

# Über die Beastungsverhältnisse von 1jährigen Baumschulpflanzen der 16 Wirtschaftspappel-Altsorten

Von E. SAUER

(Eingegangen am 1. 8. 1959)

## Einleitung

Nachdem MÜLLER (1958, 1959) eine eingehende morphologische Beschreibung der Baumschulpflanzen der 16 Wirtschaftspappel-Altsorten gegeben hat, ist es erstrebenswert, die Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten bezüglich gewisser Merkmale so genau wie irgend möglich zu untersuchen. Für die Beastungsverhältnisse finden sich Angaben bei den Beschreibungen der einzelnen Sorten von MÜLLER (1958, 1959) und bei MÜLLER und SAUER (1958).

Die vorliegende Untersuchung dient nicht nur dem Zweck, die Sortenunterschiede schärfer herauszuarbeiten, obwohl eine eingehende Bearbeitung im Hinblick auf die zukünftige Vermehrung der Sortenzahl durch die Züchtung und die damit notwendig werdende Verfeinerung der Unterscheidungsmethoden gerechtfertigt ist, sondern es soll auch versucht werden, von den oft recht subjektiv gestimmten qualitativen Bezeichnungen, wie breit, schmal, armästig, breitästig usw., zu quantitativ faßbaren Maßen zu kommen, die genauere Vergleiche gestatten.

Für Analysen von Nachkommenschaften genügen dehnbare qualitative Merkmalsbezeichnungen nicht. Bei der Beastung kommen die Merkmale ferner durch das Wechselspiel einer ganzen Reihe von Einzelfaktoren zustande. Für genetische Untersuchungen muß der Versuch gemacht werden, die bedingenden Faktoren eines Merkmals zu erkennen und ihre Wirkungen voneinander zu scheiden.

Für die praktische Auslesearbeit interessiert die Frage, ob Korrelationen zwischen den Merkmalen der Baumschulpflanzen und denen des hiebreifen Baumes bestehen. Daß ein Zusammenhang zwischen dem Habitus der Pflanze in den ersten Lebensjahren und der Kronenform des älteren Baumes vorhanden ist, kann wohl erwartet werden. In welchem Maße dies der Fall ist, muß erst die eingehende Beobachtung zeigen.

Die hier vorliegenden Untersuchungen stellen einen ersten Versuch dar. Bei den außerordentlich komplizierten Zusammenhängen ist eine große Menge einwandfrei aufgewachsenen Pflanzenmaterials notwendig, dessen Messung eine längere Zeit in Anspruch nehmen dürfte. Die Verarbeitung der gewonnenen Meßwerte ließe sich dann wohl nur mit Hilfe elektronischer Rechner bewältigen.

Die hier versuchsweise angewandten statistischen Verfahren beruhen auf einer Reihe von Voraussetzungen, die nicht in jedem Falle als erfüllt gelten können. Die gewonnenen Ergebnisse sind daher kritisch zu betrachten. Bei einer Reihe von Vergleichen ist der Aussagewert des angewandten Signifikanztestes nicht vorbehaltlos. In einigen Fällen wurde auf die Prüfung der Überschreitungswahrscheinlichkeit ganz verzichtet. Es bewahrt sich die Erfahrung, daß zur Erlangung eines ersten Überblickes summarische graphische Darstellungen oft genügend deutliche Einblicke geben und die aufwendigen statistischen Rechenverfahren erst dann lohnen, wenn genügend Beob-

achtungsmaterial vorliegt und sie infolge sehr feiner Unterschiede benötigt werden.

Herrn Landforstmeister Dr. MÜLLER, Brühl, gebührt mein aufrichtiger Dank für die Erlaubnis, die Messungen am Material seines Institutes vornehmen zu dürfen, und für die Stellung einer Hilfskraft während der Messungen.

## Methodik

Die Messungen wurden nach Vegetationsabschluß im Herbst des Jahres 1957 im Hasenbuschgarten, dem Anzuchtgarten des Institutes für Pappelwirtschaft des Deutschen Pappelvereins und Lignikultur e. V., Leiter Landforstmeister MÜLLER, Brühl, durchgeführt. Gemessen wurden je drei Pflanzen der Sorten:

- |     |                |                          |
|-----|----------------|--------------------------|
| 1.  | P.euramericana | 'brabantica'             |
| 2.  | "              | 'Drömling'               |
| 3.  | "              | 'Eckhof'                 |
| 4.  | "              | 'Eukalyptus'             |
| 5.  | "              | 'Flachslanden'           |
| 6.  | "              | 'Forndorf'               |
| 7.  | "              | 'gelrica'                |
| 8.  | "              | 'grandis'                |
| 9.  | "              | 'Leipzig'                |
| 10. | "              | 'Löns'                   |
| 11. | "              | 'marilandica'            |
| 12. | "              | 'missouriensis Holland'  |
| 13. | "              | 'Neupotz'                |
| 14. | "              | 'regenerata Deutschland' |
| 15. | "              | 'robusta'                |
| 16. | "              | 'serotina'               |

Die drei Pflanzen einer Sorte stammten jeweils aus einer Reihe. Sie wurden willkürlich herausgegriffen, wobei beschädigte Pflanzen, je zwei Pflanzen am Anfang und Ende der Reihe und Pflanzen in unmittelbarer Nachbarschaft einer Fehlstelle ausgeschlossen wurden. Der Pflanzverband betrug 90 bis 100 cm Reihenstand und 40 cm Pflanzenabstand in der Reihe.

Gemessen wurden die Pflanzenhöhe, die Astzahl, ferner Astansatzhöhe, Abstand der Astspitze von der Insertionsstelle und der kürzeste Abstand der Astspitze vom Schaft. Für diese Maße werden im folgenden die Bezeichnungen: Astansatzhöhe, Astlänge und Astabstand gebraucht. Es ist zu beachten, daß die eigentliche Länge eines Astes größer ist als die gemessene, hier als Astlänge bezeichnete Streck zwischen Astansatz und Astspitze, da die Äste meist gebogen sind.

Es wurde versucht festzustellen, inwieweit die einzelnen Merkmale eigenständig sind oder ob sie voneinander abhängen und ob in den Beziehungen der Merkmale untereinander sorteneigene Unterschiede bestehen. Hierzu wurde die Korrektur der Merkmalsvarianzen durch die Kovarianzanalyse und die Berechnung von Regressionen angewandt. Die Rechnungen wurden während der Wintermonate 1957/58 und 1958/59 mit einer Tischrechenmaschine „Archimedes“ durchgeführt.

### Astzahl

Die Feststellung der mittleren Astzahl der einjährigen Pflanzen einer Sorte durch Messung und Mittelung der Werte allein führt zu verzerrten Ergebnissen. Die Astzahl wird zu einem großen Teil durch die Standweite und die Pflanzengröße bestimmt. Über die Quantität der Wirkung der Standweite auf die Astzahl bei den einzelnen Sorten bestehen bisher kaum Vorstellungen. Die Feststellung, daß die Astzahl um so höher ist, je freier die Pflanze steht, ist banal. Ebenso banal ist die Feststellung, daß größere Pflanzen mehr Äste haben als kleinere. Die Pflanzengröße selbst ist aber sortenbedingt. Hierdurch muß die Varianz der Astzahl in zwei Komponenten zerlegt werden, eine, die durch die Pflanzengröße verursacht wird und eine andere, selbständige. Um zu prüfen, ob selbständige Sortenunterschiede vorhanden sind, wurde mit der Kovarianzanalyse der Einfluß der Pflanzengröße auf die Varianz der Astzahl eliminiert. Voraussetzung dieses Verfahrens ist, daß in den gemessenen Intervallen Pflanzengröße und Astzahl durch eine annähernd lineare Regression miteinander verknüpft sind. Dies mag unterstellt sein. Ob diese Voraussetzung zutrifft, kann erst bei höheren Pflanzenzahlen pro Sorte geprüft werden.

Auch nach Ausschaltung der Pflanzengröße waren die Unterschiede in den Astzahlen zwischen den Sorten noch deutlich gesichert (Tab. 1).

Tabelle 1. — Kovarianzanalyse der Astzahl nach Ausschaltung des Einflusses der Pflanzengröße

	FG	Summenquadrate und Produktsumme			korrigierte SQ Astzahl	FG	s <sup>2</sup>
		Astzahl	Astzahl x Pflanzengröße	Pflanzengröße			
Gesamt Sorten	47 15	4477,81 3381,81	7129,63 6073,94	34305,92 31440,59	2996,10	46	
Innerhalb Sorten (Fehler)	32	1096,00	1055,67	2865,33	707,06	31	22,81
Korrigierte Sortenunterschiede					2289,04 F = 6,69 (F <sub>0,5%</sub> = 2,98)	15	152,60

Zur Aufstellung einer Rangliste der Sorten bezüglich der Astzahl ist eine Korrektur nach der Pflanzengröße notwendig. Als Bezugsgröße wurde die Durchschnittshöhe aller gemessener Pflanzen von 254,5 cm gewählt.

Drei Pflanzen pro Sorte reichen aber nicht aus, um die für die Korrekturen notwendigen sorteneigenen Regressionen zwischen Astzahl und Pflanzengröße genau genug zu bestimmen. Daß diese Regressionen aber voneinander unterschieden sind, konnte trotz des geringen Untersuchungsmaterials nachgewiesen werden (Tab. 2).

Tabelle 2. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den sorteneigenen Regressionen zwischen Astzahl und Pflanzengröße

		FG	s <sup>2</sup>
Abweichungen von der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten	707,06	31	
Summe der Abweichungen von den einzelnen Sortenregressionen (Fehler)	175,39	16	10,96
Varianz zwischen der Sortenregression	531,67 F = 3,23 (F <sub>2,5%</sub> = 2,79)	15	35,44

Um aber einen gewissen Einblick zu bekommen, wurde die Korrektur mittels des Regressionskoeffizienten der

Durchschnittsregression innerhalb der Sorten durchgeführt. Die Regressionsgleichung lautet:  $Y - 28,9 = 0,3684 (X - 254,5)$ . Im Durchschnitt aller Sorten nimmt also die Astzahl bei einer Vergrößerung der Pflanze um 10 cm um etwa 3,7 Äste zu.

Da bei reichstigen Sorten ein höherer, bei armastigen dagegen ein kleinerer sorteneigener Regressionskoeffizient zu erwarten ist, geben die errechneten korrigierten Werte nicht die Astzahl an, welche die betreffende Sorte haben würde, wenn sie die Größe von 254,5 cm erreicht, sondern die Werte sind Projektionen der gemessenen Zahlen auf die Mittelhöhe. Es ergeben sich Abweichungen von den tatsächlichen Verhältnissen, die um so größer sind, je mehr eines der beiden Merkmale vom Mittel abweicht. Tabelle 3 gibt über den Richtungssinn dieser Abweichungen Auskunft.

Tabelle 3. — Richtungssinn der Fehler der Werte in Tabelle 4

Pflanzengröße	Astzahl	
	größer als das Mittel	kleiner als das Mittel
kleiner als das Mittel	—	+
größer als das Mittel	+	—

Dennoch scheint die Reihenfolge der Sorten nach den korrigierten mittleren Astzahlen wesentlich eher den Tatsachen zu entsprechen als die der unkorrigierten mittleren Astzahlen (Tab. 4).

Tabelle 4. — Unkorrigierte und korrigierte mittlere Astzahl

Sorten	Mittlere Pflanzengröße		Mittlere Astzahl		korrigiert
	cm	Rang	unkorrigiert	Rang	
<i>grandis</i>	244,0	12	43,0	1	46,9
<i>Leipzig</i>	191,3	16	23,0	13	46,3
<i>marilandica</i>	218,3	15	25,3	10	38,6
<i>Neupotz</i>	262,7	8	39,7	2	36,6
<i>Flachslanden</i>	263,3	6	36,0	4	32,8
<i>Drömling</i>	254,0	9	31,7	6	31,9
<i>Forndorf</i>	253,3	10	30,7	7	31,1
<i>Eukalyptus</i>	280,0	2	39,3	3	29,9
<i>robusta</i>	263,0	7	30,0	9	26,9
<i>Eckhof</i>	274,3	5	33,0	5	25,7
<i>brabantica</i>	247,3	11	23,0	14	25,6
<i>regenerata D</i>	228,0	14	15,7	15	25,4
<i>gelrica</i>	274,0	4	24,7	11	17,5
<i>missouriensis H.</i>	279,7	3	23,3	12	14,1
<i>Löns</i>	297,7	1	30,7	8	11,1

Auch ist recht wahrscheinlich, daß aus den oben angegebenen Gründen die Sorte *missouriensis H* als zu armastig, die Sorte *Leipzig* als zu reichastig erscheint. Genauere Werte lassen sich erst erhalten, wenn die Zahl der untersuchten Pflanzen pro Sorte groß genug ist, um den sorteneigenen Regressionskoeffizient bestimmen zu können. Im großen und ganzen entspricht die Reihenfolge aber der Erfahrung (MÜLLER und SAUER 1958).

### Astansatzhöhe

Wie die Astzahl ist die mittlere Astansatzhöhe von der Pflanzengröße abhängig. Wie Tabelle 5 zeigt, lassen sich die Unterschiede in den mittleren Astansatzhöhen zwischen den Sorten aber nicht allein auf die Unterschiede in den Pflanzengrößen zurückführen.

Es interessiert die Frage, ob außer der Pflanzengröße die Astzahl noch einen eigenen unabhängigen Einfluß auf die mittlere Astansatzhöhe besitzt. Es zeigt sich aber, daß die doppelte Korrektur mittels zweifacher Kovarianzanalyse und Vergleich der Korrekturerhöhung mit dem Restfehler im F-Test keine Sicherung ergibt; innerhalb der Sorten

Tabelle 5. — Kovarianzanalyse der mittleren Astansatzhöhe nach Ausschaltung des Einflusses der Pflanzengröße

	FG	Summenquadrate und Produktsumme			korrigierte SQ Astzahl	FG	s <sup>2</sup>
		Astzahl	Astzahl x Pflanzengröße	Pflanzengröße			
Gesamt Sorten	47 15	20 866,65 18 881,81	17 309,15 15 977,25	34 305,92 31 440,59	12 133,27	46	
Innerhalb Sorten	32	1 984,84	2 865,33	1 331,90	1 365,73	31	44,06
Korrigierte Sortenunterschiede					10 767,54 F = 16,29 (F <sub>0,5%</sub> = 2,98)	15	717,84

Tabelle 6. — Prüfung auf Korrektur des Fehlers der nach der Pflanzengröße korrigierten mittleren Astansatzhöhe nach zusätzlicher Ausschaltung des Einflusses der Astzahl

	FG	s <sup>2</sup>
Fehlervarianz nach Korrektur	31	
bezgl. Pflanzengröße	1367,73	
bezgl. Pflanzengröße und Astzahl	1365,90	45,49
Varianz der Korrektur	0,83	1 0,83

besteht ein solcher Zusammenhang also nicht (Tab. 6). Man kann also folgern, daß innerhalb der Sorten der Zusammenhang der Astzahl mit der mittleren Astansatzhöhe durch den Zusammenhang zwischen Astzahl und Pflanzengröße erklärbar ist.

Anders ist es bei Betrachtung der Sortenmittel. Hier ließ sich ein deutlicher Einfluß der Astzahl auf die mittlere Astansatzhöhe nachweisen. Mit anderen Worten: reichastige Sorten neigen zur Ausbildung einer größeren mittleren Astansatzhöhe (Tab. 7).

Tabelle 7. — Prüfung auf Zusammenhang der Sortenmittel für Astzahl und mittlere Astansatzhöhe nach Ausschaltung der Pflanzengröße

Varianz zwischen den Sortenmitteln der mittleren Astansatzhöhe	FG	s <sup>2</sup>
korrigiert nach Pflanzengröße	14	
korrigiert nach Pflanzengröße und mittlerer Astzahl	13	462,09
Varianz der Korrektur	1	4 755,44
	F = 10,29 (F <sub>1%</sub> = 9,07)	

Eine Prüfung auf Unterschiede zwischen den sorteneigenen Regressionen zwischen mittlerer Astansatzhöhe und Pflanzengröße ergab keine Unterschiede (Tab. 8).

Tabelle 8. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den sorteneigenen Regressionen zwischen mittlerer Astansatzhöhe und Pflanzengröße

	FG	s <sup>2</sup>
Abweichung von der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten	31	
Summe der Abweichungen von den einzelnen Sortenregressionen (Fehler)	16	31,87
Varianz zwischen den Sortenregressionen	15	57,05
	F = 1,79 (F <sub>5%</sub> = 2,35)	

Dies bedeutet nicht, daß die Regressionen nicht sortenspezifisch sein könnten, es läßt sich mit dem geringen Beobachtungsmaterial nur noch nicht nachweisen. Die Korrek-

tur der Sortenmittel der mittleren Astansatzhöhe kann aber mit etwas besserem Gewissen mit dem Regressionskoeffizient der Regression mittlere Astansatzhöhe zu Pflanzengröße innerhalb der Sorten durchgeführt werden als die entsprechende Korrektur bei den Astzahlen. Die Regressionsgleichung lautet  $Y = 72,3 + 0,4648(X - 254,5)$ . Der Regressionskoeffizient besagt, daß im Durchschnitt aller Sorten die mittlere Astansatzhöhe um etwa 4,6 cm zunimmt, wenn die Pflanzengröße um 10 cm steigt.

Tabelle 9 gibt die unkorrigierten und korrigierten Werte für die mittlere Astansatzhöhe jeder Sorte. Die korrigierten Mittel, die sich nach Anwendung des DUNKAN-Tests nicht signifikant unterscheiden ließen, sind durch Längsstriche miteinander verbunden. Als Genauigkeitsgrenze wurde eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% gewählt.

Tabelle 9. — Unkorrigierte und nach der Pflanzengröße korrigierte mittlere Astansatzhöhen

Sorten	Unkorrigiert cm	Korrigiert cm
Eckhof	109,6	100,4
Eukalyptus	111,7	99,8
grandis	85,7	90,6
Flachslanden	84,3	80,2
Drömling	77,1	77,3
Leipzig	47,4	76,7
marilandica	58,8	75,6
Forndorf	69,9	70,5
Neupotz	73,7	69,9
brabantica	64,5	68,8
Löns	86,3	66,2
gelrica	73,6	64,5
serotina	54,4	60,5
robusta	64,4	60,3
missouriensis H.	60,2	48,5
regenerata D	34,8	47,1

Es heben sich mehrere Gruppen ab, von denen die Extremgruppen besonders weit von dem übrigen Feld getrennt erscheinen. Die Rangfolge der Tabelle 9 zeigt nur wenig Übereinstimmung mit der Rangfolge bezüglich des Auftretens von Mittelschaftzweigen bei mehrjährigen Pflanzen (MÜLLER und SAUER 1958). Mehrjährige Pflanzen bedürfen einer besonderen Untersuchung.

### Astlänge

Bei diesem Merkmal interessieren nicht nur die Mittelwerte einer Sorte, sondern auch die Verteilung der langen und kurzen Äste am Schaft. Es ist die Frage zu stellen: Ist die Astlänge in den einzelnen Schaftregionen voneinander verschieden und wie verhalten sich die Beziehungen zwischen Astlänge und Astansatzhöhe bei den einzelnen Sorten?

Die Korrektur der mittleren Astlängen nach der Pflanzengröße wurde wieder durchgeführt. Die einzelnen Sortenregressionen ließen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden (Tab. 10).

Tabelle 10. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den sorteneigenen Regressionen zwischen mittlerer Astlänge und Pflanzengröße

	FG	s <sup>2</sup>
Abweichung von der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten	31	
Summe der Abweichungen von den einzelnen Sortenregressionen (Fehler)	16	26,33
Varianz zwischen den Sortenregressionen	15	54,67
	F = 2,08 (F <sub>5%</sub> = 2,35)	

Die Durchschnittsregression innerhalb der Sorten lautet  $Y - 48,7 = 0,3125 (X - 254,5)$ .

Die Astlänge stellt ebenfalls ein selbständiges Sortenmerkmal dar, das sich nicht allein aus der unterschiedlichen Wuchshöhe der einzelnen Sorten erklären läßt (Tab. 11).

Tabelle 11. — Kovarianzanalyse zur Ausschaltung des Einflusses der Pflanzengröße auf die mittlere Astlänge

	FG	Summenquadrate und Produktsumme			Korrigierte SQ Astlänge	FG	s²
		Astlänge	Astlänge x Pflanzengröße	Pflanzengröße			
Gesamt Sorten	47 15	5 351,43 3 830,10	6 179,85 5 284,32	34 305,92 31 440,59	4 238,20	46	
Innerhalb Sorten	32	1 521,28	895,53	2 865,33	1 241,39	31	40,04
Korrigierte Sortenunterschiede					2 996,81	15	199,75
					F = 4,99 (F <sub>0,5%</sub> = 2,98)		

Auf Tabelle 12 sind die korrigierten und unkorrigierten Sortenmittel für die mittleren Astlängen nebst den gesicherten Unterschieden nach dem DUNKAN-Test für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% dargestellt.

Tabelle 12. — Unkorrigierte und nach der Pflanzengröße korrigierte mittlere Astlängen

Sorten	Unkorrigiert cm	Korrigiert cm
Neupotz	62,0	59,4
missouriensis H.	66,5	58,6
regenerata D	49,8	58,1
Leipzig	43,7	54,4
marilandica	42,7	54,0
Forndorf	52,2	52,6
serotina	47,9	52,0
Flachslanden	53,3	50,6
brabantica	47,2	49,5
Eckhof	55,4	49,2
Eukalyptus	56,6	48,6
Drömling	45,2	45,4
gelrica	49,9	43,8
robusta	45,6	42,9
grandis	31,9	35,2
Löns	38,6	25,1

Die Sortenunterschiede sind hier nicht so groß wie bei der mittleren Astansatzhöhe, doch läßt sich ebenfalls eine deutliche Gruppierung der Sorten erkennen.

Recht schwierig gestaltet die Herausarbeitung der Sortenunterschiede die Zusammenhänge zwischen Astlänge und Astansatzhöhe. Hier kann der Einfluß der Pflanzengröße nicht rechnerisch ausgeschaltet werden. Ein Zusammenwerfen der Maße der Äste aller drei Pflanzen einer Sorte verbietet sich, weil bei Sorten mit sehr unterschiedlich großen Pflanzen das Ergebnis ziemlich verfälscht werden könnte. Es wurden daher für jede einzelne Pflanze die Regressionskoeffizienten zwischen Astlänge und mittlerer Astansatzhöhe berechnet. In Tabelle 13 sind sie zusammen mit den unkorrigierten und den nach der Astansatzhöhe korrigierten Summenquadraten dargestellt. Ferner sind Astzahl und Pflanzengröße angegeben.

Die Werte der Regressionskoeffizienten schwanken innerhalb der Sorten recht beträchtlich. Dennoch werden Sortenunterschiede vermutet. Auffallend ist, daß die Schwankung zwischen den Regressionskoeffizienten innerhalb der schmalen Sorten *regenerata* und *missouriensis H* und bei den weitausladenden Sorten *Löns* und *serotina* am stärksten zu sein scheint. Ein Nachweis der Sortenunter-

Tabelle 13. — Unkorrigierte und vom Einfluß der Astansatzhöhe korrigierte SQ der Astlänge nebst Regressionskoeffizienten

Sorten	Astzahl	Höhe cm	Summenquadrate		Regressionskoeffizient
			unkorrigiert	korrigiert	
<i>brabantica</i>	19	230	6 372,66	4 657,36	—0,3110
	20	239	6 376,55	5 100,78	—0,2718
	30	273	14 767,20	11 641,64	—0,1946
<i>Drömling</i>	26	245	6 059,54	5 857,33	—0,0651
	34	256	12 613,13	10 583,91	—0,1031
	35	261	10 125,10	9 757,18	—0,0715
<i>Eckhof</i>	28	265	11 000,96	8 221,26	—0,1682
	36	278	22 608,75	10 200,96	—0,3223
	35	280	19 123,97	6 887,91	—0,3275
<i>Eukalyptus</i>	29	273	14 171,05	10 639,92	—0,3173
	39	280	22 838,74	12 044,09	—0,2649
	50	287	14 571,88	11 631,87	—0,1383
<i>Flachslanden</i>	35	262	11 762,39	9 719,79	—0,1323
	35	264	30 285,10	18 705,11	—0,3210
	38	264	10 953,82	8 313,74	—0,1497
<i>Forndorf</i>	29	249	5 150,81	3 196,51	—0,2013
	30	254	14 318,47	7 789,95	—0,3558
	33	257	12 569,73	7 045,34	—0,3829
<i>gelrica</i>	23	258	9 222,96	6 834,90	—0,2488
	25	281	6 451,36	6 449,49	—0,0060
	26	283	7 803,01	5 943,76	—0,1940
<i>grandis</i>	40	244	3 716,28	2 868,75	—0,0982
	41	244	9 872,76	4 309,63	—0,2047
	48	244	8 240,25	5 431,88	—0,1630
<i>Leipzig</i>	24	189	4 419,50	3 830,88	—0,2333
	21	190	3 802,95	3 433,01	—0,2151
	24	195	3 967,49	3 382,57	—0,2088
<i>Löns</i>	19	282	3 573,67	3 364,26	+0,1231
	33	301	8 902,00	8 452,90	—0,0596
	40	310	19 260,44	16 427,82	—0,1347
<i>marilandica</i>	19	212	7 542,18	6 159,20	—0,2888
	33	220	12 866,05	11 247,92	—0,1701
	24	223	4 335,83	3 439,17	—0,2249
<i>missouriensis H</i>	23	272	8 389,31	6 575,21	—0,3371
	22	280	7 877,83	7 857,54	+0,0446
	25	287	15 778,40	12 193,03	—0,2394
<i>Neupotz</i>	37	257	17 693,30	11 317,84	—0,2336
	52	263	25 344,98	9 682,53	—0,3525
	30	268	13 688,30	13 345,05	—0,2871
<i>regenerata D</i>	12	220	4 081,42	4 031,58	—0,1727
	16	227	5 219,36	2 202,90	+0,6807
	19	237	8 298,68	7 926,68	—0,2607
<i>robusta</i>	29	255	5 599,45	4 618,94	—0,1217
	28	260	8 681,43	7 225,37	—0,2464
	33	275	21 078,73	19 873,19	—0,1454
<i>serotina</i>	21	239	14 695,29	9 583,41	—0,5049
	16	240	7 215,44	4 881,72	—0,3137
	14	245	2 928,86	2 887,88	+0,0802

schiede dürfte aber erst nach Bearbeitung eines umfangreicheren Untersuchungsmaterials möglich sein.

Astabstand

Die Abstände der Zweigspitzen vom Schaft sind ein Maß für die Breite des Pflanzenaufbaus. Auch hier wurde der Einfluß der Pflanzengröße beim Vergleich der mittleren Abstände rechnerisch ausgeglichen. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Sortenregressionen war nicht nachzuweisen (Tab. 14).

Tabelle 14. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den sorteneigenen Regressionen zwischen mittlerem Abstabstand und Pflanzengröße

	FG	s²
Abweichungen von der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten	232,30	31
Summe der Abweichungen von den Sortenregressionen (Fehler)	163,72	16
Varianz zwischen den Sortenregressionen	68,58	15

Die Varianz zwischen den Sortenregressionen ist geringer als die Fehlervarianz, so daß sich der F-Test erübrigt.

Die Regressionsgleichung der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten lautet:  $Y - 26,2 = 0,1903 (X - 254,5)$ .

Tabelle 15 zeigt die Kovarianzanalyse zur Prüfung der Unterschiede zwischen den nach der Pflanzengröße korrigierten mittleren Astabständen der einzelnen Sorten.

Tabelle 15. — Kovarianzanalyse zur Ausschaltung des Einflusses der Pflanzengröße auf die mittleren Astabstände

	FG	Summenquadrate und Produktsumme			Korrigierter SQ Astabstand	FG	s <sup>2</sup>
		Ast-abstand	Ast-abstand x Pflanzengröße	Pflanzengröße			
Gesamt Sorten	47 15	1 336,35 1 000,24	3 249,99 2 704,59	34 305,92 31 440,59	1 028,46	46	
Innerhalb Sorten	32	336,11	545,40	2 865,33	232,31	31	7,49
Korrigierte Sortenunterschiede					796,16	15	53,08
F = 7,09 (F <sub>0,5%</sub> = 2,98)							

Die nur nach der Pflanzengröße korrigierten mittleren Astabstände geben zwar die wirkliche mittlere Breite einer Sorte an, sagen aber nichts über die Steilheit der Äste. Die mittlere Beastungsbreite ist ja nicht nur von der Pflanzengröße sondern vor allen Dingen auch der mittleren Astlänge abhängig. Nach Korrektur des mittleren Astabstandes bezüglich der mittleren Astlänge ergeben sich Werte, die als Maße für die Steilstellung der Äste gewertet werden können. Es ist auch die Frage zu beantworten, ob die Sortenunterschiede in den mittleren Astlängen nicht für die unterschiedlichen mittleren Astabstände verantwortlich gemacht werden müssen. Hierzu ist eine doppelte Korrektur notwendig. Die doppelt korrigierten Werte sind aber kritisch zu betrachten, weil bei einem Beobachtungsmaterial von nur drei Pflanzen pro Sorte für die Regressionen innerhalb der Sorten keine Freiheitsgrade mehr übrig bleiben. Dennoch wurde eine doppelte Korrektur der Sortenmittel durchgeführt. Dabei wurde unterstellt, daß die doppelten Regressionen innerhalb der Sorten dieselben sind. Die Reihenfolge der Sorten zeigt aber, daß diese Unterstellung wohl nicht zulässig ist. Während sie für einige Sorten der Erfahrung entspricht, ist der Platz der Sorte *Löns* mit Sicherheit zu sehr in Richtung der schmalen Sorten, derjenige der Sorte *regenerata* dagegen in Richtung der breiten Sorten verschoben. Den tatsächlichen Verhältnissen besser entsprechende Werte lassen sich durch die Berechnung der Regressionen zwischen Astabstand, Astlänge und Astansatzhöhe bei jedem Baum nach Berücksichtigung der Einzelwerte aller Äste gewinnen.

In Tabelle 16 sind die unkorrigierten sowie die einfach nach der Pflanzengröße oder der mittleren Astlänge sowie die nach Pflanzengröße und mittlerer Astlänge doppelt korrigierten Werte der mittleren Astabstände dargestellt. Die Sorten sind dabei nach den einfach bezüglich der Pflanzengröße korrigierten mittleren Astabständen geordnet. Für diese Werte wurden auch die kritischen Differenzen nach dem DUNKAN-Test für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% errechnet und nicht unterscheidbare Sorten durch Längsstriche verbunden. Für die anderen Werte ist lediglich die Rangzahl angegeben.

Bei der Berechnung der Regressionen zwischen Astabstand, Astlänge und Astansatzhöhe bei Berücksichtigung der Wertetripel jeden Astes kann der Einfluß der Pflanzengröße, analog der entsprechenden Rechnung bei den

Tabelle 16. — Unkorrigierte, nach der Pflanzengröße korrigierte, nach der mittleren Astlänge und sowohl nach Pflanzengröße als auch mittlerer Astlänge doppelt korrigierte mittlere Astabstände

Sorten	Unkorrigiert cm	Einfach korrigiert		Rang	Doppelt korrigiert	
		Pflanzengröße cm	Astlänge cm		cm	Rang
<i>marilandica</i>	25,8	32,7	28,2	6	31,1	2
<i>Leipzig</i>	19,4	31,4	24,9	10	29,8	5
<i>Fornhof</i>	30,5	30,7	29,1	5	29,4	6
<i>brabantica</i>	29,2	30,6	29,8	4	30,4	3
<i>gelrica</i>	34,0	30,3	33,5	1	31,9	1
<i>Eukalyptus</i>	35,1	30,2	32,0	2	30,1	4
<i>serotina</i>	26,8	29,3	27,1	7	28,2	7
<i>regenerata D</i>	24,2	29,2	23,8	12	26,1	10
<i>Drömling</i>	26,5	26,5	27,9	8	27,7	8
<i>Neupotz</i>	26,8	25,2	21,5	15	21,4	13
<i>Eckhof</i>	28,6	24,8	25,9	9	24,5	12
<i>Flachslanden</i>	23,4	21,7	21,6	14	21,0	15
<i>Löns</i>	28,4	20,2	29,8	3	28,2	8
<i>grandis</i>	18,2	20,2	24,9	11	25,0	11
<i>robusta</i>	20,8	19,2	22,0	13	21,3	14
<i>missouriensis</i>						
<i>Holland</i>	22,5	17,7	15,4	16	14,1	16

Regressionen zwischen Astlänge und Astansatzhöhe, nicht ausgeschaltet werden.

Der Koeffizient der Regressionsgleichung zwischen Astabstand und Astlänge stellt ein mittleres Maß für die Steilheit der Äste bei den entsprechenden Bäumen dar. Dieser Koeffizient ist mit einem Fehler behaftet, der auf dem reinen Zusammenhang zwischen Astabstand und Astansatzhöhe beruht.

Es wurden zuerst die Regressionen zwischen Astabstand und Astlänge bei jedem einzelnen Baum berechnet. Darauf wurde geprüft, ob sich zwischen den Regressionen innerhalb der Sorten Unterschiede finden lassen. Hierzu wurde die Summe der Varianzen der Abstände von jeder Pflanze von der Summe der Varianzen der Abstände der von den Pflanzenmitteln bereinigten Sortenregressionen subtrahiert und die entstehende Differenz, welche die Summe der Varianzen zwischen den Pflanzenregressionen innerhalb der Sorten darstellt, im F-Test mit ersterer verglichen. Wie Tabelle 17 zeigt, sind die Regressionen zwischen Astabstand und Astlänge bei Pflanzen ein und derselben Sorte verschieden.

Tabelle 17. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den Pflanzenregressionen innerhalb der Sorten

	FG	s <sup>2</sup>
Summe der Varianzen der Abstände von den Pflanzenmitteln bereinigten Sortenregressionen	30 518,51	1 334
Summe der Varianzen der Abstände von den Pflanzenregressionen	29 322,39	1 302
Varianz zwischen den Pflanzenregressionen innerhalb der Sorten	1 196,13	32
	F = 1,66 (F <sub>2,5%</sub> = 1,65)	37,38

Hieraus ist zu ersehen, daß zur Untersuchung der sorteneigenen Steilheit der Äste mehrere Pflanzen herangezogen werden müssen.

Um Sortenunterschiede nachzuweisen, wurden die Werte der Astlänge und des Astabstandes der drei Pflanzen einer Sorte in einer Gruppe zusammengefaßt, in der Hoffnung, daß die Unterschiede zwischen den Pflanzen derselben Sorte gering genug seien, die Unterschiede zwischen den Sorten weder zu verwischen noch zu stark zu verfälschen. Wie Tabelle 18 zeigt, sind die Sortenunterschiede doch noch beträchtlich.

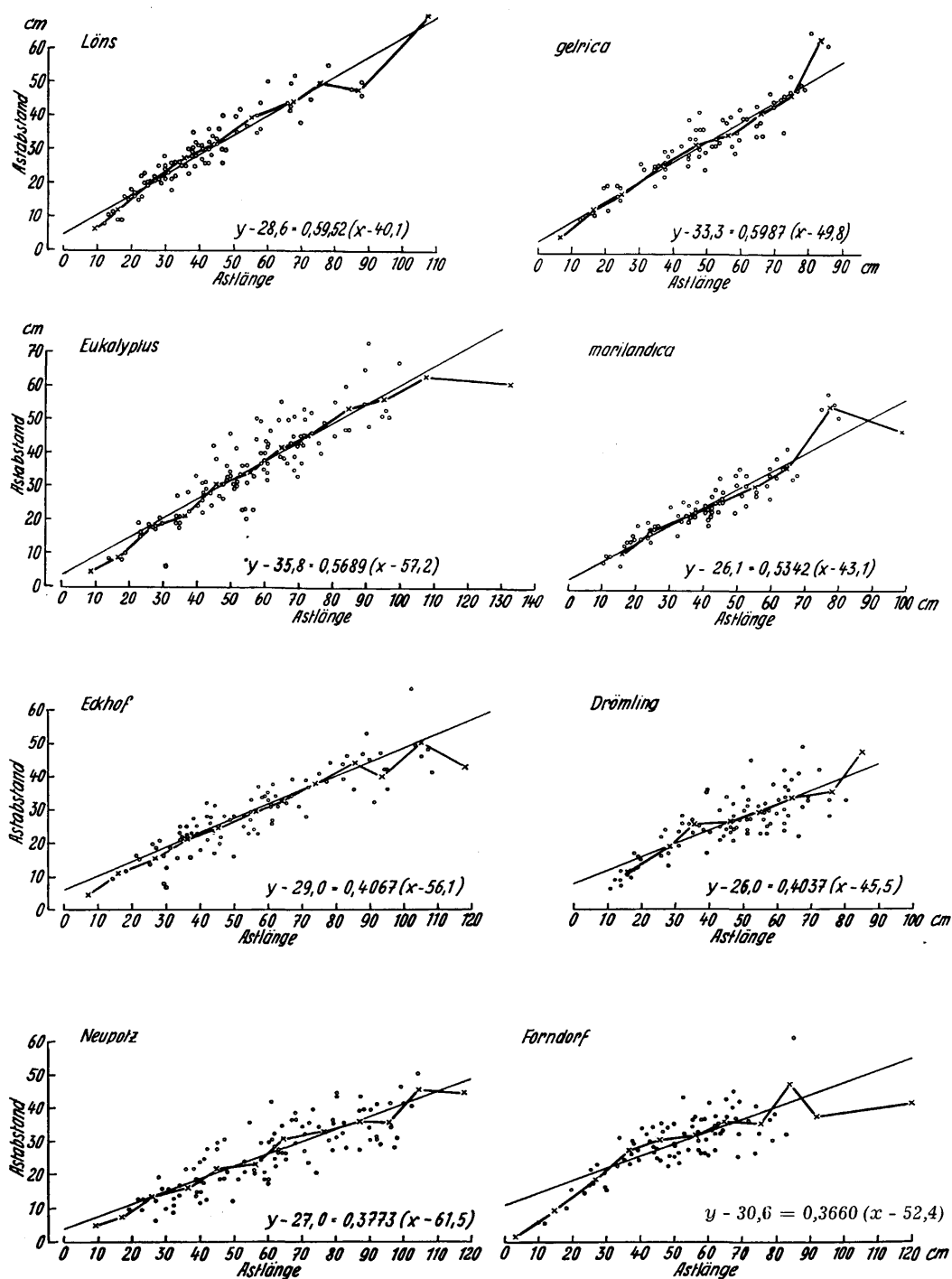


Abbildung 1. — Regressionen und Klassenmittelkurven zwischen Astlänge und Astabstand bei den einzelnen Sorten.

Tabelle 18. — Prüfung auf Unterschiede zwischen den Sortenregressionen (Astabstand zu Astlänge)

		FG	s <sup>2</sup>
Abweichungen von der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten	40 640,25	1 381	
Summe der Abweichungen von den Sortenregressionen	31 495,22	1 366	23,06
Varianz zwischen den Sortenregressionen	9 145,03	15	609,67
	F = 26,44***		
	(F <sub>0,5%</sub> = 2,19)		

Abbildung 1 zeigt für jede Sorte die Wertepaare und die Regressionsgerade. Ferner wurden die Mittel der Astlängenklassen mit einer Klassengröße von 10 cm einge-

tragen und durch eine Linie verbunden. Ihr Verlauf ist recht aufschlußreich. Sie läßt für einige Sorten in gewisser Weise die Form eines legenden S erkennen. Dies bedeutet daß der Zusammenhang zwischen den beiden Größen nicht bei allen Sorten als linear angesehen werden darf. Die möglichen Ursachen dieses Verhaltens seien später noch erörtert.

Die einfachen Regressionen zwischen Astabstand und Astansatzhöhe wurden nicht berechnet, weil hier der Zusammenhang zwischen Astlänge und Astansatzhöhe stören würde. Dafür wurden die Konstanten und Koeffizienten der doppelten Regressionen zwischen Astabstand, Astlänge und Astansatzhöhe bestimmt. Hier wurde verzichtet, eine

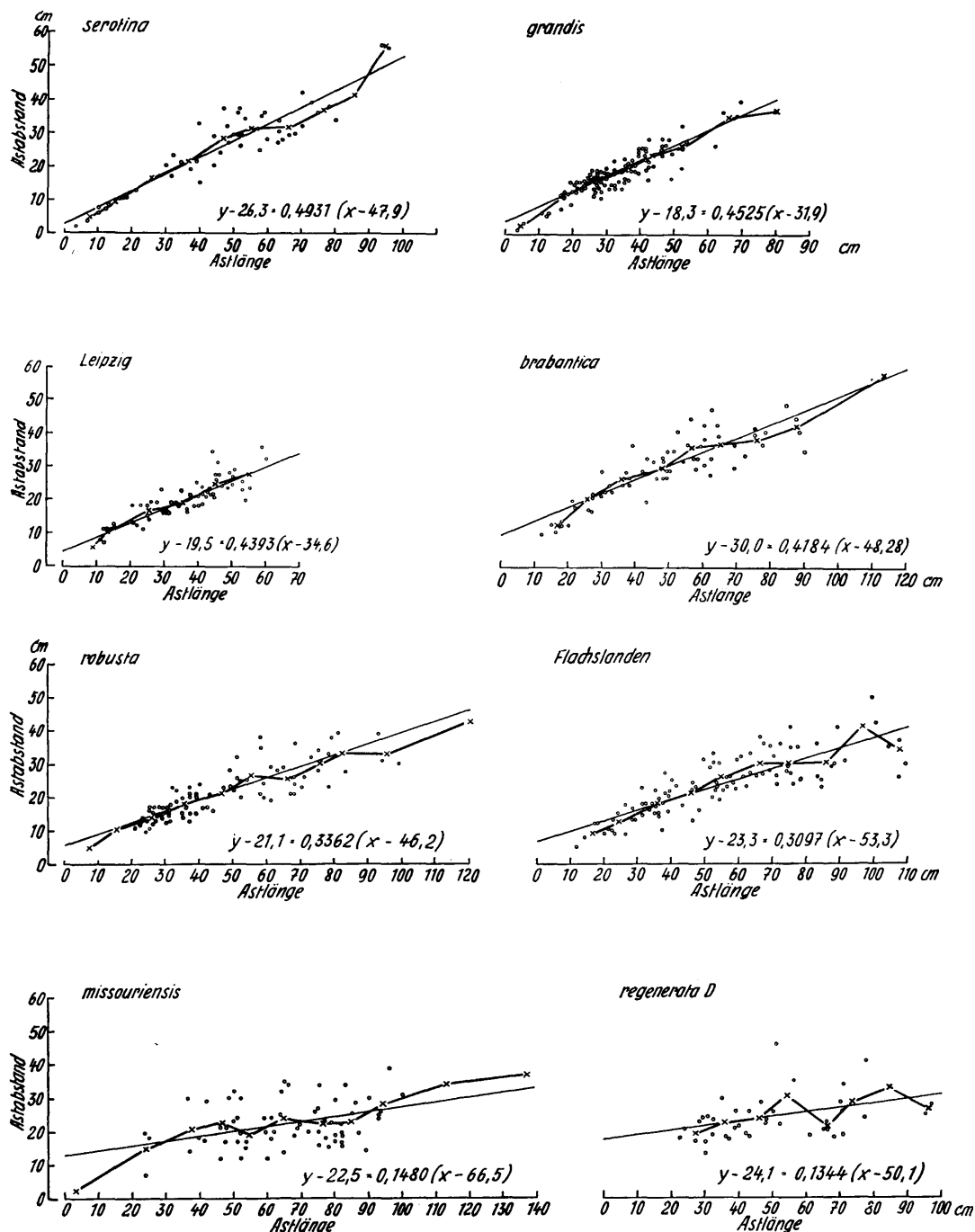


Abbildung 1. — Regressionen und Klassenmittelkurven zwischen Astlänge und Astabstand bei den einzelnen Sorten.

Prüfung auf Unterschiede zwischen den Sorten durchzuführen, da eine Zusammenfassung der Wertetripel der Pflanzen einer Sorte ohne Korrektur bezüglich der Pflanzengröße auf Schwierigkeiten stößt, da die Pflanzengröße doch einen starken Einfluß auf die Astansatzhöhe ausübt. Tabelle 19 zeigt die Werte der partiellen Regressionskoeffizienten für alle Pflanzen.

Der partielle Regressionskoeffizient bezüglich der Astansatzhöhe — nach Ausschaltung des Einflusses der Astlänge — gibt ein Maß für die Veränderung der Astabstände mit zunehmender Astansatzhöhe, ist also ein Ausdruck für die Veränderung der Steilheit der Äste beim Übergang von einer Schaftregion in die andere. Im allgemeinen ist bei allen Sorten eine steilere Asthaltung in den

oberen Schaftabschnitten festzustellen. Lediglich bei je einer Pflanze der Sorten *Löns*, *grandis* und *brabantica* ist ein positiver Regressionskoeffizient vorhanden. Bei der recht großen Streubreite der Schätzwerte hat dies aber wenig Bedeutung. Ob das Maß der stärkeren Aufrichtung der oberen Äste sorteneigentlich ist, werden erst Untersuchungen an umfangreichem Material zeigen können. Es hat allerdings den Anschein, als ob dies zuträfe. Bemerkenswert ist, daß Sorten, die ohnehin schon steilastig sind, wie *regenerata D* und *missouriensis H* mit steigender Astansatzhöhe ihre Äste relativ steiler aufrichten als die übrigen Sorten.

In Abbildung 2 sind Beastungsskizzen aller untersuchter Pflanzen dargestellt. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen,

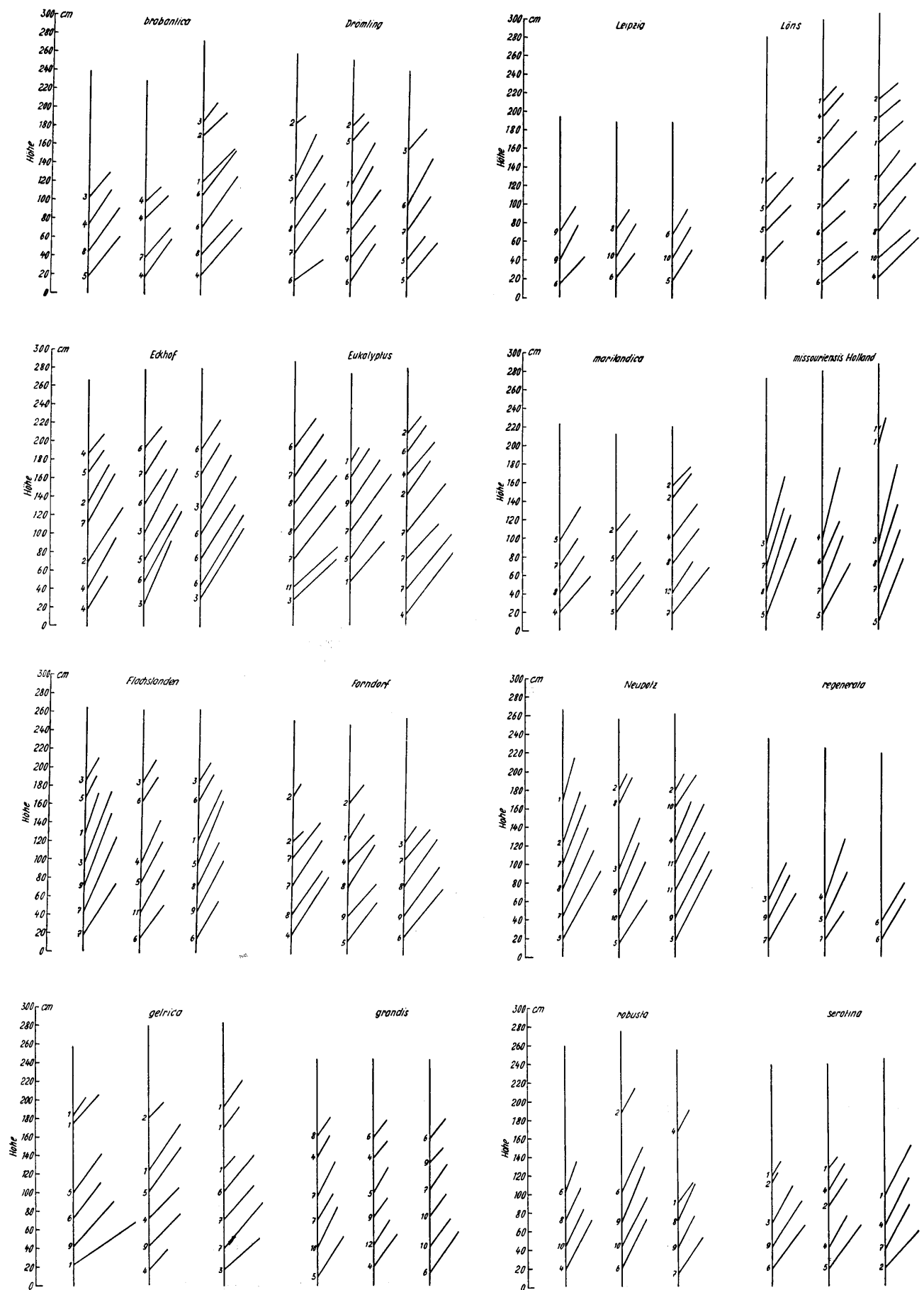


Abbildung 2. — Beastungsskizzen aller untersuchten Pflanzen. — Erklärung im Text.



Tabelle 19. — Partielle Regressionskoeffizienten der Abhängigkeit des Astabstandes von der Astlänge und der Astansatzhöhe

Sorten	Partielle Regressionskoeffizienten	
	für Astlänge	für Astansatzhöhe
Löns	+ 0,6318	+ 0,0566
	+ 0,6292	— 0,0308
	+ 0,5413	— 0,0543
gelrica	+ 0,5582	— 0,0593
	+ 0,5525	— 0,0511
	+ 0,5488	— 0,0328
marilandica	+ 0,5516	— 0,0026
	+ 0,5082	— 0,0189
	+ 0,4616	— 0,0682
Eukalyptus	+ 0,5411	— 0,0252
	+ 0,4979	— 0,0786
	+ 0,4213	— 0,0592
grandis	+ 0,5253	+ 0,0081
	+ 0,4989	— 0,0054
	+ 0,4017	— 0,0086
serotina	+ 0,4833	— 0,0356
	+ 0,4596	— 0,0936
	+ 0,3410	— 0,1214
Leipzig	+ 0,4328	— 0,0855
	+ 0,4019	— 0,0553
	+ 0,3674	— 0,0342
Drömling	+ 0,3867	— 0,0415
	+ 0,3740	— 0,0232
	+ 0,3587	— 0,0868
brabantica	+ 0,4553	+ 0,0029
	+ 0,3607	— 0,0436
	+ 0,2752	— 0,0944
Eckhof	+ 0,3907	— 0,0046
	+ 0,3407	— 0,0529
	+ 0,3041	— 0,0328
Neupotz	+ 0,3288	— 0,0380
	+ 0,3140	— 0,0305
	+ 0,3122	— 0,0951
robusta	+ 0,3595	— 0,0369
	+ 0,2715	— 0,0317
	+ 0,1966	— 0,0833
Flachslanden	+ 0,3018	— 0,0281
	+ 0,3005	— 0,0230
	+ 0,2140	— 0,0799
Forndorf	+ 0,3428	— 0,0869
	+ 0,2100	— 0,0915
	+ 0,0836	— 0,0723
missouriensis	+ 0,2679	— 0,1614
	+ 0,1141	— 0,1141
	+ 0,1269	— 0,0749
Holland	+ 0,2734	— 0,1552
	+ 0,0967	— 0,0187
	+ 0,0583	— 0,1889

wurden die Werte nach den Klassen (Klassenabstand 20 cm) der Astansatzhöhe zusammengefaßt und klassenweise gemittelt. Links neben den Abgangsstellen der schematischen Astsinnbilder gibt eine Ziffer die Zahl der Äste an, aus denen die Mittel gewonnen wurden, um einen Einblick in das Gewicht des betreffenden Astsinnbildes zu geben. Die einzelnen sorteneigenen Charakteristika der Beastung kommen so recht gut zum Ausdruck.

#### Kurze Charakteristik der einzelnen Sorten

##### Sehr breitastige Sorten:

1. *Löns*: Armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, Äste nach oben wenig kürzer werdend und nur kaum steiler gestellt. An kräftig entwickelten Pflanzen reichlich Oberschaftäste.
2. *gelrica*: Armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, mäßig kurzästig, Äste nach oben etwas kürzer werdend und etwas steiler gestellt. Einige Oberschaftäste.
3. *Eukalyptus*: Mäßig reichästig, hoher mittlerer Astansatz, mäßig kurzästig, Äste nach oben deutlich kür-

zer werdend und etwas steiler gestellt. Meist durchgehende Beastung.

4. *marilandica*: Reichästig, ziemlich hoher mittlerer Astansatz, ziemlich langästig, Äste nach oben etwas kürzer werdend und kaum steiler gestellt. Bei sehr kräftigen Pflanzen einige Oberschaftäste.
5. *serotina*: Ziemlich armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, Äste nach oben sehr uneinheitlich kürzer werdend, aber deutlich steiler gestellt. Wenig Oberschaftäste.

##### Mäßig breitastige Sorten:

6. *grandis*: Reichästig, hoher mittlerer Astansatz, sehr kurzästig, Äste im oberen Abschnitt des Mittelschaftes bis zum Beginn des Oberschaftes sehr gleichmäßig in Länge und Abstand, nach oben kaum steiler gestellt. Durchgehende Beastung.
7. *Leipzig*: Diese Sorte bedarf noch eingehenderer Untersuchung. Die Angaben sind daher mit großem Vorbehalt zu betrachten. Reichästig, ziemlich hoher mittlerer Astansatz, ziemlich langästig, Äste nach oben deutlich kürzer werdend und etwas steiler gestellt. Kaum Oberschaftäste.
8. *brabantica*: Ziemlich armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, langästig, Äste nach oben deutlich kürzer werdend und etwas steiler gestellt. Einige Oberschaftäste.
9. *Eckhof*: Ziemlich armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, mäßig langästig, Äste nach oben deutlich kürzer werdend, aber wenig steiler gestellt. Durchgehende Beastung.
10. *Drömling*: Mäßig reichästig, ziemlich hoher mittlerer Astansatz, mäßig kurzästig, Äste nach oben kaum kürzer werdend, aber etwas steiler gestellt. Mäßig viele Oberschaftäste.
11. *Forndorf*: Diese Sorte bedarf noch eingehenderer Untersuchung. Die Angaben sind daher mit großem Vorbehalt zu betrachten. Mäßig reichästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, ziemlich langästig, Äste nach oben deutlich kürzer werdend und deutlich steiler gestellt.

##### Ziemlich schmale Sorten:

12. *Neupotz*: Ziemlich reichästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, langästig, Äste nach oben deutlich kürzer werdend und etwas steiler gestellt. Viele Oberschaftäste.
13. *robusta*: Ziemlich armästig, mäßig hoher mittlerer Astansatz, ziemlich kurzästig, Äste nach oben im Mittel wenig kürzer werdend und etwas steiler gestellt. Mäßig viele Oberschaftäste.
14. *Flachslanden*: Ziemlich reichästig, ziemlich hoher mittlerer Astansatz, mäßig langästig, Äste nach oben etwas kürzer werdend und wenig steiler gestellt.

##### Sehr schmale Sorten:

15. *missouriensis Holland*: Armästig, niedriger mittlerer Astansatz, langästig, Äste nach oben sehr uneinheitlich, wohl aber meist deutlich kürzer werdend und viel steiler gestellt. An sehr kräftigen Pflanzen Oberschaftäste.
16. *regenerata Deutschland*: Ziemlich armästig, niedriger mittlerer Astansatz, langästig, Äste nach oben sehr uneinheitlich kürzer werdend, aber viel steiler gestellt. Kaum Oberschaftäste.

## Diskussion der Ergebnisse

Jede Merkmalsausprägung wird geformt durch das Zusammenspiel zwischen den genetisch verankerten klon-spezifischen Tendenzen und den Umwelteinflüssen. Bei den Beastungsverhältnissen erscheinen die Zusammenhänge besonders komplex zu sein. Im folgenden soll versucht werden, die Problematik der Beastungsbildung etwas zu analysieren. Es soll ferner kritisch beleuchtet werden, in wie weit die im vorhergehenden dargelegten Untersuchungen und ihre Ergebnisse zu Schlüssen berechtigen.

Die Astzahl der einjährigen Pflanze wird vom Genotypus her vorwiegend durch drei Faktorengruppen bestimmt: der Zahl der Knospen am Schaft pro Längeneinheit, die allgemeine Tendenz der Knospen zum Austreiben und die sortenspezifischen Tendenzen, auf bestimmte Umwelteinflüsse mit Austrieb oder Hinderung der Astbildung zu reagieren.

Die Knospendichte wird ebenfalls von den Umweltbedingungen stark beeinflusst. In Zeiten starken Wachstums werden die Internodien länger, die Knospendichte sinkt also. Der Wachstumsgang während der Vegetationsperiode ist aber von der jeweiligen Witterung abhängig, auf welche die einzelnen Sorten wiederum unterschiedlich zu reagieren scheinen. Dennoch ist anzunehmen, daß die Internodienlänge eine ziemlich konstante sortenbedingte Komponente enthält, so sind z. B. nach den bisherigen Beobachtungen die Internodien bei der Sorte *grandis* besonders kurz. Genaue Untersuchungen stehen allerdings noch aus.

Die allgemeine Tendenz der Knospen auszutreiben, ist bei den einzelnen Sorten — unabhängig von den Außen Umständen — sehr verschieden. Bekannt ist die Erscheinung, daß schwächere einjährige Pflanzen der Sorten *Löns*, *gelrica* oder *serotina* bisweilen keinen einzigen Ast besitzen, während die Pflanzen der Sorte *grandis*, auch wenn sie unter stärkerem Druck erwachsen und etwas schwächlich sind, Äste tragen.

Hierher gehört auch die Frage, wie die Beastung während des ungestörten Pflanzenwachstums vor sich geht. Es ist kaum anzunehmen, daß die Zahl der Äste bei allen Sorten vom Austrieb aus dem Steckling bis zum Abschluß im Herbst mit der Pflanzengröße linear zunimmt. Es ist zu vermuten, daß es eine gewisse Mindestgröße geben muß, ehe die ersten Äste gebildet werden können. Da wahrscheinlich die Astbildung durch Wuchsstoffe induziert wird, verlagert sich das Problem auf die Frage nach der Verteilung der Wuchsstoffe im Schaft und nach eventuell in den einzelnen Schaftregionen unterschiedlichen Wirksamkeitsschwellen. Auch ist nicht ausgeschlossen, daß Zucker- und Aminosäurenspiegel in den betreffenden Schaftabschnitten eine Rolle spielen.

Von Umwelteinflüssen, die auf die Austriebsfreudigkeit der Knospen einwirken, seien nur Verletzungen des Haupttriebes, Versorgungsschwierigkeiten mit Wasser oder Nährstoffen und die Belichtungsintensität genannt. Es ist anzunehmen, daß dieselben Einflüsse bei den einzelnen Sorten ganz verschieden intensive Wirkungen zeigen können.

Die mitgeteilten Zahlen über die mittlere Astzahl zeigen lediglich, daß bezüglich dieses Merkmals überhaupt Sortenunterschiede bestehen und wie die Sorten etwas rangiert werden können. Die Reduktion der mittleren Astzahl auf die mittlere Pflanzengröße begegnet, wie schon ausgeführt, Schwierigkeiten. Nicht nur, daß die lineare Abhängigkeit bei den einzelnen Sorten verschieden ist, sondern

es ist vor allen Dingen anzunehmen, daß die Astzahl nicht linear mit der Pflanzengröße wächst. Man kann sich bisweilen nicht des Eindrucks erwehren, als ob die Astbildung schubweise vor sich ginge. Hier ist es notwendig, Beobachtungen während der Vegetationszeit anzustellen und vor allen Dingen genügend umfangreiches Untersuchungsmaterial zur Verfügung zu haben.

Eng verknüpft mit der Frage der Astzahl ist die Frage nach der mittleren Astansatzhöhe. Hier ist es von Bedeutung, zu wissen, wie sich die allgemeine Austriebstendenz auf die einzelnen Schaftabschnitte verteilt. Es gibt zwei-fellos Sorten, die dazu neigen, schon relativ dicht unter dem Sproßvegetationspunkt mit der Astbildung zu beginnen. Es müßten demnach die reichastigsten Sorten auch eine überdurchschnittliche mittlere Astansatzhöhe besitzen. Wie *Tabelle 7* zeigt, ist dies auch der Fall, dennoch ist eine restliche Varianz zu vermuten, die sich nicht aus diesem Zusammenhang erklären läßt. Es ist möglich, daß die Mindestgröße, die zur Bildung der ersten Äste benötigt wird, bei den einzelnen Sorten verschieden ist. Diese Sorten haben dann einen nur spärlich beasteten Basalteil des Schaftes. Ein weiterer Teil der Unterschiede läßt sich dadurch erklären, daß einige Sorten dazu neigen, nach einer Beastungslücke im Mittelschaft im Hoch- und Spätsommer nochmals dicht unter der Schaftspitze mit der Bildung von Ästen zu beginnen, welche die mittlere Astansatzhöhe wesentlich mehr heraufsetzen als die Astzahl.

Ähnlich verhält es sich mit der Analyse der mittleren Astlängen und der Verteilung der kurzen und langen Äste am Schaft. Hier spielen aber die Beschattungsverhältnisse eine entscheidende Rolle. Gewiß ist die allgemeine Wachstumsbereitschaft der Äste sortenspezifisch. Der von der Umgebung ausgeübte Schattendruck wirkt aber als kräftiger Modifikator. Die Beschattung kann einmal aus der Nachbarschaft stammen, zum anderen ist aber die Schattwirkung der oberen Pflanzenteile auf die unteren nicht zu unterschätzen. So können im unteren Schaftabschnitt inserierte Äste nur so lange ungestört wachsen, als sie nicht unter den Druck der oberen geraten. Haben sie diesen gegenüber keinen genügenden Vorsprung oder können sie ihn nicht beibehalten, geraten sie ins Hintertreffen.

Da im üblichen Baumschulverband erzogene Pflanzen doch einem recht erheblichen Seitendruck ausgesetzt sind, der sich auf die unteren Pflanzenteile am stärksten auswirkt, kommt es, daß die meisten der untersuchten Pflanzen relativ schlecht entwickelte Basaläste besitzen. Die Pflanzen mit positivem Regressionskoeffizienten der Regression zwischen Astlänge und Astansatzhöhe (*Tab. 13*) scheinen unter besonders starkem Druck gelitten zu haben.

Über den oft unterschiedlich ausgebildeten Basalästen kommt eine Zone mittlerer Astlängen. Die Gleichmäßigkeit der Astlängen in diesem Abschnitt scheint bei den einzelnen Sorten unterschiedlich zu sein. Das allgemeine Kürzerwerden der Äste nach oben findet eine einfache Erklärung im Prioritätsprinzip. Die oberen Äste sind jünger, also auch kürzer. Ganz so einfach liegen die Verhältnisse aber wieder nicht. Bei einigen Sorten mit sehr steiler Haltung und niedriger mittlerer Astansatzhöhe sind die relativ am höchsten angesetzten Äste recht stark ausgebildet. Die Beastung scheint hier gerade in der Region der längsten Äste aufzuhören. Die kürzeren, in den höheren Schaftteilen ansetzenden Kurzäste fehlen.

Die Abstände der Astspitzen vom Schaft werden durch eine Vielzahl kompliziert miteinander verknüpfter Faktoren bedingt. Sehr einleuchtend ist die Abhängigkeit des

Astabstandes von der Astlänge. Dieser Zusammenhang ist aber keinesfalls linear. Die Astlänge bedingt nämlich das Gewicht des Astes, das den Abstand vergrößert. Diese Änderung ist aber wieder von der Aststärke und dem Elastizitätsmodul des Holzes abhängig. Verringernd auf den Astabstand wirkt der negative Geotropismus. Er ist bei manchen Sorten recht ausgeprägt. Er scheint aber ebenfalls eine Funktion der Astlänge zu sein und erst ab einer gewissen sortenspezifischen Astlänge wirksam zu werden, so daß die Astlänge hier wiederum in einer nicht linearen Komponente erscheint. Dies läßt sich bei den schmalen Sorten deutlich erkennen.

Die Aufwärtskrümmung der oberen Äste setzt bei geringerer Astlänge ein als die der unteren. Dies kann als Einfluß des Druckes der oberen Pflanzenteile gedeutet werden. Diese Verhältnisse spiegeln sich in den Kurven der Klassenmittel von Astlänge und Astabstand (Abb. 2) bei einigen Sorten deutlich wieder. Am klarsten kommen sie in den Kurven der Sorten *brabantica*, *Drömling*, *gelrica* und *serotina* zum Ausdruck. Die Äste der Längensklassen bis 20 cm zeigen noch kein Aufbiegen der Astspitzen durch negativen Geotropismus. Seine Wirkung setzt erst bei längeren Ästen ein, was sich in einer Verflachung der Kurve ausdrückt, die je nach Sorte früher oder später einsetzt. Die wenigen aber ganz langen Äste sind aber meist in den tieferen Sproßabschnitten inseriert. Sie werden von den oberen Zweigen nach außen gedrängt. Ihr relativer Abstand nimmt also wieder zu, was an einem Aufbiegen der Kurve zu erkennen ist.

Das Wechselspiel zwischen negativem Geotropismus und dem Drucke der oberen Äste auf die unteren kommt bei den besonders steilastigen Sorten vor allem in der Tatsache zum Ausdruck, daß die oberen Äste merklich steiler gestellt zu sein scheinen als die unteren (Tab. 19). Ganz allgemein ist zu bemerken, daß diese Sorten in den mittleren Schaftabschnitten jede nur mögliche Lichtlücke benutzen, um ihre Äste steil aufrecht durchwachsen zu lassen. Daher kommt es auch wohl, daß im Bereich der mittleren Astlängen bei diesen Sorten der Zusammenhang zwischen Astlänge und Astabstand sehr gering ist.

Nur für ganz kurze, eben ausgetriebene Äste spielt die primäre Wachstumsrichtung der Anlagenachse eine Rolle. Letztere bildet mit dem Schaft meist einen sehr spitzen Winkel. Nach einem Wachstum von nur wenigen Zentimetern biegt sich der Ast, wahrscheinlich unter dem Einfluß seines Eigengewichtes, etwas abwärts. Bei einigen Sorten scheint der ursprüngliche Astabgangswinkel auch bei älteren Ästen wenige Zentimeter beibehalten zu werden. Es ist dann bei diesen Ästen eine leichte Abwärtskrümmung dicht über dem Insertionspunkt zu erkennen. Biegen die Astspitzen dann wieder etwas aufwärts, erhalten die Äste eine Linienführung, die an ein liegendes Integralzeichen erinnert, so bei der Sorte *gelrica*. Die sortencharakteristischen Astbiegungen harren aber noch einer Bearbeitung.

### Zusammenfassung

An je drei Pflanzen der 16 Wirtschaftspappel-Altsorten wurden die Astzahl, die Astansatzhöhen, die Astlängen und die Abstände der Astspitze vom Schaft sowie die Pflanzenhöhe gemessen.

Die mittleren Astzahlen, die mittlere Astansatzhöhe, die mittlere Astlänge und der mittlere Astabstand jeder Pflanze sind von der Pflanzengröße abhängig. Drei Pflanzen pro Sorte reichen nicht aus, um die sorteneigenen

Regressionen zwischen den Pflanzenmitteln der untersuchten Merkmale und der Pflanzengröße zu bestimmen. Für die Astzahl konnte nachgewiesen werden, daß die Sortenregressionen voneinander verschieden sind. Wegen der geringen Anzahl der untersuchten Pflanzen pro Sorte gelang eine Sicherung der Unterschiede zwischen den Sortenregressionen für die übrigen Merkmale nicht.

Dennoch wurden die Sortenmittel aller untersuchten Merkmale bezüglich der Pflanzengröße korrigiert. Die Korrektur erfolgte mit dem Regressionskoeffizienten der Durchschnittsregression innerhalb der Sorten. Die korrigierten Werte sind daher mit Vorbehalt zu betrachten, obwohl sie den tatsächlichen Verhältnissen eher gerecht werden als die unkorrigierten Werte. Sie zeigen gesicherte Unterschiede.

Die mittlere Astansatzhöhe ist ebenfalls mit der Astzahl korreliert, doch läßt sich diese Abhängigkeit auf den Zusammenhang zwischen Pflanzengröße und Astzahl zurückführen.

Die Sortenmittel der mittleren Astabgangshöhe zeigen aber einen eigenen, von der sorteneigenen Pflanzengröße unabhängigen Zusammenhang mit den Sortenmitteln der Astzahl.

Für jede Pflanze wurde die Regression zwischen Astlänge und Astansatzhöhe berechnet. Es zeigte sich, daß die Äste nach oben ganz allgemein kürzer zu werden scheinen. Die Tendenz zur Verkürzung der oberen Äste scheint bei den einzelnen Sorten unterschiedlich zu sein. Auf eine Signifikanzprüfung der Sortenunterschiede wurde verzichtet, weil das Untersuchungsmaterial nicht ungestört genug erwachsen schien.

Zur Berechnung der Regressionen zwischen Astabstand und Astlänge wurden die Wertepaare aller drei Pflanzen einer Sorte in einer Gruppe gemeinsam ausgewertet, obwohl nachgewiesen werden konnte, daß die Regressionen der einzelnen Pflanzen innerhalb der Sorten voneinander verschieden sind. Dennoch sind die Unterschiede zwischen den Sortenregressionen beträchtlich. Es lassen sich also Unterschiede in der Asthaltung sowohl zwischen den Pflanzen ein und derselben Sorte als auch zwischen den Sorten nachweisen.

Die Berechnung der doppelten Regression zwischen Astabstand, Astlänge und Astansatzhöhe für jede einzelne Pflanze brachte das Ergebnis, daß bei allen Sorten die Asthaltung der oberen Äste steiler zu sein scheint als die der unteren. Hier scheinen recht deutliche Sortenunterschiede vorzuliegen. Die ausladenden Sorten richten ihre oberen Äste nur wenig steiler auf als die unteren, während bei den schmalen Sorten die Asthaltung von unten nach oben deutlich steiler wird. Es wird angenommen, daß für diese Erscheinung das Wechselspiel zwischen negativem Geotropismus und dem Beschattungsdruck der oberen Äste auf die unteren verantwortlich gemacht werden muß. Es verursacht auch die für manche Sorten so charakteristischen Zweigbiegungen.

### Summary

Title of the paper: *The branch relationships of 1 year old plants of 16 established commercial poplar varieties.*

Three plants from each of sixteen established commercial poplar varieties were measured to determine the number of branches, the height of the branch nodes, the length of the branches, the horizontal distance between the tip of the branch and the trunk, and the total height of the plant.

The mean number of branches, the mean height of the nodes and the mean spread of the branches of each plant depends upon the total height. Three plants are inadequate to determine the regression for each variety between the mean values of the investigated characters and the total height of the plants. For the number of branches a different regression was calculated for each variety. For the remaining characters the number of plants investigated was too small to show significant differences between the regressions of the varieties.

The mean values of all investigated characters of the varieties were adjusted according to the total height. This adjustment was carried out using the regression coefficient of the mean regression of all varieties. On this account the corrected values must be used with caution even though they are more appropriate than the unadjusted values. They show significant differences.

The mean height of the nodes is also correlated with the number of branches, but this interdependence is attributable to the relationship between total height and number of branches.

The mean value of the mean height of the nodes in each variety showed a relationship with the mean value of the number of branches which is independent of total height.

For each plant the regression between branch length and node height was calculated. It appears that the upper branches are shorter and it seems that the trend towards shortness is different in different varieties. A significance test was not applied because the experimental material was not raised under sufficiently uniform conditions.

In order to calculate the regression between branch spread and branch length the pairs of these factors from all three plants of each variety were treated as one group, although it could be established that the regressions for single plants within a variety differed from each other. Nevertheless, the differences between the regressions of the varieties are considerable. Differences of branch angle are thus established between single plants of a variety as well as between varieties themselves.

Calculations of the double regression between branch spread, length of branches and node height for each plant showed that in all varieties the upper branches are more upright than lower branches. It seems that there are distinct differences between varieties. In the broad crowned varieties the upper branches are only slightly more upright than the lower, while in the narrow crowned varieties the branch angle becomes significantly more acute from the base of the tree upwards. It is believed that this phenomenon may be due to the interaction between negative geotropism and the influence of the shade thrown by higher branches on the lower branches. This may also produce the characteristic branch curve of some varieties.

### Résumé

Titre de l'article: *Types de branches chez les plants de 1 an pour 16 variétés commerciales de peupliers.*

On a étudié pour 16 variétés commerciales de peupliers (3 plants de chaque variété) les caractères suivants: nombre de branches, hauteur de l'insertion des branches, longueur des branches, distance horizontale entre l'extrémité de la branche et le tronc et hauteur totale du plant.

Le nombre moyen des branches, la hauteur moyenne des insertions et l'extension moyenne des branches de

chaque plant dépendent de la hauteur totale. 3 plants représentent un échantillon insuffisant pour déterminer la régression, pour chaque variété, entre les valeurs moyennes de ces caractères et la hauteur moyenne des plants. En ce qui concerne le nombre des branches, une régression spéciale a été calculée pour chaque variété. Pour les autres caractères, le nombre des plants étudiés était trop petit pour mettre en évidence des différences significatives entre les variétés.

Les valeurs moyennes de tous les caractères étudiés ont été ajustées à la hauteur totale. Cet ajustement a été établi d'après le coefficient de régression de la régression moyenne de toutes les variétés. Sur cette base, les valeurs corrigées doivent être considérées avec prudence bien qu'elles soient plus valables que les valeurs non ajustées. Elles révèlent des différences significatives.

Il existe une corrélation entre la hauteur moyenne des insertions et le nombre des branches, mais elle peut être attribuée à la relation qui existe entre la hauteur totale et le nombre des branches.

La valeur moyenne de la hauteur moyenne des insertions dans chaque variété est liée à la valeur moyenne du nombre des branches qui est indépendante de la hauteur totale.

Pour chaque plant, la régression entre la longueur des branches et la hauteur des insertions a été calculée. Les branches supérieures sont plus courtes et il semble que cette tendance au raccourcissement varie avec les variétés. Le degré de signification n'a pas été étudié parce que le matériel d'expérience n'a pas été élevé dans des conditions suffisamment uniformes.

Pour calculer la régression entre l'extension des branches et leur longueur ces caractères ont été groupés par paire pour les 3 plants de chaque variété pris ensemble, bien qu'il ait été établi que les régressions pour chaque plant à l'intérieur d'une variété soient différentes. Néanmoins, les différences entre les régressions des variétés sont considérables. Des différences de l'angle d'insertion des branches ont ainsi été établies entre les individus de chaque variété aussi bien qu'entre les variétés elles-mêmes.

Les calculs de la double régression entre l'extension des branches, leur longueur et la hauteur des insertions pour chaque plant ont montré que dans toutes les variétés les branches supérieures sont plus érigées que les branches inférieures. Il semble qu'il existe des différences nettes entre les variétés. Dans les variétés à cime large, les branches supérieures sont seulement un peu plus érigées que les branches inférieures, tandis que dans les variétés à cime étroite, l'angle d'insertion des branches devient significativement de plus en plus aigu de la base au sommet. On pense que ce phénomène peut être dû à l'interaction entre un géotropisme négatif et l'influence de l'ombre portée par les branches supérieures sur les branches inférieures. Cela peut aussi expliquer la courbe caractéristique des branches de certaines variétés.

### Literatur

MÜLLER, R.: Altstammsorten der Schwarzpappelbastarde für den Anbau in Deutschland. Die einzelnen Pappelsorten. Holz-Zentralblatt 84, 437, 721, 775-778, 993, 1009, 1393, 1577, 1635, und im Druck (1958). — MÜLLER, R., und SAUER, E.: Altstammsorten der Schwarzpappelbastarde für den Anbau in Deutschland. Die einzelnen Pappelsorten. Einleitung: Übersicht der Merkmale der Schwarzpappelbastarde. Holz-Zentralblatt 84, 283-285 (1958).