

Modellversuch zur Frage der spezifischen Eignung bestimmter Pappelsorten für nicht optimale Böden

Von E. MARCET

(Eingegangen am 3. 3. 1960)

I. Einleitung und Versuchsfrage

In der Beurteilung der ökologischen Plastizität unserer Kulturpappeln ist in neuester Zeit insofern eine Wandlung eingetreten, als dem anfänglichen Optimismus unverkennbar eine gewisse Zurückhaltung Platz gemacht hat. Der Grund ist weitgehend in den zahlreichen Mißerfolgen zu suchen, die oft trotz vorzüglichem Baumschulmaterial und sachgerechter Pflanzung und Pflege auf nicht mehr pappeltauglichen Böden eingetreten sind. Dabei zeigt sich immer wieder, daß die einzelnen Klone etwa zugeschriebene Anspruchslosigkeit bzw. spezielle Eignung für bestimmte, nicht optimale Böden im praktischen Anbau häufig zu hoch eingeschätzt werden, infolge Nichtbeachtung des nur relativen Charakters solcher Eigenschaften. Daß sich verschiedene Pappelsorten aber nicht nur in ihrem Wachstumsrhythmus oder in morphologischen und habituellen Merkmalen, sondern tatsächlich auch in ökologisch bedeutsamen Eigenschaften genetisch unterscheiden, zeigen neuere Untersuchungen zum Beispiel über die Transpirationsverhältnisse (6) oder die Trockenschutzreaktion (1) deutlich. Dadurch werden solche Sorten aber nicht etwa befähigt, auf Extremstandorten mehr zu leisten als anderswo. Dank spezieller Anpassungseigenschaften weisen sie aber auch außerhalb des eigentlichen Pappeloptimums kleinere Leistungsrückgänge auf als andere Sorten und können hier unter Umständen sogar wirtschaftlicher sein als andere Baumarten. Es ist somit auch bei den Pappel-

malen Böden besser als andere behaupten sollen, schon nach den zwei ersten Jahren gewisse Anhaltspunkte zeigen, die sich mit den ihnen nachgerühmten Eigenschaften in Zusammenhang bringen lassen. In großen, mit verschiedenen Böden gefüllten Kübeln ließen wir dazu mehrere Pappelsorten vom Steckling an zu zweijährigen Pflanzen heranwachsen, um insbesondere die von Trieb und Wurzel erzeugte Substanz zu vergleichen. Da bei Verwendung von Stecklingen die Wurzelbildung von Anfang an unter den gegebenen, in unserem Fall auch extremen Bodenverhältnissen erfolgen muß, konnte zwar keine normale Entwicklung der Pflanzen erwartet werden, wie sie bei Verwendung von ein- oder mehrjährigen, bewurzelten Pflanzen zunächst oft auch auf ungünstigen Böden auftritt. Dafür hofften wir, daß sich der unterschiedliche Bodeneinfluß umso deutlicher und in kürzerer Zeit manifestieren würde, als dies mit vorgebildeten Wurzeln der Fall wäre. Was dabei die Rolle der Böden betrifft, so sollte und konnte es sich nicht etwa darum handeln, näher auf ursächliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Bodenfaktoren und den Wachstumserscheinungen der Pappeln einzugehen.

II. Versuchsanlage

Der Kübelversuch wurde am 7. April 1955 im Versuchsgarten beim Forsthaus Waldegg der ETH angelegt, wobei die folgenden, aus dem Pappel-Versuchsgarten „Glanzenberg“ stammenden acht Pappelsorten Verwendung fanden:

Klon-No.	Cultivar	Herkunft	Standort des Altstammes
01.1	robusta	Vouvry	trockene Aufschüttung
20.39	?	Au am Rhein (Baden)	mäßig trocken, Grundwasseraufstieg nicht möglich
20.64	marilandica	Eckhof bei Tübingen	Lias-Decklehm
20.72	?	Schrotzberg (Württemberg)	Lettenkeuperton
20.74c	?	Oberdorf b. Bopfingen (Württemberg)	Opalinus-Ton (brauner Jura)
20.36	?	Eggenstein (Baden)	vernäßter Boden über 20 cm Letten
03.3	?	Yvonand	ehemaliger Seegrund
04.4	regenerata	Yvonand	ehemaliger Seegrund

sorten mit ähnlichen genetischen Unterschieden zu rechnen, wie sie vergleichsweise bei anderen Bäumen zur Entstehung sog. physiologischer Rassen führten. Bei unseren „klassischen“ Gebrauchssorten sind Unterschiede im ökologischen Verhalten allerdings nur dem Zufall zu verdanken, da für ihre Auslese und Verbreitung lediglich Kriterien der Form und Wüchsigkeit maßgebend waren. Es ist jedoch anzunehmen, daß auf dem Wege einer gelenkten Züchtung künftig auch Klone mit ganz bestimmten ökologischen Eigenschaften erzeugt werden können.

Im Zusammenhang mit diesen Fragen versuchen wir in einem Modellversuch abzuklären, ob einzelne Pappelsorten, die sich nach praktischen Erfahrungen auch auf nicht opti-

Auf Grund der mitgeteilten praktischen Anbauverfahren müßten die sechs erstgenannten Sorten (01.1, 20.39, 20.64, 20.72, 20.74c, 20.36) eine spezifische Eignung für die gleichen nichtoptimalen Bodenverhältnisse aufweisen, unter welchen bereits die Sorten-Altstämme aufwuchsen. Der Sorten-Altstamm der „Yvonand-Pappel“ 03.3 steht dagegen auf einem optimalen Pappelboden, eignet sich erfahrungsgemäß jedoch auf recht unterschiedlichen Böden und gilt daher als sehr zuverlässig. Die Sorte 04.4 schließlich wurde im Zusammenhang mit anderen Versuchen als „Standard“ mitberücksichtigt.

Als Repräsentanten für einen optimalen (s. „Pappelboden“), einen voraussichtlich tauglichen (s. „Torf“), sowie

Tabelle 1. — Trockengewichtsmittelwerte für die Sorten
Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen den %-Anteil des danebenstehenden

W = Wurzel (ohne Steckling)
W + St = unterirdischer Teil (Wurzel + Steckling)
I = Wurzelklasse I ($\phi < 2$ mm)

I = Wurzelklasse I ($\phi < 2$ mm)
II+III = Wurzelklassen II + III ($\phi > 2$ mm)
St = Steckling
W = Wurzel

Sorte	„Lehm“														„Sand“						
	W	W+St	I	I II+III	St	W	T	T W+St	T W	W	W+St	I	I II+III	St	W	W	W+St	I	I II+III	St	W
03.3	13.50	25.94	9.13	4.0	1.09	17.51	0.62	1.27	4.72 (22)	11.86 (31)	4.32	10.8	1.55	7.03 (25)	0.59	1.50	8.73 (42)	18.47 (48)	5.43	1.6	1.14
20.39	11.20	22.12	7.73	2.7	1.27	21.70	0.85	1.85	3.35 (18)	10.07 (30)	3.02	3.1	2.01	7.38 (18)	0.73	2.21	5.28 (29)	12.80 (38)	4.15	3.7	1.43
20.36	10.09	19.03	7.74	5.1	1.16	18.19	0.83	1.69	4.09 (20)	10.61 (32)	3.93	8.0	1.77	5.92 (18)	0.56	1.51	5.85 (29)	11.73 (35)	4.33	2.9	1.28
20.74 c	10.03	20.42	6.91	18.9	1.78	18.64	0.82	2.17	1.95 (11)	7.67 (23)	1.92	57.5	3.09	5.87 (18)	0.76	3.20	3.07 (17)	10.25 (30)	2.87	14.3	2.36
04.4	9.42	17.64	7.68	11.5	1.16	13.90	0.72	1.47	3.38 (18)	9.42 (30)	3.27	28.0	1.88	5.43 (19)	0.58	1.71	5.17 (27)	11.90 (38)	4.72	10.5	1.31
01.1	9.09	20.88	7.31	6.4	1.33	21.29	0.94	2.18	4.55 (28)	11.43 (36)	3.78	4.9	1.56	8.13 (18)	0.71	1.80	6.92 (43)	21.37 (67)	5.85	5.5	1.56
20.64	8.92	17.65	7.49	8.1	1.12	15.45	0.80	1.64	5.70 (40)	14.32 (58)	4.37	6.4	1.60	10.82 (42)	0.76	1.77	5.68 (40)	11.88 (48)	5.05	8.0	1.15
20.72	7.81	16.78	5.92	5.8	1.57	15.85	0.80	1.85	3.20 (24)	11.83 (48)	2.98	13.8	3.14	6.23 (20)	0.53	2.06	4.50 (34)	9.50 (38)	3.50	3.5	1.16
									3.87 (22)	10.90 (35)	3.41	16.6	2.08	7.10 (21)	0.65	1.97	5.65 (33)	13.49 (43)	4.49	6.2	1.42

für zwei ungeeignete Pappelböden (s. „Lehm“ und „Sand“) wurden folgende konkrete Beispiele gewählt:

Bezeichnung im Versuch	Herkunft und Art des Bodens*)
„Pappelboden“	Wiederholt gedüngtes, altes Kollmatierungsmaterial (Staubsand) aus dem Pappelversuchsgarten „Glanzenberg“ der ETH.
„Torf“	Entwässerter Niedermoorboden aus der Abt. Hub des Lehrwaldes der ETH.
„Sand“	Kies-Sandmischung aus der Kiesgrube Hardwald bei Zürich.
„Lehm“	Uto-Gehängelehm (staubig-toniger Lehm) aus der Lehmgrube der Zürcher Ziegeleien.

*) Die in Klammern gesetzten Prädikate nach dem Dispersitätsdreieck USDA wurden in dankenswerter Weise von Herrn Dr. F. RICHARD von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen ermittelt.

Jeder Boden war in unserem Versuch mit 24 Holz-Kübeln von je 300 Liter Inhalt vertreten. Die insgesamt 96 Kübel wurden in zwei Reihen und zufälliger Reihenfolge im Freien, bei uneingeschränkten Lichtbedingungen bis zum oberen Rand eingegraben.

Die im Mittel 15 cm langen und 17 mm dicken Pappelstecklinge wurden am 1. April aus einjährigem Aufwuchs (auf zweijährigen Wurzeln) geschnitten, vorübergehend in Stratifizierungskästen in feuchtem Sand eingeschichtet und am 7. April in die Kübel bodeneben eingebracht. Dabei wurden in jedem Kübel vorerst je drei Stecklinge einer gleichen Sorte gesteckt. Sobald jedoch das Anwachsen der Stecklinge gesichert erschien, wurden je Kübel die zwei schwächeren Pflanzen wiederum entfernt, so daß schließlich acht Sorten pro Boden mit je drei Pflanzen vertreten waren.

III. Variationsstatistische Analyse der einzelnen Merkmale

Im Rahmen der statistischen Auswertung werden alle, in den folgenden Abschnitten getrennt behandelten Merkmale vorerst mit dem *F-Test* geprüft, der uns grundsätzlich über bestehende Unterschiede zwischen den Boden- und Sorteneinflüssen, sowie über die Wechselwirkung (Interaktion) von Sorte und Boden orientiert. Detaillierte Auskünfte über die Verhältnisse zwischen den einzelnen

Sorten und Böden vermittelt uns danach der *t-Test*. Da der gewöhnliche *t-Test* aber nach den neuesten Erkenntnissen (3) korrekterweise nur auf eine einzige und zufällig ausgewählte Durchschnittsdifferenz angewandt werden sollte, wurden die Durchschnittswerte auch mit dem *Sequential-Range-Test* (SQR-Test) verglichen, der speziell für den Vergleich von mehr als zwei Durchschnittswerten aus dem gewöhnlichen *t-Test* abgeleitet wurde. Für die Sortenunterschiede, wo im folgenden beide Verfahren angewendet werden, ist der weniger empfindliche *t-Test* als obere Grenze, der strengere SQR-Test dagegen als untere Grenze zu werten. Bei den Böden ergibt dagegen der *t-Test* keine Veränderung gegenüber dem SQR-Test. Für beide Testverfahren wird übrigens nur die Signifikanz bei $P = 0.05$ angegeben, wobei ein Stern (*) die mit dem SQR-Test ermittelte, und ein Kreuz (+) eine mit dem *t-Test* ermittelte Signifikanz einer Durchschnittsdifferenz bezeichnet.

Die den drei Gesichtspunkten (Sorten, Böden, Wechselwirkung) entsprechenden Mittelwerte \bar{x} sind für die wichtigen Merkmale in der *Tabelle 1* zusammengestellt.

a) Trockengewicht des oberirdischen Pflanzenteiles

Nach Aufhebung des Versuches im Herbst 1956 wurden die zweijährigen Triebe am Stecklingskörper abgeschnitten und mitsamt dem Astmaterial getrocknet und gewogen. Die Trocknung erfolgte in einem ventilierbaren Trockenschrank, wo das aufgeschnittene Zweigmaterial vorerst drei Tage bei 65° C vorbehandelt und anschließend 24 Stunden bei 112° C endgültig getrocknet wurde. Die Trockenmassen wurden auf Zehntelgramme genau gewogen und auf $\frac{1}{100}$ Gramm geschätzt. Die Mittelwerte sind in der *Tabelle* aufgeführt.

Der *F-Test* zeigt zwischen den Böden sehr stark gesicherte Unterschiede, zwischen den Sorten dagegen keine. Infolge des stark überwiegenden Bodeneinflusses ist auch die Wechselwirkung von Sorte und Boden nicht gesichert:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	13 046.62	4 348.87	63.79***
zw. Sorten	7	633.96	90.57	1.33
Böden \times Sorten	21	1 010.94	48.14	0.706
Rest	64	4 363.04	68.17	—
Insgesamt	95	19 054.56	—	—

(n = 12), Böden (n = 24) und deren Wechselwirkung (n = 3)
 Trockengewichts am absolut größten vorkommenden Sortendurchschnitt (= 100%)

T = Trieb (+ Äste)
 $\frac{T}{W + St}$ = oberirdischer Teil (Trieb + Äste)
 $\frac{W + St}{W + St}$ = unterirdischer Teil (Wurzel + Steckling)

$\frac{T}{W}$ = oberirdischer Teil (Trieb + Äste)
 $\frac{W}{W}$ = Wurzel (ohne Steckling)

„Torf“												„Pappelboden“												Sorte
T	$\frac{T}{W+St}$	$\frac{T}{W}$	W	W+St	I	I	I+III	St	W	T	$\frac{T}{W+St}$	$\frac{T}{W}$	W	W+St	I	I	I+III	St	W	T	$\frac{T}{W+St}$	$\frac{T}{W}$		
7.35 (26)	0.40	0.80	20.90 (100)	35.10 (92)	13.67	1.9	0.69	28.48 (100)	0.81	1.37	19.63 (94)	38.33 (100)	9.77	1.5	0.96	27.18 (95)	0.71	1.40	03.3					
6.32 (16)	0.49	1.20	17.83 (97)	31.72 (94)	11.13	1.7	0.77	33.35 (84)	1.05	1.78	18.33 (100)	33.90 (100)	12.63	2.5	0.86	39.73 (100)	1.17	2.21	20.39					
6.87 (20)	0.58	1.14	10.42 (52)	20.52 (62)	9.18	7.4	0.94	26.33 (78)	1.28	2.42	20.00 (100)	33.25 (100)	13.83	2.2	0.67	33.65 (100)	1.01	1.68	20.36					
5.83 (17)	0.57	1.92	16.88 (93)	30.23 (90)	10.32	1.6	0.80	29.50 (88)	0.98	1.69	18.22 (100)	33.52 (100)	12.55	2.2	0.85	33.37 (100)	1.00	1.86	20.74c					
5.57 (19)	0.47	1.10	10.05 (53)	18.20 (58)	8.07	4.1	0.82	15.88 (55)	0.87	1.58	19.10 (100)	31.07 (100)	14.67	3.3	0.64	28.72 (100)	0.92	1.51	04.4					
7.25 (16)	0.34	1.12	8.82 (55)	19.70 (58)	8.18	12.9	1.20	24.88 (55)	1.33	2.98	16.07 (100)	32.00 (100)	11.43	2.5	1.00	44.90 (100)	1.40	2.83	01.1					
5.23 (20)	0.44	0.95	10.23 (73)	19.87 (81)	9.57	14.4	0.96	20.15 (79)	1.01	2.01	14.08 (100)	24.55 (100)	10.97	3.5	0.76	25.60 (100)	1.04	1.82	20.64					
3.00 (9)	0.32	0.73	10.50 (80)	21.08 (85)	8.07	3.4	1.06	22.42 (70)	1.06	2.18	13.05 (100)	24.68 (100)	9.15	2.4	0.90	31.77 (100)	1.29	2.44	20.72					
5.93 (18)	0.44	1.12	13.20 (76)	24.43 (78)	9.78	5.9	0.91	25.12 (76)	1.03	2.00	17.31 (100)	31.41 (100)	12.29	2.5	0.83	33.11 (100)	1.05	1.97						

Zwischen den einzelnen Böden zeigt der SQR-Test bis auf den Unterschied zwischen „Lehm“ und „Sand“ gesicherte Verhältnisse:

k = 4 (= Range)
 v = 64 (= FG bei DQR)
 n = 24 (= Anzahl Einzelwerte)
 DQR = 68.17 (= Reststreuung)
 $S_{\bar{x}} = 1.685 \left(= \sqrt{\frac{DQR}{n}} \right)$
 q = Tabellenwert (3)
 mit den Eingängen
 k und v

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Pappelboden“	„Torf“	„Lehm“
				\bar{x}	33.11	25.12	7.10
„Sand“	5.93	4	6.28		27.19 *	19.20 *	1.18
„Lehm“	7.10	3	5.71		26.01 *	18.02 *	—
„Torf“	25.12	2	4.75		7.99 *	—	—

Für die im F-Test nicht gesichert verschiedenen Sorten ergibt der t-Test für zwei Durchschnittsdifferenzen dennoch Signifikanz:

$$\left| \bar{x}_i - \bar{x}_j \right|_{0.05} = t \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot DQR}{n}} \quad DQR = 68.17 \quad n = 12$$

$$\left| \bar{x}_i - \bar{x}_j \right|_{0.05} = 6.741 (+)$$

Sorte	\bar{x}	Sorte	04.4	20.64 ...
		\bar{x}	13.90	15.45
20.39	21.70		7.80 +	6.25
01.1	21.29		7.39 +	
20.74	18.64		4.74	
...				

b) Trockengewicht des unterirdischen Pflanzenteils

Nach Versuchsabschluß im Herbst 1956 wurden die zwei-jährigen Wurzelteile sorgfältig in Wasser ausgeschlämmt und von allen anhaftenden Steinchen und Erdklümpchen gereinigt. Dann wurden alle Wurzeln unmittelbar am Stecklingskörper abgeschnitten und nach drei Durchmesserklassen sortiert (s. Abschn. e). Trocknung und Wägung der Wurzeln und des Stecklings erfolgte in gleicher Weise wie für den oberirdischen Teil.

Wie schon in der Triebmasse kommt auch hier der Einfluß des Bodens stärker zur Geltung als derjenige der

Sorte, wie die Durchschnittswerte in der Tabelle zeigen. Der F-Test ergibt bei P = 0.001 sehr stark gesicherte Unterschiede zwischen den Böden und bei P = 0.01 zwischen den Sorten. Die Wechselwirkung zwischen beiden ist dagegen nicht gesichert:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	6 601	2 200.3	59.790 ***
zw. Sorten	7	757	108.1	2.938 **
Böden × Sorten	21	1 113	53.0	1.440
Rest	64	2 354	36.8	—
insgesamt	95	10 825	—	—

Für die Böden zeigt der SQR-Test einzig zwischen dem „Sand“ und dem „Lehm“ keine Signifikanz:

k = 4 DQR = 36.8
 v = 64 $S_{\bar{x}} = 1.238$
 n = 24

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“
				\bar{x}	31.41	24.43	13.49
„Lehm“	10.90	4	4.63		20.51 *	15.53 *	2.59
„Sand“	13.49	3	4.21		17.92 *	10.94 *	—
„Torf“	24.43	2	3.50		6.98 *	—	—

Für die Sorten ergibt der SQR-Test nur Signifikanz zwischen dem größten (03.3) und kleinsten Wert (20.72), während der t-Test sieben signifikante Durchschnittsdifferenzen aufweist:

SQR-Test: k = 4 DQR = 36.8
 (*) v = 64 $S_{\bar{x}} = 1.751$
 n = 12

t-Test: $\left| \bar{x}_i - \bar{x}_j \right|_{0.05} = 4.954$
 (+)

Sorte	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Sorte	03.3	20.39	01.1
				\bar{x}	25.94	22.12	20.88
20.72	16.78	8	8.96		9.16* +	5.34 +	4.10
04.4	17.64	7	8.67		8.30 +	4.48	
20.64	17.65	6	8.32		8.29 +		
20.36	19.03	5	7.90		6.91 +		
20.74c	20.42	4	7.35		5.52 +		
01.1	20.88	3	6.60		5.06 +		
20.39	22.12	2	5.39		3.82		

c) Trockengewicht der Wurzeln

Die Trockenmasse der in zwei Jahren gebildeten Wurzeln (ohne Stecklingskörper) reagiert wesentlich empfindlicher auf Sorten- und Bodeneinflüsse als diejenige des ganzen unterirdischen Teiles (vgl. die Mittelwerte auf der Tabelle), wobei der Boden wiederum stärker zur Geltung kommt. Während beispielsweise der „Pappelboden“ gegenüber dem „Lehm“ eine Mehrleistung von 347% ergibt, zeigt die wurzelreichste Sorte gegenüber der wurzelärmsten nur eine solche von 73%. Der *F-Test* zeigt bei $P = 0.001$ gesicherte Unterschiede zwischen den Böden, bei $P = 0.05$ Signifikanz zwischen den Sorten, aber keine gesicherte Wechselwirkung zwischen Boden und Sorte:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	2 885.36	961.78	75.32 ***
zw. Sorten	7	249.42	35.63	2.79 *
Böden × Sorten	21	422.14	20.10	1.57
Rest	64	816.96	12.77	—
insgesamt	95	4 373.88	—	—

Im *SQR-Test* kommt bei den Böden wiederum nur zwischen dem „Sand“ und dem „Lehm“ keine Signifikanz zustande:

$$k = 4 \quad DQ_R = 12.77$$

$$v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 0.729$$

$$n = 24$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“
				\bar{x}	17.31	13.20	5.65
				k	1	2	3
„Lehm“	3.87	4	2.73		13.44*	9.34*	1.78
„Sand“	5.65	3	2.48		11.66*	7.55*	—
„Torf“	13.20	2	2.06		4.11*	—	—

Für die Sorten ergibt dasselbe Verfahren drei, der *t-Test*, jedoch sieben signifikante Durchschnittsdifferenzen:

$$SQR\text{-Test: } k = 8 \quad DQ_R = 12.77$$

$$(*) \quad v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 1.032$$

$$n = 12$$

$$t\text{-Test: } \left| \bar{x}_i - \bar{x}_j \right|_{0.05} = 2.918$$

Sorte	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Sorte	03.3	20.39	20.36
				\bar{x}	13.50	11.20	10.09
				k	1	2	3...
20.72	7.81	8	4.58		5.69*+	3.39+	2.28
20.64	8.92	7	4.45		4.58*+	2.28	
01.1	9.09	6	4.29		4.41*+		
04.4	9.42	5	4.10		4.08 +		
20.74 c	10.03	4	3.86		3.47 +		
20.36	10.09	3	3.51		3.41 +		
20.39	11.20	2	2.92		2.30		

d) Trockengewicht der Wurzeln nach Durchmesserklassen

Um abzuklären, ob sich der Anteil der groben und feinen Wurzeln im Zusammenwirken von Boden und Sorte ändert, wurden sämtliche Wurzeln nach drei Durchmesserklassen sortiert:

- Klasse I: Durchmesser weniger als 2 mm,
- Klasse II: Durchmesser von 2 bis 5 mm,
- Klasse III: Durchmesser über 5 mm.

Mit Hilfe einer 1 mm dicken Messingschablone, welche am Rand die den Klassen entsprechenden Einkerbungen aufwies, ließen sich die Durchmesser der einzelnen Wurzelteile genau bestimmen.

Für die Klasse I allein ergibt der *F-Test* bei $P = 0.01$ stark gesicherte Unterschiede zwischen den Böden, während zwischen den Sorten und für das Zusammenwirken von Boden und Sorte keine Signifikanz vorliegt:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	1295.00	431.67	80.99 **
zw. Sorten	7	67.95	9.71	1.82
Böden × Sorten	21	108.02	5.14	0.96
Rest	64	341.23	5.33	—
insgesamt	95	1812.20	—	—

Der *SQR-Test* führt dazu aus, daß sich im einzelnen wiederum nur „Sand“ und „Lehm“ nicht gesichert voneinander unterscheiden:

$$k = 4 \quad DQ_F = 5.33$$

$$v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 0.462$$

$$n = 24$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“
				\bar{x}	12.292	9.775	4.488
				k	1	2	3
„Lehm“	3.407	4	1.727		8.885*	6.368*	1.081
„Sand“	4.488	3	1.570		7.804*	5.287*	—
„Torf“	9.775	2	1.307		2.517*	—	—

Obwohl der *F-Test* für die Sorten keine Signifikanz ergibt, unterscheidet sich der größte von den zwei kleinsten Werten im *t-Test* dennoch gesichert:

$$\left| \bar{x}_i - \bar{x}_j \right|_{0.05} = 1.885 (+)$$

Sorte	\bar{x}	Sorte	20.72	20.74 c	01.1...
		\bar{x}	5.925	6.912	7.312
03.3	9.131		3.206+	2.219+	1.819
20.36	7.738		1.813	0.426	
:					
:					

Da einzelne Pflanzen keine Wurzeln der Klasse II und vor allem III ausbildeten, wurde auf eine statistische Einzelauswertung dieser Klassen verzichtet. Von größerem Interesse schien dagegen das (aus den Mittelwerten gebildete) Verhältnis der Feinwurzeln (I) zu den Grobwurzeln (II und III), welches im *F-Test* für die Böden gesicherte Unterschiede ergab, nicht jedoch für die Sorten:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	885	295.00	3.257 *
zw. Sorten	7	762	108.86	1.202
Rest	21	1902	90.57	—
insgesamt	31	3549	—	—

Dabei unterscheiden sich, wie der *SQR-Test* ausführt, nur der „Lehm“ vom „Pappelboden“:

$$k = 4 \quad DQ_F = 90.57$$

$$v = 21 \quad S_{\bar{x}} = 3.365$$

$$n = 8$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Lehm“	„Sand“...
				\bar{x}	16.55	6.24
				k	1	2
„Pappelboden“	2.51	4	13.30		14.04*	3.73
„Torf“	5.92	3	12.03		10.63	
:						
:						

Für die im F-Test nicht als signifikant hervortretenden Sorten ergibt der t-Test noch drei gesicherte Durchschnittsdifferenzen :

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j|_{0.05} = 13.458(+)$$

Sorte	\bar{x}	Sorte	20.39	03.3	20.36 ...
		\bar{x}	2.72	3.96	5.13
20.74c	18.90		16.18+	14.94+	13.77+

e) Verhältnis der Trockengewichte von Steckling und Wurzeln

Die wahren Quotienten $\frac{\text{Stecklingsgewicht}}{\text{Wurzelgewicht}}$ sind als Mittelwerte in der Tabelle 1 aufgeführt, während für die statistische Auswertung die 1000fachen Werte der auf drei Dezimalen berechneten Quotienten verwendet werden.

Der F-Test ergibt dabei bei P = 0.001 gesicherte Unterschiede zwischen den Böden, bei P = 0.01 gesicherte Unterschiede zwischen den Sorten und eine bei P = 0.05 gesicherte Wechselwirkung zwischen Böden und Sorten:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	23805547	7935182	33.908 ***
zw. Sorten	7	4997978	713997	3.051 **
Böden X Sorten	21	8640766	411465	1.758 *
Rest	64	14977466	234023	—
insgesamt	95	52421757	—	—

Für die Böden zeigt der SQR-Test nur zwischen „Torf“ und „Pappelboden“ keinen gesicherten Unterschied:

$$k = 4 \quad DQ_R = 234\ 023$$

$$v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 98.747$$

$$n = 24$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Lehm“	„Sand“	„Torf“
				\bar{x}	2075	1425	906
				k	1	2	3
„Pappelboden“	830	4	369		1245*	595*	76
„Torf“	906	3	336		1169*	519*	—
„Sand“	1425	2	279		650*	—	—

Für die Sorten ergibt dasselbe Testverfahren keine gesicherten Unterschiede. Erst im t-Test erweisen sich zehn Durchschnittsdifferenzen als signifikant:

$$\text{SQR-Test: } k = 8 \quad DQ_R = 234\ 023$$

$$(*) \quad v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 139.65$$

$$n = 12$$

$$\text{t-Test: } |\bar{x}_i - \bar{x}_j|_{0.05} = 395$$

$$(+)$$

Sorte	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Sorte	03.3	20.64	04.4	20.36	20.39	01.1	20.72
				\bar{x}	1086	1117	1161	1165	1269	1331	1566
				k	1	2	3	4	5	6	7
20.74c	1777	8	715		691+	660+	616+	612+	508+	446+	211
20.72	1566	7	691		480+	449+	405+	401+	297	235	
01.1	1331	6	663		245	214	170	166			
⋮											

Die signifikante Wechselwirkung schließlich besagt, daß einzelne Sorten hinsichtlich des Verhältnisses von Stecklings- und Wurzelmasse auf den verschiedenen Böden unterschiedlich reagieren.

f) Verhältnis der Trockengewichte des ober- und unterirdischen Pflanzenteils

Die wahren Quotienten

$$\frac{\text{Trockenmasse von Trieb + Ästen}}{\text{Trockenmasse von Steckling + Wurzeln}}$$

stehen in der Tabelle, während für die statistische Auswertung wiederum ihre 1000fachen Werte benützt wurden.

Der F-Test ergibt durchwegs Signifikanz, nämlich zwischen den Böden bei P = 0.001, zwischen den Sorten bei P = 0.01 und für die Wechselwirkung bei P = 0.05:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	6496499	2165500	81.290 ***
zw. Sorten	7	761159	108737	4.082 **
Böden X Sorten	21	1151093	54314	2.058 *
Rest	64	1704873	26639	—
insgesamt	95	10113624	—	—

Bei den Böden weist der SQR-Test im einzelnen nur zwischen dem „Torf“ und dem „Pappelboden“ keinen gesicherten Unterschied auf:

$$k = 4 \quad DQ_R = 26\ 639$$

$$v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 33.316$$

$$n = 24$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Boden	„Pappelboden“	„Torf“	„Lehm“
				\bar{x}	1054	1028	652
				k	1	2	3
„Sand“	439	4	125		615*	589*	213*
„Lehm“	652	3	113		402*	376*	—
„Torf“	1028	2	94		26	—	—

Bei den Sorten ergibt der SQR-Test 1, der t-Test dagegen 10 signifikante Durchschnittsdifferenzen:

$$\text{SQR-Test: } k = 8 \quad DQ_R = 26\ 639$$

$$(*) \quad v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 47.116$$

$$n = 12$$

$$\text{t-Test: } |\bar{x}_i - \bar{x}_j|_{0.05} = 133$$

$$(+)$$

Sorte	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Sorte	03.3	04.4	20.64	20.72	20.74c
				\bar{x}	623	715	800	802	823
				k	1	2	3	4	5...
01.1	945	8	241		322*+	230+	145+	143+	122
20.39	850	7	233		227+	135+	50	48	
20.36	832	6	224		209+	117			
20.74c	823	5	212		200+				
20.72	802	4	198		179+				
20.64	800	3	178		177+				
04.4	715	2	145		92				
⋮									

g) Verhältnis der Trockengewichte des oberirdischen Teils zu den Wurzeln

$$\text{Der Quotient } \frac{\text{Trockengew. von Trieb und Ästen}}{\text{Trockengew. der Wurzeln (ohne Steckling)}}$$

wurde für die statistische Auswertung 100 Mal vergrößert, wogegen in der Tabelle die wahren Werte aufgeführt sind. Der F-Test ergibt bei $P = 0.001$ sehr stark gesicherte Unterschiede sowohl zwischen den Böden als auch zwischen den Sorten. Bei $P = 0.01$ erscheint auch die Wechselwirkung stark gesichert:

Streuung	FG	SQ	DQ	F
zw. Böden	3	133 169	44 390	18 534 ***
zw. Sorten	7	84 554	12 079	5,043 ***
Böden \times Sorten	21	114 398	5 448	2,275 **
Rest	64	153 255	2 395	—
insgesamt	95	485 376	—	—

Im *SQR-Test* erweist sich der „Sand“ gesichert verschieden vom „Torf“, „Lehm“ und „Pappelboden“:

$$k = 4 \quad DQ_R = 2\,395$$

$$v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 9.99$$

$$n = 24$$

Boden	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Böden „Sand“, „Pappelboden“	
				\bar{x}	\bar{x}
				112.04	196.75
				1	2
„Torf“	200.17	4	37.36	88.13*	3.42
„Lehm“	197.08	3	33.97	85.04*	
„Pappelboden“	196.75	2	28.27	84.71*	

Bei den Sorten sind nach dem gleichen Testverfahren 5, und nach dem *t-Test* 11 von insgesamt 28 Durchschnittsdifferenzen signifikant:

$$\text{SQR-Test: } k = 8 \quad DQ_R = 2\,395$$

$$(*) \quad v = 64 \quad S_{\bar{x}} = 14.127$$

$$n = 12$$

$$\text{t-Test: } |x_i - \bar{x}_j|_{0.05} = 39.96$$

$$(+)$$

Sorte	\bar{x}	k	$S_{\bar{x}} \cdot q$	Sorte	03.3	04.4	20.64	20.36	20.39
				\bar{x}	126.92	147.42	163.58	168.92	184.92
				k	1	4	3	4	5 . . .
01.1	218.33	8	62.72		91.41*+	70.91*+	54.75+	49.41+	33.41
20.74c	216.75	7	60.89		89.83*+	69.33*+	53.17+	47.83+	31.83
20.72	185.25	6	58.77		58.33+	37.83			
20.39	184.92	5	56.22		58.00*+	37.50			
20.36	168.92	4	52.83		42.00+	36.66			
20.64	163.58	3	48.03		36.66				
		.							
		.							

IV. Diskussion der Ergebnisse

a) Die Wirkung des Bodens

Wie aus den Mittelwerten (s. Tabelle) und der variations-statistischen Analyse hervorgeht, kommt der Einfluß des Bodens in allen untersuchten Merkmalen sehr stark zur Geltung. In sechs von den insgesamt acht Merkmalen erweisen sich die Unterschiede zwischen den Böden als sehr stark gesichert (bei $P = 0.001$) und je in einem als stark (bei $P = 0.01$) bzw. schwach (bei $P = 0.05$) gesichert. Erwartungsgemäß wird dabei auf dem als Beispiel für optimale Verhältnisse gewählten „Pappelboden“ im Durchschnitt aller acht Sorten mehr Trieb- und Wurzelmasse erzeugt als auf den anderen Böden. Als immer noch verhältnismäßig günstig erweist sich der „Torf“, der die Massen der drei Pflanzenteile (Trieb, Steckling + Wurzeln, Wurzeln) gegenüber dem „Pappelboden“ nahezu gleichmäßig reduziert: Trieb und Wurzel (ohne Steckling) er-

reichen beide hier noch 76% und der ganze unterirdische Teil (Steckling + Wurzeln) noch 78% ihrer „Pappelboden“-Masse. Auf dem armen „Sand“ wird schließlich die kleinste Triebmasse und auf dem infolge gänzlicher Abwesenheit der Sandfraktion stark verdichteten „Lehm“ die kleinste Wurzelmasse gebildet. Die Unterschiede zwischen diesen zwei ausgesprochen ungünstig wirkenden Böden sind immerhin so gering, daß die statistische Analyse in diesen Merkmalen keine Signifikanz mehr aufweist. Im Verhältnis zu der auf „Pappelboden“ erhaltenen Masse erzeugt der Trieb nur noch 18% („Sand“) und 21% („Lehm“), der gesamte unterirdische Teil 43% („Sand“) und 35% („Lehm“) und die Wurzeln noch 33% („Sand“) und 22% („Lehm“).

Besonders aufschlußreich ist auch das Verhältnis der oberirdischen zur unterirdischen Trockenmasse $\left(\frac{T}{W+St}\right)$

Während die beiden Massen im Durchschnitt aller Sorten auf „Pappelboden“ und „Torf“ fast völlig übereinstimmen, entspricht einer gegebenen Wurzelmasse auf „Lehm“ bedeutend weniger Triebmasse (0.65). Auf „Sand“, wo die geringe Bodenkonsistenz, der ungünstige Wasserhaushalt und die relative Nährstoffarmut ein größeres Wurzelsystem ermöglichen bzw. erfordern, weist der ganze Wurzelteil sogar mehr als doppelt so viel Masse wie der Trieb auf (0.44). Da aber das durchschnittliche Trockengewicht des Stecklingskörpers auf „Sand“ und „Lehm“ praktisch gleich ist, müssen auf „Sand“ im Verhältnis zur Triebmasse mehr

Wurzeln vorhanden sein, worauf nun der $\frac{T}{W}$ -Quotient hinweist. Für „Lehm“, wie übrigens auch für „Torf“ und „Pappelboden“ beträgt dieser Quotient rund 2 (1,97 bis 2,00), für „Sand“ dagegen nur 1.12. Was schließlich das Gewicht der Wurzeln (ohne Steckling) selber anbetrifft,

so hängt dieses überwiegend vom Anteil der Wurzelklasse I (ϕ unter 2 mm) ab. Da die schweren Wurzeln jedoch gleichzeitig auch absolut und relativ mehr Wurzeln der Klassen II und III (ϕ über 2 mm) besitzen als die leichten, nimmt der Anteil der Klasse I mit abnehmendem Wurzelgewicht zu :

	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“	„Lehm“
Trockengewicht der Wurzeln (ohne Steckling)	17.31	13.20	5.65	3.87
% Anteil der Wurzelklasse I	71%	74%	79%	88%

b) Sorten und Böden

In jedem Merkmal kommt der Einfluß des Bodens deutlich stärker zum Ausdruck als derjenige der Sorte. Gesicherte Unterschiede zwischen den Sorten treten zwar für

alle acht Merkmale auf, wobei für fünf schon der F-Test Signifikanz aufzeigt, für drei dagegen erst der t-Test. Ganz allgemein lassen dabei die kombinierten Merkmale $\left(\frac{St}{W} \frac{T}{W+St}, \frac{T}{W}\right)$ den Sortencharakter stärker hervortreten als die einfachen, indem sich die Sorten im F-Test stark (bei $P = 0.01$) bis sehr stark (bei $P = 0.001$) gesichert unterscheiden, wozu der t-Test 10 bis 11 signifikante Durchschnittsdifferenzen liefert. Eine gesicherte Wechselwirkung zwischen den Sorten und Böden, die in unserem Zusammenhang ja besonders interessiert, ist angesichts der durchwegs starken Modifizierung durch den Boden und auch der nur dreifachen Wiederholung natürlich nur für besonders ausgeprägte Sortenmerkmale zu erwarten. Aus diesem Grund kommt eine Signifikanz (1mal bei $P = 0.01$ und 2mal bei $P = 0.05$) nur in den drei kombinierten Merkmalen zustande. Für zwei weitere Merkmale erscheint die Wechselwirkung immerhin nur knapp nicht gesichert, so bei der Wurzel, und dem ganzen unterirdischen Teil (wo bei $P = 0.1$ bzw. $P = 0.2$ Signifikanz erreicht würde).

Eine erste, mit dem Boden wechselnde Beziehung zwischen den Sorten geht als Tendenz bereits aus dem unterschiedlichen Abstand der beiden extremen Sorten-Mittelwerte für die vier einfachen Merkmale (T, W+St, W, I.) hervor. Wie die nachstehende Zusammenstellung zeigt, ist der als Quotient $\frac{\bar{x}_{max.}}{\bar{x}_{min.}}$ dargestellte Unterschied zwischen

dem größten und kleinsten Sorten-Mittelwert auf „Pappelboden“ stets kleiner als auf den anderen Böden. Der größte Unterschied wird dagegen immer auf einem der ungünstigen Böden erhalten, nämlich in zwei Merkmalen auf „Sand“ und in zwei auf „Lehm“:

Merkmal	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“	„Lehm“
T	1.75	2.10	2.45	1.99
W+St	1.56	1.93	2.25	1.87
W	1.53	2.37	2.84	2.92
I	1.60	1.69	2.03	2.28

Die gleiche Tendenz drückt sich ferner auch in den Streukoeffizienten $\left(\frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\%\right)$ der vier Böden aus (für $n = 24$) und zwar besonders deutlich bei der vom Boden unmittelbar beeinflussten Wurzel:

6% 8% 10% 12%

Den ausführlichsten Hinweis liefert schließlich die Gesamtzahl der auf Grund des t-Testes signifikanten Durchschnittsdifferenzen, welche auf den verschiedenen Böden zwischen den einzelnen Sorten für die sieben hierzu geeigneten Merkmale erhalten werden. (Das auf Grund der Sortenmittelwerte berechnete Merkmal $\frac{I}{II+III}$ muß hier weggelassen werden):

Merkmal	„Pappelboden“	„Torf“	„Sand“	„Lehm“
T	—	1	—	1
W+St	—	12	6	2
W	—	15	1	3
St	—	—	—	—
W	9	2	6	7
I	2	—	2	15
T	—	—	—	—
W+St	1	2	4	3
T	—	—	—	—
W	3	6	11	7
Gesamtzahl der signifikanten Sorten-Durchschnittsdifferenz.	15	38	30	38

Alle drei Berechnungsarten weisen also darauf hin, daß sich die verschiedenen Sorten hinsichtlich der genannten Merkmale innerhalb des Optimums ähnlicher verhalten als außerhalb, daß also bestehende Unterschiede zwischen den Sorten auf ungünstigen Bodenverhältnissen stärker hervortreten als unter optimalen Bedingungen. Unser Versuch umfaßt somit Sorten, die sich in ihrer Anpassung an nicht optimale Bodenverhältnisse unterschiedlich verhalten.

Für die im folgenden vorzunehmende Beurteilung der einzelnen Sorten in ihrer Beziehung zum Boden messen wir den Merkmalen der Wurzel eine größere Bedeutung bei als etwa dem Trieb. Abgesehen davon, daß die Wurzel in unserem Fall durch den Boden unmittelbarer beeinflusst wird als ein anderes Organ, stellt ein gut ausgebildetes Wurzelsystem für die Pflanze in jedem Fall eine wertvolle Kraftreserve dar (5), es verleiht ihr mehr Anpassungsfähigkeit, erschließt den Boden besser und kann sich für das Überdauern von Trockenperioden entscheidend auswirken. Neben der Wurzelmasse (W) ist bei den hier zu beurteilenden zweijährigen Pflanzen zweifellos auch eine große Masse des Stecklingskörpers als Ausgangsort künftiger Wurzelneubildungen positiv zu bewerten. Längenwachstum oder Masse des Triebes hingegen kennzeichnen primär die sorteneigene Wüchsigkeit schlechthin, welche in unserem Zusammenhang nicht einfach mit Anpassung gleichgestellt werden darf.

Auch Unterschiede im Wuchsverlauf können eine anfängliche bessere Anpassung vortäuschen, wie RÖHNIG (7) darlegte. Auf allen Standorten erweist sich in seinen Versuchen die cv. *Robusta* dank ihrer raschen Jugendentwicklung vorerst über die andern Sorten klar überlegen, was aber, wie er betont, nicht dazu verleiten darf, die *Robusta* nun allen übrigen Sorten vorzuziehen.

Daß die oben als Wüchsigkeit bezeichnete Sorteneigenschaft offenbar nicht nur einem großen Wurzelsystem zu verdanken ist, geht in unserem Versuch aus dem Verhalten der als raschwüchsig bekannten Sorten 01.1 und 20.39 hervor. Unter optimalen Verhältnissen, wo sich die Anlage für Wüchsigkeit am klarsten auswirken kann, erzeugen diese beiden die größten Triebmassen, ohne jedoch gleichzeitig über die größte Wurzelmasse zu verfügen. Unter den ausgesprochen ungünstigen Bodenverhältnissen des „Sand“ und „Lehm“ hingegen entspricht der größten Triebmasse immer auch die größte Wurzelmasse (W).

Aus solchen Überlegungen wäre beispielsweise auf „Lehm“ die Sorte 20.36 der 20.74c vorzuziehen, da bei praktisch gleicher Triebmasse 20.36 eine mehr als doppelt so große Wurzelmasse besitzt. Auch auf „Pappelboden“ erzeugen beide praktisch dieselbe Triebmasse, hier jedoch bei nur geringfügigem Unterschied in der Wurzelmasse.

Neben der absoluten Größe der Trockengewichte erachten wir deren Verhältnis zu den unter optimalen Bedingungen erhaltenen Höchstwerten als ein weiteres Kriterium für die Beurteilung der Anpassungsfähigkeit auf ungünstigen Böden. Wenn beispielsweise zwei Sorten unter den gleichen ungünstigen Bedingungen gleiche Leistungen aufweisen, muß zweifellos diejenige als besser angepaßt gelten, welche im Verhältnis zu ihrer Leistung im Optimum den kleineren Rückgang verzeichnet.

Nun weisen unsere Ergebnisse aber darauf hin, daß eine überlegene Anpassungsfähigkeit anscheinend nur auf Kosten der Wüchsigkeit unter besten Bedingungen besteht, denn keine Sorte, die auf den nicht optimalen Böden die

absolut beste Leistung zeigt, steht gleichzeitig auf „Pappelboden“ an der Spitze. Besonders deutlich zeigt dies die Sorte 20.64, welche auf „Lehm“ mit Abstand die größte Wurzel- und Triebmasse erzeugt, auf „Pappelboden“ jedoch an zweitletzter bzw. letzter Stelle steht (wie übrigens auch im Durchschnitt aller Böden). Gegenüber solchen ökologisch plastischen Sorten erscheinen die unter günstigen Bedingungen am stärksten wachsenden Sorten hier „enger“ angepaßt, jedoch auf Kosten ihrer Plastizität. Sie sind also, im Gegensatz zu der etwa gebräuchlichen Terminologie spezialisierter als jene anderen, deren größere Plastizität ein eher primitives ökologisches Verhalten anzeigt.

Auf Grund solcher Überlegungen soll im folgenden nun versucht werden, die einzelnen Sorten im Zusammenhang mit der Versuchsfrage zu charakterisieren (vergl. dazu die Tabelle).

01.1: Die auffälligste Eigenschaft dieser cv. *Robusta* ist zweifellos ihre Raschwüchsigkeit, welche aber nur unter optimalen Verhältnissen, wie sie im Rahmen unseres Versuches der „Pappelboden“ darstellt, ausgeprägt hervortritt. Hier erzeugt sie weitaus am meisten Triebmasse, zeigt aber gleichzeitig von allen Sorten die ungünstigsten $\frac{T}{W}$ - und $\frac{T}{W+St}$ -Verhältnisse. Gegenüber auf „Pappelboden“ fällt die als Kriterium der Wüchsigkeit geltende Triebmasse aber auf den übrigen Böden sehr stark zurück und demonstriert die geringe Plastizität solch schnellwüchsiger Sorten. Ihre rasche Jugendentwicklung vermag jedoch über den starken relativen Rückgang außerhalb des Optimums hinwegzutauschen, indem sich hier die Triebmasse im Verhältnis zu den anderen Sorten immer noch recht günstig ausnimmt und sich z. B. auf „Sand“ und „Lehm“ absolut an zweiter Stelle klassiert.

Auf „Torf“ besitzt sie die kleinste Wurzelmasse von allen Sorten, bei einem äußerst kleinen Grobwurzelanteil, wodurch maximal ungünstige $\frac{T}{W}$ - und $\frac{T}{W+St}$ -Verhältnisse zustande kommen. Ferner entfällt hier vom gesamten unterirdischen Pflanzen- teil mehr Masse auf den Steckling als auf die Wurzeln. Der Niederungsmoorboden wird also ausgesprochen schlecht ertragen. Ganz anders auf „Sand“, wo die Wurzelmasse den gleichen relativ kleinen Abfall verzeichnet wie die hier beste Sorte (03.3) und sich damit absolut an zweiter Stelle klassiert, bei günstigen $\frac{T}{W}$ - und $\frac{T}{W+St}$ -Verhältnissen. An Feinwurzelmasse übertrifft sie sogar die übrigen Sorten.

In Übereinstimmung mit der praktischen Anbauerfahrung zeigt diese Sorte damit eine gewisse spezifische Anpassungsfähigkeit auf dem trockenen „Sand“, welche nicht allein auf die rasche Jugendentwicklung zurückgeführt werden kann. Übrigens weist auch HURF (2) der cv. *Robusta* leichte und etwas trockene Böden als die noch relativ günstigsten, nicht optimalen Standorte zu.

03.3: Bereits im Durchschnitt aller Böden zeigt sich das gute Wurzelbildungsvermögen dieser Sorte, indem alle unterirdischen Organe (Steckling, Grob- und Feinwurzeln) die größte Masse aufweisen. Im Verhältnis zur Stecklingsmasse wird dabei im Gesamtdurchschnitt mehr Wurzelmasse erzeugt als bei allen anderen Sorten. Infolgedessen liegen die Trieb-Wurzelverhältnisse sehr günstig. Im Unterschied zu den übrigen Sorten erreichen Wurzel und Trieb auf „Torf“ und nicht auf „Pappelboden“ ihre größte Masse. Wenn auch der Unterschied nicht signifikant ist, wird dadurch doch die große Anpassungsfähigkeit dieser Sorte aufgezeigt. Mit dem größten Fein- und Grobwurzelgewicht steht die Wurzel auf „Torf“ auch absolut an der Spitze. Auf „Sand“ und „Lehm“ ist der Abfall der Trieb- und Wurzelmasse ebenfalls nur relativ gering. Auf „Sand“ wird bei günstigem $\frac{T}{W}$ - bzw. $\frac{T}{W+St}$ -Verhältnis sogar die größte Trieb- und Wurzelmasse von allen Sorten und im Verhältnis zur Stecklingsmasse auch am meisten Wurzelmasse erzeugt. Letzteres gilt auch für „Lehm“, wo die Wurzelmasse zudem die zweitgrößte Masse, sowie das günstigste $\frac{T}{W}$ -Verhältnis besitzt.

Das Verhalten dieser Sorte läßt in jeder Beziehung eine ausgeprägte Anpassungsfähigkeit erkennen, was übrigens auch aus

anderen Versuchen hervorgeht. Im praktischen Anbau erweist sich die Yvonand-Pappel insbesondere als sehr zuverlässig und gilt als eine der besten Sorten unseres Schweizer Sortiments.

20.64: Mit der kleinsten Trieb- sowie unterirdischen Masse ($W+St$) und der zweitkleinsten Wurzelmasse ist diese Sorte auf dem optimalen „Pappelboden“ als ausgesprochen schlecht zu beurteilen. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch im Durchschnitt aller Böden. Auf dem „Lehm“ hingegen übertrifft sie in diesen Merkmalen alle anderen Sorten ganz beträchtlich und erweist sich zudem durch den weitaus kleinsten Massenabfall gegenüber auf „Pappelboden“ als besonders anpassungsfähig auf diesem Boden. Während bei den übrigen Sorten die Wurzelmasse auf „Sand“ stets absolut größer ist als auf „Lehm“, besitzt 20.64 als einzige Ausnahme auf beiden Böden gleich viel Wurzelmasse. Auf „Lehm“ besitzt die Wurzel auch mehr Fein- und Grobwurzelmasse als die anderen Sorten, wobei letztere sogar den auf „Sand“ erhaltenen Durchschnitt aller Sorten übertrifft.

Noch deutlicher als bei 01.1 oder 03.3 vermag damit der 2jährige Versuch hier einen Zusammenhang mit dem ökologischen Verhalten des auf Lias-Decklehm anscheinend besonders gut angepaßten Sorten-Altstammes nachzuweisen. Interessanterweise berichten auch SCHLENKER und KNAPP (8) von einem „*Marilandica*-Typ“, welcher sich auf strengem Opalinus-Ton besser hält als andere Klone.

Im Unterschied zu diesen drei Sorten sind bei den übrigen fünf keine derartigen Eigenschaften zu erkennen, die sich mit einer, den Sorten-Altstämmen zugesprochenen speziellen standörtlichen Eignung in auffälligen Zusammenhang bringen ließen.

Die auf „Pappelboden“ sehr wüchsige Sorte 20.39 fällt auf „Sand“ und „Lehm“ so stark zurück, daß Trieb- und Wurzelmasse hier auch absolut nur mäßige Leistungen aufweisen. Eine gewisse Anpassungsfähigkeit zeigt sie dagegen auf „Torf“, wo sich die Wurzelmasse bei kleinem Abfall gegenüber auf „Pappelboden“ an zweiter Stelle und die Triebmasse sogar an erster Stelle klassiert. Eine besondere Anpassung auf „Sand“ als Analogie zum Verhalten des Sorten-Altstammes ist also nicht ersichtlich.

Die auf „Pappelboden“ ebenfalls gut wüchsige 20.74 c fällt auf „Sand“ und „Lehm“ sehr stark zurück und erzeugt hier die kleinsten Wurzelmassen von allen Sorten und nur sehr kleine Triebmassen. Für „Lehm“, den sie auf Grund der praktischen Sortenempfehlung besonders gut ertragen sollte, erweist sie sich als extrem empfindlich, denn sie besitzt hier die kleinste Wurzelmasse des ganzen Versuches und praktisch keine Grobwurzeln.

Entsprechend ist auch das $\frac{T}{W}$ -Verhältnis maximal ungünstig. Eine gewisse Besserstellung erreicht sie ebenfalls auf „Torf“, wenn auch nicht so ausgeprägt wie die 20.39.

Ebenso wüchsig auf „Pappelboden“, sinkt 20.36 auf allen nicht optimalen Böden stark ab und läßt hier auch absolut kein besonderes Verhalten erkennen.

Die Sorten 20.72 und 04.4 schließlich zeichnen sich weder durch ihre Wüchsigkeit im Optimum noch durch irgendwelche besondere Anpassungseigenschaften auf den nicht optimalen Böden aus. Sie können als Beispiele dafür gelten, daß aus mäßiger Leistungen unter optimalen Bedingungen nicht unbedingt auf eine gute Anpassungsfähigkeit für ungünstige Verhältnisse geschlossen werden kann.

Wie schon aus der Zusammenstellung auf Seite 99 hervorgeht, sind auf den einzelnen Böden nicht alle Sortenunterschiede signifikant, so daß anzunehmen ist, daß manche der im kurzfristigen Versuch erhaltenen Relationen zwischen einzelnen Sorten nicht erhalten bleiben, sondern sich später verschieben werden. Deutlich zeichnen sich dagegen die Sorten 20.64, 03.3 und 01.1 ab, welche auf nicht optimalen Böden eine besondere Adaption anzeigen, indem sie dort, wo sie die jeweils relativ beste Leistung zeigen, auch bedeutend mehr signifikante Durchschnittsdifferenzen aufweisen als die anderen. Für alle Merkmale zusammen ergeben sich dabei die folgenden Häufigkeiten gesicherter Unterschiede zu anderen Sorten:

20.64 auf „Lehm“:	15
03.3 auf „Torf“:	10
01.1 auf „Sand“:	9
03.3 auf „Sand“:	6

In zahlreichen weiteren Fällen unterscheiden sich diese Sorten von anderen zudem nur knapp nicht, was ihre Sonderstellung zumindest als Tendenz noch unterstreicht.

Zusammenfassung und Folgerung

Der im Sinne eines Frühtestes angelegte Modellversuch läßt bereits nach zwei Jahren für einzelne Sorten ein den Anpassungseigenschaften ihrer Altstämme analoges ökologisches Verhalten erkennen, so daß die anfangs gestellte Versuchsfrage grundsätzlich positiv beantwortet werden kann. Trotzdem liegt aber der ökologische Schwerpunkt für alle Sorten im optimalen Bereich, womit die Auffassung von LÜCKE (4) mindestens in dieser Frage bestätigt wird. Indessen besitzt dieser Schwerpunkt hier nicht für alle Sorten ein gleiches Gewicht, was sich darin äußert, daß einzelne Sorten auch unter weniger günstigen Bedingungen mehr leisten als andere und auch auf Grund bestimmter Merkmale ökologisch plastischer, also primitiver erscheinen. Eine besonders ausgeprägte Anpassungsfähigkeit besteht aber anscheinend auf Kosten der absoluten Leistungsfähigkeit bei optimalen Verhältnissen, wo die plastischen Sorten den hier „enger“ angepaßten, spezialisierteren Sorten unterlegen sind. Andererseits kann aus einer geringen Wuchsleistung im Optimum nicht einfach auf eine größere Plastizität geschlossen werden.

Im Hinblick auf die züchterische Auslese neuer Pappelsorten erscheinen die vorliegenden Ergebnisse vor allem durch den Hinweis auf die grundsätzliche Möglichkeit ermutigend, besonders ausgeprägte Anpassungseigenschaften für nicht optimale Bodenverhältnisse bereits am Verhalten junger Pappelpflanzen erkennen zu können.

Summary

Title of the paper: *A growth pattern experiment to study the specific suitability of Poplar Varieties on sub-optimal soils.*

This growth pattern experiment was planned in the sense of an early test. Ecological behavior can be realized with single varieties analogous to the adaptive characters of their mother trees at an age of two years. For this reason it is possible to answer the experimental question. The ecological emphasis of all varieties is on favourable conditions (this verifies LÜCKE's opinion, 1951, concerning this question). Moreover, this character is not equally important in all varieties. Several varieties are more productive and show more ecological plasticity than others under less good conditions; and they have certain special characteristics, i. e. they look more primitive. It seems that specially good adaptability reduces productivity under the very best conditions, where the plastic varieties are behind the better accommodated specialized varieties.

On the other hand it must not be concluded that higher plasticity absolutely depends on poor growth under the best conditions.

In the selection of new poplar varieties the present results are encouraging as especially strong marked attributes of adaptability can be noticed in the behavior of young poplar plants under the best soil conditions.

Résumé

Titre de l'article: *Modèle expérimental pour étudier, d'après la croissance, le comportement de diverses variétés de peupliers sur des sols de qualité inférieure à l'optimum.*

Ce modèle expérimental est établi sur le type d'un test précoce. Le comportement écologique de chaque variété peut être relié, dès l'âge de 2 ans, au caractère adaptatif de leurs arbres mères. Il est donc possible de résoudre le problème expérimental. Pour toutes les variétés, l'optimum correspond aux conditions favorables (cela vérifie l'opinion de LÜCKE — 1951 — sur ce point), de plus, ce caractère varie suivant les variétés. Plusieurs variétés sont plus productives et manifestent une plus grande plasticité écologique que d'autres en conditions médiocres; elles ont certains caractères spéciaux: elles paraissent plus primitives. Il semble qu'une très bonne adaptabilité réduit la production dans les meilleures conditions: dans ce cas, les variétés plastiques sont inférieures aux variétés spécialement adaptées à ces bonnes conditions, mais il ne faut pas conclure qu'une plasticité plus élevée est liée absolument à une croissance faible dans de meilleures conditions.

Ces résultats sont encourageants en ce qui concerne la sélection de nouvelles variétés de peupliers: des caractères fortement marqués d'adaptabilité peuvent être relevés dans le comportement des jeunes peupliers dans les meilleures conditions de sol.

Literatur

- (1) BARNER, J.: Waldbauliche und forstbotanische Grundlagen zur Frage des Anbaus trockenresistenter Pappeln auf grundwasser-geschädigten Standorten. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br. 42, Heft 1 (1952). — (2) HILF, H. H.: Standortsansprüche von Pappelsorten. Allg. Forstztzsch. II, 348—349 (1956). — (3) LE ROY, H. L.: Zwei bekannte statistische Prüfverfahren im Lichte neuer Erkenntnis. Schweiz. Landwirtsch. Monatshefte Nr. 6, 1956. — (4) LÜCKE, H.: Pappel-Pflanzenzucht und -anbau. Hannover 1951. — (5) MÜLLER, R.: Die Gewichtsverhältnisse bei Pappelpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelmasse. Pappelwirtschaft, Heft 3, 1952. — (6) POLSTER, H.: Transpirationsintensität und Wasserbedarf von Pappelklonen. Beitr. Pappelforsch. II, Berlin 1957. — (7) RÖHRIG, E.: Untersuchungen über das Jugendwachstum von Schwarzpappelhybriden auf verschiedenen Standorten. Silvae Genetica 8, 24—30 (1959). — (8) SCHLENKER, G., und KNAPP, W.: Zur Frage des Pappelanbaus auf grundwasserfreien, schweren Böden. Allg. Forstztzsch. 8, 410—412 (1953).