

# MIUSEION 2000

KULTURMAGAZIN GLAUBE, WISSEN, KUNST IN GESCHICHTE UND GEGENWART

## Individualität

in der Natur

## Lise Meitner

Die grosse Dame  
der Kernphysik

## Religionspsychologie

Eingeschränkte Sicht  
bei der Erforschung religiöser Erfahrungen









# Individualität in der Natur

Alles, was auf der Erde belebt ist, trägt den Stempel der Einzigartigkeit in sich, denn jedes Individuum ist beseelt. Merkmale von Individualität finden sich interessanterweise auch bei den Gesteinen, Mineralen und Kristallen. Was für Parallelen bestehen hierbei zur erkennbar belebten Materie?





### Was beseelt ist, trägt seinen individuellen Stempel

Der Begriff Individualität – entlehnt aus dem Französischen, dem gleichbedeutenden *individualité* – beschreibt die Besonderheit des *Einzelnen*, wobei unter Individuum meist ein Lebewesen verstanden wird. Es ist beeindruckend, welche enorme Vielfalt von Lebewesen die Natur bietet, welche unüberschaubar grosse Zahl von Arten (vgl. *nebenstehende Bilddokumentation*). Genaue Zahlen zu nennen, ist aus heutiger wissenschaftlicher Sicht noch nicht möglich – Schätzungen belaufen sich beispielsweise bei der niederen Lebewelt auf 5 bis gegen 100 Millionen Arten. Was jedoch das einzelne Individuum betrifft, die Individualität und Unterscheidbarkeit des Einzelnen, so geht deren Zahl weit über jene der Arten hinaus. Dank dem universellen Charakter des genetischen Codes können heute innerhalb derselben Art Unterschiede festgestellt werden. Darüber hinaus lassen sich auch bei Lebewesen mit identischem genetischem Code Unterschiede feststellen – man denke nur beim Menschen an die verschiedenen Charaktere eineiiger Zwillinge. Was auf der Erde belebt oder beseelt ist, trägt ganz offensichtlich seinen individuellen Stempel. Und genau darauf, auf diese unverwechselbare Besonderheit des Einzelnen, diese Individualität, möchten wir in diesem Beitrag näher eingehen. Wir werden dies wo nötig unter Zuhilfenahme von Erkenntnissen der Entwicklungsgeschichte irdischen Lebens tun. Wir beginnen mit der *niederen Tierwelt* im Wasser, fahren weiter mit der terrestrischen Verbreitung, speziell am Beispiel des *Pflanzenreichs*, und wir werden uns auch mit einem Spezialfall von Materie auseinandersetzen, dem interessanterweise auch eine Form von Individualität zukommt – gemeint sind die *Gesteine, Minerale und Kristalle*.

### Wissenschaftliche Erkenntnisse im Lichte der Philosophie betrachtet

Neben naturwissenschaftlichen Erkenntnissen sollen hierbei auch philosophische Ansätze herangezogen werden, denn die *ursprüngliche* Betrachtungsweise der Philosophie ist ein wertvolles Instrument, um Abhängigkeiten innerhalb beziehungsweise zwischen den verschiedenen Wirkungsgefügen von Lebewesen und ihren Lebensräumen besser verstehen zu können. Zudem kann der Philosophie eine ganz zentrale Aussage entnommen werden: Das Leben auf der Erde ist ursächlich bedingt. Doch erteilen wir an dieser Stelle direkt jener Person das Wort, von der der Grieche Sokrates selbst sagt, sie habe, was die Philosophie anbelange, »die volle Höhe erklimmen«:

»Alles werdende aber hat notwendig irgendeine Ursache zur Voraussetzung, denn ohne Ursache kann unmöglich etwas entstehen.«

Timaios 28a

Das Thema *Schöpfung oder Zufall* ist alt. Schon Origenes, der bekannte griechische Gelehrte und Führer der Christenschule in Alexandria, setzte sich im 3. Jahrhundert n. Chr. aufs Intensivste damit auseinander. Denn wegen eines polemischen Buches, das einer seiner geistigen Widersacher – der Heide Celsus – geschrieben hatte, musste er sich mit aller Deutlichkeit gegen dessen Behauptung, alles sei blosser Zufall, zur Wehr setzen. Die von Celsus abgefasste Schrift widerspiegelt die Verachtung gegenüber dem Gedanken einer Schöpfung oder eines Schöpfers. Origenes entgegnete seinem Kontrahenten:

»Celsus möge doch nun geradeheraus erklären, dass nach seiner Meinung diese grosse Mannigfaltigkeit der Gewächse auf Erden kein Werk der Vorsehung sei, sondern dass irgendein Zusammentreffen von Atomen diese so zahlreichen Arten und Gattungen geschaffen habe, und

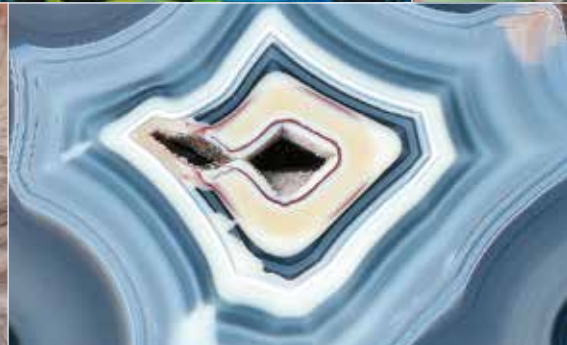




# Vielfalt in der Natur

WAS AUF DER ERDE BELEBT ODER BESELT IST,

TRÄGT SEINEN INDIVIDUELLEN STEMPEL





# Ökosystem Tiefsee

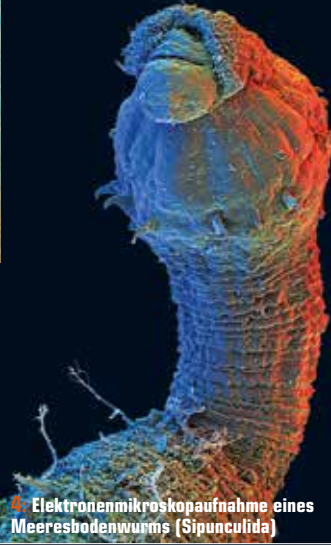
EIN REICH DER FINSTERLINGE



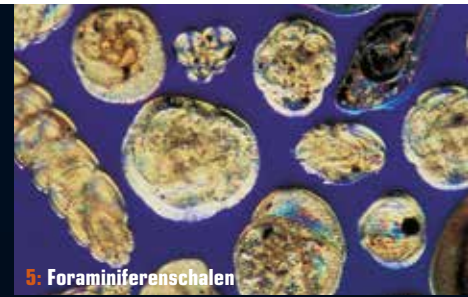
1: Eisenoxidablagerungen auf dem Meeresboden der Tiefsee (gelb). Selbst kleine Nischen auf dem Meeresgrund sind nicht unbewohnt – es leben darin zahlreiche Mikroorganismen.



3: Seegurke am Boden der Tiefsee



4: Elektronenmikroskopaufnahme eines Meeresbodenvurms (Sipunculida)



5: Foraminiferenschalen



6: Drachenfisch (Eustomias) in der Tiefsee



2: Forschungsschiff »Polarstern«

*dass es ein Werk des blossen Zufalls sei, wenn so viele Arten von "Pflanzen, wie die Bäume und Gräser", Ähnlichkeit miteinander haben, und dass kein kunstverständiger Geist sie ins Dasein gerufen habe, sie ihr Dasein nicht einer Vernunft verdanken, die über alle Bewunderung erhaben ist. Wir Christen aber, die nur den einen Gott als den Schöpfer dieser Dinge verehren, wir wissen ihm auch dafür Dank, dass er sie geschaffen.«*

Contra Celsum IV 75

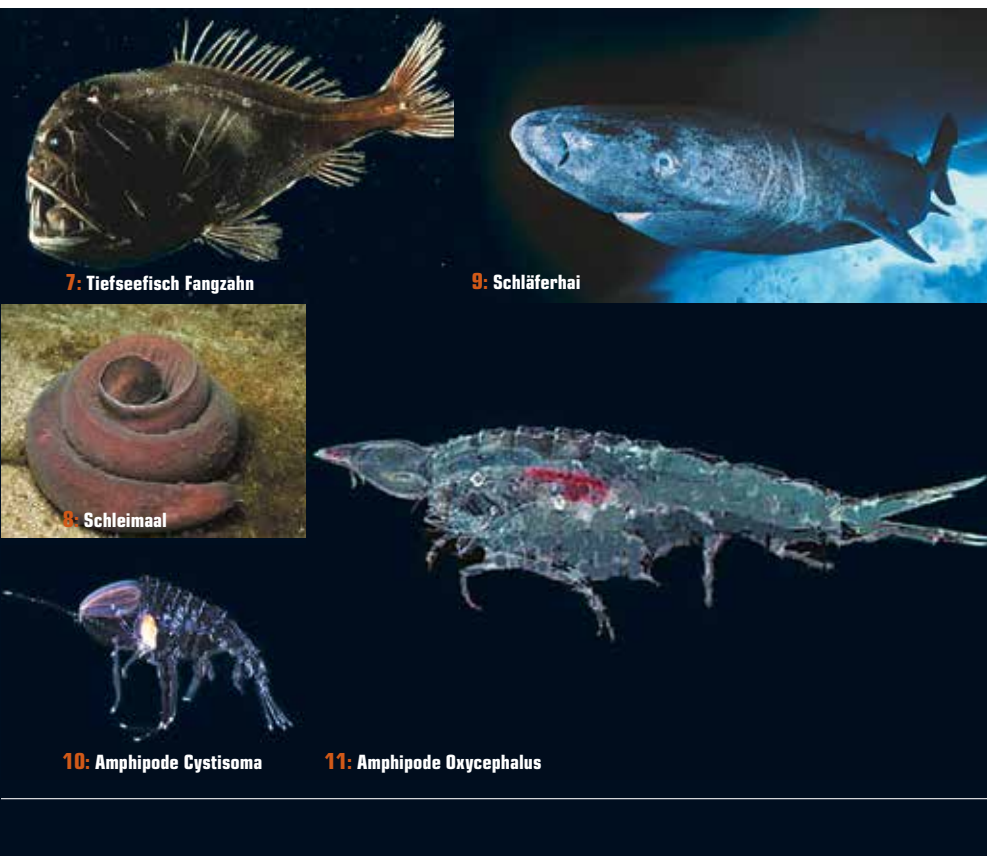
Origenes hatte Zugriff zu Werken der berühmten alexandriner Bibliothek und somit auch zu frühen Schriften der Philosophie, die über wesentliche Vorgänge der Schöpfungsgeschichte Auskunft gaben. Dazu zählte im Rahmen des Ganzen die Erklärung, dass die Entwicklungsgeschichte in der Natur einem *Aufsteigen ans Licht* gleichkommt und dass dies seine tiefgründige Ursache hat. Ein schöner Hinweis findet sich dazu bereits vor Origenes in den Schriften *Platons*. *Sokrates* sieht gewissermassen die irdische Entwicklungsgeschichte der Lebewelt als eine Vorwärtsentwicklung zum Guten an. Die Kernstelle im siebten Buch des Platon-Dialogs »Politeia« spielt genau darauf an:

»Die Lösung aber aus den Banden und die Umwendung von den Schatten zu menschlichem Antlitz und den Anstieg aus der unterirdischen Stätte an das Sonnenlicht selbst anzuschauen und das Hinaufsteigen aus dem unterirdischen Aufenthalt an den Tag und dort auf die Tiere und Pflanzen selbst [...] – diesem allen entspricht der Bedeutung nach die ganzheitliche Schulung [...]«  
532 b

Es handelt sich hierbei um eine sehr tiefgründige Stelle, die einen selbst nach mehrmaligem Lesen noch beschäftigt. Sokrates spricht hier wohl zwei Ebenen an: einerseits die Wichtigkeit einer *ganzheitlichen* Schulung oder Betrachtungsweise und andererseits den vom Urheber der Schöpfung geplanten Weg, auf welchem die *Höherentwicklung* des Lebens voranschreitet beziehungsweise weiter voranschreiten muss. Letztere Ebene möchten wir nun mit Hilfe von wissenschaftlichen Erkenntnissen näher betrachten, denn gerade die Naturwissenschaft hat interessanterweise genau über jene Lebensräume vertiefte Erkenntnisse, die Sokrates sinngemäss von philosophischer Warte aus anspricht.

## Die niedere Tierwelt am Beispiel des Ökosystems »Tiefsee«

Die Wissenschaft geht davon aus, dass das erste Leben im Wasser entstand; und noch heute zählt die Wasserwelt eine enorm grosse Anzahl von Arten und Bewohnern. Der vorgängig zitierte Sokrates hatte eine unterirdische Stätte angesprochen, wo nur Schatten herrscht. Auch *Hesiod* berichtet in der *Theogonie* ausführlich über das



»Dunkel der Erde«. Heute bestehen dank den wissenschaftlichen Erkenntnissen Möglichkeiten, Parallelen zu dieser »unterirdischen Stätte«, das heisst zu den Bildern und Erklärungen der griechischen Philosophen, zu finden und diese in ganz neuem Licht zu betrachten.

Dazu einen Blick in die Wasserwelt, genauer gesagt, in die Tiefsee. Irgendwo zwischen 200 und 1000 Metern unter der Wasserlinie beginnt nämlich ein Reich der Finsternisse. Es handelt sich hierbei um eine kalte Welt, um einen Lebensraum ohne Licht, denn dort kommt kein Lichtstrahl der Sonne hin – es herrscht absolute Dunkelheit (Abbildung 1). Selbst in der Tiefsee am Äquator steigt die Temperatur kaum über vier Grad. Im Norden, in der Arktis, werden so tief unten sogar Minusgrade gemessen. Da die Tiefsee über enorme Mengen von Wasser mit relativ hohem Salzgehalt verfügt und komplexen Strömungsverhältnissen ausgesetzt ist, gefriert jedoch das Wasser nicht. Zudem herrscht in der Tiefsee ein ungeheurer grosser Wasserdruck mit bis zu mehreren Tausend Tonnen Gewicht pro Quadratmeter. Dieser düstere Lebensraum ist wie ein Hochdruckkessel – Pflanzen können dort nicht

existieren, denn unterhalb von 200 Metern reicht das Licht nicht mehr zur Photosynthese aus. Man dachte noch vor 30 bis 40 Jahren, dass die Tiefsee, die fast 90 Prozent der Meere umfasst, eine sehr dünn besiedelte Welt sei und es in jenen Tiefen der Ozeane kaum Leben gebe. Intensive Untersuchungen der letzten Jahre haben indes gezeigt, dass diese Vermutung nicht zutrifft. Im Gegenteil: *Die Tiefsee ist sehr reich an Leben* – nicht unbedingt reich an Biomasse, aber reich an *Arten*. Dass tropische Regenwälder und Korallenriffe viele Tier- und Pflanzenarten beherbergen, ist allgemein bekannt. Dass aber der Boden der Tiefsee in ähnlichem Masse mit erstaunlich vielen niederen beziehungsweise *niedersten* Tierarten bevölkert ist, dies ist eine relativ neue Erkenntnis, die dank der modernen Forschung gewonnen werden konnte. Bei Vermessungsarbeiten in arktischen Gewässern (Abbildung 2) bei Spitzbergen zeigte sich, dass die Gemeinschaft von vergleichsweise grösseren Tieren, je nach Meerestiefe, unterschiedlich zusammengesetzt ist. Es wurde dabei festgestellt, dass die Anzahl Arten in der Grössenordnung im *Zentimeter- und Millimeterbereich* mit zunehmender Tiefe abnimmt. Zu

diesen zentimetergrossen Tieren, die beispielsweise sehr zahlreich im »Molloy-Deep« – der tiefsten Stelle im Arktischen Ozean zwischen Grönland und Spitzbergen – vorkommen, zählen kaulquappengrosse *Seegurken* (vgl. Abbildung 3). Sie suchen dort in über 5500 Metern Tiefe den Meeresboden nach Fressbarem ab und hinterlassen dabei im Sediment sowohl Frassspuren als auch die Spuren ihrer Tentakelfüsschen. Dabei, so vermutet man, entstehen am Boden neue ökologische Nischen, wo noch kleinere Tiere leben, die sogenannte *Meiofauna* – zu ihr gehören einerseits Mehrzeller wie *Fadenwürmer* (Abbildung 4) oder sehr kleine Krebse –, die nur noch unter der Lupe oder dem Mikroskop betrachtet werden können. Andererseits zählen zur Meiofauna der Meere auch Einzeller wie beispielsweise die Foraminiferen (Abbildung 5), die je nach Art nur 2 Tausendstel-millimeter gross sind oder sogar eine ganz erstaunliche Grösse von bis zu 15 Zentimetern erreichen können. Und was ganz generell die Einzeller im Wasser betrifft: Die Meere beherbergen eine nur schwer vorstellbare Zahl von ihnen; Schätzungen des Max-Planck-Instituts für Marine Mikrobiologie gehen von  $10^{29}$  bis  $10^{30}$  Zellen aus. Man hat es hier mit Grössenordnungen zu tun, die für den Menschen nicht mehr fassbar sind, denn eine 30- oder sogar 31-stellige Zahl übersteigt schlicht das menschliche Vorstellungsvermögen. Um bei diesen *selbständig* existierenden Zellen beziehungsweise Mikroorganismen Individualitätsunterschiede feststellen zu können, hilft den Wissenschaftlern der individuelle genetische Fingerabdruck weiter, der jedem einzelnen Lebewesen, und sei es noch so klein, entnommen werden kann.

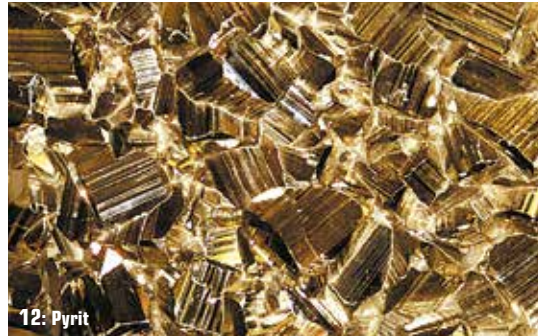
### Tiefseewesen leben lange und kennen den Hunger

Mit Hilfe von genetischen Methoden war es den Forschern sogar möglich, Rückschlüsse zu ziehen, wie lange ein Leben dieser Individuen in der Tiefsee dauert. Aufgrund von Untersuchungen an Bohrkernen



von Sedimentschichten des Meeresbodens im östlichen Pazifik schätzten die Forscher des Max-Planck-Instituts für Marine Mikrobiologie ab, wie viel Biomasse im Meeresboden neu entsteht beziehungsweise wie lange sich die Verdoppelungszeit von lebendigen Zellen hinzieht. Zu ihrer Überraschung teilten sich diese Bewohner der Tiefsee nur sehr langsam. Je nach Art brauchte es dazu zwischen einem Vierteljahr und 22 Jahren. Das Leben dieser selbständigen Einzeller läuft demnach sehr langsam ab. Noch ein Wort zu den grösseren Kreaturen (vgl. Abbildungen 6 und 7): Nebst ihrem teilweise schrecken-erregenden Aussehen kennen diese Tiere in erster Linie nur den Kampf ums Fressen, denn das Nahrungsangebot in der Tiefsee ist rar. Dazu vermeldet ein Teilnehmer anlässlich der Forschungsfahrt des Eisbrechers »Polarstern« des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung:

*»Tiefseewesen kennen den Hunger. Denn auf dem Schlick landet nur ein Prozent der Biomasse, die an der Meeresoberfläche produziert wird, und von diesem einen Prozent zehrt der grösste Lebensraum der Erde. Nur wenn ein toter Wal, ein Hai oder eine verendete Robbe herunterfallen, beginnt das grosse Fressen. Meilenweit lockt ihr feiner Geruchssinn die Aasfresser zu dem verrottenden Körper. Nach wenigen Stunden wimmelt es auf ihm von dünnen Schleimaalen (Abbildung 8), die sich in die Haut bohren und sich verknoten, um beim Herausrupfen der Fleischbrocken besseren Halt zu finden. Später erscheinen die Schläferhaie (Abbildung 9), beißen grosse Stücke aus dem Kadaver. Dann beginnt der Körper zu pulsieren – die Amphipoden (Abbildungen 10 und 11) sind da. Diese Verwandten der Flohkrebse sind die Hyänen der Tiefsee. Mit ihren messerscharfen Kiefern schneiden sie den grössten Wal auseinander. Wird das Fleisch knapp, wird es ungemütlich, denn dann beginnt die Schlacht um die Reste.«*



12: Pyrit



14: Verwachsener Quarz mit Turmalin

Man glaubt es kaum, was sich da alles mehrere Tausend Meter unter dem Meeresspiegel in vollkommener Dunkelheit abspielt. Aufgrund der heute gegebenen Möglichkeiten, die wir massgeblich dem technologischen und wissenschaftlichen Fortschritt verdanken, besteht nun Gewissheit, dass eine Unzahl von Tiefseewesen in den Weltmeeren existent sind. Im Grunde genommen werden wesentliche Erklärungen der hohen Philosophie erst dank diesen zutage geförderten Erkenntnissen richtig verständlich. Man denke nur an die eingangs zitierte Stelle im Platon-Dialog »Politeia«. Der Tiefseeforschung kommt hierbei ein wichtiger Stellenwert zu, denn sie führt einem sinnbildlich jene »unterirdische Stätte« vor Augen, von der in der abendländischen Weltliteratur, namentlich in den Werken von Homer, Hesiod oder den platonischen Schriften, so ausführlich die Rede ist.

### Die Natur – überall ist Leben. Und in den Gesteinen?

Verlassen wir nun die dunklen Weiten der Tiefsee. Der entscheidende Schritt, damit sich Leben auch in den lichten Gefilden entfalten konnte, war vor etwa 450 Millionen Jahren die Landnahme der Pflanzen und vor ungefähr 400 Millionen Jahren dasselbe Ereignis bei den Tieren. Sokrates leuchtet in Platons »Staat« Geschehnisse dieser Art vom schöpferischen Standpunkt aus und betrachtet sie als ein »Hinaufsteigen aus dem



15: Eudialyt-Kristalle (rot) in Syenitgestein

unterirdischen Aufenthalt an den Tag und dort auf die Tiere und Pflanzen«. Doch die hohe Philosophie kennt, was »das Emporarbeiten von Leben« betrifft, eine weitere Feinheit der Betrachtung. Es geht hierbei um die Gesteine:

*»Nun betrachten wir einmal die Welt oder die Natur, wie sie heute ist. Überall ist Leben, auch in den Steinen, denn der Stein ist nicht tot.«*

*Ihr könnt Kinder sehen, sie tragen die schönen, hellen Steine zusammen und spielen damit. Sie werden von dieser nur scheinbar toten Materie angezogen. Unbewusst nimmt das Kind das andere Leben in seine Hände. Für das Kind ist es Spiel. Der Stein, mit dem es spielt, ist in dem Sinne wertlos. Dem Kind kann es aber eine Welt bedeuten – es fühlt etwas Lebendiges in diesem Stein.«*

Beatrice Enel, 1965



# Gesteine sind Verwachsungen

VON MEHREREN INDIVIDUEN EINER ODER MEHRERER MINERALARTEN



13: Turmalin



16: Delicate Arch (Sandsteinbogen), Arches National Park, USA



17: Erkaltende Lava



18: Steinsalz (Elektronenmikroskopaufnahme)

Die gleiche Kernaussage findet sich im Grundlagenwerk »Peri archon« des Origenes:

*»Man findet Leben bei den Tieren, den Pflanzen und ganz allgemein bei allem, was von Wuchs und von der Seele zusammengehalten wird. Dazu gehören, wie man sagt, auch die Minerale und Gesteine.«*

III 1,2

Zwei weitere Hinweise begegnen in den biblischen Schriften. Der Evangelist Lukas erwähnt das »Schreien der Steine« (19, 40), beziehungsweise erinnern seine Worte an den daran anknüpfenden Gedanken: »Wenn Steine schreien könnten...« Auch bei Matthäus (3, 9) werden Steine in Zusammenhang mit Merkmalen von bestimmtem Leben gebracht.

Da wir uns in diesem Beitrag ganz generell mit Formen von Individualität in der Natur befassen, werden wir nicht darum herumkommen, diese Besonderheit, nämlich Minerale und Gesteine, in

die Betrachtungsweise mit einzu-beziehen. Sinnigerweise wird in der Mineralogie sogar der Begriff *Individuum* angewendet, wie das nachstehende Zitat zeigen wird. Um es aber vorwegzunehmen: Es ist nicht möglich, mit Hilfe von wissenschaftlichen Methoden in den Gesteinen selbst Leben nachzuweisen, denn dieses »andere Leben« – nennen wir es einmal so – ist derzeit nicht in der Form fassbar. Im Rahmen des Möglichen liegt es indes, auf bestimmte Besonderheiten dieser »nur scheinbar toten Materie« hinzuweisen. Doch der Reihe nach: Beginnen wir mit der Definition der Minerale, Kristalle und Gesteine, wie sie der Wissenschaft eigen ist:

*»Minerale [Abbildungen 12 und 13] sind auf natürliche Weise entstandene chemische Substanzen einheitlicher Zusammensetzung und – mit einer Ausnahme – fester Konsistenz. Kristalle sind feste chemische Substanzen, die von ebenen Flächen gleichmässig umgrenzte*

*Körper bilden. Kristallin sind Minerale, wenn ihre Atome ein ge-regeltes Kristallgitter aufbauen [...].*

*Gesteine sind Verwachsungen von mehreren Individuen einer oder mehrerer Mineralarten [Ab-bildungen 14 und 15] und weisen eine Grösse im Meter- oder sogar Kilometerbereich auf. Die Grösse von Gesteinen ist nach oben un-begrenzt [Abbildungen 16 und 17], es gibt Gesteinskörper, die mehrere Hundert Quadratkilometer gross sind. Dagegen sind Kristalle von mehr als 10 Zentimetern Grösse schon sehr selten, während Kristalle von mehr als einem Meter schon praktisch nicht mehr vorkommen.*

*Im Gegensatz zu den Gesteinen, die erst bei einem gewissen Ausmass als Gesteine gelten, können die Minerale auch mikroskopisch klein sein. Es gibt sogar Kristalle, die nur Bruchteile eines Millimeters messen [Abbildung 18].«*

Rupert Hochleitner

**Kristalle verfügen über vielfältige Eigenschaften, die dem Menschen dienstbar sind**

Auf diese vom Mineralogen Dr. Rupert Hochleitner erwähnte Eigenschaft des »Verwachsens



von mehreren Individuen« (Paragenese) kommen wir noch im Detail zu sprechen. Vorab kurz einige wichtige Eigenschaften, die beim Bestimmen von Mineralen hilfreich sind: Dazu zählen deren unterschiedliche Strichfarbe, die verschiedenen Härtegrade, ganz generell die äussere Farbe, der Glanz, die Spaltbarkeit, das Bruchverhalten, die Tenazität – das heisst die Zug- und Reissfestigkeit – und die Kristallform. Es ist charakteristisch für Minerale und Kristalle, dass sie ganz unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Ihnen kommt nicht nur wegen der Schönheit, sei es als Schmuck oder wertvoller Kristall, eine wichtige Bedeutung zu, sondern Kristalle weisen zudem besondere Eigenschaften auf, die sich auch die Industrie zunutze macht. Ein ganz bestimmter Kristall hat hierbei wegen seiner besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften den technischen Fortschritt massgeblich geprägt – die Rede ist vom chemischen Element *Silizium*. Es wird in einkristalliner Form zu Kristallscheiben (Abbildung 19) verarbeitet und bildet wegen seiner elektrischen Halbleitfähigkeit das Ausgangsmaterial für alle gängigen Computerchips wie *Mikroprozessoren* (Abbildung 20) oder *RAM-Speicher* (Abbildung 21), um zwei Beispiele zu nennen. Doch nicht nur das: Bei einem weiteren Kristall, dem *Siliziumdioxid* ( $SiO_2$ ), macht man sich den sogenannten *piezoelektrischen Effekt* zunutze. Durch das Anlegen eines externen elektrischen Feldes an bestimmte Kristallflächen kommt es zu einer Kristallverformung. Die augenfälligste Anwendung hat dieser Effekt wohl in *Quarzuhren* gefunden, deren Taktgeber kein mechanisches Pendel mehr ist, sondern ein elektronischer Schwingkreis, dessen Frequenz mit Hilfe eines Schwingquarzes besonders genau eingehalten werden kann (Abbildung 22). Heute werden in der Industrie Schwingquarze synthetisch hergestellt und sind in der Elektronik zur Realisierung von Oszillatoren und Filtern nicht mehr wegzudenkende Bauteile.

Die Eigenschaften von Kristallen sind in vielfältiger Art und Weise nutzbar – doch wo genau finden sich Parallelen zur belebten Materie? Dazu muss etwas ausgeholt werden. Befassen wir uns nun mit dem natürlichen Aufbau der Minerale und Kristalle. Letztere sind ein stabiler Zustand der kondensierten Materie. Hierbei handelt es sich keineswegs um einen seltenen Zustand, denn über 98% der festen Erde sind kristallin. Hinzu kommt, dass bei einer einzigen Mineralart Individuen erstaunlich viele Varietäten zeigen können. So kommt Quarz mit der chemischen Bezeichnung  $SiO_2$ , beispielsweise als *Bergkristall* (Abbildung 23), *Rauchquarz* (Abbildung 24), *Amethyst* (Abbildung 25), *Rosenquarz* (Abbildung 26), *Citrin* (Abbildung 27) oder *Milchquarz* in verschiedensten Farben vor. Das Individuelle zeigt

sich einerseits durch Varietäten im Äusseren – man teilt übrigens Minerale wie Pflanzen und Tiere in verschiedene Arten ein – und andererseits durch unterschiedliche Wuchsformen bei Beibehaltung ihrer spezifischen Eigenschaften. Diese sind, wie wir feststellten, sehr zahlreich und können in diesem Beitrag nur ansatzweise behandelt werden, da wir uns im Hinblick auf das Thema »Individualität« im Folgenden auf Merkmale beschränken, die Parallelen zur belebten Materie erkennen lassen.

### Entstehung, Wachstum und Vielfalt der Minerale und Gesteine

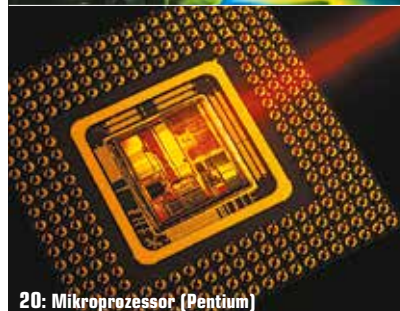
Dazu zählt in besonderem Masse die Fähigkeit des Verwachsens von Individuen einer oder mehrerer Mineralarten oder ganz generell die Fähigkeit, dass Minerale unter

## Kristalle in Industrie und Natur

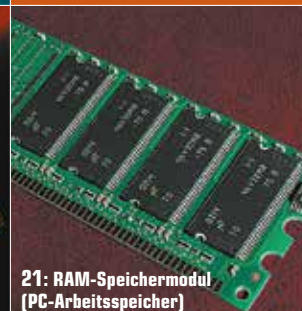
FUNKTIONALITÄT UND SCHÖNHEIT EINANDER GEGENÜBERGESTELLT



19: Prüfung einer Silizium-Kristallscheibe



20: Mikroprozessor (Pentium)



21: RAM-Speichermodule (PC-Arbeitsspeicher)



22: Schwingquarz einer Uhr



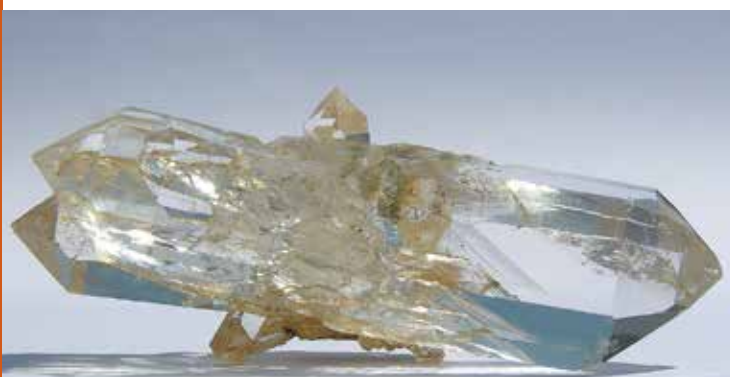
bestimmten Bedingungen wachsen. Wachstum ist eine Eigenschaft, die insbesondere bei belebter Materie auftritt. Allerdings kommen dabei bei den Mineralen ganz andere Zeiträume ins Spiel, zumal bereits unmittelbar mit dem Abkühlungsprozess der Erde deren Bildung in Gang kam. Zu den ältesten Gesteinen zählt beispielsweise der 3,6 Milliarden Jahre alte *Morton-Gneis*, der südwestlich der fünf grossen Seen im Gebiet des US-Bundesstaates Minnesota in Nordamerika zutage tritt. Grundsätzlich können Minerale auf ganz verschiedene Weise entstehen und wachsen, wobei durch Neubildung, Umbildung und Aufschmelzen der Erdkruste ein stetiger Kreislauf besteht (vgl. *Abbildung 28*). Nicht alle Gesteine sind so alt wie das vorgängig erwähnte – so sind unsere Alpen, geologisch betrachtet, relativ jung, denn sie begannen sich vor etwa 60 Millionen Jahren zu falten. Doch zurück zur unterschiedlichen Gesteinsbildung: Magmatische Gesteine in Form von *Tiefengesteinen* entstehen durch die Kristallisation von Mineralen bei der Abkühlung einer Gesteinsschmelze (Magma). Solche Gesteine werden in grösseren Tiefen im Bereich der

Erdkruste gebildet und können *Quarz* und *Feldspat* enthalten. Magmatische Gesteine, beispielsweise der *Basalt*, bilden sich aber auch aus den an die Erdoberfläche vulkanisch hinaufgedrungenen Laven. Andere Minerale werden aus wässrigen Lösungen ausgefällt (*Bleiglanz*, *Fluorit*) oder wachsen unter Mithilfe von Organismen, wie dies beim *Aragonit* als Perlmuttersschicht natürlicher *Perlen* der Fall ist. Schliesslich können sich neue Minerale durch Metamorphose bilden, das heisst durch Umkristallisation fester Stoffe – so wachsen beispielsweise *Granate*. Metamorphe Gesteine entstehen aus anderen Gesteinen unter Einwirkung von hohem Druck und Wärme oder eines von beidem. Des Weiteren können sich infolge von Verwitterung, Abtragung und erneuter Ablagerung an der Erdoberfläche *Sedimente* in Form von Schichten aus locker gelagerten Teilchen wie *Kies*, *Sanden* oder *Tonen* bilden, die sich im Laufe der Zeit wieder verfestigen (*Sandstein*, *Nagelfluh*).

Die Vielfalt der verschiedenen Minerale ist wirklich erstaunlich gross – man kennt heute über 2000 Arten. Minerale finden sich entweder auf Wänden von Klüften, in Spalten

oder Hohlräumen aufgewachsen oder im Gestein eingewachsen. Letztere haben sich bei ihrem Wachstum, wenn sie gleichzeitig eingewachsen sind, gegenseitig behindert. Man spricht in diesem Fall von sogenannten *Wachstumsstörungen*. Die Minerale weisen dabei im Allgemeinen eine mehr zufällige, kornartige Begrenzung auf, die in bestimmten Fällen von ebenen Flächen begrenzt sein kann.

Hingegen kann sich bei frei aufwachsenden Mineralen dank dem günstigen Umstand, dass sie über einen freien Raum, einen Hohlraum, eine Kluft oder eine Spalte verfügen, die typische Kristallform wegen des geregelten Kristallgitters *ungehindert* entwickeln. Dass sich Kristalle so schön formen, ist in der Natur also nur unter bestimmten Bedingungen der Fall, Beispiele sind *Quarz*, *Turmalin* oder *Beryll*. Im Allgemeinen sind infolge der erwähnten Wachstumsstörungen die Kristallkomponenten in der Natur derart komplex zusammengesetzt, dass die Elementarzelle keinen offensichtlichen Aufschluss über die Kristallform gibt. Daher sieht man den Gesteinen in der Natur, sei es ein Felsen oder auch nur ein kleiner Stein, wegen des vielschichtigen modularen Aufbaus die kristalline



23: Bergkristall



27: Citrin



24: Rauchquarz



25: Amethyst

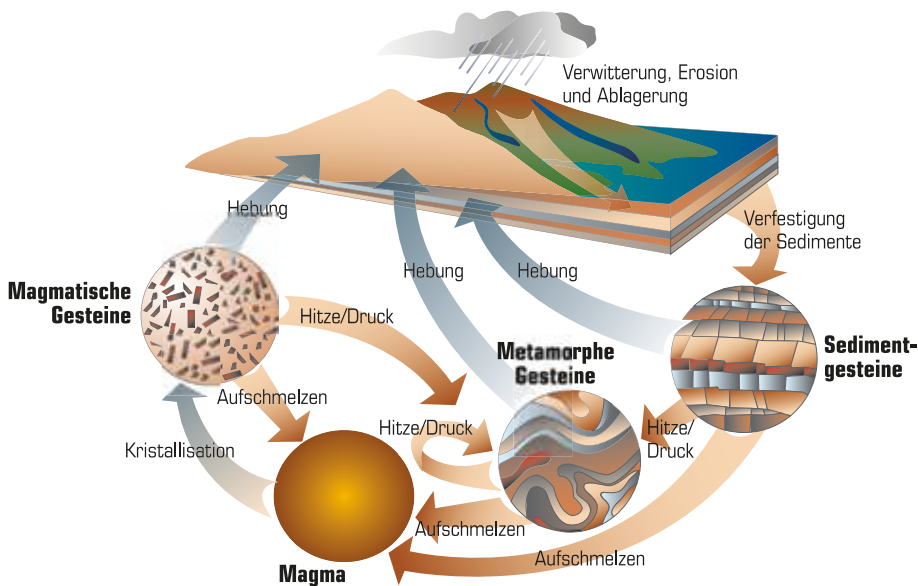


26: Rosenquarz



# Der Kreislauf der Gesteine

EIN BESTÄNDIGES UMWANDELN DER ERDKRUSTE



28: Kreislauf der Gesteine

Struktur oft nicht an; doch im *Kleinen* ist sie existent. Man kann zum Beispiel *Kalkspatkristalle* stundenlang aufs Feinste zermörsern, sieben und sieht dann unter dem Mikroskop aufgrund des geregelten Kristallgitters immer wieder kleinere Rhomboeder. Die sich bildenden Körper behalten diese geometrische Form bei – aber irgendwann ist der Kristall schliesslich so winzig, dass er nicht mehr weiter zerkleinert werden kann, weil seine Grundstruktur, das *Ionengitter*, in dieser Weise nicht mehr weiter teilbar ist.

Es war das Ziel, speziell den Entstehungs- und Wachstumsprozess der Minerale genauer zu beschreiben und dabei auf der Grundlage der Erkenntnisse der hohen Philosophie Parallelen zur belebten Materie aufzuzeigen. Selbst bei Gesteinen ist, auch wenn dabei die zeitlichen Abläufe andere Dimensionen annehmen, ein steter Kreislauf des Kommens, Werdens und Vergehens feststellbar. Auch bei den Mineralen ist die Vielfalt enorm, wie dies auch von der belebten Materie her bekannt ist.

Minerale weisen zudem komplexe Wachstumsprozesse auf, die sogar von verschiedensten Wachstumsstörungen begleitet sein können. Des Weiteren ist durch das Gemenge von Mineralen in den Gesteinen ein modularer Aufbau verschiedenster Individuen (vgl. *Abbildung 15*) erkennbar, die aufgewachsen oder eingewachsen sein können. So sind die erwähnten Merkmale eigentlich typische Anzeichen für Leben, wie sie der belebten Materie eigen sind. Was den *modularen* Aufbau betrifft, besteht eine ganz erstaunliche Parallele zum *Pflanzenreich*, worauf wir im Folgenden zu sprechen kommen. Dort erkennt man nämlich auch Module, die *miteinander* oder *ineinander* verwachsen sind.

## Die Individualität existiert bei Pflanzen auf verschiedenen Ebenen

Unter Berücksichtigung dieser Sichtweise braucht es – vornehmlich in der Biologie, wenn es nun um Pflanzen geht – zu deren genauerer Erforschung neue Wege und Konzepte, wie beispielsweise jene von Dr. Jürg Stöcklin vom Botanischen

Institut der Universität Basel. Stöcklin versucht, Individualitätsmerkmale und -unterschiede bei Pflanzen mit Hilfe eines modularen Aufbaus zu erklären:

»Der modulare Aufbau von Pflanzen, ihre offene Organisation, hat zur Konsequenz, dass viele Pflanzen [sich vegetativ vermehren und] auch verselbständigen können. Individualität im Sinn, wie sie für unitäre Organismen [Tiere] charakteristisch ist, ist deshalb bei Pflanzen oft nicht eindeutig. Bei Pflanzen müssen vielmehr verschiedene Ebenen individueller Organisation unterschieden werden.«

Diese Sichtweise ist, von der Warte der Biologie aus betrachtet, richtiggehend revolutionär, denn sie führt letztlich dazu, dass man bei einer Pflanze, sei es ein Kraut, ein Busch oder ein Baum, nicht mehr von einem Individuum sprechen kann, sondern von *mehreren* Individuen, die zudem *verschiedene* Organisationsgrade aufweisen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um auf dieses konstruktive Prinzip näher einzugehen – im Folgenden soll dies am Beispiel der *vegetativen* Vermehrung geschehen.

In der höher organisierten Tierwelt führt der Verlust eines gewachsenen Körperteils zu dessen Absterben. Bei den Pflanzen – und übrigens auch bei manchen niederen Tieren – muss dies nicht der Fall sein. Dank dem Prinzip der vegetativen Vermehrung lässt sich bei der Flora die pflanzliche Kapazität nahezu beliebig erweitern. Praktisch äussert sich dies in der fast unbegrenzten Möglichkeit, Pflanzen durch *Stecklinge* (*Abbildung 29*), *Aufpfropfen* (*Abbildung 30*) oder *Ausläufer* (*Abbildung 31*) zu vermehren oder sie zu beschneiden. Letzteres kann sich auf natürliche Weise ereignen, indem sich von einer Mutterpflanze aus ein langer Trieb zum Boden hinunterbiegt, sich in der Erde verwurzelt und dann in der Lage ist, eigenständig weiterzuwachsen, selbst wenn der ursprüngliche Ableger von der Mutterpflanze zur Tochterpflanze getrennt wird.



# Die vegetative Vermehrung

DAS PRINZIP DER UNGESCHLECHTLICHEN FORTPFLANZUNG

## Die Individualität ist nicht nur genetisch bestimmt

Die vegetative Vermehrung führt zu neuen Lebewesen, die, abgesehen von möglichen Mutationen, mit der Elternpflanze genetisch *identisch* sind. Daher ist bei Pflanzen das vertiefte Erkennen der Individualität auf Basis von genetischen Methoden nicht möglich. Diese Unschärfe des Erkennens von Individualität hat dazu geführt, dass man verwirrenderweise von *Klonen* spricht oder sogar das Denkmodell in Erwägung zieht, dass Pflanzen als genetische Individuen potenziell unsterblich seien. Bei dieser ganz auf die Materie reduzierten Sichtweise kommt die Wertschätzung gegenüber dem, was das Leben wirklich ausmacht, nämlich die seelische Komponente, zu kurz. Ist nicht vielmehr davon auszugehen, dass es sich selbst bei genetisch gleichen Pflanzen *dennoch* um verschiedene Individuen handelt? Wenn aus einer Pflanze mehrere genetisch gleiche Stecklinge gewonnen und diese an ganz verschiedenen Standorten grossgezogen werden, handelt es sich doch bei jedem Steckling um ein *einzigartiges* Lebewesen, das sich schon rein äusserlich vom andern unterscheidet. Wohl sind die Stecklinge vom genetischen Standpunkt aus gleich, aber das im Inneren verankerte Leben zeigt Unterschiede, denn dieser Kraft entspringt das Wachstum, die äussere Form, das Erscheinungsbild, und dieses ist ja nie gleich. So gesehen, bleiben



29: Einsetzen von Zuckerrohrstecklingen



30: Mispelstrunk (Obstgewächs) mit vier aufgepfropften Reisern

Merkmale von Individualität alleine schon durch die verschiedenartige äussere Erscheinung stets gewahrt.

Beginnt nun beispielsweise ein Steckling durch vegetative Vermehrung zu wachsen, so erweitert sich sein modularer Aufbau, wobei anzunehmen ist, dass einzelne Module von Pflanzen nicht beliebig teilbar sind, denn jeder Steckling braucht in der Regel eine gewisse Grösse, damit seine weitere Existenz sichergestellt bleibt. Die Erkenntnis des modularen Aufbaus von Pflanzen wäre somit in Übereinstimmung mit dem Begriff Individuum, der sich von dem lateinischen Adjektiv *individuus* herleitet, was *untrennbar* oder *unteilbar* bedeutet, und dem Substantiv *individuum* als das Unteilbare, das *Einzelwesen*. Interessanterweise kommt auch der *Seele* das unteilbare Element zu. Ist der modulare Aufbau bei Pflanzen ein Bild für die seelische Bestimmung des Lebendigen? Allerdings ist dieser modulare Aufbau in der Natur nicht immer offensichtlich erkennbar.



31: Erdbeerausläufer um kreisförmige Pflanze

Die einzelnen Individuen können *miteinander zu einem* Pflanzenkörper verwachsen sein.

Wir möchten dieses Problem am Beispiel des Aufpfropfens eines Pflanzenteils einer andern Art veranschaulichen, wobei darauf hingewiesen werden muss, dass es sich hierbei um einen künstlichen Eingriff handelt, der dafür den modularen Aufbau der Pflanze umso besser aufzeigt. Es handelt sich dabei um zwei Kakteen, die miteinander verbunden werden (*vgl. Abbildungen 32–43*): um einen *Feigenkactus-Steckling*, der aus einem Langtrieb gewonnen wurde, und ein *Sternkactus-Reis*, das dem Feigenkactus-Steckling aufgepfropft wird und



# Individuen verwachsen zusammen

AM BEISPIEL ZWEIER UNTERSCHIEDLICHER KAKTUSARTEN



späterblühensoll. Zumeigentlichen Vorgang: Ein junger Langtrieb eines Feigenkaktus (32) wird in Teile zerschnitten (33); die beiden grösseren (A und B) ergeben Stecklinge. Von Jungpflanzen einer kultivierten Art der Gattung der Sternkakteen (34) wird einem die Wurzelbasis weggeschnitten (35). Den oberen Teil drückt man als Reis auf einen der beiden Feigenkaktus-Stecklinge (36) und dreht ihn (37), um vorhandene Luft aus der Kontaktzone zu entfernen. Obwohl der Saft des Feigenkaktus klebrig ist (38), werden die beiden zusammengefügte Teile noch mit einem Gummiband fixiert (39) und in einem dunklen, warmen Raum während etwa zehn Tagen aufbewahrt (40). Danach wird die zusammengesetzte Pflanze in Erde eingesetzt (41), bewässert (42) und einige Tage vorübergehend an einen schattigen Platz gestellt. Die Kakteen verwachsen miteinander, und nach vier Monaten zeigt sich die erste Blüte (43).

Das genannte Beispiel ist sehr hilfreich, um den modularen Aufbau besser zu verstehen, und führt zu einer ganz zentralen Erkenntnis: Was zusammen verwachsen ist, ist im strengen Sinne nicht *eins*,

sondern es handelt sich um *Einzelnes*, das in Abhängigkeit zueinander gebunden ist. Vielleicht lässt sich am Beispiel des Wachsens und Gedeihens in der Natur erahnen, dass es sich da um sehr viel Leben handeln muss – es ist im Einklang mit den Jahreszeiten ein stetiges Kommen und Gehen. Die Erkenntnis, dass Pflanzen und Gesteine modular aufgebaut sind und diesen einzelnen Modulen Individualität zukommt, die ganz verschiedene Organisationsgrade aufweisen können, führt zu einer erheblich differenzierteren Vorstellung von ganz neuen Grössenordnungen von Individuen, die die Erde bevölkern. Und diese Grössenordnungen werden immer grösser: Man denke nur an die unzähligen Lebewesen, die in den letzten Jahren in der Tiefsee ausgemacht werden konnten. Aus Sicht der hohen Philosophie dürfte es sich hierbei um Leben handeln, das sich aufwärts entwickelt, wie es Sokrates sinngemäss beschreibt, und zwar vom »unterirdischen Aufenthalt an den Tag und dort auf die Tiere und Pflanzen selbst«. Interessanterweise sind Erkenntnisse der Wissenschaft äusserst dienstbar, um diesen philosophischen Sachverhalt

besser verstehen zu können – doch darf man sich von gängigen Lehrmeinungen nicht irritieren lassen, die für eine derart umfassende Sichtweise schlicht und einfach kein Verständnis aufbringen. ☹

## Bildquellen

S. 5 o., 7 (3 und 4), 8 Mitte, 9 Mitte o. li. sowie re. und u. Mitte: pdphoto.org. S. 7 (1 und 2), 9 Mitte re., 11 li. o. sowie Mitte, 14 li. u., 15 u. re. und 17 li.: Corbis. S. 7 (Bild 5; U. Dalgali), 8/9 Mitte u. (G. Waloszek) und 9 Mitte re. (H. J. Zuber): visipix.com. S. 8 Mitte o., 8/9 o., 9 o. re., Mitte o., Mitte ganz li., u. li., u. Mitte o., u. re., 12 li. sowie u. und 13 Mitte u.: morguefile.com. S. 9 Mitte li. und 10 li.: NOAA. S. 10 Mitte und re. o., 13 re., 14 li. o. sowie re. und 15 o. re.: SPL/Focus. S. 10 u.: AWI Bremerhaven. S. 11 re. o.: SeaPics.com. S. 10 re. u., 11 li. u. und re. u.: HBOI. S. 13 li.: minerslunchbox.com. S. 13 Mitte o.: USGS. S. 16: S. Ingold. S. 17 re. o.: hawaiiifruit.net. S. 18: cactus-art.biz. Übrige Bilder: ABZ-Bildarchiv.

## Literatur

Neil A. Campbell, Biologie, Heidelberg 2000. Rupert Hochleitner, Fotoatlas der Mineralien und Gesteine, München 1981. Wolfgang Briese, Eigenschaften von Schwing Quarzen, in: Bernd Neubig und Wolfgang Briese, Das Grosse Quarzkochbuch, Feldkirchen 1997. Martin Okrusch und Siegfried Matthes, Mineralogie – Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde, Berlin 2005. Mathias Schulenburg, Kristallographie in Deutschland, Köln 2002 (Internetversion). Steven M. Stanley, Historische Geologie, Heidelberg 2001. Jürg Stöcklin, Moderne Konzepte in der Biologie zum Wesen von Pflanzen und ihrer Unterscheidung von Tieren, Basel 2004 (Internetversion).