



### 3.5 Mt. Kenya und Ostafrikanisches Hochland – Vegetationszonen in Ostafrika

*Veranschaulicht werden die Höhenstufen der Vegetation und die Nutzungskonflikte am Fuß des Vulkankegels. Durch einen Bildvergleich zweier Satellitenaufnahmen wird der saisonale Wandel der Vegetation in der Trockensavanne deutlich.*

#### 3.5.1 Sachinformationen

##### a. Das Satellitenbild und seine Aufbereitung

**Lokalisierung, Topographie:** Der annähernd eingeordnete Bildausschnitt (180 km x 130 km) erfasst den zwei Autostunden von Nairobi entfernt gelegenen Mt. Kenya mit seinem Trockensavannenumland zwischen 0°30'N und 0°30'S bzw. 36°30'E und 37°30'E (**Folie F 13**). Der Vulkankegel des Mt. Kenya ist der zweithöchste Berg Afrikas. Mit seinem Doppelgipfel (Batian 5199 m und Nelion 5188 m) ragt er 3000 m über das ca. 1900 m hoch liegende Ostafrikanische Hochland empor. Im Zentrum des Bildes beginnt oberhalb des Waldgürtels des „Mt. Kenya Forest“ in einer Höhe von 3200 m der „Mt. Kenya National Park“. Innerhalb des landwirtschaftlichen Gürtels am Fuß des Vulkankegels liegen zahlreiche Siedlungen. Nördlich des Waldgürtels beginnt die Ostafrikanische Grabenbruchzone. Das Bergmassiv entwässert allgemein in östlicher Richtung zum 450 km entfernten Indischen Ozean.

**Bildentstehung:** Es handelt sich um zwei LANDSAT-Satellitenbilder vom 25.02.1987 und 17.10.1988, die vom Sensor „Thematic Mapper“ (TM) aufgenommen wurden. Die beiden Ausschnitte geben nahezu die gesamte Szene des Originalbildes (185 km x 185 km) wieder und wurden vom Institut für Geographie der LMU München (IG - GF) bearbeitet.

Um den saisonalen Wandel der Biomasse hervorzuheben, wurde das vorliegende Falschfarbenkomposit aus den TM-Kanälen 4 (Nahes Infrarot), 5 (Mittleres Infrarot) und 3 (Rot) in den Farben Rot, Grün und Blau erzeugt. Dichte Vegetation ist deshalb grün gefärbt, rötlich sind die zum Aufnahmezeitpunkt relativ trockenen Flächen mit geringer Biomasse. Grünbraun hebt sich der Baumbestand der Bergregenwaldstufe und der Nebelwaldstufe des Mount Kenya ab, blau die Schnee- und Eisregion des Gipfels. Hinweis: Andere Datenzusammenstellungen aus den sieben Spektralkanälen oder andere Farbmischungen würden andere Bildeindrücke vermitteln.

**Interpretation von Flächen und Strukturen des Satellitenbildes (Folie F 13):** Die Aufnahmetermine liegen jeweils am Ende zweier Trockenzeiten. Es herrscht noch geringe Wolkenbedeckung, was trotz der Lage am Äquator durch die besondere Höhenlage des Plateaus (ca. 1800 m ü. N.N.) bedingt ist. Während der Regenzeit würde die Wolkenbedeckung den LANDSAT-Satellitenblick auf den Großraum erschweren. Die Bilder zeigen also nicht den Kontrast der Biomasse von Trockenzeit und Regenzeit, da sich auf der gesamten Fläche jeweils eine einheitliche Grün- bzw. Rottendenz ergeben würde, sondern eine innere räumliche Differenzierung durch den Biomassewandel zu Beginn der Niederschläge des NO-Passats bzw. des SO-Passats.

##### Flächenfarben im vorliegenden Falschfarbenkomposit:

**Grüntöne: Nr. 1:** dichter Bergregenwald inkl. Bambusgürtel unterhalb 3200 m, inkl. Aufforstungsgebiete (Signatur A der Skizze); **Nr. 2:** Heidegrasland oberhalb der Waldstufe; **Nr. 3:** Trockensavanne nach Einsetzen von Regenfällen (Situation im Februar für den östlichen Bildrand und im Oktober für den westlichen Bildteil: rasch grünendes Grasland mit eingestreuten regengrünen Baum- und Buschgruppen); in Gunsträumen Trockenfelddbau und Beweidung;

**Brauntöne: Nr. 4:** nahezu vegetationsfreie alpine Frostschutzzone mit dunklem vulkanischem Gestein;

**Blautöne: Nr. 5:** Eis- und Schneebedeckung am Berggipfel;

## Interpretationsskizze „Mt. Kenya und Ostafrikanisches Hochland“



### Legende:

**Siedlungen:** Ny = Nyeri, NM = Naro Moru, Na = Nanyuki, M = Meru, E = Embu  
**A = Aufforstungsflächen**



**Rottöne: Nr. 6:** nahezu vegetationslose, stark reflektierende Dornsavanne (Nordrand und Ostrand des Bildes); **Nr. 7:** Trockensavanne in einer Trockenphase (Situation im Februar im westlichen Bildteil, bzw. im Oktober am östlichen Bildrand: Blattabwurf großblättriger Gehölze, trockenes Grasland); **Nr. 8:** Ackerbau (gelbgrüne bis braungrüne Färbung, Flächenmosaik) in bäuerlichen Kleinbetrieben (v. a. am Ost- und Südrand des Mt. Kenya unterhalb der Waldzone) als ca. 25 km breiter Gürtel intensiver landwirtschaftlicher Nutzung bzw. landwirtschaftliche Großbetriebe an der W-/NW-Seite des Berges ("White Highlands"); **Nr. 9:** degradiertes Buschland an der Nordseite.

## b. Interpretation der LANDSAT TM - Satellitenbilder in Stichpunkten

### Höhenstufen der Vegetation am Mt. Kenya (azonales Ökosystem):

- **Bergregenwald (Nr. 1 der Skizze):** Untergrenze durch Agrarexpansion auf ca. 2200 m gehoben; Degradation der Wälder bis in Höhen von 2800 m (v. a. auf der Nordseite des Mt. Kenya); ursprünglicher Baumbestand im SO tropische Nadelgehölze (Podocarpus, Juniperus), die von Epiphyten wie Orchideen und Ananasgewächsen besiedelt sind, noch großräumig erhalten; zwischen 2600 m und 3000 m Nebelwald mit niedrigeren Bäumen und dichtem Flechtenbewuchs; an seiner Obergrenze Ausbreitung von Bambusgehölzen in einer niedrigen Waldformation; an der Ost- und Südabdachung zieht sich der Waldgürtel mit hohem Baumbestand von 1800-2400 m auf 2200-2700 m hinauf, da diese Seiten feuchter sind als die trockene Westabdachung;
- **Grasland (Nr. 2 der Skizze):** zunächst als **Heidegrasland** (ostafrikanische Paramo, 3200 m bis 3500 m Höhe) mit Riesenerikasträuchern (Erikazeen), Riesenlobelien und Senecienarten; mit zunehmender Meereshöhe kleinwüchsiger und weitständiger; Übergang in der Höhe in eine **offene Graslandschaft** (von 3500 bis 4600 m) ähnlich den alpinen Matten mit Gräsern, Moosen und polsterbildenden Blütenpflanzen, gelegentlich noch Lobelien und Senecien; Dutzende von Hochmooren und glazial überprägte Seenbecken;
- **Alpine Frostschuttzone (Nr. 4 der Skizze):** oberhalb 4600 m; auf dem Satellitenbild vegetationsfrei; Moose und Flechten auf Felsklippen und Schutthalden;
- **Schnee- und Eiszone (Nr. 5 der Skizze):** ca. 400 m hoch aufragende Gipfelregion (Felsgipfel als verwitterungsresistente Schlotfüllung des jungtertiären Großvulkans); zwischen 4800 m und 5000 m Höhe saisonal schwankende temporäre Schneegrenze; 13 Gletscher.

### Zonale Ökosysteme:

- **Dornsavanne (Nr. 6 der Skizze):** im Satellitenbild als halbkreisförmiges Becken nördlich der Plateaukante erkennbar; Schuttfächer durch episodische Wasserläufe zerschnitten (3-monatige Hauptregenzeit: März bis Anfang Juni; sowie kleinere Regenzeit: November, Dezember); niedriges Pflanzenwachstum; schütterer Grasflecken (kniehoch); wenige Bäume in sehr lockeren Beständen, meist mit Schirmkronen (Akazienarten); vorherrschende Dornsträucher; Wasser speichernde Pflanzenarten (Sukkulente) wie z. B. Kandelaber-Euphorbien und Affenbrotbaum; mit Ausnahme von Tälern unbesiedelte Naturlandschaft; extensive Beweidung (Massai);
- **Trockensavanne (Nr. 3 und 7 der Skizze):** flächendeckend auf dem Ostafrikanischen Hochland (teils agrarisch genutzt, teils naturnah belassen); trockenheitsresistente Xerophyten und laubabwerfende Baum- und Strauchbestände; zwischen den Baumgruppen kräftige, geschlossene brusthohe Hartgrasfluren (in der Trockenzeit bei 0 bis 3 Regentagen/Monat und hohen Verdunstungswerten total vergilbt); im Satellitenbild aus diesem Grund anstelle der „grünen“ Biomasse die „rötliche“ Bodenreflexion erkennbar.

### Saisonaler Wandel der Trockensavanne (Wasser, Boden, Vegetation):

Das Ökosystem der Trockensavanne im Großraum des Mount Kenya ist prinzipiell abhängig von den sich monatlich verändernden Bedingungen im äquatornahen wechselfeuchten tropischen Klima mit zwei Regenzeiten.

Je mehr man sich dem Vulkankegel nähert, umso stärker wird die Savanne vom Potential des tropischen Vulkanberges beeinflusst. Die radialen Abflüsse haben um den gesamten Kegel Schwemmfächer aufgebaut, auf denen auch die Siedlungen liegen. Diese Schuttdecken speichern Bodenfeuchte und Grundwasser in einer Menge, die deutlich über der klimazonal üblichen Menge liegt. Die vulkanischen Böden der Umgebung besitzen nicht nur eine hohe Bodenwasserkapazität, sondern sie sind über die Regenzeit hinaus mit Bodenwasser angereichert. Das 50 km breite und über 3000 m aufragende Bergmassiv erzeugt am Bergfuß einerseits in Regenzeiten durch Staueffekte einen erhöhten Niederschlag und andererseits sowohl in der Feucht- als auch in der Trockenperiode eine geringere Evapotranspiration (siehe **C 3.5/ A 36/ M 61**).

Insofern reicht die ökologische Wirksamkeit des Mt. Kenya ca. 20 bis 25 km in die umgebende Trockensavanne hinein. Dies hat günstige ökonomische Folgen hinsichtlich eines sicheren Regenfeldaufbaus, einer stabilen Trinkwasserversorgung und der Elektrizitätsversorgung des Raumes, bedingt aber auch einen hohen Bevölkerungsdruck, der der Bergregenwaldstufe seit kolonialer Zeit zusetzt.

Die Grünverteilung am Ende beider Trockenzeiten (Februar, Oktober) zeigt, dass mehr Biomasse (natürliche Pflanzengesellschaften und Kulturpflanzen) auf der feuchteren Ostseite des Mount Kenya vorkommt. Der Februar erweist sich infolge des Zenitstandes mit seinen hohen Temperaturen als sehr trockener Monat. Westlich des Mt. Kenya breitet sich ein großer Trockenraum aus, der allmählich in die Dornsavanne übergeht. Der Ostrand des Bildausschnitts erhält durch seine Luv-Lage zum Bergmassiv und die etwas geringere Distanz zum Meer durch den auffrischenden SO-Passat etwas früher Niederschläge. Da die Regengebiete immer um einige Wochen dem Zenitstand hinterherziehen, verändert der Trockenraum westlich des Bergmassivs erst im April deutlich sein Gesicht.

Das Oktoberbild beschreibt den Übergang von der Trockenphase zur Regenzeit. Der auffrischende NO-Passat bringt bereits westlich des Bergmassivs eine leichte Begrünung der Trockensavanne mit sich, nicht aber in den östlicher gelegenen Teilen, da er ja über die küstennahe Dornsavanne weht und demzufolge weniger Feuchtigkeit mit sich führt. Westlich des Mt. Kenya hat sozusagen die neue Wachstumszeit bereits eingesetzt. Wie sich der saisonale Wandel (hygrische Jahreszeiten) im Übergangsbereich Trockensavanne - Bergregenwald auswirkt, zeigt die modellhafte Darstellung in **M 61 (C 3.5/ A 36)**, welche auf mehrjährigen Messungen beruht.

### **Forstliche Nutzung:**

Dass Gebirge Ressourcenräume der Tiefländer sind, wird auch am Beispiel der Waldnutzung sichtbar. Durch kontrollierte Waldnutzung im Areal des Mount Kenya Forest (220 qkm) wird eine Balance zwischen Naturschutz und Nutzen (siehe **C 3.5/ A 37/ M 62**) versucht.

Die aufgeforsteten Flächen lassen sich im Satellitenbild nur durch den Vergleich mit der Interpretationsskizze (Signatur „A“) identifizieren. Es handelt sich um plantagenartige Betriebe mit – aus kenianischer Sicht – exotischen Weichhölzern, insbesondere Kiefern und Zypressen (Sägeholzverwendung) und aus Eukalyptusbäumen (für Strom- und Telegraphenmasten und als Feuerholz für die Teeplantagen), die zunehmend als Monokulturen heranwachsen. Sie nehmen nur 7 % des Mount Kenya Forest ein, entlasten aber den Naturwald bzgl. des Sägewerkbedarfs. Um die fortschreitende Degradation des Bergregenwaldes zu verhindern, wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Ausweisung neuer Aufforstungsflächen in stark degradierten Bergwaldabschnitten;
- Fällverbot für einheimische Holzarten im gesamten Mt. Kenya Forest;
- Abschaffung der Weidelizenzen (Rinder, Schafe, Esel) für die bäuerliche Bevölkerung der unmittelbaren Umgebung des Waldgürtels im Jahr 1989;
- Anlage eines 100 m breiten Teeplantagen-Schutzstreifens (Nyayo Tea Zone Development Corporation seit 1984) gegen die expandierende Agrarkolonisation entlang des gesamten Süd- und Südostabhangs des Mount Kenya;
- Auflassung von Sägewerksstandorten im Mt. Kenya Forest bzw. an dessen Rand.



### 3.5.2 Das Thema im Unterricht

Die Satellitenbilder sind in verschiedenen Unterrichtsthemen einsetzbar: „Klima, Vegetation, Landschaftszonen der Tropen“, „Höhenstufen der Vegetation in den Tropen“ oder „Landnutzung in Entwicklungsländern“. Nach dem Geographielehrplan des Gymnasiums bietet sich der Einsatz in der Sekundarstufe I und in der Oberstufe an. Im Rahmen der Behandlung von Entwicklungsländern kämen die Lehrplanthemen „Naturpotential“, „Ökosysteme“ und „Sozioökonomische Faktoren in Schwarzafrika“ in Betracht. In der Mittelstufe wird sich am Raumbeispiel eines modellhaften innertropischen Berges der Unterricht auf die Darstellung der Höhenstufen in Afrika im Kontrast zu den zonalen Ökosystemen der Trockensavanne und der Dornsavanne konzentrieren. Im Oberstufenunterricht bietet sich einerseits die Analyse naturgeographischer Zusammenhänge von Klima, Boden, Wasserhaushalt und Vegetation im Übergangsbereich Trockensavanne und Bergwald am Gebirgsfuß an, andererseits aber auch die Untersuchung der Ursachen der saisonalen Dynamik in Trockensavannen und ihrer Auswirkungen auf Vegetation und Landwirtschaft (Hinweis: Der **Beitrag „Satellitenbilder im Internet“** enthält Farabbildungen aus dem Untersuchungsgebiet).

**Mögliche Themensequenz** in der Unterrichtsstunde:

- Pflanzenbedeckung am Mount Kenya,
- Saisonaler Wandel der Trockensavanne,
- Zusammenhang von Klima und Vegetation,
- Wasserhaushalt im Übergangsgebiet Bergregenwald – Trockensavanne,
- Folgen für die agrarische Nutzung (siehe **M 63/ Arbeitsblatt 38**).

**Aufgaben:**

1. Charakterisieren Sie das Klima um den Mt. Kenya und ordnen Sie es einer Klimazone zu! Verwenden Sie hierzu geeignete Atlaskarten!
2. Erläutern Sie die klimatischen Vorgänge vor dem Hintergrund der atmosphärischen Zirkulation!
3. Erklären Sie, weshalb sich im Untersuchungsgebiet nicht jene klimatische Situation einstellt, wie sie allgemein aus dem äquatorialen Tropenraum bekannt ist!
4. Beschreiben Sie die Höhenstufen der Vegetation am Mount Kenya!
5. Beschreiben und begründen Sie den saisonalen Wandel der Pflanzenbedeckung auf dem Bildausschnitt unter Einbeziehung der klimatischen Bedingungen und der Wasserbilanz (**A 36**)!
6. Ordnen Sie unter Einbeziehung geeigneter Atlaskarten die beiden Satellitenaufnahmedaten (25. Februar und 17. Oktober) der Dynamik des tropischen Passatkreislaufs zu!
7. Übertragen Sie das Modell der Wasserbilanz (**A 36**) auf den im Satellitenbild sichtbaren Übergangsraum Bergregenwald – Trockensavanne!
8. Diskutieren Sie anhand von **A 37** die forstwirtschaftlichen Maßnahmen im Mount Kenya Forest!
9. Beschreiben Sie anhand des Satellitenbildes und der Informationen von **A 38** die Voraussetzungen und Konsequenzen der agrarischen Nutzung im landwirtschaftlichen Gunstraum um den Mount Kenya!

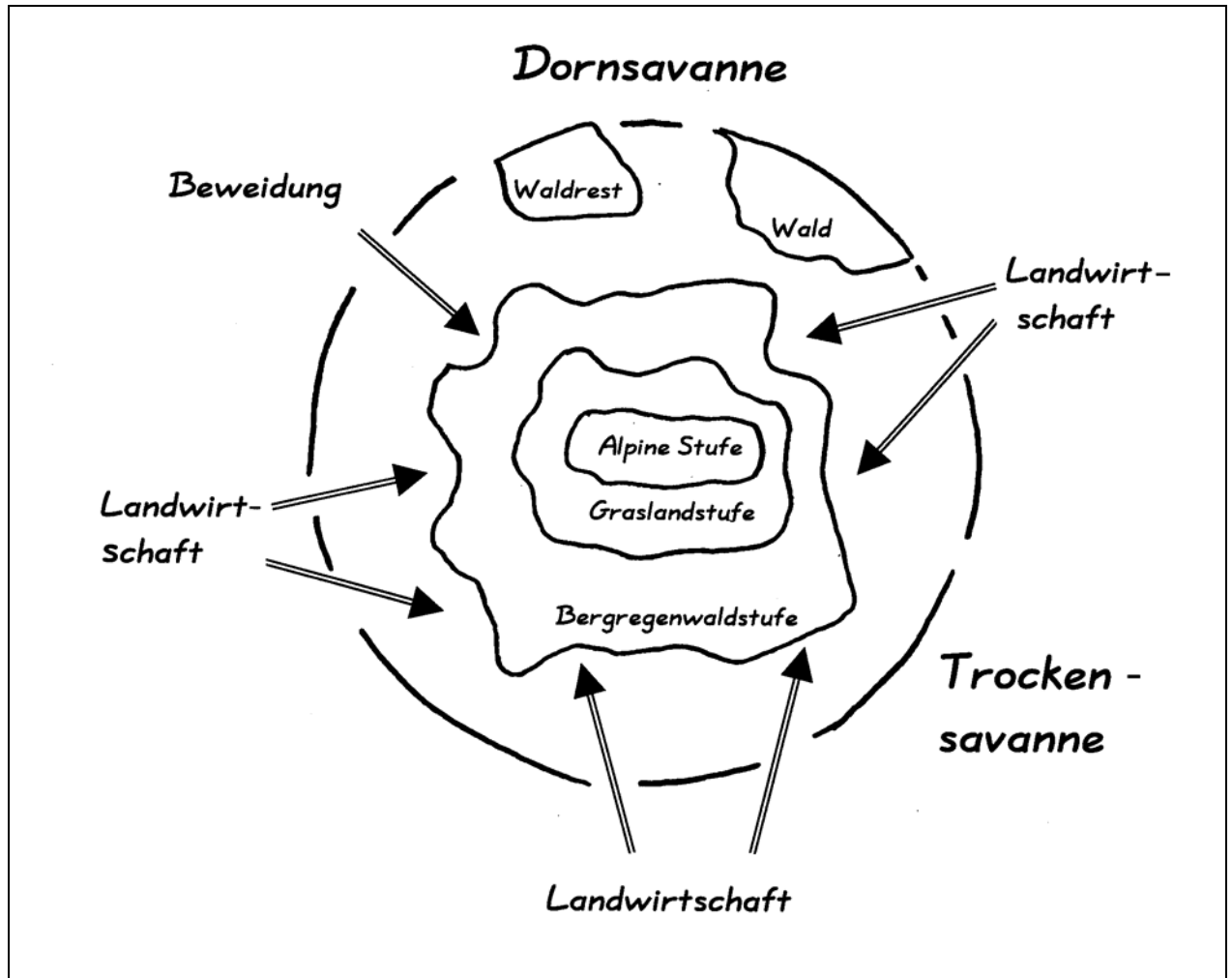
**Literatur:**

- Liniger, H.-P.: Water and Soil Resource Conservation and Utilization west to north of Mount Kenya. Workshop on African Mountains and Highlands, Rabat, Sept. 1990, Mountain Research and Development, Vol. 12, No.4, 1992
- Rheker, J. R.: Wald- und Holzwirtschaft am Mount Kenya. Geographische Rundschau, Jg. 44, H.7-8, S.446-451, 1992

## Folie F 13: Mt. Kenya und Ostafrikanisches Hochland

LANDSAT TM vom 25.2.1987 und 17.10.1988 (Copyright: IG-GF/ LMU München 1999)

Tafelbild: Vegetationszonen und menschliche Eingriffe am Mt. Kenya



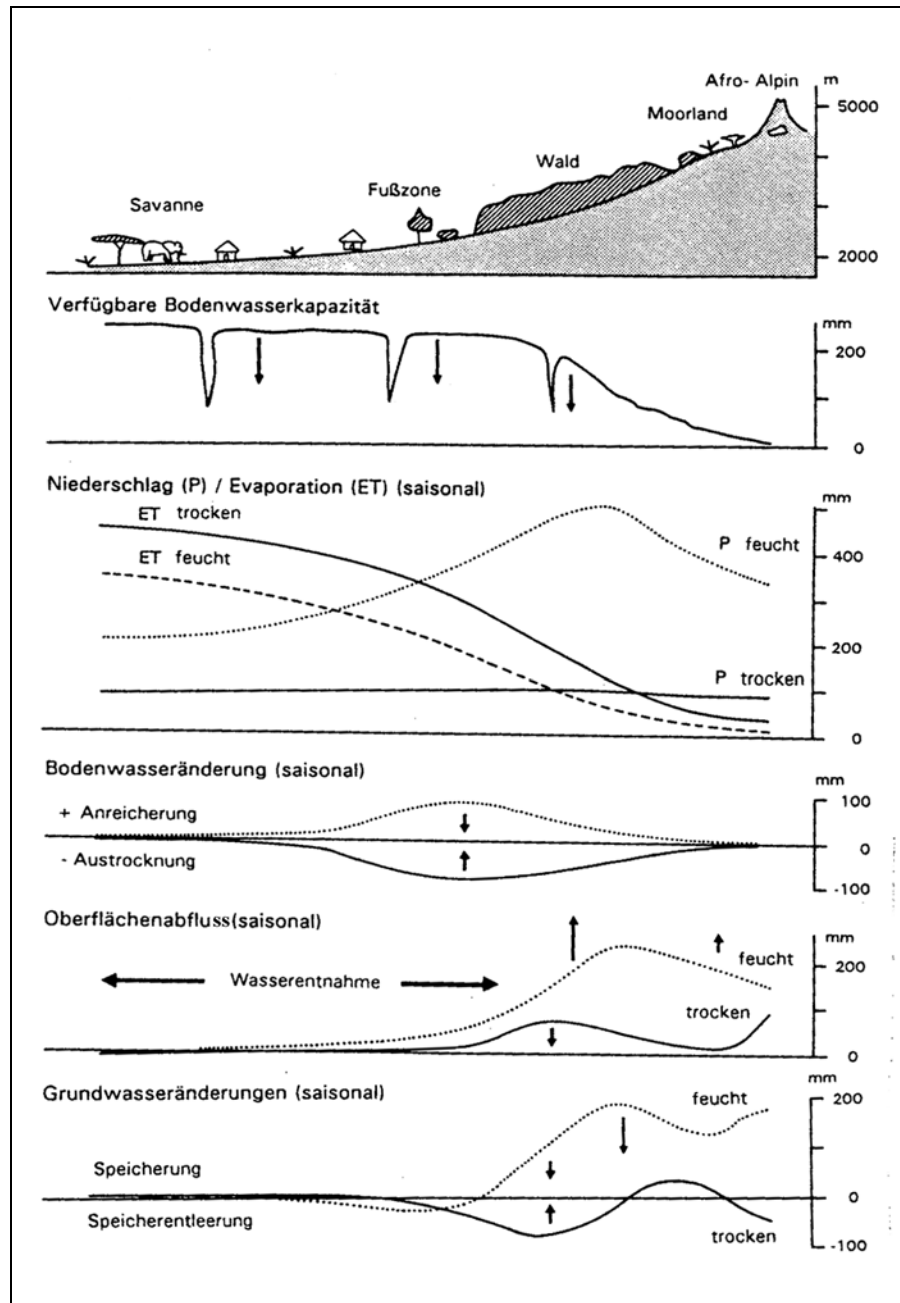


## C. 3.5

## Wasserbilanz

A 36

**M 61:** Wasserbilanz entlang eines Höhenprofils auf der Westflanke des Mt. Kenya



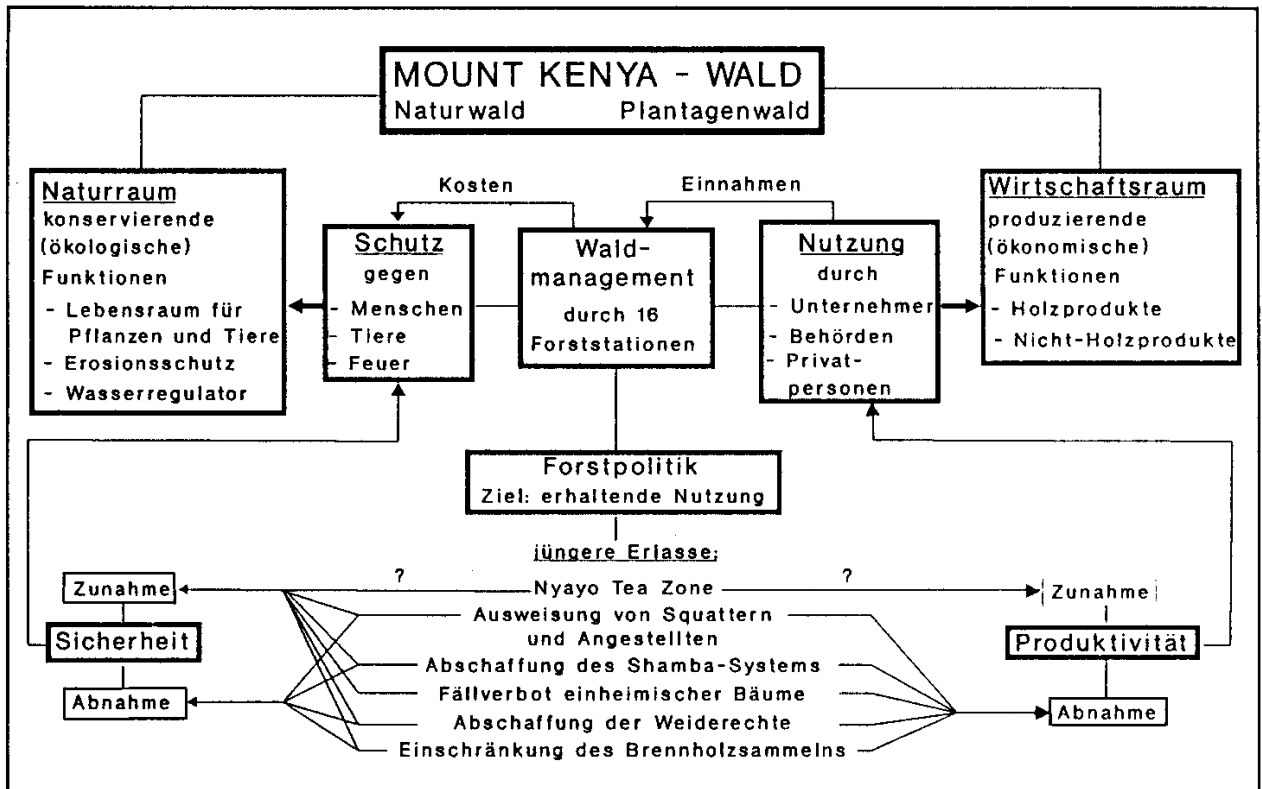
Quelle: Liniger, H.-P., 1992, S. 116

### Aufgaben:

1. Beschreiben Sie die Verteilung des Niederschlagswassers, des Bodenwassers und des Grundwassers entlang des Querprofils an der Westflanke des Mt. Kenya!
2. Stellen Sie ursächliche Zusammenhänge der Faktoren einer Wasserbilanz im Übergangsbereich von Savanne und Bergwald dar!

C. 3.5	Forstwirtschaftliche Maßnahmen	A 37
--------	--------------------------------	------

### M 62: Mt. Kenya - Forest: Naturwald und Plantagenwald



Quelle: Rheker J. R., S. 117, 1992

#### Begriffserklärungen zu M 62:

**Nyayo Tea Zone:** Teegürtel im S und SO des Mt. Kenya, der von einer 1984 gegründeten Entwicklungsgesellschaft errichtet wird. Ihr obliegt die Umwandlung eines ca. 100 m breiten, an der Grenze zur Ackerbauregion verlaufenden Bergwaldstreifens in genossenschaftlich organisierte Teeplantagen.

**Squatters:** Als illegale Landbesetzer werden heute in dieser Region meist die Kleinbauern in Subsistenzwirtschaft bezeichnet, die in den 70er Jahren als saisonale Arbeitskräfte im Forst willkommen waren und nahe an den Arbeitsplätzen im Bergwald mit ihren Familien lebten.

**Shamba-System:** Dies ist ein traditionelles Aufforstungssystem. Baumsetzlinge werden auf kleinparzellierten Aufforstungsflächen von Forstangestellten und Squatters in Mischkultur mit Nahrungspflanzen (Mais, Kartoffeln) aufgezogen. Nach zwei bis drei Jahren verhindert das rasche Baumwachstum die Fortführung der Subsistenzproduktion, so dass der Anbau räumlich verlagert wird.

#### Aufgabe:

Welche Aufgaben hat offensichtlich die Verwaltung des „Mt. Kenya-Forest“ übernommen?





C. 3.5	Landwirtschaft	A 38
--------	----------------	------

### M 63: Agrarische Nutzung

#### Extensive Viehweidewirtschaft

(Rinder- und Schafherden der Massai)

in der Dornsavanne

saisonal auch im südlich anschließenden, längst zu Gras-/Buschland degradiertem Regenwald (am Nordrand des Mt. Kenya-Forest)

#### Intensive ackerbauliche Nutzung

(im Regenfeldebau)

- Es sind Groß- und Mittelbetriebe im bodenfeuchten, klimatisch günstigen Einzugsgebiet des Sagana-Flusses. Sie sind Teil der ehemaligen „White Highlands“, in denen europäische Einwanderer während der Kolonialzeit Plantagen anlegten und bis 1963 keine Afrikaner Land erwerben durften. Nach der Unabhängigkeit bewirkte eine Bodenbesitzreform die Gründung mittelbäuerlicher Betriebe (überwiegend noch Weizen- und Viehfarmen).
- Es ist ein durch bäuerliche Kleinbetriebe intensiv genutzter und dicht besiedelter ca. 20 bis 25 km breiter Agrargürtel von Meru über Embu bis Nyeri. Da hier bereits 1970 etwa doppelt so viele Menschen lebten, wie die Landwirtschaft versorgen kann und sich die Bevölkerung jährlich um ca. 3 % vermehrt, besteht ein enormer Bevölkerungsdruck. Die von Bantu-Stämmen bewohnte Kulturlandschaft hat sich in den letzten Jahrzehnten auf Kosten des Bergwaldes (Squattersiedlungen ohne Rechtstitel auf das Land) ausgedehnt und den Waldgürtel des Mt. Kenya wesentlich enger gezogen. Es herrscht Anbau von Hirse, Mais, Bananen, Kartoffeln etc. zur Subsistenzwirtschaft und von cash crops (Kaffee, Tee) in einer mosaikartigen, intensiv genutzten Agrarlandschaft vor. Durch eine planmäßige Agrarkolonisation haben auch hier Tausende von Armen, Landlosen in ländlichen Siedlungsprojekten (settlement schemes, z. B. Reisanbauprojekt „Mwea Tebere Settlement“ für 30.000 Menschen nahe Embu) eine Basis für eine wirtschaftlich und sozial tragfähige Entwicklung gefunden. In diesem Zusammenhang ist auch die konsequente Aussiedlung von Squatters aus den Forststationen im Mt. Kenya-Forest zu sehen.