Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

12 Immerfeuchte Subtropen

12.1 Verbreitung

Die Verbreitung der Immerfeuchten Subtropen ist ähnlich fragmentiert wie diejenige der Winterfeuchten Subtropen: Die einzelnen Vorkommen verteilen sich ebenfalls auf fünf Kontinente (Abb. 12.1), liegen dort aber mit einer Breitenlage von 25 bis 35° etwas äquatornäher und – auffallenderer Unterschied – strikt auf den Ostseiten der Festlandsmassen. Die Einzelvorkommen addieren sich auf eine Gesamtfläche von 6 Mio. km^2, d.i. ein Festlandsanteil von 4%.

Äquatorwärts grenzen die Immerfeuchten Subtropen an die Immerfeuchten oder an die Sommerfeuchten Tropen, **polwärts** an die Feuchten Mittelbreiten. In beiden Richtungen können **thermische Kriterien** zur Abgrenzung dienen. Als Schwellenwert gegen-

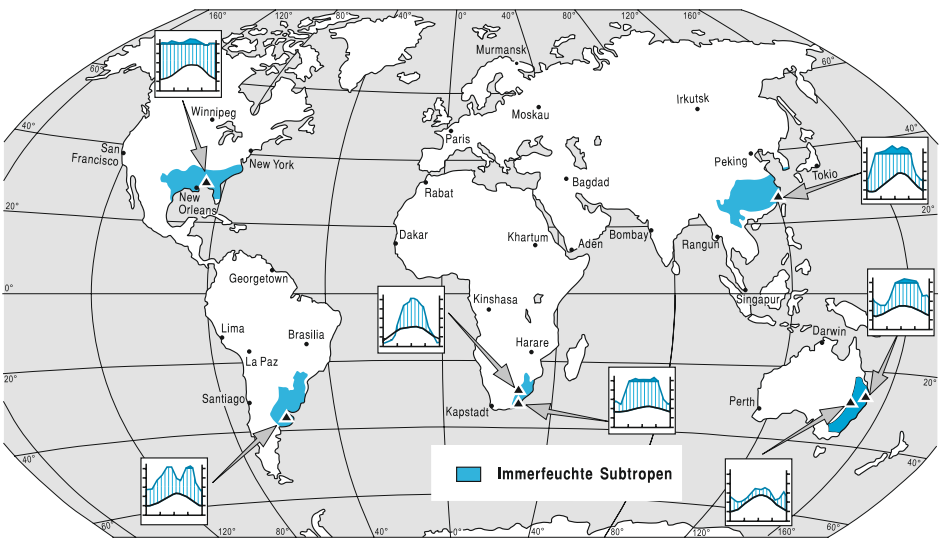


Abb. 12.1
Immerfeuchte Subtropen. Die einzelnen Vorkommen liegen auf beiden Hemisphären an den Ostseiten der Kontinente, jeweils etwa zwischen 25 und 35° Breite.

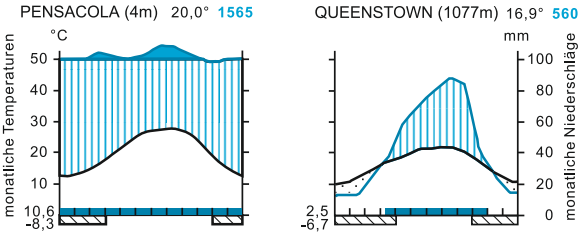


Abb. 12.2
Klimadiagramme von zwei Stationen aus den Immerfeuchten Subtropen. Das Diagramm von Pensacola in den südöstlichen USA (31°N und 87° W) zeigt die Verhältnisse der Immerfeuchten Subtropen i.e.S.: Die Niederschläge sind ganzjährig hoch (mit einem schwachem Maximum im Sommer); die Lufttemperaturen fallen im Winter deutlich ab (auffallendster Unterschied gegenüber den Immerfeuchten Tropen), bleiben aber mehr oder weniger weit oberhalb von +5 °C (allerdings können während mehrerer Monate Fröste auftreten = schräg schraffierte Balken unter der X-Achse). Das Diagramm für das südafrikanische Queenstown, das etwa 150-km von der Ostküste entfernt im Landesinneren gelegen ist, steht demgegenüber für die westwärts an die Immerfeuchten Subtropen i.e.S. anschließenden Übergangsgebiete. Die humide Zeitspanne umfasst die Sommermonate, die Wintermonate sind subhumid.

über den Immerfeuchten und den Sommerfeuchten Tropen gilt die absolute Frostgrenze oder die 18 °C-Isotherme des kältesten Monats, jeweils im Tiefland. Die Grenze zu den Feuchten Mittelbreiten verläuft etwa dort, wo die sommerliche Erwärmung in weniger als 4 (seltener 5) Monaten Mitteltemperaturen von mindestens +18 °C erreicht und die Mitteltemperatur des kältesten Monats +5 °C, in einigen (kontinentalen) Gebieten +2 °C unterschreitet. Im Gegensatz zu den Immerfeuchten Tropen besitzen die Immerfeuchten Subtropen eine thermisch bedingte saisonale Periodizität des Pflanzenwachstums, jedoch ist diese schwächer ausgeprägt als in den meisten Teilgebieten der Feuchten Mittelbreiten.

Nach Westen, also in Richtung auf die kontinentalen Binnenländer, schließen nach einer häufig mehrere 100 km breiten *Übergangszone* die Tropisch/subtropischen Trockengebiete an. Charakteristisch für diese Übergangszone ist eine kontinuierliche Abnahme sowohl der jährlichen Niederschlagssummen (auf ein das Pflanzenwachstum zunehmend limitierendes Maß) als auch der humiden Zeitspanne (wie sie sich nach den gängigen Humiditätsindices errechnet), wobei zunächst die Wintermonate und dann auch immer mehr Sommermonate arid werden, bis schließlich Wüstenklimate folgen können.

Die **Grenze zu den Tropisch/subtropischen Trockengebieten** wurde in diesem Übergangsbereich recht willkürlich dorthin gelegt, wo die Zahl der humiden Monate (p[mm] ≥ 2t[°C]) unter 5 fällt und Dornsteppen an die Stelle von Gras- und Waldsteppen treten. Dieser Schwellenwert ist vertretbar, da die *Sommerregengebiete mit wenigstens 5 humiden Monaten* auch trockenzeitlich nennenswerte Niederschläge erhalten (in den Klimadiagrammen bleiben die Niederschlagskurven während der regenarmen Monate nur knapp unter den Temperaturkurven; Abb. 12.1 und 12.2); das heißt, eine *echte* Trockenzeit fehlt, vielmehr lediglich subhumide/semi-aride Perioden mit den humiden abwechseln. Viele trockenangepasste Pflanzenarten vermögen unter diesen Bedingungen ganzjährig zu wachsen, für sie ist das Klima in Maßen immerfeucht.

12.2 Klima

Entgegen der sonst für die Tropen/Subtropen geltenden Regel, wonach die Niederschläge vom Äquator bis über die Wendekreise hinaus abnehmen, so dass zunächst Savannengürtel und danach Wüstengürtel auf den äquatorialen Regenwaldgürtel folgen, bleiben die Regenmengen an den Ostseiten der Kontinente ganzjährig hoch. Dort

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

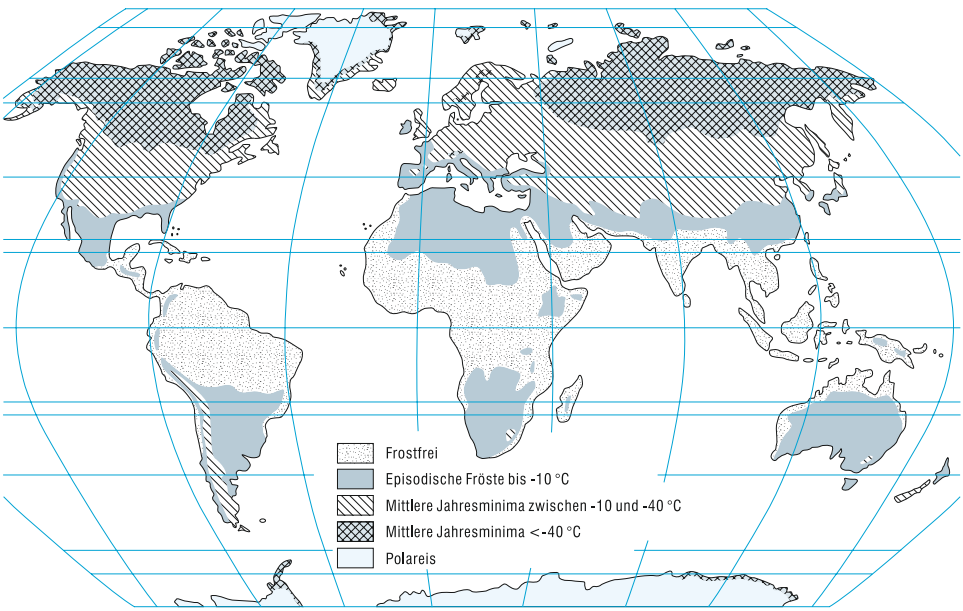
können daher in einer Breitenzone Regenwälder gedeihen, in der sonst nur Savannen, Wüsten oder – an den Westseiten der Kontinente – Hartlaubformationen vorkommen.

Diese **West-Ost-Asymmetrie** hängt mit monsunalen Effekten zusammen. Im Sommer der jeweiligen Halbkugel bauen sich über den Kontinenten Hitzetiefs (Monsuntiefs) auf, die ozeanische wasserdampfhaltige Luftmassen von Osten her landeinwärts ziehen. Konvektive Vorgänge über dem Festland lassen dann kräftige Schauerregen entstehen. Sie begründen das für diese Bereiche typische Sommermaximum der Niederschläge (**sommerfeuchte Ostseiten-Klimate**). Mit zunehmender Entfernung von den Küstengebieten werden die Luftmassen trockener, und die Niederschlagstätigkeit nimmt ab. Dies erklärt, warum eine *ost-westliche Humiditäts- und Vegetationsabfolge* an die Stelle der sonst in den Tropen/Subtropen vorherrschenden breitenzonalen tritt.

Die **winterlichen Niederschläge** treten im Zusammenhang mit Kaltlufteinbrüchen auf, die auf der Nordhalbkugel aus den sich über Zentralasien und dem mittleren Nordamerika aufbauenden Kältehochs stammen. Sie fallen gelegentlich als Schnee, doch bilden sich in der Regel keine bleibenden Schneedecken.

Beim Einfließen kontinental-arktischer Kaltluft (in den USA als *Northern* bezeichnet) sinken die Temperaturen kurzfristig stärker ab als zur gleichen Zeit auf den Westseiten der Kontinente (wobei die mittleren Monatstemperaturen aber trotzdem über +5 °C bleiben).

Abb. 12.3
Verbreitung von Frösten auf der Erde (LARCHER u. BAUER 1981). Die Immerfeuchten Subtropen gehören zu den Erdregionen mit episodischen Frösten bis –10 °C. Die Belastung, die aus tieferen Frösten für die Vegetation und mehr noch für die mehrjährigen Kulturen herrührt, ist im Vergleich zu den kühleren, frostreicheren Ökozonen besonders groß, da viele subtropische Nutzpflanzen (aufgrund des mangelnden Anpassungsdruckes) nur geringe Frostverträglichkeiten aufweisen. Entsprechend stark können die Frostschäden sein.



Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

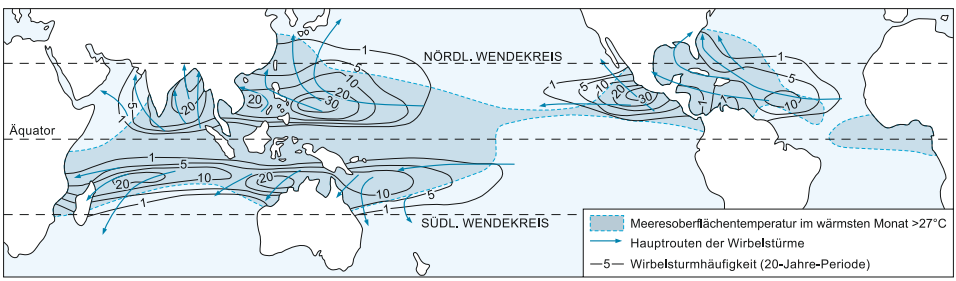
Die winterliche Einschränkung des Pflanzenwachstums ist daher ausgeprägter als in den Winterfeuchten Subtropen, doch kommt es für die meisten Arten nicht zu einer vollständigen Vegetationsruhe nennenswerter Dauer. Vereinzelte **Fröste**, mit denen in jedem Winter zu rechnen ist, verhindern aber den Anbau frostempfindlicher Arten während des Winters und können Dauerkulturen mäßig frostempfindlicher Baumarten, wie z.B. Citrus, gefährden, falls es (in seltenen Fällen) zu besonders tiefen Frösten kommt (Abb. 12.3). Die Sommer sind andererseits bei hoher Einstrahlungsenergie heiß, vergleichbar den Immerfeuchten Tropen und den Sommerfeuchten Tropen zur selben Zeit (Abb. 12.2).

12.3 Relief und Gewässer

Nach der Morphodynamik bilden die Immerfeuchten Subtropen keine eigenständige Zone; vielmehr nehmen sie entsprechend den hygrothermischen Verhältnissen eher eine Mittelstellung zwischen den Immerfeuchten Tropen und den Feuchten Mittelbreiten ein. Charakteristisch ist eine tiefgründige chemische Verwitterung, die allerdings nicht ganz so fortgeschritten ist wie in den Immerfeuchten Tropen (statt Ferralsole nur Acrisole). Der subtropische Regenwald, weniger üppig und hoch entwickelt als der tropische Regenwald, bietet geringeren Abtragungsschutz; eine Zerrunsung der Hänge ist daher häufiger.

Für einige Inseln und Küstengebiete ist das gelegentliche Auftreten **verheerender Zyklonen** charakteristisch (Boose et al. 1994), so beispielsweise im Bereich des amerikanischen Mittelmeeres und der nordamerikanischen Ostküste (Hurricanes) sowie im südöstlichen Ostasien (Taifune) (Abb. 12.4). Für diese Zyklonen sind Stürme mit extrem hohen Windstärken (häufig weit über 150 km h^{-1}) und Starkregen größter Intensität (mehrere 100 mm h^{-1}) charakteristisch. Auch wenn diese Wirbelstürme in den betroffenen Gebieten nur ziemlich selten auftreten, muss ihnen dennoch eine hohe, teilweise weit landeinwärts reichende, zerstörerische Wirkung durch Bodenabtrag, Überschwemmungen und Sturmschäden an Vegetation, Pflanzungen und Gebäuden zugerechnet werden.

Abb. 12.4
Verbreitung und Häufigkeit von tropischen Wirbelstürmen (aus Reading et al. 1995). Auf der Nordhalbkugel erreichen diese Wirbelstürme auch die subtropischen Ostseiten der Kontinente, also die küstennahen Vorkommen der Immerfeuchten Subtropen.



Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

12.4 Böden

Vgl. hierzu auch Kap 14.4.1. *Die Böden der Sommer- und Immerfeuchten Tropen und Subtropen – allgemein.*

Die für die Immerfeuchten Subtropen charakteristischen zonalen Bodentypen gehören zu den gewöhnlich rotfarbenen **Acrisolen**. Für diese ist – ähnlich wie bei den Luvisolen und Lixisolen – diagnostisch, dass eine Lessivierung zu einem Tonanreicherungshorizont (argic B-Horizont) geführt hat, allerdings mit dem Unterschied, dass dessen Kationenaustauschkapazität (KAK) und Basensättigung (BS) niedriger als 24 cmol(+) kg^{-1} Ton bzw. 50% sind. Bei den beiden anderen Böden liegt die BS darüber und bei den Luvisolen auch die KAK (vgl. Tab. 14.1). Die niedrige KAK und BS der Acrisole sind als Folge einer langanhaltenden (fortgeschrittenen) Bodenentwicklung unter feuchtwarmem Klima zu verstehen. Der Bodenname (lat. *acer* = sauer) bezieht sich auf die mit der tiefgründigen Verwitterung und Basenauswaschung einhergehende starke Versauerung (pH-Werte ≤ 5).

Ferrallitisierung und Desilifizierung haben generell zu einer Dominanz von **Tonen niedriger Aktivität** (LACs) (vor allem Kaolinit) geführt, doch können (im Gegensatz zu Ferralsolen) auch noch kleine Mengen von 2:1-Tonmineralen (Illit) auftreten. Vormals den Acrisolen zugerechnete Böden mit höheren HAC-Gehalten (Chlorite, Smectite, Vermiculite) und dementsprechend höheren KAK (≥ 24 cmol(+) kg^{-1}) Ton, die aber aufgrund hoher Aluminiumanteile an den Kationenbelägen ebenfalls nur geringe Basensättigungen und damit extrem saure Bodenreaktionen aufweisen, werden in der WRB-Klassifikation seit 1998 als eigene Refererenzbodengruppe (RSG) mit der Bezeichnung **Alisole** (lat. *aluminium*) geführt.

Sowohl in den Acrisolen als auch in den Alisolen können feinverteilte Fe-Oxide und -Hydroxide mehr als 10% des Feinbodens ausmachen, und auch Gibbsit (Al-Hydroxid) ist meist reichlich vertreten; der Gehalt an silikatischem Schluff ist dagegen niedrig. In der Sandfraktion dominieren Quarze. Verwitterbare Minerale (Silikate) sind höchstens mäßig, weithin kaum vorhanden. Die Humusgehalte des Oberbodens sind überwiegend niedrig, andernfalls von geringer Basensättigung (dann umbric A-Horizonte).

12.5 Vegetation

12.5.1 Strukturmerkmale

Die potentielle natürliche Vegetation besteht in den küstennahen Gebieten und an den luvseitigen Berghängen, wo durchweg ganzjährig hohe Niederschläge fallen, aus üppigen, immergrünen Laubwäldern (Regenwäldern), die wegen höherer Anteile von Lauraceae und der häufig ledrigen Blatteigenschaften ihrer (laurophyllen = lorbeerblättrigen) Gehölze als Lorbeerwälder bezeichnet werden. Deren Blätter

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

sind ziemlich fest (aber nicht so hart wie bei sklerophyllen Gehölzen mediterraner Bäume), mäßig groß (Magnolientypus), ganzrandig, glänzend und von eiförmiger Gestalt. Die höchsten Bäume erreichen 20 bis 30 m. Unter dem obersten Kronendach folgt mindestens ein zweites blattreiches Stockwerk. Die bodennahe Feldschicht ist dagegen weitgehend unbesetzt. Baumfarne, epiphytische Farne und Lianen sind häufig vertreten. HEGARTY (1991) nennt als Anteile von **Lianen** in einem Regenwald bei Brisbane gut 2% an der Summe der Stammkreisflächen und rund 5% an der stehenden Phytomasse. Noch höher liegen die Lianenanteile, wenn man ihre Blattmassen mit denen der Bäume vergleicht. Entsprechend größer ist dann auch ihr Beitrag zum Streufall (Tab. 12.1). In ihrer Gesamterscheinung ähneln die immergrünen Lorbeerwälder den tropischen Regenwäldern, sind allerdings nicht ganz so hoch und viel artenärmer.

Weiter landeinwärts (westwärts) folgen im Maße abnehmender Niederschlagsmengen zunächst halbimmergrüne winterkahle) Feuchtwälder (saisonale Lorbeerwälder) und darauf laubabwerfende Monsun- oder Trockenwälder. Anstelle von Wäldern können auch Hochgrasfluren aus C3- und C4-Pflanzen auftreten. Dies ist insbesondere in den südhemisphärischen Teilgebieten der Fall, wie z. B. in dem breiten Landstreifen vom brasilianischen Campo bis zur argentinischen Pampa humeda sowie in den küstenferneren Gebieten im östlichen Südafrika.

In allen Teilgebieten der Immerfeuchten Subtropen sind die Umgestaltungen durch den Menschen weithin derart fortgeschritten, dass der ursprüngliche Vegetationscharakter kaum noch zu rekonstruieren ist. Bedenkt man, dass die Floren in allen Vorkommen deutlich voneinander abweichen,[1] so ist wahrscheinlich, dass auch die physiognomische Vegetationsgliederung ursprünglich regionale Unterschiede aufwies (ganz abgesehen von edaphischen Faktoren, die im Einzelnen

Tab. 12.1. Struktur- und Umsatzmerkmale eines subtropischen Regenwaldes bei Brisbane, Australien (HEGARTY 1991). Der Anteil von Lianen an der Blattmasse und dem jährlichen Blattfall übersteigt (aufgrund übermächtiger Kronenentwicklung) bei weitem die Anteile, die diese Lebensform an den Stammkreisflächen und der Phytomasse besitzt.

Lebensformen	Artenzahl (ha^{-1})	Stammkreisfläche ($m^2\ ha^{-1}$)	Stammzahl >0,1 m Höhe (ha^{-1})	Stehende Phytomasse ($t\ ha^{-1}$)	Blattmasse ($t\ ha^{-1}$)	Blattfall ($t\ ha^{-1}\ a^{-1}$)
Bäume und Sträucher	100	68,05	10 565	426	6,89	4,74
Lianen	42	1,56	5 771	21	2,52	1,47
Gesamt	142	69,61	16 336	447	9,41	6,21

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

großen Einfluss gehabt haben mögen). Nach wie vor ist auch ungeklärt, ob die Grasfluren in Südamerika und Südafrika auf natürliche Art entstanden sind oder auf anthropogene Eingriffe zurückgehen.

12.5.2 Bestandesvorräte und -umsätze eines halbimmergrünen Eichenwaldes in den südöstlichen USA

Die Darstellung folgt einer Zusammenfassung, die von Monk u. Day (1988) unter Beachtung von Untersuchungsergebnissen (im Wesentlichen aus den 70er-Jahren) zahlreicher Wissenschaftler erstellt wurde. Kleinere Unstimmigkeiten in den vorgelegten Zahlen mussten hier leider übernommen werden.

Der untersuchte Wald liegt in den südlichen Appalachen im **Coweeta Basin, North Carolina**, und damit im Grenzgebiet zu den Feuchten Mittelbreiten. In seinem Baumbestand herrschen sommergrüne Eichen vor. **Der Anteil immergrüner Baum- und Straucharten** wird, gemessen an der Blatttrockenmasse, auf 20 bis 35% geschätzt. Die hieran beteiligten Arten sind *Rhododendron maximum, Kalmia latifolia, Tsuga canadensis, Pinus rigida, Ilex opaca und Leucothoe axillaris* var. *editorum*. Davon stellen die beiden erstgenannten Arten fast ein Drittel der Blattmasse des Waldes, wobei ihr Anteil an der gesamten Blattfläche des Waldes (im Mittel 6,2 m^2 pro Quadratmeter Waldfläche) aber deutlich niedriger liegt, denn ihre *Specific Leaf Area* (Verhältnis von Blattfläche zu Blatttrockenmasse) ist mit 75 $cm^2\ g^{-1}$ nur etwa halb so groß wie bei den wechselgrünen Gehölzen.

Auch der Anteil, den immergrüne Blätter an der Mineralstoffmenge in der gesamten Blattmasse des Waldbestands haben, ist geringer als ihr Trockenmassenanteil, weil sie im Vergleich zu den kurzlebigeren Blättern tropophytischer Gehölze niedrigere Mineralstoffgehalte aufweisen.[2]

Die oberirdische **Phytomasse** ist mit 139,9 t ha^{-1} vergleichsweise klein, die unterirdische mit 51,4 t ha^{-1} dagegen hoch (Abb. 12.5). Die Erklärung liegt vermutlich in der Dezimierung der oberirdischen

---

[1] Die vier südhemisphärischen Teilgebiete gehören wenigstens drei verschiedenen Florenreichen an (Neotropis, Paläotropis und Australis; Neuseeland nimmt zumindest eine Sonderstellung zwischen Paläotropis und Antarktis ein); die beiden nordhemisphärischen Teilgebiete sind zwar einem gemeinsamen Florenreich (Holarktis) zugehörig, liegen aber extrem weit auseinander und hatten spätestens seit dem Pliozän keine Verbindung mehr miteinander.

[2] Den niedrigeren Mineralstoffgehalten von Blättern immergrüner Gehölze entspricht ein geringerer Mineralstoffbedarf für die Blattbildung (pro Blattmasse). Dies sowie die Längerlebigkeit der ‘immergrünen’ Blätter (d.h. geringerer Aufwand für die Neubildung von Blättern pro Jahr) begründen die Überlegenheit immergrüner Arten auf nährstoffarmen Böden. Größere Bestandsanteile von immergrünen Arten sind daher nicht immer klimatisch, sondern eventuell auch edaphisch (mit der Nährstoffarmut des Standortes) zu erklären. Tatsächlich sind nährstoffarme Böden für die südlichen USA charakteristisch, erkennbar an den niedrigen Austauschkapazitäten und Basensättigungen (s.o.).

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

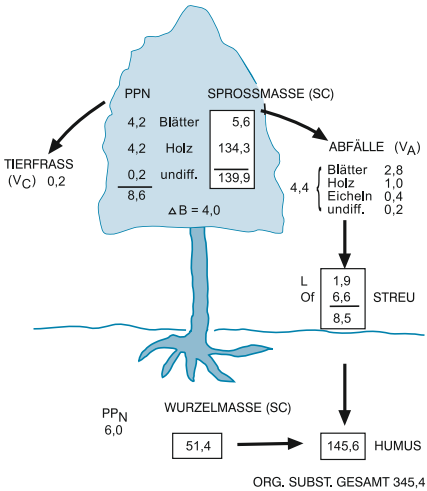


Abb. 12.5
Bestandesvorräte (t ha^{-1}) und -umsätze (t ha^{-1} a^{-1}) an organischer Substanz in einem halbimmergrünen Eichenwald im Coweeta Basin von North Carolina, USA (Monk u. Day 1988); SC = Standing Crop, ΔB = Bestandszuwachs.

Baumschicht durch Holzeinschlag zu Anfang des Jahrhunderts und der fast vollständigen Ausrottung von (früher dominierenden) Kastanien durch Krankheitsbefall in den 30er-Jahren. Die jährliche **Primärproduktion** erreicht insgesamt 14,6 t ha^{-1} (davon 8,6 t oberirdisch). Die Verluste der oberirdischen Phytomasse erfolgen zu 4,4 t ha^{-1} über Abfälle (V_A) und zu 0,2 t ha^{-1} über Fraß durch herbivore Arthropoden (V_C). Die Differenz beider Verlustquellen zur $PP_{N\ (Baumschicht)}$ bildet den oberirdischen Bestandszuwachs (ΔB), beträgt also 4 t ha^{-1}. Der untersuchte Wald befindet sich damit in einem produktiven Jugend- oder frühen Reifestadium (Abb. 5.3).

Der hohe Anteil der Blattmasse (5,6 t ha^{-1}) und die positive Differenz von Blattproduktion (4,2 t ha^{-1} a^{-1}) und Blattfall (2,8 t ha^{-1} a^{-1}) lassen die große Bedeutung *immergrüner* Holzpflanzenarten erkennen. Auch der unmittelbare Vergleich von Blattmasse und Blattfall macht dies deutlich; Letzterer umfasst nur die Hälfte der Blattmasse.

Die **Streuvorräte** (L- und Of-Horizonte) am Waldboden erreichen 8,5 t ha^{-1}. Bei einem Streuanfall von 4,4 t ha^{-1} a^{-1} bedeutet dies, dass die Zersetzungsdauer der Streuauflage knapp zwei Jahre beträgt (Zersetzungsrate 52%). Am Streufall haben Blätter mit 64% den höchsten Anteil.

Die **in der Phytomasse eingebundenen Mineralstoffmengen** liegen für K, Ca und P, teilweise erheblich über den im Boden (in Lösung oder an Austauschern) verfügbaren; lediglich bei N und Mg sind die in mineralischer Form verfügbaren (für N: auch organisch eingebundenen) Bodenvorräte größer (Abb. 12.6). Die hohen Anteile der in der Vegetation befindlichen Mineralstoffe an den insgesamt am Kreislauf teilnehmenden Mineralstoffen sind charakteristisch für viele der subtropischen Regen- und Feuchtwälder.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Der **Mineralstoffbedarf** für die Primärproduktion wird zu einem beachtlichen Teil durch *Resorption* (Retranslokation) von Mineralstoffen aus den Blättern ($M_{\Delta BL}$) vor deren Abwurf bereitgestellt (vgl. Kasten 5, Seite 81). Für die einzelnen Elemente lassen sich diese Anteile aus den Mineralstoffdifferenzen von ausgewachsenen und alten Blättern (kurz vor oder nach ihrem Abwurf) abzüglich der *Auswaschungsverluste* (M_R) wie folgt abschätzen (jeweils kg ha^{-1} a^{-1}): N 56,5; K 13,5; Mg 3,4 und P 3,1; Ca wird nicht resorbiert (-0,5). Vergleicht man diese Werte mit denen der *Mineralstoffaufnahme* aus dem Boden, so errechnen sich die Beiträge der Resorption zu den (für die PP_N) insgesamt verfügbaren (d.i. aus dem Boden aufgenommenen und aus den alternden Blättern resorbierten) Mineralstoffen (M_{PPN}) für N mit 54%, für P mit 26%, für Mg mit 25% und für K mit 21%. In entsprechender Höhe kann sich die Mineralstoffaufnahme aus dem Boden (M_{BO}) verringern.

Die **Mineralstoffgehalte des jährlichen (bleibenden) Bestandszuwachses** ($M_{\Delta B}$) (also ohne Blattproduktion und ohne Abfälle, das sind oberirdisch: 4 t ha^{-1} a^{-1}) ergeben sich aus der Differenz von Mineralstoffaufnahme und -abgabe. Als Ergebnis zeigt sich, dass lediglich 6 bis 9% der aus dem Waldboden aufgenommenen Mengen von N, Mg, Ca und K in den bleibenden Zuwachs gehen, nur bei P sind es gut 25%; in absoluten Zahlen N: 6,7; Mg: 0,9; Ca: 4,5; K: 4,9 und P: 3,0, jeweils in kg ha^{-1} a^{-1}. Dies macht deutlich, wie verschwenderisch der Mineralstoffverbrauch bei der Bildung der relativ kurzlebigen Blätter und wie sparsam er andererseits bei der Holzproduktion abläuft.

Der Mineralstoffmenge des Bestandszuwachses entspricht ein Verlust des **Bodenvorrates** in gleicher Höhe. Unter der Annahme konstanter Zuwachsraten lässt sich ausrechnen, wie lange ein gegebener Vorrat im Boden ausreicht. Im beschriebenen Falle würde Ca 138 Jahre, K-95-Jahre, Mg 517 Jahre, P 12,5 Jahre und N 1031 Jahre verfügbar bleiben.

Die **Rückführung der Mineralstoffe zum Boden** erfolgt zu einem nennenswerten Anteil über die *Kronenauswaschung* mit dem Tropfwasser und den *Stammablauf*. In besonderem Maße gilt dies für K^+, bei dem diese beiden Flüsse (zusammen: M_R) die Rückführung per Streufall (M_{VA}) oftmals übertreffen. Es betrifft aber auch SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Cl^-, Ca^{2+} und Mg^{2+}, wenngleich in deutlich geringerem Umfange (insbesondere bei Ca^{2+}). Die jährlich insgesamt, also über Abfälle (V_A) und Auswaschung zum Boden rückgeführten Mineralstoffmengen reichen (mit Ausnahme von Phosphor) für mehr als acht Jahre Bestandszuwachs (Holzzuwachs) in gleichbleibender Größe.

Für **Stickstoff** ergibt sich der Sonderfall, dass die Zufuhr durch Niederschläge weit höher ist als die Abgabe durch Kronenauswaschung, d.h. ein Nettogewinn durch Absorption im Kronendach vorliegt.

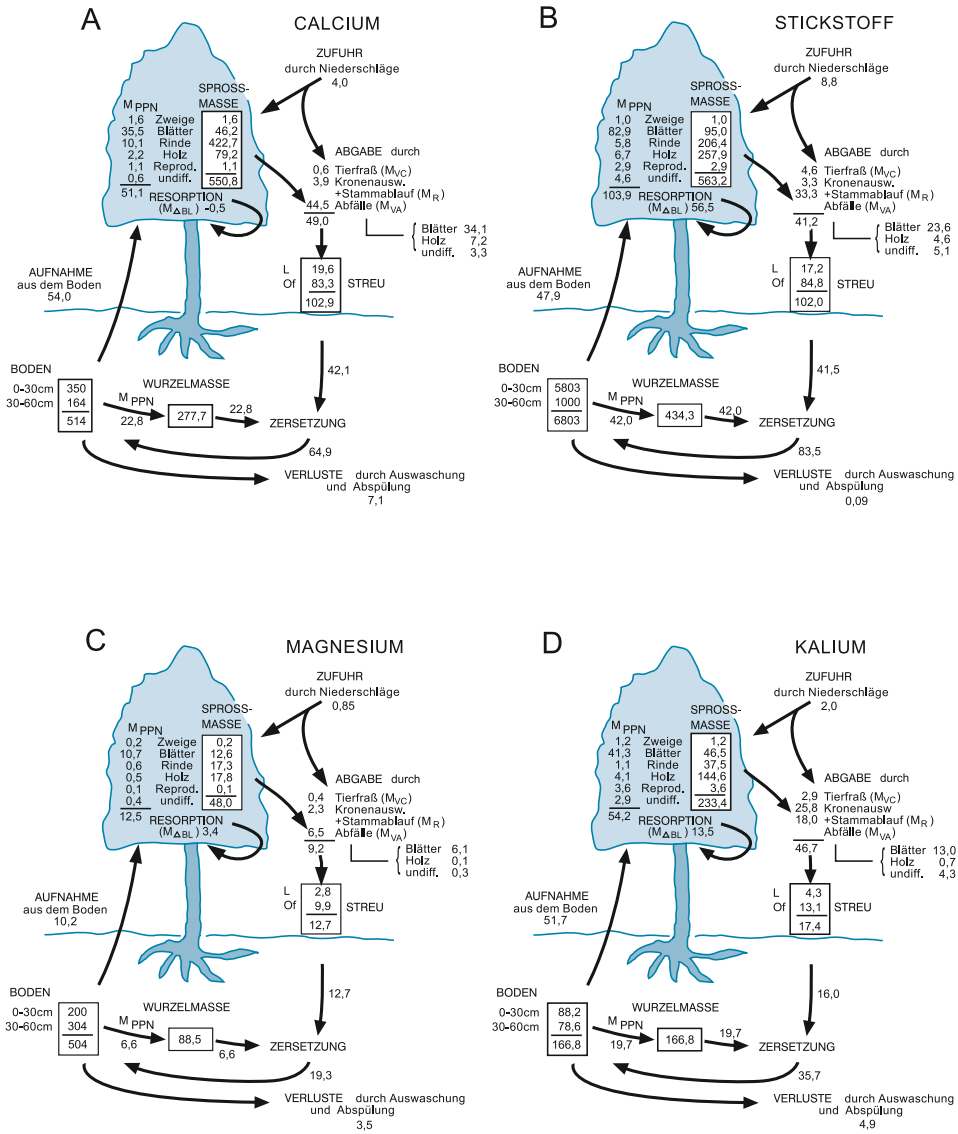
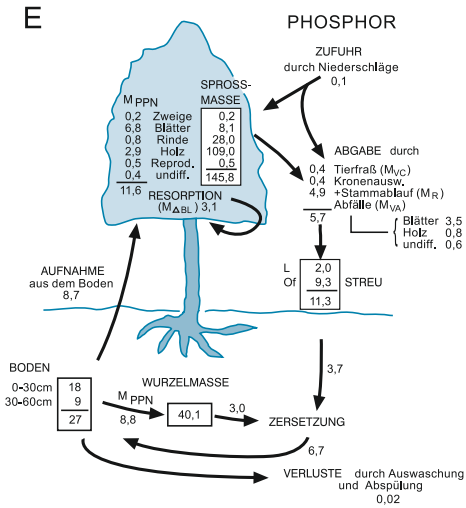


Abb. 12.6

A-E. Mineralstoffvorräte (kg ha^{-1}) und -umsätze (kg ha^{-1} a^{-1}) in einem halbimmergrünen Eichenwald im Coweeta Basin von North Carolina, USA (Monk u. Day 1988). Erklärungen der Abkürzungen siehe Kasten 5 (Seite 81). Die Zahlen für die Mineralstoffmengen im Boden beziehen sich auf die leicht verfügbaren, d.h. in Lösung befindlichen oder an Austauschern adsorbierten Minerale; lediglich beim Stickstoff ist auch der in der organischen Bodensubstanz eingebundene Vorrat einbezogen. Weitere Erklärungen siehe Text.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.



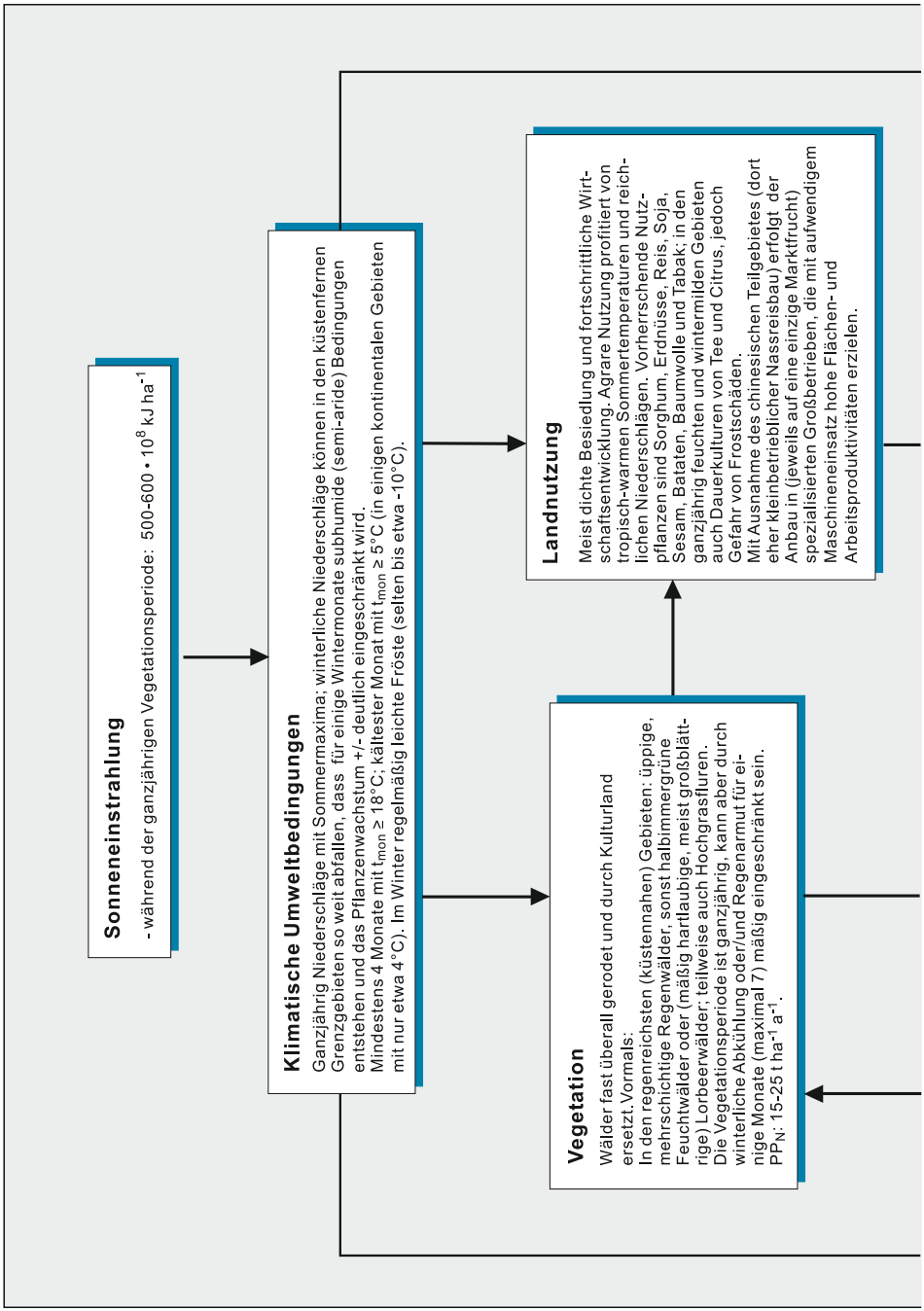
12.6 Landnutzung

Die meisten Teilgebiete der Immerfeuchten Subtropen gehören zu den dicht besiedelten und wirtschaftlich hoch entwickelten Räumen der Erde. Entsprechend stark ist überall die natürliche Vegetation zurückgedrängt (s.o.) und von einer **Kulturlandschaft** ersetzt worden, die von großen Siedlungen, Industriekomplexen und einer regelmäßigen Fluraufteilung in agrare und forstliche Nutzungsparzellen bestimmt ist (vgl. Abb. 9.11).

Die besondere Gunst für die agrare Nutzung liegt darin, dass während des Sommers tropische Temperaturen vorherrschen, die den Anbau vieler wärmeliebender Nutzpflanzen erlauben und zugleich ausreichende Niederschläge für einen Regenfeldbau fallen (im Unterschied zu den Winterfeuchten Subtropen an den Westseiten der Kontinente, in denen außerdem die sommerliche Erwärmung geringer bleibt). Die meisten Gebiete haben milde Winter mit nur gelegentlich leichten Frösten.

Unter diesen Bedingungen gedeihen auch **mehrjährige wärmeliebende Nutzpflanzen**, soweit sie mäßigen Frösten widerstehen, wie z.B. Citrus und Tee. In extrem kalten Wintern nehmen aber auch diese Dauerkulturen Schaden, was zu erheblichen wirtschaftlichen Einbußen führen kann. Zu den häufigen **annuellen wärmeliebenden Nutzpflanzen** gehören Sorghum, Mais, Erdnüsse, Reis, Soja, Sesam, Bataten, Baumwolle und Tabak. Teilweise werden im Winter zusätzlich Arten mittlerer Breiten angebaut. Auf diese Weise lassen sich dann zwei, gelegentlich sogar drei Ernten pro Jahr erzielen.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.



Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

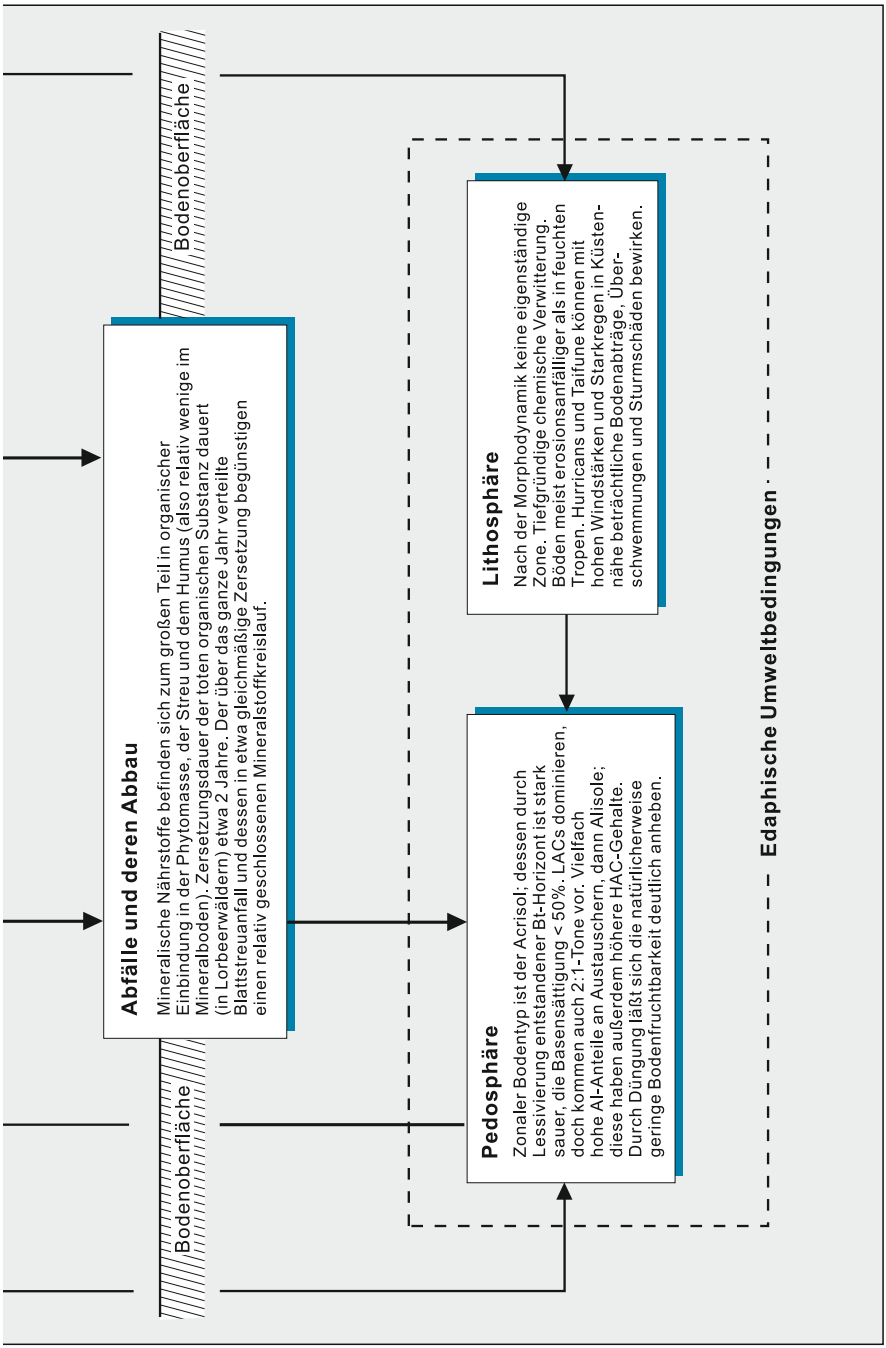


Abb. 12.7 *Zusammenfassendes Schaubild der Immerfeuchten Subtropen.*

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Überall dort, wo die Landnutzung auf europäische Kolonisation zurückgeht, erfolgt der Anbau (seltener Rinderhaltung) gewöhnlich in modern geführten mittelgroßen Betrieben (*Farmen*), die jeweils nur eine einzige Marktfrucht (bzw. tierisches Produkt) erzeugen, d.h. in Form einer **spezialisierten Ackerwirtschaft** (Farmwirtschaft). Nur im südöstlichen China überwiegt ein traditionsverhafteter, eher kleinbetrieblicher Nassreisbau (siehe Kap. 14.6).

Für die modernen Betriebe ist kennzeichnend, dass mit niedrigem Arbeits- und hohem Maschineneinsatz gewirtschaftet wird und damit hohe Flächen- und Arbeitsproduktivitäten erzielt werden. Die natürliche Nährstoffarmut der Böden, wenn auch nicht ganz so extrem wie in den Ferralsolen, bildet im Allgemeinen kein Hemmnis für die pflanzenbauliche Nutzung, wenn eine entsprechende Bodenpflege betrieben wird. Dazu gehören der Erhalt der organischen Substanz in den Oberböden, regelmäßige Düngung und Maßnahmen zur Anhebung der niedrigen pH-Werte (z. B. Kalkung).

Ansonsten lassen sich die Acrisole und Alisole – ähnlich wie die Ferralsole – nur mittels eines traditionellen Wanderfeldbaus nutzen, allerdings mit kürzeren Brachen als dort, wenn noch nennenswerte Restmineralgehalte vorhanden sind.

Gegenüber den Ferralsolen ist auch die **nutzbare Feldkapazität** günstiger, andererseits die größere Erosionsanfälligkeit nachteiliger. Allen drei gemeinsam ist die Neigung zur Phosphatfixierung und Aluminiumtoxizität.

Literatur zu Kap. 12

Boose, E. R., Foster, D. R. und Fluet, M. (1994): Hurricane impacts to tropical and temperate forest landscapes. *Ecol. Monographs* 64, 369–400.

Fidelis, A., Delgado-Cartay, M. D., Blanco, C. C. et al. (2010): Fire Intensity and severity in Brazilian Campos grasslands, Intersciencia 35, 739–745.

Hartzler, S. A. und Huo, Y.-Q. (1995): Comparison of the vegetation of subtropical China with that of the corresponding region of the USA. In: Box et al., 105–123, *s*. Lit. zu Kap. 5.

Hegarty, E. E. (1991): Leaf litter production by lianes and trees in a sub-tropical Australian rain forest. *J. Trop. Ecol.* 7, 201–214.

Hübl, E. (1988): Lorbeerwälder und Hartlaubwälder (Ostasien, Mediterraneis und Makronesien). *Düsseldorfer Geobot. Kolloq.* 5, 3–26.

Kira, T., Ono, Y. und Hosokawa, T. (eds.) (1978): Biological production in a warm-temperate evergreen oak forest of Japan. *JIBP synthesis* 18. Tokio Press, Tokio, 288 S.

– (1995): Forest ecosystems of east and south-east Asia in a global perspective. In: Box et al., 1–21, *s*. Lit. zu Kap. 5.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Larcher, W. und Bauer, H. (1981): Ecological significance of resistance to low temperature. In: Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B. und Ziegler, H. (eds.), *Encyclopedia of plant physiology* 12A, Springer, Berlin, 403–437.

Lugo, A. E. (2008): Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an international review. Austral. Ecology 33, 368–398.

Meurk, C. D. (1995): Evergreen broadleaved forests of New Zealand and their bioclimatic definition. In: Box et al., 151–197, *s.* Lit. zu Kap. 5.

Monk, C. D. und Day, F. P. Jr. (1988): Biomass, primary production, and selected nutrient budgets for an undisturbed watershed. In: Swank und Crossley, 151–159.

Olson, D. F. (1983): Temperate broad-leaved evergreen forests of the southeastern North America. In: Ovington, 103–105.

Overbeck, G. E., & Pfadenhauer, J. (2007): Adaptive strategies to fire in subtropical grasslands in southern Brazil. Flora 202, 27-49.

Ovington, J. D. (ed.) (1983): Temperate broad-leaved evergreen forests. *Ecosystems of the World* 10. Elsevier, Amsterdam, 241 S.

– und Pryor, L. D. (eds.) (1983): Temperate broad-leaved evergreen forests of Australia. In: Ovington, 73–101.

Potter C. S., Ragsdale, H. L. und Swank, W. T. (1991): Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern Appalachian forest canopy. *J. Ecol.* 79, 97–115.

Reading et al. (1995), *s.* Lit. zu Kap. 15.

Satoo, T. (1983): Temperate broad-leaved evergreen forests of Japan. In: Ovington, 169–189.

Song, Y. (1995): On the global position of the evergreen broad-leaved forests of China. In: Box et al., 69–84, *s.* Lit. zu Kap. 5.

Swank, W. T. und Crossley, D. A. Jr. (eds.) (1988): Forest hydrology and ecology at Coweeta, *Ecol. Stud.* 66, Springer, Berlin, 469 S.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.201.32.213 aus dem Netz der USEB UB Salzburg am 03.11.2018 um 14:11 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

13 Tropisch/subtropische Trockengebiete

13.1 Verbreitung und subzonale Differenzierung

Die Tropisch/subtropischen Trockengebiete umfassen, ähnlich wie die Trockenen Mittelbreiten, neben Wüsten und Halbwüsten auch semi¬aride Übergangsräume (Ökotone) zu den regenreicheren Nachbarzonen: hier die **sommerfeuchten Dornsavannen** und **sommerfeuchten Dornsteppen** im Übergangsbereich zu den Sommerfeuchten Tropen bzw. den Immerfeuchten Subtropen und die **winterfeuchten Gras- und Strauchsteppen** im Übergangsbereich zu den Winterfeuchten Subtropen (Abb. 13.1); für die beiden ersteren, sommerfeuchten Ökotone wird auch die aus Westafrika entlehnte Bezeichnung *Sahel* (oder Sahelzone) verwendet. Für alle diese Übergangsräume sind lichte, höchstens wenige Meter hohe Gehölze (Waldland und Gebüsche) charakteristisch.

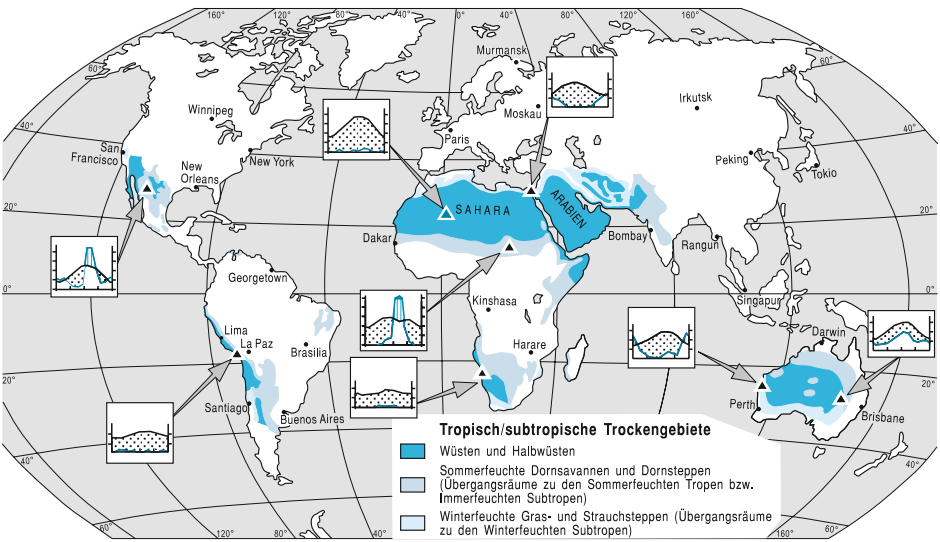



Abb. 13.1
Tropisch/subtropische Trockengebiete.