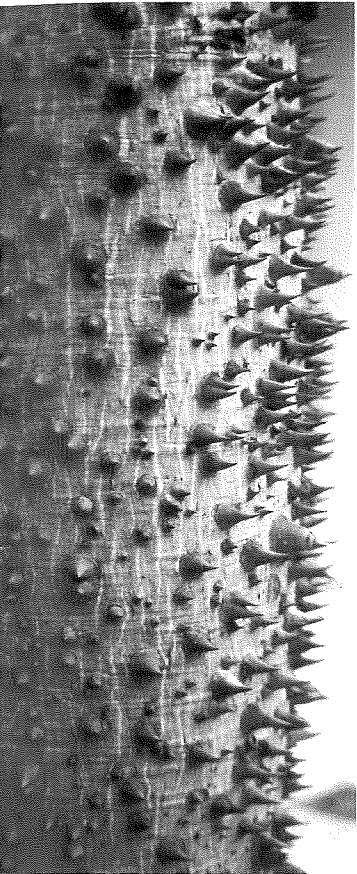


Konvergente Entwicklungen

Beat Akeret und Urs Eggli



Alle Umweltbedingungen erfordern von den Tieren und Pflanzen entsprechende Anpassungen, um das erfolgreiche Überleben und die Fortpflanzung zu sichern. Extreme Umweltbedingungen z.B. in Trockengebieten, Heidelandschaften oder im Regenwald, erfordern spezialisierte Anpassungen. Häufig kann festgestellt werden, dass bei gleichen Umweltbedingungen verschiedene Tiere und Pflanzen jeweils ähnliche oder gleiche "Antworten" geben, also ähnliche Anpassungen entwickelt haben. Sol-

che Parallelentwicklungen werden als **Konvergenz** bezeichnet. Einige Beispiele bei Reptilien und Sukkulente werden in den folgenden Abschnitten etwas genauer vorgestellt.

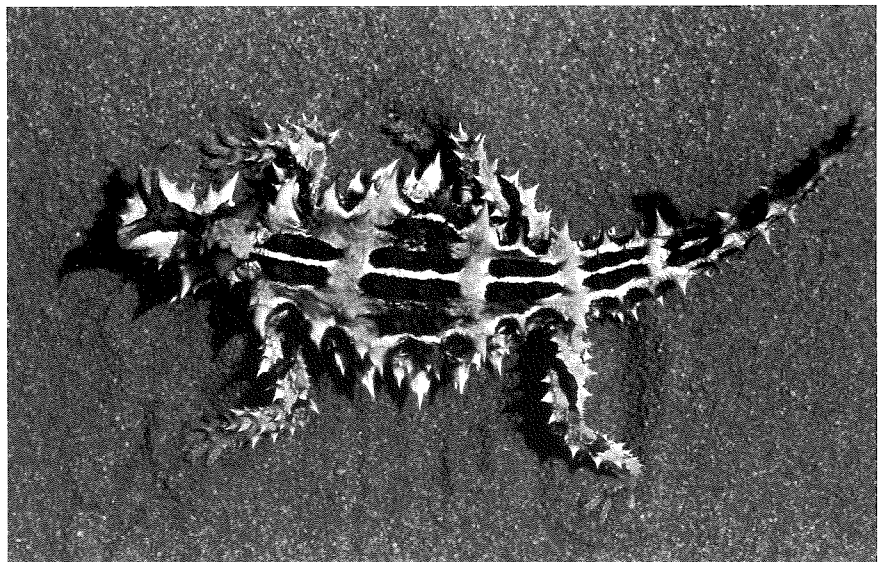
Aus dem soeben Gesagten darf aber nicht entnommen werden, dass identische Umweltbedingungen immer eine identische Antwort in Bezug auf Anpassungsstrategien ergeben. Ganz im Gegenteil: Pflanzen wie Tiere haben auf identische "Fragen" (also ähnliche Umweltbedingungen) ganz verschiedene "Antworten" (Anpassungen) entwickelt. In keinem Fall gibt es so etwas wie einen "einzig richtigen Weg" zum Überleben. Ein Blick in die unterschiedlichsten Gegenden der Erde zeigt eine Vielfalt verschiedenster Anpassungsmöglichkeiten an die Trockenheit. Diese Vielzahl ist auch verantwortlich für die vielen Arten und Formen – sowohl bei Sukkulente als auch bei Amphibien und Reptilien.

Konvergente Entwicklungen bei Reptilien

Auf Grund der weltweiten Verbreitung der Amphibien und Reptilien in den verschiedensten Lebensräumen, findet man bei diesen Tieren eine ganze Reihe von konvergenten Entwicklungen. Eines der bekanntesten Beispiele sind der Grüne Baumpython (*Morelia viridis*) aus den Regenwäldern Neuguineas sowie einiger umliegender Inseln und Nordaustralien und die ebenfalls grüne Hundskopfoboa (*Corallus caninus*) aus den südamerikanischen Regenwäldern. Beide Arten haben sich mit ihrer grünen Färbung hervorragend an ihre Umgebung angepasst und sind im dichten Laubwerk nur schwer auszumachen. Erstaunlicherweise sind bei beiden Arten die Jungtiere zunächst gelb oder rostrot gefärbt und werden erst nach einiger Zeit grün wie die erwachsenen Tiere. Neben der Körperfärbung besitzen beide Schlangen aber noch eine Reihe weiterer Gemeinsamkeiten. So fressen z.B. beide Arten Vögel, welche sie aus dem Flug erbeuten wenn sie an ihnen vorbeifliegen. Damit die Vögel nicht entkommen können, haben sowohl der Baumpython als auch die Hundskopfoboa lange, nach hinten gerichtete Zähne. Als weitere Gemeinsamkeit liegen beide Arten in einer für Schlan-

Linke Spalte:
Wer in Trockengebieten saftig und wohlschmeckend ist, der muss sich schützen so wie dieser *Bombax* aus Afrika.
(Foto B. Akeret)

Eine Reihe von Reptilien, wie der australische Dorn-teufel (*Moloch horridus*), schützen sich, wie viele Sukkulente, durch grosse Dornen vor Frassfeinden.
(Foto A. Ochsenbein)





gen unüblichen Art auf den Ästen ihres Lebensraumes. Sie lassen dabei ihren Körper in Schlingen jeweils abwechselnd links und rechts über den Ast hängen und legen den Kopf dann in die Mitte der Körperschlingen.

Haftlamellen an den Füßen

Um auf glatten Blättern einen sicheren Halt zu finden, besitzt dieser Taggecko (*Phelsuma ornata*, oben) aus Mauritius und der Saumfingerleguan *Anolis oculatus cabritensis* (rechts) von der Insel Dominica in der Karibik besondere Haftvorrichtungen an der Unterseite der Zehen.

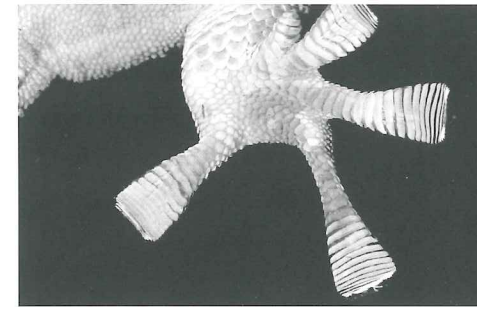
(Fotos B. Akeret)

Legende siehe rechte Seite.

Eine der bemerkenswertesten konvergenten Anpassungen an besondere Gegebenheiten des Lebensraumes sind Haftlamellen, welche man bei vielen Geckos (Bilder links oben und S. 33) und den Saumfingerleguanen (*Norops*, *Anolis*, Bild rechts oben) findet. Viele Arten dieser beiden Echsengruppen leben auf glatten Oberflächen wie Blättern, Stämmen und Felsen. Insbesondere Blätter mit dicker Cuticula wie sie im Regenwald, aber auch bei vielen Sukkulenten vorkommen, bieten für krallenbewehrte Zehen kaum Halt. Die Tiere würden hier abrutschen und zu Boden fallen. Sowohl die Geckos als auch die Saumfingerleguane haben nun im Laufe ihrer



Entwicklung ihre Zehen verbreitert und auf der Unterseite besondere Haftlamellen (Bild S. 33) entwickelt. Hierzu haben sie die Schuppen auf der Unterseite der Zehen (Subdigitalschuppen) mit winzigen Haftborsten ausgestattet. Es handelt sich bei diesen Borsten um winzig kleine, im Durchmesser weniger als 1-5 µm (tausendstel Millimeter) messende, haarähnliche Strukturen (Setae). Bei vielen Geckoarten sind diese Setae verzweigt und enden tellerförmig. Die Haftwirkung beruht physikalisch auf Adhäsion. Details zu diesen Strukturen sind bei Ruibal & Ernst (1965) und bei Ernst & Ruibal (1966) zu finden. Damit die Zehen ihre verbreiterte Form behalten, besitzen die Geckos kleine Knochen in den Zehen, welche diese stabilisieren. Die Haftlamellen selbst werden mit Hilfe spezieller Muskeln und Sehnen von der Unterlage gelöst (Russell 1976). Aktiviert sind die Haftborsten leicht S-förmig gebogen. Um die Zehen von der Unterlage zu lösen, werden die Setae mit Hilfe der Muskeln aufgerollt. Erst wenn alle Zehen eines Fusses von der Unterlage gelöst sind, wird dieser bewegt.



Die Geckos wie auch die Saumfingerleguane können sich mit Hilfe der Haftlamellen nicht bloss auf glatten Blättern oder den glatten Stämmen von Stammsukkulenten wie Kakteen oder Euphorbien sehr geschickt und schnell bewegen. Viele Arten sind sogar in der Lage, sich an Glasscheiben festzuhalten und im Terrarium kommt es nicht selten vor, dass die Tiere an der Unterseite des Glasdeckels Jagd auf fliegende Insekten machen.

Leben im losen Wüstensand

Wie bereits im Kapitel „Anpassungen von Reptilien an das Leben in Trockengebieten“ erwähnt, haben sich manche Reptilien hervorragend an das Leben im losen Sand angepasst. So wurde die Fähigkeit zum Seitenwinden von diversen Wüstenschlangen aus unterschiedlichen systematischen Gruppen in weit auseinanderliegenden Sandwüsten unabhängig voneinander entwickelt. Zwei solche konvergente Schlangen wurden mit der Seitenwinderklapperschlange (*Crotalus cerastes*, Fam. Grubenottern, Bild rechts) aus der Sonora-Wüste sowie der Hornvipere (*Cerastes cerastes*; Fam. Ottern, Bild rechts unten) aus Nordafrika und dem Nahen Osten bereits vorgestellt. Weitere seitenwindende Arten aus der Familie der Ottern sind die Avicennaviper (*C. vipera*, Bilder S. 30) aus der nordwestlichen Sahara sowie die Macmahon-Viper (*Eristicophis macmahoni*) und die Falsche Hornvipere (*Pseudocerastes persicus*) aus dem Nahen Osten. Eine vierte Gruppe seitenwindender Ottern bewohnt die sandigen Gebiete im Südwesten Afrikas. Es sind dies verschiedene Zwergpuffottern aus der Gattung *Bitis* (Bild S. 34).

Ein weiteres Konvergenzbeispiel liefern die bereits erwähnte Avicennaviper (*Cerastes vipera*) aus der Sahara und die Peringueyi-Zwergpuffotter (*Bitis peringueyi*, Bild S. 34) aus der Namib-Wüste in Südwestafrika. Beide Arten graben sich am Tage in den losen Wüstensand ein

und lauern hier auf Beute – kleine, bodenbewohnende Echsen. Um sich nun möglichst weit einzugraben und trotzdem die Umgebung ungehindert beobachten zu können, haben beide Arten ihre Augen nicht seitlich, wie die meisten anderen Schlangen, sondern auf der Kopfoberseite (Bild S. 34).

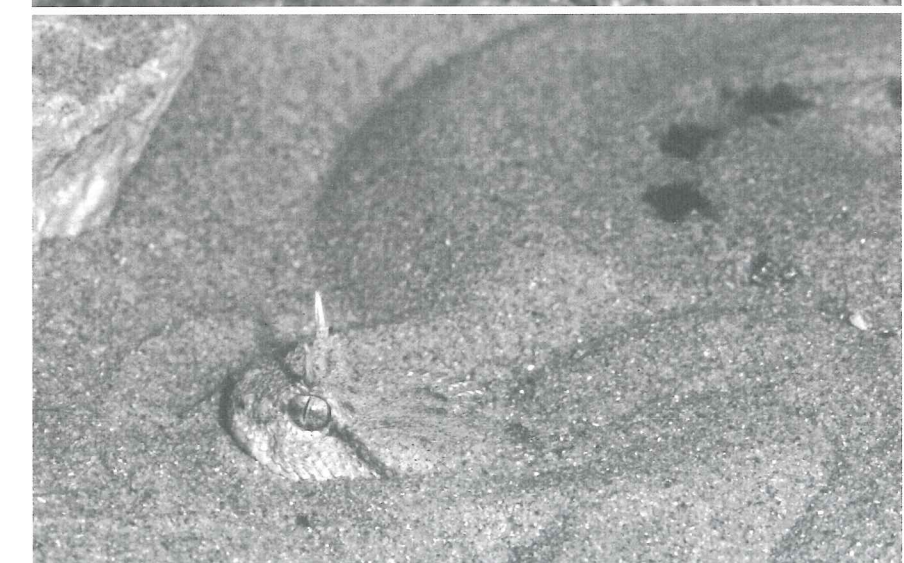
Konvergente Entwicklungen bei Sukkulenten

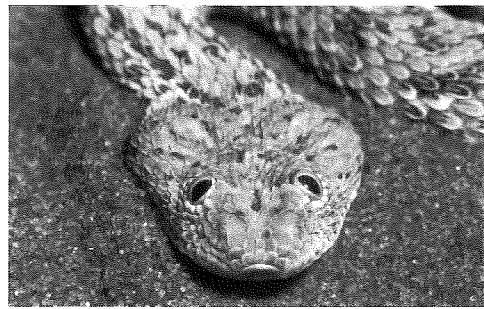
Die Kakteenform

Ein Paradebeispiel einer konvergenten Entwicklung bei den Sukkulenten ist die Kakteenform: "Kaktus"-artig sehen nämlich nicht nur Kakteen aus, sondern auch zahlreiche Sukkulenten aus botanisch ganz anderen Verwandtschaftskreisen – auf Grund dieser oberflächlichen Ähnlichkeit im Körperbau werden viele dieser Pflanzen vom Volksmund auch ohne Unterschied als Kakteen bezeichnet.

An der Unterseite der Zehen haben viele Geckos besondere Haftlamellen, so wie links ein Madagaskar-Taggecko (*Phelsuma madagascariensis grandis*). (Foto B. Akeret)

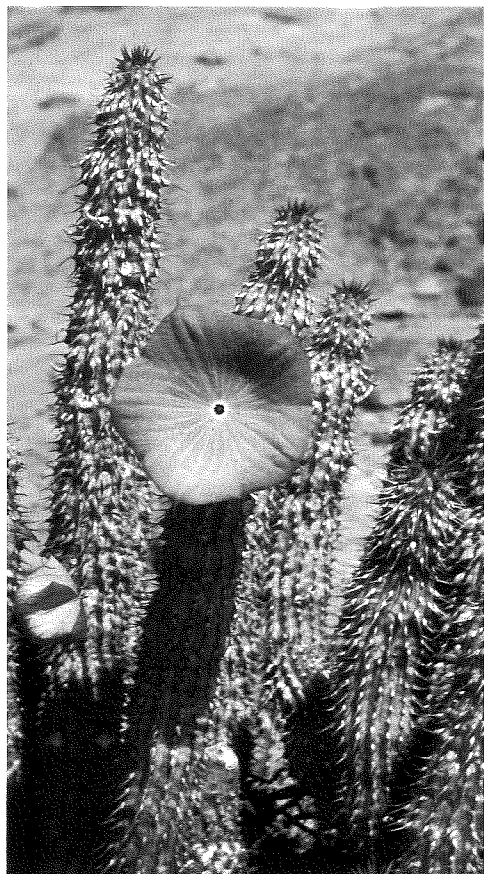
Unten und linke Seite: Der violettblühende *Echinocereus engelmannii* (S. 32 oben) und die Seitenwinderklapperschlange (*Crotalus cerastes*, S. 33 oben) aus Nordamerika haben in der Sahara mit *Euphorbia echinus* (S. 32 unten) und der Hornvipere (*Cerastes cerastes*, S. 33 unten) je ein konvergentes Gegenstück in Nordafrika. (Fotos B. Akeret & U. Egli)





Peringueyi-Zwergpuffottern (Bitis peringueyi) graben sich in der Namib-Wüste in den losen Sand ein. Um trotzdem das Geschehen über der Sandoberfläche beobachten zu können, sitzen die Augen auf der Kopfoberseite.
(Foto B. Akeret)

Auf den ersten Blick kann man die aus Südafrika stammende und zur Familie der Seidenpflanzen gehörende Hoodia currorii ohne Blüten leicht mit einem Kaktus verwechseln.
(Foto D. Supthut)



Besonders häufig kommt die Kakteenform bei den Wolfsmilch-Gewächsen in der Gattung *Euphorbia* (Bilder S. 9, 32 und unten rechts) in Afrika vor. Sämtliche auch bei den Kakteen vorkommenden Wuchsformen treten auf, also Säulen, Bäume mit verzweigten Kronen, Sträucher, grössere und kleinere Einzelkugeln sowie

Polster aus zahlreichen, dicht gedrängten Köpfchen. Typisch für die Kakteenform ist das Fehlen von flächigen Laubblättern, die grüne Trieb-oberfläche, sowie die oft stark ausgebildete Bedornung. Besonders auffallende Parallelen zwischen Euphorbien und Kakteen gibt es viele.

Kakteenähnliche Pflanzenformen finden sich aber auch bei einzelnen Arten aus anderen Familien, z.B. bei der Madagaskarpalme und Verwandten (Gattung *Pachypodium*, Fam. Hundsgift-Gewächse, Bilder S. 43), einigen Arten der Gattung *Adenia* (Familie der Passionsblumen-Gewächse), Arten von *Hoodia* (Familie der Seidenpflanzen-Gewächse, Bild unten links) und zahlreichen weiteren.

Ein schönes "Paar" zur Illustration dieser Konvergenz ist *Echinocereus engelmannii* (Bild S.

32; Südstaaten der USA und angrenzendes Mexiko) und *Euphorbia echinus* (Bild S. 32: Atlasgebirge in Marokko). Ein Parallellfall aus den gleichen beiden Regionen sind die bereits erwähnten Seitenwinder-Klapperschlangen (*Crotalus cerastes*, Bild S. 33) aus Amerika und die Hornvipern (*Cerastes cerastes*, Bild S. 33) aus Nordafrika.

Ein weiteres sehr auffällig konvergent entwickeltes Paar ist der Kaktus *Astrophytum asterias* (Bild rechts) aus Mexiko und Texas einerseits und die Wolfsmilch *Euphorbia obesa* (Bild rechts) und weitere Arten aus Südafrika. Konvergente Entwicklungen können aber wesentlich mehr als nur das oberflächliche Aussehen betreffen. Bei den wenig sukkulenten *Peniocereus striatus* und *Euphorbia cryptospinosa* gehen die Gemeinsam-

keiten so weit, dass bis zur Feinstruktur des Baus der Oberhaut sowie der Schrumpfungprozesse bei Trockenheit fast völlige Übereinstimmung herrscht (Felger & Henrickson 1998). Die beiden Arten sind ohne Knospen, Blüten oder Früchte wirklich nicht einfach zu unterscheiden.

Dornen

Die Bildung von Dornen ist bei Sukkulente häufig und kann ebenfalls als Konvergenz betrachtet werden. Welche Vorteile die Dornen den Pflanzen bringen, ist allerdings umstritten: Dornen können offensichtlich sowohl bei Sukkulente als auch bei Reptilien der Abwehr von Frassfeinden dienen. Daneben sind sie aber auch für die Beschattung der Pflanzen von Bedeutung. Denn durch das oft dichte Gewirr entsteht unmittelbar über der Oberhaut ein einigermaßen windstiller Raum, was die Verdunstung herabsetzen kann. Schliesslich könnte der Hauptzweck der oft hell gefärbten Dornen (z.B. *Mammillaria*

Der Kaktus Astrophytum asterias (unten) aus Mexiko und Texas und das afrikanische Wolfsmilch-Gewächs Euphorbia obesa (ganz unten) ähneln einander sehr stark. Erst wenn die Pflanzen blühen, wird die unterschiedliche Familienzugehörigkeit auf Grund des vollständig unterschiedlichen Blütenbaus deutlich. (Fotos A. Anderson & D. Prichard)



gracilis, Bild rechts) auch darin liegen, möglichst viel Licht zu reflektieren und damit die Pflanze vor Sonnenlichtschäden zu bewahren.

Möglicherweise ist der Hauptzweck der Dornen aber ein anderer: An den Dornen kondensiert das in der Luft (Nebel) enthaltene Wasser und kann zu Boden tropfen, wo es von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird. Dornen können also auch als "Instrumente" zur Kondensationsförderung interpretiert werden, was eine interessante Parallele zu den Körperstrukturen des Dornenteufels (*Moloch horridus*, Bilder S. 28-29 und 31) aus den zentralaustralischen Wüstengebieten darstellt.

Bei vielen Echsen haben Dornen oft noch eine ganz andere Aufgabe. Sie dienen der Sexualstimulation und bei der Kommunikation zwischen verschiedenen Individuen derselben Art. Oft besitzen die Männchen besonders auffällige Dornen. Offenbar lassen sich die Weibchen von möglichst imposanten Dornen beeindrucken und rivalisierende Männchen werden eingeschüchtert, so dass Individuen mit grossen Dornen einen Paarungsvorteil besitzen. Grosse Dornen werden dadurch in der Evolution durch Selektion wahrscheinlich gefördert.

Rübenwurzeln

Auch Rübenwurzeln kennt man als konvergente Entwicklung bei zahlreichen Sukkulente aus allen möglichen Verwandtschaftskreisen. Es liegt auch auf der Hand, dass eine dicke, kräftige Wurzelrübe als Wasserspeicher hervorragend geeignet und im Boden bestens vor Frassfeinden geschützt ist. Die Konvergenz geht hier allerdings noch etwas weiter, und vor allem bei den Kakteen gibt es zahlreiche Arten, bei welchen unterirdische Triebstücke das Aussehen einer Wurzelrübe angenommen haben, z.B. bei den mexikanischen *Ariocarpus*-Arten (Bild rechts), oder in den südamerikanischen Anden bei *Rebutia*-Arten. Eine ähnliche Entwicklung finden wir auch bei den sukkulenten Euphorbien, z.B. bei den Medusenhaupt-Euphorbien *Euphorbia caput-medusae*, *E. gorgonis*, etc.

Fensterblätter

Eine besondere Anpassung an das Leben in Trockengebieten stellen die sogenannten Fens-

terblätter dar. Die Paradebeispiele sind ohne Zweifel die Lebenden Steine, also die Arten der Gattung *Lithops* (Bild unten rechts). Die Pflänzchen bestehen pro Trieb nur aus einem einzigen, fast völlig verwachsenen und am Ende flach gestutzten Blattpaar, das zudem "bis zu den Schultern" im Boden steckt. Licht kann nur durch die transparente Fensterfläche am Blattende eindringen und beleuchtet dann das Blatt gewissermassen von Innen.

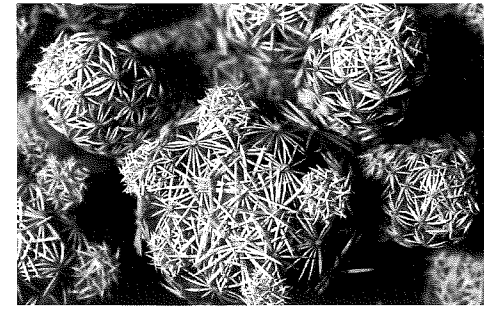
Ähnliche Fensterblätter haben sich auch beim südafrikanischen *Aloe*-Gewächs *Haworthia truncata* und einigen verwandten Arten entwickelt, also in einer systematisch völlig anderen Verwandtschaft.

Somatolyse und Crypsis

Viele Sukkulente stellen mit ihren saftigen Wasserspeichern in den Trockengebieten für herbivore Tiere im wahrsten Sinne des Wortes "gefundenes Fressen" dar. Sich dagegen zu wehren, ist – nicht nur für die Sukkulente – von grosser Wichtigkeit, denn der Verlust des Wasserspeichers verunmöglicht ein Überleben der Trockenzeit, und der Verlust der grünen Blattmasse behindert die Photosynthese und damit das Wachstum. Neben chemischen Abwehrmitteln ("ungeiessbare" Inhaltsstoffe, Gifte) wurden Dornen als mögliche Abwehrwaffe gegen Frassfeinde bereits vorgestellt.

Eine weitere Strategie gegen das Gefressenwerden ist – wie bei Tieren – sich möglichst unsichtbar zu machen. Die soeben vorgestellten Fensterpflanzen gehen diesen Weg. Was die Lebenden Steine mit ihrer Musterung vollbringen, findet sich bei zahlreichen anderen Pflanzen, aber auch bei vielen Amphibien und Reptilien wieder: Somatolyse und Crypsis.

– Der Begriff **Crypsis** bezeichnet die gestaltmässige Angleichung der Pflanzen und Tiere an die unbelebte Umwelt, z.B. also das kieselsteinähnliche Aussehen der Lebenden Steine, mancher Dickblatt-Gewächse (z.B. *Crassula deceptor*,



Dieser Warzenkaktus Mammillaria gracilis schützt sich durch die dichte Bedornung vor starker Sonneneinstrahlung. (Foto B. Akeret)



Eine ganze Reihe von Sukkulente, wie dieser Ariocarpus fissuratus, speichern Wasser in einer stark verdickten Rübenwurzel.
(Foto U. Eggli)

Viele Lebende Steine (Lithops sp.) besitzen spezielle Blätter mit transparenten Fenstern, durch welche das Sonnenlicht in die im Boden eingesenkten Blätter dringen kann.
(Foto B. Akeret)





Dieses Dickblatt-Gewächs (*Crassula deceptor*) aus Südafrika ist ein typisches Beispiel für Crypsis bei Sukkulente. Die Pflanze besitzt dieselbe Gestalt und Färbung wie die Kieselsteine um sie herum. (Foto D. Supthut)

Bild oben links) oder die blatt-, flechten- oder moospolsterartige Zeichnung und Gestalt mancher Frösche.

Der Begriff **Somatolyse** hingegen beschreibt eine Möglichkeit, diese Angleichung fertig zu bringen. Nämlich durch das Auflösen der Körperumrisse (Gr. "soma" = Körper; Gr. "lysis" = Auflösung). Wenn die Körperumrisse nicht mehr als solche wahrgenommen werden, verschwindet das Objekt gewissermassen aus dem Blickfeld. Viele Sukkulente, Amphibien und Reptilien erreichen dies mit einer Körperzeichnung, welche keinen Zusammenhang mit der Körperform besitzt. Es handelt sich dabei um eine Tarnfärbung.

Crypsis bzw. Somatolyse ist bei Sukkulente recht verbreitet. Neben den Lebenden Steinen und ihren Verwandten ist im südlichen Afrika die Gattung *Avonia* (früher ein Teil von *Anacampseros*) ein schönes Beispiel. Die winzigen Pflanzentriebe ähneln in ihrem Aussehen vertrocknetem Vogelkot und Quarzkiesel. Auch bei den Kakteen gibt es zahlreiche Beispiele, z.B. die Arten der Gattung *Ariocarpus* (Bild S. 35), die im Englischen teilweise "Living Rock Cactus" ("Lebender Felsenkaktus") genannt werden. Aber auch unter den Opuntien in Südamerika (z.B. *Opuntia clavarioides* in Argentinien) oder den Kugelkakteen Chiles (z.B. Arten der Gattungen *Eriosyce* und *Copiapoa*, Bild S. 37) gibt es derartig hoch angepasste Formen, die nur während der Blütezeit einigermaßen auffällig sind.

Auch manche Reptilien verschmelzen durch farbliche Anpassung an ihre Umgebung und das Auflösen der Körperumrisse nahezu vollständig mit ihrem Habitat. Ein Beispiel sind die Blattschwanzgeckos (*Phyllurus*, Bild rechts, aus Australien und *Uroplatus* aus Madagaskar).

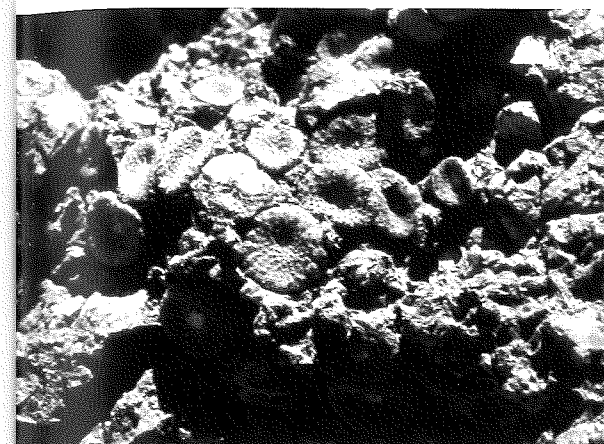
Besonders eindruckliche Fälle von Crypsis finden sich bei vielen Baumschlangen. Diese häufig sehr schlanken und langen Tiere gleichen bereits auf Grund der Körperform äusserst stark den Ästen, auf denen sie leben. Viele Arten haben diese Ähnlichkeit aber durch besondere

Körperfarben und Kopfformen noch beträchtlich gesteigert. So ist z.B. bei den drei Arten der madagassischen Blattnasennattern (*Langaha alaudia*, *L. nasuta*, Bild S. 37 und *L. pseudoalaudia*) der ausgesprochen schlanke Rumpf durch eine unregelmässig braune Färbung dermassen getarnt, dass er mit der Umgebung förmlich verschmilzt. Als Besonderheit tragen die Blattnasennattern zusätzlich noch stark verlängerte und zuweilen ausgefranzte Nasenfortsätze, deren Funktion bisher noch nicht bekannt ist. Vielleicht helfen diese Fortsätze aber, die Umrisse des Kopfes zu verfremden und die Schlange im dichten, krautigen Unterwuchs der Wälder Madagaskars noch besser zu tarnen.

Ähnliche Nasenfortsätze kennt man auch von anderen baumbewohnenden Schlangen. So besitzt z.B. die Langnasenstrauchnatter (*Philodryas baroni*, Bild S. 37) aus den Trocken- und



Der breite, flache Schwanz, die unregelmässige Körperform und die sandsteinartig Körperfärbung lassen den australischen Blattschwanzgecko (*Phyllurus salebrosus*) optisch mit dem Untergrund verschmelzen. (Foto B. Akeret)



Galeriewäldern des südamerikanischen Chaco eine stark verlängerte Nase. Diese ist zwar nicht so lang und so ungewöhnlich geformt wie bei den Blattnasennattern aus Madagaskar. Dennoch wird dadurch die Kopfform verfremdet, und die grüne, schlanke Schlange ist im Blattwerk hervorragend getarnt.

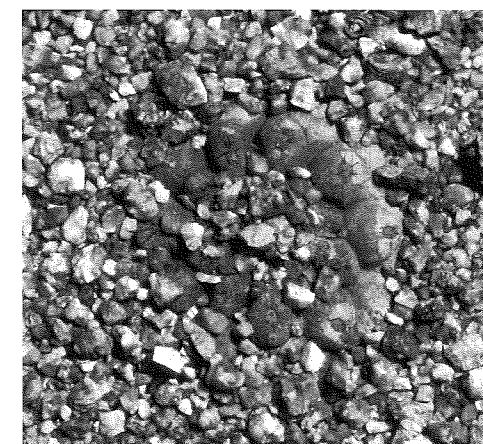
Eine weitere Reptiliengruppe mit teilweise hervorragender Anpassung an die Umgebung sind die Chamäleons. Durch die meist braune oder grüne Färbung verschwinden die Tiere im dichten Pflanzenbewuchs. Eine Reihe von Arten haben aber die Crypsis und Somatolyse durch besondere Körperformen und -färbungen noch erheblich gesteigert. So besitzt z.B. das bis 9 cm lange Somali-Zwergchamäleon (*Rhampholeon kerstenii*) aus den Busch- und Grassavannen in Ostafrika auf hellbraunem Untergrund dunklere, graubraune Längsstreifen. Sitzen diese kleinen Echsen zwischen Grashalmen, so sind sie für einen möglichen Feind nahezu unsichtbar. Eine andere Chamäleongruppe mit starker Anpassung der Körperformen und -farben an die Umgebung sind die Stummelschwanz-Chamäleons wie z.B. *Brookesia stumpffi* (Bild S. 38), *B. perarmata* oder *B. bonisi* aus den Trockenwäldern im Westen von Madagaskar. Alle Arten dieser zumeist bodenbewohnenden Gattung (Ausnahme z.B. *Brookesia ebenau*, Necas 1999) sind klein und braun. Von oben betrachtet sehen sie aus wie dürre, braune Blätter.

Die Chamäleons passen sich durch Farbänderungen nicht, wie oft behauptet wird, an ihre Umgebung an. Dieser Farbwechsel wird vielmehr durch verschiedene innere und äussere Faktoren wie Temperatur, Licht, Feuchtigkeit, Jahres- und Tageszeit sowie Stimmungen und Gesund-

heitszustand beeinflusst (Necas 1999). So können sich manche Chamäleons im wahrsten Sinn des Wortes schwarz ärgern. Viele Arten drohen mit speziellen Körperfarben einem Rivalen oder signalisieren eine Paarungsbereitschaft mit Farben.

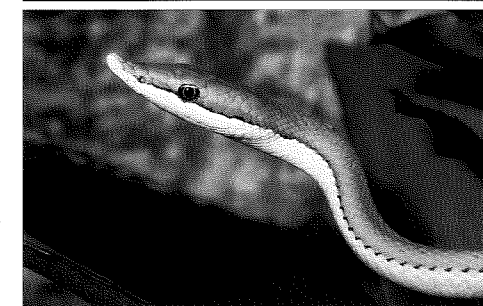
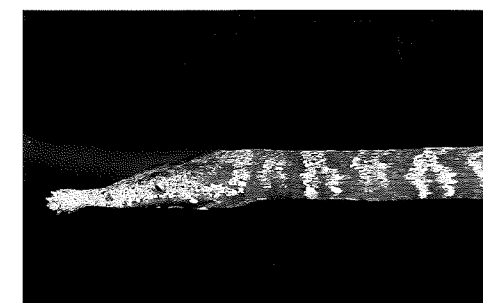
Auch bei den bodenbewohnenden Reptilien tarnen sich viele Arten durch Crypsis und Somatolyse. Die in den afrikanischen Trockengebieten weit verbreitete und auf den ersten Blick recht bunt erscheinende Puffotter (*Bitis arietans*, Bild S. 38) besitzt eine Zeichnung, die sie im Gras oder zwischen trockenen Blättern fast vollständig verschwinden lässt. Die regelmässigen hellen und dunklen Muster wirken wie Licht- und Schattenflecken der durch die Blätter scheinenden Sonne. Ein vergleichbares Muster besitzt auch die Madagaskarboa (*Acrantophis*, Bild S. 50). Die Tiere verstecken sich im trockenen Süden und Südwesten von Madagaskar in der Laubschicht der Trockenwälder und sind hier durch die unregelmässigen braunen und grauen Flecken hervorragend getarnt.

Die längsovalen, ausgesprochen flachen Krötenechsen (*Phrynosoma*, Bild S. 27) stellen ein weiteres Beispiel für Crypsis und Somatolyse bei Reptilien dar. Die Dornen an den Körperseiten und am Schwanz verwischen die Körperumrisse dieser Echsen auf dem Wüstenboden. Zusätzlich sind die Tiere farblich hervorragend auf den Untergrund abgestimmt. Ähnlich wie bei den bereits erwähnten Lebenden Steinen (*Lithops*, Bild S. 35) oder manchen Kakteen stimmt die Körperfärbung mancher Krötenechsenarten hervorragend mit der Farbe und Struktur des Sandes oder feinen Kieses im Lebensraum der Tiere überein. Vergrösserte Körperschuppen, die farblich und von der Form her ebenfalls der Struktur des Untergrundes angepasst sind, verhelfen den Echsen zu zusätzlicher Übereinstimmung mit ihrer Umgebung. Baur & Montanucci (1998) sprechen bei der farblich und strukturellen Anpassung der Rundschnanz-Krötenechse



Manche Kakteen, wie *Copiapoa hypogaea* (oben) aus Zentralchile oder die kleinen, abgeflachten Blossfeldiana liliputana (linke Spalte) aus Nordargentinien und Bolivien, verschmelzen durch ihren Körperbau und ihre Färbung optisch mit dem Boden, in dem sie wachsen. (Fotos U. Eggli)

Viele lange, schlanke Baumschlangen besitzen verlängerte Nasenfortsätze wie die Blattnasennatter (*Langaha nasuta*, unten) aus den Trockenwäldern Madagaskars oder die Langnasenstrauchnatter (*Philodryas baroni*, ganz unten) aus dem Chaco. (Fotos M. Grubenmann & B. Akeret)





Kaum sichtbar zwischen den Steinen ist Neoporteria odieri aus Chile.

(Foto U. Eggli)

Rechte Spalte:

Zwei Meister der Tarnung:
Stummelschwanz-Chamäleon (*Brookesia stumpffii*, rechts oben) aus den nord-madagassischen Trockenwäldern und **Puffotter** (*Bitis arietans*, rechts unten) aus den afrikanischen Savannen. (Fotos M. Grubemann & B. Akeret)

(*Phrynosoma modestum*) aus der Chihuahuawüste von einer „Stone Mimicry“. Von oben betrachtet gleichen manche Krötenechsenarten durch ihre Form, Farbe und Oberflächenstruktur oft sogar einigen der erwähnten Sukkulenten.

Doch nicht nur bei Sukkulenten und Reptilien gibt es Crypsis und Somatolyse. Auch viele Amphibien haben sich auf diese Weise an ihre Umwelt angepasst. So tarnen sich die meisten Arten durch eine möglichst unauffällige Körperfärbung. Einige Arten haben sich jedoch besonders gut an Form und Farbe ihres Lebensraumes angepasst. So sehen viele Baumfrösche aus flechtenreichen Berg- und Nebelwäldern selbst aus wie Flechten. Ein weiteres Beispiel für eine Tarnfärbung liefern die Hornfrösche. Von den 8 Arten leben der Schmuckhornfrosch (*Ceratophrys ornata*, Bild links) und der Chaco-Hornfrosch (*C. cranwelli*) in zeit-



*Die somatolytische Zeichnung des Schmuckhornfrosches (*Ceratophrys ornata*, oben) tarnt ihn hervorragend im Trockenwald der Caatinga in Brasilien (rechts). (Fotos B. Akeret & U. Eggli)*



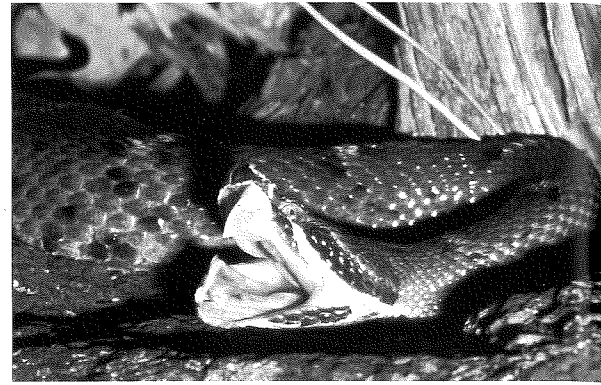
Rechte Spalte:

Deutlich ist bei dieser Klapperschlange (*Crotalus willardi*) zu erkennen, dass die Giftzähne in speziellen Zahntaschen sitzen. Beim Biss wird deren Haut zurückgezogen und die Zähne werden freigelegt. (Foto B. Akeret)

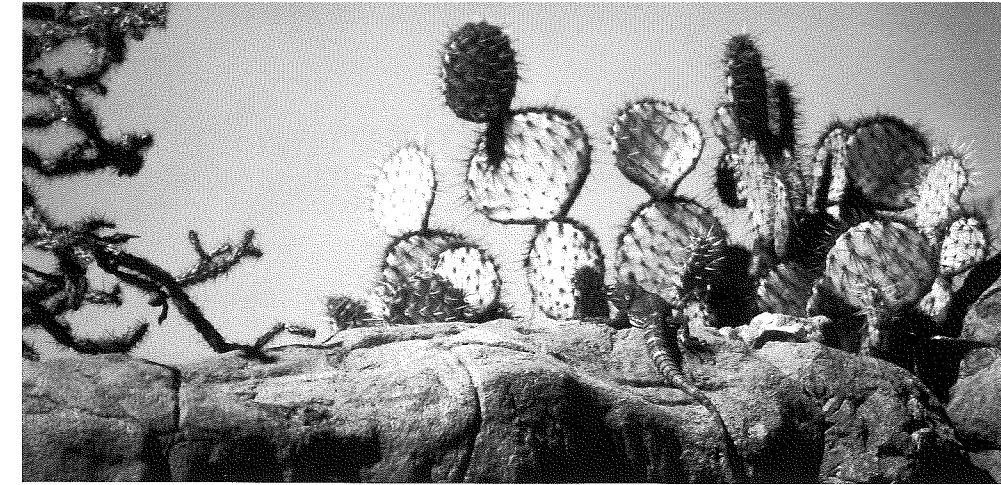
Literatur

- Anonymus. 1994a. Centers of Plant Diversity. Vol. 1. Gland (CH). IUCN / WWF.
- Anonymus. 1994b. A checklist of mammals, reptiles, amphibians and arthropods of White Sands National Monument. Tucson (US: AZ): Southwestern Parks and Monuments Association.
- Antesberger, H. 1995. Samenverbreitung bei Melokakteen. *Kakt. and Sukk.* 46(7): 171-172.
- Bauer, K. 1991. Kröten. Leipzig etc. (D): Urania-Verlag. 190 pp.
- Baur B. & Montanucci R. R. 1998. Krötenechsen. Lebensweise, Pflege, Zucht. Offenbach (D): Herpeton Verlag. 158 pp.
- Bennett, D. 1996. Warane der Welt - Welt der Warane. Frankfurt am Main (D): Edition Chimaira. 383 pp.
- Branch, B. 1988. Field guide to the snakes and other reptiles of Southern Africa. London (GB): New Holland. 328 pp.
- Brattstrom, B. H. 1965. Body temperatures of reptiles. *Amer. Midland Nat.* 73(2): 376-422.
- Butz, P. & Kuenzer, P. 1956. Die blauen Faraglioni-Eidechsen. *Orion* 18: 732-736.
- Cei, M. 1962. Batracios de Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 128 pp.
- Clarke, R. F. 1965. An ethological study of the iguanid lizard genera *Callisaurus*, *Cophosaurus* and *Holbrookia*. *Emporia Stat. Res. Stud.* 13(4): 1-66.
- Dawson, W. R. & Templeton, J. R. 1963. Physiological responses to temperature in the lizard *Crotaphytus collaris*. *Physiol. Zool.* 36(3): 219-236.
- Degenhardt, W. G. et al. 1996. Amphibians and reptiles of New Mexico. Albuquerque (US): University of New Mexico Press. 431 pp.
- Duellman, W. E. 1979. The South American herpetofauna. Its origin, evolution, and dispersal. *Monogr. Mus. Nat. Hist. Kansas* 7: 1-28.

Acrantophis dumerili besitzt eine Körperfärbung, die sie im Laub der madagassischen Trockenwälder hervorragend tarnt. (Foto B. Akeret)



- Ernst V. & Ruibal R. 1966. The structure and development of the digital lamellae of lizards. *J. Morph.* 120: 233-265.
- Esterla, D. A. & Scudday, J. 1996. Amphibians and reptiles checklist Big Bend National Park, Rio Grande Wild and Scenic River. Panther Junction, Big Bend NP (US: TX): Big Bend Natural History Association.
- Felger, R. & Henrickson, J. 1998. Convergent adaptive morphology of a Sonoran Desert cactus (*Peniocereus striatus*) and an African Spurge (*Euphorbia cryptospinosa*). *Haseltonia* 5: 77-85.
- Fitch, H. S. 1956. An ecological study of the Collared Lizard (*Crotaphytus collaris*). *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 8(3): 213-274.
- Fitch, H. S. 1958. Natural history of the Six-Lined Race-runner (*Cnemidophorus sexlineatus*). *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 11(2): 11-62.
- Foley, N. et al. 1994. The reptiles and amphibians of Anza Borrego Desert State Park. Borrego Springs (USA: CA): Anza Borrego Desert Nat. Hist. Assoc.
- Hallmann, H. et al. 1997. Faszinierende Taggeckos. Die Gattung *Phelsuma*. Münster (D): Natur und Tier-Verlag, Terrarien-Bibliothek.
- Hansen, H. E. 1997. Todesursache unbekannt! Zur Giftigkeit von *Senecio*-Arten. *Kakt. and Sukk.* 48(7): 157-159.
- Helms, D. L. 1980. Sonoran Desert. The story behind the scenery. Las Vegas (US: NV): KC Publications. 42 pp.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. O. 1994. Ameisen. Die Entdeckung einer faszinierenden Welt. Basel (CH) etc.: Birkhäuser-Verlag. 265 pp.
- Hofrichter, R. 1998. Amphibien. Evolution, Anatomie, Physiologie, Ökologie und Verbreitung, Verhalten, Bedrohung und Gefährdung. Augsburg (D): Natur-Buch-Verlag. 264 pp.
- Houghton, P. J. & Osibogun, I. M. 1993. Flowering plants used for treatment of snakebite. *J. Ethno-Pharmacol.* 39(1): 1-29.
- Ingram, G. J. & Raven, R. J. 1991. An atlas of Queensland's frogs, reptiles, birds and mammals. Brisbane (AUS): Queensland Museum. 391 pp.
- Klauber, L. M. 1997. Rattlesnakes. Their habits, life histories and influence on mankind. Berkeley/Los Angeles/London: Zoological Society of San Diego/University of California Press. 1533 pp.
- Klemmer, K. 1994. Tierwelt der Galápagos-Inseln. In: Zizka, G. & Klemmer, K. (Hrsg.): Pflanzen und Tierwelt der Galápagos-Inseln. Entstehung, Erforschung, Gefährdung und Schutz. Frankfurt am Main (D): Palmengarten/Senckenberg (Palmengarten Sonderheft 22/Kleine Senckenbergreihe Nr. 20). 152 pp.
- Köhler, G. 1993. Schwarze Leguane. Freilandbe-



- obachtungen, Pflege und Zucht. Hanau (D): Verlag Gunter Köhler. 126 pp.
- Lodé, J. 1996. Lizards, cacti and succulents. *Cactus Adventures International* No. 31: 6-9, ills.
- Mattison, C. 1996. Rattler. A natural history of rattlesnakes. London (GB): Cassel. 144 pp.
- Mertens, R. 1972. Madagaskars Herpetofauna und die Kontinentaldriftung. *Zoolog. Meded. Rijksmus. Nat. Hist. Leiden*, 46(7): 91-98.
- Necas, P. 1999. Chamäleons. Bunte Juwelen der Natur. Frankfurt a. M. (D): Ed. Chimaira. 351 pp.
- Newton, L. E. 1998. A new species of *Aloe* (Aloaceae) on Pemba, with comments on section *Lomatophyllum*. *Cact. Succ. J. (US)* 70(1): 27-31.
- Nietzke, G. 1989. Die Terrarientiere 1. Schwanzlurche und Froschlurche. Stuttgart (D): Ulmer-Verlag. 276 pp.
- Nietzke, G. 1990. Zur Durchlässigkeit von UV-Strahlen der Reptilien-Hornhaut (Ordnung Squamata). *Salamandra* 26 (1): 50-57.
- Nöllert, A. & Nöllert, C. 1992. Die Amphibien Europas. Bestimmung - Gefährdung - Schutz. Stuttgart (D): Franckh-Kosmos-Verlag. 382 pp.
- Norman, D. 1985. The illustrated encyclopedia of dinosaurs. London (GB): Salamander Books. 208 pp.
- Obst, F. J. et al. 1984. Lexikon der Terraristik und Herpetologie. Hannover (D): Landbuch-Verlag. 466 pp.
- Patterson, R. & Bannister, A. 1988. Reptilien Südafrikas. Hannover (D): Landbuch-Verlag. 128 pp.
- Paulian, R. 1950. L'île Europe, une dépendance de Madagascar. *Naturaliste Malgache* 2(2): 77-85, Karte.
- Paulissen, M. A. 1987. Optimal foraging and intraspecific diet differences in the lizard *Cnemidophorus sexlineatus*. *Oecologia* 71(3): 495-497.
- Pfenning, D. W. 1992. Polyphenism in spadefoot toad tadpoles as a locally adjusted evolutionarily stable strategy. *Evolution* 46(5): 1408-1420.
- Pianka, E. R. 1994. Comparative ecology of *Varanus* in the Great Victoria Desert. *Austral. J. Ecol.* 10: 395-408.
- Rauh, W. 1998. Three new species of *Lomatophyllum* and one new *Aloe* from Madagascar. *Bradleya* 16: 92-100; mit Bestimmungsschlüssel zu allen *Lomatophyllum*-Arten.

- Röben, P. 1983. Systematik der Zoologie. Wiesbaden (D): Akademische Verlagsgesellschaft. 268 pp.
- Rowley, G. D. 1996. The berried aloes - *Aloe* section *Lomatophyllum*. *Excelsa* 17: 59-62.
- Rubio, M. 1998. Rattlesnake. Portrait of a predator. Washington D.C. (US) etc.: Smithsonian Institution Press. 240 pp.
- Ruibal R. & Ernst V. 1965. The structure of the digital setae of lizards. *J. Morph.* 117: 271-293.
- Russell A. P. 1976. Some comments concerning interrelationships amongst gekkoninae geckos. In: Bellairs A. & Cox C. B. (eds.). Morphology and biology of reptiles. *Linn. Soc. Symp. Ser.* 3: 217-244.
- Spawl, S. & Branch, B. 1995. The dangerous snakes of Africa. Natural history, species directory, venoms and snakebite. London (GB): Blandford Books. 192 pp.
- Speer, E. O. 1994. Blütenbesuchende Eidechsen auf El Hierro. *Salamandra* 30(1): 48-54.
- Steenbergh, W. F. & Lowe, C. H. 1977. Ecology of the Saguaro: II. Washington D.C. (US): US Government Printer. 242 pp.
- Swart, D. 1985. Sukkulente Pfeilgiftpflanzen. *Kakt. and Sukk.* 36(3): 54-58, (5): 104-105.
- Trutnau, L. 1981. Beobachtungen an der Hornvipere *Cerastes cerastes* (L., 1758). *Herpetofauna* 13: 11-16.
- Tyler, J. J. 1989. Australian frogs. Victoria (AUS): Penguin Books. 220 pp.
- Walter, H. & Breckle, S. W. 1984. Ökologie der Erde, Band 1 und 2. Jena (D): Gustav Fischer Verlag.
- Wellnhofer, P. 1991. The illustrated encyclopedia of Pterosaurs. London (GB): Salamander Books. 192 pp.
- Wilms, T. 1995. Dornschwanzagamen. Lebensweise, Pflege und Zucht. Offenbach (D): Herpeton-Verlag. 130 pp.
- Wilson, S. K. & Knowles, D. G. 1988. Australia's reptiles. A photographic reference to the terrestrial reptiles of Australia. Pymble (AUS): Cornstalk Publications. 447 pp.

Linke Spalte:

Sandläufer (*Acanthodactylus dumerili*) aus der nordwestlichen Sahara. (Foto B. Akeret)

Schwarze Leguane (*Ctenosaura hemilopha*) leben in Niederkalifornien in kaktusreichen Biotopen (hier mit *Cylindropuntia imbricata* und *Opuntia* sp.) und fressen vermutlich auch manchmal Kakteenfrüchte (Foto B. Akeret)

Dieser Kaktus (*Facheiroa pilosa*) wächst in der brasilianischen Caatinga am Fusse einer horizontal geschichteten Felswand. (Foto U. Eggli)

