

DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN BODENSTANDORTSFAKTOREN UND
NATÜRLICHER VEGETATION ALS GRUNDLAGE DER STANDORTSKARTIERUNG
IN DEN LLANOSWÄLDERN VENEZUELAS

Wilfredo Franco

Instituto de Silvicultura - Universidad de los Andes
Merida-Venezuela

Im Waldreservat Caparo der West-Llanos Venezuelas wurden auf Naturwaldparzellen die Beziehungen Waldvegetation-Bodenstandort untersucht. Durch Vegetations- und Bodeninventur und ca. 2-jährige Dauermessungen konnten folgende Faktoren erfaßt und in ihren Beziehungen geprüft werden:

1 Boden:

- a. Bodenwasserregime
- b. Wasserhaushalt des Standortes
- c. Bodenmorphologie
- d. Humusauflage
- e. Bioelementvorräte

2 Vegetation:

- a. Baumartenzusammensetzung und Struktur des Waldbestandes
- b. Laubfall-Verhalten der wichtigsten Baumarten und des Bestandes
- c. Streufall
- d. Feinwurzelverteilung im Oberboden (0-50 cm Tiefe)

3 Klima:

- a. Freifläche: Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, potentielle Evapotranspiration (nach Penman).
- b. Im Waldbestand: Bestandesniederschlag, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit eines immergrünen und eines laubwerfenden Bestandes.

Die natürliche Vegetation zeigt extreme Vielfältigkeit und reicht vom Hochwald (30-40 m Höhe) über Nieder- bzw. Buschwald (20-10 m Höhe) bis Heliconia- und Gras-Esteros. Der Hochwald läßt sich nach dem Laubfall-Verhalten in immergrün, teillaubwerfend und laubwerfend unterteilen. Die Vielfältigkeit der Vegetation ist in erster Linie von den sehr verschiedenen bodenhydrologischen Verhältnissen der Standorte abhängig. Die Böden weisen relativ gute chemische Eigenschaften und hohe Bioelementvorräte auf. Hier stößt die Waldvegetation recht weit zu feuchten Standorten vor, im Vergleich zu anderen weiträumigen Gebieten Venezuelas.

Der relativ hohe Niederschlag (1750 mm/Jahr) fällt fast ausschließlich in der Regenzeit. Die 3 - 4 monatige Trockenzeit

ist sehr ausgeprägt. Die Saisonalität des Klimas bewirkt Wasserüberschuß in der Regenzeit und Wasserdefizit in der Trockenzeit, deren Wirkung und Intensität durch die physikalisch-hydrologischen Eigenschaften der unterschiedlichen Bodenstandorte verstärkt bzw. gemildert werden kann.

Die Bodenstandorte variieren von meist höher gelegenen, sehr durchlässigen, sandigen, bis zu tiefer gelegenen und regelmäßig überfluteten, tonigen Standorten mit graduellen Übergängen. Die hydrologischen Verhältnisse werden einerseits von der Schichtabfolge und der Textur, Porenraumverteilung und Leitfähigkeit der einzelnen Schichten sowie der topographischen Lage bestimmt. Der großflächige Anteil von Böden geringerer Leitfähigkeit und das sehr flache Relief bedingen regenzeitliche Überflutung durch Regenwasser mit unterschiedlicher Höhe und Dauer je nach Standort, von der nur die tiefgründigen, sandigen Standorte frei bleiben. Ferner tritt in allen Böden feiner als lfs mehr oder weniger starke Stau- bzw. Haftnässe in der Regenzeit auf (Belüftungsmangel). Drainage-Probleme sind deshalb das größte Hindernis landwirtschaftlicher bzw. forstwirtschaftlicher Landnutzung des Gebietes.

Überschlagsweise beträgt der Oberflächenabfluß in den 3 regenreichsten Monaten (Mai-Juni-Juli) mehr als 1/3 des Freilandniederschlages ($A_o > 400$ mm), was zeitlich eine sehr hohe Belastung für das flußparallele, energiearme Abflußsystem bedeutet.

Das Grundwasser schwankt im Jahresablauf mehr oder weniger stark je nach Standort (tiefster gemessener Grundwasserstand 4.5 m, höchster gemessener Grundwasserstand 0.6 m unter Flur).

Die unter bestimmten günstigen Bedingungen auf Grund von Tensiometermessungen, gravimetrischen Feuchtigkeitsbestimmungen und pF-Kurven ermittelte aktuelle Evapotranspiration schwankt zwischen 900 (laubwerfender Waldbestand) und 1300 mm/Jahr (immergrüner Waldbestand), d.h. 45 bzw. 64% des Freilandniederschlages.

Die tägliche ETA variiert nach Jahresphase und Standort zwischen 4.2 (immergrüner Bestand, Regenzeit) und 0.5 mm/Jahr (laubwerfender Bestand, Trockenzeit).

Der unterschiedliche trockenzeitliche Entlaubungsgrad von Waldbeständen in Caparo kommt einmal durch Wechsel in der Artensammensetzung (Schwerpunkte der Baumarten) und zum anderen durch standörtlich wechselndes Verhalten gewisser Baumarten zustande. Auf Grund der insgesamt 5-jährigen phänologischen Beobachtungen von etwa 750 Bäumen (über 70 Baumarten) lassen sich 17 Arten als obligatorisch, also standortsunabhängig laubwerfend, 14 Arten (ohne Palmen) als obligatorisch immergrün und 30 Arten als fakultativ laubwerfend einordnen. Auf 4.75 ha Inventurfläche (19 Parzellen 50 x 50 m) waren die Abundanzen dieser 3 Artengruppen jeweils 22.6%, 18% und 37%. Die Palmen beteiligten sich mit 22.1% der Abundanz. Der hohe Anteil fakultativ laubwerfender Arten und die allgemeine Unschärfe in der standörtlichen Anpassung der Baumarten bei sehr kleinräumigem Standortwechsel erklärt, warum mit Hilfe der Clusteranalyse der 19 Parzellen keine bedeutenden Unähnlichkeiten nach der Artensammensetzung aufgezeigt werden konnten.

Dagegen zeigt die standörtliche Verteilung der 3 angesprochenen Artengruppen (und der Palmen) sehr deutliche Verschiebungen von Parzelle zu Parzelle, welche natürlich auf standörtliche Anpassungen der Artenzusammensetzung zurückgehen. Diese Verschiebungen wurden hier durch einen Artengruppen-Index erfaßt, der durchaus geeignet erscheint, das Entlaubungsverhalten von Beständen (1-2 laubwerfend, 2-2.4 teillaubwerfend, 2.4-4 immergrün) zu beschreiben. Dieser Index kann jahreszeitenunabhängig mittels einer einfachen Inventur gewonnen werden.

Die Zweckmäßigkeit dieses Indexes, wie überhaupt der Bestandesgliederung nach Entlaubungsverhalten, besteht darin, daß

- a) zwischen Bodenstandort und Entlaubungsverhalten der Bestände eine anscheinend ausreichend enge Beziehung besteht, sodaß die Möglichkeit von dem einen auf das andere (und vice versa) zu schließen gegeben ist (Korrelation zwischen dem Index und der Wasserspeicherkapazität des Bodens $R = 0.79$, $n = 19$);
- b) das Entlaubungsverhalten von Beständen über assoziierte Strukturmerkmale im Luftbild ansprechbar ist und deshalb zur Standortskartierung herangezogen werden kann (Vegetationskarte von PULIDO, 1977).

Beide Gesichtspunkte müssen allerdings durch eine größere Zahl von Vergleichsflächen geprüft werden.

Die nach dem Entlaubungsverhalten definierbaren laubwerfenden, teillaubwerfenden und immergrünen Bestände zeigen überraschenderweise einen sehr ähnlichen jährlichen Streufallverlauf. Sowohl der starke trockenzeitliche Anstieg im Laubfall wie die kleinen Maxima in der Regenzeit sind allen Parzellenbeständen gemeinsam. Dies deutet auf eine enge Beziehung Blattfall (Streufall) - meteorologische Größen hin, was durch hohe Korrelationskoeffizienten untermauert wird (Streufall und ET_a -Penman, $R = 0.71$; Sonnenscheindauer, $R = 0.76$; Summe der Stunden mit Luftfeuchte $< 50\%$, $R = 0.48$; Summe der Stunden mit Temperatur $> 25^\circ\text{C}$, $R = 0.82$; Summe der 3 letzten, $R = 0.85$).

Der standörtliche Einfluß liegt also nicht in der Intensität des Laubfalles als vielmehr darin begründet, daß die immergrünen Bestände ihre neuen Blätter parallel zum Laubfall nachschieben, während in laubwerfenden Beständen mehr oder weniger lange Ruhephasen beide Vorgänge zeitlich trennen. Ferner stellte sich heraus, daß die laubwerfenden Bestände auf trockenen Standorten etwa 2/3 des jährlichen Streufalles auf die Trockenzeit (4 Monate) konzentrieren, während die immergrünen bzw. teillaubwerfenden Bestände auf mit Wasser besser versorgten Standorten eine gleichmäßigere Verteilung (50% in jeder Jahresphase) aufweisen.

Maßgebend für die Beziehungen Waldvegetation-Bodenstandort ist die trockenzeitliche Wasserversorgung; dagegen scheint hinsichtlich des regenzeitlichen Sauerstoffmangels die Toleranz des Waldes weitaus größer zu sein. Obwohl die Feinwurzelverteilung in drei von den 8 Hochwaldparzellen eine eindeutige Konzentrierung auf die obersten 10 cm des Bodens aufzeigt, was als Reaktion der Pflanzen auf die kritische regenzeitliche Belüftung gedeutet werden könnte, zeigen die anderen Parzellen eine mehr oder weniger graduelle Abnahme der Feinwurzeln nach unten. In

der Nieder- bzw. Buschwaldparzelle mit sehr starker Überflutung bzw. Vernässung in der Regenzeit deutet die Feinwurzelverteilung und die maximale Durchwurzelungstiefe (120 cm) in solchen extremen Bedingungen auf eine Spezialisierung der Vegetation hin. Im Hochwald reichen die Wurzeln je nach Standort bis zu 140 - 210 cm maximale Durchwurzelungstiefe.

Entscheidend für den Wechsel von Hochwald zu Nieder- bzw. Buschwald scheint die Höhe und Dauer der Überflutung zu sein. In der Buschwaldparzelle wurde eine 3-monatige kontinuierliche Überflutung von 20-50 cm Höhe registriert, im Niederwald eine solche von 10-20 cm mit häufigen Schwankungen, und im Hochwald ein kurzfristiger Wechsel von Überflutungen (3-5 Tage) mit oberflächenwasserfreien Perioden. Zwischen immergrünem und laubwerfendem Bestand besteht kein bedeutender Unterschied im Bestandesniederschlag bzw. der Interzeption, da der weitaus größte Teil der Niederschläge in der Regenzeit in gleich belaubten Beständen fällt. Dagegen zeigen die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit Verschiebungen, die in der Trockenzeit wegen des Belaubungsunterschiedes beider Bestände ausgeprägter werden.

Auf Grund der festgestellten Beziehungen zwischen Bodenfeuchteregime und Bodenmorphologie wurde eine vegetationsunabhängige Standortsgliederung entworfen. Dazu wurden Textur und Texturschichtung, Vernässung und Grundwasserhochstand herangezogen.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Waldreservat Caparo wurden durch Boden- und Vegetationsinventur und 2-jährige Dauermessungen auf 8 standörtlich unterschiedenen Naturwaldparzellen das Bodenfeuchteregime, die physikalischen, chemischen und morphologischen Bodeneigenschaften, die Baumartenzusammensetzung, das Laubfallverhalten von Baumarten und Beständen und der Streufall untersucht und in ihren Beziehungen geprüft.

Die natürliche Vegetation variiert von Hochwald (30-40 m) über Buschwald (20-10 m) bis Heliconia- und Gras-Esteros. Der Hochwald läßt sich nach seinem Laubfall-Verhalten in laubabwerfend, teillaubabwerfend und immergrün unterteilen. Diese extreme Vielfältigkeit der Vegetation ist von den unterschiedlichen Bodenhydrologischen Verhältnissen abhängig.

Auf Grund der festgestellten Beziehungen Bodenfeuchteregime-Bodenmorphologie wurde eine Standortsgliederung entworfen.

Schlüsselwörter: Tropische Bodenkunde, Standortskartierung, Bodenwasserdynamik