

# UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE ENTWICKLUNGSDYNAMIK VON EINGEBUTTETEN AUFFORSTUNGEN VON KORSIKANISCHER SCHWARZFOEHRE

von

M. Van Miegroet & N. Lust\*

## Problemstellung

Bei der Durchführung von Aufforstungen nach einem klassischen Modell ist es üblich die in den ersten Jahren ausgefallenen Pflanzen möglichst rasch zu ersetzen, auch wenn engeren Pflanzverbände verwendet wurden. Diese Nachpflanzung wird begründet durch den Wunsch eine gute Ausgangslage aufzubauen mit der Absicht die zukünftige Wertproduktion oder die normale Bestandesentwicklung keineswegs zu gefährden.

Meistens wird der Eingriff als positiv angesprochen, wenn die Nachpflanzung gelingt und die ursprüngliche, regelmässige Raumverteilung wiederhergestellt ist. Es muss jedoch die Frage gestellt werden nach der Rolle, die das Ersatzmaterial bei der dynamischen Bestandesentwicklung wirklich erfüllt, nach seiner Möglichkeit sich am Aufbau des Zukunftbestandes zu beteiligen, sowie nach den erlaubten maximalen Altersunterschieden.

Diese Fragen zu beantworten, wurden zwei Aufnahmeflächen von je 100 m<sup>2</sup> angelegt in einer Aufforstung mit korsikanischer Schwarzföhre im Waldgebiet Nazareth bei Gent (Wald der C.O.O. Gent; Höhenlage 10 m.ü.M.; *Quercetum atlanticum*; sandiger Böden; leicht podsoliert).

Die erste Aufnahmefläche (Dickung I) befindet sich im besten Unterteil der Aufforstung und die zweite Aufnahmefläche (Dickung II), etwa 50 m von der Ersten entfernt, in einem Unterteil, wo das Wachstum anscheinend weniger gut ist. In den beiden Teilen wurde, 1 Jahr nach der Aufforstung, eine Nachpflanzung durchgeführt mit 2-jährigen verschultem Material gleicher Herkunft, zur Wiederherstellung des ursprünglichen Pflanzverbandes 1 × 1 m.

\* Lust N. : Aangesteld Navorsers bij het Belgisch Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek.

In beiden Flächen wurde die gleiche Stammzahl nachgepflanzt.

Die Messungen wurden 10 Jahre nach der Aufforstung vorgenommen, nachdem in der Zwischenzeit keine wesentliche weitere Verlüste mehr festgestellt wurden.

Am Moment der Aufnahmen waren die Dicken folgenderweise zusammengesetzt :

**TABELLE 1.**  
**Stammzahl pro Ar**

	Dickung I	Dickung II
Föhre 10 J.	72	63
Föhre 9 J. (Nachpfl.)	23	22
Lärche	3	9
Andere	1	3
Insgesamt	99	97
Verlüste	1	3

### 1. *Das Wachstum*

Aus der Messung der Baumhöhe, separat für jede Altersgruppe in den beiden Aufnahmeeinheiten, ergibt sich, dass die Flächen sich, dem Wachstum nach, wesentlich voneinander unterscheiden und dass in jeder Aufnahme fläche ein statisch gesicherter Höhenunterschied besteht zwischen den beiden Altersklassen (Tab. 2).

Ausserdem besteht in der wüchsigen Dickung I ein deutlicher Unterschied von durchschnittlich 6,3 cm oder 18 % in jährlichem Höhenzuwachs zwischen den 9 und den 10-jährigen Pflanzen.

Dieser Unterschied wird immer grösser indem im letzten Jahr vor der Aufnahme die meist vitalen Pflanzen von 10 J. (N = 61) einen durchschnittlichen Höhentrieb machten von 64,9 cm gegenüber 51,2 cm für die besten Pflanzen (N = 17) von 9 Jahren alt.

In der langsamer wachsenden Dickung II ist der Unterschied weniger gross (1,8 cm oder nur 7 %), aber auch hier beträgt die letztjährige Triebblänge 64,2 cm (N = 40) gegenüber nur 57,8 cm (N = 14) für die jüngeren Pflanzen (Unterschied 10 %).

Dieser Zustand lässt die zunehmende Dominanz der älteren Pflanzen, sogar über die besten Elemente der Nachpflanzung, vermuten.

**TABELLE 2.**  
**Erreichte Baumhöhe in cm**

Dickung	Alter Pflanzen	N	Durchschn. Höhe/cm	s	Durchschn. Jahreszuwachs/cm
I	10 9	72	357	63	35,7
		23	265	56	29,4
I Ingesamt		95	334	73	—
II	10 9	63	262	60	26,2
		22	220	59	24,4
II Ingesamt		85	251	62	—

T-Test	I/II :	8,16 <sup>ooo</sup>	n-2 =	178
	I <sub>10</sub> /I <sub>9</sub>	6,21 <sup>ooo</sup>	=	93
	II <sub>10</sub> /II <sub>9</sub>	2,82 <sup>oo</sup>	=	83

## 2. Struktur und Schichtung

Zum Studium der sozialen Struktur wurde für jede Fläche zuerst die Oberhöhe berechnet (Durchschnittliche Höhe der 10 % höchsten Pflanzen mit einem Minimum von 5 Pflanzen), wobei weiter unterschieden wurde zwischen der Oberhöhe für die gesamte Dickung  $H_0$ , der Oberhöhe der 10-jährigen Pflanzen  $H_{0,10}$  und der Oberhöhe der 9-jährigen Pflanzen  $H_{0,9}$ . Anschliessend wurden als dominierend (D) betrachtet alle Pflanzen die  $2/3$  oder mehr dieser Oberhöhe erreichten und diejenigen mit weniger als  $2/3$  alnachwüchsig (N). Für die 9-jährigen Pflanzen wurde zusätzlich unterschieden zwischen relativer Dominanz (RD = mehr als  $2/3$  von  $H_{0,9}$ ) und absoluter Dominanz (AD = mehr als  $2/3$  von  $H_{0,10}$ ).

Der Ausgangspunkt zur Bestimmung der Schichtungsgeshörigkeit war demzufolge nachstehendes Schema

Dickung	Oberhöhe	Wert der Oberhöhe	Schicht
I	$H_{0,10}$	452 cm	$D_{10} \geq 302$ cm $N_{10} \leq 301$ cm
	$H_{0,9}$	335 cm	$D_9 \geq 224$ cm $N_9 \leq 223$ cm
	$H_0$	445 cm	$D \geq 297$ cm $N \leq 296$ cm
II	$H_{0,10}$	371 cm	$D_{10} \geq 248$ cm $N_{10} \leq 247$ cm
	$H_{0,9}$	298 cm	$D_9 \geq 199$ cm $N_9 \leq 198$ cm
	$H_0$	360 cm	$D \geq 241$ cm $N \leq 240$ cm

Auf Grund dieser Beurteilungsnormen ist feststellbar, dass 10 Jahren nach der Aufforstung nachstehender Zustand vorliegt (Tab. 3) :

1. Bei gutem Wachstum (I) dominieren relativ mehr Pflanzen als bei schlechterem Wachstum (II) : dies ist der Fall für die Gesamtheit (Masstab  $H_0$ ), wie in jeder Teilpopulation durch die zwei Altersstufen gebildet (Masstäbe  $H_{0,10}$  bzw.  $H_{0,9}$ )

TABELLE 3.

Struktur der Dickungen 10 Jahre nach der Aufforstung

Oberhöhe Masstab (pro Altersstufe und insgesamt)	Dickung I				Dickung II			
	D		N		D		N	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
$H_{0,10}$	61	85	11	15	40	63	23	37
$H_{0,9}$	17	74	6	26	14	64	8	36
$H_0$	69 <sup>1</sup>	73	26 <sup>2</sup>	27	49 <sup>3</sup>	58	36 <sup>4</sup>	32

<sup>1</sup>: 61 Pfl. von 10 J. + 8 Pfl. von 9 J. (A.D.)

<sup>2</sup>: 11 Pfl. von 10 J. + 15 Pfl. von 9 J.

<sup>3</sup>: 40 Pfl. von 10 J. + 9 Pfl. von 9 J. (A.D.)

<sup>4</sup>: 23 Pfl. von 10 J. + 13 Pfl. von 9 J.

2. Auf besseren Teilflächen hat die Nachpflanzung eine relativ geringere Möglichkeit eine herrschende Position in der Gesamtheit einzunehmen als auf schlechteren Teilflächen : In der Fläche I erwerben 74 % der 9-jährigen Pflanzen eine dominierende Position innerhalb ihrer Teilpopulation gegenüber 85 % für die 10-jährige Pflanzen, aber auf der Fläche II liegen keine Unterschiede vor (63 % und 64 %).

3. Innerhalb der Teilpopulation jedoch erringen mehr Pflanzen eine relativ dominierende Position bei besserem Wachstum (74 % auf der Fläche I gegenüber 64 % auf der Fläche II).

Das die besten Elemente der Nachpflanzung jedoch nur eine mitherrschende Position in der Gesamtheit errungen haben am Moment der Aufnahme, geht aus der Berechnung der durchschnittlichen Baumhöhe für die verschiedenen Baumklassen hervor (Tab. 4).

TABELLE 4.

Durchschnittliche Höhe in cm der verschiedenen Baumklassen 10 Jahre nach Beginn der Aufforstung

Massstab	Klasse	Dickung I			Dickung II		
		Anzahl	Höhe/cm	s	Anzahl	Höhe/cm	s
H <sub>0,10</sub>	D <sub>10</sub>	61	377	42	40	298	41
	N <sub>10</sub>	11	247	15	23	200	25
H <sub>0,9</sub>	D <sub>9</sub>	17	291	38	14	255	41
	N <sub>9</sub>	6	191	20	8	158	19
H <sub>0</sub>	D	69	371	44	49	294	40
	N	26	239	39	36	191	29
H <sub>0,10</sub>	AD <sub>9</sub>	8	324	19	9	278	32
H <sub>0,9</sub>	RD <sub>9</sub>	7	261	20	5	214	6

Zwischen den herrschenden Pflanzen der Altersstufe 10 und den herrschenden Elementen der Altersstufe 9 besteht in der Fläche I ein Höhenunterschied von 86 cm (oder 23 %) und sogar zwischen D<sub>10</sub> und AD<sub>9</sub> (Absolut dominierend), die doch zur gleichen sozialen Schicht gerechnet werden, indem ihre Höhe 2/3 von H<sub>0,10</sub> übertrifft, liegt noch ein Höhenunterschied von 53 cm (oder 14 %) vor.

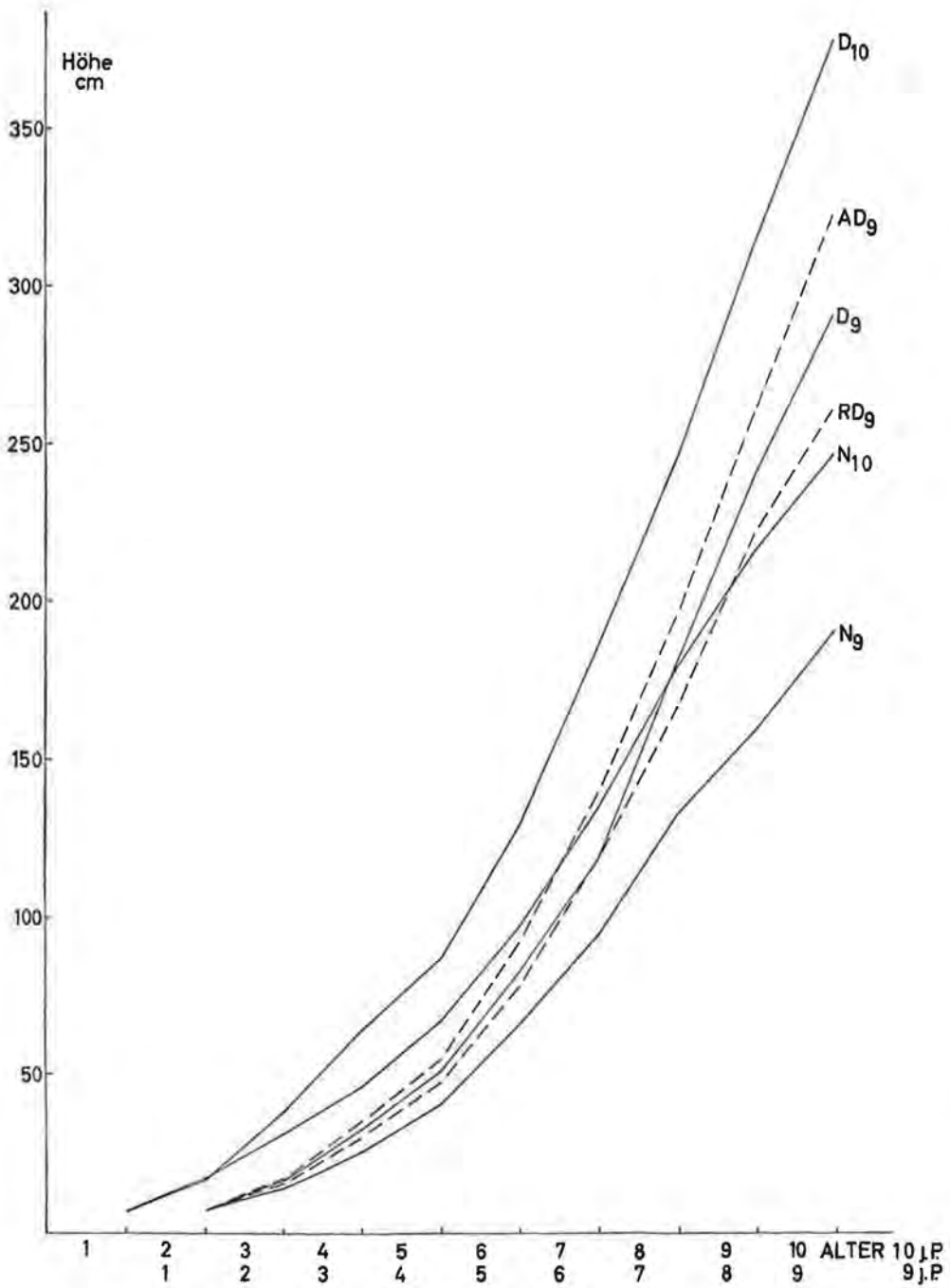
Bedeutungsvoll ist auch, dass in der gesamten Fläche die 10-jährigen Pflanzen 76 % der Stammzahl vertreten (gegenüber 24 % für die 9-jährigen), aber das sie einen Anteil von 88 % haben an der herrschenden Schicht (gegenüber 12 % für die 9-jährigen). Infolge dessen haben 85 % der Pflanzen von 10 J. alt eine herrschende Position errungen gegenüber nur 35 % der Pflanzen von 9 J. alt, die, obwohl absolut mitdoninierend, niemals vorherrschend geworden sind.

In der Fläche II liegen grundsätzlich die gleichen Verhältnisse vor, aber die Unterschiede sind weniger gross. Der Unterschied D<sub>10</sub>/D<sub>9</sub> beträgt hier nur 43 cm (oder 14 %) und zwischen D<sub>10</sub>/AD<sub>9</sub> nur 20 cm (oder 7 %).

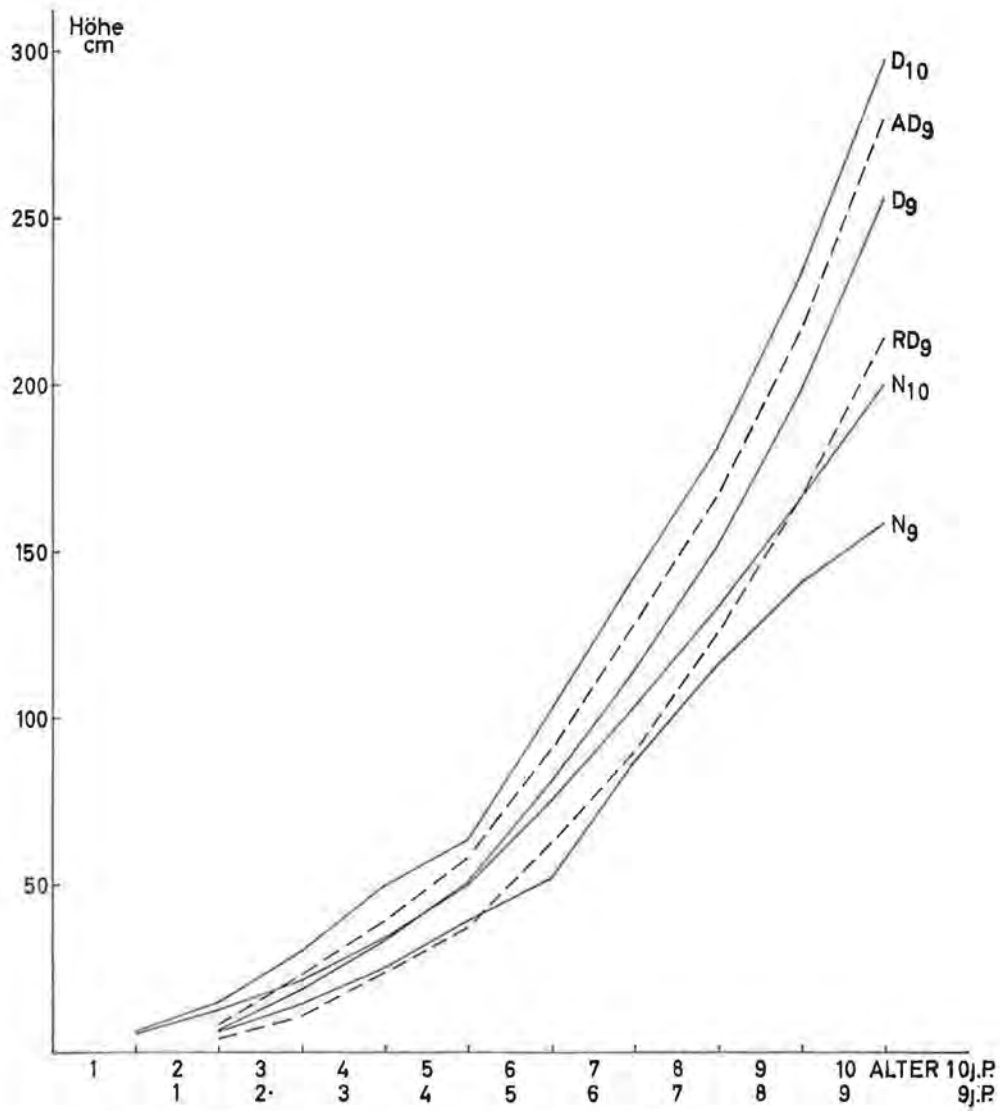
Die 10-jährige Pflanzen vertreten 74 % der gesamten Stammzahl aber 82 % der herrschende Schicht, gegenüber bezw. 26 % und 18 % für die 9-jährigen Pflanzen. Dadurch erreichen 63 % der Pflanzen von 10 J. eine herrschende Position und nur 41 % der 9-jährigen Pflanzen.

Unter Berücksichtigung der Wuchsgeschwindigkeit (bezw. der Standortsqualität) zeigt sich eine doppelte Tendenz hinsichtlich Konkurrenz und Entwicklungsgang :

1° Bei gutem Wachstum beteiligen sich relativ mehr Pflanzen des gleichen Alters am Aufbau einer dominierenden Oberschicht und bei schlechtem Wachstum relativ weniger.



Dars.I:Höhenwachstuminder Fläche I.



Darst.II: Höhenwachstum in der Fläche II.

2° Je nachdem das Wachstum besser ist oder sich relativ mehr Pflanzen beteiligen am Aufbau der Dichtung, bzw. am frühzeitigen Aufbau einer dominierenden Oberschicht werden die Entwicklungsmöglichkeiten des Nachwuchses (Nachpflanzung) schlechter.

Der Konkurrenzkampf innerhalb einer gleichaltrigen Teilpopulation ist also anscheinend weniger intensiv bei besserem Wachstum als bei schlechterem Wachstum. Die gegenüber eine jüngeren und nachwachsenden Teilpopulation vorgefundene Konkurrenzkampf scheint dagegen viel stärker zu sein bei gutem Wachstum und auf einem guten Standort als bei schlechtem Wachstum oder auf einem schlechten Standort.

Aus dem Verlauf des Höhenwachstums (Darst. 1,2) sowie aus dem Studium der jährlichen Triebeslänge (Tab. 5) und der Entwicklung der Höhenunterschiede zwischen der Baumklassen (Tab. 6) lassen sich weitere Feststellungen betriffs der Entwicklungsdynamik ableiten.

**TABELLE 5.**  
Durchschnittliche Jahrestrieblänge in cm

Fl.	Objekt	N	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
I	D <sub>10</sub>	61	6.0	10.1	21.6	26.0	22.8	42.0	56.6	59.2	68.0	64.9
	N <sub>10</sub>	11	6.7	10.7	13.7	14.9	20.8	30.1	37.5	44.4	37.1	30.8
	D <sub>9</sub>	17	—	6.6	9.6	16.4	18.3	33.7	43.6	52.0	59.3	51.2
	N <sub>9</sub>	6	—	6.3	7.3	12.0	15.0	25.5	28.2	38.3	26.7	41.5
	AD <sub>9</sub>	8	—	6.6	10.3	18.3	19.6	37.1	47.5	56.0	64.4	64.6
	RD <sub>9</sub>	9	—	6.6	8.9	14.8	17.2	30.7	40.2	48.4	54.7	39.2
II	D <sub>10</sub>	40	5.8	9.0	15.6	19.5	18.8	33.9	39.8	38.6	52.0	64.2
	N <sub>10</sub>	23	5.2	7.2	9.0	12.7	15.9	25.3	28.0	29.7	32.7	34.3
	D <sub>9</sub>	14	—	6.4	12.2	15.1	16.9	30.1	33.4	37.2	44.4	57.8
	N <sub>9</sub>	8	—	5.9	8.4	10.8	14.1	22.5	24.9	29.1	24.6	18.0
	AD <sub>9</sub>	9	—	7.7	15.2	16.2	18.8	32.6	37.0	38.1	49.8	63.0
	RD <sub>9</sub>	5	—	4.2	6.8	13.0	13.4	25.6	27.0	35.6	40.2	48.4

**TABELLE 6.**  
Evolution der Höhenunterschiede/cm

Fl.	Objekt	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
I	D <sub>10</sub> /N <sub>10</sub>	-0.7	-1.3	6.6	17.7	19.7	31.6	50.7	65.5	96.4	130.5
	D <sub>9</sub> /N <sub>9</sub>	—	0.3	2.6	7.0	10.0	18.5	33.9	47.6	80.2	99.9
	AD <sub>9</sub> /RD <sub>9</sub>	—	0.0	1.4	4.9	7.3	13.7	21.0	28.6	38.3	63.7
	D <sub>10</sub> /AD <sub>9</sub>	6.0	9.5	20.8	28.5	31.7	36.6	45.7	48.9	52.5	52.8
	D <sub>10</sub> /RD <sub>9</sub>	6.0	9.5	22.2	33.4	39.0	50.3	66.7	77.5	90.8	116.5
II	D <sub>10</sub> /N <sub>10</sub>	0.6	2.4	9.0	15.8	18.7	27.3	39.1	48.0	67.3	97.2
	D <sub>9</sub> /N <sub>9</sub>	—	0.5	4.3	8.6	11.4	19.0	27.5	35.6	57.4	97.2
	AD <sub>9</sub> /RD <sub>9</sub>	—	3.5	11.9	15.1	20.5	27.5	37.5	40.0	49.6	64.2
	D <sub>10</sub> /AD <sub>9</sub>	5.8	7.1	7.5	10.8	10.8	12.1	14.9	15.4	17.6	18.8
	D <sub>10</sub> /RD <sub>9</sub>	5.8	10.6	19.4	25.9	31.3	39.6	52.4	55.4	67.2	83.0



Während der ersten fünf Jahre verläuft das Wachstum in den beiden Flächen verhältnismässig langsam, jedoch kontinuierlich zunehmend; im sechsten Jahr nach der Aufforstung nimmt das Wachstum sprunghaft zu und verläuft weiter auf einem höheren Niveau.

Dies ist der Fall sowohl für die 10-jährigen wie für die 9-jährigen Pflanzen. Das Phänomen ist zu erklären durch das Erreichen des primären Kronenschlusses wodurch die konkurrenzierende Bodenvegetation grösstenteils beseitigt bzw. stark zurückgedrungen wurde.

Eine deutliche Differenzierung zwischen den herrschenden und den nachwüchsigen Elementen tritt innerhalb der zwei Altersklassen auch erst ab diesem Moment deutlich zum Vorschein. Die Dominanz der herrschenden Elemente (vor Allem  $D_{10}$ ) wird immer mehr ausgesprochen und in der wüchsigen Fläche I führt sie im 8. Jahr bereits zur Kulmination des Höhenwachstums an den nachwüchsigen Pflanzen der Gruppen N 10 und N 9.

Die Entwicklung verläuft im gleichen Sinne in der Fläche II, aber die Unterschiede sind weniger gross und von einer Wachstumskulmination ist sogar 10 Jahre nach der Aufforstung noch nicht die Rede.

Die Nachpflanzung (9-jährige Pflanzen) teilt sich ab dem fünften Jahr in drei, ungefähr gleich starken Gruppen auf.

Eine erste Gruppe (N9) bleibt vom Anfang an deutlich in Wachstum zurück und erreicht nach 10 Jahren nur 51 % (Fläche I) bis 53 % (Fläche II) der Höhe der absolut vorherrschenden Bäume ( $D_{10}$ ) und 59 % (Fläche I) bis 57 % (Fläche II) der deutlich vorherrschenden Bäume ( $AD_9$ ) der eigenen Teilpopulation. Ihre Rolle beim zukünftigen Bestandaufbau ist daher beschränkt zur Lieferung einer Bodendecke (kulturelle Gruppe).

Die zweite Gruppe (RD9), zwar mitherrschend innerhalb der eigenen Teilpopulation, nimmt nach 10 Jahren keine dominierende Stellung in der Gesamtheit ein. Sie wächst etwas besser als die zurückgebliebenen 10-jährigen Pflanzen, die sie ab dem 8. Jahr überholt hat, aber weist in der Fläche I im 10. Jahr eine deutliche Wuchskulmination auf, typisch für relativ unterdrückte und abgehende Elemente. Sie kann sich nur am Aufbau einer zukünftigen dienenden Mittelschicht mit beschränkter Zeitdauer beteiligen.

Die dritte Gruppe von 9-jährigen Pflanzen hat eine mitherrschende Position im oberen Bestandesstratum errungen. Sie hat die nachwüchsigen 10-jährigen Elemente im 5. und 6. Lebensjahr eingeholt, aber gegenüber den dominierenden 10-jährigen Pflanzen bleibt der Höhenunterschied ab diesem Moment annähernd konstant (ziemlich gering in Fläche II), indem beide Gruppen

eine fast gleiche Wuchsrhythmik aufweisen. Die Pflanzen, zur Gruppe AD9 gehörend, werden sich teilweise am Aufbau der herrschenden Schicht des Zukunftbestandes beteiligen. Eine Ursache dafür ist das schnellere Jugendwachstum, sehr wahrscheinlich infolge der teilweisen Ausschaltung der Bodenvegetation durch das primäre Aufforstungsergebnis.

Wesentlich erscheint die Feststellung, dass die Rolle einer Nachpflanzung ziemlich beschränkt ist und dass, im vorliegenden Fall, nur 1/3 der nachgepflanzten Elemente potentiell im Stande ist sich am Aufbau des Endbestandes zu beteiligen obwohl die Pflanzung bereits im ersten Jahr nach der Aufforstung unternommen wurde und das Jugendwachstum bestimmt langsam verlief. Andererseits zeigt sich, dass bei einer Aufforstung, im Gegensatz zu einer dichten Naturverjüngung, die Schichtbildung verzögert wird bis der primäre Kronenschluss erreicht wird (nach 5 Jahren).

Besondere Aufmerksamkeit ist deswegen den Phänomenen zu widmen, die sich am Moment des primären Kronenschlusses vortun.

Dazu wurde von der nach 10 Jahren erreichten sozialen Position der Pflanzen ausgegangen und verglichen mit der Struktur der Flächen und der Position dieser Elemente 4 Jahre bzw. 5 Jahre nach der Aufforstung (Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9). Obwohl in diesem Entwicklungsstadium noch nicht von einer wirklichen Schichtung die Rede ist infolge des fehlenden Kronenschlusses, kann die relative Vorwüchsigkeit bzw. die relative Nachwüchsigkeit doch bestimmt werden von der zu jeder Gruppe an diesem Moment zutreffende Oberhöhe ausgehend.

Es kann zuerst festgestellt werden, dass die Schichtbildung tatsächlich in vollem Gange ist : sie ist weiter fortgeschritten in der schnell wachsenden Fläche I als in der langsamer wachsenden Fläche II.

Innerhalb des 10-jährigen Materials ist die Differenzierung schon sehr deutlich (statistisch gesicherte Höhenunterschiede D10/N10), was noch kaum der Fall ist für die später gesetzten Pflanzen.

Die zukünftige Herrscher (D 10) nehmen schnell ihre Position ein, in der Fläche I jedoch etwas schneller als in der Fläche II.

Es ist deutlich dass die Schichtbildung begleitet wird durch Aufstieg von noch nicht vorwüchsigen Elementen und Abgang von Pflanzen, die am Moment der Kronenschlussbildung, noch relativ vorwüchsig sind, aber die herabsinken sobald die direkte Kronenkonkurrenz wirksam wird. Nach 5 Jahren nehmen in der Tat noch 9 % (Fläche II) bis 38 % (Fläche I) der Pflanzen, die

im Alter von 10 Jahren deutlich beherrscht sind, noch ein relativ vorwüchsige Position ein.

Innerhalb des 9 jährigen Materials ist die Differenzierung ebenso deutlich. Ausserdem nehmen sie schneller ihre Position ein : 4 Jahre nach der Aufforstung (und 3 Jahre nach der Nachpflanzung) nimmt 77 % (Fläche II) bis 88 % (Fläche I) der Gruppe AD9 schon eine relativ dominierende Stellung ein gegenüber nur 45 % (Fläche II) bis 79 % (Fläche I) der Gruppe D10. 5 Jahre nach der Aufforstung haben auf beiden Flächen alle AD9-Pflanzen, die Stellung eingenommen, die 10 Jahre nach Aufforstungsbeginn feststellbar ist, gegenüber 92 % und 75 % für die Gruppe D10.

TABELLE 7.

Soziale Struktur der Fläche I, 4 und 5 Jahre nach der Aufforstung.  
(Anzahl Pflanzen pro Ar)

Objekt	Anzahl nach 10 J.	Nach 4 Jahren				Nach 5 Jahren			
		D <sub>4</sub>	Anteil	N <sub>4</sub>	Anteil	D <sub>5</sub>	Anteil	N <sub>5</sub>	Anteil
D10	61	48	79 %	13	21 %	56	92 %	5	8 %
N10	11	3	38 %	8	62 %	3	38 %	8	62 %
D9	17	14	82 %	3	18 %	15	88 %	2	12 %
N9	6	1	17 %	6	83 %	2	33 %	4	67 %
AD9	8	7	88 %	1	12 %	8	100 %	—	—
RD9	9	7	78 %	2	22 %	7	78 %	2	22 %

TABELLE 8.

Soziale Struktur der Fläche II, 4 und 5 Jahre nach der Aufforstung  
(Anzahl Pflanzen pro Ar)

Objekt	Anzahl nach 10 J.	Nach 4 Jahren				Nach 5 Jahren			
		D <sub>4</sub>	Anteil	N <sub>4</sub>	Anteil	D <sub>5</sub>	Anteil	N <sub>5</sub>	Anteil
D10	40	19	45 %	21	55 %	30	75 %	10	25 %
N10	23	2	9 %	21	91 %	2	9 %	21	91 %
D9	14	8	57 %	6	43 %	11	79 %	3	21 %
N9	8	2	25 %	6	75 %	2	25 %	6	75 %
AD9	9	7	77 %	2	23 %	9	100 %	—	—
RD9	5	1	20 %	4	80 %	2	40 %	3	60 %

**TABELLE 9.**  
**Erreichte Baumhöhe (in cm) 4 Jahre nach der Aufforstung**  
**(Objekte: Position nach 10 Jahren)**

Objekt	Fläche I			Fläche II		
	Anzahl	Höhe	s	Anzahl	Höhe	s
D10	61	63.7	12,0	40	49.9	14,2
N10	11	46.0	16,6	23	34.1	10,2
D9	17	50.9	9,8	18	50.6	16,4
N9	6	40.6	10,3	4	39.2	11,5
AD9	8	54.8	9,5	9	57.9	15,1
RD9	9	47.5	9,1	5	37.4	9,2

t-Test	D10/N10	4,18 <sup>ooo</sup>	D10/N10	4,51 <sup>ooo</sup>
	D9/N9	2,16 <sup>o</sup>	D9/N9	1,77
	AD9/RD9	1,59	AD9/RD9	2,74 <sup>o</sup>

Mit der Eigenart des Verlaufs dieser Schichtbildung ist zu rechnen bei der Pflege von Aufforstungsflächen, die, obwohl nicht grundsätzlich verschieden von Eingriffen in natürlichen Jungwüchsen und Dickungen, doch der spezifischen Entwicklungsdynamik und seinen Begleitphänomenen zu berücksichtigen hat.

### 3. Morphologische Eigenschaften

Zur Bestimmung der Beastung wurden die Aeste gezählt, gehörend zum Astquirl, die sich in kleinster Entfernung der halben Baumhöhe befindet. Anschliessend wurde den durchschnittlichen Durchmesser dieser Aeste bestimmt, sowie das Verhältnis  $\frac{\sum d^2}{D^2}$  (d = Durchmesser Ast; D = Baumdurchmesser in halber Höhe) (Tab. 10)

**TABELLE 10.**  
**Beastung der Bäume zu verschiedenen sozialen Schichten gehörend.**

Objekt	Fläche I				Fläche II			
	Anzahl Bäume	Anzahl Aeste	$\bar{d}$ (mm)	$\frac{\sum d^2}{D^2}$	Anzahl Bäume	Anzahl Aeste	$\bar{d}$ (mm)	$\frac{\sum d^2}{D^2}$
D10	61	6.9	14.0	0.696	40	6.3	11.7	0.631
N10	11	6.4	9.7	0.671	23	5.2	9.5	0.682
D9	17	6.1	10.0	0.653	14	5.5	10.0	0.634
N9	6	5.5	6.0	0.577	8	4.3	6.5	0.563
AD9	8	6.1	11.8	0.631	9	5.8	10.7	0.562
RD9	9	7.1	8.5	0.672	5	5.0	8.6	0.745

Der Astzahl und der Aestigkeit nach  $\left(\frac{\sum d^2}{D^2}\right)$  bestehen fast keine statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den sozialen Gruppen.

Nur in der Fläche II, wo die Astzahl im Allgemeinen leicht niedriger ist, unterscheiden sich nur D10/N10 (t-Wert = 3,16<sup>oo</sup>), D10/N9 (t-Wert = 3,43<sup>oo</sup>) und D10/RD9 (t-Wert = 2,03<sup>o</sup>): die Astzahl der deutlich vorherrschenden Bäume liegt hier in der Tat etwas höher.

Dagegen liegen grosse Unterschiede im Astdurchmesser (Tab. 11, Tab. 12) vor.

Allgemein ist feststellbar, dass die Astdurchmesserunterschiede deutlich gestaffelt sind nach Unterschieden in der relativen Dominanz. Die Zunahme des Astdurchmessers führt aber nicht zu einer Zunahme der Aestigkeit, wodurch gezeigt wird dass Astdurchmesser und Baumdurchmesser gleichlaufend evolvieren.

TABELLE 11.

Fläche I: t-Werte (Astdurchmesser)

	D10	N10	D9	N9	AD9
N10	7,29 <sup>ooo</sup>				
D9	8,80 <sup>ooo</sup>	0,51			
N9	10,00 <sup>ooo</sup>	4,42 <sup>ooo</sup>	6,63 <sup>ooo</sup>		
AD9	3,36 <sup>ooo</sup>	2,90 <sup>ooo</sup>	3,41 <sup>ooo</sup>	11,65 <sup>ooo</sup>	
RD9	9,39 <sup>ooo</sup>	1,75	2,98 <sup>ooo</sup>	4,40 <sup>ooo</sup>	6,20 <sup>ooo</sup>

TABELLE 12.

Fläche II: t-Werte (Astdurchmesser)

	D10	N10	D9	N9	AD9
N10	5,97 <sup>ooo</sup>				
D9	3,84 <sup>ooo</sup>	1,18			
N9	8,37 <sup>ooo</sup>	5,63 <sup>ooo</sup>	5,95 <sup>ooo</sup>		
AD9	1,91	2,49 <sup>o</sup>	1,28	6,61 <sup>ooo</sup>	
RD9	4,33 <sup>ooo</sup>	1,50	2,13	3,29 <sup>oo</sup>	3,01 <sup>oo</sup>

Auch dem Schlankheitsquotienten nach (Tab. 13) sind die Unterschiede innerhalb jeder Fläche gering, obwohl die nachwüchsigen Pflanzen im Allgemeinen schlanker sind als die vorherrschenden, die jüngeren Pflanzen schlanker als die 10-jährigen. Die relative Unterdrückung hemmt das Dickenwachstum stärker als das Höhenwachstum.

Ausserdem sind die Pflanzen aller sozialen Gruppen der Fläche I bedeutend schlanker als für die übereinstimmende Gruppe

TABELLE 13.

Slankheitsquotient  $\frac{H}{D}$  und durchschnittlicher Kronenradius  
(R) (in cm) (4 Messungen)  
(H = Baumhöhe; D: Stammdurchmesser in halber Baumhöhe)

Objekt	Fläche I			Fläche II		
	Anzahl Bäume	$\frac{H}{D}$	R (cm)	Anzahl Bäume	$\frac{H}{D}$	R (cm)
D10	61	82,7	93	40	79,4	75
N10	11	82,0	63	23	73,4	48
D9	17	91,0	63	14	85,3	57
N9	6	98,1	38	8	85,7	33
AD9	8	85,5	70	9	80,7	62
RD9	9	95,9	58	5	93,5	47

TABELLE 14.

Fläche I: t-Werte (Kronenradius)

	D10	N10	D9	N9	AD9
N10	5,39 <sup>ooo</sup>				
D9	7,09 <sup>ooo</sup>	0,00			
N9	8,28 <sup>ooo</sup>	2,65 <sup>o</sup>	4,38 <sup>ooo</sup>		
AD9	3,95 <sup>ooo</sup>	0,83	1,34	6,42 <sup>ooo</sup>	
RD9	6,65 <sup>ooo</sup>	0,85	1,34	3,21 <sup>oo</sup>	2,59

TABELLE 15.

Fläche II: t-Werte (Kronenradius)

	D10	N10	D9	N9	AD9
N10	7,32 <sup>ooo</sup>				
D9	3,84 <sup>ooo</sup>	2,03 <sup>o</sup>			
N9	7,26 <sup>ooo</sup>	3,01 <sup>oo</sup>	3,85 <sup>ooo</sup>		
AD9	2,21 <sup>o</sup>	2,81 <sup>oo</sup>	0,84	4,24 <sup>ooo</sup>	
RD9	4,06 <sup>ooo</sup>	0,19	1,46	2,64 <sup>o</sup>	2,08

der Fläche II der Fall ist. Das schlechtere Wachstum der Fläche II zeigt sich durch die relativ stärkere Hemmung des Höhenwachstums.

Die Kronenradien dagegen (Tab. 13) sind wesentlich voneinander verschieden (Tab. 14, Tab. 15). Hier findet eine deutliche Staffelung der Werte nach zunehmendem Grad der relativen Dominanz statt (D 10 > AD9 > N10 > RD9 und D9 > N9), wodurch die bei der Strukturanalyse festgestellten Entwicklungsten-

denzen zweifellos bestätigt werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass 19 Jahre nach der Aufforstung ein dichter Bestandesschluss erreicht worden ist und dass bedeutungsvolle Unterschiede im Kronenradius zwischen den sozialen Gruppen vorliegen, ist anzunehmen, dass die dominierende Bestandesschicht in der Zukunft in zunehmendem Ausmass durch Elemente aus der Gruppe D10 aufgebaut sein wird und dass die bis jetzt ziemlich emergente Gruppe AD9 dabei eine bescheidene Rolle zu spielen hat.

Sie ist jetzt der vollen Kronenkonkurrenz der vorwüchsigen 10-jährigen Bäumen ausgesetzt und da die eigene Konkurrenzmöglichkeiten bestimmt geringer sind, ist mit einer herabsinkenden Entwicklungsbewegung innerhalb dieser Gruppe zu rechnen.

### **Schlussfolgerungen**

Eine Aufforstung hat eine spezifische Entwicklungsdynamik, die, obwohl in der allgemeinen Linien in Uebereinstimmung mit dem Entwicklungsverlauf innerhalb einer dichten Naturverjüngung, doch ihre Eigenart besitzt. Diese wird weitgehend bestimmt durch die Wuchskrise, die unvermeidlich auf die Pflanzung folgt, sowie durch das verspätete Auftreten des Kronenschlusses. Bis zum Erreichen des primären Kronenschlusses findet wohl eine Differenzierung nach dem Höhenwachstum statt, aber keine eigentliche Schichtung.

Die soziale Position des Baumes wird errungen in der Periode des Zusammenschlusses der Baumkronen. Die an dem Moment relativ vorwüchsigen Bäume nehmen schnell eine herrschende Position ein und ihre Dominanz wird mit zunehmendem Alter immer grösser infolge des stärkeren Höhenwachstums und der besseren Kronenentwicklung.

Die zur Nachfüllung einer unvollständigen Aufforstung gesetzten Pflanzen können beim Abbau der endgültigen Oberschicht nur eine sehr bescheidene Rolle erfüllen, obwohl sie durchwegs ein gutes Jugendwachstum aufweisen, weil sie weniger der Konkurrenz durch die Bodenvegetation ausgesetzt sind als mit dem ursprünglichen Aufforstungsmaterial der Fall war. Die Ueberlebenschancen in der Oberschicht der vitalen Elemente der Nachpflanzung sind ziemlich gering, infolge der schwächeren Kronenentwicklung und der frühzeitig eintretenden Kulmination des Höhenwachstums.

Jeder Umstand, der das Wachstum fördert, hat eine Verschnellerung der Umsetzungen zu Folge.

Bei der waldbaulichen Pflege von Aufforstflächen sind bis zum Erreichen des primären Kronenschlusses allgemeine Schutzmassnahmen, die vor Allem die Beseitigung der Konkurrenz durch die Bodenvegetation bezwecken, zu empfehlen. Sie bewirken dass die Anzahl der Kandidate für die zukünftige Oberschicht grösser wird. Vom Moment an wo der primäre Kronenschluss entsteht, kann die positive Einzelpflege der vorwüchsigen Pflanzen einsetzen.

Eine eventuelle Nachpflanzung bei unbefriedigendem Aufforstungsresultat muss möglichst rasch durchgeführt werden vor Allem bei gutem Wachstum und auf den besseren Standorten. Sogar unter den besten Bedingungen kann nur ein beschränkter Teil der zur Ausfüllung gepflanzten Elemente eine bedeutende Rolle beim Aufbau der später entstehenden Oberschicht spielen indem sie sofort in regen Wettbewerb kommen mit den besser entwickelten Pflanzen, die zur Erstaufforstung gehören.

Die Nachpflanzung erfüllt demzufolge vorwiegend eine kulturelle Funktion und Ihre Opportunität ist deswegen bedingt durch die eventuelle Notwendigkeit schnell eine vollständige Bodenüberschirmung zu erzielen.

Die Vorteile einer verschnellerten Schirmbildung sind jedoch beschränkt und es ist fraglich ob die Nachfüllungskosten durch eine höhere Qualitätsproduktion kompensiert werden.

#### SAMENVATTING

##### Onderzoekingen naar de ontwikkeling en de structuur van ingeboete bestanden van *Pinus nigra var. calabrica*.

Opmetingen werden verricht in een 10jarig bestand van Corsikaanse den, dat in een plantverband van  $1 \times 1$  m met 2 jarige verspeende planten werd aangelegd en waarin na één jaar 20 à 25 % van de planten ingevuld werden.

De doelstelling was te onderzoeken welke rol en functie de ingeboete planten hebben, m.a.w. de efficiëntie van de aanvullingen na te gaan.

Uit de studie van de jaarlijkse groei, de structuur, de differentiatie en de morfologische eigenschappen van de planten kan o.m. besloten worden, dat de ingeboete planten steeds kleiner zijn dan de dominerende oudere planten, dat slechts één klein aandeel onder hen in staat zijn om een medeheersende plaats in het bestand in te nemen en dat de kwaliteit van de medeheersende ingeboete planten niet beter is dan deze van het oorspronkelijk bestand.

Derhalve kan ernstig getwijfeld worden aan de efficiëntie van het inboeten en dit in het bijzonder wanneer het plantverband klein is ( $1 \times 1$  m), het uitvallen matig is, de standplaats van goede kwaliteit is en de aanvullingen niet onmiddellijk gebeuren.

#### RÉSUMÉ

##### Recherches sur le développement et la structure de boisements regarnis de pins de Corse (*Pinus nigra var. calabrica*).

Des mesurages sont effectués dans un peuplement de pins de Corse, âgé de 10 ans, plantés de semis repiqués de deux ans, avec un écartement de  $1 \times 1$  m, et dont il fallait regarnir après un an 20 à 25 %.



La valeur et la fonction des plantes regarnies ont été examinées.

L'étude de la croissance annuelle, de la structure, de la différenciation et des qualités morphologiques permet à conclure que les plantes regarnies restent toujours plus petites que les plus vieilles plantes dominantes, que seulement un petit nombre d'entre elles soit capable de prendre une place codominante dans le peuplement et que la qualité des plantes regarnies codominantes n'est pas supérieure à celle du peuplement original.

Aussi l'efficacité du regarnissage peut être sérieusement mise en doute, surtout si l'écartement est étroit ( $1 \times 1$  m), si le succès du boisement est relativement bon (75 %), si la station est de bonne qualité et si l'on ne peut pas regarnir immédiatement.

#### SUMMARY

##### **The development and structure of afforestations completed by replanting of *Pinus nigra* var *calabrica*.**

Measurements have been done in a 10 years'old stand of *Pinus nigra* var. *calabrica*, planted at a distance of  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  with 2 years'old transplanted plants and in which after one year 20 to 25 % of the plants were filled in.

It was the aim to research what's the role, the function, the efficiency of the repair planting.

The study of the yearly growth, the structure, the differentiation and the morphological characteristics permits to conclude, 1. the plants filled in are always smaller than the dominating older ones, 2. only a small part of them are able to take a co-dominating place in the stand, and 3. the quality of the co-dominating plants, which were filled in, isn't better than that of the original stand.

The efficiency of the repair planting is therefore rather doubtful, especially when the distance of plants is small ( $1 \times 1$  m), the loss is moderate, the station is of good quality and the repair planting doesn't happen immediately.