zum „Goldenen Ring“ zahlreiche interessante geologische Strukturen und Prozesse in **Reykjaviks** Umgebung. Da ich annehme, dass viele Reisende mehr von



Abb. 1.2 Beispiele für geologische Strukturen und Landschaftsphänomene entlang des „Golden Rings“. Alle Beispiele werden in den ► Kap. 4 bis 9 noch einmal gezeigt und eingehend erläutert. **a** Der Berg Esja, der von Reykjavík aus zu sehen ist (erster Halt auf ► Abb. 1.1). Die ihn aufbauenden Gesteinsschichten stammen aus der vulkanischen Riftzone in Thingvellir, dutzende Kilometer weiter östlich, und wurden durch langsame Spreizung (etwa 1 cm jährlich) an ihren jetzigen Ort befördert. **b** Teil der aktiven vulkanischen Riftzone in Thingvellir. Das Foto wurde aus einem Flugzeug aufgenommen, Blick ist nach Südwesten über den See Thingvallavatn zum Zentralvulkan (Schichtvulkan) Hengill – der weiße Dampf stammt aus Geothermalfeldern. Die Spalte ist eine Erdbebenstörung, bis zu 60 m breit (offen), gebildet durch Spreizung beziehungsweise plattentektonische Kräfte (vierter, fünfter und sechster Halt auf ► Abb. 1.1). Auf der linken (östlichen) Seite ist das Land 40 m abgesunken. **c** Zugbruch (Öffnungsbruch) in Thingvellir (siebter Halt auf ► Abb. 1.1). Die maximale Öffnung des Bruchs beträgt etwa 15 m, die maximale sichtbare Tiefe 25 m, aber die Spalte könnte auch bis zu mehrere hundert Meter tief hinunterreichen. Die Spalte ist mit sehr sauberem Grundwasser gefüllt. **d** Springquelle (Geysir) Strokkur (zehnter Halt auf ► Abb. 1.1). Die Brüche, die das kochende Wasser für die Eruptionen liefern, bleiben durch Erdbeben offen. **e** Wasserfall Gullfoss (elfter Halt auf ► Abb. 1.1). Die Gesamtfallhöhe beträgt 32 m und erfolgt in zwei Stufen, die den Richtungen der wichtigsten Erdbebenstörungen in Südisland folgen. Durch Erosion wird der Wasserfall etwa 30 cm jährlich weiter landeinwärts verlagert. **f** Krater (Vulkan) Kerid (dreizehnter Halt auf ► Abb. 1.1). Dies ist ein eingestürzter kleiner Lavateich, ein Einsturzkrater, der heute zum Teil mit Grundwasser gefüllt ist. Sein maximaler Durchmesser beträgt etwa 300 m, seine Tiefe etwa 50 m



■ **Abb. 1.3** Einem Kissenstapel ähnliche Lavaströme, also ellipsoidische Körper aus (meist basaltischer) Lava, werden als Kissenlaven bezeichnet (neunter Halt auf ■ Abb. 1.1). Aus Gesteinsschmelze (Magma) entstehen Kissenlaven unter Wasser, beispielsweise dem Schmelzwasser bei einem Vulkanausbruch unter einem Gletscher (subglaziale Eruption). Die einzelnen Kissen haben meist Durchmesser von einem Meter oder weniger. Kissenlaven bilden die untersten Schichten in vielen Vulkanen in Südwestisland. Die meisten entstanden bei subglazialen Eruptionen und werden als Hyaloklastit-Berge (isländisch: *Móberg*) bezeichnet. Kissenlaven sind auch an Mittelozeanischen Rücken häufig. Auch in Island entstanden einige bei Vulkanausbrüchen im Meer (submarine Eruptionen)

Islands faszinierender Geologie sehen möchten als nur den „Goldenen Ring“, habe ich folgende Tagestouren in die Umgebung Reykjavíks hinzugefügt (■ Abb. 1.5):

- Reykjavík-Hvalfjörður
- Reykjavík-Hengill
- Reykjavík-Kleifarvatn-Reykjanestá
- Reykjavík-Eyjafjallajökull-Reynisfjara

Ein paar Höhepunkte dieser zusätzlichen Touren sehen Sie auf ■ Abb. 1.6. In Hvalfjörður zum Beispiel gibt es ehemalige magmagefüllte Spalten, die Magma für Vulkanausbrüche lieferten und mittlerweile zu festem Gestein erstarrt sind – sogenannte magmatische **Gänge**. In Hengill, einem aktiven Vulkan, besteht die einzigartige, wunderschöne Landschaft aus Tälern und Rücken, die durch

Vulkanausbrüche und Rifting (Dehnung an Erdbebenbrüchen, das heißt, **Störungen**) entstanden. Die Tour nach Reykjanestá führt Sie zu einem großen Geothermalfeld, Explosionskratern, der Blauen Lagune und der Spalte, die als „Brücke zwischen zwei Kontinenten“ bezeichnet wird. Schließlich erblicken Sie auf der Tour nach Reynisfjara die berühmten Vulkane Hekla (aus der Ferne), Eyjafjallajökull und Katla sowie prächtige Wasserfälle und Bruchscharen, die als Säulenklüfte bezeichnet werden und entstehen, wenn heißes, geschmolzenes Gestein, Magma, langsam abgekühlt wird und erstarrt.

Die meisten Islandreisenden kommen am Flughafen Keflavík (Keflavíkflugvöllur) an. Von dort aus fahren sie zur Hauptstadt Reykjavík oder deren Umgebung. Der Flughafen

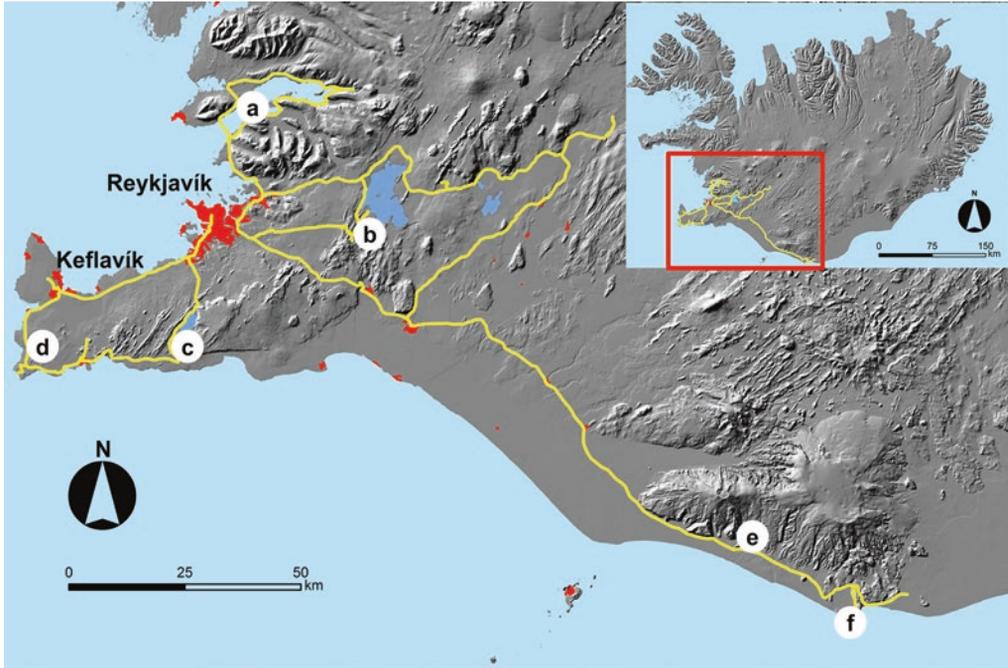


■ **Abb. 1.4** Die Gjalp-Eruption 1996 im Vatnajökull-Gletscher (siehe ■ Abb. 2.2). Dieser Vulkanausbruch schmolz sich durch den Gletscher, bildete Hyaloklastit sowie vermutlich Kissenlava (■ Abb. 1.3) und verursachte gewaltige Überschwemmungen auf den Sanderflächen in Südisland. Vatnajökull und seine Vulkane sind nicht Teil der Touren in diesem Buch, doch dieses Foto soll daran erinnern, dass Prozesse wie die Bildung von Kissenlaven und die meisten Vulkane, die Sie auf den Touren in Südwestisland sehen, auch heute aktiv sind. Die dunkle, zerklüftete Oberfläche ist die Oberfläche des Gletschers. Die Senke und die Spalten entstehen durch Aufschmelzen wegen der Hitze des Magmas unter dem Gletscher. Dieses Foto stammt vom Beginn der Eruption

Keflavík liegt auf der Halbinsel Reykjanes, die mehr interessante geologische Phänomene zu bieten hat als die wohlbekannte Blaue Lagune. Einige davon sind von der Straße nach Reykjavík aus zu erkennen. Diese Fahrt stellt für die meisten Reisenden die Einführung in die Landschaft und Geologie Islands dar. Daher ist es sinnvoll – obwohl nur wenige diesen Teil des Landes als schön bezeichnen würden – in diesem Buch mit einem kurzen Kapitel zur Geologie anzufangen, die von der Straße von Keflavík nach Reykjavík aus sichtbar ist (■ Abb. 1.5).

Bevor wir diese Reise beginnen, noch ein paar Worte zur Schreibung von Namen. Das Isländische hat neun Buchstaben, die im Deutschen nicht existieren: á, ð, é, í, ó, ú, ý, þ, und æ. Beachten Sie, dass der Buchstabe

æ sowie die Buchstaben mit Akzenten á und é eigene Buchstaben sind. Im Buch transkribiere ich die Buchstaben ð als d und þ als th, wie dies üblich ist, sowie æ als ae, Akzente werden jedoch beibehalten. In den folgenden Kapiteln gebe ich bei der ersten Nennung eines Namens im Text (für manche auch öfter) die isländische Schreibweise in Klammern nach der Umschrift an. In manchen Kapitelüberschriften gebe ich die isländische Schreibweise an, wenn sie sehr von der Umschrift abweicht, wie im Wort Thingvellir, das im Isländischen Þingvellir geschrieben wird. Für einige der isländischen geografischen Namen gebe ich die Übersetzung ins Deutsche an, besonders wenn sie geologisch interessant sind. Die meisten bleiben jedoch unübersetzt.



■ **Abb. 1.5** Der „Goldene Ring“ ist auf Abb. 1.1 zu sehen. Zur Ergänzung beinhaltet dieses Buch vier weitere Touren, die hier zusätzlich zum „Goldenen Ring“ dargestellt sind (oben rechts in Bezug auf ganz Island). Diese führen a zum Fjord Hvalfjörður nördlich von Reykjavík, b zum Hengill-Vulkan (siehe ■ Abb. 1.2b), c, d zur Reykjanes-Halbinsel sowie e, f zum Eyjafjallajökull (der 2010 eruptierte) und der Küste von Reynisfjara. Auf diesen Touren können Sie ins Innere inaktiver (also erloschener) Vulkane sehen, Geothermalfelder und Explosionskrater entdecken, die berühmten Vulkane Hekla und Eyjafjallajökull (siehe ■ Abb. 14.1 und 14.2b) sehen sowie einige der schönsten Wasserfälle und Küsten Islands erkunden. Die Buchstaben a bis f entsprechen einigen der fotografischen Höhepunkte dieser Touren, siehe ■ Abb. 1.6

In den Straßenkarten der Touren verwende ich die isländische Schreibweise, weil dies die Art und Weise ist, wie Sie sie wahrscheinlich auf topografischen Karten finden.

Dies bringt mich zum Thema **Karten**. Während ich alle Straßen der Touren und dazugehörige digitale Höhenkarten (schattierte topografische Karten) zeige, stelle ich keine detaillierten topografischen Karten zur Verfügung. Ich liefere auch keine geologischen Karten, sondern verweise auf die wichtigsten für dieses Buch im Literaturverzeichnis am Ende des Buches. Topografische und geologische Karten sind in Buchhandlungen und anderswo in Reykjavík verfügbar. Im Einzelnen existiert eine sehr detaillierte geologische Karte von Südwestisland im Maßstab 1:100.000 (dies bedeutet, dass ein

Zentimeter auf der Karte hunderttausend Zentimetern oder einem Kilometer in der Natur entspricht). Es gibt auch geologische Karten von Südwest- und Südisland (Maßstab 1:250.000), die alle Touren abdecken. Für diejenigen, die Details mögen, sind vielleicht Fotokarten am besten geeignet. Dies sind Luftbilder mit allen Ortsnamen und Höhenlinien. Solche Karten (im Maßstab 1:17.000) sind für die Reykjanes-Halbinsel, Gullfoss, Geysir und andere Regionen erhältlich. Die topografische Karte Reykjanes-Þingvellir (Maßstab: 1:100.000) ist sehr nützlich und enthält eine spezielle, detailliertere Karte von Thingvellir (Þingvellir) selbst. Zusätzlich sind viele andere geologische topografische Karten von Teilen Islands sowie dem gesamten Land erhältlich.



▣ **Abb. 1.6** Beispiele für geologische Strukturen und Landschaftsphänomene entlang der zusätzlichen Touren (siehe ▣ Abb. 1.5). Alle Beispiele werden in den ►Kap. 11 bis 14 noch einmal gezeigt und eingehend erläutert. **a** Gesteinsschmelze, Magma, bewegt sich normalerweise durch Brüche durch die äußerste feste Hülle der Erde, die Erdkruste. Wenn das Magma dann in den Brüchen erstarrt, bildet es Strukturen, die als Gänge bezeichnet werden. Hier ein Gang am Fjord Hvalfjörður (siehe ▣ Abb. 1.5), der einen Felspfeiler bildet, da er härter (widerstandsfähiger gegen Erosion) ist als das umgebende Gestein. Die horizontalen Säulen entstehen während der Abkühlung des Magmas (siehe f unten). **b** Luftbild von Erdbebenbrüchen (Störungen, hier Abschiebungen) im Hengill-Gebiet (siehe b auf ▣ Abb. 1.5) mit Blick nach Norden zum See Thingvallavatn. Die Störungen sind groß in den alten Gesteinen, werden jedoch in dem jungen Lavastrom nahe dem See kleiner. **c** Luftbild der Explosionskrater, Maare, nahe dem See Kleifarvatn (siehe e auf ▣ Abb. 1.5). Das Maar mit grünem Wasser hat einen maximalen Durchmesser von etwa 360 m und eine Tiefe von 45 m. **d** Zugbruch, über den die „Brücke zwischen zwei Kontinenten“ führt (siehe d auf ▣ Abb. 1.5). Die größte Öffnung der Spalte beträgt etwa 30 m (15 m bei der Brücke). **e** Der Wasserfall Skógarfoss (siehe e auf ▣ Abb. 1.5) fällt etwa 60 m vertikal ein altes Küstenkliff hinab. Das Kliff entstand vor rund 13.000 Jahren, als der Meeresspiegel viel höher war als heute. **f** Wenn ein Magmakörper abkühlt und Festgestein bildet (hier eine basaltische Intrusion), schrumpft der Körper und kann prächtige Säulen wie hier in Reynisfjara bilden (siehe f auf ▣ Abb. 1.5). Die Säulen sind vertikal. Dies zeigt, dass sie in einem horizontalen, schichtartigen, magmagesättigten Bruch, Lagergang genannt, entstanden

Von Keflavík nach Reykjavík

Wir fahren die Straße vom Flughafen **Keflavík** nach **Reykjavík** (siehe [Abb. 1.1](#)). Der Flughafen liegt auf einem basaltischen Lavastrom. Genauer gesagt liegt der Flughafen auf einem glatten Lavastrom des Lavatyps **Pahoehoe-Lava**. Basalt bedeutet, dass das geschmolzene Gestein, das **Magma**, aus dem die Lava entstand, sehr heiß war, etwa 1300 °C, und von vergleichsweise niedriger Viskosität, also leicht fließfähig. Als diese Lava über die Oberfläche floss, hatte sie wahrscheinlich eine Temperatur von etwa 1200 °C. Die Lava, auf dem der Flughafen liegt, befindet sich heute jedoch außerhalb der wichtigsten aktiven Vulkangebiete Islands ([Abb. 2.1](#)).

Um dies zu verdeutlichen: Die Teile Islands, wo sich die tektonischen Platten durch Spreizung und Vulkanausbrüche voneinander wegbewegen, sind die Vulkanzonen (auch als vulkanische Riftzonen bezeichnet). Diese Zonen sind meist 20–80 km breit, von in den letzten 800.000 Jahren gebildeten Gesteinen bedeckt, und auf [Abb. 2.2](#) hellgelb dargestellt. Innerhalb dieser Zonen sind Vulkanausbrüche und Spaltenbildung (sowie Erdbeben) meist auf einzelne Gebiete beschränkt, die als **Vulkansysteme** bezeichnet werden ([Abb. 2.2](#) und [2.3](#)). Die Vulkansysteme sind diejenigen Teile der Vulkanzonen, in denen Vulkane innerhalb der letzten 10.000 oder 11.000 Jahre ausgebrochen sind.

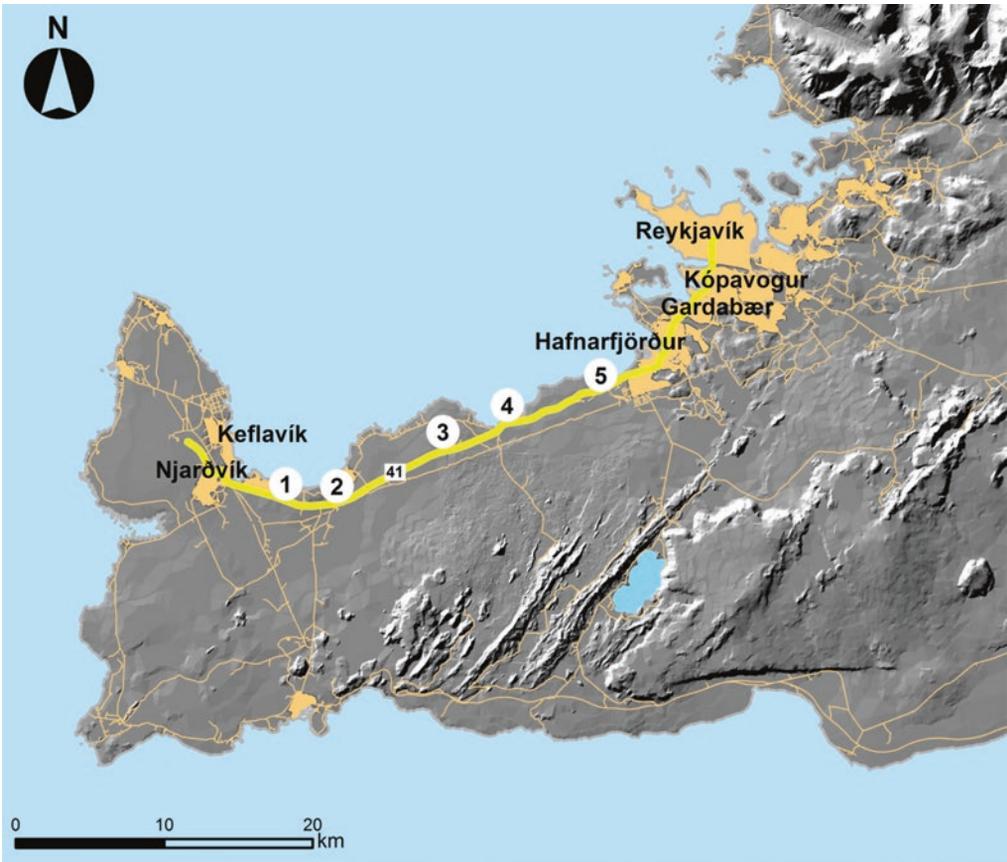
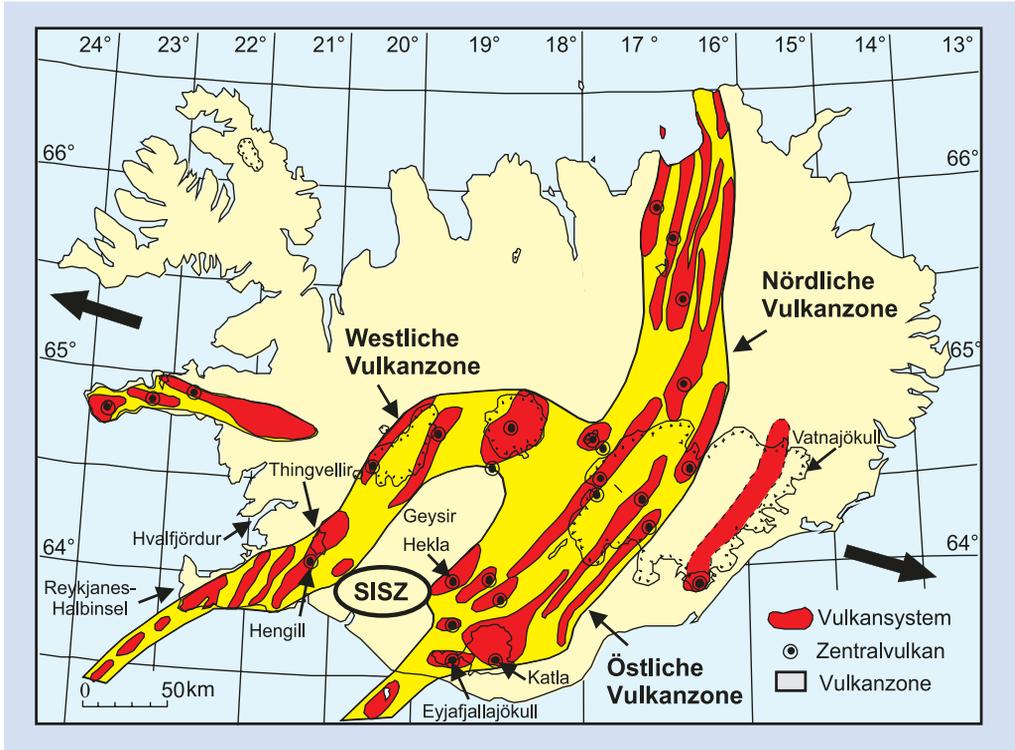


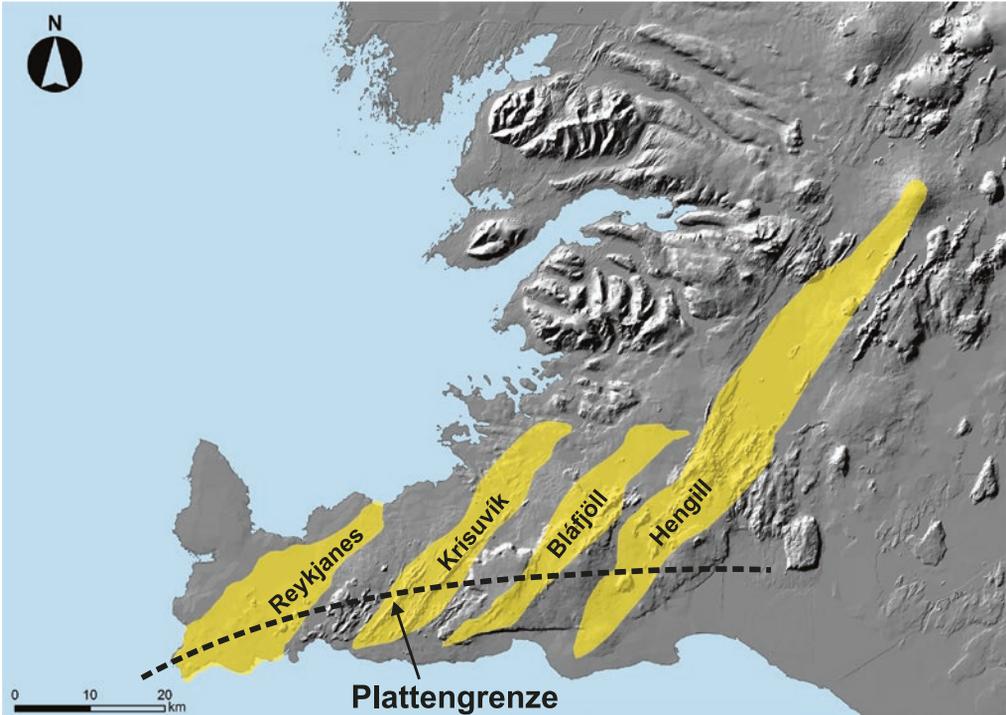
Abb. 2.1 Einige interessante geologische Strukturen sind von Straße 41 aus, auf dem Weg vom Flughafen Keflavík nach Reykjavík, zu erkennen. Die Zahlen 1 bis 5 zeigen die ungefähre Lage an der Straße, von wo aus die Strukturen am besten zu sehen sind



■ **Abb. 2.2** Vulkanzonen und Vulkansysteme Islands. Die Zonen möglicher Vulkanausbrüche sind hellgelb dargestellt. Dies sind die Westliche, Östliche und Nördliche Vulkanzone sowie die Snaefellsnes-Vulkanzone (Snaefellsnes-Vulkanzone), die die zentrale Halbinsel Westlands bildet. Die wichtigsten aktiven Teile der Vulkanzonen sind jedoch die Vulkansysteme, hier rot. Dies sind meist Zonen und Schwärme von Vulkanen, die in einzelnen Eruptionen entstanden, wie Spaltenvulkane (Kraterreihen), Lavaschilde und verschiedene Arten von Einzelkratern sowie tektonische Brüche (Zugbrüche und Störungen – erläutert in ► Kap. 5). Hier sind 28 Vulkansysteme dargestellt; ihre Anzahl und Geometrie variiert jedoch etwas je nach den Kriterien, nach denen sie definiert werden. Alle waren allerdings in den letzten 10.000 oder 11.000 Jahren aktiv. Die meisten, jedoch nicht alle (► Abb. 2.4), entwickeln Zentralvulkane (Schichtvulkane oder Einsturzalderen), die aus oberflächennahen Magmakammern mit Magma gespeist werden. Die Zentralvulkane sind durch eingekreiste Punkte dargestellt. Beschriftet sind einige der wichtigsten im Buch beschriebenen Zentralvulkane (Hengill, Hekla, Eyjafjallajökull, Katla) sowie interessante Gebiete wie die Reykjanes-Halbinsel, Hvalfjörður (Hvalfjörður), Thingvellir (Þingvellir) und Geysir. Auch die im Buch erläuterte wichtigste Erdbebenzone, die Südisländische Seismische Zone (SISZ) ist hervorgehoben. Die dicken, schwarzen Pfeile deuten an, wie der westliche und der östliche Teil Islands auseinandergezogen werden. Sie zeigen also die regionale Richtung der plattentektonischen Spreizung

Die Vulkansysteme markieren also die **hauptsächlich aktiven Teile** der Vulkanzonen. Vulkanansammlungen werden aus großer Tiefe mit Magma gespeist; in Island aus Tiefen von 10–20 km oder mehr. In vielen, jedoch nicht allen, Vulkansystemen treten die häufigsten Ausbrüche in einem bestimmten Teil des Systems auf. Dieser Teil besitzt eine **oberflächennahe Magmakammer**, gewöhnlich mit einem

Dach 1–5 km unter der Oberfläche, und bildet einen Hauptvulkan, der als **Zentralvulkan** bezeichnet wird. Die Zentralvulkane in den aktiven Vulkansystemen Islands sind auf ■ Abb. 2.2 dargestellt. Ein typischer Zentralvulkan mit der dazugehörigen oberflächennahen Magmakammer ist im zentralen Vulkansystem auf ■ Abb. 2.4 zu sehen. Drei der Vulkansysteme der Reykjanes-Halbinsel besitzen keine



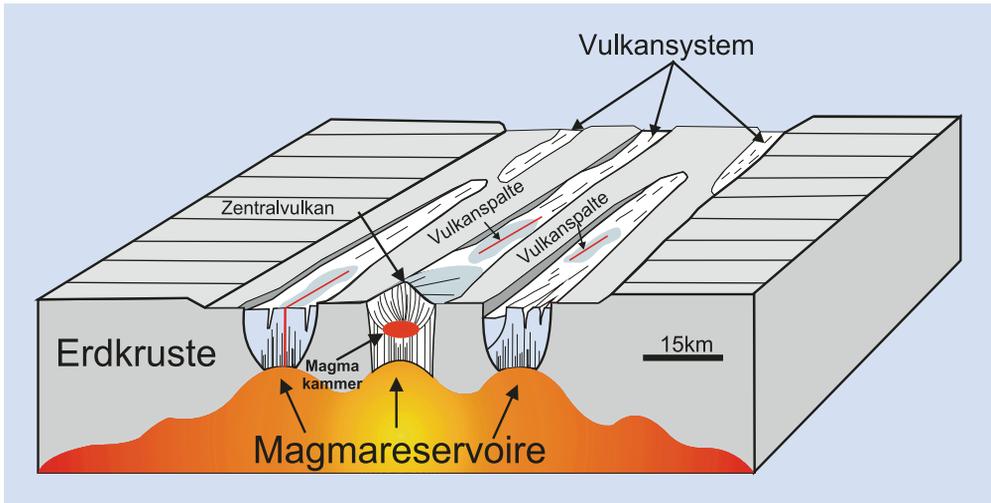
■ **Abb. 2.3** Die wichtigsten Vulkansysteme auf der Reykjanes-Halbinsel sind Reykjanes, Kriúsvík, Bláfjöll und Hengill. Der Vogar-Spaltenschwarm bildet den nördlichsten Teil des Reykjanes-Systems, der Thingvellir-Graben (Þingvellir) (► Kap. 5) den nördlichsten Teil des Hengill-Systems. Die gestrichelte Linie zeigt die schräge Plattengrenze, an der die meisten Erdbeben auf der Halbinsel auftreten

Zentralvulkane; nur der östlichste, nämlich der Vulkan Hengill (► Kap. 12), weist einen Zentralvulkan auf. Die meisten berühmten Vulkane in Island und anderswo in der Welt sind Zentralvulkane.

Es ist üblich, einen Vulkan oder ein Vulkansystem als **aktiv**, also in Zukunft mit gewisser Wahrscheinlichkeit wieder ausbrechend, zu definieren, wenn es in den letzten etwa 10.000 Jahren einen Ausbruch gab. Wenn es in einem Vulkan oder Vulkansystem mehr als ca. 10.000 Jahre keinen Ausbruch gab, ist die Wahrscheinlichkeit für einen erneuten Ausbruch gering. Wir folgen dieser Definition und betrachten die Vulkansysteme als aktiven Teil der Vulkanzonen. Die anderen Teile werden als mehr oder weniger inaktiv angesehen. Die Gebiete außerhalb der Vulkanzonen (beige auf ■ Abb. 2.2) werden als inaktiv oder erloschen bezeichnet.

Es gibt verschiedene Arten, die Grenzen der Vulkansysteme auf ■ Abb. 2.2 festzulegen. Auf der Reykjanes-Halbinsel gibt es vier Hauptvulkansysteme. Diese sind (genauer gezeichnet als auf ■ Abb. 2.2) auf ■ Abb. 2.3 dargestellt. Der Lavastrom, auf dem der Flughafen Keflavík errichtet wurde, liegt außerhalb der aktiven Vulkansysteme (■ Abb. 2.2 und 2.3). Der Lavastrom ist tatsächlich weit mehr als 100.000 Jahre alt, möglicherweise viel älter. Vulkanausbrüche sind also am Ort des Flughafens nicht zu erwarten.

Auf der Fahrt auf Straße 41 Richtung Reykjavík gibt es einige geologische Phänomene, die vom Auto/Bus zu sehen sind und auf ■ Abb. 2.1 mit Ziffern versehen sind. Im Gegensatz zu den späteren Touren gehen wir nicht direkt zu den Strukturen hin, die auf dieser Fahrt zu erkennen sind. Hier nehme ich an, dass Sie sie entweder auf der Fahrt erblicken, oder, wenn Sie anhalten, von der



■ **Abb. 2.4** Interne Struktur von Vulkansystemen. Nur das mittlere System weist eine oberflächennahe Magma-Kammer zusätzlich zum tief liegenden Magmareservoir auf. Wegen dieser wird das Magma zu einem begrenzten Bereich an der Oberfläche befördert und es entsteht ein Zentralvulkan, der hier als Schichtvulkan mit typischer Kegelform dargestellt wird. In den beiden anderen Systemen kommt das Magma direkt aus dem tief liegenden Magmareservoir. An der Oberfläche bestehen die Vulkansysteme vor allem aus Abschiebungen (siehe ■ Abb. 2.5, 2.6, 4.5, 4.12 und 5.8 zur Verdeutlichung und für Beispiele) und Zugbrüchen (siehe beispielsweise ■ Abb. 2.5, 2.6, 5.8, 5.11, 5.12 und 5.13 zur Verdeutlichung und für Beispiele) und Vulkanspalten (siehe ■ Abb. 12.21, 13.20e, 13.25, 13.27 und 13.32a für Beispiele)

Hauptstraße (Straße 41) aus, also aus der Ferne. Einige geologische Strukturen und Phänomene sind jedoch, selbst wenn Sie sie (je nach Sichtverhältnissen) nur aus dem Fenster eines Busses auf der Fahrt nach Reykjavík betrachten, erwähnenswert.

Das erste Auffällige ist der vergleichsweise junge Basaltlavastrom **Arnarseturshraun** (1). Vor allem aus **Aa-Lava** bestehend (siehe auch ■ Abb. 13.20a), hat er eine raue Oberfläche mit zerbrochenen unregelmäßigen Blöcken. Das Gleiche gilt für den südlich angrenzenden Lavastrom **Illahraun**. Beide Lavaströme sind von Straße 41 aus zu sehen. Straße 43, die zur Stadt Grindavík (► Kap. 13) führt, geht durch diese Lavaströme hindurch. Illahraun ist heute vielen Millionen Touristen bekannt, die die **Blaue Lagune** (**Bláa Lónið**; vgl. ■ Abb. 13.24 und ► Kap. 13) besuchen. Deren Thermalwasser stammt aus tiefen Bohrungen, die durch Illahraun hindurchgehen. Arnarseturshraun (■ Abb. 2.5) und Illahraun sind ungefähr gleich alt. Sie entstanden im Zeitraum 1210–1240

heutiger Zeitrechnung, das heißt vor rund 800 Jahren, und gehören zu den jüngsten Lavaströmen auf der Reykjanes-Halbinsel. Berücksichtigt man die Größe der Halbinsel sowie die Tatsache, dass es vier große Vulkansysteme gibt (■ Abb. 2.2 und 2.3), ist es überraschend, dass es etwa seit dem Jahr 1340 keine bekannte Eruption auf der Reykjanes-Halbinsel gab, das heißt seit knapp 680 Jahren. Zieht man die allgemeine Aktivität auf der Halbinsel in Betracht, ist dies eine lange Lücke, sodass künftig Vulkanausbrüche zu erwarten sind.

Die geologische Aktivität zeigt sich zum Teil in zahlreichen großen, während Erdbeben entstehender, **Störungen** (2) in den Lavaströmen auf der Halbinsel (■ Abb. 2.5 und 2.6). Wie diese und ähnliche Brüche gebildet werden, erläutere ich im Detail in ► Kap. 5 zu Thingvellir. Einfach ausgedrückt entstehen alle Brüche, die Sie hier sehen, weil Island an den Vulkanzonen auseinandergezogen wird, insbesondere quer zu den Vulkansystemen (■ Abb. 2.2, 2.3 und 2.4). Die Geschwindigkeit



▣ **Abb. 2.5** Luftbild von Brüchen, die durch plattentektonische Kräfte in basaltischen Pahoehoe-Lavaströmen (Lavaströmen mit glatter Oberfläche) der Reykjanes-Halbinsel entstanden, mit Blick in Richtung Nordosten zur Hauptstadtregion und dem Berg Esja. Die langen Brüche sind Abschiebungen, die kürzeren Zugbrüche (ihre Entstehung wird in ► Kap. 5 erläutert). Die längsten Brüche erreichen Längen von vielen Kilometern. Diese Brüche sowie diejenigen auf ▣ Abb. 2.6 gehören zum nordwestlichen Teil des Reykjanes-Vulkansystems (▣ Abb. 2.3); genauer gesagt zum sogenannten Vogar-Spaltenschwarm dieses Systems – Vogar ist ein Dorf nahe dem zweiten Halt auf ▣ Abb. 2.1. Der größte Teil der gezeigten Lavaströme gehört zu Thráinsskjöldur, doch die am nächsten gelegene Lava, wo die Störung in der Bildmitte endet, ist der Rand des Arnarseturshraun-Lavastroms

des Auseinanderziehens (oder Spreizungsrate) liegt meist zwischen 1 und 2 cm pro Jahr. Diese kontinuierliche Bewegung dehnt das Gestein, bis es bricht. Wenn ein solcher Bruch entsteht, gibt es normalerweise ein Erdbeben. Die meisten Erdbeben im Zusammenhang mit der hier vorliegenden Art von Brüchen sind schwach. Die Brüche auf ▣ Abb. 2.5 und 2.6 treten vor allem in einem Pahoehoe-Lavastrom auf, der einen leicht abfallenden, schildförmigen Vulkan namens **Thráinsskjöldur (Práinsskjöldur)** bildet. Dieser brach vor mehr als 10.000 Jahren, möglicherweise gar vor ca. 14.000 Jahren, aus. Vulkane dieses Typs werden als **Lavaschilde** bezeichnet und treten in Island häufig auf. Sie unterscheiden sich von den

berühmten **Schildvulkanen** auf Hawaii, Galapagos und vielen anderen Inseln darin, dass die isländischen Schilde viel kleiner sind und in einer oder wenigen Eruptionen gebildet werden, wohingegen die großen Schildvulkane in zahlreichen Eruptionen in Jahrzehntausenden oder Jahrhunderttausenden entstehen. Dies bedeutet, dass die großen Schildvulkane Zentralvulkane sind, die Lavaschilde jedoch nicht.

Zusätzlich zu den Brüchen und Lavaströmen gibt es einen bemerkenswerten Berg, der von Straße 41 aus zu sehen ist, wenn es nicht in Strömen gießt. Dieser Berg ist **Keilir (3)**, ein kegelförmiger Berg, der deutlich aus dem umgebenden Lavafeld heraussteht (▣ Abb. 2.7). Der Berg erhebt sich ungefähr 380 m über



■ **Abb. 2.6** Luftbild mit basaltischen Pahoehoe-Lavaströmen auf der Reykjanes-Halbinsel mit Blick nach Südosten. Der größte Bruch ist eine Abschiebung; die Lavoberfläche links der Störung (dem Betrachter zugewandt) ist einige Meter relativ zur Lavoberfläche rechts der Störung abgesunken. Einige andere Abschiebungen sowie Zugbrüche sind hier zu sehen. Auch diese Brüche sind Teil des Vogar-Spaltenschwarms, beziehungsweise des Reykjanes-Vulkansystems (■ Abb. 2.3). Siehe Bildunterschrift zu ■ Abb. 2.5 für mehr Details



■ **Abb. 2.7** Der Berg Keilir, ein kegelförmiger Hyaloklastit-Berg, deutlich auffallend auf der Reykjanes-Halbinsel (Blick nach Süden). Der Berg entstand während eines Vulkanausbruchs in tiefem Wasser, höchstwahrscheinlich in Schmelzwasser während der Eiszeit, als eine Eisdecke die gesamte Reykjanes-Halbinsel bedeckte

den Meeresspiegel und ist aus weiter Ferne zu erblicken. Er besteht aus Basalt, gebildet in einem Ausbruch in tiefem Wasser. Wenn heißes Magma auf kaltes Wasser trifft, kommt es zu Explosionen, die das Magma in feine Partikel oder Bruchstücke zerlegen. Jede Explosion bildet eine Schicht aus diesen Partikeln, Asche genannt. Durch die Stapelung der Schichten während der Eruption bilden sie einen Berg – Keilir. Offensichtlich ist die Gegend, in der der Berg steht, heute trocken – wo kam also das Wasser her? Sehr wahrscheinlich kam es aus einem See in einem dicken Gletscher, der Island inklusive der Reykjanes-Halbinsel während der **Eiszeit** (die aus vielen Vereisungen besteht) vor Zehntausenden von Jahren bedeckte. Der Bildungsprozess von Keilir ist also vergleichbar mit dem, was wir in Island gegenwärtig beobachten, wenn es zu einem Vulkanausbruch unter einer Eiskappe kommt (▣ Abb. 1.4). Das Eis schmolz und verschwand von der Halbinsel vor ungefähr 12.000–14.000 Jahren. Keilir muss also älter sein, vermutlich mehrere Zehntausend Jahre. Keilir ist

also viel älter als die umgebenden Lavaströme, die alle jünger als 14.000 Jahre sind, manche viel jünger, wie Arnarseturshraun (▣ Abb. 2.5). Die Kegelform Keilirs (der isländische Name bedeutet „Kegel“) ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Eruption durch eine sehr kurze Spalte erfolgte, die ein (in der Aufsicht) fast kreisrundes Loch ins Eis schmolz.

Viel näher an Straße 41 können Sie viele kuppelförmige Strukturen oder kleine Hügel erkennen, die mehrere Meter aus dem umgebenden Lavafeld herausragen. Diese Hügelchen heißen **Tumululi** (Einzahl Tumulus) und treten häufig in Pahoehoe-Lavaströmen auf (▣ Abb. 2.8). Sie sind gewöhnlich 2–10 m hoch und entstehen, wenn Pahoehoe-Lava in kleinen Vertiefungen an der Oberfläche „Teiche“ bildet. Bald entwickelt sich eine harte oder erstarrte Kruste auf dem Teich. Wenn Lava weiterhin in den Teich strömt, wird die erstarrte Oberfläche nach oben gedrückt und angehoben, um Platz für die ankommende Lava zu schaffen, wodurch ein Hügel entsteht, der Tumulus. Einige der nahe Straße 41



▣ **Abb. 2.8** Lavahügelchen, bekannt als Tumulus mit Blick nach Süden. Tumuli sind in Pahoehoe-Lavaströmen häufig, insbesondere in Lavaströmen von Lavaschilden wie hier nahe der Straße, und normalerweise mehrere Meter hoch (vgl. ▣ Abb. 13.39)

zu sehenden Tumuli gehören zu den größten Islands.

Es gibt zwei vergleichsweise junge Aa-Lavaströme, durch die Straße 41 führt, bevor sie die „**Hauptstadtregion**“ (**Höfuðborgarsvæðið**) erreicht, zu der Reykjavík (die Hauptstadt) gehört sowie die sechs benachbarten Gemeinden, nämlich Hafnarfjörður (Hafnarfjörður), Gardabaer (Garðabær), Kópavogur, Mosfellsbær (Mosfellsbær), Seltjarnarnes und Kjósahreppur (siehe  Abb. 2.1). Dies sind die Lavaströme **Afstapahraun (4)** und **Kapelluhraun (5)**. Afstapahraun ist wahrscheinlich etwa 2000 Jahre alt, Kapelluhraun (auch Nýjahraun, „Neue Lava“, genannt) hingegen ungefähr 1000 Jahre. Die Aluminiumfabrik in Straumsvík, in Fahrtrichtung links der Straße 41 kurz vor dem Ortseingang der Stadt Hafnarfjörður gelegen, steht auf Kapelluhraun, wie der westlichste Teil der Stadt selbst.

Die Hauptstadtregion selbst steht überwiegend auf Gesteinen, die mehrere Hunderttausend Jahre alt sind. Diese sind in erster Linie Basaltlavaströme, die als „Graue Basalte“ bezeichnet werden und aus Zeiten stammen, in denen Island während der Eiszeit eisfrei war. Die Lavaströme sind in vielen Straßenanschnitten in Reykjavík zu erkennen. Wegen des vergleichsweise hohen Alters der

Gesteine liegt das Ortsgebiet von Reykjavík deutlich außerhalb aktiver Vulkansysteme ( Abb. 2.2 und 2.3).

Nichtsdestotrotz gibt es vergleichsweise junge Lavaströme innerhalb der Hauptstadtregion. Wir haben bereits Kapelluhraun erwähnt, auf dem ein Teil der Stadt Hafnarfjörður erbaut wurde. Der Rest der Stadt liegt auf Lavaströmen, die mehrere Tausend Jahre alt sind. Ein sehr schmaler Lavastrom erreicht die Küste entlang des **Ellidaárdalur-Tales (Elliðaárdalur)** im östlichen Teil von Reykjavík selbst. Die winzige Front ist Teil des Leitarhraun-Lavastroms, der vor etwa 5000 Jahren austrat ( Kap. 9).

Alle vergleichsweise jungen Lavaströme, die die Hauptstadtregion erreichten, stammen aus Vulkanspalten in Vulkansystemen auf der Reykjanes-Halbinsel ( Abb. 2.3). Im Falle eines neuen Vulkanausbruchs in einem dieser Systeme, welcher zu einem Lavastrom führt, der auf die Hauptstadtregion zufließt (am wahrscheinlichsten in den Systemen **Krísuvík** und **Bláfjöll**), erlaubt es moderne Technologie, den Lavastrom von der Hauptstadtregion wegzuleiten. Umleitungskanäle und Barrieren für Lavaströme wurden bereits erfolgreich eingesetzt, sowohl in Island (wie bei der Heimaeý-Eruption 1974, der Hauptinsel der Vestmannaeyjar-Inseln, siehe  Kap. 14) als auch anderswo.