

# Lebensräume Madagaskars – Übersicht zur aktuellen Flora und Vegetation

Conradin A. Burga (Zürich)

## Zusammenfassung

Vorliegender Beitrag vermittelt eine kurze Übersicht zur Madagassischen Flora und zur vegetationskundlichen Gliederung dieser grossen Insel (594 000 km<sup>2</sup>). Von rund 9505 Farn- und Blütenpflanzen-Arten sind ca. 6500 Arten endemisch. Die artenreichsten Ökosysteme sind die immerfeuchten tropischen Wälder, die artenärmsten die sehr ausgedehnten Grasländer. Die Artenlisten zu den einzelnen Lebensräumen enthalten meistens Pflanzen, die man unterwegs antreffen kann und die leicht erkennbar sind. Bei den einzelnen Vegetationstypen werden deren Standortseigenschaften und Lebensstrategien erläutert.

## Natural environments of Madagascar. Overview to the actual flora and vegetation

Present contribution gives an overview to the flora of Madagascar and to the vegetation patterns of this big island (594 000 km<sup>2</sup>). Ca. 6500 plant species of a total of 9505 vascular plant species are endemic. The tropical rain forests show the highest species richness, the lowest species richness the extended grasslands. The plant species lists to the different ecosystems give mainly wayside species, which can be mostly quite easily recognized. The different vegetation types are characterized regarding their habitat-factors and the plant life strategies.

**Schlagwörter:** Vegetationskarte – Artenlisten – Biodiversität – tropische Regenwälder – Standorte – Lebensstrategien  
**Key words:** Vegetation map – plant species lists – biodiversity – tropical rain forests – sites – life strategies  
**Nomenklatur:** CABANIS et al. (1969, 1970)

## 1 VORBEMERKUNG

Die hier erwähnten botanischen Taxa (Farn- und Blütenpflanzen) sind eine subjektive Auswahl des Autors. Es handelt sich aber zum Teil um dominante, typische oder meist leicht erkennbare Pflanzenarten, die der Autor auf zwei längeren Madagaskar-Reisen in den Jahren 1992 und 2006 notiert hat. Nicht berücksichtigt wurden Algen, Pilze, Flechten, Moose sowie typische, meist eingeführte oder eingeschleppte Nutz-, Ruderal- und Ornamentalpflanzen.

Zur vertieften Behandlung der Naturgrundlagen Madagaskars sei auf folgende Publikationen hingewiesen: GOODMAN & BENSTEAD (2003), die derzeit beste Übersicht zur aktuellen Pflanzen- und Tierwelt Madagaskars; MOAT & SMITH (2007), die aktuellste und detaillierteste Vegetationskarte Madagaskars; APPERT (1973, 2010), Paläobotanik; BATTISTINI & RICHARD-VINDARD (1972), Biogeographie und Ökologie; HUMBERT & AUBREVILLE (1936–1975), ältere, umfangreichste Flora Madagaskars; CABANIS et al. (1969, 1970), Bestimmungsflora; CAPURON (1957), Wald-Flora; CHRISTENSEN (1932), Farnpflanzen; DONQUE (1975), Klima; GANZHORN & SORG (1996), Trockenwälder; GAR-

BUTT (1999), Säugetiere; HENKEL & SCHMIDT (1995), guter Feldführer zu den Amphibien und Reptilien; KOEHLIN et al. (1974) und BLÖSCH et al. (2002), Flora und Vegetation; LANGRAND (1990), Ornithologie; MITTERMEIER et al. (2006), Feldführer zu den Lemuren; OBERLÉ (1981), gute ältere Übersicht zur Pflanzen- und Tierwelt; PERRIER DE LA BÂTHIE (1921), wichtiges älteres Werk zur Vegetation; PETIT (1998), Geologie und Geomorphologie; PRESTON-MAFHAM (1991), sehr schön illustrierte Übersicht zur Pflanzen- und Tierwelt; RAUH (1973, 1997), Standardwerk zu den Sukkulenten; SCHATZ (2001), Bestimmungsschlüssel zur Baum- und Sträucherflora sowie STRAKA (1996), quartäre Vegetationsgeschichte.

## 1 NATURRÄUMLICHER ÜBERBLICK (GEOLOGIE, KLIMA, VEGETATIONSKARTE)

### 1.1 Geologie

Madagaskar begann sich als Teil des ehemaligen grossen paläozoischen Südkontinents Gondwana im Verlauf von rund 200 Millionen Jahre von Afrika, Indien und Austra-

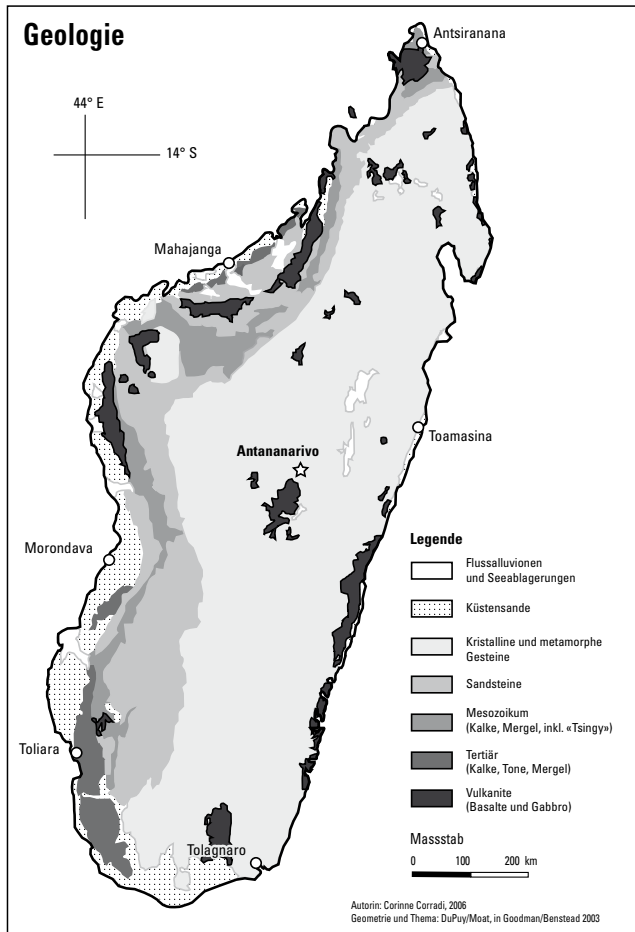


Abb. 1. Übersicht zur Geologie Madagaskars (vereinfacht nach DU PUY & MORAT, In: GOODMAN & BENSTEAD, 2003).

Fig. 1. Overview to the Geology of Madagascar (generalized after DU PUY & MORAT, In: GOODMAN & BENSTEAD, 2003).

lien zu lösen und ist seit ca. 100 Millionen Jahre (Obere Kreide) eine Insel, deren Pflanzen- und Tierwelt sich weitgehend getrennt von Afrika entwickelte. Die Insel besteht zur Hauptsache aus magmatischen und metamorphen Gesteinen (Granite, Gneise, Quarzite), die gebietsweise von Pegmatit-Gängen durchschlagen werden. Diese liefern denn auch ein breites Spektrum von Halbedelsteinen (Beryll, Rosenquarz, Amethyst, Jaspis usw., Ausführliches z. B. bei PEZZOTTA, 1999). Von wirtschaftlicher Bedeutung sind die Graphit-, Glimmer (Phlogopit)-, Chromit- und Quarz-Vorkommen, die in grossen Mengen abgebaut und exportiert werden. Bei Ilakaka werden seit einigen Jahren Saphire aus Fluss-Seifen geschürft (BURGA & ZANOLA, 2007).

Im zentralen Hochland (1000–1500 m) sind regional Vulkanite (Basalt, Gabbro usw.) verbreitet (von N nach S die Vulkangebiete von Tsaratanana 2886 m, Ankara-

tra 2643 m und Andringitra 2656 m). Im W und S sind ältere Sedimentabfolgen v. a. aus dem Mesozoikum sowie junge quartäre Küstensande verbreitet (vgl. Abb. 1). Die mesozoischen Kalke und Mergel bilden heute in N- und W-Madagaskar ausgedehnte Karstgebiete (sog. Tsingy). Im West-Ost-Profil ist das Gelände im W gegen das zentrale Hochland sanft ansteigend (Isalo-Gebirge), kulminiert in den Vulkangebieten und fällt meist mit Steilstufen bzw. Brüchen gegen die Ostküste ab.

## 1.2 Klima

Das Klima Madagaskars wird vor allem durch die vorherrschenden Winde und das Relief geprägt (vgl. Abb. 2). Die im östlichen Drittel der Insel von N nach S ziehende Hauptwasserscheide und die geographische Lage Madagaskars bezüglich der Passatwindzirkulation (12°–25°S) bedingen weitgehend die jährliche Niederschlagsmenge und -verteilung. Die Ostküste erhält dank des ganzjährig wehenden

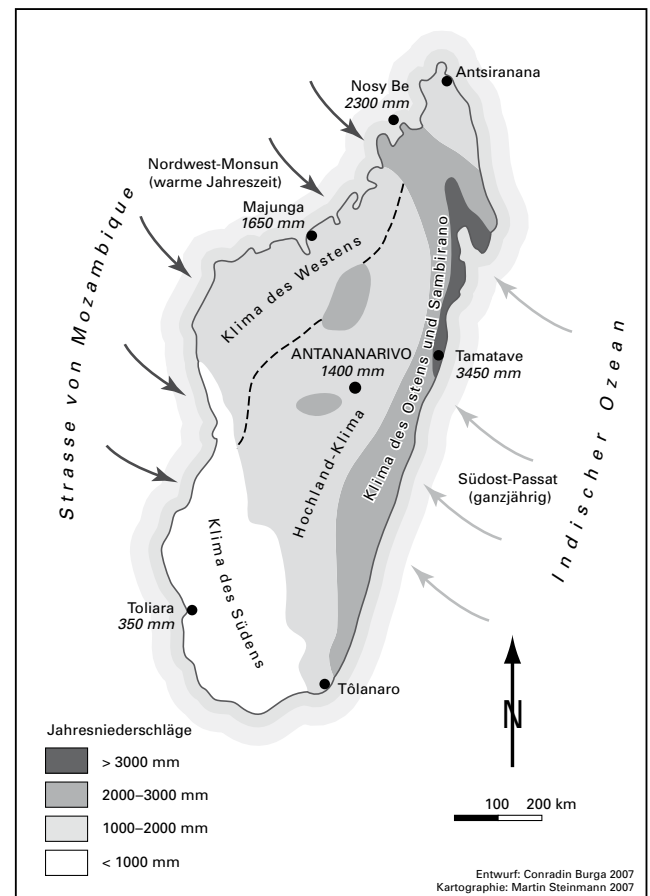


Abb. 2. Klimakarte zu Madagaskar (nach BURGA & ZANOLA, 2007).

Fig. 2. Climate map of Madagascar (after BURGA & ZANOLA, 2007).

Südost-Passatwindes während des ganzen Jahres Niederschläge von 2400 bis ca. 3800 mm. Im Gegensatz dazu steht die Westküste, wo nur während des Südsommers der NW-Monsun Niederschläge von unter 1000 bis ca. 1500 mm bringt. Die Tagesmitteltemperaturen (in °C) für die Monate August bzw. Februar betragen im Norden (Nosy Be) 24.1 bzw. 27.0°C, im Osten (Sainte Marie) 21.7 bzw. 26.8°C, im Hochland (Antanarivo) 13.6 bzw. 20.0°C, im Westen (Morondava) 21.6 bzw. 27.6°C sowie im Südwesten (Toliara) 20.6 bzw. 27.5°C (BURGA & ZANOLA, 2007). Der Südwesten und Süden befindet sich am Übergang vom tropischen Klima (Zonobiom II) zum ariden subtropischen Wüstenklima (Zonobiom III), liegt im Windschatten des Südost-Passats und ist daher der trockenste Teil der Insel mit Jahresniederschlägen von 200 bis 1200 mm. Die mittleren Temperaturenmaxima an der Küste liegen bei 26.0 bis 32.5°C. Damit werden in Madagaskar von Westen nach Osten und Süden folgende Klimaprovinzen unterschieden: Klima des Westens, Hochland-Klima, Klima des Ostens mit Sambirano sowie die Trockenzone des Südwestens und Südens.

**1.3 Vegetationskarte**

Das Muster der Vegetationszonen Madagaskars (Abb. 3) widerspiegelt in groben Zügen die oben dargelegten Klimaprovinzen. Die von Norden nach Süden ziehende Hauptwasserscheide mit Abweichungen nach Westen und Osten bezeichnet die Grenze zwischen der «flore du vent» im Osten und der «flore sous le vent» im Westen. Der feuchte Ostteil der Insel wird vom immergrünen tropischen Tiefland- und Bergregenwald sowie vom immergrünen Trockenwald bestockt; im trockenen Westen dominieren laubwerfende tropische Trockenwälder; im teilweise semiariden SW und S herrscht dornreicher Trockenbusch vor. Auf den wenigen höheren Gebirgsstöcken trifft man eine an Endemiten reiche Rasen- und Felsvegetation an.

**2 FLORENELEMENTE MADAGASKARS**

Nachfolgende Liste nach PERRIER DE LA BÂTHIE (1936) vermittelt eine Übersicht zu den Florenelementen Madagaskars:

1. Pantropische Florenelemente: 42% der Flora Madagaskars. Es handelt sich hauptsächlich um eine geologisch alte Flora, die grösstenteils von der Gondwana-Flora abstammt.
2. Südliche bzw. südhemisphärische Florenelemente: 3% Verbreitet ausserdem in S-Afrika, S-Amerika und Ozeanien.

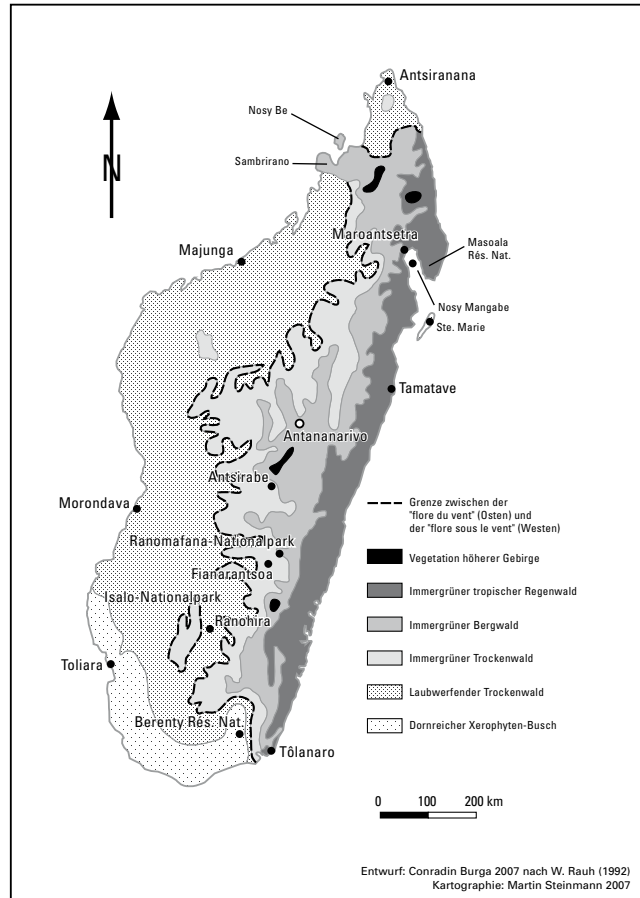


Abb. 3. Übersicht zur Vegetation Madagaskars (vereinfacht nach RAUH, 1973, 1992).

Fig. 3. Overview to the vegetation of Madagascar (generalized after RAUH, 1973, 1992).

3. Östliche Florenelemente: 7%  
Verbreitet in Malaysia, Indonesien, Südostasien.
4. Afrikanische Florenelemente: 27%  
Beziehungen Madagaskars mit Afrika bis gegen Ende des Tertiärs.
5. Rein madagassische Florenelemente: 6%  
Familien und Gattungen sind auf Madagaskar entstanden.
6. Exoten (rezente Einwanderung bzw. Einführung): 15%.  
Dazu gehören eingeführte oder eingeschleppte Arten und die davon hervorgegangenen Ökotypen. Die meisten Exoten bzw. pantropischen Florenelemente befinden sich an der Küste, an Flussläufen, in Sümpfen und Seen.

Endemismus nach Lebensräumen: Primär-Wälder: 89%, Gebirge/Felsen: 82%, Sümpfe: 56%, Meeresküsten: 21%, Siedlungen: 0%. Gegen das Landesinnere nimmt der Endemismus-Grad tendenziell zu, vor allem in den Wäldern. Der grösste Teil der Endemiten hat keinen aktiven Verbrei-

tungsmechanismus der Samen und Früchte und ist deshalb besonders stark vom Aussterben bedroht (davon betroffen sind über 5000 Arten).

### 3 FEUCHTGEBIETS-, KÜSTEN- UND OFFENLAND-VEGETATION

Nachfolgende Ausführungen anhand von Beispielen einzelner botanischer Taxa sind der Übersicht halber in einigen Abschnitten bewusst in stichwortartigem Stil gehalten. Die Gliederung in einzelne Vegetationstypen bzw. Lebensräume erfolgt vor allem in Anlehnung an CABANIS et al. (1969, 1970), wo viele der hier erwähnten Pflanzenarten illustriert sind, sowie an MOAT & SMITH (2007). Die derzeit beste und detaillierteste Vegetationskarte Madagaskars wurde von MOAT & SMITH (2007) und zahlreichen Co-Autoren erarbeitet.

#### 3.1 Süßwasser-Vegetation

Sümpfe, Reisfelder, Seen, Kanäle, Bäche, Flüsse (Brackwasser, Watt) machen ca. 2% der Fläche Madagaskars aus. Als Beispiele wichtiger Gewässer Madagaskars seien erwähnt:

- a) Eutrophe Seen: Lac Alaotra (grösster See Madagaskars), Lac Kinkony, Lac Tritriva (Kratersee), Lac de la Montagne d'Ambre (Kratersee).
- b) Oligotrophe Seen: Lac d'Itasy
- c) Dystrophe Sümpfe/Moore: Moore von Ambila-Lemaitso (Ostküste)

##### Beispiele

*Aponogeton fenestralis* (Aponogetonaceae) (submers), *Utricularia*, *Marsilea*, *Azolla pinnata*, *Salvinia hastata*, *Nymphaea stellata*; *Pistia stratiotes* und *Eichhornia crassipes*, heute pantropisch verbreitet, beide wohl aus Afrika bzw. S-Amerika eingeschleppt.

#### 3.2 Feuchtgebiete

Moore, Sümpfe, Reisfelder, Feuchtwiesen, Bach-begleitende Vegetation, Quellfluren. Es dominieren Einartenbestände und Kosmopoliten (z. B. Schilf, Rohrkolben).

##### Beispiele

Kryptogamen/Farnpflanzen: *Lycopodium cernuum*, *Selaginella* spec., *Gleichenia flagellaris*, *Sticherus flagellaris*, *Cyclosurus gongyloides*.

Sauergräser: *Cyperus madagascariensis*, *C. latifolia*, *Pycreus mundtii*.

Süßgräser: *Echinochloa* spec., *Panicum parvifolium*, *Phragmites mauritianus*.

Orchideen: *Cynorkis purpurascens*, *Cynorkis* spec.



Abb. 4. Elefantenoher (*Typhonodorum lindleyanum*, Araceae), wächst oft an Gewässern und Reisfeldern. Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 4. Elephant ear (*Typhonodorum lindleyanum*, Araceae), often growing on lakes and rice fields. Photograph C. A. Burga (2006).

Palmen: *Raphia ruffia*.

Karnivore Pflanzen: *Nepenthes madagascariensis*, *Drosera madagascariensis*, *Utricularia* spec.

Weitere Blütenpflanzen: *Crinum firmifolium*, *Typhonodorum lindleyanum*, *Agauria salicifolia*, *Hydrocotyle* spec.

#### 3.3 Meeresküsten-Vegetation

An der Küste sind vor allem diverse Anpassungen an das Salzwasser und an Salzgischt angesagt. Deshalb sind halophile oder sklerophylle Arten, Sukkulenz, Xeromorphie (reduzierte Blätter, grosses Wurzelwerk, Rhizome, Zwiebeln, Dornen) sowie Zwergformen (Nanismus) bei Wind-Exposition verbreitet. Typische Standorte bzw. Vegetationstypen sind: Meeresstrand, Dünen, Küstenwald auf konsolidiertem Sand, Küstensumpf, marine (Schwimm-) Rasen. Es sind Küstenwälder und Küsten-Buschland des Südwestens zu unterscheiden.

Die recht einheitliche Küstenvegetation Madagaskars setzt sich vorwiegend aus folgenden Taxa zusammen:

Kosmopoliten (z. T. auch in Ostasien und Australien verbreitet): *Arthrocnemum indicum* (Chenopodiaceae), *Salicornia* spec. (Chenopodiaceae), *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae), *Canavalia obtusifolia* (Fabaceae), *Calotropis procera* (Asclepiadaceae), *Terminalia catappa*, *T. fatraea* (Combretaceae), *Calophyllum inophyllum* (Clusiaceae), *Barringtonia butonica*, *B. racemosa* (Lecythidaceae), *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae), *Scaevola plumieri* (Goodeniaceae), *Hibiscus tiliaceus* (Malvaceae), *Azalia*



Abb. 5. Typischer Baum an der Meeresküste: *Barringtonia asiatica* (Lecythidaceae). Masoala-Halbinsel. Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 5. Typical tree growing on the coast: *Barringtonia asiatica* (Lecythidaceae). Masoala peninsula. Photograph C. A. Burga (2006).

*bijuga* (Caesalpiniaceae), *Pandanus* spec. (Pandanaceae).  
Gräser: *Dactyloctenium* spec., *Sporobolus* spec., *Stenotaphrum* spec.; Cyperaceae: *Cyperus maritimus*, *Scirpus* spec.

Nach PERRIER DE LA BÂTHIE (1921, 1936) sind 50% der Arten pantropisch, 36% östliche und 13% westliche Arten. Der an der Ostküste verbreitete Palmfarn *Cycas thouarsii* ist ein bekannter Endemit.

### 3.4 Mangroven

Die Mangroven-Standorte weisen folgende Merkmale auf: Salzwasser, Sauerstoffarmut des Substrats, Flachwasser (Flachküste mit Tidenhub), ruhige Meeresbuchten. Die Mangrovenwälder machen ca. 21 000 ha (=1/570 der Landesfläche Madagaskars), d. h. ca. 1.7% der Primärwaldfläche des Landes aus. Sie bilden 2 bis 5 km breite Streifen; bei einigen ausgeprägten Ästuarmündungen reichen sie bis zu 40 km landeinwärts (z. B. Betsiboka). Deren floristische Zusammensetzung ist weitgehend dieselbe wie in Ostafrika, Australien und Ozeanien.

Das Vegetationsprofil landeinwärts sieht gewöhnlich folgendermassen aus: *Rhizophora* spec. (Pionier), dahinter *Avicennia* spec., *Sonneratia* spec., dann folgen *Bruguiera* spec. und *Ceriops* spec. Auf konsolidierten Böden mit geringer Überflutung: *Heritiera* spec., *Carapa* spec., *Acrostichum* spec., *Fimbristylis* spec., *Thespesia* spec., *Hibiscus tiliaceus*.

Die Mangrovenbestände können nach der Dominanz einiger Arten wie folgt eingeteilt werden:

a) Charakteristische Arten: *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Sonneratia alba*, *Carapa obovata*.

b) Begleiter: *Fimbristylis* spec., *Thespesia populnea*, *Heritiera littoralis*, *Derris uliginosa*, *Lumnitzera racemosa*.

### 3.5 Grasland (Savanne, Steppe)

Das primäre (oft im Mosaik mit natürlichem, feuchtem Grasland stehende) und sekundär vom Menschen durch Rodungen der Primärwälder geschaffene Grasland nimmt mit einem geschätzten Anteil von rund 80% weitaus den grössten Teil der Vegetationsfläche Madagaskars ein (allein im zentralen Hochland 246 687 km<sup>2</sup>, das sind bei einer gesamten Landesfläche von rund 594 000 km<sup>2</sup> ca. 42%; BATTISTINI & RICHARD-VINDARD, 1972; RAUH, 1973; JOLLY et al., 1984; BITTNER, 1992; MOAT & SMITH, 2007).

Bezüglich dem floristischen Bestand dominieren Süssgräser: *Hyparrhenia* spec. (z. B. *H. rufa*), *Imperata* spec. (z. B. *I. cylindrica*), *Heteropogon* spec. (z. B. *H. contortus*), *Aristida* spec., *Sporobolus* spec. (z. B. *S. pyramidalis*), *Loudetia* spec. (*L. stipoides*). Der Endemismusgrad ist erwartungsgemäss gering; es dominieren Kosmopoliten und pantropische Arten; das Grasland ist vergleichsweise artenarm. Es besteht die prinzipielle Frage, wie gross die frühere natürliche Verbreitung der Graslandvegetation war (ohne Einwirkung des Menschen). Im Rahmen dieses Beitrags kann auf diese schwierige Frage nicht eingegangen werden (vgl. Kap. 6). Die heutigen Savannen Madagaskars können folgendermassen eingeteilt werden: a) Baum-Savanne mit *Pourpatia* spec., *Stereospermum* spec. (im Westen); b) Busch-Savanne mit *Hyphaene shatan* (im Nordwesten); c) Gras-Savanne mit *Tampoketsa* spec. und *Horombe* spec.

#### Beispiele

Süßgräser: *Panicum maximum*, *Imperata cylindrica*, *Heteropogon contortus*, *Ctenium concinnum*, *Pennisetum polystachyon*, *Hyparrhenia rufa*, *Hyparrhenia* spec., *Aristida multicaulis*, *Digitaria horizontalis*, *Loudetia* spec., *Cynodon dactylon*, *Eleusine indica*, *Urelytrum madagascariense*, *Paspalum commersonii*, *Themeda quadrivalvis*.

Holzpflanzen (Bäume): *Tamarindus indica* (Caesalpinaceae), *Stereospermum euphoroides* (Bignoniaceae), *Cryptostegia madagascariensis* (Asclepiadaceae), *Zizyphus mauritiana*, *Z. jujuba* (Rhamnaceae), *Pandanus* spec. (Pandanaceae). Palmae: *Medemia nobilis*, *Borassus madagascariensis*, *Hyphaene shatan*.

Kräuter: *Trachiadenus longiflorus* (Gentianaceae), *Catharanthus roseus* (Apocynaceae), *Harveya obtusifolia*

(Scrophulariaceae), *Wahlenbergia bojeri* (Campanulaceae), *Clematis anethifolia* (Ranunculaceae), *Gladiolus garnieri* (Iridaceae), *Crinum firmifolium* (Amaryllidaceae), *Crotolaria fulva* (Fabaceae), *Glycine lyallii* (Fabaceae).

### 3.6 Fels- und Spaltenvegetation (teilweise mit Trockenrasen)

Als wichtigste Standortmerkmale der Fels- und Spaltenvegetation sind zu nennen: Substrat/Boden meist Feinerde in Spalten oder nahezu nackter Fels, starke Exposition bezüglich Strahlung (Tagesschwankungen der Oberflächentemperatur 50–60°C), Wind und Niederschlägen. Die Pflanzen weisen demnach folgende Anpassungen an den Standort auf: ericoide Blätter (Sträucher mit kleinen Blättern); cactoide Formen (Dornen an Stelle von Blättern); blattlose, fleischige Formen, z. T. mit Milchsaft; dickfleischige, xeromorphe Formen (z. B. *Kalanchoë*, *Aloë*), Behaarung, Wachsschicht. Dominante Pflanzenfamilien: Crassulaceae, Orchidaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Euphorbiaceae, Liliaceae (Convallariaceae).



Abb. 6. Elefantenfuss (*Pachypodium rosulatum*, Apocynaceae), Isalo-Gebirge (SW-Madagaskar). Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 6. Elephant foot (*Pachypodium rosulatum*, Apocynaceae), Isalo Mountain (SW-Madagascar). Photograph C. A. Burga (2006).

#### Beispiele

*Pachypodium* spec. (Apocynaceae), *Kalanchoë* spec. (Crassulaceae), *Euphorbia* spec. (Euphorbiaceae), *Aloë* spec. (Liliaceae), *Angraecum* spec. (Orchidaceae), *Xerophyta* spec. (Velloziaceae), *Cynanchum* spec. (Asclepiadaceae).

## 4 WÄLDER, GEHÖLZE UND DEREN ERSATZ-VEGETATION

### 4.1 Immerfeuchter tropischer Regenwald und Savoka

Im immerfeuchten tropischen Regenwald dominiert die Lebensform «Baum» (Phanerophyten, inkl. grosse Sträucher und Lianen). In Madagaskar sind bisher rund 4220 Holzpflanzen-Arten (Bäume und grössere Sträucher) bekannt (SCHATZ, 2001). Die Epiphyten sind zahlreich vorhanden. Es herrscht somit in den tropischen Regenwäldern Madagaskars grösste Artenvielfalt, Vegetationsdichte und Arten-Durchmischung. So wurden beispielsweise auf einem Transekt durch eine Waldparzelle festgestellt: 423 junge und ältere Baumindividuen von 87 Arten pro ha oder in einem anderen Fall 654 Baumindividuen von 60 Arten pro ha. PERRIER DE LA BÂTHIE (1921, 1936) fand im Osten Madagaskars auf 100 m<sup>2</sup> 239 junge und ältere Baumindividuen, die 102 Arten zugeordnet wurden, wobei 80–90% dieser Arten endemisch waren.

Die Primär- und Sekundär-Wälder sowie Gehölze Madagaskars können wie folgt eingeteilt werden:

#### A Primärwälder

- a) tropische Regenwälder (aller Höhenstufen)
- b) Wälder der grossen Massive, Berggipfel (Ankaratra, Tsaratanana, Marojezy)
- c) Flechtenreiche Wälder in >1200 m ü. M.
- d) Trockenwälder «sous le vent» (im Westen)
- e) Feuchtwälder des Westens
- f) Subhumide Wälder
- g) Küstenwälder (vgl. Kap. 3.3)
- h) Mangroven (vgl. Kap. 3.4)
- i) Busch («fourré xerophile»)

In Gipfel-Hochlagen:

- j) Savoka d'altitude naturelle (oft mit *Cyathea*, *Agauria*, *Mundulea*)
- k) Ericaceae-Zwergstrauchheide (brousse à Ericacées, z. B. *Philippia*, *Erica*)

Über die lokale Waldfähigkeit und die örtliche Wirkung von Feuer und Verbiss vgl. BLÖSCH et al. (2002).

In höheren Lagen des Andringitra-Gebirges oberhalb der Waldgrenze oder im Mosaik mit Paramo-artiger Vegetation (ab ca. 2000 m ü. M.) erscheinen typische tropische afroalpine Vegetationstypen, wie Ericaceae-Heide (z. B. *Erica*, *Philippia*, *Helichrysum*), Paramo-Grasland (z. B. *Panicum*, *Ctenium*, Orchideen wie *Habenaria* und *Cynorkis*, Ranunculaceae, Apiaceae, Asteraceae usw.), auf Moorstandorten die Wacholder-artige Grasart *Panicum*

*juniperifolium* und *Paspalum comersoni*. Bis etwa 2200 m mischen sich letzte *Agauria*-Stämmchen in diese Vegetationstypen, seltener Ausläufer des subalpinen Nebelwaldes mit Baumfarnen. Gegen die Wasserscheide (z. B. am Pic Bobby 2658 m ü. M.) und auf Inselbergen (ca. 2000-2500 m ü. M.) zeigen sich auch Puna-artige Vegetationstypen mit Velloziaceae, Apocynaceae, Crassulaceae, endemischen Poaceae und anderen trockenheitsresistenten Pflanzenarten (vgl. BLÖSCH et al., 2002).

**B Sekundärwälder, degradierte Feuchtwälder, Trocken-Dornwälder des SW (Savoka accidentelle)**

- a) Savoka mit *Philippia* spec. und *Helichrysum* spec. («Rambiazina»)
- b) Savoka mit *Harungana* spec. (mittlere Höhenlagen)
- c) Savoka mit *Ravenala madagascariensis*, Bambus (*Nastus* spec.), dichotome Farne (*Gleichenia* spec.) im Osten
- d) Savoka mit *Aframomum* spec. («Longosa») im Nordosten und Sambirano-Gebiet.

Bei intakten Bodenverhältnissen und bei Schonung durch den Menschen ist teilweise eine Waldregenerierung im Rahmen einer Sekundär-Sukzession denkbar: Savanne → Savoka → tropischer Sekundärwald

**Beispiele**

**Baumschicht** (Feuchtwald): *Phyllarthron madagascariense* (Bignoniaceae), *Ficus baroni* (Moraceae), *Podocarpus madagascariensis* (Podocarpaceae), *Dombeya mollis* (Sterculiaceae), *Canarium madagascariense* (Burseraceae), *Intsia aflezia*, *I. bijuga* (Fabaceae), *Tambourissa*



Abb. 7. Büssererbse (*Abrus precatorius*, Leguminosae), Isalo-Gebirge (SW-Madagaskar). Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 7. Coral pea (*Abrus precatorius*, Leguminosae), Isalo Mountain (SW-Madagascar). Photograph C. A. Burga (2006).

spec. (Monimiaceae), *Ravenala madagascariensis* (Strelitziaceae), *Dalbergia* spec. (Fabaceae), *Weinmannia* spec. (Cunoniaceae), *Faucherea manongarivensis* (Sapotaceae), *Diospyros* spec. (Ebenaceae), *Sorindeia madagascariensis* (Anacardiaceae), *Eugenia jambos* (Myrtaceae), *Dracaena reflexa* (Convallariaceae), *Pandanus* spec. (Pandanaaceae), *Ocotea* spec. (Lauraceae), *Uapaca* spec. (Euphorbiaceae), *Dypsis* spec. (Palmae, ca. 140 endemische Arten), *Chamaedorea* spec. (Palmae), *Trema* spec. (Ulmaceae), *Cyathea* spec. (Cyatheaceae).

**Strauchschicht:** *Helichrysum gymnocephalum* (Asteraceae), *Philippia* spec., *Erica* spec. (Ericaceae), *Abrus precatorius* (Fabaceae), *Aframomum angustifolium* (Zingiberaceae), *Buddleja madagascariensis* (Loganiaceae), *Tristemma virusanum*, *Clidemia hirta* (Melastomataceae).

**Epiphyten:** zahlreiche Orchideen (z. B. *Aerangis* spec., *Angraecum* spec., *Bulbophyllum* spec.), selten Kakteen (*Rhipsalis cassythae*, eingeschleppt ?), *Peperomia* spec. (Piperaceae), *Pothos* spec. (Araceae); zahlreiche

**Farnpflanzen:** *Drynaria willdenowii*, *Asplenium nidus*, *Platyterium alicorne*, *Lygodium lanceolatum*, *Athyrium* spec., *Phymatodes scolopendria*, *Cyclosurus dentatus*, *Marattia fraxinea*, *Adiantum* spec. usw.



Abb. 8. Stern von Bethlehem Orchidee (*Angraecum sesquipedale*, Orchidaceae). Masoala-Halbinsel. Der Blütenstern ist über 30 cm lang. Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 8. Star of Bethlehem orchid (*Angraecum sesquipedale*, Orchidaceae). The spur is over 30 cm long. Masoala peninsula. Photograph C. A. Burga (2006).

#### 4.2 Trockenwälder (vgl. Kap. 5)

Die madagassischen Trockenwälder weisen folgende Hauptverbreitung auf:

- a) Immergrüner Trocken-/Hartlaubwald im zentralen Hochland, wie z. B. Tapia-Wald (am Tapia-Pass; evtl. degradierte Form eines Hartlaubwald-Typen zwischen den östlichen und westlichen Wäldern) u. a. mit *Uapaca bojeri* (Tapia, Euphorbiaceae), dominant; ferner Sarcolaenaceae (*Leptolaena bojeriana*, *L. diospyroidea*, *Sarcolaena oblongifolia*).
- b) Laubwerfender Trockenwald von Tolanaro (Fort Dauphin)-Toliara (Tuléar)-Morombe-Morondava (z. B. Kirindy) (vgl. Kap. 5).

#### Beispiele

*Adansonia* spec. (6 endemische Arten: u.a. *A. grandidieri* und *A. za*, Bombacaceae), *Terminalia mantaly* (Combretaceae), *Commiphora guillaumini* (Bursereaceae), *Capurodendron rubrocostatum* (Sapotaceae), *Fernandoa madagascariensis* (Bignoniaceae), *Perriera madagascariensis* (Simaroubaceae), *Buxus madagascariensis* (Buxaceae), *Strychnos madagascariensis* (Loganiaceae), *Securinea seyrigii* (Euphorbiaceae), *Evonymopsis longipes* (Celastraceae), *Albizzia polyphylla* (Mimosaceae), *Dalbergia* spec. (Fabaceae), *Delonix regia* (Fabaceae), *Kalanchoë beharensis* (Crassulaceae), *Neodypsis decaryi* (endemisch im Südosten, Palmae), *Pachypodium* spec. (im Süden und Südwesten, Apocynaceae), *Barleria* spec. (Acanthaceae).

#### 4.3 Busch, Dornbusch-Vegetation (brousse)

Die Busch-Vegetation weist folgende Verbreitung auf: Tolanaro-Morondava, ca. 2,3 Mio ha und 81 000 ha degradiertes Busch; ca. 14,2% der Waldfläche oder 4,2% der Landesfläche.

Es dominieren auf allen Bodentypen Holzpflanzen, Kräuter sind schwach vertreten. Entscheidend für die Verbreitung sind die Niederschläge, d. h. die Arealgrenze fällt in der Regel mit der 600-mm-Isohyete zusammen. Die floristische Ausstattung der Busch-Gesellschaften ist reich, denn über 2000 vorwiegend endemische Blütenpflanzen sind bekannt (Angaben nach CABANIS et al., 1969, 1970).

Folgende Anpassungen an den Standort bzw. an das Klima sind zu beobachten:

- a) Wasserspeicherung in Wurzeln, Rhizomen, Luftwurzeln/ Luftsprossen (Flaschenbäume, z. B. *Pachypodium* spec.), Blättern und fleischigen Ästen (Crassulaceae u. a. Sukkulente).
- b) Herabsetzung des Wasserverlustes durch Behaarung, Filzüberzug (z. B. *Kalanchoë beharensis*), Wachsschicht

(Euphorbiaceae, Didiereaceae z. B. *Alluaudia* spec.), Reduktion der Blattoberfläche (*Euphorbia* spec., *Plumbago* spec.), schuppenförmige Blätter, Nadel-/Rollblätter (ericoiden Formen), Dornen (*Alluaudia* spec., Euphorbiaceae, *Acacia* spec. usw.), früher Laubfall.

- c) Physiologische Anpassungen: kurze Vegetationsperiode (Regenzeit), langsames Wachstum der oberirdischen Organe, Blütezeit meist vor der Blattentfaltung, Speicherorgane (Zwiebeln, Rhizome).

Diese Anpassungen ergeben eine gewisse Autarkie gegenüber den limitierenden Umweltfaktoren. Morphologische Konvergenzen sind häufig: flaschenförmiger Stamm (z. B. *Adansonia* spec.), Dornen (Didiereaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Apocynaceae, Celastraceae, Zygophyllaceae usw.). Häufig vertretene Pflanzenfamilien: Didiereaceae (endemisch), Euphorbiaceae, Apocynaceae, Liliaceae, Celastraceae, Zygophyllaceae, Mimosaceae.

#### Beispiele

Didiereaceae: *Alluaudia procera*, *A. ascendens*, *A. comosa*, *Didierea madagascariensis*, *D. trollii*; Euphorbiaceae: *Euphorbia onoclada*, *E. stenoclada*, *E. fiherenensis*; Liliaceae: z. B. *Aloë vaombe*; *Uncarina* spec. (Pedaliaceae), *Plumbago aphylla* (Plumbaginaceae).

## 5 BAOBABS UND TROCKENWÄLDER DES WESTENS

### 5.1 Zu den Baobabs Madagaskars

Unter den insgesamt 8 bekannten Baobab-Arten (*Adansonia* spec., Bombacaceae) kommen davon 6 Arten nur in Madagaskar vor:

*A. grandidieri* (Morondava, Morombe, Bucht von Antsiranana), *A. suarezensis* (Antsiranana, ist vom Aussterben bedroht), *A. rubrostipa* (= *A. fony*, Tuléar, Morondava, Mahajanga), *A. madagascariensis* (Mahajanga, Antsiranana), *A. za* (weiteste Verbreitung in Madagaskar: Fort Dauphin, Tuléar, Morondava, Sambirano), *A. perrieri* (Antsiranana, vom Aussterben bedroht, Ratten fressen die Samen), ferner: *A. digitata* = Afrikanischer Baobab, durch Araber in Madagaskar eingeführt (BAUM, 1996).

Die Baobabs weisen folgende Merkmale auf: glatte Rinde (gelbe oder grüne Photosynthese-Schicht), feuerresistentes, faseriges Holz, hoher Wassergehalt der Stämme (bei Trockenheit leichte Schrumpfung des Stammes), Gummisaft im Holz, tief reichende Pfahlwurzeln, Blüten öffnen sich bei Dunkelheit (haben je 250 bis 1200 Staubfäden), Blütenbestäubung durch Bienen, Diptera (Pollen) sowie



Ameisen, Schmetterlingen, Nachtfalter, Vögel, Frucht-Fledermäusen und Primaten/Lemuren (Nektar); grosse, kugelförmige essbare Früchte mit zahlreichen Samen.

Die Baobabs weisen in Madagaskar folgende Verbreitung auf:

- Laubwerfende Wälder im W und S Madagaskars, v. a. *Adansonia za* und *A. rubrostipa*, welche die Baumkronenschicht bilden. Ferner sind die Baobabs auch im Dornbusch und Hartlaubwald vertreten. Allgemein werden gut drainierte, kalkreiche Sandböden bevorzugt, z. T. werden auch vulkanische Böden bestockt.
- Adansonia rubrostipa* (= *fony*) ist eine sehr plastische Art mit flaschenförmigem Stamm in den ariden Dornwäldern (mit *Didierea madagascariensis*, *Alluaudia procera*, *A. comosa*, *Euphorbia* spp.), weist in den laubwerfenden Wäldern des Nordens einen säulenförmigen Stamm auf.
- Adansonia za* ist am weitesten verbreitet, und zwar vom Didiereaceae-Dornwald bis zu den laubwerfenden Wäldern im N und NW (in Kirindy jedoch sehr selten), ist auch im degradierten Busch und auf Kulturland zu finden.



Abb. 9. Baobab (*Adansonia grandidieri*, Bombacaceae), endemisch in W-Madagaskar, Morondava. Foto C. A. Burga (2006).

Fig. 9. Baobab (*Adansonia grandidieri*, Bombacaceae), endemic tree in W-Madagascar, Morondava. Photograph C. A. Burga (2006).

## 5.2 Floristische Zusammensetzung und Struktur des Trockenwaldes von Kirindy (nach RAKOTONIRINA, 1996, und SORG & ROHNER, 1996)

### 5.2.1 Artenvielfalt und Struktur

Der Trockenwald bei Morondava (W-Madagaskar) besteht aus über 200 Holzarten. Für die Artenzusammensetzung

und Waldstruktur ist der Boden entscheidend. Die Baumhöhen betragen 12–15 m, an feuchteren Stellen 20–25 m.

Die floristische Zusammensetzung sieht wie folgt aus: 168 Arten (mit Stammdurchmesser >20 cm), 124 Gattungen, 42 Familien. Die häufigsten Pflanzenfamilien sind (gegliedert von artenreich zu artenarm): Euphorbiaceae, Caesalpiniaceae, Anacardiaceae, Flacourtiaceae, Rubiaceae, Moraceae, Bignoniaceae, Melinaceae. Dickste Stämme (Durchmesser >20 cm) bilden *Commiphora* spec. (Bursaceae), *Securinega seyrigii* (Euphorbiaceae), *Poupartia silvatica* (Anacardiaceae), *Baudouinia fluggeiformis* (Caesalpiniaceae), *Dalbergia* spec. (Fabaceae), *Cedrelopsis* spec. (Ptaeroxylaceae).

#### Zum Schichtaufbau der Trockenwälder:

- Strauchschicht/Baumaufwuchs (bis 5 m): 5000 bis 19000 Stämme pro ha (Stammdurchmesser <10 cm); z. B. *Securinega* spec., *Bauhinia* spec., *Strychnos* spec., *Baudouinia* spec., *Cedrelopsis* spec. Einige Arten sind immergrün. Häufigste Gattungen: *Cedrelopsis* spec. (*C. gracilis*) und *Securinega* spec. (*S. seyrigii*); lokal sind Lianen verbreitet. Bambus und *Pandanus* spec. wachsen an periodisch überfluteten Stellen. Geophyten: *Tacca* spec., *Dioscorea* spec., *Amorphophallus* spec. Gräser und Kräuter fehlen weitgehend.
- Untere Baumschicht (mittleres Stratum, 6–12 m): 350 bis 400 Stämme pro ha. Dominant: *Strychnos* spec., *Grewia* spec., *Baudouinia* spec., *Securinega* spec., *Colubrina* spec., *Berchemia* spec., *Dalbergia* spec.
- Obere Baumschicht (>12 m hohe Bäume): 10 bis 50 Stämme pro ha, Stammdurchmesser >25 cm. Alle Bäume sind laubwerfend. Dominante Gattungen: *Adansonia* spec., *Delonix* spec., *Dalbergia* spec., *Commiphora* spec., *Poupartia* spec., *Cordyla* spec., *Gyrocarpus* spec., *Hernandia* spec., *Colvillea* spec., *Broussonetia* spec.
- Lokal dominieren *Commiphora* spec. (Bursaceae), *Poupartia* spec. (Anacardiaceae) und *Colvillea* spec. (Fabaceae). Die dicksten Stämme bilden *Commiphora* spec., *Dalbergia* spec. und *Cordyla* spec. Wasserspeichernde Stämme (Pachycaulie) haben *Adansonia* spec., *Delonix* spec. und *Givotia* spec. Der menschliche Einfluss beruht auf Feuer, Rodungen und Landwirtschaft.

### 5.2.2 Der laubwerfende Trockenwald des Nationalparks Kirindy (W-Madagaskar)

Der Trockenwald von Kirindy liegt ca. 55 km nördlich von Morondava, 20 km vom Meer entfernt auf 20–40 m ü. M. Es dominieren sand- und tonreiche Böden (Vertisole). Die

hohen Temperaturen und der nur saisonal Wasser führende Kirindy-Fluss erfordern eine Anpassung an den grossen Trockenstress (SORG & ROHNER, 1996).

Nachfolgend einige klimatische und phänologische Eckdaten zu diesem gut erforschten tropischen Trockenwald (SORG & ROHNER, 1996):

- a) Klima: Jahresmitteltemperatur (Morondava): 24.7°C, mittleres Temperaturmaximum: 30.7°C (Minimum: 19.0°C). Heisse, nasse Jahreszeit (Sommer): November bis März/April; kühlere, trockene Jahreszeit (Winter): Mai bis August; Übergangszeit: warm mit gelegentlichem Regen von September bis Oktober. Jahresniederschlag: 767 mm (Maximum: 1511 mm, Minimum: 390 mm).
- b) Phänologie: erste Blüten im Juni/Juli (Min.), März bis Mai (Max.); erste Blätter im September/Oktober (Min.), Dezember bis Mai (Max.); volles Laub im Oktober/November (Min.), Februar bis Mai (Max.).
- c) Floristische Zusammensetzung des Trockenwaldes: vgl. Kap. 5.2.1.

## 6 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Zum Schluss seien einige Bemerkungen zur Waldzerstörung angefügt. Dieses grosse und wichtige Thema Madagaskars kann hier im Rahmen dieser kurzen Übersicht nur angedeutet werden. Allein die Angaben zur ursprünglichen natürlichen Waldfläche Madagaskars und die entsprechenden Abholzungsflächen bzw. -raten weisen grosse Abweichungen auf, je nach den berücksichtigten Kriterien und nach den verwendeten Quellen. Im Verlauf der letzten ca. 1000 Jahre wurden etwa drei Viertel der ursprünglichen Waldfläche gerodet, d. h. eine Reduktion von ca. 12 Mio ha auf ca. 3 Mio ha (nach GLOBAL BIODIVERSITY, 1992, waren es auf 1985 bezogen 11,2 Mio ha bzw. 3,8 Mio ha). Nach neueren Quellen (GOODMAN & BENSTEAD, 2003) variieren die Angaben zur ursprünglichen Waldfläche zwischen 20 Mio ha (für das Jahr 1895) und 5,8 Mio ha (für das Jahr 1990); für den Zeitraum 1998–1999 werden 17,3 Mio ha angegeben. Je nach Quelle und Jahr schwanken die jährlichen Entwaldungsraten zwischen 150 km<sup>2</sup> (FAO/UNEP, 1988) und 1 110 km<sup>2</sup> (auf Grund von Luft- und Satellitenbildern von 1950–1985). Die kritischen Vegetationskarten von HUMBERT (1961) und RAUH (1994) stellen die Reste der natürlichen Waldflächen dar. Ein Grossteil der Insel wird heute durch Brandkultur und Abholzung bedingtes Grasland eingenommen. Einen recht bedeutenden Anteil der waldfreien Flächen machen zudem Reis- und Gemüse-

kulturen sowie durch die Entwaldung bedingte Erosionsflächen (Lavaka) aus. Die Hauptursachen dieser starken Entwaldung sind Brandrodungen (Schaffung von Grasland für über 10 Mio Zeburinder), Holzgewinnung und der nicht zu unterschätzende Toten- bzw. Rinderkult (Ausführliches dazu z. B. bei BITTNER, 1992).

## Dank

Meinem älteren Fachkollegen, Prof. Dr. Frank Klötzli (Institut für Integrative Biologie, Pflanzenökologie der ETH Zürich), danke ich bestens für seine Ergänzungen zur Gebirgsvegetation Madagaskars.

## 7 LITERATUR

- APPERT, O. 1973. Die Pteridophyten aus dem Oberen Jura des Manamana in Südwest-Madagaskar. Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 94. Basel. 62 S., 90 Taf.
- APPERT, O. 2010. Die fossile Makroflora der Unterkreide (Haute-rivian) von Manja in Südwest-Madagaskar. Farne und Schachtelhalme (Filicatae und Equisetatae). Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 129. Basel. 80 S., 24 Taf.
- BATTISTINI, R. & RICHARD-VINDARD, G. 1972. Biogeography and Ecology in Madagascar. Monographiae biologicae, 21. The Hague.
- BAUM, D.A. 1996. The Ecology and Conservation of the Baobabs of Madagascar. Primate Report, 46–1, 311–327.
- BITTNER, A. (Ed.) 1992. Madagaskar. Mensch und Natur im Konflikt. Basel, 268 pp.
- BLÖSCH, U., BOSSHARD, A., SCHACHENMANN, P., RABETALIANA SCHACHENMANN, H., KLÖTZLI, F. 2002. Biodiversity of the subalpine forest – grassland ecotone of the Andingitra Massif, Madagascar. In: «Mountain Biodiversity. A Global Assessment», C. KÖRNER & E.M. SPEHN (Eds.), pp. 165–175. Parthenon Publishers, London, 336 pp.
- BURGA, C.A. & ZANOLA, S. (Hrsg.) 2007. Madagaskar – hot spot der Biodiversität. Exkursionsbericht und kurze Landeskunde. Schriftenreihe Physische Geographie, Bodenkunde und Biogeographie, 55. Zürich, 201 pp.
- CABANIS, Y., CHABOUIS, L. & CHABOUIS, F. 1969 und 1970. Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes. Tome 1–4. Bureau pour le développement de la production agricole, Tananarive. 1342 pp.
- CAPURON, R. 1957. Introduction à l'étude de la flore forestière de Madagascar. Paris, 125 pp.
- CHRISTENSEN, C. 1932. The Pteridophyta of Madagascar. Dansk. Bot. Arkiv, 7. 253 pp.

- DONQUE, G. 1975. Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar. Antananarivo.
- GARBUTT, N. 1999. Mammals of Madagascar. Sussex.
- GLOBAL BIODIVERSITY 1992. Global Biodiversity. Status of the Earth's Living Resources. World Conservation Monitoring Centre. London. 585 pp.
- GOODMAN, S.M. & BENSTEAD, J.P. (eds.) 2003. The Natural History of Madagascar. Chicago, London. 1709 pp.
- HENKEL, F.-W. & SCHMIDT, W. (Hrsg.) 1995. Amphibien und Reptilien Madagaskars, der Maskarenen, Seychellen und Komoren. Stuttgart. 311 pp.
- HUMBERT, H. 1961. Méthodes de la cartographie de la végétation. Colloques Internationaux du C.R.N.S., Paris.
- HUMBERT, H. & AUBREVILLE, A. 1936–1975. Flore de Madagascar et des Comores. Paris, 82 vols.
- JOLLY, A., OBERLÉ, P. & ALBIGNAC, R. 1984. Key Environments Madagascar. UCN, Oxford, 239 pp.
- KOECHLIN, J., GUILLAUMET, J.-L. & MORAT, P. 1974. Flore et végétation de Madagascar. Flora et vegetatio mundi, 5. Vaduz, 687 pp.
- LANGRAND, O. 1990. Guide to the Birds of Madagascar. London, 364 pp.
- MITTERMEIER, R.A., KONSTANT, W.R., HAWKINS, F., LOUIS, E.E., LANGRAND, O., RATSIMBAZAFY, J., RASOLOARISON, R., GANZHORN, J.U., RAJAOBELINA, S., TATTERSALL, I. & MEYERS, D.M. 2006. Lemurs of Madagascar. Conservation International, Tropical Field Guide Series, Columbian. 20 pp.
- MOAT, J. & SMITH, P. (eds.) 2007. Atlas of the Vegetation of Madagascar. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew. 124 pp.
- OBERLÉ, P. (ed.) 1981. Madagascar, un sanctuaire de la nature. Antananarivo, Madagascar. 118 pp.
- PERRIER DE LA BÂTHIE, H. 1921. La végétation malgache. Annales du Musée colonial de Marseille. Marseille, 268 pp.
- PERRIER DE LA BÂTHIE, H. 1936. Biogéographie des plantes de Madagascar. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris. 156 pp.
- PETIT, M. 1998. Présentation physique de la Grande Ile Madagascar. Institut Géographique et Hydrographique National, Antananarivo. Agence de la francophonie, Paris.
- PEZZOTTA, F. 1999. Madagaskar – Ein Paradies voll mit Mineralien und Edelsteinen. extraLapis, 17. München, 96 pp.
- PRESTON-MAFHAM, K. 1991. Madagascar, a natural history. Oxford, New York. 224 pp.
- RAKOTONIRINA, B. 1996. Composition and structure of a dry forest on sandy soils near Morondava. Primate Report, 46–1, 81–87.
- RAUH, W. 1973. Über die Zonierung und Differenzierung der Vegetation Madagaskars. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaft und der Literatur, Mainz. Tropische und subtropische Pflanzenwelt 1. Wiesbaden, 146 S.
- RAUH, W. 1994. Madagaskar: Ein Naturdenkmal in Gefahr. Akademie-Journal. Mitteilungsblatt der Konferenz der Deutschen Akademien der Wissenschaften, 2, 29–36.
- RAUH, W. 1997. Succulent and xerophytic plants of Madagascar. Mill Valley, California. 2 vols.
- SCHATZ, G.E. 2001. Flore Générique des Arbres de Madagascar. Royal Botanic Garden, Kew & Missouri Botanical Garden. London. 477 pp.
- SORG, J.-P. & ROHNER, U. 1996. Climate and Tree Phenology of the Dry Deciduous Forest of the Kirindy Forest. Primate Report, 46–1, 57–80.
- STRAKA, H. 1996. Histoire de la végétation de Madagascar oriental dans les derniers 100 millénaires. Biogéographie de Madagascar, 1996, 37–47.

Prof. Dr. Conradin A. Burga, Geographisches Institut der Universität Zürich-Irchel, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, E-mail:conradin.burga@geo.uzh.ch