

Zur Entwicklung von Vegetation der Böschungen an Autobahnen in Japan

von

Akira KAMEYAMA

Laboratory of Landscape Architecture, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Einführung

Der Entwicklungsplan für Nationale Autobahnen Japans wurde 1957 begonnen, als das Landes-Autobahngesetz und das Gesetz der Hauptstrassenplanung für Landesentwicklung erlassen worden waren. Das Autobahnennetz, das durch das Gesetz der Hauptstrassenplanung festgelegt wurde, umfasst 19 Strassen mit insgesamt 7600 Streckenkilometern. 1964 wurde die Meishin-Autobahn (von Nagoya nach Kobe), die erste Autobahn Japans, für den Verkehr freigegeben, ihr folgte 1969 die Tomei-Autobahn (von Tokio nach Nagoya). Ende 1977 waren mehr als 2000 Streckenkilometer für den Verkehr freigegeben.

Mit Erstellung dieser Autobahnen wurden über einige tausend ha Böschungen geschaffen. Fast alle diese Böschungen wurden durch Aussaat verschiedener Grasarten begrünt. Das Wachstum der Böschungsvegetation wurde ein großes Problem für den Betrieb der Strassen. Das Ziel der Strassenbepflanzung ist die Bewahrung und die Schaffung ökologisch stabiler, leicht zu pflegender, schöner und dauerhafter Landschaft.

Die Aufgabe der Bepflanzung ist die Erhaltung des Bodens, Sicherheit und Bequemlichkeit für den Verkehr zu gewährleisten und die Erhaltung der Umwelt der anschließenden Flächen.

1935 verfasste Prof. Dr. R. Tüxen eine wegweisende Studie über Strassenbepflanzung. Er war einer der Leiter der Autobahnplanung in Deutschland und gab hilfreiche Anregungen für Straßenbepflanzung in Japan. (IDE, 1967).

Da grundlegende Studien über Pflanzensoziologie in Japan noch nicht erstellt worden waren, konnte Straßenplanung kaum auf pflanzensoziologischer Basis beruhen. Im letzten Jahrzehnt wurde schrittweise mit pflanzensoziologischen Untersuchungen begonnen.

Bodenschutz ist die wichtigste Aufgabe der Strassenbepflanzung aufgrund der Umweltbedingungen in Japan. Die charakteristischsten Merkmale der japanischen Inseln sind hohe Niederschläge während des ganzen Jahres und das steil ansteigende Gelände. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag beträgt ungefähr 1740 mm (max. 3000 mm; min. 800 mm), und die Niederschläge sind stets sehr stark. Daher wird ein schneller Pflanzenbewuchs auf den Böschungen angestrebt, um den Boden zu sichern.

Die Arten für die Bepflanzung wurden unter dem Gesichtspunkt ausgewählt, dass sie sicher keimen und schnell wachsen. Einheimische Arten konnten für

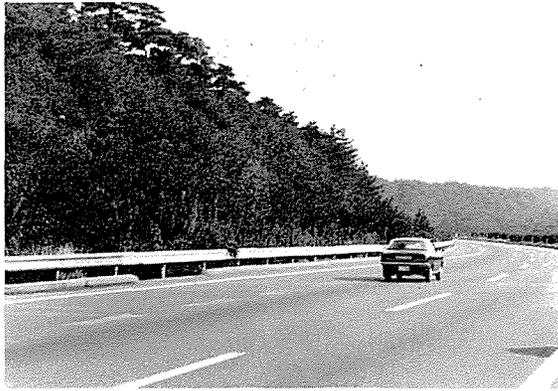


Abb. 1. *Pinus densiflora* Wald am Böschungseinschnitt der Meishin-Autobahn, 13 Jahre nach der Fertigstellung. Baumhöhe zwischen 3–4 m; Dichte und Bedeckungsgrad sind sehr hoch.



Abb. 2. *Pinus densiflora* Wald am Damm der Meishin-Autobahn, 13 Jahre nach der Fertigstellung. Baumhöhe zwischen 4–5 m. *Miscanthus sinensis* ist von *Pinus densiflora* überwachsen.

diesen Zweck nicht gefunden werden, so daß ausländische Gräser und Kräuter eingeführt wurden. Diese Arten, z. B. *Eragrostis curvula*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*, *Festuca rubra* und *Trifolium repens* werden gemischt ausgesät. Der Mischungsanteil jeder Art richtet sich nach den jeweiligen Standortbedingungen der Böschungen.

Einige Ökologen kritisierten diese Einführung fremder Arten. Glücklicherweise ermöglicht das warme und feuchte Klima der Jap. Inseln ein schnelles Pflanzenwachstum und schnelle Entwicklung der Sukzessionen. Die ausgesäten fremden Arten sterben mit Fortschreiten der Sukzession aus und einheimische Pflanzengesellschaften erscheinen. Entlang der Meishin-Autobahn (13 Jahre nach der Fertigstellung) sind nahezu alle ausländischen Arten ausgestorben und viele einheimischen Arten sind eingedrungen (Abb. 1 und 2). Über 30% der Böschungsflächen waren bedeckt mit der dominanten *Pinus densiflora*, die nicht ausgesät oder gepflanzt wurde. Später werden wir versuchen, Strassenbepflanzungen auf der Basis des Sukzessionskonzeptes auszuprobieren.

In Deutschland strebt man durch die Technik der Straßenbepflanzung eine

ständige Vegetationsbedeckung an, die den Standortfaktoren der Böschungen nach ihrer Fertigstellung angepasst ist. Aber in Japan ist das Ziel der (ingenieurbio-logischen) Technik, eine ausdauernde Vegetation schrittweise, wie es der Sukzessionsabfolge entspricht, zu erreichen.

Pflanzensoziologische Untersuchungen, um die Entwicklung der Sukzession der Böschungsvegetation zu verfolgen, sind für die Planung und Unterhaltung der Böschungsvegetation wichtig.

Die Forschung über Böschungssukzessionen wurde über folgende Themen fortgesetzt:

1. Klassifizierung der Böschungsvegetation und Klärung ihrer Verteilung.
2. Diagnose der Sukzessionsstadien von jeder Pflanzengesellschaft und Vermutungen über die Serie.
3. Analyse der Beziehung zwischen Sukzession und Standortbedingungen.
4. Erstellung einer Methode zur Unterhaltung der Böschungsvegetation, gemäß dieser Erkenntnisse (oder Forschungsergebnisse).
5. Erstellung einer Methode der Vegetationsbeobachtung, um die Sukzessionen zu verfolgen.

Die Resultate, die wir erhalten haben, werden im folgenden Abschnitt behandelt.

I. Feld-Forschung, um dominante Arten und ihre Verteilung kennen zu lernen

In Anbetracht der sofortigen Notwendigkeit, Informationen über die ausgedehnten Flächen entlang der noch unerforschten Autobahnen zu erhalten, hält es der Autor für wünschenswert, eine Analysentechnik zu entwickeln, die schnelle Erkenntnisse vermittelt. Denn fast alle Techniken, die uns vertraut sind, sind zeitraubend, einschließlich der Untersuchung von Parzellen.

Eine schnelle Methode würde es möglich machen, eine höhere Anzahl von Standorten zu besuchen und dabei eine grössere Menge von Varianten in einem größeren Gebiet in weniger Zeit zu erfassen. Auch ergibt sich durch die hohe Zahl der gesammelten Daten die Notwendigkeit, Computer für die Datenanalyse zu benutzen.

Der Autor machte eine Fallstudie über die Meishin- (189,8 km), Tomei-(346,4 km) und-Chuo-(123,7 km)Autobahn. Die Auswahl des Geländes oder des Standortes, um Proben zu entnehmen, erfolgte regelmäßig an jedem Kilometer-Pfosten.

Die Größe der Untersuchungsflächen umfasste ca. 50–100 m², wo genug Raum ist für eine Probestelle für Wiesen-und Busch-Gesellschaften. Die Datensammlung, insbesondere die Entscheidung, welche Daten aufgezeichnet werden sollen, ist wichtig für eine schnelle Untersuchungsmethode. Wegen der schnellen Überprüfung wurde auf eine exakte Festlegung der Grenzen der Probestellen und der Standortfaktoren verzichtet. Die meisten der gesammelten Daten basieren auf Schätzungen.

Die verwandten Daten stammen von 577 Stellen. Als erster Schritt der Datenanalyse wurden Lochkarten für die Computer-Auswertung erstellt. Die dominanten Arten von jeder Strasse wurden errechnet.

Entlang der Meishin-Autobahn (13 — 14 Jahre nach Fertigstellung) sind Ar-

Tab. 1. Die dominanten Arten auf den Böschungen der Meishin-Autobahn

Arten	Zahl der Bestände	Frequenz
<i>Miscanthus sinensis</i>	133	95,7%
<i>Pinus densiflora</i>	103	72,7
<i>Pueraria lobata</i>	77	55,4
<i>Solidago altissima</i>	76	54,7
<i>Andropogon virginicus</i>	41	29,5
<i>Rhus javanica</i>	34	24,5
Gesamtzahl	139	—

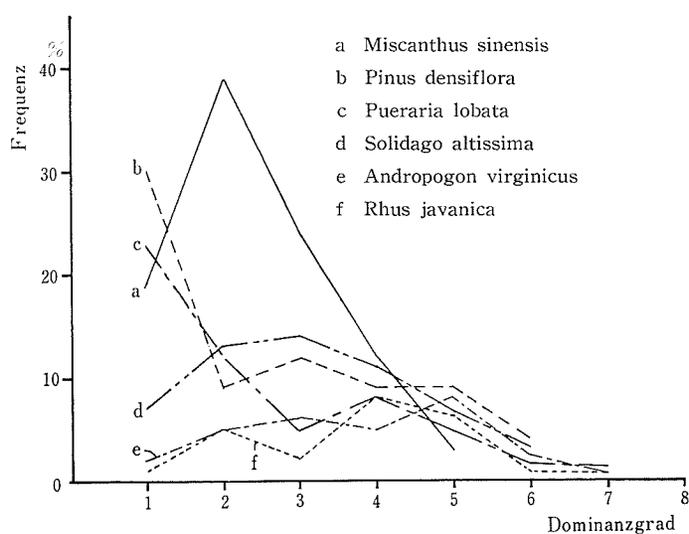


Abb. 3. Beziehung zwischen Frequenz und Dominanzgrad von jeder Art an der Meishin-Autobahn

Tab. 2. Die dominanten Arten auf den Böschungen der Tomei-Autobahn

Arten	Zahl der Bestände	Frequenz
Ausgesäte Grasarten	289	98,0%
<i>Miscanthus sinensis</i>	288	97,6
<i>Erigeron sumatrensis</i>	208	70,5
<i>Artemisia princeps</i>	160	54,2
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	98	33,2
<i>Pinus densiflora</i>	91	30,8
Gesamtzahl	295	—

Ausgesäte Grasarten; *Eragrostis curvula*, *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Trifolium repens*

ten mit hoher Frequenz: *Miscanthus sinensis*, *Pinus densiflora*, *Pueraria lobata*, *Solidago altissima*, u. a. (s. Tab. 1). Die ausgesäten Grasarten erreichten 23 % der Frequenz und waren in nur 8 % der Probestellen dominant. Obgleich *Miscanthus sinensis* die am meisten vorkommende Art ist, erreichen *Pinus densi-*

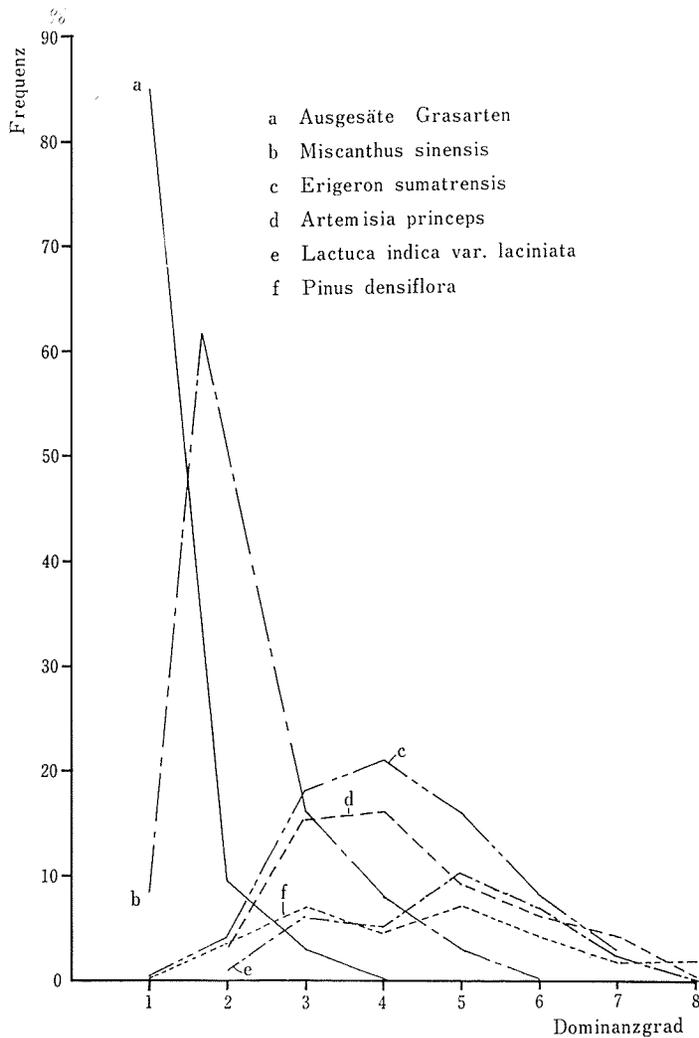


Abb. 4. Beziehung zwischen Frequenz und Dominanzgrad von jeder Art an der Tomei-Autobahn

flora und *Pueraria lobata* einen höheren Dominanzgrad. *Miscanthus sinensis* hat ihre Optimalphase überschritten (Abb. 3).

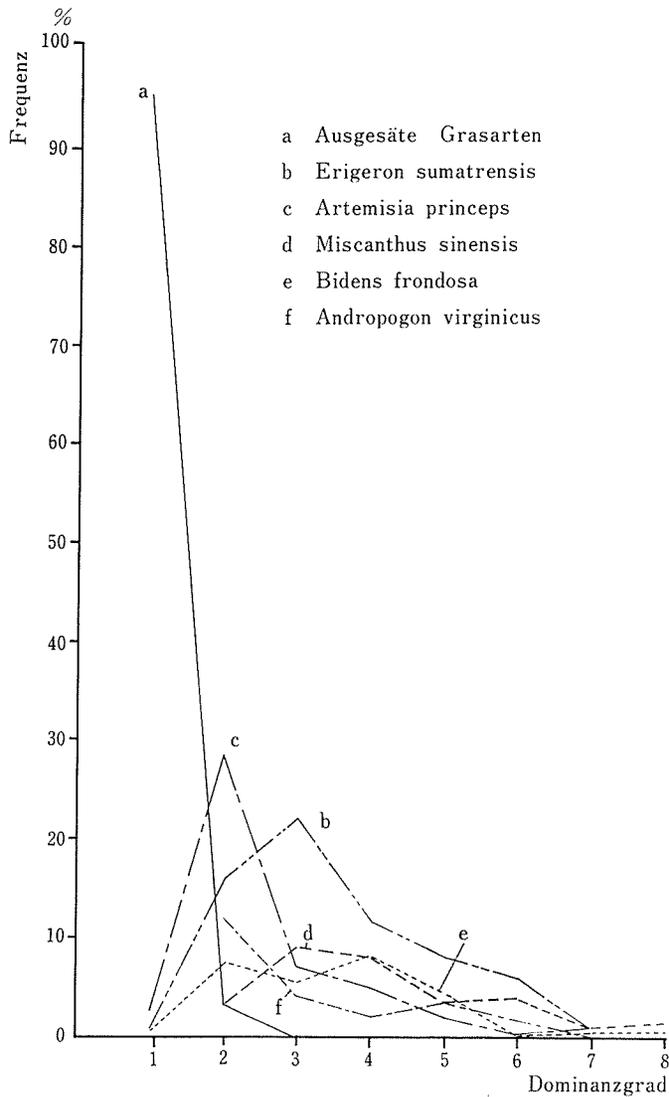
Entlang der Tomei-Autobahn (7–9 Jahre nach Fertigstellung), sind die am häufigsten vorkommenden Arten die ausgesäten Gräser (*Eragrostis curvula*, *Festuca arundinacea* u. a.), *Miscanthus sinensis*, *Erigeron sumatrensis*, *Artemisia princeps* u. a. (s. Tab. 2). Obwohl die Häufigkeit der ausgesäten Gräser und von *Miscanthus sinensis* nahezu gleich ist, haben die ausgesäten Gräser eine höhere Dominanz als *Miscanthus sinensis* (s. Abb. 4). Die optimale Entwicklungsstufe von *Miscanthus sinensis* wird nach mehreren Jahren erreicht.

Entlang der Chuo-Autobahn (2–4 Jahre nach Fertigstellung), waren Arten mit hoher Frequenz: die ausgesäten Gräser, *Erigeron sumatrensis*, *Artemisia princeps*, *Miscanthus sinensis* u. s. w. (Tab. 3). Das Optimum für die ausgesäten Gräser wird noch für lange Zeit andauern (Abb. 5).

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen, kann man sagen, dass die

Tab. 3. Die dominanten Arten auf den Böschungen der Chuo-Autobahn

Arten	Zahl der Bestände	Frequenz
Ausgesäte Grasarten	141	98,6%
<i>Erigeron sumatrensis</i>	96	67,1
<i>Artemisia princeps</i>	68	47,6
<i>Miscanthus sinensis</i>	44	30,8
<i>Bidens frondosa</i>	40	28,0
<i>Andropogon virginicus</i>	35	24,5
Gesamtzahl	143	—

**Abb. 5.** Beziehung zwischen Frequenz und Dominanzgrad von jeder Art an der Chuo-Autobahn

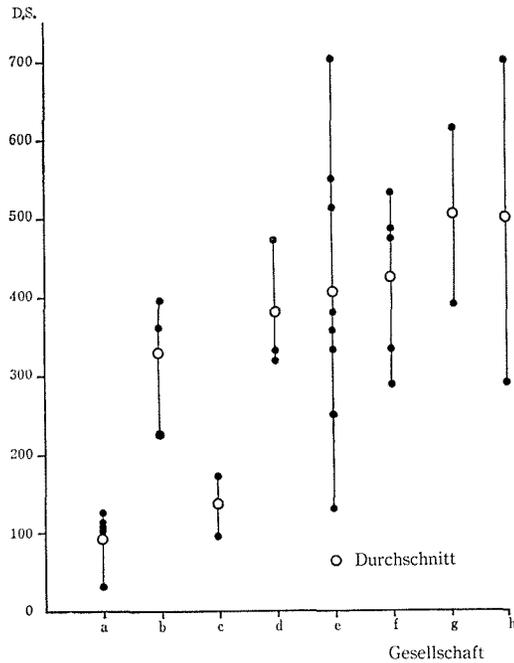


Abb. 6. Sukzessionsgrad (D. S.) von jeder Pflanzengesellschaft auf den Böschungen der Meishin-Autobahn

Tab. 4. Das Lebensformspektrum von drei Autobahnen (%)

Autobahn	Th	Ch	G	H	N	M	MM
Meishin	0.8	11.8	0.2	16.4	1.0	2.4	67.4
Tomei	1.1	4.5	2.5	67.5	1.3	4.6	18.5
Chuo	2.7	0.4	0.8	83.2	0.0	4.3	8.6

Tab. 5. Die Ziffer für den Sukzessionsgrad (D. S.) von drei Autobahnen

Autobahn	Maximum	Minimum	Durchschnitt
Meishin	11,300	500	4,618
Tomei	3,930	419	921
Chuo	984	27	315

dominanten Arten der Böschungsvegetation von den ausgesäten Gräsern zu *Miscanthus sinensis* und zu *Pinus densiflora* wechseln.

Um die Entwicklung der Sukzession zu vergleichen, wurde das Lebensformspektrum und die Ziffer für den Sukzessionsgrad (D. S.) für jede Strasse geschätzt. Wie aus Tab. 4 und 5 hervorgeht, findet sich der am weitesten entwickelte Sukzessionsgrad entlang der Meishin-Autobahn, als nächste folgt die Tomei-Autobahn und als Letzte die Chuo-Autobahn. Das Verhältnis des Sukzessionsgrades von Meishin : Tomei : Chuo ist 15 : 3 : 1. Der Hauptgrund für diesen Unterschied liegt in der Zeitspanne nach der Fertigstellung.

Diese Untersuchungsmethode erfordert die Erstellung und Erprobung von detaillierteren Analyse-Probestellen.

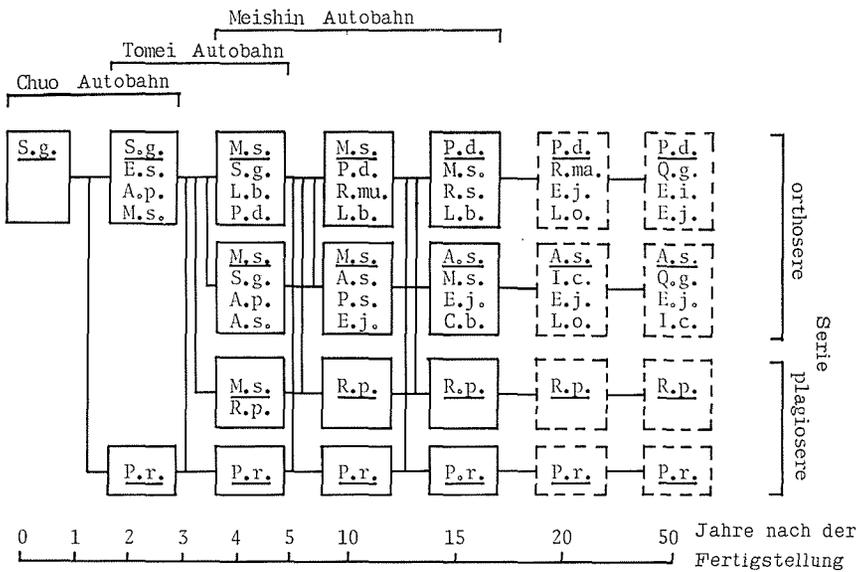
II. Klassifikation der Böschungsvegetation und Diagnose der Sukzessionsstadien jeder Pflanzengesellschaft

Die Ergebnisse der Felduntersuchung zeigen, dass es viele Typen von Gesellschaften verschiedener Sukzessionsstadien gibt.

Der Autor machte eine Fallstudie entlang der drei Strecken mit Hilfe der Quadrat-Methode, um die Böschungsvegetation zu klassifizieren und eine Diagnose des Sukzessionsstadiums jeder Pflanzengesellschaft zu erstellen. Die Auswahl der Standorte für Probestellen erfolgte für jede typische Pflanzengesellschaft. Die Größe der Flächen betrug zwischen 4–25 m². Die Daten wurden nach der Braun-Blanquet'schen Methode aufgenommen. Die Anzahl der Daten betrug 226 Tabellen. Die Daten wurden gemäß der Artenzusammensetzung zu 8 (Meishin), 6 (Tomei) und 5 (Chuo) Pflanzengesellschaften zusammengefasst (s. Tab. 6).

Weiterhin wurden die Artenzusammensetzung und die Lebensformenspektren verglichen.

Die Ziffer des Sukzessionsgrades (D. S.) einer jeden Pflanzengesellschaft zeigt,



A.p.; *Artemisia princeps*, A.s.; *Alnus sieboldiana*, C.b.; *Clethra barbinervis*, E.i.; *Evodiopanax innovans*, E.j.; *Eurya japonica*, E.s.; *Erigeron sumatrensis*, I.c.; *Ilex crenata*, L.b.; *Lespedeza buergeri*, L.o.; *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica*, M.s.; *Miscanthus sinensis*, P.d.; *Pinus densiflora*, P.r.; *Pueraria lobata*, P.s.; *Paederia scandens* var. *mairei*, Q.g.; *Quercus glauca*, R.ma.; *Rhododendron macrosepalum*, R.mu.; *Rosa multiflora*, R.p.; *Robinia pseudo-acacia*, R.s.; *Rhus sylvestris*, S.g.; Seeded grass species (Ausgesäte Grasarten)

Abb. 7. Schematischer Überblick über die Serie der Pflanzengesellschaften an den Autobahn-Böschungen. Jeder Kasten zeigt eine Gesellschaft und ihre dominanten Arten, deren dominanteste unterstrichen ist. Pflanzengesellschaften, die 20 Jahre nach der Fertigstellung erwartet werden, sind durch eine gestrichelte Umrandung angezeigt.

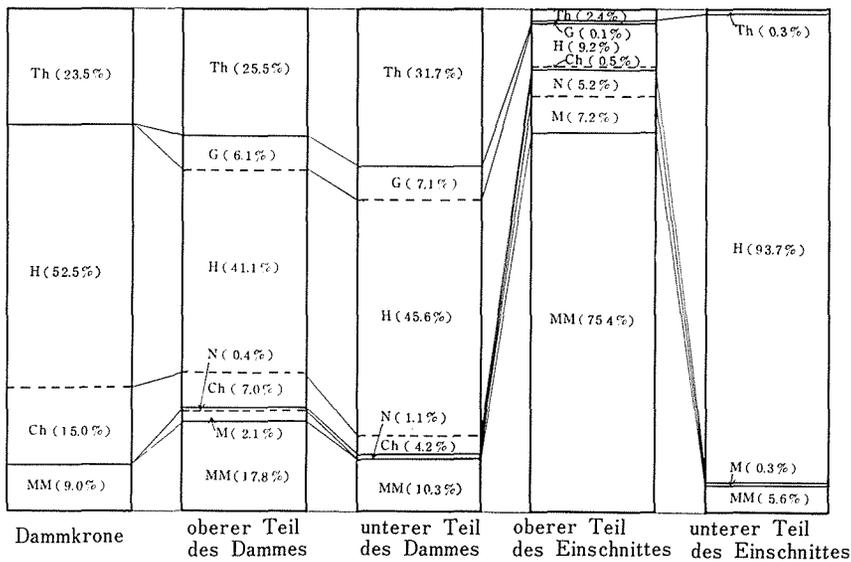


Abb. 8. Lebensformspektrum von jeder topographischen Lage der Böschungen entlang der Tomei-Autobahn

dass der Unterschied zwischen den Gesellschaften den Unterschied zwischen den einzelnen Sukzessionsstadien anzeigt (Abb. 6).

Der Index der Ähnlichkeiten (I. S.) eines jeden Standortes und jeder Pflanzengesellschaft wird aus Tab. 7 deutlich. Der I. S. Wert der Gesellschaften c und g ist sehr niedrig, so daß angenommen wird, dass diese Gesellschaften Übergangsstadien sind.

Der I. S. Wert der Gesellschaften d, e und f ist sich sehr ähnlich, so daß diese Gesellschaften sich in ähnlichen Sukzessionsstadien befinden.

Aus diesen Erwägungen heraus wurden die 8 Pflanzengesellschaften in 4 Gruppen eingeteilt: a, b, d-e-f und h.

Es wird angenommen, dass diese 4 Gruppen die Serie der Sukzessionen anzeigen. Die Serie wird nach den Ergebnissen der Artenzusammensetzung, Lebensformspektrum, Sukzessionsgrad und Ähnlichkeitsindex geschätzt. Die 4 Serien werden geschätzt; 2 sind "Orthoserien" und andere 2 sind "Plagioserien" (Abb. 7). *Pueraria lobata* und *Robinia pseudo-acacia* bilden die "Plagioserie".

III. Beziehung zwischen Sukzession und Standortfaktoren

Es gibt viele Standortfaktoren, die das Fortschreiten der Sukzessionen beeinflussen, z. B. Klima, Topographie, Geologie, Böden, Hangexposition und Hangneigung, menschlicher Einfluss etc.. Es ist wichtig, diejenigen Standortfaktoren zu erkennen, die primär für die Kontrolle der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften verantwortlich sind.

Die topographische Lage der Einschnitte und Dämme wird als Hauptstandortfaktor aufgrund der Bodenfeuchtigkeit und anderer Bodenbedingungen angesehen.

Eine Fallstudie entlang der 3 Strecken mit Hilfe der "Belt-Transsect" Metho-

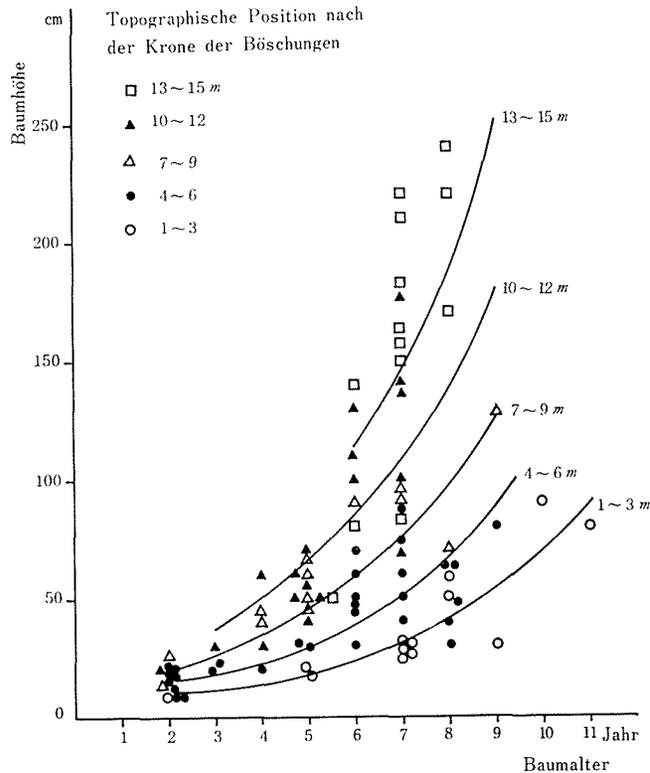


Abb. 9. Wachstum von *Pinus densiflora* an jedem Böschungsteil, Einschnitte der Meishin-Autobahn

de zeigt folgende Ergebnisse: Die topographische Lage der Böschungen wurde in folgende 5 Kategorien eingeteilt: Oberer Teil des Einschnittes, unterer Teil des Einschnittes, Dammkrone, oberer Teil des Dammes und unterer Teil des Dammes. Lebensformspektrum und die Ziffer für den Sukzessionsgrad wurden für jeden Teil der Böschungen berechnet, um die Pflanzengesellschaften und die Lage auf dem Hang vergleichen zu können.

Ebenso wurde das Höhenwachstum von *Pinus densiflora* aufgezeichnet, um die Beziehung zwischen Wachstum und Hanglage zu analysieren. Aufgrund dieser Analyse ist die Sukzession in Einschnitten weiter fortgeschritten, besonders am oberen Teil der Einschnitte (Abb. 8). Als Grund hierfür wird die nahe Lage der höheren Hangteile zu den Waldgesellschaften oberhalb der Einschnitte gesehen.

Das Höhenwachstum von *Pinus densiflora* war jedoch im unteren Teil der Böschung besser (Abb. 9), da die Bodenschicht im unteren Böschungsteil tief und gleichmäßig feucht ist.

Dies ist nur eine der Kausalanalysen, die untersucht werden sollten.

Ogleich diese Studie noch unvollständig ist, wollte der Autor die Hauptprobleme umreißen und Ihrer Kritik unterwerfen.

Der Autor möchte Herrn Prof. Dr. H. IDE von der Universität Tokyo für

wertvolle Anregungen und kritische Durchsicht des Manuskriptes seinen Dank aussprechen.

Ebenso dankt der Autor den Mitgliedern der Jap. Gesellschaft für Angewandte Pflanzensoziologie für wertvolle Diskussionsbeiträge und den Mitgliedern des Labors für Landschaftspflege und Landschaftsgestaltung der Universität Shinshu für ihre freundliche Unterstützung während der Zeit der Felduntersuchungen.

Literatur

- IDE, H. 1967. Über die pflanzensoziologische reale Vegetationskarte. J. Jap. Inst. Landscape Architects. 30(3): 20-25. (in Japanese)
- KAMEYAMA, A. 1977. Succession of the slope vegetation of expressways (1). J. Jap. Inst. Landscape Architects. 41(1): 23-33. (in Japanese)
- TRAUTMANN, W. 1972. Erste Ergebnisse von Rasenuntersuchungen an Dauerflächen der Bundesautobahnen. Natur und Landschaft. 47(3): 70-76.
- u. LOHMEYER, W. 1975. Zur Entwicklung von Rasenansaat an Autobahnen. Natur und Landschaft. 50(2): 45-48.
- TÜXEN, R. 1935. Pflanzensoziologie im Hinblick auf den Straßenbau in Deutschland. Die Straße 2. H. 19
- u. LOHMEYER, W. 1961. Kritische Untersuchungen von Rasen an den Autobahnen der Bundesrepublik. Mskr. Stolzenau/Weser