

TUTKIMUKSIA MÄNNYN JA KOIVUN
RUNKOMUODOSTA

M. LAPPI-SEPPÄLÄ

*UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE STAMMFORM
DER KIEFER UND BIRKE*

REFERAT

HELSINKI 1936

Sisällys.

	Siv.
Johdanto	5
Tutkimusaineisto ja tutkimuksen tarkoitus	7
Runkokäyrän käänneaste ja rungon tyvikäyrän muoto	11
Runkokäyrän käänneasteen korkeus	18
Rungon tyvikäyrän muoto	24
Puun n.s. varsinaisen runkokäyrän muoto	37
Muotosuhdeluvut	37
Rungon solakkuus	49
Loppukatsaus	57
Kirjallisuusluettelo	60
Referat	62

HELSINKI 1936

SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KIRJAPAINON OY.

Johdanto.

Puun läpimittaa ja pituutta on puun koon samatenkuin sen käyttöarvonkin kuvaajina pidettävä puun mittasuhteiden tunnusluvuista tärkeimpinä. Mutta myöskin puun runkomuodolla, joka pyrkii tavalla tai toisella määrittelemään puun läpimitan vaihteluja rungon eri osissa, on sekä kuutiotekijänä että puun käyttöarvoa silmällä pitäen oma tärkeä merkityksensä.

Varhaisempina aikoina, jolloin puunrunгон kuutiosisältö ratkaisevimmin vaikutti sen käyttöarvoon, määriteltiin myöskin puun runkomuoto sen mukaisesti vain eräänlaisina kuutioimistoitimituksen aputekijöinä, n.s. *muotolukuina*, jotka osoittivat puunrunгон kuution ja samanpituisen sekä puun perusläpimitan mittaisen sylinterin kuution suhteen, mutta sen sijaan perin vähän kuvasivat varsinaista puun runkomuotoa. Kun sittemmin puunkäyttötapojen moninaistuesssa puunrunгон muoto, ennen kaikkea sen kapeneminen — samoin kuin myöhemmin varsinkin puun laatu — yhä ratkaisevammin on alkanut vaikuttaa sen käyttömahdollisuuksiin erilaisiin tarkoituksiin, on metsätaloudessa myöskin entistä enemmän täytynyt kiinnittää huomiota puun runkomuotoon ja sen kehitykseen vaikuttaviin tekijöihin.

Puun runkomuotokäsite ja sen määrittelemisen tuottaa kuitenkin melkoisia vaikeuksia. Metsämatematiikassa käsitellään puunrunkoa tavallisesti pyörähdyskappaleena, jonka ajatellaan syntyneen siten, että runkokäyrä eli emäkäyrä pyörähtää puun akselin eli latvan huipun ja tyvileikkauksen keskiön kautta kulkevan suoran ympäri. Todellisuudessa kuitenkin puunrunko, joka tuskin koskaan on täysin suoravartinen ja jonka poikkileikkaukset eivät suinkaan ole niin ihanteellisen säännöllisiä, aina tavalla tai toisella poikkeaa tällaisesta teoreettisesta pyörähdyskappaleesta. Kaikki puun runkomuotoa koskevat ja sen käyttöarvoon vaikuttavat seikat, varsinkaan n.s. *muotoviat*, eivät siis myöskään saata tätä tietä tulla selvitetyiksi. Voidaanhan käytännössä puun runkomuodosta puhuttaessa usein juuri tarkoittaakin näitä n.s. muotovikoja t.s. sitä seikkaa, missä määrin puunrunko vartensa suoruteen ja läpi-

leikkauksiensa säännöllisyyteen nähden poikkeaa tuosta ihanteellisesta matemaattisesta pyörähdyskappaleesta. Mainitussa tapauksessa, kiinnitettäessä päähuomio puunrungon suoravartisuuteen, onkin siis kysymys puun todellisen runkoakselin muodosta, joka joskus huomattavastikin saattaa poiketa latvan huipun ja tyvileikkauksen keskiön kautta vedetystä suorasta. Tällä seikalla on varsinkin järeämpien runkojen käyttöarvoon nähden oma merkityksensä ja erityisesti lehtipuiden muotokehityksessä, joiden kasvutapa ja runkomuoto tunnetusti ovat yleensä epäsäännöllisemmät kuin havupuiden, se ansaitsee mielenkiintoa. Puunrungon poikkileikkauspintojen muodoissa esiintyvät epäsäännöllisyydet ja niiden selvittely liittyvät myöskin sangen läheisesti edellisiin kysymyksiin.

Puun runkomuotoon kohdistuvissa tutkimuksissa, jotka etupäässä ovat edustavaan joukkoaineistoon perustuvia ja tilastollisuontoisia, ei näitä puolia puun muotokehityksessä ole kuitenkaan paljoakaan selvitetty. Luonnossa esiintyvät monivivahteiset yksityiskohdat ja ne epäsäännöllisyydet puun runkomuodossa, joista edellä on ollut puhetta, on tavallisesti käytännöllisten vaikeuksienkin takia ollut pakko sivuuttaa ja kiinnittää päähuomio yleisluontoisempiin seikkoihin puunrungon muotokehityksessä. Puun runkomuototutkimuksen tehtävänä onkin ensiksi pyrkiä mahdollisimman perusteellisesti selvittämään normaalin puunrungon muotoa, runkokäyrän rakennetta ja runkomuodon riippuvaisuutta erilaisista tekijöistä ja vasta senjälkeen pyrkiä luomaan valaistusta myöskin luonnossa puun runkomuodossa havaittaviin epäsäännöllisyyksiin ja niiden syntytapoihin.

Näistä syistä on myöskin seuraavassa esitettävässä tutkimuksessa, jonka tarkoituksena on koettaa saada lisäselvitystä eräisiin puun runkomuotoa koskeviin kysymyksiin, katsottu välttämättömäksi käsitellä puunrunkoa säännöllisenä matemaattisena pyörähdyskappaleena sen satunnaisiin n.s. muotovikoihin huomiota kiinnittämättä.

Tutkimusaineisto ja tutkimuksen tarkoitus.

Aineisto seuraavassa esitettävää tutkimusta varten on koottu tekijän mänty-koivusekametsiköissä vuosina 1925—1927 suorittamien tutkimusten yhteydessä (vrt. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1930). Mainitut tutkimukset suoritettiin sangen yhtenäisellä tavalla kehittyneissä, täysitiheissä, luonnonnormaalisisä ja tasaikäisissä metsiköissä. Yksityiskohtaiset tiedot koemetsiköiden sijainnista maamme eteläpuoliskossa, kuvaukset tutkittujen metsiköiden laadusta, kasvupaikasta y.m. seikoista on esitetty edellä mainitussa julkaisussa.

Männyn ja koivun muototutkimuksia varten (vrt. e.m.t. siv. 152) suoritettiin aikoinaan näissä koemetsiköissä, pääasiallisesti kuutioimis-laskelmia silmällä pitäen valituissa, kaadetuissa koepuissa seuraavat havainnot ja mittaukset, jotka jokaista koepuuta varten erikseen varatulle lomakkeelle merkittiin muistiin:

kasvupaikan hyvyysluokka eli metsätyyppi,
 puun ikä (vuoden tarkkuudella),
 puun runkokehitysluokka (I = vallitseva, II = vallittu puu),
 puun pituus ja oksattoman runko-osan pituus (1 dm tarkkuudella),
 puun rinnankorkeusläpimitta, kuorineen ja kuoretta,
 rungon läpimitta kuoretta seuraavilla puun osakorkeuksilla: $\frac{5}{100}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$, sekä suuremmissa rungoissa, tavallisesti aina yli 20 m pituisissa, sen lisäksi vielä kuoretton läpimitta $\frac{2}{100}$ korkeudella.

Kaikki läpimitat mitattiin tarkkuuskaulaimella 1 mm tarkkuudella kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa — kunkin rungon eri läpimitat samansuuntaisesti — ja näistä kahdesta mittaustuloksesta laskettiin aritmeettinen keskiarvo. Yksityiskohtaisemmat tiedot käytetyistä mittausvälineistä, mittaustavoista, maapisteen ja oksattoman runko-osan määrittelytavoista y.m. seikoista on esitetty edellä mainitussa tekijän aikaisemmassa julkaisussa (M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1930).

Täten koottua tutkimusaineistoa esittävät taulukot 1, 2 ja 3.

T a u l u k k o 1. Tutkimusaineisto. a) Mäntykoepuut.
T a b e l l e 1. Untersuchungsmaterial. a) Kiefernprobestämme.

Ikäluokka v. Altersklasse, J.	O M T		M T		V T		Yht. Zusammen		Yht. Im ganzen
	I	II	I	II	I	II	I	II	
30	14	13	12	5	3	2	29	20	49
50	39	14	43	22	9	4	91	40	131
70	12	5	20	8	11	4	43	17	60
90	6	3	11	5	8	3	25	11	36
Yhteensä Zusammen	71	35	86	40	31	13	188	88	276
Keski-ikä v. Mittleres Alter J.	53	49	57	57	65	62	57	54	56

b) Koivukoepuut. — Birkenprobestämme.

Ikäluokka v. Altersklasse, J.	O M T		M T		V T		Yht. Zusammen		Yht. Im ganzen
	I	II	I	II	I	II	I	II	
30	18	12	16	3	3	2	37	17	54
50	35	19	33	18	8	3	76	40	116
70	17	6	17	11	7	7	41	24	65
90	4	2	9	4	5	3	18	9	27
Yht. — <i>Zusamm.</i>	74	39	75	36	23	15	172	90	262
Keski-ikä v. Mittleres Alter J.	52	51	55	59	62	65	55	56	55

I = vallitsevat puut, — herrschende Stämme.

II = vallitut puut, — beherrschte Stämme.

Käytettävissä ollut tutkimusaineisto ei ole runsas, mutta sen sijaan se on perin yhtenäinen. Se on koottu homogeenisista, sangen yhdenmukaisissa olosuhteissa kehittyneistä metsiköistä. Koepuiden valinnasta myöskin johtuu, että puut muodoltaan ovat olleet yleensä verrattain säännöllisesti kehittyneitä.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tärkeimpiä puun runkomuotoon vaikuttavia tekijöitä. — Puun runkomuoto, joka eri puuyksilöillä saattaa huomattavalla tavalla vaihdella, on tunnetusti sangen monista puun kehitykseen ja kasvutapaan vaikuttavista seikoista riippu-

T a u l u k k o 2. Koepuiden jakaantuminen läpimittaluokkiin.
T a b e l l e 2. Verteilung der Probestämme auf Durchmesserklassen.

Puulaji ja kehitys- luokka Holzart und Entwicklungs-klasse	Rinnankorkeusläpimitta (kuoretta) cm Brusthöhendurchmesser (ohne Rinde) cm														Yhteensä Im ganzen		
	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31			
Männyt — Kiefern:																	
Mä I — Ki I	—	—	2	9	25	26	33	29	24	18	9	10	2	1			188
Mä II — Ki II	7	16	23	20	17	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	88
Yht. — <i>Zus.</i>	7	16	25	29	42	30	34	29	24	18	9	10	2	1			276
Koivut — Birken:																	
Ko I — Bi I	—	4	9	15	36	29	28	21	19	6	3	2	—	—	—	—	172
Ko II — Bi II	10	25	30	20	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90
Yht. — <i>Zus.</i>	10	29	39	35	40	30	28	21	19	6	3	2	—	—	—	—	262

T a u l u k k o 3. Koepuiden jakaantuminen pituusluokkiin.
T a b e l l e 3. Verteilung der Probestämme auf Höhenklassen.

Puulaji ja kehitys- luokka Holzart und Entwicklungs-klasse	Puun pituus metriä Stammhöhe, m.														Yhteensä Im ganzen		
	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31			
Männyt — Kiefern:																	
Mä II — Ki I	—	—	2	6	11	26	28	38	32	23	12	7	2	1			188
Mä I — Ki II	1	1	12	14	16	15	19	6	3	1	—	—	—	—	—	—	88
Yht. — <i>Zus.</i>	1	1	14	20	27	41	47	44	35	24	12	7	2	1			276
Koivut — Birken:																	
Ko I — Bi I	—	—	1	11	12	22	28	31	33	22	8	3	1	—	—	—	172
Ko II — Bi II	—	—	8	8	22	22	19	7	3	1	—	—	—	—	—	—	90
Yht. — <i>Zus.</i>	—	—	9	19	34	44	47	38	36	23	8	3	1	—	—	—	262

vainen. Näiden kaikkien perusteellinen selvittely samatenkuin yleis-pätevien, absoluuttisten puun runkomuotoa ja sen kapenemista erilaisissa oloissa kuvaavien lukujen esittäminen käy näin ollen ainoastaan laajan koepuuaineiston avulla mahdolliseksi. Puun muototutkimukseen liittyvien periaatteellisten kysymysten selvittelyssä yhtenäinen, vaikkakin suppeahko, tutkimusaineisto tarjoaa kuitenkin eräitä huomattavia etuja. Varsinkin silloin kun tutkimusaineistossa ei kaikkia runkomuo-

don kehitykseen vaikuttavia monia tekijöitä esiinny, käy tehtävä yksinkertaisemmaksi ja voidaan tällöin muiden tekijäin vaikutus saada sitä selvemmin todetuksi.

Kuten tunnettua, on metsikön tiheydellä sangen huomattava vaikutus puun runkomuotoon. Koska käytettävissä oleva tutkimusaineisto kuvaa puun runkomuotoa ainoastaan täysitiheissä metsiköissä, on metsikön tiheyden, tahi oikeammin puutteellisen tiheyden eli aukkoisuuden, vaikutus runkomuodon kehitykseen saatu siitä täydelleen eliminoiduksi. Vaikkakaan tutkimus ei näin ollen tähän seikkaan saatakaan tuoda lisävalaistusta, on sitä suurempi syy odottaa, että tutkimusaineistossa eräiden toisten tekijäin, kuten esim. kasvupaikan, iän, puun kehitysluokan ja latvuksen laadun y.m. seikkojen vaikutus puun runkomuotoon sitä selvemmin käy esille. Tämän ohella pyritään seuraavassa selvittämään puun runkokäyrän yleistä rakennetta sekä runkomuodon tutkimusmenetelmiä, joihin seikkoihin maassamme m.m. kotimaisten kuu-tioimis- ja kapenemistaulujen laadintatyötä varten kaivattane lisäselvitystä.

Runkokäyrän käänne-piste ja rungon tyvikäyrän muoto.

Puun runkokäyrää tarkastettaessa kiintyy huomio sen *käänne-pisteeseen*, joka sijaitsee siinä kohdassa, missä runkokäyrän kovera tyviosa muuttuu kuperaksi. Jos siis runkokäyrän yhtälö kirjoitetaan muotoon:

$$y = px^r,$$

jossa r :n eli n.s. muotoekspONENTIN luku-arvo rungon eri osilla runkokäyrän muodosta riippuen vaihtelee, niin on runkokäyrän käänne-piste sillä kohdalla runkoa, jossa r saa minimiarvonsa.

Käänne-piste jakaa runkokäyrän kahteen toisistaan poikkeavaan osaan: *tyvikäyrään* ja käänne-pisteen yläpuolella sijaitsevaan n.s. *varsinaiseen runkokäyrään*. Runkomuotoa silmällä pitäen on käänne-pisteen alapuoleista runko-osaa kutsuttu myöskin *tyvipaisumaksi* eli *tyvilaajentumaksi*.

Useat puun runkomuodon tutkijat ovat kiinnittäneet huomionsa puun tyviosan erikoislaatuiseen muotoon. Varsin yleisesti on tällöin korostettu rungon tyvikäyrän epäsäännöllistä muotoa, mihin nimitykset tyvipaisuma ja tyvilaajentumakin viittaavat. Samalla on pyritty selvittämään, kuinka korkealle tämä sekä puunmittauksessa että muoto-tutkimuksessa paljon huolta antanut tyvilaajentuma tavallisesti ulottuu, millä seikalla esim. puun perusmittakorkeutta määrättäessä on oma merkityksensä.

Tyvilaajentuman varhaisemmista tutkijoista mainittakoon ennen muita SCHIFFEL (1905). Saadakse selville, ulottuuko tyvilaajentuma rinnankorkeuden yläpuolelle ja vaikuttaako se täten häiritsevästi rinnankorkeusläpimitän käyttämiseen perusläpimitana SCHIFFEL on graafista tietä, piirtämällä puun tyviosan runkokäyrän, pyrkinyt määrittelemään runkokäyrän käänne-pisteen aseman rungolla. SCHIFFEL on tutkinut ainoastaan sitä, kuinka korkealle tyvilaajentuma ulottuu, kiinnittämättä lainkaan huomiota sen muotoon.¹ Hän päättelee tyvilaajen-

¹ Tutkimallaan puulajilla, lehtikuusella hän toteaa käänne-pisteen korkeuden vaihtelevan 4.7—13.7 %:in puun pituudesta.

tuman nousevan samanmuotoisilla puilla sitä korkeammalle mitä pitempi itse puu on ja samanpituuisilla puilla taasen sitä korkeammalle mitä huonomuotoisemmasta puusta on kysymys. Hän johtaa myöskin empiristä tietä kaavan runkokäyrän käänne pisteen prosenttisen korkeuden (w_p) määräämistä varten: $w_p = \frac{4.9}{q^2} + 0.10 h - 5.0$. — Rinnankorkeusläpimitan hän on yleensä havainnut olevan tyvilaaientuman vaikutuspiirissä.

JONSON (1910) tutkiessaan kuusen runkomuotoa ja pyrkiessään löytämään yleispätevää matemaattista ratkaisua puun runkokäyrälle ja sitä tietä rungon kapenemiselle on joutunut myöskin kiinnittämään huomionsa puun tyvilaaientumaan. Hän havaitsee, että HÖJERIN kaavalla matemaattisesti määrätty »normaalinen» runkokäyrä varsin tarkoin noudattaa hänen mittaamansa koepuuaineiston runkomuotoa. Käyttäessään puun perusläpimitana rinnankorkeusläpimitaa, jota mittayksikkönä käyttäen puun ylemmät läpimitat määrätään, ei hän kuitenkaan voi olla kiinnittämättä huomiotaan niihin tapauksiin, jolloin puun runkomuoto luonnossa poikkeaa tästä lasketun normaalkäyrän muodosta. Eniten huolta antaa hänelle juuri tyvilaaientuma, joka rungon tyviosassa poikkeuksetta tavalla tahi toisella esiintyvänä aiheuttaa poikkeuksen lasketusta runkomuodosta.

JONSONIN mielestä tyvilaaientumalla ei ole vaikutusta puun yleiseen runkomuotoon. »Redan själfva namnet tyder på, att man städse betraktat denna bildning såsom varande utan sammanhang med stamformen i öfrigt, — — —» (e.m.t. siv. 306). Käyttäen tyvilaaientuman mittana mitatun ja laskennollisesti määrätyn läpimitan erotusta 0.3 m korkeudella ja sen prosenttista suhdetta rinnankorkeusläpimitaan hän toteaa, että tyvilaaientuma osoittaa suurta epätasaisuutta ja säännöttömyyttä; keskimäärin se tosin lisääntyy puun pituuden kasvaessa, mutta muotoluokasta se ei ole riippuvainen. Tyvilaaientumalla on näin ollen hänen mielestään sängen suuressa määrin yksilöllinen ja paikallinen luonne. Hänen käsitystään tyvilaaientuman tarkoituksesta ja merkityksestä kuvaa seuraava sitaatti (e.m.t. siv. 308): »Då rotansvällningen naturligtvis ej infinner sig utan orsak, men dock ej är nödvändig för att motstå afbrytning, ty någon extra förstärkning utöfver normala byggnaden behöfves ej för detta ändamål, måste den anses ha till uppgift att göra tjänst vid trädets »förankring» i marken. Behovvet häraf framträder mindre hos träd med pålrot, men den med flackrot försedda granen måste i allt högre grad utveckla denna öfvergång mellan stammen och

de fästande rötterna, ju större påfrestningen och ju lösare och grundare de jordlager äro, där rötterna söka fäste. Fria och exponerade lägen med dålig slutenhet inom bestånden, stor höjd och rik krona äro sålunda faktorer som öka påfrestningen.»

Siitä huolimatta, että JONSONIN (e.m.t. siv. 308) mielestä tyvilaaientumaa normaalisesti kehittyneellä puulla tuskin voidaan pitää epämuodostumana (»Denna påvisade rotansvällning hos normalvuxna träd kan ju knappast benämnas en abnormitet — — —»), rakentaa hän puun normaalisti runkomuotoa esittävät lukusarjansa sen olettamuksen varaan, että runkokäyrän käänne piste sijaitsee rinnankorkeuden alapuolella ja hylkää käyttämästään koepuuaineistosta 6 puuta eli 11 % koko koepuiden lukumäärästä siitä syystä, etteivät nämä täytä tätä ehtoa. Tässä yhteydessä JONSON (e.m.t. siv. 309) nimenomaan lausuu: »Dessa träd ha sålunda betecknats som abnormiteter endast på grund af vändpunktens höga läge i jämförelse med flertalet träd hos detta material.» Tutkiessaan männyn runkomuotoa (JONSON 1911) ja laatiessaan kapeenemis- ja massataulukonsa (JONSON 1915) hän saman olettamuksen perusteella samaten hylkää käyttämästään tutkimusaineistosta 11 % koepuista, koska niiden tyvilaaientuma ulottui liian korkealle.

Ellei runkokäyrän käänne piste nyt kuitenkaan sijaitsisi rinnankorkeuden alapuolella, vaan tämä perusläpimita olisi koveralla tyvikäyrällä ja siis tyvilaaientumalla, ei JONSONIN esittämä runkomuodon määräämistapa vastaisikaan tarkoitustaan, vaan johtaisi harhapäätelmiin, samatenkuin ei laskennollinen puun normaalin runkokäyräkään pitäisi yhtä luonnossa mitattujen puiden runkokäyrien kanssa. Tästä JONSONIN täysin tietoinen (JONSON 1910 siv. 309): »Då nu denna basdiameter ligger på en annan och konvex kurva, blir den för stor och därmed alla de uträknade diameterkvoterna å öfvre kurvan för små i samma proportion, som basen är för stor.» Hän selvittää tätä vielä luonnosta ottamallaan esimerkillä, kolmen kuusen runkokäyrällä, joilla käänne piste sijaitsee n. 3.5 m korkeudella ja joiden tyvilaaientuma on erikoisen suuri. Kuitenkin hänen täytyy myöhemmin (e.m.t. siv. 311) myöntää, »att de tre träden ingalunda få anses som abnormala träd, — — —, utan så gott som fullt normala — — — ehuru detta ej kommer till synes i formkvoten, om detta uträknas på vanligt sätt efter den nedre »ansvällda» diametern vid brösthöjd». Myöhemmin Jonson itsekin epäilee, että nämä häiritsevät »poikkeustapaukset» tuskin lienevät niinkään harvinaisia, koska hän lausuu edelleen (e.m.t. siv. 311): »Emellertid måste allt osorteradt material, hvari längre och gröfvre träd ingå, visa prof på sådan högt gående

rotansvällning, hvarför alla medeltalsserier torde visa något ansvällt diameter vid brösthöjd med åtföljande för låga värden i nedre stamhalfvan i synnerhet på första sektionerna, men för höga ofvanför midten. — — — Å vissa håll torde rent af flertalet träd af de gröfsta stamklaserna visa en sådan ansvällning.»

Kaikesta tästä huolimatta JONSON ei katso olevan syytä yleisiä koko maata käsittäviä kapenemistaulukoita laadittaessa ottaa huomioon tyvilaajentuman vaikutusta, varsinkaan kun ei ole osoitettu käännepiSTEEN yleisesti sijaitsevan rinnankorkeuden yläpuolella, vaan suosittelee hän sen sijaan tällaisissa, ja hänen mielestään siis poikkeuksellisissa, tapauksissa virheen eliminoimista perusläpimittaa mitattaessa. »Så vidt ej med en större undersökning kan visas, att vändpunkten ligger ofvanför brösthöjd i långt större utsträckning, än jag af mitt material funnit, anser jag sålunda inga talande skäl föreligga, att i de matematiska afsmalningsserierna inrymma plats för å naturliga medelsserier å gröfre skog ofta befintlig ansvällning, — — —» (e.m.t. siv. 312).

Edellä on JONSONIN muototutkimuksia selostettu siksi laajasti siitä syystä, että ne ovat olleet perustavaa laatua ja niihin pohjautuvat kuutioimis- ja kapenemistaulukot myöskin Suomessa ovat saavuttaneet laajan käytännön. Erikoisesti on ollut syytä selvittää, minkälaisiin olettamuksiin runkokäyrän käännepiSTEEN asemasta ja puun tyvilaajentumasta edellämainitut taulukot rakentuvat, koska tekijä pyrkisään seuraavassa selvittämään puun tyviosan muotoa, runkokäyrän käännepiSTEEN asemaa sekä tyvilaajentumaa ja sen merkitystä, on samalla joutunut tarkastelemaan sanottujen olettamusten paikkansa-pitäväisyyttä.

CAJANUS (1911), jonka muototutkimuksen metodiikkaa käsittelevään ansiokkaaseen esitykseen vielä myöhemmin toisessa yhteydessä (siv. 47) palataan, on jo kiinnittänyt huomionsa JONSONIN tutkimusmenetelmässä esiintyviin heikkouksiin. Hän huomauttaa, että JONSONIN rinnankorkeusläpimittaan perustuvat prosenttiset runkokäyrää kuvaavat luvut eivät ole puun pituudesta aivan riippumattomat eivätkä lukusarjat siis ole muodon osoittajina keskenään täysin verrannolliset. Pitkissä, vapaassa asemassa sekä eräänlaatuisilla kasvupaikoilla kasva-neissa puissa tyvilaajentuma ulottuu yleensä ylemmäksi kuin muuten ja saattaa silloin vaikuttaa rinnankorkeusläpimitan suuruuteen. Mit-taamalla perusläpimitta ylempää voitaisiin useissa tapauksissa tyvi-laajentuman häiritsevä vaikutus välttää. Teoreettisesti oikeampi ei CAJANUKSEN mielestä sellainenkaan menettely olisi, sillä mikäli perus-

läpimitta joka tapauksessa mitattaisiin määrättyltä absoluuttiselta korkeudelta, tulisi se eri pitkissä puissa mitatuksi runko-osilla, jotka eivät vastaa toisiaan ja joissa puun runkomuoto todennäköisesti olisi erilainen. Tässä yhteydessä on syytä erikoisesti kiinnittää huomiota CAJANUKSEN käsityksen tyvilaajentumasta, joka selviää seuraavasta sitaattista: »Se käsitys on yleinen, että tyvipaksunema on jotenkin puun muusta muodosta riippumaton ja hyvin epäsäännöllisesti kehittynyt. Jo tästä selviää, ettei ole sopiva antaa diametrille, joka voi joutua mitattavaksi tässä epäsäännöllisesti muodostuneessa runko-osassa, niin ratkaisevaa vaikutusta muotoa kuvaaviin lukuihin, kuin Jonson on tehnyt.» (Siv. 368, alaviitta 1.)

MAASS (1913) on tutkinut männyn ja kuusen tyviosan kapenemista rinnankorkeuden alapuolella pyrkimättä selvittämään tyvilaajentuman ulottuvaisuutta ylöspäin. Hänen havaintojensa mukaan puun kapeneminen rinnankorkeuden alapuolella ei ole riippuvainen puun pituudesta, iästä ja kasvupaikasta eikä myöskään puun muotoluokasta. — ARCHER (1920) ja EIDE (1922) ovat taasen kiinnittäneet päähuomion puunrungon tyvipaisuman kuutiosisältöön tutkimatta tarkemmin sen laajuutta ja ulottuvaisuutta.

HILDÉN (1926) laatiessaan kuutiotaulukoita koivulle ja etsiessään tarkoitukseen parhaiten soveltuvaa perusmittakorkeutta on kohdistanut tutkimuksensa myöskin koivunrungon tyvilaajentuman suuruuteen ja sen ulottuvaisuuteen. Tämä on tapahtunut vertaamalla graafisesti kuvattua todennäköistä, tyvilaajentuman kohdalle piirrettyä »normaalista» runkokäyrän jatkoa kussakin yksityistapauksessa puun tosiasialliseen tyvikäyrään, runkokäyrän käännepiSTETTÄ sen tarkemmin määrittelemättä. Mitä tyvipaisuman laajuuteen ylöspäin tulee, niin näyttää se hänen havaintojensa mukaan olevan suoraan verrannollinen puun pituuteen, saavuttaen noin 14 m pitkissä puissa yleensä rinnankorkeuden. Suurempien puiden rinnankorkeusläpimitta on jo miltei aina tyvilaajentumasta riippuvainen, joka saattaa nousta jopa 6—7 m korkeudelle. HILDÉNIN (1926, siv. 36) tekemät vertailevat havainnot uuden perusmittakorkeuden määrittämiseksi viittaavat, — joskaan hän ei sitä siinä muodossa esitä —, siihen, että käännepiSTE hänen tutkimusaineistossaan on sijainnut pääasiallisesti n. 3—5 m korkeudella. HILDÉN on kohdistanut päähuomionsa sen seikan selvittämiseen, kuinka paljon rinnankorkeudelta mitattu läpimitta tyvilaajentuman takia on suuren-tunut. Edellä kerrotulla tavalla suoritettujen piirrosten avulla on se käynytkin pänsä ja on hän tätä lukua (cm:ssa lausuttuna) käyttänyt

tyvilaajentuman mittana. Samalla hän on havainnut, että korkealle ulottuvaa tyvilaajentumaa yleensä vastaa täten määrätty suuri poikkeama rinnankorkeusläpimitassa. Näillä perusteilla suoritettu tutkimus on osoittanut, että tyvilaajentuman suuruus lisääntyy puun pituuden ja läpimitan kasvaessa. Kuitenkin tyvilaajentuma vaihtelee pituuden ja läpimitan puolesta suunnilleen samanlaisilla puilla samalla melkoisesti, eikä riippuvaisuutta puun vihreän latvuksen suhteellisen pituuden ja tyvilaajentuman välilläkään ole havaittavissa. Keskokokoa suuremmissa koivuissa tyvilaajentumalla on tuntuva vaikutus rinnankorkeusläpimitaan.

LÖNNROTH (1927) tarkastellessaan sekä teoreettista että empiiristä tietä erilaisten puunrungon kuutioimiskaavojen kelpoisuutta on käyttämässään kuorellisina mitatussa mäntykoepuuaineistossaan havainnut runkokäyrän käännepisteen sijaitsevan keskimäärin puun 0.28 korkeudella (e. m. t. siv. 19, 1. alaviitta).

LINDHOLM, joka pyrkiessään selvittämään puun runkokäyrän arvoitusta olisi tähän kysymykseen kaikesta päättäen voinut tuoda arvokasta lisävalaistusta ellei hänen äkillinen poismenonsa olisi hänen tutkimustyötään keskeyttänyt, on eräässä kirjoituksessaan (1934) esittänyt havaintojaan ja huomioon otettavia viitteitä puun tyvikäyrän laadusta ja merkityksestä puun muototutkimuksessa. Hänen päätelmiensä mukaan puun tyvilaajentuma ei ole mikään epäsäännöllinen muodostuma, joka ilman muuta voitaisiin muototutkimuksissa jättää laskelmien ulkopuolelle, vaan puun kiinnitysmomentista riippuva säännöllinen suure, joka yhdessä puun latvuksen kanssa määrää runkoviivan lopullisen muodon. Runkokäyrän käännepiste sijaitsee hänen havaintojensa mukaan kuorellisessa männyssä tavallisissa oloissa noin 30 %:n korkeudella puun koko pituudesta, useasti ylempänäkin, joten tyvipaisuma säännöllisesti ulottuu puun rinnankorkeudelle. Hän toteaa, että puun vihreän latvuksen suhteellinen pituus aivan ratkaisevalla tavalla vaikuttaa rungon latvaosan täyteläisyyteen sen ylemmällä $\frac{2}{3}$:lla, jotavastoin latvuksen pituudella ei näytä olevan mitään vaikutusta puun tyviosan muotoon. Syyt puun tyvikäyrän muotoon, tyvilaajentuman esiintymiseen sekä sen vaihteluihin lienevät hänen mielestään etsittävisissä puun juuristosta.

* * *

Edellä esitetystä lyhyestä katsauksesta niihin tärkeimpiin puun runkomuotoa käsitteleviin tutkimuksiin, jotka ovat luoneet valaistusta

samalla varsinkin puun tyviosan muotoon, havaitaan, että sangen monet sekä tutkimusmetodiikkaan liittyvät että erilaisten tekijäin vaikutusta runkomuodon kehitykseen valaisevat kysymykset samatenkuin runkokäyrän yleinen rakennekin kaipaavat vielä lisäselvittelyä. Samalla huomataan, että eräänä kaikkein keskeisimpänä tehtävänä puun muototutkimuksen alalla on pidettävä juuri puun tyviosan muodon, tyvilaajentuman ulottuvaisuuden ja merkityksen perusteellista tutkimista. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että kasvavassa puussa on rungon läpimitaan kohdistuvat tarkemmat mittaukset käytännöllisistä syistä pakko rajoittaa etupäässä rungon tyviosaan. Puun mittaosopin ja muototutkimuksen kannalta on näin ollen erikoisen tärkeätä saada rungon tyvikäyrän luonteeseen lisäselvitystä. Huomattavia, perustavaa laatua olevia muototutkimuksia on suoritettu ja laajan käytännön saavutuksia kapenemis- ja kuutioimistaulukoita niiden perusteella laadittu (esim. JONSON 1915) sen olettamuksen varaan, että runkokäyrän käännepiste yleisesti sijaitsee rinnankorkeuden alapuolella. Kuitenkin ovat jo myöskin eräät tutkimukset ja havainnot (CAJANUS, HILDÉN, LÖNNROTH ja LINDHOLM) osoittaneet aiheelliseksi epäilyksen mainitun olettamuksen paikkansapitävyydestä. Tältä, samoin kuin perusmittakorkeuden valinnan kannalta yleensäkin, olisi jo syytä laajemman tutkimusaineiston perusteella voida todeta, kuinka korkealla puun runkokäyrän käännepiste yleensä sijaitsee ja mistä seikoista puun tyvilaajentuman ulottuvaisuudet mahdollisesti ovat riippuvaisia.

Se käsitys on myöskin varsin yleinen, että tyvilaajentuma on luonteeltaan perin epäsäännöllinen, yksilöllisistä ja paikallisista olosuhteista riippuvainen ja ettei siis puun tyvikäyrän muodolla saata olla mainittavaa vaikutusta itse n.s. varsinaisen runkokäyrän muotoon. Tämä käsitys on kuitenkin vielä tarkistamatta. Sillä seikalla, ovatko sekä millä tavoin ja missä määrin runkokäyrän käännepisteen alapuolella sijaitseva tyvikäyrä ja toisaalta sen yläpuolella oleva n.s. varsinainen runkokäyrä mahdollisesti muotonsa puolesta toisistaan riippuvaisia, on kuitenkin mitä suuriarvoisin merkitys. Jos, kuten yleisesti on väitetty, rungon tyvikäyrä eli tyvilaajentuma ei tässä mielessä noudata minkäänlaista säännönmukaisuutta, ei puun koko runkomuodon määrittelyä voida lainkaan perustaa sen tyviosalla suoritettuihin läpimittamittauksiin. Ainoastaan siinä tapauksessa, että näiden runkokäyrän kahden eri osan muodon välillä vallitsee määrätynlainen riippuvaisuussuhde, saattaa se käydä mahdolliseksi.

Runkokäyrän käännepisteen korkeus.

Runkokäyrän käännepisteen korkeus voidaan yksinkertaisesti määrittää siten, että puun tasavälisillä osakorkeuksilla määrättyjen läpimittojen lukuarvoista muodostetaan uusi lukusarja, joka kuvaa läpimittojen erotuksia mittakorkeuksien välisillä runko-osilla. Runkokäyrän käännepiste sijaitsee tällöin sillä runko-osalla, jossa tämä erotussarja osoittaa pienintä lukuarvoa.

Esimerkki.	Osakorkeus	Puun läpimitta cm	Läpimittojen erotus cm	Muoto- eksponentti r
	0	37.1		
	1/10	29.7	7.4	4.22
	2/10	26.3	3.4	2.06
	3/10	25.2	1.1	0.64
	4/10	24.4	0.8	0.42
	5/10	23.1	1.3	0.60
	6/10	21.1	2.0	0.81
	7/10	18.1	3.0	1.07
	8/10	14.0	4.1	1.28
	9/10	8.0	6.0	1.61
	1	0.0	8.0	(2.00)

Läpimittojen erotussarja ja muotoeksponentin lukusarja osoittavat aivan saman suuntaista vaihtelua. Runkokäyrän käännepiste sijaitsee siis esimerkkinä olevassa tapauksessa 4/10 ja 3/10 korkeuksien välillä eli maasta lukien korkeudella, joka on n. 35 % puun pituudesta.

Edellä kuvattua menettelytapaa käyttäen on käännepisteen korkeus tutkimusaineiston kaikissa koepuissa määrätty puun 1/10 pituuden tarkkuudella. Tulokset sekä keskiarvolaskelmat käyvät selville taulukoista 4—7.

T a u l u k k o 4. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta. T a b e l l e 4. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Mänty I — Kiefer I				Mänty II — Kiefer II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
5	2	1	—	3	—	—	—	—
15	34	33	11	78	13	8	2	23
25	30	45	19	94	11	17	8	36
35	5	6	1	12	9	11	3	23
45	—	1	—	1	2	4	—	6
Yhteensä — Zusammen	71	86	31	188	35	40	13	88
Keskiarvo — Mittelwert	20	22	22	21.3	25	28	26	26.4
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 0.8	± 1.0	± 1.0	± 0.5	± 1.6	± 1.4	± 1.8	± 0.9

T a u l u k k o 5. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta. T a b e l l e 5. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Mänty I — Kiefer I					Mänty II — Kiefer II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
5	—	3	—	—	3	—	—	—	—	—
15	9	38	20	11	78	9	12	1	1	23
25	16	44	21	13	94	7	17	6	6	36
35	4	5	2	1	12	4	10	6	3	23
45	—	1	—	—	1	—	1	4	1	6
Yht. — Zusammen	29	91	43	25	188	20	40	17	11	88
Keskiarvo Mittelwert	23	21	21	21	21.3	23	25	31	26.4	
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 1.2	± 0.7	± 0.9	± 1.1	± 0.5	± 1.7	± 1.2	± 1.6	± 0.9	

T a u l u k k o 6. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta. T a b e l l e 6. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Koivu I — Birke I				Koivu II — Birke II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
5	—	—	—	—	—	—	—	—
15	17	31	9	57	7	8	3	18
25	34	25	12	71	16	16	8	40
35	20	17	2	39	7	8	4	19
45	4	1	—	5	7	3	—	10
55	—	—	—	—	2	1	—	3
Yhteensä — Zusammen	75	74	23	172	39	36	15	90
Keskiarvo — Mittelwert	26	23	22	24.5	30	28	26	28.3
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 1.0	± 1.0	± 1.3	± 0.6	± 1.8	± 1.6	± 1.8	± 1.1

Taulukoiden 4—7 perusteella voidaan tehdä seuraavat päätelmät: Runkokäyrän käännepiste on männyllä yleensä suhteellisesti alempana kuin koivulla.

Molemmilla puulajeilla, sekä männyllä että koivulla, käännepiste on vallitsevilla puilla suhteellisesti alempana kuin vallituilla.

T a u l u k k o 7. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta.
T a b e l l e 7. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Koivu I — Birke I					Koivu II — Birke II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	10	25	18	4	57	4	3	8	3	18
25	16	29	16	10	71	10	17	10	3	40
35	11	17	7	4	39	2	10	5	2	19
45	—	5	—	—	5	1	7	1	1	10
55	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3
Yht. — Zusamm.	37	76	41	18	172	17	40	24	9	90
Keskiarvo Mittelwert	25	25	22	25	24.5	25	32	25		28.3
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 1.2	± 1.0	± 1.2	± 1.6	± 0.6	± 1.9	± 1.7	± 1.6		± 1.1

Käännepisteen suhteellisen korkeuden ja puun iän välillä ei tutkimusaineiston perusteella voida väittää olevan täysin varmaa riippuvaisuussuhdetta. — Kuitenkin näyttää siltä kuin männyillä vallitsevissa puissa käännepiste iän lisääntyessä siirtyisi puun koko pituuteen nähden jonkin verran alemmaksi, jota vastoin se vallituissa puissa päinvastoin vanhemmilla puilla sijaitisi suhteellisesti korkeammalla kuin nuoremmilla.

Käännepisteen korkeuden ja kasvupaikan välillä ei tutkimusaineiston perusteella myöskään voida väittää olevan selvää riippuvaisuussuhdetta. — Tosin näyttää siltä kuin koivunrungon käännepiste sekä vallitsevissa että vallituissa puissa olisi paremmilla kasvupaikoilla puun pituuteen verrattuna hiukan korkeammalla kuin huonommilla kasvupaikoilla, mutta saattavat mainitunsuuntaiset tulokset myöskin aiheutua satunnaisista vaihteluista.

Molemmilla puulajeilla käännepisteen korkeus on täten huomattavalla tavalla puun kehitysluokasta riippuvainen.

Suurin piirtein katsoen käännepiste varsin usein sijaitsee lähellä puun neljänneskorkeutta.

Taulukosta 8, joka esittää runkokäyrän käännepisteen absoluuttista korkeutta, huomataan, että tämä luonnollisesti on ratkaisevalla tavalla puun pituudesta riippuvainen. Runkokäyrän käännepiste sijaitsee kuitenkin pienikokoisillakin (alle 10 m

T a u l u k k o 8. Runkokäyrän käännepisteen korkeus.
T a b e l l e 8. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve.

Puun koko pituus Stammhöhe m	Mänty I + II — Kiefer I + II						Yht. Zus.	Koivu I + II — Birke I + II					
	Käännepisteen korkeus maasta metriä Höhe des Wendepunkts über der Erde, Meter							Käännepisteen korkeus maasta metriä Höhe des Wendepunkts über der Erde, Meter					
	alle unter 1.3	1.3— 1.9	2.0— 2.9	3.0— 5.9	6.0+			alle unter 1.3	1.3— 1.9	2.0— 2.9	3.0— 5.9	6.0+	
	koepuiden lukumäärä Anzahl der Probestämme							koepuiden lukumäärä Anzahl der Probestämme					
alle — unter 10.0	3	7	5	1	—	16	—	2	5	2	—	9	
10.0—14.9	—	10	16	39	—	65	—	5	25	39	3	72	
15.0—19.9	—	—	43	62	9	114	—	—	32	61	17	110	
20.0—24.9	—	1	—	56	9	66	—	—	—	49	17	66	
25.0+	—	—	—	8	7	15	—	—	—	2	3	5	
Yht. — Zus.	3	18	64	166	25	276	—	7	62	153	40	262	
%	1	7	23	60	9	100	—	3	24	58	15	100	

pituisilla) männyillä verrattain harvoin rinnankorkeuden alapuolella, kookkaammilla männyillä se sijaitsee säännöllisesti tuon mittakorkeuden yläpuolella, useimmiten n.3—6 metrin korkeudella. Koivuilla käännepiste tutkimusaineistossa poikkeuksetta sijaitsee yläpuolella rinnankorkeuden.

Seuraavat asetelmat kuvaavat vielä yksityiskohtaisemmin runkokäyrän käännepisteen riippuvaisuutta puun pituudesta.

Runkokäyrän käännepisteen korkeus maasta % puun pituudesta

Pituusluokat	—15.9	16.0—19.9	20.0—23.9	24.0+ m	Kaikki yhdessä
Mänty I	23	21	21	20	27.3 %
Koepuiden luku	45	66	55	22	188
Pituusluokat	—11.9	12.0—15.9	16.0+ m		
Mänty II	23	26	30		26.4 %
Koepuiden luku	28	31	29		88
Pituusluokat	—13.9	14.0—17.9	18.0—21.9	22.0+ m	
Koivu I	26	26	24	24	24.5 %
Koepuiden luku	24	50	64	34	172
Pituusluokat	—13.9	14.0—15.9	16.0+ m		
Koivu II	32	30	25		28.3 %
Koepuiden luku	38	22	30		90

Vaikkakin käännepisteen absoluuttinen korkeus pitkällä puilla on suurempi kuin lyhyillä (kts. taul. 8), niin huomataan edellä esitetystä asetelmasta, että käännepiste sijaitsee vallitsevilla puilla suhteellisesti korkeammalla lyhyissä puissa kuin pitkissä.

Vallituilla puilla käännepisteen suhteellinen korkeus näyttää eri puulajeilla olevan eri tavoin riippuvainen puun pituudesta. Näyttää siltä kuin vallituilla männyillä käännepiste sijaitisi suhteellisesti sitä alempana mitä lyhyempiä puut ovat; vallituilla koivuilla se sen sijaan on lyhyemmällä puilla suhteellisesti korkeammalla kuin pitemmillä. Pienikokoisissa, n. 10—12 m pituisissa, mäntypuissa sijaitsee runkokäyrän käännepiste näin ollen sekä vallitsevilla että vallituilla puilla suunnilleen samalla korkeudella, mutta mitä pitemmistä puista on kysymys sitä enemmän vallitsevien ja vallittujen mäntypuiden runkokäyrät käännepisteen asemaan nähden poikkeavat toisistaan. — Koivuun nähden näyttäisi asian laita sen sijaan olevan päinvastainen. Mitä lyhyemmistä vallituista koivupuista on kysymys sitä korkeammalla vastaavan pituisiin vallitseviin runkoihin verrattuna runkokäyrän käännepiste näyttää sijaitsevan. Pitemmillä puilla ei taasen käännepisteen asemassa vallitsevilla ja vallituilla puilla näytä olevan sanottavaa eroavaisuutta.

Vaikkakin puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan välillä on aina selvä riippuvaisuussuhde, tarkastellaan seuraavassa vielä rinnankorkeusläpimitan vaikutusta runkokäyrän käännepisteen asemaan.

Runkokäyrän käännepisteen korkeus maasta % puun pituudesta rinnankorkeusläpimitaltaan eri kokoisilla rungoilla:

					Kaikki yhdessä
Läpimittaluokat, D _{1,3} cm	—13.0	14.0—17.9	18.0—23.9	24.0+	
Mänty I	24	21	20	22	21.3 %
Koepuiden luku	36	59	71	22	188
Läpimittaluokat, D _{1,3} cm 4.0—7.9					
		8.0—11.9	12.0+		
Mänty II	24	26	30		26.4 %
Koepuiden luku	23	43	22		88
Läpimittaluokat, D _{1,3} cm —11.9					
		12.0—15.9	16.0—19.9	20.0+	
Koivu I	25	25	24	25	24.5 %
Koepuiden luku	28	65	49	30	172
Läpimittaluokat, D _{1,3} cm 4.0—7.9					
		8.0—9.9	10.0+		
Koivu II	30	27	29		28.3 %
Koepuiden luku	35	30	25		90

Runkokäyrän käännepisteen aseman riippuvaisuus puun rinnankorkeusläpimitan suuruudesta ei ole yhtä selvästi todettavissa kuin sen riippuvaisuus puun pituudesta. Tulokset ovat kuitenkin omiaan vahvistamaan edellä esitettyjä johtopäätöksiä eri kokoisten vallitsevien ja vallittujen mäntujen sekä koivujen runkokäyrän muodossa havaittavista eroavaisuuksista ja yhtäläisyyksistä.

Vielä on syytä tarkastella, onko runkokäyrän käännepiste eli siis tyvi-laajentuman ulottuvaisuus ylöspäin rungolla millään tavoin riippuvainen

Taulukko 9. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta. Tabelle 9. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Mänty I — Kiefer I						Mänty II — Kiefer II					
	Puun vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Yht. Zus.	Puun vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Yht. Zus.
	55	45	35	25	15		55	45	35	25	15	
5	—	1	2	—	—	3	—	—	—	—	—	—
15	6	30	35	6	1	78	1	7	7	6	2	23
25	6	37	44	6	1	94	1	3	9	15	8	36
35	1	2	6	3	—	12	—	3	6	10	4	23
45	—	—	—	1	—	1	—	1	—	3	2	6
Yht. — Zus.	13	70	87	16	2	188	2	14	22	34	16	88
Keskiarvo Mittelwert	21	21	22	24		21.3 (20)	24	25	28	29	26.4	

Taulukko 10. Runkokäyrän käännepisteen korkeus. Prosentteina puun pituudesta. Tabelle 10. Höhe des Wendepunkts der Stammkurve. In Prozenten von der Stammhöhe.

%	Koivu I — Birke I						Koivu II — Birke II						
	Puun vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Yht. Zus.	Puun vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Yht. Zus.	
	75	65	55	45	35		25	65	55	45	35		25
15	—	5	16	20	14	2	57	1	2	3	8	4	18
25	1	7	14	27	19	3	71	1	6	11	14	8	40
35	2	3	7	13	9	5	39	—	5	2	9	3	19
45	—	—	1	4	—	—	5	—	1	3	4	2	10
55	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	—	3
Yht. — Zus.	3	15	38	64	42	10	172	3	14	19	37	17	90
Keskiarvo Mittelwert	32	24	23	25	24	28	24.5	20	29	28	29	27	28.3

puun latvuston laadusta. — Puun latvuston kuvaajana voidaan käyttää useitakin sen laajuutta esittäviä lukuja. Seuraavassa on tähän tarkoitukseen käytetty tunnuslukuista yksinkertaisinta, nim. puun vihreän latvuksen pituutta lausuttuna prosentteina puun koko pituudesta.

Taulukot 9 ja 10 osoittavat, että puun vihreän latvuksen suhteellisella pituudella ei näytä olevan — ainakaan mitään täysin selvästi todettavaa — vaikutusta runkokäyrän käänneasteeseen korkeuteen. Myöskin kooltaan, pituudeltaan ja läpimitaltaan, suunnilleen samansuuruisissa puissa suoritettut tähän seikkaan kohdistuneet vertailut vahvistavat tätä käsitystä.

Rungon tyvikäyrän muoto.

Rungon tyvikäyrän muodon eli puun tyvilaajentuman mittana on seuraavassa käytetty puun läpimitan $D_{0.05h}$ ja puun neljänneskorkeudella maasta lukien mitatun läpimitan ($D_{0.25h}$) suhdetta eli siis muotosuhdetta: $D_{0.05h} : D_{0.25h}$. Luonnollisinta olisi tietystikin verrata puun tyvessä mitattua läpimittaa puun läpimittaan kohdalla missä tyvilaajentuma loppuu eli siis runkokäyrän käänneasteessa. Käytännöllisistä syistä täytyy vertausläpimitta kuitenkin valita määrättyltä osakorkeudelta ja soveltuu tähän näin ollen parhaiten läpi-

Taulukko 11. Tyvilaajentuma ja puun ikä.
Tabelle 11. Stammanlauf und Alter des Stammes.

$D_{0.05h} : D_{0.25h}$	Mänty II — Kiefer II					Mänty II — Kiefer II			
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen			Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70—90	
1.05	—	1	—	1	2	—	—	—	—
1.08	1	3	6	—	10	3	2	2	7
1.11	8	22	11	5	46	2	6	4	12
1.14	8	33	21	7	69	2	15	8	25
1.17	7	23	2	10	42	5	7	6	18
1.20	3	8	3	2	16	4	6	4	14
1.23	2	1	—	—	3	3	2	1	6
1.26	—	—	—	—	—	1	—	2	3
1.29	—	—	—	—	—	—	1	1	2
1.32	—	—	—	—	—	—	1	—	1
Yht. — Im ganzen	29	91	43	25	188	20	40	28	88
Keskiarvo Mittelwert	1.149	1.144	1.130	1.147	1.142	1.167	1.160	1.164	1.163

Taulukko 12. Tyvilaajentuma ja puun ikä.
Tabelle 12. Stammanlauf und Alter des Stammes.

$D_{0.05h} : D_{0.25h}$	Koivu I — Birke I					Koivu II — Birke II			
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen			Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70—90	
1.08	1	3	3	2	9	—	2	1	3
1.11	3	8	9	1	21	2	2	1	5
1.14	4	23	11	7	45	2	6	7	15
1.17	7	19	10	4	40	5	3	9	17
1.20	7	11	6	3	27	3	13	7	23
1.23	8	4	2	1	15	1	2	1	4
1.26	4	2	—	—	6	—	8	4	12
1.29	3	4	—	—	7	—	4	1	5
1.32	—	—	—	—	—	—	—	1	1
1.35	—	—	—	—	—	3	—	—	3
1.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.41	—	1	—	—	1	—	—	—	—
1.44	—	1	—	—	1	1	—	1	2
Yht. — Im ganzen	37	76	41	18	172	17	40	33	90
Keskiarvo Mittelwert	1.198	1.176	1.150	1.153	1.171	1.216	1.201	1.195	1.201

Taulukko 13. Tyvilaajentuma ja kasvupaikka.
Tabelle 13. Stammanlauf und Standort des Stammes.

$D_{0.05h} : D_{0.25h}$	Mänty I — Kiefer I				Mänty II — Kiefer II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
1.05	2	—	—	2	—	—	—	—
1.08	5	1	4	10	5	2	—	7
1.11	11	26	9	46	4	6	2	12
1.14	29	30	10	69	8	11	6	25
1.17	16	20	6	42	8	7	3	18
1.20	5	9	2	16	7	6	1	14
1.23	3	—	—	3	2	3	1	6
1.26	—	—	—	—	—	3	—	3
1.29	—	—	—	—	1	1	—	2
1.32	—	—	—	—	—	1	—	1
Yhteensä — Im ganzen	71	86	31	188	35	40	13	88
Keskiarvo — Mittelwert	1.143	1.143	1.133	1.142	1.156	1.171	1.154	1.163

m tta puun neljänneskorkeudelta, jota lähinnä runkokäyrän käänneaste yleisimmin sijaitsee. Jo tässä yhteydessä on kuitenkin syytä huomauttaa, että tapauksissa, jolloin tyvilaaientuma ei ulotukaan mainitulle mittakorkeudelle edellämmainittu tyvilaaientuman mittana käytetty muotosuhdeluku osoittaa hiukan liian suurta, ja mikäli tyvilaaientuma ulottuu puun neljänneskorkeuden yläpuolelle, vastaavasti taasen hiukan liian pientä lukuarvoa.

Tyvilaaientuman suuruutta sekä sen riippuvaisuutta puun iästä ja kasvupaikasta esittävät taulukot 11—14.

Taulukko 14. Tyvilaaientuma ja kasvupaikka.
Tabelle 14. Stammanlauf und Standort des Stammes.

D _{0.05h} : D _{0.25h}	Koivu I — Birke I				Koivu II — Birke II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
1.08	4	3	2	9	2	—	1	3
1.11	9	9	3	21	2	3	—	5
1.14	15	20	10	45	5	7	3	15
1.17	20	17	3	40	9	7	1	17
1.20	11	13	3	27	6	13	4	23
1.23	9	5	1	15	3	1	—	4
1.26	3	2	1	6	6	3	3	12
1.29	3	4	—	7	2	1	2	5
1.32	—	—	—	—	—	1	—	1
1.35	—	—	—	—	2	—	1	3
1.38	—	—	—	—	—	—	—	—
1.41	—	1	—	1	—	—	—	—
1.44	1	—	—	1	2	—	—	2
Yhteensä — Im ganzen	75	74	23	172	39	36	15	90
Keskiarvo — Mittelwert	1.176	1.172	1.152	1.171	1.211	1.187	1.21	1.201

Taulukoiden 14—14 perusteella voidaan tehdä seuraavat päätelmät: Tyvilaaientuma on koivulla yleensä huomattavampi kuin männyllä. Sekä männyllä että koivulla tyvilaaientuma on vallitsevissa puissa vähäisempi kooltaan kuin vallituissa.

Riippuvaisuutta puun tyvilaaientuman koon ja toisaalta puun iän tahi kasvupaikan välillä ei tutkimusaineiston perusteella voida havaita.

Yleensä ovat vaihtelut tyvilaaientuman mittasuhteissa yksityistapauksissa verrattain suuret.

Myöskin on syytä tarkastella, missä määrin tyvilaaientuman korkeus-olottuvaisuus eli runkokäyrän käänneasteen asema vaikuttaa tyvilaaientuman suuruuteen. Tätä seikkaa esittävät taulukot 15 ja 16.

Taulukko 15. Runkokäyrän käänneaste ja D_{0.05h} : D_{0.25h}. Mänty I ja II.
Tabelle 15. Wendepunkt der Stammkurve und D_{0.05h} : D_{0.25h}. Kiefer I u. II.

D _{0.05h} : D _{0.25h}	Käänneasteen korkeus maasta % puun pituudesta Höhe des Wendepunkts über der Erde in Prozenten von der Stammhöhe.					Yht. Zus.	Keskiarvo Mittelwert
	5	15	25	35	45		
1.04—1.09	—	12	5	1	1	19	20.3
1.10—1.15	2	70	73	6	1	152	20.7
1.16—1.21	1	17	47	23	2	90	25.9
1.22—1.27	—	2	4	4	2	12	30.0
1.28—1.33	—	—	1	1	1	3	(35)
Yhteensä — Zusamm.	3	101	130	35	7	276	22.9
Keskiarvo	(1.16)	1.183	1.150	1.181	(1.20)	1.147	

Taulukko 16. Runkokäyrän käänneaste ja D_{0.05h} : D_{0.25h}. Koivu I.
Tabelle 16. Wendepunkt der Stammkurve und D_{0.05h} : D_{0.25h}. Birke I.

D _{0.05h} : D _{0.25h}	Käänneasteen korkeus maasta % puun pituudesta Höhe des Wendepunkts über der Erde in Prozenten von der Stammhöhe				Yht. Zus.	Keskiarvo Mittelwert
	15	25	35	45		
1.04—1.09	6	3	—	—	9	(18.3)
1.10—1.15	33	27	6	—	66	20.9
1.16—1.21	12	30	20	5	67	27.7
1.22—1.27	5	8	8	—	21	26.1
1.28—1.33	—	3	4	—	7	(30.7)
1.34—1.39	—	—	—	—	—	—
1.40—1.45	1	—	1	—	2	(25)
Yhteensä — Zus.	57	71	39	5	172	24.5
Keskiarvo Mittelwert	1.147	1.169	1.207	(1.185)	1.171	

Taulukoista 15 ja 16 voidaan havaita, että mitä korkeammalla runkokäyrän käänneaste yleensä sijaitsee eli mitä ylempäs tyvilaaientuma siis ulottuu sitä suuremman lukuarvon tavallisesti myöskin saa tyvilaaientuman suuruuteen.

tuman mittana käytetty muotosuhdeluku. Kun lisäksi huomioon otetaan, mitä aikaisemmin (siv. 26) mainitun muotosuhteen pätevydestä kuvata tyvilaajentuman suuruutta on lausuttu, on syytä epäillä käännepisteen korkeuden ja tyvilaajentuman suuruuden välillä vallitsevan vieläkin selvemmän riippuvaisuussuhteen kuin mitä taulukoissa esitetyt luvut osoittavat. Tästä syystä ja koska edellä jo on verrattain yksityiskohtaisesti tarkasteltu, millä tavoin tyvilaajentuman korkeusulottuvaisuus on puun koosta ja sen mittasuhteista riippuvainen, ei puun koon vaikutusta tyvilaajentuman suuruuteen tässä yhteydessä sen enempää käsitellä.

Esitettäköön sen sijaan vielä taulukot 17 ja 18, joista ilmenee, ettei tyvilaajentuman suuruus, sen paremmin kuin sen korkeusulottuvaisuuskaan (taul. 9 ja 10), ole puun vihreän latvuksen suhteellisesta pituudesta täysin selvästi riippuvainen.

T a u l u k k o 17. Tyvilaajentuma ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.
Tabelle 17. Stammanlauf und relative Länge der Krone.

D _{0,05h} : D _{0,25h}	Mänty I — Kiefer I				Yht. Zus.	Mänty II — Kiefer II			
	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe			
	55	45	35	alle unter 30		yli über 40	35	alle unter 30	Yht. Zus.
1.05	—	1	1	—	2	—	—	—	—
1.08	1	3	4	2	10	2	1	4	7
1.11	4	18	18	6	46	2	3	7	12
1.14	4	28	35	2	69	4	9	12	25
1.17	2	15	18	7	42	4	6	8	18
1.20	2	4	9	1	16	2	2	10	14
1.23	—	1	2	—	3	1	1	4	6
1.26	—	—	—	—	—	—	—	3	3
1.29	—	—	—	—	—	1	—	1	2
1.32	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Yhteensä Im ganzen	13	70	87	18	188	16	22	50	88
Keskiarvo Mittelwert	1.140	1.140	1.144	1.138	1.142	1.181	1.151	1.169	1.163

Sekä puun mittausopin että muototutkimuksen kannalta katsoen on myöskin sangen mielenkiintoista tarkastella, missä määrin puun tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runkokäyrän muoto ovat toisistaan riippuvaisia.

T a u l u k k o 18. Tyvilaajentuma ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.
Tabelle 18. Stammanlauf und relative Länge der Krone.

D _{0,05h} : D _{0,25h}	Koivu I — Birke I					Yht. Zus.	Koivu II — Birke II				Yht. Zus.
	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe						Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				
	yli über 60	55	45	35	25		yli über 50	45	35	25	
1.04—1.09	—	—	5	2	2	9	—	—	1	2	3
1.10—1.15	4	16	29	16	1	66	3	5	8	4	20
1.16—1.21	10	14	21	17	5	67	9	10	15	6	40
1.22—1.27	2	7	5	7	—	21	1	2	8	5	16
1.28—1.33	2	1	3	—	1	7	1	1	4	—	6
1.34—1.39	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	3
1.40—1.45	—	—	1	—	1	2	1	1	—	—	2
Yhteensä Im ganzen	18	38	64	42	10	172	17	19	37	17	90
Keskiarvo Mittelwert	1.192	1.173	1.163	1.166	1.191	1.171	1.220	1.195	1.200	1.174	1.198

T a u l u k k o 19. Riippuvaisuussuhde rungon tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runkokäyrän muodon välillä. Mänty I ja II.

Tabelle 19. Korrelation zwischen der Form der Stammanlaufkurve und der sog. eigentlichen Stammkurve. Kiefer I und II.

D _{0,05h} : D _{0,25h}	D _{0,5h} : D _{0,25h}							Yht. Zus.	Keskiarvo Mittelwert
	0.74	0.77	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92		
1.04—1.09	—	1	1	8	6	2	1	19	0.846
1.10—1.15	—	5	34	78	31	4	—	152	0.829
1.16—1.21	1	6	28	37	13	4	1	90	0.824
1.22—1.27	1	3	1	6	1	—	—	12	0.804
1.28—1.33	—	1	2	—	—	—	—	3	
Yhteensä Im ganzen	2	16	66	129	51	10	2	272	0.827
Keskiarvo Mittelwert	(1.215)	1.178	1.157	1.144	1.134	1.137	(1.125)	1.147	

Puun varsinaisen runkokäyrän muodon kuvaajina voidaan tällöin sopivasti käyttää esim. puun puolikorkeudella ja neljänneskorkeudella mitat-

T a u l u k k o 20. Riippuvaisuussuhde rungon tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runko-käyrän muodon välillä. Mänty I ja II.

T a b e l l e 20. Korrelation zwischen der Form der Stammanlaufkurve und der sog. eigentlichen Stammkurve. Kiefer I und II.

D _{0.05 h} : D _{0.25 h}	D _{0.75 h} : D _{0.25 h}						Yht. Zus.	Keski-arvo Mittelwert
	0.39—0.44	0.45—0.50	0.51—0.56	0.57—0.62	0.63—0.68	0.69—0.74		
1.04—1.09	2	3	9	3	1	1	19	0.532
1.10—1.15	5	52	69	24	2	—	152	0.522
1.16—1.21	5	37	30	13	5	—	90	0.519
1.22—1.27	1	3	5	3	—	—	12	0.511
1.28—1.33	1	2	—	—	—	—	3	
Yhteensä — Im ganzen	14	97	113	43	8	1	276	0.521
Keskiarvo — Mittelwert	1.159	1.154	1.141	1.147	1.145		1.147	

T a u l u k k o 21. Riippuvaisuussuhde rungon tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runko-käyrän muodon välillä. Koivu I ja II.

T a b e l l e 21. Korrelation zwischen der Form der Stammanlaufkurve und der sog. eigentlichen Stammkurve. Birke I und II.

D _{0.05 h} : D _{0.25 h}	D _{0.75 h} : D _{0.25 h}						Yht. Zus.	Keski-arvo Mittelwert
	0.27—0.32	0.33—0.38	0.39—0.44	0.45—0.50	0.51—0.56	0.57—0.62		
1.04—1.09	—	2	1	6	3	—	12	0.465
1.10—1.15	1	6	34	39	5	1	86	0.444
1.16—1.21	6	14	37	38	12	—	107	0.435
1.22—1.27	2	8	11	15	1	—	37	0.423
1.28—1.33	1	2	6	4	—	—	13	
1.34—1.39	1	1	1	—	—	—	3	0.409
1.40—1.45	—	1	1	2	—	—	4	
Yhteensä — Im ganzen	11	34	91	104	21	1	262	0.441
Keskiarvo — Mittelwert	1.218	1.201	1.181	1.174	1.155		1.180	

tujen läpimittojen (D_{0.5 h} : D_{0.25 h}) sekä puun kolmeneljänneskorkeudella ja neljänneskorkeudella mitattujen läpimittojen suhdetta (D_{0.75 h} : D_{0.25 h}).¹

¹ Läpimittaa puun kolmeneljänneskorkeudella (D_{0.75 h}) ei tosin ole koepuista suorastaan mitattu, vaan on se määrätty interpolation kautta läpimitoista D_{0.7 h} ja D_{0.8 h}.

T a u l u k k o 22. Riippuvaisuussuhde rungon tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runko-käyrän muodon välillä. Koivu I ja II.

T a b e l l e 22. Korrelation zwischen der Form der Stammanlaufkurve und der sog. eigentlichen Stammkurve. Birke I und II.

D _{0.05 h} : D _{0.25 h}	D _{0.5 h} : D _{0.25 h}					Yht. Zus.	Keski-arvo Mittelwert
	0.60—0.65	0.66—0.71	0.72—0.77	0.78—0.83	0.84—0.90		
1.04—1.09	—	1	4	4	3	12	0.790
1.10—1.15	—	—	22	56	8	86	0.815
1.16—1.21	1	7	42	50	7	107	0.776
1.22—1.27	—	—	20	16	1	37	0.774
1.28—1.33	—	3	6	4	—	13	
1.34—1.39	—	2	1	—	—	3	0.739
1.40—1.45	—	2	1	1	—	4	
Yhteensä — Im ganzen	1	15	96	131	19	262	0.780
Keskiarvo — Mittelwert	1.238		1.191	1.169	1.144	1.180	

Taulukot 19—24 osoittavat, että puun tyvikäyrän muodon ja n.s. varsinaisen runkokäyrän muodon välillä vallitsee verrattain selvä riippuvaisuussuhde. Mitä vähäisempi puun tyvilaajentuma on sitä täyteläisempi puu tavallisesti on ylemmiltä runko-osiltaan ja mitä tyvekkäämpi puu on sitä katolatvaisemmasta puusta samalla useimmiten on kysymys. Puun tyvikäyrän muodon vaikutus on todettavissa ei ainoastaan puun puolikorkeudelle vaan vieläpä niinkin korkealle rungon latvaosiin kuin puun kolmeneljänneskorkeudelle saakka. Puun vihreän latvuksen mittasuhteilla, ennen kaikkea sen pituudella, on kuitenkin ilmeisesti myöskin oma vaikutuksensa puun varsinaisen runkokäyrän, etenkin sen runkososan muotoon, mihin latvus ulottuu. Koska toisaalta jo aikaisemmin on havaittu, ettei puun vihreän latvuksen suhteellisen pituuden vaikutusta rungon tyvikäyrän muotoon ole todettavissa, näyttää varsin todennäköiseltä, että nämä kaksi toisistaan ilmeisestikin verrattain riippumatonta tekijää: toisaalta rungon tyvikäyrä ja toisaalta puun vihreä latvus sekä kaikki niiden laadussa ja mittasuhteissa ilmenevät ulkonaiset tekijät ratkaisevimmin vaikuttavat puun runkomuodon kehitykseen.

Edellä on tyvilaajentuman mittana käytetty muotosuhdetta D_{0.05 h} : D_{0.25 h}. Kuitenkin on syytä vielä yksityiskohtaisemmin tarkastella tyvikäyrän muotoa, joka samalla määrää tyvilaajentuman suuruuden sen eri osissa. Tämä käy parhaiten päinsä niissä koepuissa, joissa läpimitta on

mitattu myöskin puun $\frac{2}{100}$ korkeudella ($D_{0.02 h}$). Näissä koepuissa on määrätty muotosuhteet: $D_{0.10 h} : D_{0.25 h}$, $D_{0.05 h} : D_{0.25 h}$ ja $D_{0.02 h} : D_{0.25 h}$. Yksinkertaisuuden vuoksi on läpimitta neljänneskorkeudella ($D_{0.25 h}$) merkitty sadaksi ja lausuttu muut läpimitat tätä mittana käyttäen. Tuloksia esittävät seuraavat asetelmat:

Mäntykoeput (pituus yli 20 m)

	$D_{0.10 h}$	$D_{0.05 h}$	$D_{0.02 h}$
Vaihteluvälit	103—114	106—120	114—132
Keskiarvo	108.4	114.1	121.9
Keskivirhe	± 0.31	± 0.37	± 0.52
Koepuiden luku	77	77	77

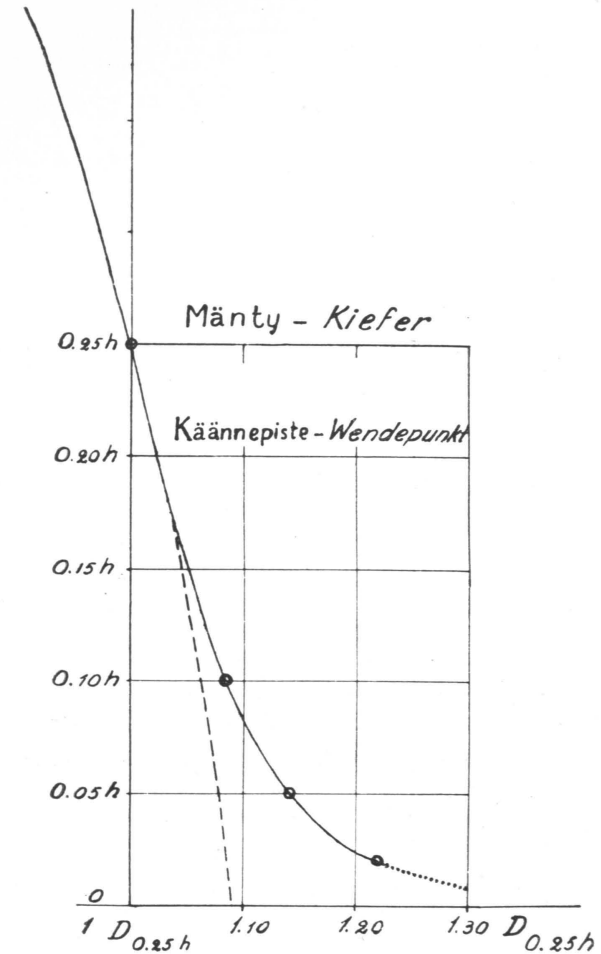
Koivukoeput (pituus yli 20 m)

	$D_{0.10 h}$	$D_{0.05 h}$	$D_{0.02 h}$
Vaihteluvälit	105—117	108—129	112—147
Keskiarvo	109.6	115.6	123.0
Keskivirhe	± 0.39	± 0.55	± 0.95
Koepuiden luku	66	66	66

Vielä selvemmän käsityksen puun tyvikäyrän muodostaa saa edellä esitetyn perusteella laadituista puun tyviosaa esittävästä piirroksista (kuvat 1 ja 2). Piirroksista selviää, että vaikka runkokäyrän käänneaste sijaitseekin useimmiten puun $\frac{2}{10}$ ja $\frac{3}{10}$ korkeuden välillä, kuten aikaisemmin on osoitettu, niin liittyy tyvikäyrä siksi loivasti n.s. varsinaiseen runkokäyrään, ettei tyvilaajentumasta sanan varsinaisessa merkityksessä sen vähäisyyden takia vielä puun ensimmäisellä kymmenesosapituudella käänneasteesta alaspäin lukien juuri voida puhua. Puun $\frac{1}{10}$ korkeuden vaiheilla alkaa tyvilaajentumalla jo puun mittausopin kannalta katsoen olla käytännöllistäkin merkitystä ja tämän mittakorkeuden alapuolella tyvilaajentuma alaspäin siirryttäessä sangen nopeasti kasvaa.¹

Piirroksiin kuvissa 1 ja 2, joista toinen esittää edellämainittujen 77 mäntykoeputien ja toinen 66 koivukoeputien keskimääräistä tyvikäyrää, on koetettu piirtää n.s. varsinaisen runkokäyrän tyviosa sellaisena kuin sen voisi olettaa kulkevan, ellei käänneaste ja tyvilaajentumaa lai-

¹ On syytä tässä yhteydessä vielä huomauttaa, että kysymys on *kuorettoman* rungon muodosta, jota esilläolevassa tutkimuksessa on yksinomaan käsitelty. Kuoren vaikutus rungon tyviosan muotoon on sangen huomattava, joten *kuorellisen* rungon tyvilaajentumakin on todennäköisesti edelläesitetystä melkoisesti poikkeava.



Kuva 1. Männyn (kuorettoman) rungon tyvikäyrä.
Abb. 1. Die Stammanlaufkurve der Kiefer (ohne Rinde).

sinkaan olisi, ja tällä tavoin määrätä, kuten m.m. ARCHER (1920) ja HILDEN (1926) (vrt. edellä siv. 15), varsinaisen tyvipaisuman keskimääräinen suuruus. Vaikkakaan menetelmää ei voida pitää suinkaan täysin objektiivisena, saadaan täten kuitenkin jonkinlainen käsitys siitä, min-kälaisen »lisäyksen» puun läpimittaan sen tyviosassa tyvipaisuma keskimäärin aiheuttaa.

Tämä »lisäys» läpimitassa voidaan eri mittakorkeuksilla arvioida keskimäärin seuraavansuuruisiksi:

Mänty:

Mittakorkeus	0.15 h	0.10 h	0.05 h	0.03 h	0.02 h
»Lisäys» % läpimitasta neljänneskorkeudella ($D_{0.25 h}$)	1	2.5	6	10	13.5

Koivu:

Mittakorkeus	0.15 h	0.10 h	0.05 h	0.03 h	0.02 h
»Lisäys» % läpimitasta neljänneskorkeudella ($D_{0.25 h}$)	1	3	7	11	15

Esimerkiksi rinnankorkeusläpimitaan ($D_{1.3}$) aiheuttaa tyvipaisuma täten eripituisilla ja -läpimitteisilla puilla keskimäärin seuraavat »lisäykset»:

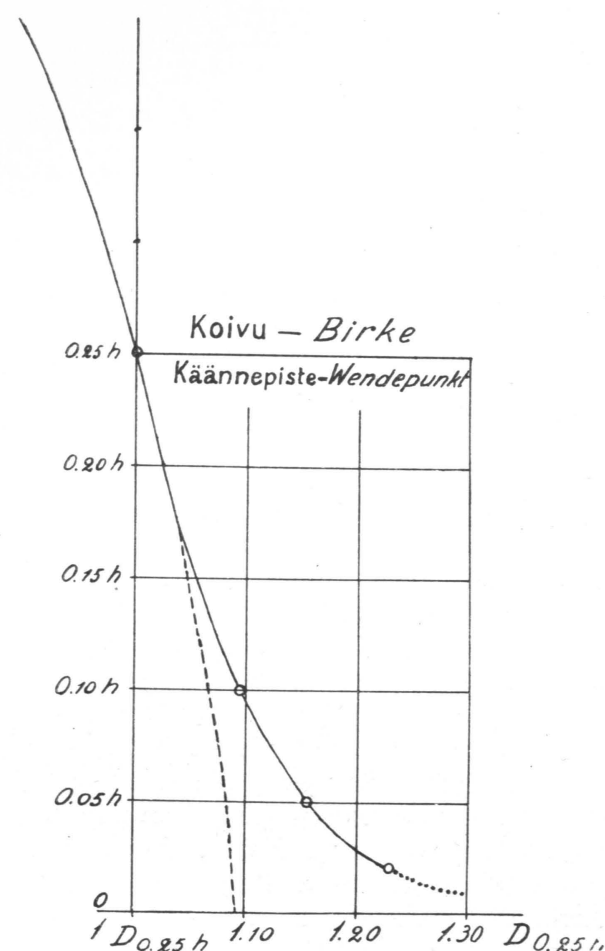
Puun pituus m	$D_{0.25 h}$ cm	»Lisäys» rinnankorkeusläpimitassa, mm	
		Mänty	Koivu
18	12—20	5—8	6—10
20	12—24	6—12	7—14
25	18—30	10—17	12—21
30	20—30	14—21	17—25

On syytä vieläkin nimenomaan huomauttaa, että luvut esittävät ainoastaan keskimääräisiä tuloksia, joille varsinkaan siitä syystä, että tyvikäyrän muoto, kuten edellä on esitetty ja piirroksistakin hyvin käy selville, yksityistapauksissa melkoisesti saattaa vaihdella, ei voida antaa varsin suurta merkitystä.

* * *

Yhteenvedona edellä esitetystä voidaan rungon tyvikäyrän muodosta ja sen merkityksestä puun muototutkimuksessa, samatenkuin puunrunгон mittauksessa yleensä, tehdä seuraavat päätelmät:

Puunrunгон koveran tyviosan korkeuslottuvaisuus sekä tämän n.s. tyvikäyrän muoto, jotka molemmat näyttävät olevan riippuvaisia toisistaan, vaihtelevat yksityisillä rungoilla melkoisesti. Puun runkokäyrän käänneaste, jossa tyvikäyrän ja siis myöskin tyvilaajentuman voidaan katsoa päättyvän, sijaitsee kuitenkin useimmiten puun $\frac{2}{10}$ ja $\frac{3}{10}$ korkeuksien välillä maasta lukien. Puun rinnankorkeusläpimita sijaitsee täten miltei poikkeuksetta, ainakin keskikokoisissa ja sitä suuremmissa puissa, rungon koveralla tyvikäyrällä. Tyvikäyrän muodosta toisaalta johtuu, että varsinainen tyvipaisuma tyvikäyrän yläosassa,



Kuva 2. Koivun (kuolettoman) rungon tyvikäyrä.
Abb. 2. Die Stammanlaufkurve der Birke (ohne Rinde).

lähellä käänneastea, on kuitenkin käytännölliseltä merkitykseltään varsin vähäinen ja alkaa se vasta alempana n. $\frac{1}{10}$ korkeuden alapuolella tuntuvammin vaikuttaa puun kuolettomaankin läpimitaan. Tukkipuiden mittauksessa yleisesti käytetyt mittakorkeudet, esim. 18 engl. jalkaa tahi 6 m kannolta, ulottuvat sen sijaan todennäköisesti useimmiten runkokäyrän käänneasteen yläpuolelle ja sijaitsee mittapiste tällöin tavallisesti sangen lähellä käänneastea ja siis tyvikäyrän päätekohtaa. Käytännöllisiä tarkoituksia silmällä pitäen puunrunгон kapene-

mista ja kuutioimista varten suoritettavissa mittauksissa on edellä mainittujen mittakorkeuksien käyttö näin ollen tässäkin mielessä täysin paikallaan. Myöskin tieteellisiä tarkoituksia varten suoritettavissa puun muoto- ja kapenemistutkimuksissa olisi rinnankorkeusläpimitan asemasta perusläpimitta valittava korkeammalta ja mikäli rungon läpimittavaihtelua kuvaavat lukusarjat sidotaan johonkin vertausmittana käytettävään perusläpimittaan, näyttäisi puun läpimitta puun $\frac{1}{4}$ korkeudella soveltuvan tähän tarkoitukseen parhaiten.

Rungon tyvikäyrän muodon ja toisaalta puun iän, kasvupaikan ja vihreän latvuksen suhteellisen pituuden välillä ei voida todeta minkäänlaista säännönmukaista riippuvaisuussuhdetta. Sellaisetkin tekijät kuin esim. puun koko, läpimitta ja pituus, joihin tutkimus edellä on voitu kohdistaa, näyttävät yleensä varsin vähän — ainoastaan puun kehitysluokka eli puun asema metsikössä merkittävämmän — vaikuttavan puun tyviosan muotoon. Ottaen huomioon kasvavaan puuhun kohdistuvat ulkonaiset staattiset voimat sekä rungon tyviosan tässä suhteessa tärkeimmän tehtävän, on näin ollen varsin luultavaa, että puun tyvikäyrän muodossa ja sen vaihteluissa ilmenevät sellaisten tekijäin, kuten maastosuhteiden, maan rakenteen, metsikön tiheyden, myrskyvaaran, juuristomuodon ja puun juuriston maahan kiinnitystapojen vaihtelut, joihin tutkimusta ei edellä kuitenkaan ole käytännöllisistä syistä voitu kohdistaa.¹

Puun tyvikäyrän muoto ei kuitenkaan ole n.s. varsinaisen runkokäyrän muodosta riippumaton, vaan kykenee se omalla tavallaan ikäänkuin heijastamaan myöskin puun koko runkokäyrän rakennetta. Näin ollen voidaan myöskin puun tyvikäyrän muotoon kohdistuvien mittausten avulla — käytännössä esim. rinnankorkeusläpimitaan ja läpimitaan 6 m korkeudella kohdistuvien mittauksin — ainakin määrätyn rajoituksen, saada eräänlainen kuva myöskin rungon kapenemisesta runkokäyrän käännepesteen yläpuolella. Puun ylemmillä runko-osilla alkavat kuitenkin jo muidenkin tekijäin, ennen kaikkea vihreän latvuksen, vaikutukset runkomuotoon yhä selvemmin ilmetä.

¹ Esim. rungon tyviosan vahvistuminen puun jouduttua vapaampaan asemaan on ilmeinen seuraus puun pyrkimyksestä lisätä myrskynkestävyyttään (vrt. esim. ERKKI LAITAKARI, 1929, siv. 16 ja ERKKI K. CAJANDER, 1934, siv. 7).

Puun n.s. varsinaisen runkokäyrän muoto.

Muotosuhdeluvut.

Yksinkertaisimpana jonkun kappaleen muodon tunnuslukuna on pidettävä sen kahden tärkeimmän tahi tyypillisimmän ulottuvaisuuden keskinäistä suhdetta. — Puun runkomuodon kuvaamiseen on taasen jo varhain opittu käyttämään kahden määräkorkeudella mitatun läpimitan suhdetta, jota kutsutaan *muotosuhteeksi* (*Formquotient*). Muotosuhdelukujen varhaisimmista käyttäjistä on mainittava SCHIFFEL (1899, 1905, 1907 ja 1908). Tutkiessaan puun runkomuodon vaihtelua hän on verrannut puun $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ja $\frac{3}{4}$ korkeudella mitattuja läpimittoja rinnankorkeusläpimitaan, jota hän siis on käyttänyt perusläpimitana. Hän toteaa, että täten muodostettujen muotosuhdelukujen välillä vallitsee siksi selvä riippuvaisuussuhde, että jos joku niistä on määrätty, myöskin toiset voidaan sen kautta saada määrättyksi. Sittemmin on myöskin MAASS (1908, 1911) käyttänyt puun muodon kuvaajana muotosuhdetta $D_{0.5h} : D_{1.3}$. Hän on havaitsevinaan, että jos yhtä pitkillä puilla on sama muotosuhde, niin voidaan myöskin kaikki muilla korkeuksilla sijaitsevat läpimitat saada lasketuksi, sillä ne ovat kaikilla puilla samassa prosenttisuhdeessa rinnankorkeusläpimitaan olkoonpa tämä suuri tahi pieni. Koska tällöin vertausläpimitta kuitenkin on valittu absoluuttisesti määrättyltä korkeudelta, niin se puun pituuden vaihdellessa tulee mitatuksi erilaiselta puun osakorkeudelta, eikä siis muotosuhde sovellu eri pituisten puiden muodon keskinäiseen vertailuun.

Tämän epäkohdan poistaakseen JONSON (1910) ehdottaakin, että muotosuhteen määräämiseksi rinnankorkeusläpimitaan verrattava läpimitta mitattaisiin rinnankorkeuden ja latvanhuipun keskiväliltä ja osoittaa, että tällöin niiden runkojen, joilla täten määrätty muotosuhde on samansuuruinen, prosenttinen kapeneminen myöskin eri pituisilla puilla noudattaa samanlaista kulkua. Kuitenkaan ei JONSONIN muotosuhdekaan ole täysin riippumaton puun pituudesta, kuten CAJANUS (1911) jo huomauttaa. Rinnankorkeusläpimitta tulee nimittäin lyhyissä puissa

mitatuksi suhteellisesti korkeammalla kuin pitkissä puissa ja siis puun pituudesta riippuen rungon eri osissa. Sen lisäksi ei rinnankorkeudelle miltei säännöllisesti ulottuva puun tyvilaaientuma saata olla häiritsevästi vaikuttamatta muotosuhteen lukuarvoon.

Ainoastaan siinä tapauksessa että muotosuhde määrätään kahden määrättyllä osakorkeudella mitatun läpimitan osamääränä, saadaan puun pituuden vaikutus muotosuhteen lukuarvoon täydelleen eliminoiduksi. Vasta täten määrätty muotosuhde ansaitsee siis itse asiassa todellisen muotosuhteen nimityksen. Syystä että runkokäyrän käänne pisteen suhteellinenkin korkeus erilaisista tekijöistä riippuen yksityisillä rungoilla vaihtelee melkoisesti, kohtaa muotosuhteen vertausläpimitan sopivimman mittakorkeuden valitseminen tällöinkin vaikeuksia. Tämä seikka epäilemättä omalta osaltaan vähentää muotosuhdelukujen yleispätevyyttä runkomuodon kuvaajina.

Pääasiallisesti siitä syystä, että kokeellisesti voitaisiin saada käsitys erilaisten muotosuhdelukujen merkityksestä puun runkomuodon kehityksen tarkkailussa ja niiden kyvystä kuvata runkomuodon vaihteluja, tarkastellaan seuraavassa tutkimusaineistoa myöskin muotosuhdelukujen valossa. Pitäen silmällä runkokäyrän käänne pisteen asemaa on muotosuhdelukujen vertausläpimitaksi sopivimpana pidetty puun läpimittaa neljänneskorkeudella ($D_{0.25h}$) ja on tutkimusaineistossa määrätty seuraavat muotosuhdeluvut: 1) rungon puolikorkeudella ja neljänneskorkeudella mitattujen läpimittojen suhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja 2) rungon kolmeneljännes-

T a u l u k k o 23. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja kasvupaikka.

T a b e l l e 23. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und Standort.

Muotosuhdeluokat Formquotientklassen	Mänty I — Kiefer I				Mänty II — Kiefer II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.74	—	—	—	—	2	—	2	
0.77	7	3	—	10	4	2	6	
0.80	20	22	5	47	10	5	19	
0.83	31	44	17	92	15	15	37	
0.86	11	15	8	34	4	12	17	
0.89	2	2	1	5	2	2	5	
0.92	—	—	—	—	2	—	2	
Yhteensä — Im ganzen	71	86	31	188	35	40	13	88
Keskiarvo — Mittelwert	0.822	0.827	0.835	0.826	0.821	0.835	0.832	0.829
Keskivirhe Mittlerer Fehler	±0.0033	±0.0026	±0.0039	±0.0019	±0.0051	±0.0062	±0.0065	±0.0036

korkeudella ja neljänneskorkeudella mitattujen läpimittojen suhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$).¹

Tuloksia esittävät taulukot 23—32.

T a u l u k k o 24. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja puun ikä.
T a b e l l e 24. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und Alter des Stammes.

Muotosuhdeluokat Formquotientklassen	Mänty I — Kiefer I					Mänty II — Kiefer II			
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen			Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70—90	
0.74	—	—	—	—	—	—	2	—	2
0.77	2	6	1	1	10	3	3	—	6
0.80	13	22	9	3	47	9	6	4	19
0.83	9	48	21	14	92	6	14	17	37
0.86	5	13	11	5	34	1	13	3	17
0.89	—	2	1	2	5	1	1	3	5
0.92	—	—	—	—	—	—	1	1	2
Yhteensä Im ganzen	29	91	43	25	188	20	40	28	88
Keskiarvo Mittelwert	0.818	0.824	0.831	0.835	0.826	0.812	0.830	0.839	0.829
Keskivirhe Mittlerer Fehler	±0.0047	±0.0026	±0.0037	±0.0053	±0.0019	±0.0065	±0.0059	±0.0054	±0.0036

T a u l u k k o 25. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja kasvupaikka.

T a b e l l e 25. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und Standort.

Muotosuhdeluokat Formquotientklassen	Koivu I — Birke I				Koivu II — Birke II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.64	—	—	—	—	—	1	—	1
0.67	1	—	—	1	2	—	1	3
0.70	—	3	1	4	3	4	—	7
0.73	8	6	2	16	9	5	1	15
0.76	14	19	4	37	13	12	3	28
0.79	18	26	9	53	8	9	6	23
0.82	23	14	7	44	4	4	3	11
0.85	7	5	—	12	—	—	1	1
0.88	3	2	—	5	—	1	—	1
Yhteensä — Im ganzen	74	75	23	172	39	36	15	90
Keskiarvo — Mittelwert	0.795	0.786	0.785	0.790	0.756	0.763	0.782	0.763
Keskivirhe Mittlerer Fehler	±0.0048	±0.0044	±0.0068	±0.0030	±0.0067	±0.0073	±0.0111	±0.0046

¹ Vrt. alaviitta 1 siv. 30.

Taulukko 26. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja puun ikä.
 Tabelle 26. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und Alter des Stammes.

Muotosuhdeluokat Formquotient- klassen	Koivu I — Birke I					Koivu II — Birke II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
0.64	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
0.67	1	—	—	—	1	2	1	—	—	3
0.70	2	2	—	—	4	1	3	3	—	7
0.73	12	2	1	1	16	4	7	4	—	15
0.76	9	17	10	1	37	5	14	7	2	28
0.79	6	26	13	8	53	1	12	7	3	23
0.82	5	20	15	4	44	3	2	2	4	11
0.85	2	6	1	3	12	—	1	—	—	1
0.88	—	3	1	1	5	—	—	1	—	1
Yhteensä Im ganzen	37	76	41	18	172	17	40	24	9	90
Keskiarvo Mittelwert	0.762	0.796	0.796	0.807	0.790	0.744	0.762	0.767	0.797	0.763
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 0.0069	± 0.0042	± 0.0046	± 0.0082	± 0.0030	± 0.0125	± 0.0064	± 0.0085	—	± 0.0046

Taulukko 27. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja kasvupaikka.
 Tabelle 27. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und Standort.

Muotosuhdeluokat Formquotientklassen	Mänty I — Kiefer I				Mänty II — Kiefer II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.40	—	1	—	1	4	1	—	5
0.43	2	2	—	4	1	2	1	4
0.46	9	11	2	22	5	4	3	12
0.49	19	24	8	51	8	2	2	12
0.52	19	19	9	47	3	7	4	14
0.55	14	17	9	40	4	8	—	12
0.58	3	9	1	13	8	6	3	17
0.61	3	3	1	7	—	6	—	6
0.64	2	—	1	3	2	3	—	5
0.67	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	—	—	—	—	1	—	—	1
Yhteensä Im ganzen	71	86	31	188	35	40	13	88
Keskiarvo Mittelwert	0.517	0.516	0.526	0.518	0.512	0.547	0.509	0.528
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 0.0053	± 0.0047	± 0.0070	± 0.0032	± 0.0112	± 0.0103	± 0.0138	± 0.0070

Taulukko 28. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja puun ikä.
 Tabelle 28. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und Alter des Stammes.

Muotosuhdeluokat Formquotient- klassen	Mänty I — Kiefer I					Mänty II — Kiefer II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
0.40	—	—	—	—	—	4	1	—	—	5
0.43	3	2	—	—	5	2	2	—	—	4
0.46	8	8	4	2	22	5	5	2	—	12
0.49	9	29	9	4	51	4	6	2	—	12
0.52	4	25	12	6	47	3	8	2	1	14
0.55	2	20	10	8	40	2	5	4	1	12
0.58	1	3	7	2	13	—	8	4	5	17
0.61	—	4	1	2	7	—	2	1	3	6
0.64	2	—	—	1	3	—	3	2	—	5
0.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Yhteensä Im ganzen	29	91	43	25	188	20	40	17	11	88
Keskiarvo Mittelwert	0.497	0.514	0.527	0.537	0.518	0.469	0.530	0.566	0.528	0.528
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 0.0098	± 0.0041	± 0.0058	± 0.0088	± 0.0032	± 0.0106	± 0.0095	± 0.0101	± 0.0070	± 0.0070

Taulukko 29. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja kasvupaikka.
 Tabelle 29. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und Standort.

Muotosuhdeluokat Formquotientklassen	Koivu I — Birke I				Koivu II — Birke II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.28	—	—	—	—	—	1	—	1
0.31	4	2	1	7	1	2	—	3
0.34	4	6	3	13	4	1	1	6
0.37	4	6	—	10	4	1	—	5
0.40	9	16	4	29	3	8	1	12
0.43	20	17	1	38	5	4	3	12
0.46	20	11	9	40	12	7	5	24
0.49	8	12	3	23	5	9	3	17
0.52	2	4	2	8	4	2	2	8
0.55	2	1	—	3	1	1	—	2
0.58	1	—	—	1	—	—	—	—
Yhteensä — Im ganzen	74	75	23	172	39	36	15	90
Keskiarvo — Mittelwert	0.434	0.429	0.453	0.432	0.438	0.438	0.456	0.441
Keskivirhe Mittlerer Fehler	± 0.0064	± 0.0062	± 0.0120	± 0.0042	± 0.0097	± 0.0103	± 0.0113	± 0.0065

Taulukko 30. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja puun ikä.
 Tabelle 30. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und Alter des Stammes.

Muotosuhde- luokat Formquotient- klassen	Koivu I — Birke I					Koivu II — Birke II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
0.28	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
0.31	7	—	—	—	7	1	—	2	—	3
0.34	7	5	1	—	13	3	2	1	—	6
0.37	4	6	—	—	10	2	3	—	—	5
0.40	8	15	3	3	29	1	7	3	1	12
0.43	8	17	11	2	38	4	6	2	—	12
0.46	2	23	10	5	40	1	16	5	2	24
0.49	—	8	9	6	23	4	4	4	5	17
0.52	1	1	4	2	8	—	2	5	1	8
0.55	—	1	2	—	3	—	—	2	—	2
0.58	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
Yhteensä Im ganzen	37	76	41	18	172	17	40	24	9	90
Keskiarvo Mittelwert	0.381	0.432	0.464	0.463	0.432	0.405	0.438	0.463		0.441
Keskivirhe Mittlerer Fehler	±0.0086	±0.0051	±0.0072	±0.0879	±0.0042	±0.0160	±0.0072	±0.0106		±0.0065

Taulukko 31. Riippuvaisuussuhde muotosuhteiden ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$ ja $D_{0.75h} : D_{0.25h}$) välillä. Mänty I ja II.

Tabelle 31. Korrelation zwischen den Formquotienten ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$ und $D_{0.75h} : D_{0.25h}$). Kiefer I u. II.

$D_{0.75h} : D_{0.25h}$	$D_{0.5h} : D_{0.25h}$								Yht. Zus.	Keski- arvo Mittel- wert
	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94		
0.40	—	2	1	3	—	—	—	—	6	0.795
0.43	1	—	4	3	—	—	—	—	8	0.794
0.46	—	3	15	14	2	—	—	—	34	0.803
0.49	—	3	15	35	8	2	—	—	63	0.824
0.52	—	—	5	24	30	2	—	—	61	0.834
0.55	—	—	2	29	16	5	—	—	52	0.834
0.58	—	—	—	11	16	3	—	—	30	0.842
0.61	—	—	—	2	4	5	2	—	13	0.866
0.64	—	—	—	1	1	6	—	—	8	0.869
0.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	—	—	—	—	—	—	—	1	1	(0.94)
Yhteensä Im ganzen	1	8	42	122	77	23	2	1	276	0.828
Keskiarvo Mittelwert	(0.43)	0.456	0.478	0.514	0.540	0.583	(0.61)	(0.70)	0.521	

Taulukko 32. Riippuvaisuussuhde muotosuhteiden ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$ ja $D_{0.75h} : D_{0.25h}$) välillä. Koivu I ja II.
 Tabelle 32. Korrelation zwischen den Formquotienten ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$ und $D_{0.75h} : D_{0.25h}$). Birken I u. II.

$D_{0.75h} : D_{0.25h}$	$D_{0.5h} : D_{0.25h}$									Yht. Zus.	Keski- arvo Mittel- wert
	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88		
0.28	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	(0.64)
0.31	—	1	1	6	2	—	—	—	—	10	0.719
0.34	—	2	3	4	9	1	—	—	—	19	0.736
0.37	—	1	1	4	4	2	2	1	—	15	0.760
0.40	—	—	4	3	12	14	6	—	2	41	0.777
0.43	—	—	1	8	19	14	5	2	1	50	0.774
0.46	—	—	1	5	13	25	14	6	—	64	0.790
0.49	—	—	—	—	3	14	18	4	1	40	0.809
0.52	—	—	—	—	3	5	8	—	—	16	0.799
0.55	—	—	—	1	—	1	1	—	2	5	(0.82)
0.58	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	(0.82)
Yhteensä Im ganzen	1	4	11	31	65	76	55	13	6	262	0.781
Keskiarvo Mittelwert	(0.28)	(0.34)	0.381	0.393	0.418	0.450	0.470	0.458	(0.47)	0.435	

Taulukoissa esitettyjen tulosten mukaisesti voidaan muotosuhdelukujen perusteella saada männyn ja koivun muodosta ja sen riippuvaisuudesta erilaisista tekijöistä seuraavanlainen käsitys:

Muotosuhdeluvut näyttävät männyllä olevan yleensä suuremmat kuin koivulla.

Kasvupaikan vaikutusta puun runkomuotoon ei tutkimusaineistosta laskettujen muotosuhteiden perusteella voida varmasti todeta. — Kuitenkin näyttää siltä kuin muotosuhde varsinkin männyllä olisi paremmilla kasvupaikoilla jonkin verran pienempi kuin huonommilla.

Iän vaikutus puun runkomuodon kehitykseen on keskiarvolaskelmien perusteella verrattain varmasti havaittavissa. Puun runkomuoto näyttää yleensä paranevan puun iän lisääntyessä.

Millä tavoin vallitsevat ja vallitut puut runkomuotonsa puolesta eroavat toisistaan, siitä ei sen sijaan muotosuhdelukujen keskiarvolaskelmien perusteella saa täysin varmaa käsitystä. — Kuitenkin näyttää siltä kuin vallitsevan männyn muotosuhde olisi yleensä hiukan pienempi kuin samanlaisissa oloissa kasvaneen vallitun puun, joskin tämänsuuntainen

eroavaisuus keskiarvoihin liittyviin keskivirheisiin verrattuna saattaa olla sangen vähäinen ja siis myöskin vain satunnaisista seikoista aiheutunut. Sensijaan näyttää koivulla vallitsevien puiden alempi muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) olevan suurempi kuin vallittujen, joskin ylempi muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) taasen näyttää osoittavan päinvastaista.

Kuten on odotettavissakin, vallitsee molempien laskettujen muotosuhdelukujen ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$ ja $D_{0.75h} : D_{0.25h}$) välillä selvä riippuvaisuussuhde.

Vielä on syytä tarkastella, millä tavoin lasketut muotosuhdeluvut ovat puun vihreän latvuksen suhteellisesta pituudesta riippuvaisia. Tätä seikkaa selvittävät taulukot 33—36.

Taulukko 33. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.
Tabelle 33. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und relative Länge der Krone.

$D_{0.5h} : D_{0.25h}$	Mänty I — Kiefer I				Yht. Zus.	Mänty II — Kiefer II			Yht. Zus.
	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe			
	55	45	35	alle 30 unter		yli 40 über	35	alle 30 unter	
0.74	—	—	—	—	—	1	—	1	2
0.77	1	5	4	—	10	2	1	3	6
0.80	7	15	23	2	47	6	9	4	19
0.83	4	39	42	7	92	4	6	27	37
0.86	1	10	16	7	34	2	6	9	17
0.89	—	1	2	2	5	1	—	4	5
0.92	—	—	—	—	—	—	—	2	2
Yhteensä Im ganzen	13	70	87	18	188	16	22	50	88
Keskiarvo Mittelwert	0.813	0.826	0.826	0.845	0.826	0.813	0.823	0.836	0.829

Puun vihreän latvuksen vaikutus puun n.s. varsinaisen runkokäyrän ja etenkin sen ylempien osien muotoon on tulosten perusteella (taul. 33—36) selvästi havaittavissa. Jo rungon keskiosan muoto ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) osoittautuu alttiiksi puun vihreän latvuksen vaikutukselle. Mitä korkeammalla ja siis kauempana kysymyksessä olevasta mittapistestä ($0.5h$) puun vihreä latvus sijaitsee sitä vähemmän sen vaikutus kuitenkin vielä tuntuu. Puun latvaosan muoto, jota muotosuhde $D_{0.75h} : D_{0.25h}$ etupäässä

Taulukko 34. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.

Tabelle 34. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und relative Länge der Krone.

$D_{0.75h} : D_{0.25h}$	Mänty I — Kiefer I				Yht. Zus.	Mänty II — Kiefer II			Yht. Zus.
	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe			
	55	45	35	alle 30 unter		yli 40 über	35	alle 30 unter	
0.40	—	—	—	—	—	4	1	—	5
0.43	2	2	1	—	5	3	—	1	4
0.46	3	14	5	—	22	5	5	2	12
0.49	6	24	20	1	51	1	6	5	12
0.52	2	20	24	1	47	2	3	9	14
0.55	—	8	27	5	40	1	3	8	12
0.58	—	2	5	6	13	—	3	14	17
0.61	—	—	3	4	7	—	1	5	6
0.64	—	—	2	1	3	—	—	5	5
0.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Yhteensä Im ganzen	13	70	87	18	188	16	22	50	88
Keskiarvo Mittelwert	0.478	0.500	0.527	0.573	0.518	0.452	0.509	0.559	0.528

kuvaa, on sen sijaan aivan ratkaisevalla tavalla puun latvuksesta riippuvainen.

Edellä esitetystä on käynyt selville, että joskin puun runkomuodon vaihtelu on seuraus monien erilaisten tekijäin vaikutuksesta, riippuu puun runkokäyrän muoto puun puolikorkeuden yläpuolella ennen kaikkea puun vihreän latvuksen suhteellisesta pituudesta. (Vrt. esim. LAKARI 1920 ja LINDHOLM 1934.) Tällä seikalla on varsinkin siitä syystä merkityksensä, että puun vihreän latvuksen suhteellisen pituuden määrittäminen on käytännössä varsin yksinkertainen tehtävä. Sen käyttäminen runkomuodon määrittämisperusteena kuutioimis- ja kapenemistauluissa tarjoaisi näin ollen monia käytännöllisiä etuja. Näyttää myöskin ilmeiseltä, että juuri vihreän latvuksen suhteellinen pituus huomattavalla tavalla perusläpimitan ja katkaisuläpimitan ohella vaikuttaa puusta saatavan käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään, mihin seikkaan ei tietävästi kuitenkaan ole aikaisemmin riittävästi huomiota kiinnitetty. (Vrt. esim. ARO 1935.)

Taulukko 35. Muotosuhde ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.Tabelle 35. Formquotient ($D_{0.5h} : D_{0.25h}$) und relative Länge der Krone.

$D_{0.5h} : D_{0.25h}$	Koivu I — Birke I					Yht. Zus.	Koivu II — Birke II				Yht. Zus.	
	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe						Yht. Zus.	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				
	yli 60 über	55	45	35	25			yli 50 über	45	35		25
0.64	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	
0.67	—	—	1	—	—	1	1	—	2	—	3	
0.70	2	1	—	—	1	4	2	1	4	—	7	
0.73	3	5	5	1	2	16	3	2	5	5	15	
0.76	7	10	11	8	1	37	7	5	12	4	28	
0.79	3	10	22	16	2	53	2	8	10	3	23	
0.82	3	8	16	15	2	44	1	3	3	4	11	
0.85	—	3	6	2	1	12	—	—	—	1	1	
0.88	—	1	3	—	1	5	—	—	1	—	1	
Yhteensä Im ganzen	18	38	64	42	10	172	17	19	37	17	90	
Keskiarvo Mittelwert	0.762	0.785	0.796	0.796	0.787	0.790	0.742	0.776	0.761	0.776	0.763	

Lopuksi on vielä syytä tarkastella, mikä merkitys muotosuhteille on puun runkomuodon kuvaajina yleensä annettava.

Mikäli puun runkoa käsitellään matemaattisena pyörähdyskappaleena, niin määräävät tämän kappaleen muodon 1) *runkokäyrän muoto* ja 2) *sen asema runkoakseliin nähden*. Puun rungon muototutkimuksissa on ensin-mainittuun tekijään kiinnitetty yleensä varsin paljon huomiota ja siis pyritty selvittämään, missä määrin puunrunko yleensä sekä varsinkin eri osiltaan muistuttaa esim. säännöllisiä matemaattisia kappaleita, kuten sylinteriä, kartiota, paraboloidia ja neiloidia. Puun erilaisilla osakorkeuksilla mitattujen läpimittojen suhteet eli muotosuhteet määräävät nekin yksinomaan puun runkokäyrän muodon. Puun kapenemisen selvittelyssä niillä onkin sangen tärkeä käytännöllinen merkitys siinä suhteessa, että mikäli myöskin puun pituus ja joku sen läpimitoista, tavallisimmin perusläpimita, ovat tunnetut, tulevat muotosuhdelukujen avulla muutkin läpimitat ja siten myöskin puun runkomuoto määrättyksi. Mutta sellaisenaan ilman tietoja puun läpimitan ja pituuden keskinäisestä suhteesta muotosuhdeluvut saattavat antaa vain vaillinaisen käsityksen puun kape-

Taulukko 36. Muotosuhde ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus.Tabelle 36. Formquotient ($D_{0.75h} : D_{0.25h}$) und relative Länge der Krone.

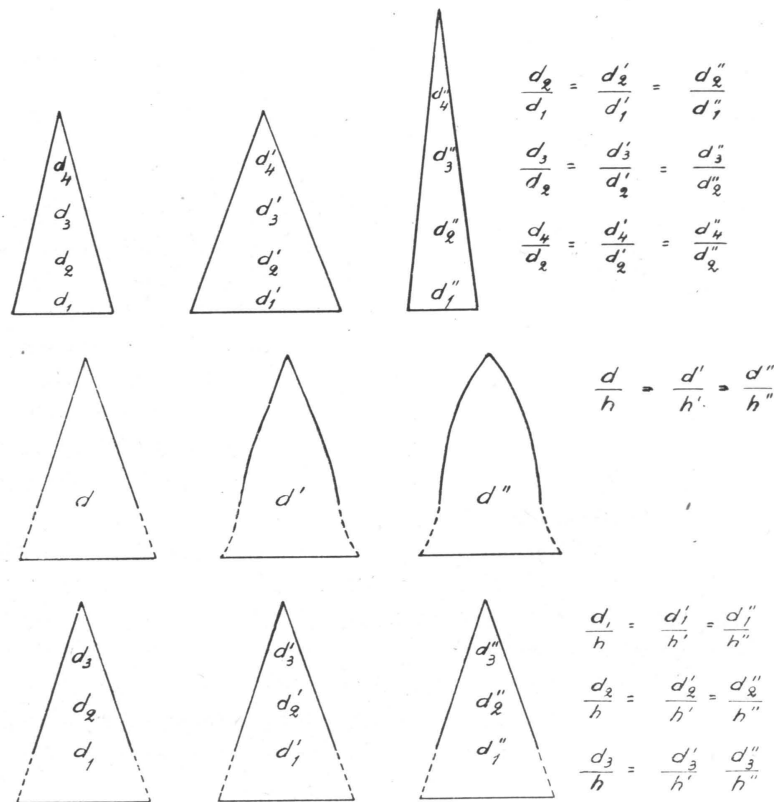
$D_{0.75h} : D_{0.25h}$	Koivu I — Birke I					Yht. Zus.	Koivu II — Birke II				Yht. Zus.	
	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe						Yht. Zus.	Vihreän latvuksen pituus % koko puun pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				
	yli 60 über	55	45	35	25			yli 50 über	45	35		25
0.28	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	
0.31	2	4	1	—	—	7	—	1	2	—	3	
0.34	4	4	4	1	—	13	2	3	1	—	6	
0.37	3	2	4	1	—	10	2	1	2	—	5	
0.40	4	8	12	4	1	29	3	—	6	3	12	
0.43	4	9	13	10	2	38	3	1	7	1	12	
0.46	1	11	18	8	2	40	3	8	9	4	24	
0.49	—	—	9	13	1	23	2	4	7	4	17	
0.52	—	—	2	3	3	8	1	1	2	4	8	
0.55	—	—	1	1	1	3	—	—	1	1	2	
0.58	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	
Yhteensä Im ganzen	18	38	64	42	10	172	17	19	37	17	90	
Keskiarvo Mittelwert	0.382	0.407	0.435	0.461	0.478	0.432	0.416	0.436	0.440	0.474	0.441	

nemisestä ja puun runkomuodosta kokonaisuudessaan. Sillä puun runkokäyrän muoto kuvaa paremminkin vain sitä t a p a a, jolla runko kapenee, kuin itse kapenemisen m ä ä r ä ä, joka on melkoista enemmän riippuvainen runkokäyrän ja puun akselin keskinäisestä asemasta kuin itse runkokäyrän muodosta. Niinpä kaksi runkoa, joiden perusläpimita on sama, saattaa runkokäyränsä puolesta olla täysin samanmuotoista, jolloin siis muotosuhdeluvut myöskin ovat samanlaiset, siitä huolimatta että toinen on esim. kolme-neljä kertaa pitempi kuin toinen. Runkomuotonsa puolesta eivät nämä rungot tällöin luonnollisestikaan saata olla samanveroisia. (Vrt. kuv. 3).

Tämän vuoksi ja koska kappaleen muodon yksinkertaisimpana tunnuslukuna on yleensä pidettävä sen kahden tärkeimmän tahi tyypillisimmän ulottuvaisuuden keskinäistä suhdetta, kuten jo aikaisemmin (siv. 37) on mainittu, CAJANUS (1911) jo esittääkin, että muotosuhdelukujen

asemesta puun muodon kuvaamiseksi käytettäisiin puun läpimitan ja pituuden suhdetta esittäviä lukuja.

Saadakseen puunrunгон muodon kuvatuksi riippumattomana puun absoluuttisista mitoista CAJANUS mittaa läpimitat kaikissa puissa vastaavilla kohdin puun runkoa, nimittäin $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}, \frac{5}{10}, \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}$ ja $\frac{9}{10}$ puun pituutta latvasta lukien. Merkiten mitattujen läpimittojen etäisyyksiä latvasta kirjaimilla h_1, h_2, h_3 j.n.e. — — — h_9 ja vastaavia läpimittoja kirjaimilla d_1, d_2, d_3 — — — d_9 hän muodostaa suhteet $q_1 = \frac{d_1}{h_1}, q_2 = \frac{d_2}{h_2}, q_3 = \frac{d_3}{h_3}$ — — — $q_9 = \frac{d_9}{h_9}$. Täten hän saa runkomuodon kuvatuksi täydelleen verrannollisissa luvuissa. Käyttämällä lukusarjaa



Kuva 3. Kaavakuva erilaisten muototunnuslukujen kyvystä määritellä puun runkomuoto ja rungon kapeneminen.

Abb. 3. Schematische Darstellung über die Fähigkeit der verschiedenen Formcharakteristika, die Form und den Durchmesserabfall des Stammes zu definieren.

$q_1 - q_9$ runkomuodon osoittajana CAJANUS luulee voivansa vertailevien tutkimusten avulla selvittää monia runkomuodon kehitykseen liittyviä ja vielä epäselviä kysymyksiä. Samassa yhteydessä CAJANUS osoittaa esittämänsä menettelytavan olevan paljon vähäisemmässä määrässä riippuvaisen mittausvirheistä, kuin mitä muotosuhdeluvut ovat.

Mutta myöskin yksinkertaisemmalla tavalla määritellyt, rungon sopivasti valitun läpimitan ja sen pituuden suhdeluvut, eli n.s. s o l a k k u u s l u v u t kuvaavat puun runkomuotoa (vrt. esim. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1929).

Rungon solakkuus.

Puun runkomuodosta saa varsin selvän kuvan, joka tällöin on myöskin riippumaton puun pituudesta ja yleensä sen koosta, tarkastelemalla lukusarjaa, joka esittää puun läpimittoja rungon eri korkeuksilla puun pituuden mittalukuina lausuttuina. Kun rungot täten laskennallisesti muutetaan yhteen ulottuvaisuuteen, ja sopivimmin siis pituuteen, nähden yhteneväisiksi, t.s. rungon kaikki läpimitat lausutaan sen pituuden mittalukuina, voidaan myöskin parhaiten tehdä vertailuja erilaisten runkojen muodon samaten kuin niiden relatiivisen kapenemisenkin välillä. Sen sijaan että CAJANUS eliminoidakseen puun pituuden vaikutuksen käytti runkomuodon tunnuslukuina eri korkeuksilla mitattujen läpimittojen ja rungon latvasta mittakohtaan mitattujen etäisyyksien suhdelukuja, onkin esillä olevassa tutkimuksessa käytetty sitä jonkin verran yksinkertaisempaa tapaa, että koepuissa osakorkeuksilla mitatut absoluuttiset läpimitta-arvot on jaettu koepuun pituudella ja täten muodostettu uusi lukusarja, joka ei siis enää ole runkopituudesta lainkaan riippuvainen, vaan kuvaa yksinomaan puun runkomuotoa.

Täten muodostetut lukusarjat tekevät mahdolliseksi kooltaan mitä erilaisimpienkin runkojen relatiivisen kapenemisen keskinäisen vertailun eri osilla runkoa, mutta toisaalta on tällaisten lukusarjojen käyttö puun muodon tunnuslukuina käytännössä sangen hankalaa.

Kaavamaisena esimerkkinä käytetystä menettelytavasta esitetään seuraavat kolme koepuuta:

Mittakorkeus % puun pituudesta	Koepuu A. Pituus: 28.00 m Läpimitta cm pituuden mittalukuna		Koepuu B. Pituus: 20.00 m Läpimitta cm pituuden mittalukuna		Koepuu C. Pituus: 15.00 m Läpimitta cm pituuden mittalukuna	
90	4.3	0.00154	3.7	0.00185	2.0	0.00133
80	8.7	0.00311	7.4	0.00370	3.9	0.00260
75	10.6	0.00379	9.0	0.00450	4.7	0.00313
70	12.3	0.00459	10.5	0.00525	5.5	0.00367
60	15.4	0.00550	13.2	0.00650	6.7	0.00447
50	17.5	0.00625	15.9	0.00750	7.8	0.00520
40	19.5	0.00696	16.7	0.00835	8.7	0.00580
30	20.8	0.00743	17.8	0.00890	9.2	0.00613
25	21.4	0.00764	18.3	0.00915	9.5	0.00633
20	22.0	0.00786	18.9	0.00945	9.8	0.00653
10	23.4	0.00836	20.1	0.01005	10.6	0.00707
5	24.8	0.00886	21.3	0.01065	11.3	0.00753
Muoto- suhdeluvut	} $D_{0.50h} : D_{0.25h}$ 0.818		0.820		0.821	
	} $D_{0.75h} : D_{0.25h}$ 0.496		0.492		0.495	

Edellä esitettyjen koepuiden runkokäyrät ovat sangen yhdenmukaiset, mutta runkokäyrän asema runkoakseliin nähden on niillä erilainen ja siitä johtuen on myöskin koepuiden relatiivinen kapeneminen sangen erilainen (vrt. kuvaa 3).

Jokainen määrättyä osakorkeudelta runkopituutta mittayksikkönä käyttäen mitattu puun läpimitta kuvaa itse asiassa mainitun mittakorkeuden ja latvanhuipun välisen runko-osan keskimääräistä relatiivista kapenemista eli puun *solakkuutta*. Puun kapenemisen tunnuksena voitaisiin näin ollen käyttää harvalukuisampiakin, jopa yhtä ainoatakin täten määrättyä puun läpimittaa, kunhan nämä läpimitat vain valittaisiin tarkoitusta varten sopivalta mittakorkeudelta. Sangen tärkeätä on, että puun läpimitan vaihtelut molemmin puolin tätä mittakorkeutta ovat mahdollisimman vähäiset, t.s. se sijaitsee mahdollisimman lähellä runkokäyrän käännepistettä. Tätä seikkaa silmällä pitäen on täksi perusläpimitaksi seuraavassa valittu läpimitta puun neljänneskorkeudella (vrt. siv. 36). *Ellei erikoisesti toisin mainita tarkoitetaan näin ollen puun solakkuudella seuraavassa puun neljänneskorkeudella mainitun läpimitan ja puun pituuden suhdetta* ($D_{0.25h} : h$). Täten määriteltynä solakkuus kuvaa siis mainitun perusmittakorkeuden yläpuolella olevan runko-osan keskimääräistä relatiivista kapenemista. Solakkuus on ennen kaikkea riippuvainen runkokäyrän ja puun akselin keskinäisestä asemasta. Mitä pienempi mainittu tunnusluku lukuarvoltaan on sitä solakammasta ja siis vähemmän kapenevasta rungosta on kysymys ja päinvastoin.

Tarkastakaamme seuraavassa käsitellyn tutkimusaineiston valossa, mistä seikoista puun solakkuus on riippuvainen.

T a u l u k k o 37. Rungon solakkuus ($D_{0.25h} : h$) ja ikä.
T a b e l l e 37. Schlankheit ($D_{0.25h} : h$) und Alter des Stammes.

Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Mänty I — Kiefer I					Mänty II — Kiefer II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90		30	50	70	90	
0.00450	—	—	—	—	—	1	1	3	—	5
C.00550	—	—	—	—	—	4	12	6	1	23
0.00650	—	1	6	5	12	4	19	6	9	38
0.00750	2	30	16	8	56	5	7	2	—	14
0.00850	7	27	7	8	49	6	1	—	1	8
0.00950	8	23	10	3	44	—	—	—	—	—
0.01050	4	7	4	1	16	—	—	—	—	—
0.01150	5	3	—	—	8	—	—	—	—	—
0.01250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.01350	3	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Yhteensä Im ganzen	29	91	43	25	188	20	40	17	11	88
Keskiarvo Mittelwert	1002	865	827	798	869	705	637	618		647
Keskivirhe Mittl. Fehler	± 30'7	± 11'5	± 18'7	± 21'3	± 10'0	± 27'6	± 12'8	± 16'8		± 10'7

T a u l u k k o 38. Rungon solakkuus ($D_{0.25} : h$) ja ikä.
T a b e l l e 38. Schlankheit ($D_{0.25} : h$) und Alter des Stammes.

Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Koivu I — Birke I					Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Koivu II — Birke II				
	Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.		Ikäluokat — Altersklassen				Yht. Zus.
	30	50	70	90			30	50	70	90	
0.00550	2	8	5	4	19	0.00375	—	—	1	—	1
0.00650	9	19	13	7	48	0.00425	2	4	3	1	10
0.00750	12	20	11	5	48	0.00475	5	12	10	1	28
0.00850	6	20	8	1	35	0.00525	5	10	6	5	26
0.00950	8	8	3	1	20	0.00575	4	9	4	2	19
0.01050	—	1	1	—	2	0.00625	—	3	—	—	3
0.01150	—	—	—	—	—	0.00675	1	2	—	—	3
Yhteensä Im ganzen	37	76	41	18	172	Yhteensä Im ganzen	17	40	24	9	90
Keskiarvo Mittelwert	774	755	735	683	747	Keskiarvo Mittelwert	519	526	501		516
Keskivirhe Mittl. Fehler	± 19'6	± 13'9	± 19'1	± 24'8	± 9'3	Keskivirhe Mittl. Fehler	± 14'9	± 10'2	± 8'9		± 5'6

T a u l u k k o 39. Rungon solakkuus ($D_{0.25h} : h$) ja kasvupaikka.
T a b e l l e 39. Schlankheit ($D_{0.25h} : h$) und Standort des Stammes.

Solakkuusluokka Schlankheitsklasse	Mänty I — Kiefer I				Mänty II — Kiefer II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.00450	—	—	—	—	1	3	1	5
0.00550	—	—	—	—	8	11	4	23
0.00650	4	5	3	12	12	19	7	38
0.00750	19	27	10	56	8	5	1	14
0.00850	21	20	8	49	6	2	—	8
0.00950	18	19	7	44	—	—	—	—
0.01050	4	10	2	16	—	—	—	—
0.01150	3	4	1	8	—	—	—	—
0.01250	—	—	—	—	—	—	—	—
0.01350	2	1	—	3	—	—	—	—
Yhteensä — Im ganzen	71	86	31	188	35	40	13	88
Keskiarvo — Mittelwert	875	872	843	869	679	630	611	647
Keskivirhe Mittlerer Fehler	$\pm 16^8$	$\pm 18^8$	$\pm 21^8$	$\pm 10^0$	$\pm 18^3$	$\pm 14^7$	$\pm 20^5$	$\pm 10^7$

T a u l u k k o 40. Rungon solakkuus ($D_{0.25h} : h$) ja kasvupaikka. Mänty I.
T a b e l l e 40. Schlankheit ($D_{0.25h} : h$) und Standort des Stammes. Kiefer I.

Solakkuusluokka Schlankheitsklasse	Ikäluokka 50 v. Altersklasse 50 J.				Ikäluokat 70 ja 90 v. Altersklassen 70 u. 90 J.			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.	OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.00650	—	1	—	1	4	4	3	11
0.00750	14	13	3	30	5	13	6	24
0.00850	13	12	2	27	4	6	5	15
0.00950	10	10	3	23	5	4	4	13
0.01050	1	5	1	7	—	4	1	5
0.01150	1	2	—	3	—	—	—	—
Yhteensä — Im ganzen	39	43	9	91	18	31	19	68
Keskiarvo — Mittelwert	853	876	894	865	806	821	818	816
Keskivirhe Mittlerer Fehler	$\pm 15^8$	$\pm 18^3$	—	$\pm 11^5$	$\pm 26^3$	$\pm 22^0$	$\pm 25^8$	$\pm 14^2$

T a u l u k k o 41. Rungon solakkuus ($D_{0.25h} : h$) ja kasvupaikka.
T a b e l l e 41. Schlankheit ($D_{0.25h} : h$) und Standort des Stammes.

Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Koivu I — Birke I				Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Koivu II — Birke II			
	OMT	MT	VT	Yht. Zus.		OMT	MT	VT	Yht. Zus.
0.00550	9	7	3	19	0.00375	—	1	—	1
0.00650	14	25	9	48	0.00425	5	2	3	10
0.00750	23	18	7	48	0.00475	13	10	5	28
0.00850	18	13	4	35	0.00525	10	13	3	26
0.00950	10	10	—	20	0.00575	9	6	4	19
0.01050	—	2	—	2	0.00625	1	2	—	3
0.01150	—	—	—	—	0.00675	1	2	—	3
Yhteensä Im ganzen	74	75	23	172	Yhteensä Im ganzen	39	36	15	90
Keskiarvo Mittelwert	758	750	702	747	Keskiarvo Mittelwert	513	524	502	516
Keskivirhe Mittl. Fehler	$\pm 14^0$	$\pm 14^8$	$\pm 19^3$	$\pm 9^3$	Keskivirhe Mittl. Fehler	$\pm 9^4$	$\pm 10^7$	$\pm 14^0$	$\pm 5^8$

T a u l u k k o 42. Rungon solakkuus ($D_{0.25h} : h$) ja vihreän latvuksen suhteellinen
pituus. Mänty: ikäluokka 50 v.
T a b e l l e 42. Schlankheit ($D_{0.25h} : h$) und relative Länge der Krone.
Kiefer: Altersklasse 50 J.

Solakkuus- luokka Schlankheits- klasse	Mänty I — Kiefer I				Yht. Zus.	Mänty II — Kiefer II				Yht. Zus.
	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe					Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				
	55	45	35	25		45	35	25	15	
0.00450	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
0.00550	—	—	—	—	—	1	2	7	2	12
0.00650	—	—	1	—	1	2	4	11	2	19
0.00750	—	6	19	5	30	1	4	1	1	7
0.00850	2	11	13	1	27	—	—	1	—	1
0.00950	—	17	6	—	23	—	—	—	—	—
0.01050	2	3	2	—	7	—	—	—	—	—
0.01150	—	2	1	—	3	—	—	—	—	—
0.01250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.01350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Yhteensä Im ganzen	4	39	42	6	91	4	10	20	6	40
Keskiarvo Mittelwert	950	909	831	767	865	650	670	630	600	637

Taulukko 43. Rungon solakkuus ($D_{0,25h} : h$) ja vihreän latvuksen suhteellinen pituus. Mänty: ikäluokat 70 ja 90 v.

Tabelle 43. Schlankheit des Stammes ($D_{0,25h} : h$) und relative Länge der Krone. Kiefer: Altersklassen 70 u. 90 J.

Solakkuusluokka Schlankheitsklasse	Mänty I — Kiefer I					Mänty II — Kiefer II				
	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				Yht. Zus.	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				Yht. Zus.
	45	35	25	15		45	35	25	15	
0.00450	—	—	—	—	—	—	—	1	2	3
0.00550	—	—	—	—	—	—	—	4	3	7
0.00650	—	7	2	2	11	1	2	8	4	15
0.00750	2	13	9	—	24	1	1	—	—	2
0.00850	8	7	—	—	15	—	1	—	—	1
0.00950	4	9	—	—	13	—	—	—	—	—
0.01050	4	—	1	—	5	—	—	—	—	—
Yhteensä Im ganzen	18	36	12	2	68	2	4	13	9	28
Keskiarvo Mittelwert	906	800	756	650	816	700	725	603	572	618

Taulukko 44. Rungon solakkuus ($D_{0,25h} : h$) ja vihreän latvuksen pituus. Koivu: ikäluokka 50 v.

Tabelle 44. Schlankheit des Stammes ($D_{0,25h} : h$) und relative Länge der Krone. Birke: Altersklasse 50 J.

Solakkuusluokka Schlankheitsklasse	Koivu I — Birke I					Solakkuusluokka Schlankheitsklasse	Koivu II — Birke II						
	Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				Yht. Zus.		Vihreän latvuksen pituus % puun koko pituudesta Länge der Krone in Prozenten von der ganzen Stammhöhe				Yht. Zus.		
	65	55	45	35			25	65	55	45		35	25
0.00550	—	1	3	3	1	8	0.00425	—	—	—	2	2	4
0.00650	—	1	11	5	2	19	0.00475	—	1	2	6	3	12
0.00750	—	3	10	7	—	20	0.00525	1	1	2	4	2	10
0.01850	3	8	9	—	—	20	0.00575	—	1	4	4	—	9
0.00950	2	4	2	—	—	8	0.00625	1	—	—	2	—	3
0.01050	1	—	—	—	—	1	0.00675	—	1	—	1	—	2
Yhteensä Im ganzen	6	17	35	15	3	76	Yhteensä Im ganzen	2	4	8	19	7	40
Keskiarvo Mittelwert	917	826	739	677	617	755	Keskiarvo Mittelwert	575	562	538	528	475	526

Esitettyjen taulukoiden perusteella voidaan puun solakkuuden riippuvaisuudesta erilaisista tekijöistä tehdä seuraavat päätelmät:

Puulaji: Solakkuusluvut männyllä ovat yleensä suuremmat kuin koivulla. Männynrungon keskimääräinen relatiivinen kapeneminen on yleensä suurempi kuin vastaavanlaisissa oloissa kehittyneen koivunrungon, joka on siis mäntyä solakampi.

Ikä: Sekä männyn että koivun solakkuuden ja iän välillä havaitaan täysin selvä riippuvaisuussuhde. Iän lisääntyessä käyvät kaikki rungot solakammiksi, joten niiden keskimääräinen relatiivinen kapeneminen pienenee.

Kasvupaikka: Puun solakkuuden riippuvaisuus kasvupaikan laadusta on sängen vaikeasti todettavissa. Taulukoissa 39 ja 41 esitetyt tulokset antavat tosin aihetta otaksua, että keskim. relatiivinen kapeneminen vähenisi jonkin verran kasvupaikan huonontuessa. Eroavaisuudet eri metsätyyppien solakkuuskeskiarvojen välillä ovat kuitenkin keskivirheisiin nähden sängen pienet, ja saattavat siis myöskin olla satunnaisista seikoista johtuvia. Päätelmiä tehtäessä on myöskin muistettava (vrt. taul. 1), että eri metsätyyppien koepuiden keski-ikä on jonkin verran erilainen, joten esiintyvät eroavaisuudet näin ollen myöskin voivat aiheutua kokonaan tästä seikasta. Taul. 40, josta kasvupaikan vaikutus solakkuuteen määrättyissä ikäluokissa käy selville, osoittaa edellä esitetyn epäilyn aiheelliseksi. Tässä taulukossa esiintyvät eroavaisuudet eri kasvupaikkojen runkojen solakkuudessa aivan toisensuuntaisina kuin edellä, mutta aiheutuvat nämä eroavaisuudet todennäköisesti vain satunnaisista seikoista, kuten keskiarvoihin liittyvät keskivirheetkin osoittavat. — Voidaan siis pitää sängen todennäköisenä, ettei kasvupaikalla tutkituissa tapauksissa ole minkäänlaista havaittavaa vaikutusta puun rungon keskimääräiseen relatiiviseen kapenemiseen.

Runkokehitysluokka: Puun asema metsikössä eli sen kehitysluokka näyttää vallan ratkaisevalla tavalla vaikuttavan puun solakkuuteen ja siis myöskin puun muotokehitykseen. Sekä vallitsevien mänty- että koivurunkojen keskimääräinen relatiivinen kapeneminen on melkoista suurempi kuin vallittujen.

Puun vihreän latvuksen suhteellinen pituus: Puun vihreän latvuksen mittasuhteiden ja rungon solakkuuden välillä näyttää vallitsevan varsin selvä riippuvaisuussuhde. Puu on runkomuodoltaan sitä solakampi ja sen keskimääräinen relatiivinen kapeneminen siis sitä pienempi mitä pienempi on puun vihreän latvuksen suhteellinen pituus.

Yleensä ilmentävät solakkuusluvut melkoista herkemmin kuin esim. muotosuhdeluvut puiden runkomuodossa ja ennen kaikkea runkojen relatiivisessa kapenemisessa esiintyviä eroavaisuuksia. Toisaalta voidaan havaita, että samalla kun ne vahvistavat eräitä jo aikaisemmin muotosuhdelukujen perusteella tehtyjä päätelmiä erilaisten biologisten tekijäin vaikutuksesta puun runkomuotoon, eivät nämä päätelmät silti aina käy samaan suuntaan. Tässä ilmenee näiden erilaatuisten muototunnuslukujen kyky tuoda esille omia erikoispiirteitään puun runkomuodosta ja sen kehityksestä, mitä seikkaa jo edellä (siv. 46—49) on korostettu. Solakkuusluvuilla on siis puun runkomuotoon kohdistuvissa tutkimuksissa oma merkityksensä.

Loppukatsaus.

Kasvavaa pystyssä olevaa puuta on pidettävä tyvestään alustaansa kiinnitettyinä kappaleena, jonka tulee runkomuodoltaan ja rakenteeltaan mahdollisuuksien mukaan kaatumatta kestää kaikkien siihen kohdistuvien voimain vaikutukset. Viimemainituista on mainittava m.m. rungon ja latvuksen oma paino, oksistoon keräytyvän lumen ja veden paino, sekä ennen kaikkea latvustoon ja runkoon kohdistuva tuulen paino. Puun runkomuoto on tulos kaikkien näiden voimain yhteisvaikutuksesta. Koska rungon osalle tulevat jännitykset sen puuaineen laadusta, rungon koosta, ennen kaikkea pituudesta, latvuksen laadusta, kasvupaikan asemasta, rungon kiinnitystavasta kasvualustaansa y.m. seikoista riippuen rungon eri osilla suuresti vaihtelevat, myöskin puun runkomuoto yksityisillä rungoilla saattaa olla sangen erilainen. Kuitenkin voidaan jokainen runko sen muotoa silmällä pitäen jakaa kahteen osaan: runkokäyrän muodoltaan koveraan tyviosaan, joka ulottuu maapisteestä tahi ylimmän juuren niskasta lukien runkokäyrän käännepesteseen saakka, ja sen yläpuolella olevaan muodoltaan kuperaan n.s. varsinaisen runkokäyrän muodostamaan osaan.

Rungon tyviosan, joka toimii ikäänkuin yhdyssiteenä juuriston ja puunrungon välillä, tärkeimpänä tehtävänä on juuri vahvistaa puuta kestäämään kaikkien siihen kohdistuvien voimain vaikutuksia. Puun tyvikäyrän muoto on näin ollen ennen kaikkea ilmaisu näiden voimain yhteisvaikutuksesta. Tästä riippuen rungon tyvilaajentuman ja runkokäyrän käännepesteen korkeus eri puuyksilöillä saattaa melkoisesti vaihdella. Männyllä ja koivulla näyttää kuorettoman runkokäyrän käännepesti kuitenkin yleisesti sijaitsevan puun $\frac{2}{10}$ ja $\frac{3}{10}$ korkeuksien välillä ja näin ollen myöskin miltei poikkeuksetta rinnankorkeuden (1.3 m) yläpuolella. Teoreettisiin laskelmiin perustuvia, puun runkomuotoa kuvaavia normaalikäyriä, joissa runkokäyrän käännepesti on sijoitettu rinnankorkeuden alapuolelle, ei näin ollen voida pitää joka suhteessa täysin yleispätevinä.

Rungon muodoltaan koveran tyvikäyrän merkitystä puun runkomuodon selvittelyssä lisää erikoisesti se seikka, että voidaan todeta riippuvaisuussuhteen vallitsevan tämän puun tyvikäyrän ja n.s. varsinaisen runkokäyrän muodon välillä. Puun latvaosan muotoon vaikuttavat kuitenkin erikoisesti puun vihreän latvuksen rakenne ja sen mittasuhteet.

Puun mittaosopin kannalta voidaan edellisestä tehdä se merkittävä päätelmä, että myöskin rungon tyviosalla, sen suhteellisesta epäsäännöllisyydestä huolimatta, ja siis runkokäyrän käänne pisteen alapuolella, missä esim. rinnankorkeusläpimitta useimmiten sijaitsee, suoritettuihin läpimittamittauksiin voidaan kuitenkin puun runkomuodon määrittely ainakin osittain perustaa (vrt. siv. 17). Perusläpimitan valitseminen, esim. kuutioimistaulukoita laadittaessa, mittakorkeudelta, joka sijaitsee rungon pituuden ensimmäisellä kymmeneksellä, t.s. on $< 0.10 h$, aiheuttaa kuitenkin, kuten edellisestä jo lienee selvinnyt, epätarkkuutta, joka johtuu tyvilaajentuman epäsäännöllisyydestä. Perusläpimitaksi soveltuisi tästä syystä epäilemättä parhaiten läpimitta, joka sijaitsee mahdollisimman lähellä runkokäyrän käänne pistettä ulkopuolella aina jossakin määrin epäsäännöllisen tyvilaajentuman vaikutuspiiriä, siis esim. läpimitta puun $\frac{1}{4}$ korkeudella, tahi mikäli käytännöllisistä syistä käytetään absoluuttisia mittoja ja on pääasiallisesti kysymys kookkaammista rungoista läpimitta 5 m, 6 m tahi 18 engl. jalan korkeudella. Jos perusläpimitta valitaan rungon tyvikäyrältä ja vielä tyvilaajentuman varsinaisesta vaikutuspiiristä (mittakorkeus $< 0.10 h$), tarvitaan joka tapauksessa sen lisäksi koko runkokäyrän määrittelyä varten myöskin toinen läpimitta lähempää runkokäyrän käänne pistettä. Puun latvaosan runkomuodon kuvaamiseen soveltuu taasen varsin hyvin vihreän latvuksen suhteellinen pituus. Kuutioimis- ja kapenemistaulukot voitaisiin tämän mukaisesti parhaiten perustaa kahteen edellä kerrotulla tavalla valittuun läpimitaan, puun koko pituuteen ja vihreän latvuksen suhteelliseen pituuteen tahi esim. 1) rinnankorkeusläpimitaan, 2) solakkuuteen ($D_{0.25h} : h$) ja 3) vihreän latvuksen suhteelliseen pituuteen.

Edellä on myöskin selvitelty eräiden ulkonaisten sekä biologisten tekijöiden vaikutusta puun runkomuotoon, mikä aiheutuu siitä syystä, että sanotut tekijät aikaansaavat muutoksia edellä mainittuihin puunrunkoon kohdistuviin voimiin ja niiden yhteisvaikutukseen.

Eri puulajit eroavat tavallisesti, — kuten esim. mänty ja koivu —, puuaineen laatuun, kokoomukseen, taivutus- ja puristuslujuuteen y.m. ominaisuuksiinsa nähden samaten kuin latvustonsa ja juuristonsa puolesta

siinä määrin toisistaan, että myöskin niiden runkomuoto muuten täysin vastaavissa olosuhteissa kehittyy eri tavoin. Mikäli siis esim. kapenemis- ja kuutioimistaulukot pyritään rakentamaan täysin varmoille, eksaktisille perusteille, olisi ne eri puulajeille laadittava erikseen.

Puun rungon *iän* mukana kooltaan muuttuessa, muuttuvat samalla myöskin ne ulkonaiset olosuhteet, jotka määräävät siihen kohdistuvien voimien suuruuden, eikä runko enää rakenteeltaan samanmuotoisena kykene niiden vaikutusta vastustamaan. Puun iällä onkin tämän vuoksi huomattava vaikutus puun runkomuotoon.

Puun *asema metsikössä*, joka ratkaisevalla tavalla määrää puun kehitysmahdollisuudet, on myöskin eräs tärkeimpiä puun runkomuotoon vaikuttavia tekijöitä.

Sen sijaan ei *kasvupaikan hyvyysluokalla*, ainakaan niissä puitteissa kuin edellä on voitu kysymystä selvittää, näytä olevan minkäänlaista suunnaltaan selvää vaikutusta luonnonnormaalisessa metsikössä kasvavien puiden muotokehitykseen. Olosuhteet saattavat tosin harvoissa ja aukkoisissa metsiköissä muuttua tässä suhteessa toisenlaisiksi (vrt. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1929), mutta joka tapauksessa näyttää kasvupaikan hyvyysluokalla puun runkomuotoon vaikuttavien monien muiden tekijöiden joukossa olevan varsin vähäinen merkitys.

Kirjallisuusluettelo.

- ARCHER, ERLING. 1920. Om tømmerets form i Glommens og Drammens vasdrag. (Meddelelser fra det norske Skogforsøksvæsen, H. 3. Kristiania.)
- ARO, PAAVO. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Referat: Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. (M.T.J. 20. Helsinki.)
- CAJANDER (KALELA), ERKKI K. 1934. Havaintoja eräällä myrskytuhoalueella. Referat: Beobachtungen auf einem Sturmschadengebiet in Finnland. (A.F.F. 40,10. Helsinki.)
- CAJANUS, WERNER. 1911. Puun rungon muotoa koskevia tutkimusmetoodeja. Referat: Über zahlenmässige Darstellung der Stammformen der Waldbäume. (Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja, XXVIII, s. 363—370, Ref. s. 491—492. Helsinki.)
- EIDE, ERLING. 1922. Om tømmerets form i Trøndelags vasdrag. (Medd.fr.d. norske Skogforsøksvæsen, H. 2. Kristiania.)
- HILDÉN (OSARA), N. A. 1926. Koivun kuutioimisesta massataulukoiden avulla Pohjois-Karjalasta kootun aineiston nojalla. Referat: Über die Kubierung der Birke mittels Massentafeln basiert auf Material aus Nord-Karjala. A.F.F., 32. Helsinki.)
- JONSON, TOR. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I. Granens stamform. (Skogsvårdsföreningens Tidskrift, fackupplagan, s. 285*—328*. Stockholm.)
- »— 1911. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. II. Tallens stamform. (Ibidem, s. 285*—329*.)
- »— 1912. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. III. Formbestämning å stående träd. (Ibidem, s. 235*—275*.)
- »— 1915. Massatabeller för träduppskattning. 3. större upplagan. Stockholm.
- LAITAKARI, ERKKI. 1929. Über die Fähigkeit der Bäume sich gegen Sturmgefahr zu schützen. (A.F.F. 34,34. Helsinki.)
- LAKARI, O. J. 1920. Tutkimuksia männyn muodosta. Referat: Untersuchungen über die Form der Kiefer. (M.T.J. 3 ja A.F.F. 16. Helsinki.)
- LAPPI-SEPPÄLÄ, M. 1929. Untersuchungen über die Schlankheit der Kiefer. (A.F.F. 34,42. Helsinki.)
- »— 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. (M.T.J. 15. Helsinki.)
- LINDHOLM, WALTER. 1934. Runkokäyrän arvoitus. (Metsätaloudellinen Aikakauskirja, n:o 5. Helsinki.)

- LÖNNROTH, ERIK. 1927. Über die Stammkubierungsformeln. (A.F.F. 31. Helsinki.)
- MAASS, ALEX. 1908. Kubikinhället och formen hos tallen och granen inom Särna socken i Dalarna. Resumé: Schaftinhalt und Schaftform der Kiefer und Fichte im Kirchspiel Särna in Dalekarlien. (Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt, H. 5. Stockholm.)
- »— 1911. Kubikinhället och formen hos tallen i Sverige. Referat: Schaftinhalt und Schaftform der Kiefer in Schweden. (Ibidem, H. 8.)
- »— 1913. Avsmalningen i stammens nedersta delar hos tallen och granen. Referat: Die Ausbauchung in den untersten Teilen des Stammes bei der Kiefer und Fichte. (Ibidem, H. 10.)
- SCHIFFEL, A. 1899. Form und Inhalt der Fichte. (Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, H. XXIV. Wien.)
- »— 1905. Form und Inhalt der Lärche. (Ibidem, H. XXXI.)
- »— 1907. Form und Inhalt der Weissföhre. (Ibidem, H. XXXII.)
- »— 1908. Form und Inhalt der Tanne. (Ibidem, H. XXXIV.)

Lyhennyksiä.

A.F.F. = Acta Forestalia Fennica.

M.T.J. = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. *Communicationes Institutii Forestalis Fenniae (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae).*

Untersuchungen über die Stammform der Kiefer und Birke.

Referat.

Einleitung.

(S. 5—6.)

Der Durchmesser und die Höhe des Stammes sind als Exponenten seiner Dimensionen wie auch seines Gebrauchswertes zu den wichtigsten Charakteristika seiner Massverhältnisse zu rechnen. Aber auch die Stammform, die bei der Entwicklung der Durchmesservariationen in den verschiedenen Teilen des Stammes auf die eine oder andere Weise mitspricht, ist sowohl als Kubierungsfaktor wie auch mit Rücksicht auf den Gebrauchswert des Stammes von grosser Bedeutung.

In früheren Zeiten, als der Kubikinhalt des Baumstamms am entscheidendsten auf dessen Gebrauchswert einwirkte, wurde die Stammform nur als eine Art Hilfsfaktor, in Gestalt der sog. Formzahlen definiert, die das Verhältnis des Kubikinhalts des Baumstamms zu dem Kubikinhalt eines gleichlangen, im Grunddurchmesser übereinstimmenden Zylinders angaben, aber dagegen die eigentliche Form des Stammes sehr wenig widerspiegelten. Als dann mit der Vermännigfaltigung der Holzverwendung die Schaftform des Stammes, vor allem sein Durchmesserabfall, — ebenso wie später besonders die Qualität des Holzes, — immer entscheidender auf dessen Gebrauchsmöglichkeiten zu verschiedenen Zwecken einzuwirken begann, musste auch in der Forstwirtschaft der Stammform und den ihre Entwicklung beeinflussenden Faktoren grössere Beachtung geschenkt werden.

Der Begriff der Stammform des Baumes und seine Definition bieten jedoch erhebliche Schwierigkeiten. In der Forstmathematik wird der Baumstamm gewöhnlich als ein Rotationskörper aufgefasst, den man sich so entstanden denkt, dass die Stammkurve sich um die Achse des Stammes, d. h. um eine durch die Spitze des Wipfels und den Mittelpunkt des Stockabschnitts gehende Gerade dreht. In Wirklichkeit weicht jedoch die Stammform, die kaum je vollkommen geradschaftig ist und deren Querschnitte durchaus nicht so ideal regelmässig sind, immer auf die eine oder andere Weise von einem solchen theoretischen Rotationskörper ab. Bei Untersuchungen der Stammform, die vorzugsweise auf einem repräsentativen Massenmaterial beruhen und statistischer Natur sind, müssen die in der Natur auftretenden wechselnden Einzelheiten und die durch sie verursachten Unregelmässigkeiten der Stammform jedoch gewöhnlich beiseitegelassen und die Hauptaufmerksamkeit allgemeineren Erscheinungen in der Formentwicklung des Stammes zugewandt werden. Die Aufgabe der Stammformuntersuchung besteht denn auch zunächst darin, die Form des normalen Baumstamms, die Struktur der Stammkurve und die Abhängigkeit der Stammform von verschiedenen

Faktoren möglichst gründlich aufzuklären und erst danach auch über die in der Natur feststellbaren Unregelmässigkeiten der Stammform des Baumes und über ihre Entstehungsweisen Licht zu verbreiten. Aus diesen Gründen ist es auch bei der im folgenden wiedergegebenen Untersuchung, durch die ein Beitrag zur Aufhellung gewisser mit der Stammform zusammenhängender Fragen geliefert werden sollte, notwendig erschienen, den Baumstamm als regelmässigen mathematischen Rotationskörper zu behandeln, ohne dass dabei seine zufälligen sog. Formfehler mitberücksichtigt werden.

Das Untersuchungsmaterial und der Zweck der Untersuchung.

(S. 7—10.)

Das Material für die vorliegende Untersuchung wurde im Zusammenhang mit den Studien gesammelt, die Verf. in den Jahren 1925—1927 in Mischbeständen aus Kiefer und Birke ausgeführt hat (vgl. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1930). Diese Studien fanden in recht einheitlich entwickelten, volllichten, naturnormalen und gleichaltrigen Beständen statt. Einzelangaben über die Lage der Probestände in der Südhälfte unseres Landes, Beschreibungen der Beschaffenheit der untersuchten Bestände, des Standorts usw. sind in der erwähnten Veröffentlichung zu finden.

Für die Untersuchung der Form der Kiefer und Birke wurden seinerzeit in diesen Probeständen hauptsächlich für Berechnungen des Kubikinhalts ausgewählten gefällten Probestämmen folgende Beobachtungen und Messungen ausgeführt, die auf ein für jeden Probestamm getrennt reserviertes Blankett notiert wurden:

Bonitätsklasse oder Waldtyp des Standorts,

Alter des Stammes (mit 1 Jahr Genauigkeit),

Stammentwicklungsstufe des Baumes (I = herrschender, II = beherrschter Baum),

Stammhöhe und Länge des astlosen Stammteils (mit 1 dm Genauigkeit),

Brusthöhendurchmesser des Stammes, mit und ohne Rinde,

Durchmesser des Stammes ohne Rinde in folgenden Teilhöhen des Baumes: $\frac{5}{100}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$, sowie bei grösseren Stämmen, gewöhnlich immer bei solchen von mehr als 20 m Höhe, ausserdem noch der Durchmesser ohne Rinde in der Höhe $\frac{2}{100}$ ¹.

Sämtliche Durchmesser wurden mittels einer Präzisionskluppe mit 1 mm Genauigkeit in zwei zueinander senkrechten Richtungen, — die verschiedenen Durchmesser jedes Stammes parallel, — gemessen, und aus diesen zwei Messungsergebnissen wurde der arithmetische Mittelwert berechnet. Nähere Angaben über die angewandten Messvorrichtungen, Messverfahren, Bestimmungen des Bodenpunkts und des astlosen Stammteils und andere Einzelheiten sind in der oben erwähnten Veröffentlichung des Verf. (M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1930) mitgeteilt.

Das in dieser Weise gesammelte Untersuchungsmaterial wird durch die Tabellen 1, 2 und 3 veranschaulicht.

Das Untersuchungsmaterial ist nicht umfangreich, aber dafür ist es äusserst einheitlich. Es ist in homogenen, unter recht gleichartigen Verhältnissen entwickelten Beständen gesammelt.

¹ Der Durchmesser in $\frac{3}{4}$ -Höhe des Baumes wurde nicht direkt an den Probestämmen gemessen, sondern bei der späteren Behandlung des Messungsmaterials ist er gewisser Formcharakteristika wegen durch Interpolation bestimmt worden.

Der Zweck der Untersuchung ist, die wichtigsten Faktoren, die auf die Stammform einwirken, aufzuklären. — Bekanntlich ist die Dichtheit des Bestandes von recht bedeutendem Einfluss auf die Stammform. Da das zur Verfügung stehende Untersuchungsmaterial die Stammform nur in volllichten Beständen widerspiegelt, konnte der Einfluss der Dichtheit bzw. Lückigkeit des Bestandes auf die Entwicklung der Stammform daraus ganz eliminiert werden. Obwohl die Untersuchung infolgedessen dieses Verhalten nicht weiter zu beleuchten vermag, darf man mit um so mehr Grund erwarten, dass in dem Material die Wirkung gewisser anderer Faktoren, wie z. B. des Standorts, des Alters, der Entwicklungsklasse des Stammes und der Beschaffenheit der Krone etc. auf die Stammform desto deutlicher hervortreten wird. Daneben wird im folgenden versucht, die allgemeine Struktur der Stammkurve des Baumes sowie die Methoden zur Untersuchung der Stammform klarzulegen, Fragen, die bei uns unter anderem für die Ausarbeitung einheimischer Massentafeln weiterer Beleuchtung bedürfen.

Der Wendepunkt der Stammkurve und die Form der Stammanlaufkurve.

(S. 11—36.)

Bei der Betrachtung der Stammkurve des Baumes fällt deren *Wendepunkt* in die Augen, der an der Stelle liegt, wo der konkave Basalteil der Stammkurve konvex wird. Schreibt man also die Gleichung der Stammkurve in der Form: $y = px^r$, wo der Zahlenwert von r oder des sog. Formexponenten in den verschiedenen Teilen des Stammes je nach der Form der Stammkurve variiert, so liegt der Wendepunkt der Stammkurve an der Stelle des Stammes, wo r seinen Minimumwert erhält.

Der Wendepunkt teilt die Stammkurve in zwei voneinander abweichende Teile: in die *Stammanlaufkurve* und die oberhalb des Wendepunkts liegende sog. *eigentliche Stammkurve*. Mit Rücksicht auf die Stammform ist der Stamnteil unterhalb des Wendepunkts auch *Stamm-* oder *Wurzelanlauf* genannt worden.

Mehrere Forscher, die die Stammform des Baumes untersucht haben, haben ihr Augenmerk auf die besondere Form des unteren Stamnteils gerichtet. Recht häufig ist dabei die unregelmässige Form der Stammanlaufkurve betont worden, worauf auch die Bezeichnungen *Stammanlauf* und *Wurzelanlauf* hinweisen. Zugleich hat man festzustellen versucht, wie hoch dieser sowohl bei der Stammkubierung als der Formuntersuchung Mühe verursachende Stammanlauf sich gewöhnlich erstreckt, was z. B. bei der Bestimmung der Grunddurchmesserhöhe von Bedeutung ist.

Von den früheren Untersuchern des Stammanlaufs seien u. a. genannt SCHIFFEL (1905), JONSON (1910), CAJANUS (1911), MAASS (1913), ARCHER (1920), EIDE (1922), HILDÉN (1926), LÖNNROTH (1927) und LINDHOLM (1934), über deren Veröffentlichungen auf S. 11—16 eingehender berichtet wird.

Die gründliche Erforschung der Form des Basalteils des Baumes, der Erstreckung des Stammanlaufs und seiner Bedeutung ist denn auch als eine der allerzentralsten Aufgaben der Formuntersuchung des Stammes zu betrachten. Dies beruht vor allem darauf, dass man gezwungen ist, die genaueren Messungen des Stammdurchmessers an dem stehenden Baum aus praktischen Gründen vorzugsweise auf den Basalteil des Stammes zu beschränken. Vom Gesichtspunkt der Holzmesskunde und der Formuntersuchung des Stammes aus ist es daher von besonderer Wichtigkeit, die Natur der Stammanlaufkurve weiter aufzuklären. Bemerkenswerte, grundlegende Formunter-

suchungen sind ausgeführt und viel gebrauchte Massentafeln auf Grund dieser Untersuchungen (z. B. von JONSON 1915) ausgearbeitet worden unter der Annahme, dass der Wendepunkt der Stammkurve allgemein unterhalb der Brusthöhe liege. Doch haben auch schon mehrere Untersuchungen und Beobachtungen (z. B. von CAJANUS, HILDÉN, LÖNNROTH und LINDHOLM) gezeigt, dass die Stichhaltigkeit dieser Annahme nicht über jeden Zweifel erhaben ist. Von diesem Gesichtspunkt wie auch von dem der Wahl des Grunddurchmessers überhaupt wäre es schon wünschenswert, auf Grund eines umfassenderen Untersuchungsmaterials konstatieren zu können, wie hoch der Wendepunkt der Stammkurve des Baumes im allgemeinen liegt und von welchen Faktoren die Ausdehnung des Stammanlaufs jeweils möglicherweise abhängt.

Auch die Auffassung ist recht verbreitet, dass der Stammanlauf seiner Natur nach sehr unregelmässig, individuell und von den örtlichen Verhältnissen abhängig ist und dass mithin die Form der Stammanlaufkurve keinen nennenswerten Einfluss auf die Form der sog. eigentlichen Stammkurve selbst ausübt. Diese Auffassung bedarf jedoch noch der Nachprüfung. Die Frage, ob und auf welche Weise sowie in welchem Grade die unterhalb des Wendepunkts der Stammkurve gelegene Stammanlaufkurve und die oberhalb des Wendepunkts gelegene sog. eigentliche Stammkurve möglicherweise hinsichtlich ihrer Form voneinander abhängig sind, ist jedoch von einschneidender Bedeutung. Nur falls zwischen diesen beiden verschiedenen Teilen der Stammkurve eine bestimmte Korrelation herrscht, kann nämlich die Ermittlung der ganzen Stammform des Baumes auf Durchmessermessungen auch an seinem Basalteil gegründet werden.

Die Höhe des Wendepunkts der Stammkurve.

(S. 18—24.)

Die Höhe des Wendepunkts der Stammkurve kann am einfachsten in der Weise bestimmt werden, dass man aus den Zahlenwerten der in gleich weit voneinander entfernten Teilhöhen des Baumes bestimmten Durchmesser eine neue Zahlenreihe bildet, die die Unterschiede der Durchmesser in den Stamnteilen zwischen den Messungshöhen darstellt. Der Wendepunkt der Stammkurve liegt dann in dem Stamnteil, in dem diese Differenzenreihe den kleinsten Zahlenwert aufweist (siehe S. 18).

Nach der vorstehend erwähnten Methode wurde die Höhe des Wendepunkts an allen Probestämmen des Untersuchungsmaterials mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{10}$ Stammhöhe bestimmt. Die Resultate und die Mittelwertberechnungen für die Höhe des Wendepunktes sowie deren Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren sind in den Tabellen 4—10 (S. 18—23) zusammengestellt.

Aus den Ergebnissen (Tab. 4—7) können folgende Schlüsse gezogen werden:

Der Wendepunkt der Stammkurve liegt bei der Kiefer im allgemeinen relativ niedriger als bei der Birke.

Bei beiden Holzarten, sowohl bei der Kiefer als bei der Birke, liegt der Wendepunkt bei den herrschenden Stämmen relativ niedriger als bei den beherrschten. Die Höhe des Wendepunkts ist mithin auf recht bemerkenswerte Weise von der Entwicklungs-klasse des Baumes abhängig.

Man kann auf Grund des Untersuchungsmaterials nicht behaupten, dass zwischen der relativen Höhe des Wendepunkts und dem Alter des Baumes eine völlig sichere Korrelation besteht.

Auch zwischen der relativen Höhe des Wendepunkts und dem Standort lässt sich keine deutliche Korrelation feststellen.

Im grossen und ganzen liegt der Wendepunkt recht oft annähernd in Viertelhöhe des Stammes.

Was die absolute Höhe des Wendepunkts der Stammkurve betrifft (Tab. 8), ist sie natürlich in entscheidender Weise von der Stammhöhe abhängig. Der Wendepunkt der Stammkurve liegt jedoch auch bei kleinen (unter 10 m langen) Kiefern verhältnismässig selten unterhalb der Brusthöhe, bei grösseren Kiefern ist er regelmässig oberhalb dieser Messungshöhe, meistens ca. 3—6 m hoch, zu finden. Bei Birken liegt der Wendepunkt in dem Untersuchungsmaterial ausnahmslos oberhalb der Brusthöhe.

Die relative Länge der Krone des Baumes scheint (Tab. 9 und 10) keinen — oder wenigstens keinen ganz deutlich nachweisbaren — Einfluss auf die Höhe des Wendepunkts der Stammkurve zu haben.

Die Form der Stammanlaufkurve.

(S. 24—36.)

Als Mass für die Form der Stammanlaufkurve oder des Wurzelanlaufs des Baumes wurde in der vorliegenden Untersuchung vorzugsweise das Verhältnis des Stammdurchmessers in 0.05 Höhe ($D_{0.05 h}$) zu dem in Viertelhöhe über dem Boden gemessenen Durchmesser ($D_{0.25 h}$), also der Formquotient $D_{0.05 h} : D_{0.25 h}$ verwendet. Am natürlichsten wäre es selbstverständlich, den an der Basis des Stammes gemessenen Durchmesser mit dem Durchmesser an der Stelle, wo der Stammanlauf aufhört, also an dem Wendepunkt der Stammkurve zu vergleichen. Aus praktischen Gründen ist der Vergleichsdurchmesser jedoch in bestimmter Teilhöhe gewählt worden, und dazu eignet sich mithin am besten der Durchmesser in Viertelhöhe des Stammes, dem der Wendepunkt der Stammkurve meistens am nächsten liegt. Schon in diesem Zusammenhang sei aber hervorgehoben, dass in Fällen, wo sich der Stammanlauf nicht bis in die erwähnte Messungshöhe erstreckt, dieser als Mass des Stammanlaufs benutzte Formquotient einen zu grossen und, falls sich der Stammanlauf bis über Viertelhöhe des Stammes erstreckt, entsprechend einen etwas zu kleinen Zahlenwert zeigt.

Die Grösse des Stammanlaufs sowie seine Abhängigkeit vom Alter und Standort des Baumes werden durch Tab. 11—14 (S. 24—26) veranschaulicht.

Daraus können folgende Schlüsse gezogen werden:

Der Stammanlauf ist bei der Birke im allgemeinen bedeutender als bei der Kiefer.

Sowohl bei der Kiefer als bei der Birke ist der Stammanlauf an herrschenden Stämmen von geringerer Grösse als an beherrschten.

Eine Korrelation zwischen der Grösse des Stammanlaufs und dem Alter bzw. dem Standort des Baumes ist auf Grund des Untersuchungsmaterials nicht zu erkennen.

Die Variationen der Dimensionen des Stammanlaufs sind in den einzelnen Fällen im allgemeinen relativ gross.

Aus Tab. 15 und 16, die die Korrelation zwischen der Höherer Streckung des Stammanlaufs und seiner Grösse wiedergeben, ist wiederum zu ersehen, dass der als Mass des Stammanlaufs gebrauchte Formquotient gewöhnlich einen um so grösseren Zahlenwert annimmt, je höher der Wendepunkt der Stammkurve im allgemeinen liegt oder je weiter nach oben sich also der Stammanlauf erstreckt. Wenn man dazu beachtet,

was oben über die Eignung des Formquotienten, die Grösse des Stammanlaufs zum Ausdruck zu bringen, konstatiert worden ist, so darf man annehmen, dass zwischen der Höhe des Wendepunkts und der Grösse des Stammanlaufs eine noch deutlichere Korrelation herrscht, als die Zahlen der Tabellen angeben.

Aus Tab. 17 und 18 hinwieder wird ersichtlich, dass die Grösse des Stammanlaufs ebensowenig wie seine Höherer Streckung (Tab. 9 und 10) von der relativen Länge der Krone des Baumes abhängig ist.

Sowohl vom Gesichtspunkt der Holzmesskunde als besonders von dem der Formuntersuchung aus ist es von grossem Interesse zu prüfen, inwieweit die Form der Stammanlaufkurve und die der sog. eigentlichen Stammkurve voneinander abhängig sind. Zur Veranschaulichung der Form der eigentlichen Stammkurve kann man dabei geeigneterweise z. B. das Verhältnis zwischen den in halber und Viertelhöhe gemessenen ($D_{0.5 h}$ und $D_{0.25 h}$) und den in Dreiviertel- und Viertelhöhe gemessenen Durchmessern ($D_{0.75 h}$ und $D_{0.25 h}$) anwenden.

In Tab. 19—22 ist die Korrelation zwischen diesen Formquotienten und dem als Mass des Stammanlaufs gebrauchten Formquotienten dargestellt.

Wie aus den Tabellen zu entnehmen ist, herrscht zwischen der Form der Stammanlaufkurve und der Form der sog. eigentlichen Stammkurve eine verhältnismässig deutliche Korrelation. Je geringer der Stammanlauf des Baumes, desto vollholziger ist der Baum gewöhnlich in seinen oberen Stammteilen, und je mächtiger der Stammanlauf, einen desto grösseren Durchmesserabfall hat meistens der Wipfelteil des Baumes. Der Einfluss der Stammanlaufkurve ist nicht nur bis in halbe Höhe des Baumes zu erkennen, sondern sogar so hoch hinauf wie in Dreiviertelhöhe des Baumes.

Bei den über 20 m langen Probestämmen, an denen der Durchmesser auch in $2/100$ -Höhe gemessen wurde, ist die Form der Stammanlaufkurve noch eingehender studiert worden (siehe Abb. 1 und 2). Auch wurde versucht, graphisch zu bestimmen, einen wie grossen »Zusatz« der Stammanlauf zum Durchmesser des Stammes in dessen Basalteil verursacht (siehe S. 33 und 35). Aus den Figuren geht auch hervor, dass, obwohl der Wendepunkt der Stammkurve meistens zwischen $2/10$ - und $3/10$ -Höhe des Stammes liegt, die Stammanlaufkurve sich so flach an die sog. eigentliche Stammkurve anschliesst, dass der Stammanlauf erst etwa in $1/10$ -Höhe z. B. vom Gesichtspunkt der Kubierung des Baumes aus praktische Bedeutung gewinnt. Unterhalb dieser Messungshöhe wächst der Stammanlauf nach unten zu recht schnell an.¹

Zusammenfassend lassen sich aus dem Obigen über die Form der Stammanlaufkurve und ihre Bedeutung bei der Formuntersuchung wie auch bei der Messung des Baumstamms überhaupt folgende Schlüsse ziehen:

Die Höherer Streckung des konkaven Basalteils des Baumstamms sowie die Form dieser sog. Stammanlaufkurve, die beide durcheinander bedingt zu sein scheinen, variieren bei den einzelnen Stämmen beträchtlich. Der Wendepunkt der Stammkurve

¹ In diesem Zusammenhang sei noch bemerkt, dass es sich um die Form des Stammes *ohne Rinde* handelt, die in der vorliegenden Untersuchung ausschliesslich behandelt worden ist. Die Einwirkung der Rinde auf die Form des Basalteils des Stammes ist recht bedeutend, so dass auch der Stammanlauf des Stammes *mit Rinde* wahrscheinlich erheblich von dem oben besprochenen abweicht.

des Baumes, in dem die Stammanlaufkurve und daher auch der Stammanlauf endigen, liegt jedoch meistens zwischen $\frac{2}{10}$ - und $\frac{3}{10}$ -Höhe des Stammes vom Boden aus gerechnet. Der Brusthöhendurchmesser des Stammes liegt mithin fast ausnahmslos, wenigstens bei mittelgrossen und grösseren Stämmen, auf der konkaven Stammanlaufkurve des Baumes. Auf der Form der Stammanlaufkurve beruht es andererseits, dass der eigentliche Stammanlauf im oberen Teil der Stammanlaufkurve, nahe bei dem Wendepunkt, doch von recht geringer praktischer Bedeutung ist und erst weiter unten, tiefer als in ca. $\frac{1}{10}$ -Höhe, auch auf den Durchmesser ohne Rinde einzuwirken beginnt. Die allgemein beim Messen von Sägeholzstämmen angewandten Messungshöhen, z. B. 18 engl. Fuss oder 6 m über dem Stockabschnitt, reichen dagegen wahrscheinlich meist über den Wendepunkt der Stammkurve hinauf, und dabei liegt der Messpunkt jedenfalls recht nahe bei dem Wendepunkt und mithin nahe bei dem Endpunkt der Stammanlaufkurve. Bei Messungen, die zu praktischen Zwecken für die Feststellung des Durchmesserabfalls und die Kubierung des Baumstamms ausgeführt werden, ist die Anwendung der erwähnten Messungshöhen folglich auch in dieser Hinsicht durchaus am Platz. Auch bei Form- und Durchmesserabfalluntersuchungen zu wissenschaftlichen Zwecken wäre statt des Brusthöhendurchmessers der Grunddurchmesser höher oben zu wählen, und sofern die die Durchmesservariationen des Stammes veranschaulichenden Zahlenreihen an irgendeinen als Vergleichsmass gebrauchten Grunddurchmesser gebunden werden, scheint der Durchmesser des Stammes in Viertelhöhe sich am besten für diesen Zweck zu eignen.

Zwischen der Form der Stammanlaufkurve einerseits und dem Alter, dem Standort und der relativen Länge der Krone des Baumes andererseits ist keinerlei regelmässige Korrelation zu erkennen. Auch solche Faktoren wie z. B. die Dimensionen, der Durchmesser und die Höhe des Baumes, auf die die Untersuchung oben gerichtet werden konnte, scheinen im allgemeinen recht wenig, — nur die Entwicklungsstufe des Baumes, d. h. seine Stellung in der Struktur des Bestandes, in höherem Grade, — auf die Form des Basalteils des Stammes einzuwirken. Im Hinblick auf die den wachsenden Baum betreffenden äusseren statischen Kräfte sowie auf die in dieser Hinsicht wichtigste Aufgabe des Basalteils des Stammes ist es daher recht wahrscheinlich, dass in der Form der Stammanlaufkurve und ihren Schwankungen die Variationen solcher Faktoren zum Ausdruck kommen wie der Geländebeziehungen, der Bodenstruktur, der Dichtigkeit des Bestandes, der Sturmgefahr, des Wurzelsystems und der Verankerung des Wurzelsystems im Boden, Variationen, auf die die Untersuchung jedoch oben aus praktischen Gründen nicht gerichtet werden konnte.¹

Die Form der Stammanlaufkurve ist jedoch nicht von der Form der eigentlichen Stammkurve des Baumes unabhängig, sondern sie kann ihrerseits gewissermassen auch die Struktur der ganzen Stammkurve des Baumes widerspiegeln. Daher lässt sich auch durch Messungen bezüglich der Form der Stammanlaufkurve, — in der Praxis z. B. durch Messungen des

¹ Z. B. dass der Basalteil des Stammes dicker wird, wenn der Baum eine freiere Stellung bekommen hat, ist offenbar eine Folge des Bestrebens des Baumes, seine Sturmfestigkeit zu erhöhen (vgl. z. B. ERKKI LAITAKARI 1929, S. 16, und ERKKI K. CAJANDER 1934, S. 7).

Brustdurchmessers und des Durchmessers in 6 m Höhe, — wenigstens mit gewissen Einschränkungen auch eine Art Bild von dem Durchmesserabfall des Stammes oberhalb des Wendepunkts der Stammkurve gewinnen. In den oberen Teilen des Stammes beginnen jedoch auch schon die Wirkungen anderer Faktoren, vor allem der Krone, auf die Stammform immer deutlicher in Erscheinung zu treten.

Die Form der sog. eigentlichen Stammkurve.

Die Formquotienten.

(S. 37—49.)

Zur Veranschaulichung der Stammform des Baumes ist schon früh das Verhältnis zweier in bestimmter Höhe gemessener Durchmesser benutzt worden, welches Formquotient genannt wird. Meistens hat man dabei den Vergleichsdurchmesser in einer absolut bestimmten Höhe gewählt. Da dieser Durchmesser jedoch bei der Höhenvariation des Baumes in verschiedener Teilhöhe des Stammes gemessen wird, eignet sich ein solcher Formquotient nicht zum Vergleich der Form verschieden hoher Bäume untereinander.

Nur falls der Formquotient als Quotient zweier in bestimmter Teilhöhe gemessener Durchmesser ermittelt wird, kann die Einwirkung der Stammhöhe auf den Zahlenwert des Formquotienten vollständig eliminiert werden. Erst der so festgestellte Formquotient verdient also den Namen eines echten Formquotienten.

In Anbetracht der Lage des Wendepunkts der Stammkurve wurde in der vorliegenden Untersuchung der Durchmesser des Stammes in Viertelhöhe ($D_{0.25 h}$) als das geeignetste Durchmessermass angesehen und wurden in dem Untersuchungsmaterial folgende Formquotienten bestimmt: 1) das Verhältnis des in halber Höhe und des in Viertelhöhe des Stammes gemessenen Durchmessers ($D_{0.5 h} : D_{0.25 h}$) und 2) das Verhältnis des in Dreiviertelhöhe und des in Viertelhöhe gemessenen Durchmessers ($D_{0.75 h} : D_{0.25 h}$).

Die Ergebnisse sind in Tab. 23—32 zusammengestellt.

Danach kann man sich auf Grund der Formquotienten etwa folgende Vorstellung von der Form der Kiefer und der Birke und von ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren bilden:

Die Formquotienten scheinen bei der Kiefer im allgemeinen grösser als bei der Birke zu sein.

Eine Einwirkung des Standorts auf die Stammform lässt sich auf Grund der berechneten Formquotienten in dem Untersuchungsmaterial nicht konstatieren.

Ein Einfluss des Alters auf die Entwicklung der Stammform des Baumes ist verhältnismässig deutlich zu erkennen. Die Stammform scheint sich im allgemeinen mit zunehmendem Alter des Baumes zu verbessern.

Darüber, wie sich die herrschenden und die beherrschten Bäume hinsichtlich ihrer Stammform voneinander unterscheiden, lässt sich dagegen auf Grund der Mittelwertberechnungen der Formquotienten keine völlig sichere Auffassung gewinnen.

Wie zu erwarten ist, herrscht zwischen den beiden berechneten Formquotienten ($D_{0.5 h} : D_{0.25 h}$ und $D_{0.75 h} : D_{0.25 h}$) eine ganz deutliche Korrelation.

Eine Einwirkung der Krone des Baumes auf die Form der sog. eigentlichen Stammkurve und besonders ihrer oberen Abschnitte tritt ebenfalls auf Grund der Ergebnisse (Tab. 33—36, S. 44—47) deutlich hervor. Schon die Form des mittleren Teils des Stam-

mes erweist sich als für die Einwirkung der Krone empfänglich, aber namentlich die Form des oberen Stammteils, die vor allem durch den Formquotienten $D_{0.75 h} : D_{0.25 h}$ veranschaulicht wird, ist entscheidend von der Krone des Baumes abhängig.

Schliesslich wird geprüft, welche Bedeutung den Formquotienten als Charakteristika der Stammform überhaupt beizumessen ist. — Falls der Stamm des Baumes als ein mathematischer Rotationskörper behandelt wird, wird die Form dieses Körpers bestimmt 1. durch die Form der Stammkurve und 2. durch ihre Lage zu der Stammachse. Bei Untersuchungen der Stammform ist dem ersteren Faktor im allgemeinen recht viel Aufmerksamkeit geschenkt und mithin versucht worden aufzuklären, inwieweit der Baumstamm überhaupt und besonders in seinen verschiedenen Teilen regelmässigen mathematischen Körpern, wie z. B. dem Zylinder, dem Kegel, dem Paraboloid usw. gleicht. Die Quotienten der in verschiedenen Teilhöhen des Stammes gemessenen Durchmesser, die Formquotienten, bestimmen gleichfalls ausschliesslich die Form der Stammkurve des Baumes. Bei der Untersuchung des Durchmesserabfalls sind sie auch in sofern von sehr grosser praktischer Bedeutung, als, falls auch die Höhe des Stammes und einer seiner Durchmesser, der meistens als Vergleichsdurchmesser gebrauchte Grunddurchmesser, bekannt sind, mit Hilfe der Formquotienten auch die anderen Durchmesser und damit auch die Stammform einigermaßen bestimmt werden.

Als solche, ohne Daten über das gegenseitige Verhältnis des Durchmessers und der Stammhöhe, vermögen die Formquotienten aber nur eine unvollständige Auffassung von dem Durchmesserabfall des Stammes und von der Stammform in ihrer Gesamtheit zu geben. Denn die Form der Stammkurve veranschaulicht eher nur die *A r t u n d W e i s e*, wie sich der Stamm verschmälert, als der *B e t r a g* des Durchmesserabfalls selbst, der viel mehr durch die gegenseitige Lage der Stammkurve und der Achse des Stammes als durch die Form der Stammkurve selbst bedingt ist. So können zwei Stämme, die einen gleich grossen Grunddurchmesser haben, in bezug auf ihre Stammkurve von ganz gleicher Form sein, wobei also auch die Formquotienten die gleichen sind, trotzdem der eine z. B. drei- bis viermal länger als der andere ist. (Siehe Abb. 3.)

Als einfacheres Charakteristikum der Form des Körpers ist denn auch im allgemeinen das Verhältnis zwischen dessen zwei wichtigsten oder überhaupt typischsten Dimensionen zu betrachten. Darum hat schon CAJANUS (1911) vorgeschlagen, statt der Formquotienten als Ausdruck für die Form des Stammes Zahlen anzuwenden, die das Verhältnis des Durchmessers zu der Länge des Stammes angeben.

Um die Form des Baumstamms unabhängig von den absoluten Dimensionen des Baumes zu veranschaulichen, misst CAJANUS die Durchmesser bei allen Bäumen an entsprechenden Stellen des Stammes, und zwar vom Wipfel gerechnet in Abständen, die $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$ und $\frac{9}{10}$ -Länge des Baumes entsprechen. Indem er die Abstände der gemessenen Durchmesser von dem Wipfel mit den Buchstaben h_1, h_2, h_3 usw. — — h_9 und die entsprechenden Durchmesser mit den Buchstaben d_1, d_2, d_9 usw. — — d_9 bezeichnet, bildet er die Quotienten $q_1 = \frac{d_1}{h_1}, q_2 = \frac{d_2}{h_2}, q_3 = \frac{d_3}{h_3}$ — — $q_9 = \frac{d_9}{h_9}$. So kann er die Stammform in völlig proportionalen Zahlen ausdrücken. Unter Anwendung der Zahlenreihen q_1 — — q_9 als Charakteristika der Stammform glaubt CAJANUS durch vergleichende Untersuchungen manche mit der Entwicklung der Stammform zusammenhängende, noch ungelöste Probleme auf-

hellen zu können. Er zeigt auch, dass die von ihm vorgeführte Methode in viel geringerem Masse mit Messungsfehlern zu rechnen hat, als es bei den Formquotienten der Fall ist.

Aber auch die auf einfachere Weise ermittelten Quotienten des passend gewählten Durchmessers des Stammes und der Stammhöhe, d. h. die sog. Schlankheitszahlen, können die Stammform veranschaulichen (vgl. z. B. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1929).

Die Schlankheit des Stammes.

(S. 49—56)

Von der Stammform des Baumes bekommt man ein recht klares Bild, das auch von der Stammhöhe und überhaupt von den Dimensionen des Stammes unabhängig ist, wenn man eine Zahlenreihe betrachtet, die die Durchmesser des Baumes in verschiedenen Höhen mit der Stammhöhe als Messungseinheit definiert wiedergibt. Wenn man die Stämme so rechnerisch auf eine Dimension reduziert und am geeignetsten also in bezug auf die Höhe kongruent macht oder mit anderen Worten alle Durchmesser des Stammes mit der Stammhöhe als Messungseinheit bestimmt, so kann man auch am besten Vergleiche zwischen der Form verschiedenartiger Stämme sowie zwischen deren relativem Durchmesserabfall anstellen. Während CAJANUS, um die Einwirkung der Stammhöhe zu eliminieren, als Charakteristika der Stammform Verhältniszahlen der in verschiedenen Höhen gemessenen Durchmesser und der vom Wipfel des Stammes bis zum Messungspunkt gemessenen Abstände anwandte, ist in der vorliegenden Untersuchung das einfachere Verfahren benutzt worden, die an den Probestämmen in Teilhöhen gemessenen absoluten Durchmesserwerte durch die ganze Höhe des Probestamms zu dividieren und dadurch eine neue Zahlenreihe zu bilden, die also überhaupt nicht mehr von der Stammhöhe abhängig ist, sondern ausschliesslich die Stammform des Baumes veranschaulicht. (Siehe S. 50.)

Eine solche Zahlenreihe ermöglicht es, den relativen Durchmesserabfall von Stämmen der verschiedensten Dimensionen miteinander in verschiedenen Teilen des Stammes zu vergleichen, aber andererseits ist die Anwendung solcher Zahlenreihen als Charakteristika der Form des Stammes in der Praxis recht unbequem.

Jeder in bestimmter Teilhöhe mit der ganze Stammhöhe als Messungseinheit bestimmte Durchmesser des Stammes drückt in der Tat die durchschnittliche relative Verschmälung des Stammteils zwischen der erwähnten Messungshöhe und der Wipfelspitze oder die *S c h l a n k h e i t* des Stammes aus. Als Charakteristikum der Verschmälung des Stammes könnte man mithin auch weniger zahlreiche, ja einen einzigen derart bestimmten Durchmesser anwenden, wenn diese Durchmesser nur in geeigneter Messungshöhe gewählt würden. Recht wichtig ist es, dass die Variationen des Durchmessers beiderseits dieser Messungshöhe möglichst gering sind, d. h. dass derselbe möglichst nahe bei dem Wendepunkt der Stammkurve liegt. Mit Rücksicht hierauf ist zu diesem Grunddurchmesser im folgenden der Durchmesser in Viertelhöhe des Stammes gewählt. Wenn nicht besonders erwähnt, ist also im folgenden *unter der Schlankheit des Stammes das Verhältnis des in Viertelhöhe des Stammes gemessenen Durchmessers zu der ganzen Stammhöhe* zu verstehen. So definiert veranschaulicht die Schlankheit also die durchschnittliche relative Verschmälung des oberhalb der erwähnten Grunddurchmesserhöhe liegenden Stammteils. — Die Schlankheit ist vor allem von der Lage der Stammkurve zur Achse des Stammes abhängig. Je kleiner dieses Charakteristikum

seinem Zahlenwert nach ist, ein desto schlanker und mithin sich weniger verschmälernder Stamm liegt vor und umgekehrt.

Die Tabellen 37—44 geben zu erkennen, von welchen verschiedenen Faktoren die Schlankheit des Stammes abhängig ist. Auf Grund derselben lassen sich folgende Schlüsse herleiten:

Die Schlankheitszahlen sind bei der Kiefer im allgemeinen grösser als bei der Kiefer, die folglich schlanker als die Birke ist.

Zwischen der Schlankheit und dem Alter besteht sowohl bei der Kiefer als bei der Birke eine deutliche Korrelation. Mit zunehmendem Alter nimmt also die relative Verschmälerung der Stämme im allgemeinen ab.

Zwischen der Schlankheit und der Beschaffenheit des Standorts des Baumes lässt sich keine sichere Korrelation feststellen. Es kann als recht wahrscheinlich gelten, dass der Standort, wenigstens in den untersuchten Fällen, keinerlei wahrnehmbaren Einfluss auf die durchschnittliche relative Verschmälerung des Baumstamms ausübt.

Die Stellung des Baumes im Bestand oder seine Entwicklungsklasse scheint ganz entscheidend auf die Schlankheit des Stammes einzuwirken. Die durchschnittliche relative Verschmälerung ist sowohl bei den herrschenden Kiefern- als bei den herrschenden Birkenstämmen bedeutend grösser als bei den beherrschten.

Zwischen den Dimensionen der Krone des Baumes und der Schlankheit des Stammes scheint ebenfalls eine recht deutliche Korrelation zu herrschen. Der Baum ist seiner Stammform nach um so schlanker und mithin seine durchschnittliche relative Verschmälerung um so geringer, je kleiner die relative Länge der Krone des Baumes ist.

Im allgemeinen geben die Schlankheitszahlen bedeutend genauer als z. B. die Formquotienten die Unterschiede in der Stammform der Bäume und vor allem in der relativen Verschmälerung der Stämme wieder. Andererseits ist zu erkennen, dass, während sie gewisse schon früher auf Grund der Formquotienten gezogene Schlüsse betreffs des Einflusses verschiedenartiger biologischer Faktoren auf die Stammform bestätigen, diese Schlüsse darum nicht immer gleichsinnig sind. Hierin äussert sich die Fähigkeit dieser verschiedenartigen Formcharakteristika, spezielle Züge der Stammform und deren Entwicklung zum Ausdruck zu bringen, was schon oben (S. 90) hervorgehoben worden ist. Die Schlankheitszahlen spielen auch schon deshalb bei Untersuchungen über die Stammform des Baumes eine besondere Rolle.

Schlussbetrachtung.

(S. 57—59.)

Der wachsende stehende Baum ist als ein mit der Basis in seiner Unterlage verankerter Körper zu betrachten, der in bezug auf seine Stammform und seinen Bau, möglichst ohne umzufallen, den Einwirkungen aller ihn betreffenden Kräfte gegenüber standhalten muss. Von den letzteren sind u. a. zu erwähnen das eigene Gewicht des Stammes und der Krone, das Gewicht des im Astwerk angesammelten Schnees und Wassers und vor allem der auf die Krone und den Stamm gerichtete Druck des Windes. Die Stammform des Baumes ist ein Produkt des Zusammenwirkens aller dieser Kräfte. Da die Spannungen, denen der Stamm ausgesetzt ist, je nach der Beschaffenheit seiner Holzmasse, seinen Dimensionen, vor allem seiner Höhe, der Beschaffenheit seiner Krone, der Lage seines Standorts, seiner Verankerung in der Unterlage und anderen Umständen in den verschiedenen Teilen des Stammes stark variieren, kann auch die

Stammform bei den einzelnen Stämmen recht verschieden sein. Doch kann jeder Stamm in bezug auf seine Form in zwei Teile geteilt werden: in den von dem konkaven Basalteil der Stammkurve, der sich von dem Bodenpunkt oder vom Hals der obersten Wurzel bis zum Wendepunkt der Stammkurve erstreckt, gebildeten und den darüber befindlichen, von der konvexen sog. eigentlichen Stammkurve gebildeten Teil.

Die wichtigste Aufgabe des Basalteils des Stammes, der gewissermassen als Zwischenglied zwischen dem Wurzelsystem und dem Schaft fungiert, ist gerade, den Baum gegen die Einwirkungen aller ihn betreffenden Kräfte zu festigen. Die Form der Stammanlaufkurve des Baumes ist mithin vor allem ein Ausdruck des Zusammenwirkens dieser Kräfte. Hierauf beruht es, dass die Höhe des Stammanlaufs und des Wendepunkts der Stammkurve bei verschiedenen Baumindividuen beträchtlich variieren kann. Bei der Kiefer und Birke scheint jedoch der Wendepunkt der Kurve des Stammes ohne Rinde allgemein zwischen $\frac{2}{10}$ - und $\frac{3}{10}$ -Höhe des Stammes und daher auch fast ausnahmslos oberhalb der Brusthöhe (1.3 m) zu liegen. Die auf theoretische Berechnungen gegründeten, die Stammform veranschaulichenden Normalkurven, bei denen der Wendepunkt der Stammkurve unterhalb der Brusthöhe lokalisiert ist, können infolgedessen nicht in jeder Hinsicht als ganz allgemeingültig angesehen werden.

Die Bedeutung der von Form konkaven Stammanlaufkurve für die Aufklärung der ganzen Stammform des Baumes wird speziell dadurch erhöht, dass nachweislich eine Korrelation zwischen dieser Stammanlaufkurve und der sog. eigentlichen Stammkurve herrscht. Auf die Form der oberen Stammteile des Baumes wirken jedoch besonders der Bau der Krone und deren Dimensionen ein.

Aus dem Obigen kann der bemerkenswerte Schluss gezogen werden, dass die Feststellung der Stammform des Baumes doch wenigstens teilweise auch auf Durchmessermessungen gegründet werden kann, die am Basalteil des Stammes, trotz seiner relativen Unregelmässigkeit, und daher unterhalb des Wendepunkts der Stammkurve, wo z. B. der Brusthöhendurchmesser meistens liegt, ausgeführt sind (vgl. S. 00). Die Wahl des Grunddurchmessers, z. B. bei der Ausarbeitung von Massentafeln, in einer Messungshöhe, die im ersten Zehntel der Höhe des Stammes liegt, d. h. < 0.10 h ist, verursacht jedoch, wie schon aus dem Obigen klar geworden sein dürfte, eine Ungenauigkeit, die von der Unregelmässigkeit des Stammanlaufs herrührt. Als Grunddurchmesser würde darum am besten ein Durchmesser geeignet sein, der möglichst nahe bei dem Wendepunkt der Stammkurve, wenigstens etwas ausserhalb des eigentlichen Wirkungsbereichs des immer einigermaßen unregelmässigen Stammanlaufs liegt, also z. B. der Durchmesser in Viertelhöhe des Stammes, oder, falls aus praktischen Gründen absolute Messungseinheiten angewandt werden und es sich hauptsächlich um derbere Stämme handelt, der Durchmesser in 5 m, 6 m oder 18 engl. Fuss Höhe. Wird der Grunddurchmesser auf der Stammanlaufkurve und noch innerhalb des eigentlichen Wirkungsbereichs des Stammanlaufs gewählt (Messungshöhe < 0.10 h), so ist jedenfalls ausserdem für die Ermittlung der ganzen Stammkurve mindestens ein anderer Durchmesser näher bei dem Wendepunkt der Stammkurve erforderlich. Zur Wiedergabe der Schaftform der oberen Teile des Stammes hinwieder eignet sich recht gut die relative Länge der Krone. Die Massentafeln könnten demnach am besten auf zwei in der oben besprochenen Weise gewählte Durchmesser, die ganze Stammhöhe und die relative Länge der Krone oder z. B. auf 1) den Brusthöhendurchmesser, 2) die Schlankheit ($D \ 0.25: h$) und 3) die relative Länge der Krone basiert werden.

Oben ist auch der Einfluss gewisser äusserer und biologischer Faktoren auf die Stammform des Baumes erörtert worden, der daraus folgt, dass diese Faktoren bezüglich der die Stammform betreffenden Kräfte und ihres Zusammenwirkens Veränderungen hervorrufen.

Die verschiedenen Holzarten weichen in der Regel, — wie z. B. die Kiefer und die Birke, — in bezug auf die Beschaffenheit, Zusammensetzung, Biegungs- und Druckfestigkeit der Holzmasse und andere Eigenschaften wie auch auf ihre Krone und ihr Wurzelsystem in dem Grade voneinander ab, dass sich auch ihre Stammform unter sonst völlig übereinstimmenden Verhältnissen auf verschiedene Weise entwickelt. Falls also das Streben dahin geht, z. B. Massentafeln auf ganz sicheren, exakten Grundlagen aufzubauen, müssten dieselben für verschiedene Holzarten getrennt ausgearbeitet werden.

Während sich der Stamm des Baumes mit dem Alter hinsichtlich seiner Dimensionen verändert, werden zugleich auch die äusseren Verhältnisse, die die Grösse der auf ihn einwirkenden Kräfte bestimmen, andere, und der Stamm vermag, obgleich er seinem Bau nach die gleiche Form hat, der Einwirkung dieser Kräfte nicht mehr standzuhalten. Das Alter ist daher von bedeutendem Einfluss auf die Stammform des Baumes.

Die Stellung des Baumes im Bestand, die die Entwicklungsmöglichkeiten des Baumes entscheidend bestimmt, ist unter den Faktoren, die auf die Stammform einwirken, ebenfalls von grösster Wichtigkeit.

Dagegen scheint die Bonitätsklasse des Standorts wenigstens innerhalb des Rahmens, in dem die Frage oben hat erörtert werden können, keinerlei in bezug auf ihre Richtung deutlichen Einfluss auf die Formentwicklung der im naturnormalen Bestand wachsenden Bäume auszuüben. Die Verhältnisse können sich zwar diesbezüglich in lichten und lückigen Beständen anders gestalten (vgl. M. LAPPI-SEPPÄLÄ 1929), aber jedenfalls scheint die Bonitätsklasse des Standorts unter den zahlreichen auf die Stammform des Baumes einwirkenden Faktoren eine recht untergeordnete Rolle zu spielen.

Publications of the Society of Forestry in Suomi:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises dealing with forestry in Suomi (Finland) and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations in the subject of forestry in Suomi. Published at irregular intervals. Each essay appears as a separate volume.

COMMENTATIONES FORESTALES. Contains investigations and other essays regarding forestry and other spheres connected with it in other countries than Suomi. Published at irregular intervals. Each volume generally contains only one treatise.

Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Suomi:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

SILVA FENNICA. Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen zur Waldwirtschaft Suomis (Finnlands). Sie erscheint in unregelmässigen Abständen. Jeder Aufsatz erscheint als besonderer Band.

COMMENTATIONES FORESTALES. Enthalten Untersuchungen und Beiträge zur Waldwirtschaft und damit zusammenhängenden Fragen für andere Länder als Suomi. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen. Jeder Band enthält im allgemeinen nur eine Untersuchung.

Publications de la Société forestière de Suomi:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contient des études scientifiques sur l'économie forestière en Suomi (Finlande) et sur ses bases. Parait à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

SILVA FENNICA. Contient des articles et de petites études sur l'économie forestière de Suomi. Parait à intervalles irréguliers. Chaque article constitue habituellement un volume.

COMMENTATIONES FORESTALES. Contient des études et des articles sur l'économie forestière et les branches connexes dans les pays autres que Suomi. Parait à intervalles irréguliers. En général, chaque volume ne contient qu'une étude.