

## 7 Zusammenfassung und Diskussion

Im Rahmen der interdisziplinären Forschungen über die ökosystemaren Prozessabläufe in einem Bergregenwald des Podocarpus Nationalparks sollte eine Beschreibung der mikroklimatischen Verhältnisse des Waldes in einer Höhe von 1950 m gegeben werden. Außerdem sollte in Anlehnung an Forschungen der Universität Mannheim zur Evapotranspiration im Tiefland Venezuelas eine Berechnung der Bedeutung der Evapotranspiration am Energie- und Wasserhaushalt mit Hilfe der Klimadaten vorgenommen werden.

Hierzu wurde in einem für die unteren Waldbereiche (1800 m bis 2100 m) repräsentativen Plot eine Klimastation installiert, die in drei Höhen im Bestand sowie 2 m darüber Lufttemperatur, Luftfeuchte, PAR und Windgeschwindigkeit (keine Windmessung im untersten Niveau) aufzeichnete. Auf dem Ausleger über dem Canopy wurden zusätzlich die Globalstrahlung und die Strahlungsbilanz erfasst. Weiterhin wurden Daten zur Bodentemperatur und zur Bodenfeuchte in mehreren Tiefen erhoben.

### Bestandsklima

Das Bestandsklima zeichnet sich durch ähnliche Bedingungen aus, wie sie auch in anderen Wäldern verschiedener Klimazonen gemessen wurden (GEIGER 1961, OKE 1978, RICHARDS 1996) mit einigen Besonderheiten.

Im Jahresverlauf sind die Bedingungen in diesem tropischen Wald sehr konstant, wie es für die inneren Tropen typisch ist. Lediglich in November werden die feuchten Verhältnisse von einer kurzen Trockenperiode unterbrochen (s.u.).

Das Windfeld des Untersuchungsgebietes ist geprägt von einer täglichen Berg- und Talwind-Zirkulation. Diese thermischen Winde erreichen ihr Maximum zu Zeiten höchster Temperatur. Sturmböen die in Zusammenhang mit Gewittern auftreten, wie dies im Tiefland häufig der Fall ist (SZARZYNSKI 2000), gibt es keine. Überdurchschnittlich hohe Windgeschwindigkeiten wurden dagegen an den Föhntagen während der trockeneren Periode im November gemessen. Der nächtliche Kaltluftabfluss findet verstärkt entlang der Oberflächen Canopy und Boden statt, erreicht aber insgesamt nur geringe Geschwindigkeiten.

Die relativ geringe Strahlungssumme von 3810 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr ist durch die Topographie und den hohen Bewölkungsanteil bedingt. 94% der auftreffenden PAR-Strahlung werden bereits in der Canopybelaubung umgewandelt, von 13 m über dem Boden bis in 4 m Höhe findet nur noch eine geringe weitere Reduktion auf 4,9% Reststrahlung statt. Die Werte in Bodenhöhe dürften damit geringfügig höher sein, als dies WALTER & BRECKLE (1991) mit 1-3% Restlicht für einen venezolanischen Bergregenwald angeben.

Die thermischen Bedingungen sind über das Jahr sehr konstant. Die größten Temperaturschwankungen im Tagesverlauf wurden über dem Canopy gemessen, in den Bestand hinein sind die täglichen Schwankungen immer stärker gedämpft. Tagsüber kommt es zu einer für Wälder typischen Temperaturinversion durch die Erwärmung von oben. Da in

der Nacht die Abkühlung durch Ausstrahlung ebenfalls von oben erfolgt, sollte sich die Temperaturinversion bei Nacht auflösen (OKE 1978) wie es auch von SZARZYNSKI (2000) in Venezuela festgestellt wurde. Im untersuchten Bergregenwald bleibt die Inversion jedoch auch über Nacht bestehen, was durch die dort verstärkt abfließende Kaltluft erklärt werden kann. MOLION (1987) erklärte die nächtliche Temperaturinversion in einem Tieflandsregenwald ganz ähnlich. Er vermutete, dass die im Canopy durch Ausstrahlung abgekühlte Luft in den Bodenbereich sackt, um dort einen Kaltluftsee zu bilden.

Die Niederschlags- und Feuchteverhältnisse zeichnen sich durch ein dauerhaft hohes Niveau mit einem auffälligen Minimum im November aus. Die häufigen Niederschläge fallen gut über den Tag verteilt, wobei die Regenmenge eines einzelnen Niederschlagsereignisses häufig ziemlich gering ist. Der Tagesgang der spezifischen Feuchte folgt häufig dem bekannten doppelwellenförmigen Verlauf (MALBERG 1994). Am Tagesgangs der spezifischen Feuchte auf den unterschiedlichen Niveaus zeigt sich, dass es in diesem Wald nicht zu einer Abkopplung der unteren Luftschichten von der Atmosphäre kommt, wie es schon häufiger aus Tieflandsregenwäldern berichtet wurde (Szarzynski 2000, RIBEIRO et al. 1996). Trotzdem ist die sich optisch im Bestand andeutende Stratifizierung auch mit der Klimastation feststellbar, so dass der Wald von unten nach oben in drei Zonen eingeteilt werden kann: eine feuchtere Bodenzone, ein gut durchmischter oberer Bestandsbereich und die Energieumsatzstelle Canopy.

Eine Besonderheit im Jahresgang ist die kurze trockenere Periode im November. Im Jahr 2000 kam es dabei durch zweieinhalb Wochen ohne Niederschlag zu einer unerwartet starken Austrocknung des Waldes. Am Ende dieser Periode lag die relative Luftfeuchtigkeit im Wald am Tage teilweise unter 10%. Auch die dünnen Böden der steilen Hänge zeigten nur noch geringe Wassergehalte. Der Hauptgrund für die extreme Trockenheit dürfte in den zu dieser Zeit herrschenden Föhnbedingungen liegen. Die extrem trockene Luft von den Bergen und die sehr starke Sonneneinstrahlung trocknen die Böden an den steilen Hängen trotz der Waldbedeckung innerhalb kurzer Zeit aus.

### **Evapotranspiration**

Mit den erhobenen Klimaparametern war es neben der Beschreibung des Bestandsklimas auch möglich, über die Penman-Monteith Kombinationsformel die aktuelle Evapotranspiration des Waldstandortes zu bestimmen. Da leider noch keine Veröffentlichungen aus anderen Bergregenwäldern hierzu vorliegen, wurden zum Vergleich Untersuchungen aus tropischen Tieflandsregenwäldern herangezogen.

Die einleitende Betrachtung der Energieströme im Tagesverlauf zeigt, dass latenter und fühlbarer Wärmestrom von größerer Bedeutung sind als der nur in einzelnen Tagesabschnitten nennenswerte Boden-Bestandswärmestrom. Bei einer längerfristigen Betrachtung kann der Boden-Bestandswärmestrom ganz vernachlässigt werden, da sich die tägliche Wärmeaufnahme und -abgabe in etwa die Waage halten und es im Untersuchungsgebiet keine thermischen Jahreszeiten gibt.

Vergleicht man die gemessene aktuelle Evapotranspiration von 408 mm mit dem Verdunstungsäquivalent der Strahlungsbilanz von 718 mm, so ergibt sich ein Verhältnis von 0,58. Dieses liegt (v.a. durch die besonders niedrige Quote im trockenen November) geringfügig unter den Werten von SZARZYNSKI (2000) 0,66 bzw. SHUTTLEWORTH et al. (1984) 0,7 aus dem Tiefland. Für das Verhältnis zwischen aktueller und potenzieller Evapotranspiration welches in Ecuador 0,67 betrug, ermittelte SZARZYNSKI (2000) mit 0,69 fast denselben Wert, LEOPOLDO et al. (1995) kam dagegen über eine Berechnung der aktuellen Evapotranspiration aus Niederschlags- und Abflussmessungen zu gleich großen Werten von aktueller und potenzieller Verdunstung.

Betrachtet man den Anteil der Evapotranspiration am Wasserhaushalt, so beträgt dieser nach den Berechnungen mit Penman-Monteith nur 19,5%. Dieser Wert passt nicht besonders gut mit der von WILCKE et al. (2001) für das kleine Einzugsgebiete des Untersuchungsplots angegebenen Interzeptionsrate von 28% des Niederschlags zuzüglich einer geschätzten Transpiration von 20% (Motzer, mündl. Mitteilung) zusammen. Möglicherweise liegt der „echte“ Anteil der Evapotranspiration am Wasserhaushalt dazwischen bei etwa 25-35%. Eine mangelhafte Erfassung des Abflusses durch Tiefensickerung in die anstehenden Rutschungsmassen und Interflow sowie die immer fehleranfällige Messung des Bestandsniederschlags könnten zu einer deutlichen Überschätzung der Interzeption geführt haben. Andererseits könnte die Berechnung der Evapotranspiration zu tief liegen, da im bergigen Gelände eventuell eine horizontale Energiezufuhr stattfindet, die mit der auf der vertikalen Energiebilanz aufbauenden Penman-Monteith-Gleichung nicht erfasst wird.

Weitere Untersuchungen der hydrologischen Verhältnisse durch die Arbeitsgruppe Wilcke, Zech (Universität Bayreuth), direkte Messungen der Transpiration (MOTZER, in prep.) und Untersuchungen zur stomatären Leitfähigkeit (MUNZ 2002) werden hierzu weitere Daten liefern. Nach Abschluss dieser Untersuchungen wird eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Ansätze sicherlich interessante und zuverlässige Ergebnisse über die Bedeutung der einzelnen Zweige der Wasserbilanz liefern. Außerdem werden weitere Forschungen in anderen Bergwäldern, die für ein umfassenderes Verständnis dieses Klimabereichs dringend benötigt werden, von den Erfahrungen mit den einzelnen Erhebungsmethoden profitieren können.