

# 18 Chilenische Anden

Mary T. K. Arroyo,  
Francisco Squeo,  
Lohengrin Cavieres  
und Clodomiro Marti-  
corena  
(Übersetzung aus  
dem Englischen von  
Conradin A. Burga und  
Margrit Wegmann)

## LANDSCHAFT UND KLIMA

### Einleitung

Als Chilenische Anden werden die W-Hänge wie auch einige Gipfel auf der O-Seite der Cordillera de los Andes von den Subtropen etwa 18° S bis zur Subantarktis etwa 55° S bezeichnet (Fig. 18.1). Seit dem Pliozän/Pleistozän hat sich auf der ganzen Länge der Chilenischen Anden eine besondere Gebirgs-Vegetation entwickelt, die unter dem Namen „Anden-Vegetation“ bekannt ist. Diese andine Zone gehört zu einem großen Teil zu Chile und umfasst zwei Haupt-Ve-

getationsstufen, nämlich die subandine und die hochandine Stufe (Fig. 18.2). Gemäß den regional variierenden klimatischen Verhältnissen weist die Anden-Vegetation auf der W-Seite der Anden eine große Differenzierung nach dem Breitengrad auf und gilt als sehr vielfältig bezüglich Fortpflanzung, Bestäubungsmechanismen und Blütenfarbe (ARROYO et al. 1987, ARROYO & SQUEO 1990). Diese Hochgebirgsvegetation der Chilenischen Anden, die von den Subtropen bis in die kühl-gemäßigte Klimazone reicht, stellt ein Modell-System dar für die Entwicklung von Hochgebirgsvegetation in verschiedenen Breitengraden; gleichzeitig

**Geographische Lage:** 17° bis 55° S/67° bis 70° W, westliches S-Amerika, Chile

**Gesamtausdehnung:** Untere Grenze der alpinen Zone: 400 m (äußerster S) bis 5000 m (äußerster N), durchschnittliche Höhe der alpinen Zone 3000 m (rund 130 000 km<sup>2</sup>, genaue Fläche unbekannt)

**Höchste Berge:** Ojos del Salado (6893 m), Nevado Tres Cruces (6753 m), Volcán Llullaillaco (6739 m), Incahuasi (6620 m), Volcán Tupungato (6570 m). Der westliche Hang des Aconcagua (6956 m) gehört zu Chile, der Gipfel zu Argentinien

**Erstbesteigungen:** Ojos del Salado: J. Wojsznis und J. Szczepanski (1937); Nevado Tres Cruces: W. Paryski und S. Osiecki (1937); Volcán Llullaillaco: B. González und J. Harseim (1952); Incahuasi: W. Penck (1913); Tupungato: M. Zurbriggen und S. Vines (1937); Aconcagua: M. Zurbriggen (1897)

**Hydrographie:** Nördliche Chilenische Anden: einer der großen Flüsse ist der Río Loa; zahlreiche hochgelegene Salzseen (z.B. Salar de Suriri, Salar de Ascotán, Salar de Atacama, Salar de Punta Negro, Salar de Pedernales; Salar de Maricunga). Zentralchilenische und südliche Anden: Nebenflüsse zu zahlreichen mittleren und großen Flussbetten (z.B. Río Huasco, Río Choapa, Río Aconcagua, Río Maipo, Río Tinguiririca, Río Maule, Río Biobío, Río Futaleufú. Südliche Chilenische Anden: Zahlreiche große Seen (z.B. Lago Villarrica, Lago Ranco, Lago Puyehue, Lago Llanquihue, Lago Todos Los Santos), tiefer als die alpine Zone gelegen

**Bevölkerung:** Aymara (Nördliche Chilenische Anden)

**Wichtige Tourismusorte:** Wichtigste Städte in den Höhenregionen

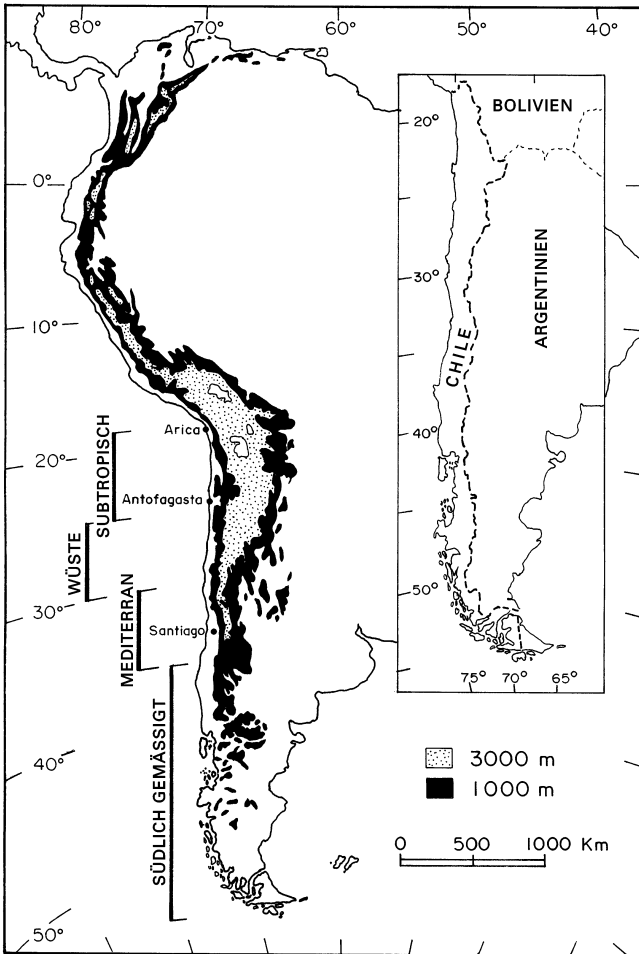
sind Putre, Parínacota, Ollagüe und San Pedro de Atacama. Die einzigen Städte in der alpinen Zone im zentralen und südlichen Chile sind Skiorte (z.B. Portillo, Farellones, La Parva, Valle Nevado, Termas de Chillán). Weniger als 20 000 Einw. leben in dieser Höhenstufe

**Schutzgebiete:** PN Lauca (1970): 137 883 ha; Parque Volcán Isluga (1967): 174 744 ha; PN Llullaillaco (1995): 262 000 ha; PN Nevado de Tres Cruces (1994): 59 082 ha; PN Laguna del Laja (1958): 11 600 ha; PN Conguillío (1950): 60 832 ha; PN Tolhuaca (1935): 6374 ha; PN Villarrica (1940): 61 000 ha; PN Puyehue (1941): 106 772 ha; PN Vicente Pérez Rosales (1926): 253 789 ha; PN Quelat (1983): 154 093 ha; PN Laguna San Rafael (1954): 1 742 000 ha; PN Torres del Paine (1959): 242 242 ha. Nicht alle Parks befinden sich vollständig in der alpinen Zone, s. Seiten 218/219

**Touren-Vorschläge:** Die meisten Schutzgebiete sind mit Fahrzeugen (z.T. 4 x 4) erreichbar; mehrere lokale Flugplätze; lokale Führer und Reitpferde. Die meisten Gipfel sind nur für geübte Alpinisten. Nördliche Chilenische Anden sind sehr trocken, die südlichen nass und windig

**Artenvielfalt:** Alpiner Gürtel: rund 1700 Gefäßpflanzenarten

**Bücher-Tipp:** ARROYO et al. (1982b), ARROYO et al. (1984), ARROYO et al. (1992), ARROYO et al. (1998), HOFFMANN et al. (1998). CONAF (1995): Guía de Parques Nacionales y otras áreas protegidas de Chile. Impresora Creces, Ltda, Santiago. CORTÉS, TORRES-MURA, CONTRERAS, PINO (1995): Fauna de Vertebrados de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, 108 S. HUECK (1966): Die Wälder Südamerikas



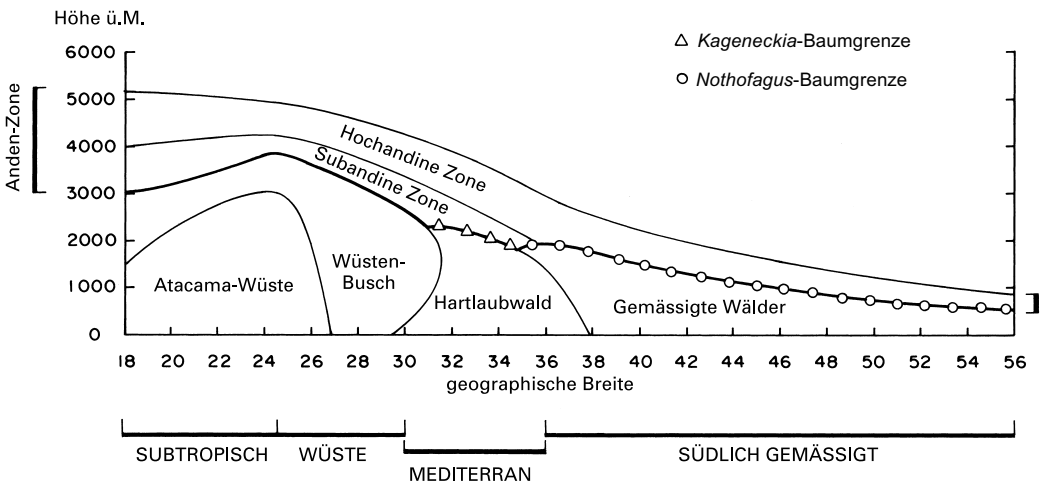
zeigt sich die große Komplexität beim Vergleich mit anderen Gebirgsregionen der Erde (s. v. a. Bolivien, insbesondere für die Verbreitung von *Polylepis*).

## Hochanden

Die Anden sind durch die Subduktion der Nazca-Platte unter die S-Amerika-Platte entstanden. Es handelt sich mehrheitlich um junge Gebirgszüge. Der Altiplano in N-Chile befand sich z. B. noch bis etwa vor

**Fig. 18.1** Flächenanteile der Cordillera de los Andes von über 1000 m und 3000 m Meereshöhe mit den Staatsgrenzen von Chile (Original M.T.K. ARROYO et al. 2001)

**Fig. 18.2** Schematische Darstellung der subandinen und andinen Stufe nach geographischer Länge und Breite auf der chilenischen Seite der Cordillera de los Andes. Die Baumgrenze kann etwas höher oder tiefer als eingezeichnet verlaufen, je nach Exposition und Kontinentalität. Obwohl in Zentral-Chile bis 38°S mediterranes Klima herrscht, legt das Vorkommen von subantarktischen *Nothofagus*-Arten bis 35/36°S nahe, dass bei 36°S die sinnvollere Südgrenze der Mediterranzone der Anden sein dürfte (Original M.T.K. ARROYO et al. 2001)

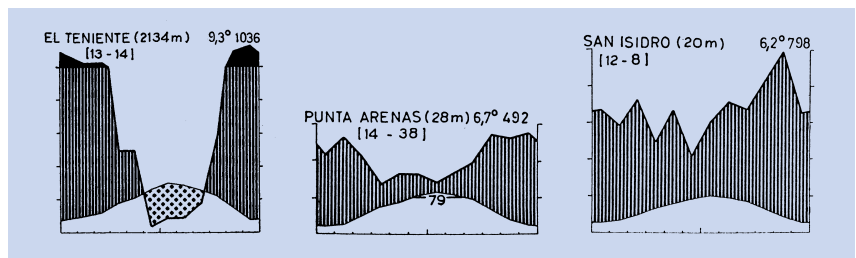




**Foto 18.1** *Araucaria araucana*, ein typisches Nadelholz Süd-Chiles zwischen 37 und 40° S; im Hintergrund der Vulkan Lanin (3776 m) östlich Valdivia; links Südbuchen-Bestände von *Nothofagus antarctica*. Foto: A. Stapfer 1991

60 Mio. Jahren auf Meereshöhe (GREGORY-WODZICKI 2000). Die W-Kordilleren hatten vor etwa 18 bis 25 Mio. Jahren nicht mehr als die Hälfte der heutigen Höhe erreicht. Es wird angenommen, dass die Haupterhebung mit 2300 bis 3500 m Höhenzuwachs ab Miozän bis heute stattfand, wobei die Hebungsrate etwa 0,1 bis 0,3 mm/J. betrug (GREGORY-WODZICKI 2000). Verwerfungen bei der Subduktion der Nazca-Platte hatten verschiedene Zonen mit vulkanischer Tätigkeit zur Folge, was zu großer landschaftlicher Vielfalt und hoher Diversität an Substraten beitrug. In Chile finden wir Vulkanismus im äußersten N (28° S) und südl. 33 1/2° S mit einer Konzentration von Vulkanen nördlich von 42° S; viele Vulkane entstanden in der Zeit Pliozän bis Quartär (Foto 18.1, DÉRUELLE & DÉRUELLE 1974).

Um die Ökosysteme der Chilenischen Anden und ihre Biodiversität zu verstehen, muss man v.a. die Wechselwirkungen zwischen den Anden und der atmosphärischen Zirkulation beachten. Nördlich von 24 bis 25° S sind die Anden trocken und liegen im subtropischen Niederschlagsbereich (ARROYO et al. 1988). Die Trockenheit tendiert dazu, von O gegen W und von N gegen S zuzunehmen. Die nördlichen Anden erzeugen einen Regenschatten, indem sie feuchte Luft der südlichen Ausläufer der Innertropischen Konvergenzzone zum Aufsteigen und Abkühlen an der O-Flanke zwingen. Beim Abgleiten der Luftmassen an der W-Seite gegen den Pazifik erfolgt eine zusätzliche Austrocknung durch die kalte Meeresoberfläche des Humboldt-Stroms, was ein extrem trockenes Klima in



**Foto 18.2** *Calandrinia affinis* (Portulacaceae), ein verbreitetes selbstbefruchtendes Kraut mit sukkulenten Blättern, gefunden in einem hochandinen Moor der zentralen chilenischen Anden auf 3300 m. Aufnahme unterhalb Cerro Franciscano, 3300 m, 33° S. Foto: Mary T. K. Arroyo

den unteren Lagen zur Folge hat. In den Hochanden fällt der Niederschlag meist in den Sommermonaten, während die Wintermonate kalt und trocken sind. Eine saisonale Schneedecke kommt nur oberhalb 4000 m vor. Während die Tages-Temperaturunterschiede sehr hoch sind, sind die Jahresschwankungen eher gering.

Südlich von 24 bis 25° S ändert sich das Klima an der W-Flanke der Anden in abrupter Weise. Hier fällt der Niederschlag, gesteuert von der Polarfront, hauptsächlich in den Wintermonaten (ARROYO et al. 1988, GROSJEAN et al. 1995). Zwischen 25° S und etwa 30° S schwächt sich der Einfluss der Polarfront ab, und die Hochanden sind – wie im subtropischen Abschnitt – extrem trocken, Wälder fehlen in den unteren Lagen. Von 30° bis 38° S ist das Klima vorwiegend mediterran mit Hartlaubwäldern in tieferen Lagen. Südlich von 38° S herrscht ganzjähriger Niederschlag vor, und die Hochlagen erhalten ansehnliche Niederschlagsmengen während den Sommermonaten, was geschlossenen Waldwuchs in den unteren Lagen ermöglicht. Parallel zur Zunahme des JN gegen S geht eine Verkürzung der Vegetationsperiode einher. In den nördlichen subtropischen Anden, wo Schnee nur vorübergehend liegen bleibt, wachsen und blühen die Pflanzen praktisch das ganze Jahr über (ARROYO et al. 1990). Bei 33° S bildet sich ab Juli eine Schneedecke, die bis Mitte September oder Anfang Oktober liegen bleibt (ARROYO et al. 1981). Bei 50° S kann der Schnee schon im März/April fallen, wobei er nicht vor Ende November schmilzt, so dass die Vegetationsperiode auf 3 bis 4 Monate schrumpft.

## FLORA UND VEGETATION

### Anden-Vegetation

Die andine Zone wird in zwei Haupt-Vegetationsstufen unterteilt (Fig. 18.2). Diese werden jedoch von azonalen hochandinen Mooren unterbrochen, wo Juncaceae und



Cyperaceae (z. B. *Distichlis*, *Oxychloe*, *Eleocharis*, *Scirpus*) zusammen mit ausdauernden Kräutern (z. B. *Calandrinia affinis*, Foto 18.2) dominieren. In der subandinen Stufe wird innerhalb der verschiedenen Klimasektoren ein deutlicher Wandel der Artengarnitur beobachtet; dabei scheinen die breitenbedingten floristischen Abweichungen auf der chilenischen Seite größer zu sein als auf der argentinischen Flanke (ARROYO et al. 1982a, VILLAGRÁN et al. 1983). Generell ist die Anden-Vegetation eher nicht zusammenhängend, und sogar in den untersten Lagen ist die Bodenbedeckung meist < 100%. Verholzung ist weit verbreitet, doch dichte hohe Rasen- und Krautvegetation, wie sie in den Gebirgen der N-Hemispäre und in Neuseeland häufig vorkommt, ist hier eher ungewöhnlich. Auch wenn der Artenreichtum in der Regel mit zunehmender Höhe abnimmt, kehrt sich diese Tendenz in den unteren Lagen der andinen Zone aufgrund der extremen Trockenheit der Tieflagen ins Gegenteil (ARROYO et al. 1988).

### Subandine Stufe

Die subandine Stufe (oder subandiner Busch) wird im ganzen Gebiet durch Sträucher und Zwergsträucher geprägt. In den nördlichen subtropischen Anden (18 bis 25° S), wo diese Stufe bei 18° S zwischen 3000 und 4000 m liegt und im S auskeilt, entspricht der **subandine Busch** der Puna-Vegetation. Dominante Lebensformen bilden harzreiche Sträucher wie *Fabiana*, *Ephedra*, *Diplostephium*, *Junellia*, *Chuqui-*





**Foto 18.3** *Anarthrophyllum cumingii* (Fabaceae), ein teils bienenbestäubter, teils selbstbefruchtender Strauch, dominant im oberen Teil der subandinen Stufe der mediterranen chilenischen Anden. Aufgenommen am La Parva, 2700 m, 33°S. Foto: Mary T. K. Arroyo

*raga*, *Baccharis*, *Senecio*, *Mutisia* und *Adesmia*. Auch wenn wir nicht von einer eigentlichen Baumgrenze sprechen können, finden sich isolierte Gruppen von *Polylepis rugulosa* eingebettet im Puna-Gürtel bei 18° S. Dieses Vegetationsbild erinnert an eine ähnliche Situation in der Subparamo-Stufe unmittelbar über der Baumgrenze der nördlichen tropischen Anden (LUTEYN 1999). Im Wüstenbereich der zentralen chilenischen Anden (25 bis 30° S) werden in der subandinen Stufe *Adesmia* und *Ephedra* dominant (SQUEO et al. 1994). Im mediterranen Sektor (30 bis 36° S) breitet sich gleich über der offenen Baumgrenze, gebildet aus der baumartigen Rosaceae *Kageneckia angustifolia*, eine subalpine, subtropisch getönte Strauchvegetation aus. Die vorherrschenden Sträucher bilden hier runde Dornpolster, wie z. B. *Anarthrophyllum* (Foto 18.3), *Chuquiraga*, *Nardophyllum*, *Berberis* und *Mulinum*. Bei etwa 36° S wird diese subalpine Strauchvegetation allmählich durch einen **Nothofagus-Wald** ersetzt, dies beginnt in den westlichen Bergketten, wo subantarktische *Nothofagus*-Arten ihre nördliche Ausdehnung erreichen. Auch wenn eine deutliche subandine Stufe in den südlichen gemäßigten Anden nur schwer ausgemacht werden kann, finden sich wieder Spuren an der trockenen O-Grenze der Kordilleren in der Magellan-Region, wo Baumarten fehlen (ARROYO et al. 1989) und typische subandine Sträucher

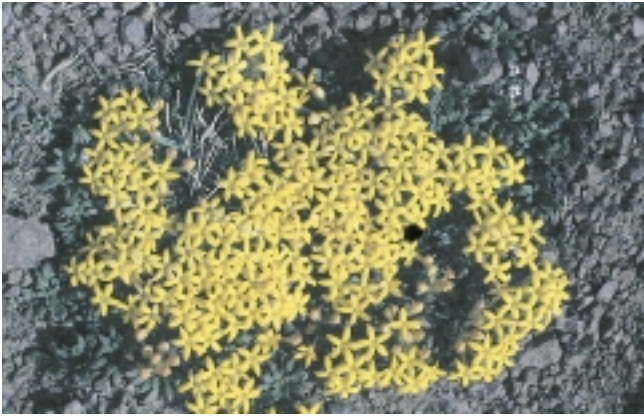
(wie *Berberis empetrifolia*) oberhalb der **Nothofagus-Baumgrenze** verbreitet sind. Auf der ganzen Gebirgslänge weist die subandine Strauchvegetation neben den dominierenden Sträuchern eine stattliche Reihe von (z. T. einjährigen) Krautarten aus den Gattungen *Chaetanthera*, *Leucheria*, *Adesmia*, *Stachys*, *Oxalis*, *Phacelia*, *Valeriana* und *Sisymbrium* auf. Die subandinen Arten werden hauptsächlich durch eine Vielzahl von Bienen, Schmetterlingen und Fliegen bestäubt, welche die größte Diversität in den mediterranen Anden aufweisen (ARROYO et al. 1982a; ARROYO et al. 1987).

### Hochandine Stufe

Mit zunehmender Höhe wird die subalpine Strauch-Vegetation durch die Hochanden-Vegetation ersetzt, und zwar im N Chiles oberhalb 4000 m, gegen S in immer tieferen Lagen und im südlichen Zipfel bereits oberhalb 500 m (Fig. 18.2). Die Hochanden-Stufe wird meist in **Hochanden-Steppe** und **-Wüste** unterteilt.

### Hochanden-Steppe

Die Vegetation der Hochanden-Steppe ist von niedrigem Wuchs und besteht vorwiegend aus **Kissenpolsterpflanzen**, Kriechsträuchern und/oder Tussock-Gräsern, begleitet von einer großen Vielfalt an ausdauernden Kräutern und Zwergsträuchern. Im subtropischen N dominieren die langlebige Polsterkissenpflanze *Azorella compacta* und *Pycnophyllum*-Arten; diese werden von verschiedenen Arten der Gattungen *Werneria*, *Astragalus*, *Senecio* und *Nototriche* begleitet. Flecken von *Polylepis tarapacana* sind vereinzelt bis in 4700 m und bis 21°41' S zu finden. Im Wüstensektor der Anden werden Hochkissen von z. B. *Azorella compacta* durch kriechende oder niederliegende Dornsträucher von *Adesmia* und *Junellia* ersetzt. In den mediterranen Breiten sind Arten der Gattungen *Azorella*, *Laretia* und *Oreopolus* von Bedeutung (Foto 18.4). Polsterkissenarten dieser Gattungen zusammen mit Dominanz von *Bolax gum-*



**Foto 18.4** *Oreopolus glacialis* (Rubiaceae), eine häufige, selbstunverträgliche Kissenpolsterpflanze, die in der Hochanden-Steppe von den südlichsten gemäßigten Anden bis in die mediterranen Anden von Zentral-Chile gefunden werden kann. Aufgenommen bei Cerro Diente, 50°S, 850 m, Torres del Paine Nationalpark. Foto: Mary T. K. Arroyo

**Foto 18.5** Typische Kissenpolster-Heide knapp über der *Nothofagus pumilio*-Baumgrenze mit einigen *N. antarctica* (Fagaceae) in etwa 700 m. Hellgrüne Polster: *Bolax gummifera* (Apiaceae, zweihäusig), niederliegender dunkler Strauch: *Empetrum rubrum* (Empetraceae, meist zweihäusig). Aufgenommen auf dem Cerro Momia, Feuerland, 54°S, 850 m. Foto: Mary T. K. Arroyo



*mifera* und *Empetrum rubrum* (Foto 18.5) sind in der südlichen gemäßigten Zone verbreitet. Harte **Tussock-Gräser** dominieren weite Flächen der Hochanden-Steppe im trockeneren Bereich der nördlichen subtropischen Zone und der Wüstenregion. Auch Gräser kommen auf durchlässigem Boden in höheren Lagen auf einigen Vulkanen vor; die wichtigsten Gattungen sind *Festuca*, *Stipa*, *Deuyeuxia* und *Poa*. Das Vorkommen von Zuwachsringen zeigt an, dass viele der Grasarten zählebig sind. Bei den tiefen Temperaturen der Hochanden-Steppe nimmt die Bestäubungshäufigkeit durch Bienen ab, während jene durch Fliegen und Schmetterlinge zunimmt (ARROYO et al. 1982a, ARROYO & SQUEO 1990). Viele Pflanzenarten in der Hochanden-Steppe sind zweihäusig oder gynodiözisch (ARROYO & SQUEO 1990).

Südlich 36° S beginnt die Hochanden-Steppe direkt oberhalb des geschlossenen temperierten Waldes, der eine sehr deutliche Baumgrenze bildet. Diese steigt von etwa 1900 m im nördlichen Teil auf etwa 500 m am südlichen Ende hinunter, wobei

die Baumgrenze in den östl. kontinentalen Gebirgen höher verläuft. An der **Waldgrenze** stocken v. a. *Nothofagus pumilio* als aufrechte, laubabwerfende Bäume oder Krummholz und *N. antarctica*, ein deutliches Band von knorrigen Bäumen und Krummholz über laubabwerfendem *N. pumilio* oder immergrünem *N. betuloides* bildend. Hie und da treten auch Baumarten wie *Araucaria araucana*, *Nothofagus obliqua* und *Austrocedrus chilensis* als hohe Bäume an der Waldgrenze auf; *Pilgerodendron uviferum* bildet zusammen mit *N. betuloides* das **Krummholz** auf der feuchteren Seite der westlichen maritimen Gebirge der südlichen Kanalzone (WARDLE 1999).

### Hochanden-Wüste

Die Hochanden-Wüste ist ein ungenauer Begriff, der sich auf die dünnbesiedelte subnivale Zone über der Hochanden-Steppe bezieht. Die Grenzen dieses Wüstengebietes können in den Chilenischen Anden nicht genau gezogen werden; sie reichen bis > 5000 m im N Chiles und liegen bei 800 bis 1000 m im äußersten S der Anden. Hier finden sich üblicherweise verstreute ausdauernde Kräuter und Gräser. Typische Gattungen der andinen Wüste sind *Senecio*, *Nassauvia*, *Festuca*, *Stipa* und *Poa*. Auf dieser Höhe fällt die Bestäubung durch Bienen und Schmetterlinge praktisch weg, es dominiert die Bestäubung durch Fliegen und Wind.

### Vergleich mit den alpinen Gebieten der Nordhemisphäre

Wie weit ist die eben beschriebene Zone der Chilenischen Anden vergleichbar mit dem alpinen Raum der N-Hemisphäre? Diese Frage gewinnt an Bedeutung in einer Zeit, in der globale Vergleiche der Biodiversität von Hochgebirgen auf zunehmendes Interesse stoßen. Die Antwort auf diese Frage ist sehr stark von der Definition der alpinen Zone abhängig. Wenn die potenziell-natürliche Höhenlage der Baumgrenze als Untergrenze der alpinen Stufe definiert wird

(KÖRNER 1999), dann müssten die andine Steppe und die Hochanden-Wüste über der *Nothofagus*-Baumgrenze südlich von 36° S in den südlichen gemäßigten Chilenischen Anden als alpin angesehen werden. In Zentral-Chile, wo die subandine Stufe über der natürlichen Baumgrenze von *Kageneckia angustifolia* auftritt, würde die alpine Vegetation (wie es meist gehandhabt wird, s. CAVIERES et al. 2000; MUÑOZ-SCHICK 2000) sowohl den subandinen Busch wie auch die Hochanden-Steppe und -Wüste einschließen. Die dominanten Sträucher des subandinen Busches (z. B. *Chuquiraga oppositifolia*, *Mulinum spinosum*) können in den Küstengebirgen auch oberhalb der natürlichen *Nothofagus obliqua*-Baumgrenze auftreten. In Gebieten nördlich von etwa 31° S, wo in Hochlagen keine Baumarten vorkommen, können nur durch Analogien Vergleiche vorgenommen werden. So wird die Puna-Stufe und der dazwischenliegende subandine Wüstenbusch als homolog mit dem subandinen Busch über der *Kageneckia angustifolia*-Baumgrenze in Zentral-Chile angesehen. Damit ist dies ein Argument, die Puna-Stufe und den subandinen Wüstenbusch als „alpin“ zu bezeichnen.

Wenn jedoch auf der N-Hemisphäre die typischen ökophysiologischen Grenzen für den Baumwuchs zur Abgrenzung der alpinen Vegetation angewandt werden, kommen wir zu einem anderen Schluss. WARDLE (1999) gibt an, dass an der *Nothofagus*-Baumgrenze im südlichen S-Amerika die Durchschnitts-Temperatur des wärmsten Monats zwischen 6,2 und 7,2°C schwankt. Auch wenn diese Temperaturen etwas tiefer liegen als die Standard-10°C-Isotherme des wärmsten Monats für die Baumgrenze der N-Hemisphäre (KÖRNER 1999), könnte jede Vegetation oberhalb der *Nothofagus*-Baumgrenze mit der alpinen Vegetation der N-Hemisphäre verglichen werden. Jedoch zeigen Klimadaten zu den zentralen Chilenischen Anden (33° S) (CAVIERES & ARROYO 1999), dass die *Kageneckia*-Baumgrenze ziemlich weit unter der



klimatischen Baumgrenze der N-Hemisphäre liegt.

Basierend auf Monatstemperaturen kann durch Extrapolation die Durchschnitts-Temperatur des wärmsten Monats (Februar) für die Baumgrenze in 2000 bis 2100 m bei 15 bis 16°C festgelegt werden, während ein Monatsmittel von 10°C auf 2783 m zu liegen käme. Diese Höhe entspricht recht genau der Untergrenze der Hochanden-Steppen-Stufe. Wenn wir weiter nördlich in die Wüstenzone der Anden kommen, entspricht bei etwa 30° S der wärmste Monat mit 10°C einer Höhe von etwa 3750 m. Diese Höhenlinie liegt gemäß SQUEO et al. (1994) dort in der Mitte des Hochanden-Steppen-Gürtels. Noch weiter nördlich, in den subtropischen Anden, käme das Monatsmittel 10°C mitten in die Puna-(subandine) Stufe zu liegen (s. ARROYO et al. 1990).

KÖRNER (1999) schlägt vor, zur Bestimmung der Baumgrenze eher die Temperaturen der Vegetationsperiode als die des wärmsten Monats zu wählen, und ist der Ansicht, dass global gesehen sich die meisten Baumgrenzen im Temperatur-Bereich von 5,5 bis 7,5°C bewegen. Wird bei 33° S (ARROYO et al. 1980) eine Vegetationszeit von Oktober bis Mai angenommen, so würde eine Monatsmittel-Temperatur in den mediterranen Chilenischen Anden etwa 7 °C betragen und damit einer Höhenlage von etwa 2800 m entsprechen, also wiederum ziemlich höher als die effektive Baumgrenze der Hochanden-Steppen-Stufe. In den nördlichen subtropischen Anden mit ganzjähriger Vegetationsperiode kann die JT angewendet werden. In 18° S in N-Chile käme die 7 °C-Isotherme auf 3700 m in die subandine Stufe zu liegen, also fast 300 m tiefer als die untere Grenze des Hochanden-Steppen-Gürtels (VILLAGRÁN et al. 1982).

Eine Zone mit einer 5,5°C-Isotherme würde in 3900 m Höhe liegen, also ziemlich nahe der 4000 m-Grenze der andinen Steppen-Stufe. Diese Vergleiche deuten darauf hin, dass die subandine Stufe aufgrund ih-

res Vorkommens oberhalb der Baumgrenze zu Recht als „alpin“ bezeichnet werden kann. Die subandine Gebüsch-Stufe der Chilenischen Anden könnte als „penalpine“ Stufe nach WARDLE (1999) angesehen werden. Dies wird gestützt durch das Vorkommen von exotischen Pappeln bis 500 m über der natürlichen *Kageneckia angustifolia*-Baumgrenze und auch durch gelegentliche Reliktbestände des *Austrocedrus chilensis*-Nadelholzes des subandinen Busches.

Diese komplexe Situation in den Chilenischen Anden zeigt, dass strenge physiognomische Konvergenzen zwischen den Hochgebirgen der verschiedenen Erdteile nicht immer erwartet werden können. In jeder Region wird die Vegetation der Hochgebirgstufe den Stempel der ökophysiologischen Grenze der Tiefland-Baumvegetation tragen wie auch den Grundstock von möglichen Neubesiedlern. Diese Unterschiede zwischen Gebirgsregionen bedingen das regionale Ausmaß an Biodiversität oberhalb der Baumgrenze.

## Biodiversität und Naturschutz

Zur Zeit gibt es keine umfassende Liste der Flora zu den Chilenischen Anden. Doch publizierten kürzlich HOFFMANN et al. (1998) einen Teil der Flora (vorwiegend mediterrane Anden), und zwar gemäß der ungefähren Grenzen der andinen Zone. Floren-Listen für einzelne Regionen, Gebirge und Schutzzonen mit andiner Vegetation findet man bei VILLAGRÁN et al. (1981), ARROYO et al. (1982b, 1984, 1989), FREIBERG (1985), SQUEO et al. (1994), TEILLIER et al. (1994) und MUNOZ-SCHICK et al. (2000). Noch laufende Untersuchungen lassen vermuten, dass möglicherweise 1700 bis 1800 einheimische Gefäßpflanzen-Arten in den drei andinen Stufen vorkommen dürften, zu welchen noch etwa 100 eingeführte Arten hinzukommen. Diese Zahlen lassen den Schluss zu, dass ein bedeutender Anteil der einheimischen Pflanzenarten in





**Foto 18.6** Der holozäne Schildvulkan Osorno (2652 m) südöstlich von Valdivia-Temuco. Im Vordergrund Südbuchenwald, im Hintergrund Araucarien-Wald und die aktuelle Schneegrenze. Foto: E. Triller 1992

Chile v.a. in der andinen Stufe vorkommt, wobei nicht alle allgemein verbreitet sind, sondern einige nur am Rande der andinen Zone auftreten. Um einen übersichtlichen Vergleich mit der alpinen Zone der N-Hemisphäre zu ermöglichen, würde das Weglassen der Arten aus der subandinen Stufe den Anteil der Hochgebirgsarten erheblich reduzieren. Die wichtigsten Pflanzenfamilien der andinen Flora sind Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae und Poaceae. Andere wichtige Familien sind: Brassicaceae, Solanaceae und Portulacaceae. Typisch für eine junge Flora sind zahlreiche Gattungen mit ausgeprägter Radiation, wie z.B. *Senecio*, *Haplopappus*, *Nassauvia*, *Adesmia*, *Valeriana*, *Oxalis*, *Azorella* und *Viola*. Unter einigen dieser Gattungen (z.B. *Senecio* und *Viola*) finden wir auch viele Endemiten, von denen einige nur auf der Chilenischen Seite der Anden vorkommen; allerdings sind Lokal-Endemiten in der Vegetation selten dominant. Viele der verbreiteten Arten besiedeln sowohl die O- wie die W-Seiten der Anden.

Aus der nachfolgenden Liste von Schutzzonen, die größere Gebiete mit andiner Vegetation umfassen, ist ersichtlich, dass die Vegetation der Chilenischen An-

den einen recht guten Schutz genießt. Trotzdem bestehen in den verschiedenen Sektoren bedeutende Unterschiede in der Abdeckung durch Schutzzonen, wobei v.a. die Wüstenregion schlecht wegkommt. SQUEO et al. (2001) haben kürzlich zwei neue Schutzzonen im südlichen Teil der Anden-Wüste vorgeschlagen. Noch ist nicht bekannt, welchen Anteil der andinen Flora Chiles diese Naturschutzzonen ausmachen, denn Untersuchungen zur alpinen Biodiversität beschränken sich auf wenige Parks und sind oft unvollständig (z. B. MUÑOZ 1980, ARROYO et al. 1992, 1998; FREIBERG 1985, TEILLIER et al. 1994).

## Nationalparks, Naturreservate

**Liste von Schutzzonen** in den Chilenischen Anden:

- Lauca National Park (137883, st)
- Las Vicuñas National Reserve (209131, st)
- Surire National Monument (11298, st)
- Volcán Isluga National Park (174744, st)
- Los Flamencos National Reserve (73986, st)

- Lluillailaco National Park (262000, st/W)
- Nevado Tres Cruces National Park (59082, W)
- Yerba Loca Santuario de la Naturaleza (10500, m)
- El Morado National Monument (3009, m)
- Río Clarillo National Reserve (10185, m)
- Río de los Cipreses National Reserve (35582, m)
- Ñuble National Reserve (55948, m/sg)
- Laguna del Laja National Park (11600, m/sg)
- Malalcahuello National Reserve (17530, sg)
- Alto Biobío National Reserve (35000, sg)
- Lago Galletué National Reserve (107540, sg)
- Huerquehue National Park (12500, sg)
- Conguillio National Park (60832, sg)
- Tolhuaca National Park (6374, sg)
- Villarrica National Reserve (60005, sg)
- Villarrica National Park (61000, sg)
- Puyehue National Park (106772, sg)
- Vicente Pérez Rosales National Park (253780, sg)
- Hornopiren National Park (48232, sg)
- Queulat National Park (154093, sg)
- Isla Magdalena National Park (157640, sg)
- Laguna San Rafael National Park (1742000, sg)

- Bernardo O'Higgins National Park (3525901, sg)
  - Torres del Paine National Park (242242, sg)
  - Alberto de Agostini National Park (1460000, sg).
- ( ) = Fläche in ha, st = subtropisch, W = Wüste, m = mediterran, sg = südlich gemäßigt.

Die Flächenangaben entsprechen der Gesamtfläche der Schutzzone und beinhalten damit zusätzlich zur andinen Vegetation auch andere Vegetationstypen. Einige noch wenig bekannte Schutzzonen in der andinen Steppe Patagoniens und an der Tundra-Grenze in den südlichen gemäßigten Anden sind hier nicht aufgeführt, obwohl sie vermutlich auch andine Vegetation aufweisen.

## DANKSAGUNG

Dieser Beitrag wurde durch den Chilenischen Wissenschaftsrat (M.T.K. Arroyo) und durch FONDECYT-Stipendien 19890705 (M.K. Arroyo) und 1000364 (L. Cavieres) ermöglicht. Diese Übersicht ist ein Teil des Forschungsprojekts „Millennium Center for Advanced Studies in Ecology and Research on Biodiversity“, finanziert durch das Millennium-Stipendium Nr. P99-103-FICM.