

STM 1950

Vårt tonsystem och dess temperaturer

Av Sven E. Svensson

© Denna text får ej mångfaldigas eller ytterligare publiceras utan tillstånd från författaren.

Upphovsrätten till de enskilda artiklarna ägs av resp. författare och Svenska samfundet för musikkforskning. Enligt svensk lagstiftning är alla slags citat tillåtna inom ramen för en vetenskaplig eller kritisk framställning utan att upphovsrättsinnehavaren behöver tillfrågas. Det är också tillåtet att göra en kopia av enskilda artiklar för personligt bruk. Däremot är det inte tillåtet att kopiera hela databasen.

VÅRT TONSYSTEM OCH DESS TEMPERATURER

AV SVEN E. SVENSSON

1. TONSYSTEM

DEN PRAKTISKA översikt över musikalisk notering som brukar inleda sång- och instrumentskolor för nybörjade utgår i regel från vårt vanliga tangentsystem med sju undertangenter och fem övertangenter. En nybörjare som på detta sätt får sin första handledning i notläsning bibringas lätt den uppfattningen, att dessa tolv toner inom oktaven äro givna en gång för alla. Den omständigheten att var och en av dem kan benämnas och tecknas på olika sätt (c—hiss—desses etc.) ger möjligen den föreställningen, att de olika benämningarna eller beteckningarna en gång i en grå forntid ha motsvarats av vissa tonhöjdsdifferenser. Att dessa skillnader ofta ligga inom gränserna för vårt intervallgehor och att även toner som benämnas och tecknas lika kunna differera rätt avsevärt beroende på deras melodiska eller harmoniska funktion, går ofta ganska sent upp för den blivande musikern. Ännu på det högre stadium, då eleven börjar sina studier i harmonilära, kan den musikaliska ortografin erbjuda vissa svårigheter som tyda på att han aldrig har förstått, att varje tangent i själva verket representerar en rad olika tonhöjder. Först så småningom bruka de som hunnit förbi det elementära stadiet i musikundervisningen, med eller utan lärarens påpekande, komma underfund med att pianots eller orgelns tolv toner inom oktaven i själva verket utgöra *en stark förenkling* av det tonsystem man uppfattar, då man hör musik för tangentinstrument, och att åhöraren själv för sitt inre öra korregerar den grova framställning det tempererade instrumentet förmår ge åt tonsättarens intentioner.

Vid musik på instrument med fri intonation torde den spelande — även om han inte gör det klart för sig själv — instinktivt tillämpa ett mera differentierat tonsystem än pianisten eller organisten, som dock genom dynamiska eller agogiska accenter kan framkalla illusion av de tonhöjdsskillnader det här är fråga om. I hur hög grad en stråkinstrumentalist eller sångare i själva verket strävar att nå pythagoreiskt-melodiskt riktiga eller harmoniskt rena toner och intervaller, kan möjligen avgöras genom mätning av goda instrumentalisters eller

sångares grammofoninspelningar. Huruvida sådana undersökningar ha företagits är mig inte bekant. De iakttagelser, som kunna göras med blotta örat, tyda på att t. ex. en violinist i övervägande grad använder pythagoreiska intervaller i melodiska sammanhang även i samspel med piano (vilket f. ö. inte behöver framkalla alltför svåra svävningar, då stämningen hos våra tangentinstrument står närmare det pythagoreiska än det harmoniska tonsystemet). Vid flerstämmigt spel, särskilt i långsamt tempo eller vid ackord på fermat, strävar emellertid även stråkinstrumentalisten efter harmoniskt rena intervaller. Att här bedöma i vad mån avsikt och resultat sammanfalla (d. v. s. i vad mån instrumentalisterna tekniskt kunna förverkliga sina intonationsavsikter) är t. v. omöjligt.¹

Frågan huru många intervaller, som inom vår västerländska musik användes inom ett oktavområde, kan inte bestämt besvaras, allraminst som under de mer än 150 år den liksvävande 12-tonstemperaturen varit i allmänt bruk (se s. 172) denna givetvis starkt har påverkat vårt musikhörande. Något bestämdare kan man kanske besvara frågan, hur många toner som teoretiskt äro användbara inom en oktav i en viss stilart (jfr Tabell I s. 164).

Antalet teoretiskt tänkbara toner inom en oktav är givetvis oändligt. De relativa intervallstorlekarna beteckna vi med bråktal ur serien $1 : 2 : 3 : 4 : 5 \dots n$. Man kan ta för givet, att de tidigaste iakttagelserna om intervallproportionerna och därmed även till den matematiska tonbestämningen gjordes i samband med instrumentbygge. Grundläggande var troligtvis iakttagelsen, att två pipor (t. ex. två bambuflöjter) måste äga ej blott samma borning utan även samma längd för att avge samma ton. Lika grundläggande var upptäckten (när den nu skedde), att en uppdelning i två lika stora delar av den ena av två lika långa pipor med samma borning framkallade proportionen för det intervall, som näst enklingen hade den största sammansmältbarheten, rena oktaven, liksom en delning av den ena av piporna i tre delar vid jämförelse med hela pipan gav rena duodeciman, med halva pipan rena kvinten och med fjärdedelen av pipan rena kvarten. Det torde emellertid ha varit denna delningsprocedur, som är anledning till att vi uttrycka dylika intervallproportioner med bråktalen $1 : 1$ (primen), $2 : 1$ (oktaven), $3 : 1$ (duodeciman), $3 : 2$ (kvinten) och $4 : 3$ (kvarten).

Bråktalen vid relativa svängningstal ge inte alltid ett lätt uppfattningsbart intryck av intervallernas storlek i förhållande till varandra. Vi komplettera dem därför med deras »Cent-tal», som innebära en geometrisk

¹ H. Helmholtz' uppgift (Die Lehre von den Tonempfindungen, uppl. 3 (1870), s. 407, att Joseph Joachim vid prövning med tillhjälp av Helmholtz' renstämda harmonium (jfr s. 179) skulle ha föredragit harmoniska terser framför pythagoreiska, är mycket tvivelaktig. Det ligger nära till hands att anta, att J. redan i förväg visste, vilket tersintervall H. ansåg som det enda rätta, och med tillhjälp av sitt notoriskt goda intervallgehor rättade sig därefter för att inte riskera, att H. skulle anse honom spela orient. H:s eget gehor synes därtill inte ha varit det bästa (jfr M. Kalbeck, Johannes Brahms, I s. 279).

uppdelning av oktaven i 1 200 lika delar, varvid de jämna hundratalen motsvara de tolvtonstempererade halvtonstegen.¹ I praktiskt bruk räcker det med hela Cent-tal (t. ex. $1,6 = 2C$, $1,4C = 1C$), eftersom de små intervallskillnader som uppstå genom decimalerna mellan hela Cent-talen i allmänhet inte förändra intervallens karaktär. I vårt fall kan det emellertid bli fråga om summering av flera Cent-tal, varför dessa här ha skrivits ut med tre decimaler. I vissa akustiska och fonetiska arbeten tillämpas ett annat mått av liknande slag, millioktav (mo), som innebär en geometrisk uppdelning av oktaven i 1 000 lika delar.

C(ent) kan förvandlas i mo genom följande enkla operation: $\frac{C \cdot 10}{12} = mo$;

mo i C genom operationen $\frac{mo \cdot 12}{10} = C$. — Cent-talen för de nyss nämnda intervallerna äro $1 : 1 = 0,000C$, $2 : 1 = 1 200,000C$, $3 : 1 = 1 901,955C$, $3 : 2 = 701,955C$, $4 : 3 = 498,045C$.

Redan med tillhjälp av oktav och kvint (eller kvart) kunde man uppnå materialet till det klassiska pentatoniska tonförrådet, som kan erhållas genom att på varandra staplas 5 kvinter, t. ex. $F - c - g - d^1 - a^1$. Detta tonförråd kan få skalform (pentatonisk skala) medelst transponering inom ett oktavomfång, t. ex. $f - g - a - c^1 - d^1 - f^1$ etc. Ur denna skaltyp kunde man direkt extrahera följande intervaller: stor sekund ($9 : 8 = 203,910C$), t. ex. $f - g$, $g - a$ eller $c - d$, och liten ters ($32 : 27 = 294,135C$), t. ex. $d - f$ eller $a - c$, indirekt stor ters ($81 : 64 = 407,820C$), liten sext ($128 : 81 = 792,180C$), stor sext ($27 : 16 = 905,865C$) och liten septima ($16 : 9 = 996,090C$).

Ärhundraden före pythagoreerna (se nedan) torde ostasiatiska musik-kulturer redan ha utökat det pentatoniska tonförrådet med ytterligare två kvinter, t. ex. $(F - c - g - d^1 - a^1 - e^2 - h^2)$, vilka tillsammans med det pentatoniska tonförrådet kunde transponeras samman till en diatonisk skala, t. ex. $c - d - e - f - g - a - h - c^1$ etc. Härigenom utökades också intervallförrådet med liten sekund ($256 : 243 = 90,225C$), stor septima ($243 : 128 = 1 109,775C$), överstigande kvart ($729 : 512 = 611,730C$) och förminskad kvint ($1 024 : 729 = 588,270C$).

När den pythagoreiska skolan i Kroton (nuvarande Crotone) i Kalabrien c:a 500 år f. Kr. med eller utan kännedom om tidigare asiatiska iakttagelser och experiment efterbildade det diatoniska tonförrådet, men denna gång med tillhjälp av monokordet (kånon), stannade man inte vid sjuttonserien. Man fortsatte kvintstaplingen ända till den tolfte kvinten och konstaterade då, att denna ton översteg den sjunde oktaven med ett intervall, som var något större än $1/4$ av halv-

¹ Detta system att ange intervallernas exakta storlek är i dess nuvarande form först tillämpat av den engelske fonetikern A. J. Ellis (On the history of musical pitch, 1880/81).

tonsteget $256 : 243$, det *pythagoreiska kommat* (förkort.: pyth.', $531 441 : 524 288 = 23,460C$).

Genom pythagoreernas komplettering av kvintserien till tolfte kvinten utökades också antalet intervaller med överstigande primen (kromatiskt halvtonsteg, »apotome», $2 187 : 2 048 = 113,685C$), förminskade oktaven ($4 096 : 2 187 = 1 086,315C$), överstigande kvinten ($6 561 : 4 096 = 815,640C$), förminskade kvarten ($8 192 : 6 561 = 384,360C$), överstigande sekunden ($19 683 : 16 384 = 317,595C$), förminskade septiman ($32 768 : 19 683 = 882,405C$), överstigande sexten ($59 049 : 32 768 = 1 019,550C$), förminskade tersen ($65 536 : 59 049 = 180,450C$), överstigande tersen ($177 147 : 131 072 = 521,505C$), förminskade sexten ($262 144 : 177 147 = 678,492C$) och överstigande septiman ($531 441 : 262 144 = 1 223,460C$). De flesta av dessa intervaller utanför den diatoniska sjuttonserien voro väl för pythagoreerna endast av teoretiskt intresse.

Oaktat det pythagoreiska ton- och intervallförrådet förmodligen endast delvis kom till praktisk användning inom grekisk musikutövning, var det ändå inte tillfyllest för den musik, som under senantiken från Mindre Asien trängde in i Hellas. Den grekiska musiken var av ålder uppbyggd i fyrtonsgupper, tetrakord, inom omfånget av ett rent kvartintervall. Till de diatoniska tetrakordgrupperna, som mycket väl kunde sammansättas med intervaller ur det pythagoreiska tonsystemet, kom genom de nämnda mindreasiatiska påverkningarna även s. k. kromatiska och enharmoniska tetrakord med intervaller, delvis så små, att de understego det pythagoreiska halvtonsteget $256 : 243$. En uppdelning i två tillnärmelsevis lika stora hälfter av sistnämnda intervall lät sig förmodligen inte göras med tillhjälp av monokordet. Kanske blevo också de båda enharmoniska intervallerna (pykna) på detta sätt alltför små. I stället valde man utvägen att söka sig fram till ett tersintervall, som var något mindre än den pythagoreiska stortersen $81 : 64$. Ett dylikt intervall erhöles genom att dela strängen i fem lika stora delar, varvid man vid jämförelse med den fyrdelade strängen (dubbeloktaven) erhöles intervallet $5 : 4$ ($386,314C$). Detta intervall hade dessutom den fördelen, att det kunde stämmas direkt, utan tillhjälp av monokordet. $5 : 4$ är nämligen i motsats till $81 : 64$ ett samklingande, »symfont», svävningssfritt intervall. Restintervallet mellan $5 : 4$ och $4 : 3$ blev den s. k. diatoniska halvtonen $16 : 15$ ($\frac{2}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{15}$), som kunde delas upp efter olika principer. Den tidigaste tillämpningen av stora naturtersen finna vi hos Archytas (400—365, statsman, fältherre, filosof och matematiker, den förste, som gav en formel för kubens fördubbling, Platons vän).

Archytas valde följande väg i sitt enharmoniska tetrakord: $1 512 - 1 890 - 1 944 - 2 016$, dvs. $(5 : 4) \cdot (36 : 35) \cdot (28 : 27) = 386,314 + 48,770 + 62,961 = 498,045C$. Hans kromatiska tetrakord hade följande sammansättning: $1 512 - 1 792 - 1 944 - 2 016$, dvs. $(32 : 27) \cdot (243 : 224) \cdot (28 : 27) = 294,135 + 140,949 + 62,961 = 498,045C$; det diatoniska: $1 512$

—1 701—1 944—2 016, dvs. $(9 : 8) \cdot (8 : 7) \cdot (28 : 27) = 203,910 + 231,174 + 62,961 = 498,045C$. Archytas diatoniska tetrakord är anmärkningsvärt så tillvida, att vi här kanske har det äldsta exemplet på sjunde naturtonen i intervallet $8 : 7$ (jfr s. 161).¹

»Kanonikerna», dvs. de som sökte fastställa intervallproportionerna med tillhjälp av kanon (t. ex. pythagoreerna och Archytas), hade en märklig motståndare i teoretikern Aristoxenos från Tarent (f. c:a 354 f. Kr.), som ville bestämma tetrakordens intervaller med tillhjälp av örat. Han delade geometriskt kvartintervallet i 60 delar och bestämde således stora tersen till 48, lilla tersen till 36, heltonen till 24 och halvtonen till 12 enheter, Eftersom 60 gehörmässigt kunde fastställas till 498,055C, måste givetvis heltonsteget vara något mindre än $9 : 8$ (203,910C) eller närmare bestämt 199,218C, alltså obetydligt mindre än det tolvtonstempererade heltonsteget (200,000C).

Om vi anta, att Aristoxenos hade lyckats fastställa heltonsteget så noga (vilket naturligtvis är omöjligt), skulle halvtonsteget belöpa sig på 99,609C, lilla tersen på 298,827C och stora tersen på 398,436C. Sitt enharmoniska tetrakord fastställde Aristoxenos till $6 + 6 + 48$ enheter, dvs. $1/4 + 1/4 + 2$ tonsteg, vilket efter ovanstående fastställande av hans ideella intervallstorlekar skulle motsvaras av följande Centbelopp: $49,805 + 49,805 + 398,435 = 498,045C$. Hans fyra kromatiska tetrakord ha följande sammansättning: Chroma malakón $8 + 8 + 44$ enheter $= 1/3 + 1/3 + 1\ 5/6$ tonsteg $= 66,406 + 66,406 + 365,233 = 498,045C$; Chroma homálon $9 + 9 + 42$ enheter $= 3/8 + 3/8 + 1\ 3/4$ tonsteg $= 74,707 + 74,707 + 348,631 = 498,045C$, Chroma toniálon $12 + 12 + 36$ enheter $= 1/2 + 1/2 + 1\ 1/2$ tonsteg $= 99,609 + 99,609 + 298,827 = 498,045C$; ett Chroma utan namn $8 + 16 + 36$ enheter $= 1/3 + 2/3 + 1\ 1/2$ tonsteg $= 66,406 + 132,812 + 298,827 = 498,045C$. De fyra diatoniska tetrakorden hos Aristoxenos slutligen äro fastställda på följande sätt: Diatonon syntonon $12 + 24 + 24$ enheter $= 1/2 + 1 + 1$ tonsteg $= 99,609 + 199,218 + 199,218 = 498,045C$; Diatonon malakón $12 + 18 + 30$ enheter $= 1/2 + 3/4 + 1\ 1/4 = 99,609 + 149,414 + 249,022 = 498,045C$; samt ytterligare två utan närmare benämning, vilkas existens påvisats av Düring:² $8 + 28 + 24 = 1/3 + 1\ 1/6 + 1 = 66,406 + 232,421 + 199,218 = 498,045C$ och $9 + 27 + 24 = 3/8 + 1\ 1/8 + 1 = 74,707 + 224,120 + 199,218 = 498,045C$.

Aristoxenos framställs ofta som en förkämpe för en liksvävande temperatur av liknande art som vår 12-tonstemperatur. Mot denna åsikt opponerar sig Düring mycket kategoriskt.³ Huruvida man skall

¹ Die Harmonielehre des Klaudios Ptolemaios, herausgeg. von Ingemar Düring, 1930; Porphyrios Kommentar zur Harmonielehre des Ptolemaios, herausgegeben von I. Düring, 1932; Ingemar Düring, Ptolemaios und Porphyrios über die Musik, 1934. Sistnämnda arbete ligger i stort sett till grund för denna framställning av tetrakordtyperna.

² Ptol. und Porf., s. 256.

³ »Jede Rede von temperierter Stimmung in der antiken Musik ist verfehlt, streitet sogar gegen ihr Wesen und Geist.» (Ptol. und Porf., s. 258.)

betrakta Aristoxenos' gehörmässiga uppdelning av tetrakordet i 60 lika delar som temperatur eller inte, är väl närmast en termfråga. Om man med temperatur menar ett matematiskt uppställt system, har han givetvis lika litet som Vicentino (se s. 168) eller J. S. Bach (se s. 171) tillämpat en liksvävande temperatur. Om man vidgar begreppet att omfatta även en gehörmässigt åstadkommen quasigeometrisk uppdelning av ett visst tonomfång, måste man anse att termen temperatur är tillämplig även på Aristoxenos' system.

Archytas hade i tetrakordläran infört den naturliga stora tersen $5 : 4$. Den naturliga lilla tersen finna vi däremot först c:a halvtannat århundrade senare hos Eratosthenes (276—194, den astronom, som gjorde den första bestämningen av jordens omkrets).

Eratosthenes' kromatiska tetrakord har följande byggnad: $(20 : 19) \cdot (19 : 18) \cdot (6 : 5)$, dvs. $88,801 + 93,603 + 315,641 = 498,045C$. Sitt enharmoniska tetrakord får han genom uppspaltning av $20 : 19$ ($40 : 39 : 38$): $(40 : 39) \cdot (39 : 38) \cdot (19 : 15)$, dvs. $43,831 + 44,970 + 409,244$ (alltså något större än den pythagoreiska tersen) $= 498,045C$. Hans diatoniska tetrakord är byggt på rent pythagoreiska intervaller: $(256 : 243) \cdot (9 : 8) \cdot (9 : 8)$, dvs. $90,225 + 203,910 + 203,910 = 498,045C$.

Den elegantaste lösningen av problemet finna vi hos Didymos (f. 63 f. Kr.). Det grundläggande intervallmaterialet övertog han visserligen av sina föregångare — $4 : 3$ och $9 : 8$ från pythagoreerna, $5 : 4$ från Archytas och $6 : 5$ från Eratosthenes — övriga inte tidigare använda intervalltyper voro tydligen resultatet av hans egen spekulering. Genom att från stora naturtersen dra stora heltonen utvann han lilla heltonen ($\frac{9}{8} \times \frac{5}{4} = \frac{45}{32} = \frac{10}{9}$, dvs. $386,314 - 203,910 = 182,404C$), från stora naturtersen dra lilla naturtersen ($\frac{5}{4} \times \frac{5}{4} = \frac{25}{16}$, dvs. $386,314 - 315,641 = 70,673C$) fick han kromatiska halvtonen och från rena kvarten stora naturtersen den diatoniska halvtonen ($\frac{5}{4} \times \frac{4}{3} = \frac{5}{3}$, dvs. $498,045 - 386,314 = 111,731C$). Sistnämnda intervall, som visserligen fanns antytt i Archytas' enharmoniska tetrakord ($\frac{36}{35} : \frac{28}{27} = \frac{1\ 008}{945} = \frac{16}{15}$, dvs. $48,770 + 62,961 = 111,731C$), delades av Didymos aritmetiskt i två praktiskt taget lika stora delar ($16 : 15 = 32 : 31 : 30$, dvs. $111,731 = 54,965 + 56,766C$). Hans enharmoniska tetrakord fick sammansättningen $(32 : 31) \cdot (31 : 30) \cdot (5 : 4)$, dvs. $54,965 + 56,766 + 386,314 = 498,045C$, hans kromatiska $(16 : 15) \cdot (25 : 24) \cdot (6 : 5)$, dvs. $111,731 + 70,673 + 315,641 = 498,045C$, och hans diatoniska $(16 : 15) \cdot (10 : 9) \cdot (9 : 8)$, dvs. $111,731 + 182,404 + 203,910 = 498,045C$.

Klaudios Ptolemaios, senantikens störste musikteoretiker (d. efter 161 e. Kr., astronom, fysiker, geograf och matematiker), ger i sin harmonilära en översikt över sina föregångares förslag till gruppering av intervallerna inom tetrakorden. Delvis i anslutning till de tidigare kanonikerna (men i stark opposition mot Aristoxenos), delvis efter självständig prövning av problemen framlägger han ett förslag till en fullständig tetrakordlära.

Hans uppdelning av det enharmoniska tetrakordets 16 : 15 avviker från såväl Archytas' som Didymos' och ter sig i sitt sammanhang sålunda: $(46 : 45) \cdot (24 : 23) \cdot (5 : 4)$, dvs. $38,051 + 73,680 + 386,314 = 498,045C$. Han avstår alltså från en tillnärmelsevis lika uppdelning av det diatoniska halvtönsteget i två pykna (Didymos' förslag) utan väljer utvägen att från 16 : 15 dra ett intervall något större än det kromatiska halvtönsteget ($25 : 24 = 70,673C$) och får som restintervall ett intervall något mindre än lilla diesis ($128 : 125 = 41,048C$). Han går alltså i detta avseende ett steg längre än Archytas. I än högre grad stå hans båda kromatiska tetrakord på egen grund: Chroma malakón: $(28 : 27) \cdot (15 : 14) \cdot (6 : 5)$, dvs. $62,961 + 119,443 + 315,641 = 498,045C$; Chroma syntonon: $(22 : 21) \cdot (12 : 11) \cdot (7 : 6)$, dvs. $80,537 + 150,637 + 266,871 = 498,045C$. Däremot följer han i sina diatoniska tetrakord dels pythagoreerna och Eratosthenes — $(256 : 243) \cdot (9 : 8)$ — dels Didymos — Syntonon $(16 : 15) \cdot (9 : 8) \cdot (10 : 9)$ — om än med omkastning av de båda senare intervallerna, dels Archytas — Toniaion $(28 : 27) \cdot (8 : 7) \cdot (9 : 8)$ — och lämnar slutligen ytterligare två egna bidrag till tetrakordläran: Malakón $(21 : 20) \cdot (10 : 9) \cdot (8 : 7)$, dvs. $84,467 + 182,404 + 231,174 = 498,045C$; Homalón $(12 : 11) \cdot (11 : 10) \cdot (10 : 9)$, dvs. $150,637 + 165,004 + 182,404 = 498,045C$.

De olika grekiska teoretikernas starkt divergerande åsikter om vilka intervaller som voro i praktiskt bruk inom ett och samma tetrakord tyda på att en matematiskt fastställd stämningspraxis aldrig existerade. Redan den omständigheten, att alla de fem ovan nämnda teoretikerna uppfattade det enharmoniska tetrakordets pykna så olika, låter oss ana, att deras förslag till fastställande av de exakta beloppen voro teoretiska konstruktioner. Medan Aristoxenos betraktade dessa enharmoniska intervaller som exakt lika stora (såsom vardera $1/10$ av det rena kvartintervall som inramade tetrakordet), Eratosthenos och Didymos fastställde dem som i det närmaste lika stora ($\frac{40}{39} \times \frac{39}{38} = \frac{1521}{1520}$, dvs. $1,139C$, resp. $\frac{32}{31} \times \frac{31}{30} = \frac{961}{960}$, dvs. $1,802C$), uppdelades halvtönsteget hos Archytas (före Aristoxenos) och Ptolemaios (efter Didymos) inte i två tillnärmelsevis lika pykna utan hos den förre i två väsentligt olika delar ($\frac{36}{35} \times \frac{28}{27} = \frac{980}{972} = \frac{245}{243}$, dvs. med differensen $14,191C$), varav det ena ($28 : 27 = 62,961C$) står stora diesis ($648 : 625 = 62,564C$) mycket nära, och hos den senare i ett pyknon något större än det kromatiska halvtönsteget ($25 : 24 = 70,673C$) och ett något mindre än lilla diesis ($128 : 125 = 41,048C$), vilket ger den avsevärda differensen av $35,629C$ ($\frac{46}{45} \times \frac{24}{23} = \frac{1080}{1058} = \frac{540}{529}$, dvs. $35,629C$).

Dessa enharmoniska intervaller förlorade redan under de första århundradena av vår tideräkning sin betydelse i västerländsk konstmusik. Försök att återinföra dem ha inte lett till varaktiga resultat (jfr Vicentino under 1500-talet, se nedan s. 168). Våra dagars $1/4$ - och $1/6$ -tonstemperaturer (se s. 175) införa visserligen intervallbelopp, vilka stå de enharmoniska pykna nära (50 , $33 \frac{1}{3}$ och $66 \frac{2}{3}C$), men befinna sig ännu på experimentstadiet och synas f.ö. inte ha någon direkt

anknytning till den senantika tetrakordläran. Däremot har norrmannen Erik Eggen¹ genom mätningar av bandningen på gamla nordiska stränginstrument (langeleik) kommit till slutsatsen, att dessa små intervaller ha levt kvar i nordisk folkmusik.

Att den naturliga stortersen $5 : 4$ i de flesta fall kom att tränga undan det pythagoreiska ditonus $81 : 64$, behöver inte ha berott på, att man ansåg $5 : 4$ som ett melodiskt mera kvalificerat intervall än $81 : 64$ utan endast att det var lättare att stämma in på kitharan. Därtill kommer, att restintervallet $16 : 15$ lättare lät sig delas aritmetiskt på kanon än $256 : 243$. Så mycket märkligare är det, att Archytas och Eratosthenes med $5 : 4$ och $6 : 5$ i sina tetrakordförslag, vilka ju avsågo ett melodiskt tonsystem, tydligen omedvetet löste problem, som skulle bli av den största betydelse för den flerstämmiga intervallläran halvtannat årtusende senare.

Ptolemaios' framställning av den antika tetrakordläran var bekant för Boetius (c:a 475—c:a 525, romersk filosof) och andra tidiga kristna teoretiker. I och med kyrkosångens diatonisering (alltså fr.o.m. Guido av Arezzo, som i sitt linjesystem tillämpade en rent pythagoreisk stämning) synas emellertid ej blott de enharmoniska och kromatiska intervallerna ha kommit ur bruk utan även de naturliga terserna $5 : 4$ och $6 : 5$. Om detta berott på, att de kristna kyrkomusikerna någon gång mellan Boetius och Guido funnit dem typiska för den förkättrade lättfärdiga senantika kulturen eller om Boetius' *De institutione musica* av en eller annan orsak förlorat sin aktualitet, vet jag ingenting om. Möjligen skulle man kunna anta, att de på instrument med fast intonation (närmast orgeln) överförda parallell-organa framtvingat en återgång till det pythagoreiska systemet för att undvika svävande kvinter och kvarter.

Att däremot terser och sexter blevo svävande spelade ingen roll vare sig i enstämmig eller parallellorganal sats i kvinter och kvarter. Ja, inte ens i ars-antiquastilen, där de ännu behandlas som dissonanser, hade man anledning reagera mot de svävande terserna. Däremot kunde man naturligtvis inte utan vidare överföra den folkliga terssången (den engelska gymel) eller den konstmässiga fauxbourdonstilen på pythagoreiskt stämmda instrument. Jag vågar anta, att just experiment av denna art framkallade den under flera århundraden aktuella frågan, huruvida terser och sexter överhuvud skulle betraktas som konsonanser eller dissonanser. Förmodligen hävdade sångare och kantorer den åsikten, att dessa intervaller voro konsonanta, då man vid organal sång med parallella terser och sexter givetvis instinktivt sökte sig fram till de minst svävande intervallerna. Organister med tillgång blott till pythagoreiskt stämmda instrument, ansågo dem däremot

¹ Sk alastudier, 1923.

som dissonanta. Därtill kom den omständigheten, att teoretikerna, som ej mera kände till vare sig Ptolemaios' eller andra senantika teoretikers framställning, inte ville höra talas om, att intervaller med så komplicerade relativa svängningstal som 81 : 64, 128 : 81, 32 : 27 eller 27 : 16 skulle betraktas som konsonanta.

Att just en engelsk teoretiker, munken Walter Odington (slutet av 1200-talet), i *De speculatione musicae* (Coussemaker I) blev den förste västerländske teoretiker, vilken på nytt påvisade existensen av de naturliga terserna (5 : 4 och 6 : 5), synes mig rätt naturligt, eftersom tersen som samklangintervall tidigare varit erkänd i England (gymel) än på kontinenten. Odington torde även ha varit den förste som fastställde differensen mellan pythagoreisk och naturlig ters till det *syntoniska kommat* (förkortas synt.' $\frac{5}{4} \times \frac{81}{64} = \frac{324}{320} = \frac{81}{80}$, dvs. 21,506C). Egendomligt nog övertog han inte de grekiska teoretikernas sekundintervall-storlekar utan sökte lösa denna fråga på annat sätt (se s. 166). Det förslag till lösning som Marchettus av Padova (början av 1300-talet) gav, var inte heller lyckat.¹

Genom aritmetisk delning av stora sekunden 9 : 8 (18 : 17 : 16) kom han visserligen rätt nära det 12-tonstempererade halvtonsteget (17 : 16 = 104,955C, 18 : 17 = 98,955C). Denna utväg, antydd redan av Boetius, leder emellertid endast tillbaka till den pythagoreiska tersen ($\frac{17}{16} : \frac{18}{17} = \frac{93\ 636}{78\ 984} = \frac{81}{64}$, dvs. 104,955 + 104,955 + 98,955 + 98,955 = 407,820C). Hans försök att lösa problemet på basis av lilla diesis (128 : 125 = 41,048, alltså 41,048 — 82,096 — 123,144 — 164,192) leder visserligen till några relativt goda pythagoreiska intervaller (205,240 — 410,480 — 492,576) men fjärrar snarare än närmar till det harmoniska systemet.

Den förste som efter Didymos och Ptolemaios fastställde heltonsintervallerna genom aritmetisk delning av stora naturtersen 5 : 4 (10 : 9 : 8) var Bartolomeo Ramis de Pareja.² Därigenom utvann han lilla heltonen 10 : 9 som restintervall, sedan den från det pythagoreiska systemet redan kända stora heltonen 9 : 8 hade dragits från stora naturtersen. Detta väckte till liv en häftig strid mellan å ena sidan Jacobus Faber Stapulensis och Nicolaus Burtius, vilka ännu vid denna tid ansågo sig böra ingripa till försvar för det pythagoreiska systemet, och å andra sidan Ramis' elev Giovanni Spataro såsom försvarare av de naturliga intervallerna. När principerna för de båda konsonanta ackorden, dur- och mollklangerna, fingo sin första formulering genom G. Zarlino³ i dualistisk anda, utgjorde detta en direkt påbyggnad på de principer som successivt hade framlagts av Archytas, Eratosthenes, Didymos, Ptolemaios och Odington.

¹ J. Wolf, *Geschichte der Mensuralnotation* I, 1905, s. 115.

² *Musica practica*, 1482, nytryck av J. Wolf i Beiheft 2 i Publikationen der IMG.

³ *Istitutioni harmoniche*, 1558.

Om man drar ut konsekvenserna av Zarlinos teori och fastställer durklangen med talserien 1/4 : 1/5 : 1/6 och mollklangen med 4 : 5 : 6, behöver denna inte beröras av den kritik som 300 år senare riktades mot Oettingens och Riemanns dualistiska harmonisystem, vilka för att ge en naturlig förklaring åt mollklangen förutsatte en undertonserie, dvs. en numera såsom fysiskt konstaterbar ansedd motsvarighet till övertonserien, fastän riktad nedåt. Vi kunna nämligen avstå från hypotesen om såväl underton- som övertonserierna såsom fysikaliskt påvisbara grundelement för harmoniken och betrakta den s.k. naturtonserien som en *logisk konstruktion*, som kan vara uppåt- eller nedåtriktad (1 : 1/2 : 1/3 : 1/4 : 1/5 : . . . n, resp. 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : . . . n).

När Rameau mer än 150 år senare formulerade principerna för det klassiska tonalitetsbegreppet,¹ införde han i sitt harmonisystem även de ackordbildningar, som senare ha kallats karakteristiska dissonanser, nämligen durklang med liten överseptima, D⁷, mollklang med liten underseptima (resp. stor översext), S^{VII}, och durklang med stor översext (egentligen mollklang med liten underseptima och högalterad ters), S⁶. Rameau synes emellertid inte ha satt dessa för dominantisk resp. subdominantisk funktion karakteristiska ackordbildningar i samband med lilla naturseptiman. Han anger nämligen deras intervallförhållanden med följande ur övertonserien hämtade tal: D⁷ = 36—45—54—64, dvs. 386,314 + 315,641 + 294,135 = 996,090C; S^{VII} = 25—30—36—45, dvs. 315,641 + 315,641 + 386,314 = 1 017,596C; S⁶ = 27—32—40—48, dvs. 294,135 + 386,314 + 315,641 = 996,090C. Ramintervallerna bli alltså för D⁷ och S⁶ den pythagoreiska lilla septiman 16 : 9 och för S^{VII} den harmoniska septiman 9 : 5. Däremot undviker han naturseptiman 7 : 4 (= 968,826C).

Rameau förändrade och förbättrade sitt system i en rad traktater ända till 1760, och det är väl troligt, att han med tiden hade upptäckt naturseptiman, om han inte redan ett par år efter sin första avhandling hade anslutit sig till medeltonsprincipen (se s. 163) och efter ytterligare ett årtionde accepterade den liksvävande 12-tonstemperaturen.² Därigenom löstes många problem även hos honom på ett lättvindigt sätt, och frågan om naturseptiman blev inte på lång tid aktuell. För honom, liksom för alla andra harmoniteoretiker, som utgingo från den liksvävande 12-tonstemperaturen, var den till dominanten fogade lilla septiman liksom den till subdominanten fogade översexten (= underseptiman) endast kadenskoncentrat.³ Man har all anledning anta, att tonsättarna inom klassisk och romantisk skola överhuvud haft denna inställning till de karakteristiska dissonanserna.

H. Helmholtz nämner i första hand⁴ 16 : 9, som han dock ställer närmast 7 : 4, vilken senare han anser stå nära konsonanserna i välklang, dock utan att yttra sig om dess praktiska användbarhet i musikaliskt avseende. Som septima i det lilla septimackordet (t. ex. e—g—h—d) använder han emellertid liksom Rameau den vida kärvare 9 : 5. Av sammanhanget framgår, att H. anser skillnaden mellan 7 : 4 och 16 : 9

¹ *Traité de l'harmonie*, 1722.

² *Nouveau système de musique théorique*, 1726; *Génération harmonique*, 1737.

³ Jfr S. E. Svensson, *Till frågan om dissonansproblemet*, STM, årg. XIII (1931) och Svensson-Moberg, *Harmonilära* (1933) s. 54 ff.

⁴ *Die Lehre von den Tonempfindungen*, 3 uppl., 1870, s. 523 och 528 ff.

som tämligen obetydlig. I själva verket är den rätt avsevärd ($\frac{7}{4} \times \frac{16}{9} = \frac{64}{63}$, dvs. 27,264C). H:s uppfattning av differensen kan möjligen förklaras därmed, att den s.k. naturseptiman på H:s »renstämda» harmonium är rätt mycket för stor (976,050 i st.f. 968,826C). Differensen mellan detta intervall och 16 : 9 blir alltså endast 20,040C.

De flesta av 1800-talets läroböcker i harmonilära äro rena hantverkslärar och beröra följaktligen inte naturseptimans problem. Men ej ens en spekulativ teoretiker som Moritz Hauptmann¹ sätter sjunde naturtonen i förbindelse med dominantseptimackordet. Hugo Riemann² berör problemet endast med lätt hand utan att gå närmare in på dess konsekvenser. Först Sigfrid Karg-Elert tar steget fullt ut och behandlar dominantseptimackordet som naturklang.³

Redan under den klassiska epoken finna vi dock undantagsvis dominantseptiman naturtonmässigt behandlad (jfr valthornsseptiman i Beethovens Eroicasymfoni, scherzosatsen, triodelen takt 70—71). Om man betänker, att kommadifferensen mellan naturseptiman 9 : 4 och den till dominantharmonin fogade subdominantgrundtonen (resp. den till subdominantharmonin fogade dominantkvinten) utgör ett så stort belopp som $\frac{64}{63}$, skulle man kanske t. o. m. kunna sätta i fråga, om vi inte i själva verket här ha att göra med *två eller rent av tre funktionellt skilda ackordtyper*: 1) pythagoreiskt uppbyggda karakteristiska dissonanser med svävande terser och septimor eller sexter⁴, 2) naturlig treklang med pythagoreiska septimor eller sexter⁵, 3) konsonanta fyrklanger med naturterser och naturseptimor⁶.

1) och 2) höra framförallt hemma i polyfon stil och i den klassiska funktionella kadensen. De konsonanta fyrklangerna förekomma i renodlad form först i impressionistisk harmonik, men kunna tillfälligtvis uppträda även i den klassiska kadensen.

Av vad vi hittills anfört framgår, hur man successivt har erövrat olika avsnitt ur de båda polära naturtonserierna: 1) oktavtonerna ($\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \dots n$, resp. 1 : 2 : 4 : 8 : ... n), 2) kvinttonerna ($\frac{1}{3} : \frac{1}{6} : \frac{1}{9} : \frac{1}{12} : \dots n$, resp. 3 : 6 : 9 : 12 : ... n), 3) terstonerna ($\frac{1}{5} : \frac{1}{10} : \frac{1}{15} : \frac{1}{20} : \dots n$, resp. 5 : 10 : 15 : 20 : ... n), och 4) septimtonerna ($\frac{1}{7} : \frac{1}{14} : \frac{1}{21} : \dots n$, resp.

¹ Die Natur von der Harmonik und der Metrik, 1853.

² Handbuch der Harmonielehre, 1880, 8 o. 9 uppl. 1921, s. 141 ff.

³ Polaristische Klang- und Tonalitätslehre, 1931.

⁴ $D^7 = (81 : 64) \cdot (32 : 27) \cdot (32 : 27)$, dvs. 407,820 + 294,135 + 294,135 = 996,090C; $SVII = (32 : 27) \cdot (81 : 64) \cdot (9 : 8)$, dvs. 294,135 + 407,820 + 203,910 = 905,865C; $S^6 = (81 : 64) \cdot (32 : 27) \cdot (9 : 8)$, dvs. 407,820 + 294,135 + 203,910 = 905,865C.

⁵ $D^7 = (5 : 4) \cdot (6 : 5) \cdot (32 : 27)$, dvs. 386,314 + 315,641 + 294,135 = 996,090C; $SVII = (6 : 5) \cdot (5 : 4) \cdot (9 : 8)$, dvs. 315,641 + 386,314 + 203,910 = 905,865C; $S^6 = (5 : 4) \cdot (6 : 5) \cdot (9 : 8)$, dvs. 386,314 + 315,641 + 203,910 = 905,865C.

⁶ $D^7 = (5 : 4) \cdot (6 : 5) \cdot (7 : 6)$, dvs. 386,314 + 315,641 + 266,871 = 968,826C, $SVII = (6 : 5) \cdot (5 : 4) \cdot (8 : 7)$, dvs. 315,641 + 386,314 + 231,174 = 933,129C; $S^6 = (5 : 4) \cdot (6 : 5) \cdot (8 : 7)$, dvs. 386,314 + 315,641 + 231,174 = 933,129C.

7 : 14 : 21 : ... n). Hur dessa intervaller förhålla sig till varandra framgår av Tabell I (s. 164—165), vilken som jämförelse även upptar vårt tempererade tonsystems 12 toner.

2. TEMPERATURER

Svårigheterna att sammansmälta det kvintuppbbyggda pythagoreiska systemet med de naturliga terserna till ett enhetligt tonsystem gjorde sig naturligtvis starkast gällande vid stämning av instrument med fast intonation och ett rel. begränsat tonförråd. Orglarnas sju tangenter inom oktaven utökades successivt under medeltidens senare del. Instrument med fem övertangenter funnos visserligen i enstaka fall redan på 1200- och 1300-talen, men ännu i slutet av 1400-talet förekommo orglar med blott tre övertangenter. Nu förutsätter ju även systemet med tolv tangenter avvikelser från de naturgivna intervallerna, så snart man lämnar den tonart, efter vilken stämningen är avpassad. Den från 1200-talet allt vanligare transpositionen av kyrkotonerna blev alltså en av orsakerna till att man införde *temperaturer av stämningarna*. En annan orsak var behovet av intervaller, som kunde företräda terser och sexter i såväl melodisk (pythagoreisk) som harmonisk funktion.

Eftersom den här tillämpade terminologin — i nödtorftig försvenskning av de internationella termerna — kan förekomma med vissa skiftningar i betydelsen, skadar det inte att fastställa deras användning i denna framställning. Liksvävande är ett system, i vilket ett oktav- eller annat ramintervall delas i ett antal lika delar. Exakt kunde en dylik delning fastställas först genom tillämpning av logaritmer. Försöken att med tillhjälp av kanon eller t.o.m. gehöret företa sådana delningar innan logaritmräkningen ännu var bekant (alltså före 1600-talets början) torde inte ha lett till annat än tillnärmelsevis »svävande system. Metoden att fastställa avvikelserna från de naturgivna intervallerna genom att avlyssna deras svävningar torde inte ha praktiserats förr än ett stycke in på 1800-talet.¹

De olika svävande systemen kunna vara urvalstemperaturer uppbyggda efter pythagoreisk kvintgenerationsprincip, fastän med vissa av kvintspiralens intervaller korrigerade, så att de även kunna fungera som mer eller mindre svävningfria terser (och sexter).

System, som helt eller delvis äro uppbyggda på tersintervall 5 : 4, vilket i sin tur är mer eller mindre exakt uppdelat i två lika eller tillnärmelsevis lika heltonsteg, kallas medeltonstemperaturer. Ett medeltonsystem kan vara antingen lik- eller olika svävande.

¹ Jfr J. H. Scheibler, Anleitung die Orgel vermittelt der Stösse (vulgo Schwebungen) — — — korrekt gleichschwebend zu stimmen, 1834.

Tabell 1.

över i västerländsk praxis gängse naturliga, pythagoreiska och 12-tonstempererade intervaller inom en oktav ($c-c^1$), i relativa stränglängder, millimeter vid delning av en sträng med 1 200 millimeters längd, absolut tonhöjd (Herz), då hela strängens egentona är $c = 132$ Herz, och i 1 200-delar av en oktav (Cent). De pythagoreiska tonerna äro meloditoner och harmoniska primtoner (1 eller I) till naturliga stora överterser (3), naturliga stora underterser (III), naturliga små överterser (7) och naturliga små underterser (VII).

Nr	Relativa stränglängder		Mm från sadeln	Herz	Cent
1	1:1	c, strängens egentona, ren prim	0:0	132.00	0:000
2	32 768: 32 805	Hiss, 3 till giss (68), »schisma»	1:4	132.14	1:954
3	80: 81	c, III till e (36), »synt. komma»	14:8	133.65	21:506
4	524 288: 531 441	Hiss, »pyth. komma»	16:2	133.80	23:460
5	63: 64	c, VII till b (84)	18:8	134.89	27:264
6	27: 28	dess, 7 till ess (24)	42:9	136.89	62:961
7	24: 25	ciss, 3 till a (79), »litet kroma»	48:0	137.50	70:673
8	131 072: 137 781	ciss, 7 till diss (28)	58:4	138.76	86:421
9	243: 256	dess, pyth., »litet limma»	60:9	139.10	90:225
10	128: 135	ciss, 3 till a (79), »stort limma»	62:2	139.20	92:179
11	ca 84: 89	ciss, dess, temp. halvton etc.	ca 67:4	ca 139.86	100:000
12	15: 16	dess, III till f (41), diat. halvton	75:0	140.80	111:731
13	2 048: 2 187	ciss, pyth., »apotome»	76:2	140.96	113:685
14	224: 243	ciss, VII till h (97)	93:1	143.20	140:949
15	512: 567	d, 7 till e (36)	116:4	146.17	176:646
16	9: 10	d, 3 till b (84), »litet helton»	120:0	146.67	182:040
17	ca 90: 101	d, ciss, dess, temp. helton etc.	ca 130:7	ca 148.13	200:000
18	3 645: 4 096	ess, III till gess (50)	132:1	148.33	201:956
19	8: 9	d, pyth., »stor helton»	133:3	148.50	203:910
20	640: 729	d, III till f (41)	146:5	150.35	225:416
21	7: 8	d, VII till c (1, 102)	150:0	150.86	231:174
22	6: 7	ess, 7 till f (41)	171:4	154.00	266:871
23	2 187: 2 560	ess, 3 till ciss (93)	174:8	154.51	272:629
24	27: 32	ess, pyth., »	187:5	156.44	294:185
25	1 024: 1 215	diss, 3 till h (97)	188:6	156.57	296:089
26	37: 44	diss, dess, temp. liten ters etc.	ca 190:9	ca 156.97	300:000
27	5: 6	ess, III till g (62)	200:0	158.40	315:641
28	16 384: 19 683	diss, pyth., »	201:1	158.58	317:595
29	1 701: 2 048	ess, VII till dess (9)	203:3	158.93	321:399
30	1 792: 2 187	diss, VII till ciss (13)	216:7	161.09	344:859
31	729: 896	fess, 7 till gess (50)	223:7	162.24	357:096
32	4 096: 5 103	e, 7 till f (54)	236:8	164.45	380:556
33	4: 5	e, 3 till c (1, 102)	240:0	165.00	386:314
34	ca 504: 635	e, fess, dess, temp. stor ters etc.	ca 247:3	ca 166.31	400:000
35	405: 512	fess, III till ass (65)	250:8	166.87	405:866
36	64: 81	e, pyth., »	251:9	167.03	407:820
37	5 120: 6 561	e, III till giss (72)	262:9	169.15	429:326
38	7: 9	e, VII till d (19)	266:7	169.71	435:084
39	16: 21	f, 7 till g (62)	285:7	173.25	470:781
40	243: 320	f, 3 till dess (9)	288:8	173.83	476:539
41	3: 4	f, pyth. och nat.	300:0	176.00	498:045
42	8 192: 10 935	eiss, 3 till ciss (13)	300:9	176.20	499:999
43	ca 1 024: 1 367	f, eiss, gess, temp. »ren» kvart etc.	ca 301:0	ca 176.21	500:000
44	20: 27	f, III till a (79)	311:1	178.20	519:551
45	189: 256	f, VII till ess (24)	314:1	178.79	525:809

Nr	Relativa stränglängder		Mm från sadeln	Herz	Cent
46	14 336: 19 683	eiss, VII till diss (28)	326:0	181.23	548:769
47	81: 112	gess, 7 till ass (68)	332:1	182.52	561:006
48	5: 7	gess, 7 till ass (71)	342:9	184.80	582:512
49	32 768: 45 927	fiss, 7 till giss (72)	343:8	185.00	584:466
50	729: 1 024	gess, pyth., »	345:7	185.42	588:270
51	32: 45	fiss, 3 till d (19)	346:7	185.63	590:224
52	ca 70: 99	fiss, gess, temp. tritonus	ca 351:5	ca 186.69	600:000
53	45: 64	gess, III till b (84)	356:3	187.78	609:776
54	512: 729	fiss, pyth., »	357:2	187.95	611:780
55	7: 10	fiss, VII till e (33)	360:0	188.57	617:488
56	40 960: 59 049	fiss III till aiss (88)	367:6	190.29	633:236
57	56: 81	fiss VII till e (36)	370:4	190.93	638:994
58	128: 189	g, 7 till a (79)	387:3	194.91	674:691
59	27: 40	g, 3 till ess (24)	390:0	195.56	680:449
60	ca 1 367: 2 048	g, f, gess, temp. »ren» kvint etc.	ca 399:0	ca 197.77	700:000
61	10 935: 16 384	assess, III till ciss (93)	399:1	197.78	700:001
62	2: 3	g, pyth. och nat.	400:0	198.00	701:955
63	65 536: 98 415	fississ, 3 till diss (28)	401:9	198.47	703:909
64	160: 243	g, III till h (97)	409:9	200.48	723:461
65	21: 32	g, VII till f (41)	412:5	201.14	729:219
66	9: 14	ass, 7 till b (84)	428:6	205.33	764:916
67	262 144: 413 343	fiss, 7 till aiss (88)	439:0	208.13	788:876
68	81: 128	ass, pyth., »	440:6	208.59	792:180
69	256: 405	giss, 3 till e (36)	441:5	208.83	794:134
70	ca 635: 1 008	giss, ass, temp. liten sext etc.	ca 444:0	ca 209.54	800:000
71	5: 8	ass, III till c (1, 102)	450:0	211.20	813:686
72	4 096: 6 561	giss, pyth., »	450:8	211.44	815:640
73	5 103: 8 192	ass, VII till gess (50)	454:7	211.90	819:444
74	448: 729	giss, VII till f (54)	462:6	214.79	842:904
75	1 024: 1 701	a, 7 till h (97)	477:6	219.27	878:601
76	3: 5	a, 3 till f (41)	480:0	220.00	884:359
77	22: 37	a, giss, dess, temp. stor sext etc.	ca 486:5	ca 222.00	900:000
78	1 215: 2 048	hessess, III till dess (9)	488:1	222.50	903:911
79	16: 27	a, pyth., »	488:9	222.75	905:865
80	1 280: 2 187	a, III till ciss (13)	497:7	225.53	927:871
81	7: 12	a, VII till g (62)	500:0	226.29	933:129
82	4: 7	b, 7 till c (1, 102)	514:3	231.00	968:826
83	729: 1 280	b, 3 till gess (50)	516:6	231.77	974:584
84	9: 16	b, pyth., »	525:0	234.44	996:090
85	2 048: 3 645	aiss, 3 till f (54)	525:8	234.93	998:044
86	ca 101: 180	b, aiss, temp. liten septima etc.	ca 526:7	ca 235.25	1 000:000
87	5: 9	b, III till d (19)	533:3	237.60	1 017:596
88	32 768: 59 049	aiss, pyth., »	534:1	237.87	1 019:550
89	567: 1 024	b, VII till ass (68)	535:5	238.39	1 023:854
90	3 584: 6 561	aiss, VII till giss (72)	544:5	241.64	1 046:814
91	243: 448	cess, 7 till dess (9)	549:1	246.65	1 059:051
92	8 192: 15 309	h, 7 till ciss (13)	557:9	246.68	1 082:511
93	2 187: 4 096	cess, pyth., »	559:3	247.22	1 086:315
94	8: 15	h, 3 till g (62)	560:0	247.50	1 088:269
95	ca 89: 168	h, cess, aiss, temp. stor septima etc.	ca 564:3	249.17	1 100:000
96	135: 256	cess, III till ess (24)	567:2	250.31	1 107:821
97	128: 243	h, pyth., »	567:9	250.60	1 109:775
98	10 240: 19 683	h, III till diss (28)	575:7	253.78	1 131:281
99	14: 27	h, VII till a (79)	577:8	254.57	1 137:039
100	32: 63	c ¹ , 7 till d (19)	590:5	259.88	1 172:736
101	81: 160	c ¹ , 3 till ass (68)	592:5	260.74	1 178:494
102	1: 2	c ¹ , pyth., nat. och temp.	600:0	264.00	1 200:000

När Odington fastställde differensen mellan pythagoreisk och naturlig storters till 81:80 (= 21,506C) synes han som nämnts (s. 160) in teha begagnat Didymos eller Ptolemaios som förlaga. Därpå tyder åtminstone den omständigheten, att han inte som dessa delade upp 5:4 aritmetiskt i 9:8 och 10:9 utan i stället gjorde ett försök att dela intervallet geometriskt. Han torde alltså ha varit den förste som tillämpade medeltonsprincipen. Att denna delning blev tämligen grov, förstår man därav, att han höll fast vid halvtonsintervallet 256:243, tydligen utan att märka att det rena kvartintervallet blev ett synt. ' för litet (476,539 i stället för 498,045C). Bland övriga tempereringsförslag under medeltiden är Marchettus' system med aritmetisk delning av stora heltonsteget närmast att betrakta som en urvalstemperatur (se s. 169), medan Franchinus Gafurius' förslag, som innebär en obetydlig sammandragning av rena kvinten, snarare synes leda till en gehörs-temperatur och — väl utförd — torde kunna närma sig den liksvävande 12-tonstemperaturen (jfr s. 173).

Först med Arnold Schlick¹ stå vi inför ett medeltonssystem på fast matematisk grundval.

Schlick drog samman den rena kvinten med ett belopp = $1/4$ av ett synt. ' (701,955 - $/21,506C:4/ = 5,377C/ = 696,579C$), vilket dock vid det vanliga 12-tangentsystemet framtvingade en vidgning av kvinten ass—ess med 35,676C. Den »wolf» som denna mycket för stora kvint (737,631C) medförde gjorde givetvis en modulation runt kvintcirkeln omöjlig, men detta spelade i och för sig inte så stor roll vid denna tid. Värre var, att tonartsvalet begränsades till tonarter med förtecken motsvarande B-dur till A-dur. För att avhjälpa denna brist införde man ibland en trettonde tangent (genom delning av ass—giss tangenten). Differensen mellan ass och giss blev på detta sätt 41,052C, dvs. lilla diesis (128:125, jfr s. 160). Då giss och ass i den tidens musik aldrig behövde följa direkt på varandra, spelade denna skillnad emellertid ingen roll. Alla stora terser från ass — c t.o.m. e—giss blevo svävningsfria; de övriga blevo ungefär 1 diaschisma för stora (427,638C), dvs. oanvändbara. De små terserna bli visserligen aldrig riktigt svävningsfria, dock betydligt mindre orena än de 12-tonstempererade (alla från f—ass t.o.m. giss—h 310,260C, de övriga 269,211C, alltså mycket för små). Av halvtonstegen äro de sex diatoniska 117,105C, dvs. 5,374C större än det diatoniska 16:15, de sex kromatiska 76,153C, dvs. 5,380C större än det naturliga lilla kromasteget 25:24, men däremot 16,016 mindre än det naturliga stora kromasteget 135:128. I tonarter, där det kunde bli nödvändigt att byta ut ett diatoniskt mot ett kromatiskt halvtonsteg eller tvärtom, medförde detta naturligtvis avsevärda olägenheter. — Genom sammanslagning av ett diatoniskt och ett kromatiskt halvtonsteg ernådde man ett heltonsteg med värdet 193,253C, och kom alltså det ideala medeltonsteget så nära som gärna är möjligt.

¹ Spiegel der Organisten und Orgelmacher, 1511, nytryck i Monatshefte für Musikgeschichte 1869.

Det schlickska systemets svagheter ligga (från vår synpunkt) främst däri, att av de nu använda 12 dur- och 12 molltonarterna endast halva antalet varit användbara. Även när det gäller de rena kvinterna och kvarterna är vårt 12-tonssystem (se s. 172) avsevärt bättre. Överlägsenheten hos Schlicks system ligger (vid de överhuvud användbara tonarterna) i de helt svävningsfria storterserna och de i jämförelse med vårt 12-tonssystem vida bättre småterserna. Styrkan i Schlicks system gäller harmoniken. I melodisk resp. polyfon sats gör denna stämning däremot ett slappt intryck, huvudsakligen beroende på de melodiska halvtonstegens alltför stora vidd, varigenom de melodiska linjerna bli spännings- och kraftlösa.

Till liknande resultat som Schlick kommo ytterligare en rad 1500-talsteoretiker.¹ Av dessa må här närmare nämnas endast Zarlino, som jämte en rad andra förslag ger två alternativa möjligheter till medeltonstemperatur. Det bästa av dessa åstadkommer heltonsvärdet 191,620C genom parvis sammanfogade kromatiska och diatoniska halvtonsteg: 70,670—120,950C. Vid heltonsvärderna ciss—diss (dess—ess) och fiss—giss (gess—ass) sammanstöta emellertid två diatoniska heltonsteg, vilket ger de orimliga värdena 241,900C. Denna svaghet i Zarlinos system försvårar användningen ej blott av e-dur och ass-dur jämte tonarter med ännu flera förtecken vid klaven utan också a-dur och t.o.m. a-moll.

Medeltonsprincipen följde vidare även Michael Prætorius,² senare även Rameau (jfr s. 161) och engelsmannen Robert Smith,³ vars tempereringsprinciper gällde i England ännu framemot mitten av 1800-talet. Ett gott stycke inpå 1800-talet förordade jämväl fransmannen Claude Montal⁴ en medeltonstemperatur.

Vid 1500-talets mitt började experimenten med mångtoniga tangentbord, åtminstone delvis som ett led i den humanistiska strävan att återuppväcka senantikens enharmoniska och kromatiska tonsystem (jfr s. 155). Redan 1537 skall Salinas ha spelat på en archicembalo med femdelade heltoner, 1548 byggdes en gravicembalo för Zarlino, 1555 beskrev Vicentino sitt instrument med 31 toner inom oktaven, vid 1600-talets början byggde F. Colonna ett instrument med fyrdelade heltoner och ca 1650 byggde F. Nigetti en »Cembalo omnicordo». Även G. Sabbatini lät bygga ett sådant mångtangentyg instrument.

¹ Pietro Aron, Il Toscanello in musica, 1529; Ludovico Fogliani, Musica theorica, 1529; Juan Bermudo, Declaración de instrumentos musicales, 1555; Santa Maria, Arte de Tañer fantasia, 1565; Constanzo Antegnati, L'Arte Organica, 1608; Giosepe Zarlino (se s. 11, fotnot 3); Francisco Salinas, De musica libri septem, 1577; i viss mån även E. N. Ammerbach, Orgel- und Instrumententabulatur, I, 1571.

² Syntagma musicum, 1618.

³ Harmonics of the Philosophy of musical sounds, 1758.

⁴ Art d'accorder son piano, 1838.

Bland dessa försök är närmast Nicola Vicentinos¹ tonsystem av intresse. Han synes ha eftersträvat ett liksvävande 31-tonssystem. Detta fungerade tydligen som ett utbyggt schlicksystem, dvs. de hos Schlick användbara intervallerna voro utbyggda över hela oktaven. Att Vicentino skulle ha lyckats åstadkomma en matematiskt bestämd liksvävande 31-tonstemperatur är uteslutet, då detta skulle förutsätta en kännedom om logaritmisk tillämpning, som han givetvis inte hade. Däremot synes hans experiment ha givit impulsen till Christian Huyghens' liksvävande 31-tonssystem mer än 100 år senare (se s. 176).

Vicentino avsåg med sitt system bl. a. att återuppliva det antika enharmonisk-kromatiska systemet, sådant det är beskrivet av Ptolemaios (se s. 158). Om hans stämning lyckats komma det liksvävande 31-tonssystemet tillnärmelsevis nära, träffade han dennes enharmoniska pyknon ($46:45 = 38,051$) med sitt minsta intervallelement ($38,710$). Nästa intervallmagnitud ($77,419C$) är något större än Didymos' kromatiska halvton ($25:24 = 70,673C$) och Ptolemaios' större pyknon ($24:23 = 73,680C$), väsentligt större än $28:27$ i den senares Chroma malakón men endast obetydligt mindre än $22:21$ ($80,537C$) i hans Chroma syntonon och $21:20$ i hans Diatonon malakón ($84,467C$). $15:14$ i Ptolemaios' Chroma malakón ($119,443$) har hos Vicentino sin motsvarighet i beloppet $116,129C$, $12:11$ ($150,637C$) i hans Chroma syntonon och Diatonon homalon i Vicentinos belopp $154,839C$. Däremot kommer han Ptolemaios' $11:10$ ($165,004C$) inte närmare än c:a $10C$ med sistnämnda belopp, och ännu något större är differensen mellan V:s $193,548C$ och $10:9$ i P:s Diatonon homalon och Diatonon malakón, vars $8:7$ ($231,174C$) V. träffar ganska nära med sitt belopp $232,259C$, liksom $7:6$ ($266,871C$) med $270,968C$. Vidare må nämnas, att heltonen sammanfaller med medeltonen. — Dessa jämförelser gälla naturligtvis endast i den mån Vicentino verkligen har lyckats göra sin 31-tonstemperatur liksvävande. (Jfr vidare s. 176.)

Två av Zarlino omnämnda mångtoniga urvalstemperaturer ha visserligen spelat en viss roll i den teoretiska diskussionen² men förlorade ganska snart sin aktualitet och har senare aldrig ifrågasatts som praktiska lösningar av stämningsproblemet. Det har t.o.m. gjorts gällande³ att dessa förslag i själva verket inte äro att betrakta som temperaturer i egentlig mening, eftersom de endast (med undtag för de oundvikliga »wolfarna») innebära en komplettering med naturterser av de pythagoreiska kvintserierna. Det skulle i så fall även gälla matematikern Johann Keplers⁴ förslag till ett oliksvävande 12-tonssystem, som trots Marpurgs omdöme, att han var »ein grösserer Mathematiker als Tonkünstler», har stimulerat diskussionen ända fram emot slutet av 1700-talet.

¹ L'antica musica ridotta alla moderne prattica, 1555.

² M. Mersenne, Harmonie universelle, 1637; G. B. Doni, Compendio del trattato del generi e de'modi della musica, 1635.

³ Wilhelm Dupont, Geschichte der musikalischen Temperatur, 1935.

⁴ Harmonicen mundi, lib. III 1619.

Kepler laborerar med fyra olika kvintstorlekar: den svävningfria $3:2 = 701,955C$ (f—c—g—d—a, fiss—ciss—giss och ess—b), den med ett synt.' förträngda rena kvinten = $680,449C$ (b—f, a—e och h—fiss), den med ett synt.' utvidgade rena kvinten = $721,507$ (ass—ess) och restintervall, som uppstår efter sammanläggningen av dessa elva kvinter. Detta intervall med beloppet $723,461C$ har K. av någon outgrundlig anledning placerat så centralt som vid e—h. Halvtonstegen äro av fyra olika slag: $16:15$ (ciss—d—ess, e—f, fiss—g och ass—a—b), $135:128$ (c—ciss, f—fiss, g—ass och b—h), $256:243$ (h—c) och $25:24$ (ess—e), de stora terserna fyra: $5:4$ (c—e, d—fiss, ess—g, a—ciss och b—d), $81:64$ (e—giss, f—a och g—h), vidare med storleken $405,866$ (dess—f, ass—c och h—diss) och $427,372C$ (gess—b). — Systemets svagheter bero närmast alltså på att de ofta svårt vanställda kvinterna förekomma i snart sagt alla tänkbara tonarter, även de mest centrala.

Liknande principer följer Leonard Euler,¹ som dock lyckas eliminera den svåraste olägenheten hos Kepler, det omöjliga kvintvärdet $723,461C$.

De övriga kvintvärden kvarstå om än med annan placering ($3:2$ vid f—c—g—d, a—e—h—fiss och dess—ass—ess—b, $680,449C$ vid d—a och fiss—ciss samt $721,507$ vid b—f). Halvtonstegen äro även här fyra: $16:15$ (diss—e—f, fiss—g, giss—a och b—h—c), $135:128$ (f—fiss och a—b), $25:24$ (c—ciss, d—diss, g—giss) och det oanvändbara värdet $133,237C$ (ciss—d); de stora terserna $5:4$ (c—e, d—fiss, e—giss, f—a, gess—b, g—h, a—ciss och h—diss) och det omöjliga värdet $427,372C$ (dess—f, ess—g, ass—c och b—d). Systemets svaghet ligger i de sistnämnda alltför vida storterserna och i den alltför centrala placeringen av »wolfkvinten».

I och med att logaritmerna blevo bekanta för matematiker och musikteoretiker uppstod under loppet av 1600-talet en rad mångtoniga liksvävande temperaturer. Eftersom ingen av dem fick någon omedelbar praktisk tillämpning och även den liksvävande 12-tonstemperaturen först under 1700-talets lopp blev allmänt accepterad, behandla vi här närmast de urvalstemperaturer som voro i bruk under 1700-talet jämsides med den framträngande liksvävande 12-tonstemperaturen.

Orgelbyggaren Gottfried Silbermann tillämpade en stämningsprincip för sina instrument, vilken gick ut på att dra samman alla kvintintervaller utom ass—ess med $1/6$ av ett pyth.' ($3,910C$). Dessa kvinter fingo alltså intervallvärdet $698,045$, »wolfkvinten» $721,505C$.

Härigenom blevo halvtonstegen av två olika magnituder: $86,315$ (c—dess, ess—e, f—fiss, g—ass och b—h) och $109,775C$ (ciss—d—ess, e—f, fiss—g, ass—a—b och h—c), heltonstegen två: $196,090C$ (alltså obetydligt större än medeltonen) och $219,544C$ (nästan oanvändbart). Svagheter i detta system, som skarpt kritiserades av J. S. Bach²

¹ Tentamen novae theoriae musicae, 1729.

² G. A. Sorge, Ausführliche und deutliche Anweisung zur Rational-Rechnung, 1749, s. 21 och 28.

ligga sålunda dels i »wolfkvint» vid ass—ess, dels i de starkt svävande terserna dess—f, gess—b och ass—c (7,820 större än 81 : 64 och 29,326 större än 5 : 4; de övriga hade det relativt goda värdet 392,174C). Genom Silbermanns betydelse som en av Tysklands märkligaste orgelbyggare torde det inte ha kunnat undvikas, att denna temperatur, trots de stora svagheter fick vidsträckt praktisk användning.

Vida bättre voro de två temperaturer, som föreslogos av bacheleven J. Ph. Kirnberger.¹ Principiellt ansluter sig denne till Keplers och Eulers förslag, men han når ett väsentligt bättre resultat genom att föra in den med ett synt.² sammandragna tersen på ett enstaka ställe, vid d—a.

Restintervall, som infördes vid gess—dess, kommer på detta sätt att tämligen precis sammanfalla med den 12-tonstempererade kvint. Övriga kvinter äro svävningsfria 3 : 2. Halvtonstegen äro de fyra 16 : 15 (e—f, f—g, a—b och h—c), 135 : 128 (ess—e, f—fiss, ass—a och b—h), 256 : 243 (c—dess, d—ess, g—ass) och 2 187 : 2 048 (dess—d); heltonstegen tre: 9 : 8 (c—d, dess—ess, ess—f, e—fiss, f—g, ass—b, a—h och b—c), 10 : 9 (d—e och g—a) och 201,956C (fiss—giss och h—ciss); stora terserna ävenledes tre: 5 : 4 (c—e, d—fiss, f—a, g—h), 81 : 64 (dess—f, ess—g, ass—c och b—d); 405,866C (e—giss, gess—b, a—ciss och h—diss).

Detta system var utan tvivel den bästa ditintills föreslagna urvalstemperaturen. I jämförelse med de av Werckmeister (se s. 173) 70 år tidigare föreslagna nästan liksvävande systemen och det nära 30 år tidigare av Neidhardt framlagda absolut liksvävande 12-tonsystemet hade detta förslag en påfallande svaghet i den svävande kvint d—a, särskilt genom dennas centrala läge. Mot denna nackdel kan anföras en rad goda egenskaper hos systemet. Sålunda bli c-, f- och g-durklanger, alltså c-durs huvudklanger, helt svävningsfria. Man kan också sätta ifråga, om inte den omständigheten, att g-durs dominant-, f-durs subdominant- samt e- och h-molls durdominantklanger stå ganska nära de pythagoreiska, är en fördel snarare än en nackdel, då svävningarna här förstärka dominant- resp. subdominantspänningen. Om c-dur genom sin harmoniska fullkomlighet ger en viss melodisk slapphet, så få snart sagt alla andra tonarter genom de harmoniska ofullkomligheterna en så mycket starkare melodisk spänning, vilket ger en skarpare profil åt den polyfona satsen.

Nackdelen med den starkt svävande kvint d—a gav Kirnberger senare anledning förbättra detta system² genom att dela upp det synt.² på kvintern d—a och a—e, vilka alltså vardera drogos ihop med ett halvt synt.², dvs. till 691,202C.

Genom detta förfarande kom antalet halvtonsmagnituder att ökas till sex: 16 : 15 (e—f, f—g och h—c), 135 : 128 (ess—e, f—fiss och

¹ Clavierübung, 1766.

² Die Kunst des reinen Satzes II, 1779, s. 181 ff.

b—h), 256 : 243 (c—dess, d—ess, g—ass), 2 187 : 2 048 (dess—d), 102,932C (ass—a) och 100,978 (a—b); heltonstegen fingo fyra olika storleksgrader: 9 : 8 (c—d, dess—ess—f, e—fiss, f—g, ass—b och b—c), 10 : 9 (endast d—e), 201,956C (h—ciss och f—giss) och 193,157 (alltså precis medeltonen, g—a—h); de stora terserna blevo av fem olika storleksordningar: 5 : 4 (c—e, d—diss och g—h), 81 : 64 (dess—f, ess—g, ass—c och b—d), 405,866C (e—giss, gess—b och h—diss), 397,067C (f—a) och 395,113C (a—ciss). — Uppdelningen av kommadifferensen innebar alltså en väsentlig förbättring jämfört med Kirnbergers tidigare, även om svävningarna vid 691C äro tämligen märkbara.

När Kirnberger lade fram detta förslag gällde det att skaffa ej blott en förbättring av den av honom tidigare föreslagna urvalstemperaturen (se ovan) utan också ett (från Kirnbergers synpunkt) bättre alternativ till den liksvävande 12-tonstemperaturen, som vid denna tid hade en entusiastisk och talangfull förkämpe i Kirnbergers tidigare elev Fr. Wilh. Marpurg.

Om man som ofta har skett gör gällande, att första samlingen av J. S. Bachs Wohltemperiertes Klavier (1722) skulle ha varit den första tillämpningen av det förslag till liksvävande 12-tonstemperatur, som framlades 1691 av Werckmeister (se s. 173), kan det förefalla egendomligt, att Kirnberger, en elev till Bach, mer än 10 år efter dennes död och nära 40 år efter det Wohlt. Kl. I förelåg färdigt, ännu föredrog en oliksvävande temperatur framför en liksvävande. Ännu märkligare förefaller saken, då han vädjar till Philipp Emanuel Bach i frågan, och denne i sitt svar synes antyda, att såväl han själv som hans fader skulle ha varit motståndare till den liksvävande temperaturen.¹ Man kan då fråga sig, vilken stämning J. S. Bach ansåg borde tillämpas i Wohlt. Kl. och vilken temperatur Ph. E. Bach avser, då han ett årtionde före polemiken mellan Kirnberger och Marpurg förordar en temperatur, som åtminstone principiellt sammanfaller med den liksvävande 12-tonstemperaturen.² *Hela problemet vilar i själva verket på felaktiga förutsättningar.* Intet av Werckmeisters förslag (se s. 173 f) innebar en absolut liksvävande temperatur, och *en matematiskt fastställd liksvävande 12-tonstemperatur framlades först av Neidhardt 1732*, alltså 10 år efter Wohlt. Kl. I. Frågan torde kunna besvaras med, att J. S. Bach aldrig tillämpade en matematiskt fastställd temperatur utan gehörmässigt sökte sig fram till en stämningsprincip, som väl antagligen stod den liksvävande 12-tonstemperaturen mycket nära. Detta harmonierar också med uppgiften, att J. S. Bach vid instruktion av tangentinstrumentstämmning uppmanade sina elever att stämma de stora terserna något högt, dvs. att göra dem något vidare än 5 : 4.

¹ Die Kunst des reinen Satzes II, s. 188.

² Versuch über die wahre Art das Clavier zu spielen, 1759 och 1762, 5 uppl. 1925 utg. av W. Niemann, Einleitung § 14.

Redan den omständigheten, att han tar terserna och inte kvinterna som utgångspunkt, tyder på att resultatet ej kunde bli annat än tillnärmelsevis liksvävande temperatur. Ph. E. Bachs yttrande om principerna för klaverets stämning är f.ö. så svävande, att man inte får riktigt klart för sig, om han menar en lik- eller en oliksvävande temperatur.¹

3. LIKSVÄVANDE TEMPERATUR

Vi ha ingen anledning att i detta sammanhang gå in på frågan, om de avvikelser från kvintuppbbyggd eller naturlig stämning, som av praktiska eller andra skäl ha förekommit i antika eller utomeuropeiska musikkulturer, bör kallas för temperaturer eller inte. Det är emellertid ett faktum, att bland dessa förekomma system, som åtminstone ytligt påminna både om vår liksvävande 12-tonstemperatur och andra lik- eller oliksvävande temperaturer. Även om man med tillhjälp av kanon eller andra liknande instrument kunnat åstadkomma geometriska uppdelningar av oktaven, vilka förmått lämna intervallmaterial till praktiskt taget liksvävande temperaturer,² torde man endast ha lyckats åstadkomma tillnärmelsevis riktiga »gehörstemperaturer»³, innan Napier

¹ »Beyde Arten von Instrumenten müssen gut temperiert seyn, indem man durch die Stimmung der Quinten, Quarten, Probirung der kleinen und grossen Tertien und gantzer Accorde, den meisten Quinten besonders so viel von ihrer grössten Reinigkeit abnimmt, dass es das Gehör kaum merket und man alle vier und zwanzig Ton-Arten gut brauchen kan.» (Kursiveringen av mig.) Här får man otvivelaktigt intrycket, att det är fråga om en oliksvävande stämning. Senare tillägger han: »Auf dem Claviere spielet man aus allern vier und zwanzig Ton-Arten gleich rein und welches wohl zu mercken vollstimmig, ohngeachtet die Harmonie wegen der Verhältnisse die geringste Unreinigkeit sogleich entdeckt.» Detta yttrande tyder snarast på en åtminstone tillnärmelsevis liksvävande temperatur.

² Kirnberger visar (Die Kunst des reinen Satzes II, s. 179 f.) en möjlighet att nå den 12-tonstempererade kvarten eller kvinten med en differens av endast 0,001°C: $7 \cdot (3:2) + (5:4) = 10\,935 : 8\,192 = 499,999^\circ\text{C}$ (jfr Tabell I nr 42). Denna operation förutsätter emellertid kännedom om den naturliga tersen (som visserligen var bekant för de senantika grekiska teoretikerna men knappast för ostasiaterna under denna tid); dessutom torde metoden redan genom sin omständlighet, som dels är ytterst tidsödande, dels medför stora risker för felkällor, vara utesluten från praktiskt bruk. — Prioriteten till denna iakttagelse (som Kirnberger tillskriver sig själv) vill Fr. Wilh. Marpurg (Versuch über die musikalische Temperatur, 1776, Abschnitt 18, § 162) ge en viss Lambert (»dem illüstre Lambert»). Vem äran tillkommer kan väl numera också vara tämligen likgiltigt.

³ Till denna kategori höra alltså alla de 12- eller mångstämmiga temperaturer, som ha beskrivits av eller tillskrivits Franchinus Gafurius (De harmonia musicorum instrumentorum opus, 1518), Giov. Maria Lanfranco (Scintille di musica Brescia 1533), V. Galilei (Dialogo della musica antica e moderna, 1581), M. Praetorius (Syntagma musicum, 1618, bd III nytryck 1916) och Abraham Bartolus, som 1604 yttrar sig om en 12-tonstemperatur praktiserad av en viss Reinhardus Nivemontanus.

och Bürgi vid början av 1600-talet ungefär samtidigt uppfunno logaritmer. Först med Johann Faulhaber (1630) och Marin Mersenne⁴ blir det fråga om matematiskt fastställda, liksvävande temperaturer.

Andreas Werckmeister⁵ brukar framställas som den som först framlade det liksvävande 12-tonsystemet, uppbyggt med tillhjälp av $12\sqrt[12]{2}$. Detta är riktigt endast så till vida, som han i ett av sina förslag har delat oktaven i fyra lika delar, i ett annat i tre och i samma förslag inrymmer tre 12-tonstempererade heltonsteg. Alla hans förslag äro grundade på det pythagoreiska systemet, och i vart och ett av dem finnas återstoder av pythagoreiska element. Tempereringen åstadkommer han genom att sammandra eller vidga de rena kvintintervallerna med geometriskt utvunna delar av det pythagoreiska kommat.⁶

Även Georg Neidhardt tvekade länge,⁴ om han skulle tillgripa en absolut liksvävande temperatur.⁵ Först 10 år efter Bachs Wohltemperiertes Klavier fullföljde han den avsikt, som organister, teoretiker och matematiker hade hyst ända sedan medeltiden (se s. 166).

Bland dem, som redan före den nya instrumentalstilens genombrott ungefär vid tiden för J. S. Bachs och G. F. Händels död, anslöto sig till principerna för det liksvävande 12-tonsystemet, voro utom de redan nämnda Marpurg (se s. 171), Sorge (se s. 169, fotnot 2) och Rameau (se s. 161, fotnot 1 och 2), även J. Mattheson (Grosse Generalbasslehre, 1731), B. Chr. Weber (ett Wohltemperiertes Klavier, nyutg. av M. Seiffert, Veröffentlichungen der neuen Bach-Gesellschaft, årg. 34, häfte 1, 1933), J. d'Alembert (Elements de musique, s. 56), J. J. Quantz (Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen, 1752, nyutg. av A. Schering 1906 och 1926) m. fl. Dock torde det under hela 1700-talet ha funnits anhängare av skilda oliksvävande system (D. G. Türk, Klavierschule, 1789, s. 381); ja ännu långt inpå 1800-talet lära Robert Smith's (jfr s. 167 fotnot 3) medeltonsystem ha tillämpats i England. Motiveringen var emellertid inte längre så mycket de svävande terserna som likriktningen tonarterna emellan.

Den liksvävande 12-tonstemperaturen blev av en oerhörd betydelse för harmonikens utveckling under romantiken. Fortskridningar och utvikinngar, som varit otänkbara med de tidigare oliksvävande temperaturerna, kunde nu genomföras utan svårighet, tonartsgränserna utvecklades avsevärt, och modulationer på stora eller små ters- eller på halvtonsavstånd kunde ske, utan att man hamnade i tonarter med oanvändbara intervaller. Redan de senare wienklassikerna och de tidi-

⁴ Harmonie universelle, 1637.

⁵ Musikalische Temperatur, 1691.

⁶ En utförligare redogörelse för Werckmeisters olika temperaturförslag återfinnes i Wilhelm Dupont, Geschichte der musikalischen Temperatur, 1935, s. 75 ff.

⁴ Beste und Leichteste Temperatur des Monochordi, 1706, och Sectio Canonis Harmonici 1724.

⁵ Gänztlich erschöpfte Mathematische Abtheilungen, 1732.

gare romantikerna begagnade därvid tillfället att förenkla noteringen genom enharmonisk förväxling. Högromantiken inskränkte sig inte till en noteringsförenkling utan begagnade enharmoniskt förväxlade klangbildningar som omtydningssackord vid modulation. På detta sätt kunde man modulera fram och tillbaka, ters- eller halvtönsvis, utan hänsyn till kommadifferenser. Detta ledde så småningom till en upplösning av den funktionella tonaliteten. Denna upplösning av den klassiska harmonilärans principer fick sin slutgiltiga bekräftelse i den Hauer-Schönbergiska 12-tonstekniken, som principiellt upphöjer de 12-tonstempererade intervallerna till enda tänkbara melodiska och harmoniska element.

Som framgår av Tabell I (s. 164—165) avvika de 12-tonstempererade »rena» intervallerna rätt obetydligt från de svävningsfria. Oktaven är helt svävningsfri, kvinten understiger 3 : 2 endast med en kommadifferens motsvarande antikens schisma ($32\,805 : 32\,768 = 1,954\text{C}$) och kvarten överskrider 4 : 3 med samma belopp. Den 12-tonstempererade stortersen ($400,000\text{C}$) överstiger däremot 5 : 4 med den rätt avsevärda kommadifferensen $13,886\text{C}$ men understiger den pythagoreiska 81 : 64 med endast $7,820\text{C}$. Vidare överskrider den pythagoreiska förminskade kvarten ($8\,192 : 6\,561$) med hela $15,640\text{C}$. Den 12-tonstempererade lilla tersen understiger 6 : 5 med $15,641\text{C}$ och överstiger 32 : 27 med $5,865\text{C}$.

Av detta framgår, att det 12-tonstempererade systemet står det pythagoreiska väsentligt närmare än det harmoniska systemet. Denna skillnad blir ännu markantare, om man jämför den 12-tonstempererade lilla septiman med naturseptiman 7 : 4 ($968,826\text{C}$), som medför en kommadifferens på hela $31,174\text{C}$. Samma differens fastän i andra riktningen träffar heltonen 8 : 7 ($231,174\text{C}$). Med nära hälften av denna differens överstiger den 12-tonstempererade triton den naturliga förminskade kvinten 7 : 5 ($582,512$) och understiger den naturliga överstigande kvarten 10 : 7 med samma belopp. Den 12-tonstempererade halvtönen ($100,000\text{C}$) understiger 16 : 15 med kommadifferensen $11,731\text{C}$ men överstiger $256 : 243$ med $9,775\text{C}$. Däremot understiger den den pythagoreiska kromatiska halvtönen (apotome, $2\,187 : 2\,048$) med $13,885\text{C}$. 25 : 24 är $29,327\text{C}$ mindre och 135 : 128 är $7,821\text{C}$ mindre än den 12-tonstempererade halvtönen.

Man kan gott förstå irritationen mot det liksvävande 12-tonssystemet hos många av 1700-talets musiker, mot dess även i ackord väl märkbara svävningar hos ters- och sextintervaller. Den nya instrumentalstilens former och främst den klassiska sonatformen med dess krav på obegränsad harmonisk rörelsefrihet i genomföringsdelarna torde dock ha varit avgörande för systemets seger över barockepokens urvals-temperaturer, kanske också den skarpaste melodiska profileringen av intervallerna, vilket gav en starkare harmonisk spänning än den som kan åstadkommas med svävningsfria terser och sexter.

Systemets nackdelar, att inte ens i fermat- och slutackord kunna åstadkommas en svävningsfri klang, torde emellertid i längden inte

kunna överbryggas utan måste förr eller senare framtvinga en reformering av temperaturen. Försöken att genom en geometrisk uppklyvning av 12-tonssystemet till ett liksvävande 24- eller 36-tonssystem¹ ha inte lett till — och avse inte heller — ett närmande till vare sig de naturliga eller de pythagoreiska intervallerna. 24-tonssystemets Centtal bli givetvis 50—100—150—200—etc., 36-tonssystemets $33\frac{1}{3}$ — $66\frac{2}{3}$ —100— $133\frac{1}{3}$ — $166\frac{1}{6}$ —etc. En jämförelse med Tabell I ger vid handen, att 24-tonssystemet i detta avseende inte erbjuder någon fördel framför 12-tonssystemet (om man undantar, att värdet 150C har sin motsvarighet i det i vår musik obrukliga intervallet 12 : 11). 36-tonssystemet kan däremot komma de intervaller, som ha med naturseptiman att göra, närmare än 12-tonssystemet (t. ex. 7 : 4, 8 : 7 och 7 : 6).

Såväl före som efter sedan den liksvävande 12-tonstemperaturen hade fått sin matematiska utformning ha förslag till andra liksvävande system framlagts. Med förbigående av de i orientalisk musik förekommande 5-, 7- och 17-tonstemperaturerna och andra i utomeuropeiska kulturer tillämpade system skola vi här beröra uteslutande sådana temperaturer, som ha framlagts som *alternativ* till inom västerländsk musik förekommande oliksvävande eller liksvävande system.

En liksvävande 19-delning av oktaven föreslogs 1852 av Fr. Wilh. Opelt.² Denna temperatur bildas på basis av intervallet $63,158\text{C}$ ($-126,316$ — $189,474\text{C}$ —etc.). Endast i ett avseende är detta system otvivelaktigt bättre än vår 12-tonstemperatur, nämligen så till vida som de små terserna (och stora sexterna) praktiskt taget sammanfalla med 6 : 5. Däremot saknar systemet motsvarighet till alla gängse halvtönsteg, till stora heltonsteget och pythagoreiska tersen 81 : 64. Naturtersen 5 : 4 kommer man inte närmare än $378,947\text{C}$, vilket i och för sig ej behövde föranleda någon orimlig differens, om den hade medfört en utvidgning av naturtersen i riktning mot den pythagoreiska, i stället för att den skapar en förträngning i riktning mot den lilla tersen och därför blir både melodiskt och harmoniskt alltför slapp.

Märkvärdigt nog tycks detta system ha haft rel. talrika anhängare under tidernas lopp. Th. Kornerup lämnar följande förteckning (Acoustic valuation s. 3 f.): Elsas (Wien 1590), Charles Luyton och M. Praetorius (1619), W. Woolhouse (1835), P. S. Munck af Rosenskiöld (Sverige 1845), F. W. Opelt (Leipzig 1852), Th. Kornerup (Köpenhamn 1882 och 1922), Adolf Kocirz (1907—08), Erik Eggen (Voss, Norge 1911), P. S. Wedell och N. P. J. Bertelsen (Köpenhamn 1914), V. Kowalenkof (1919),

¹ Jfr en uppsats av R. H. Stein i Die Musik, årg. 1922—23, s. 510 ff.; Willi Möllendorf, Musik mit Vierteltönen, 1917; Alois Hába, Welche Aufgaben bietet die Vierteltonmusik der Musikwissenschaft? Kongressbericht Leipzig 1925; även F. Busonis spekulationer i Entwurf einer neuen Aesthetic der Tonkunst 1907—17.

² Allgemeine Theorie der Musik.

José Würschmidt (Tucuman, Argentina 1921), Ariel och Jaques Handschin (Basel 1925), K. Laker (Graz 1927), L. Kelterborn (Neuchâtel 1929), Andreas Kornerup (Köpenhamn 1930), Joseph Yasser (New York 1932).

Många anhängare har den liksvävande 31-delingen av oktaven vunnit även i våra dagar. Praktiskt synes den ha tillämpats under 1500-talet av Vicentino (se s. 168) och dennes anhängare, men den fick sin matematiska utformning först av Christian Huyghens¹ under 1600-talets senare hälft.

Praktiskt taget utgör 31-delingen en utökning av Schlicks medeltons-temperatur (se s. 166 f), vars användbara del genomföres runt kvintcirkeln. Den är uppbyggd på en bas av 38,710C (—77,419—116,129—154,839—193,548— etc.). Systemet har många fördelar. Stora tersen 387,097C skiljer sig med mindre än en Cent från 5 : 4, lilla tersen (309,677C) något mera (5,964C) från 6 : 5. I ett avseende är denna temperatur rent av bättre än någon annan som föreslagits: lilla septiman (967,742C) skiljer sig från naturseptiman 7 : 4 med ett belopp, endast obetydligt överstigande 1C. (Om överensstämmelserna med de ptolemaiska intervallerna se s. 168.) Systemet har sin svaghet (liksom den schlickska oliksvävande temperaturen) så till vida som det saknar motsvarighet till de pythagoreiska intervallerna. Detta medför en viss slapphet vid melodisk och kontrapunktisk användning.

Den av Paul von Jankó² 1901 föreslagna liksvävande 41-tonstemperaturen ledde t.o.m. till konstruktion av ett för ändamålet byggt instrument.

Systemets basis är 29,268C (—58,537—87,805—117,073—146,341—175,610—204,878— etc.). Dess starka sidor gälla huvudsakligen de rena kvinterna och kvarterna, stora heltonen och naturseptiman. Ren kvint (702,439C) och ren kvart (497,561C) skilja sig med mindre än 1/2C från 3 : 2 och 4 : 3. Stora heltonen 9 : 8 liksom dess omvändning pythagoreiska septiman 16 : 9 ha också träffats med en tolerans av mindre än 1C (204,878C resp. 995,122C). Ett intervall som står naturseptiman 7 : 4 ganska nära (965,854C) kan också konstateras. Dessvärre medför differensen (2,972C), att den för våra hörvanor redan trånga naturseptiman blir ännu trängre. Möjligen skulle vi emellertid inte reagera däremot, om vi oftare hade tillfälle höra naturseptiman, som i vår musik endast förekommer i ensembler med naturhorn eller kan åstadkommas hos instrument med fri intonation.

41-tonstemperaturens svaghet gäller terser och sexter. De två inter-

¹ Cosmotheros, 1698; Novus cyclus harmonicus, 1724. — Bland övriga som i ett eller annat hänseende ha anslutit sig till detta system anför Kornerup utom de här ovan nämnda: Mersenne (1637), Opelt (1852), P. S. Wedell och N. P. J. Bertelsen (1914), Kai Kroman (Köpenhamn 1917), Ariel (1925), Th. och A. Kornerup (1930), Walter Hinz (Neumünster 1931). Till denna lista må fogas R. Phragmén (Stocksund), som likväl ännu inte har publicerat sina ingående undersökningar av detta system.

² Ueber mehr als 12-stufige gleichschwebende Temperaturen (Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft, 1901, häfte 3).

valler som företräda stora tersen utgöra 380,488C och 409,756C. Den förstnämnda är 5,826C mindre än naturtersen 5 : 4, den senare är 1,936C större än den pythagoreiska stortersen 81 : 64. Tendensen blir här alltså den motsatta mot i 12-tonstemperaturen, som ju medför en utjämning av de harmoniska och melodiska motsatsförhållandena. Melodiskt innebär 41-tonsystemet en skärpning utöver det pythagoreiska systemet, vilken gör dessa intervaller harmoniskt oanvändbara. De harmoniskt användbara intervallerna medföra däremot en spänningssvaghet i melodiska men även i harmoniska sammanhang.

Egendomligt nog har det av Joseph Sauveur¹ föreslagna 43-tonsystemet knappast lämnat spår efter sig i diskussionen.

Dess minsta element är intervallet 27,907C (—55,814—83,721—111,628— etc.). De båda intervaller som kunna företräda halvtonerna, 111,628C och 83,721C, stå nära flera av de viktigaste pythagoreiska och harmoniska halvtonstegen. Det större understiger 16 : 15 med endast 1/10C och 2 187 : 2 048 med obetydligt mera än 2C, det mindre understiger visserligen 256 : 243 med c:a 6,5C och 135 : 128 med c:a 8,5C samt understiger 25 : 24 med c:a 13C men träffar det ptolemaiska 21 : 20 med ett underskott på endast 3/4C. Heltonssteget överstiger medeltonen med c:a 2,2C, 10 : 9 däremot med nära 13C, men understiger 9 : 8 med c:a 9 1/2C. Lilla tersen (306,977C) står närmast 6 : 5 med ett underskott på c:a 8,7C men skjuter över den pythagoreiska 32 : 27 med nära 13C. Stora tersen (390,698C) är c:a 4,4C större än naturtersen 5 : 4. För den pythagoreiska 81 : 64 finnes däremot ingen bättre ersättning än 418,605C, alltså med överskjutande c:a 10,8C. Rena kvarten (502,326C) är c:a 4,3C större än 4 : 3, kvinten (697,675C) lika mycket mindre än 3 : 2. Naturseptiman 7 : 4 får en relativt god ersättning genom 976,744C (med ett överskott av knappast 8C). Därtill kommer, att flera av de ptolemaiska enharmoniska intervallerna kunna motsvaras av 139,535C (13 : 12, 12 : 11) och 167,442C (11 : 10).

Ett 50-tonsystem, enligt Kornerup föreslaget 1710 av en viss Heuf-ling, kan också uppvisa flera goda värden, t. ex. dess minsta element 24C (pyth. och synt.)—48 (128 : 125)—72 (25 : 24)—96 (135 : 128)—144 (13 : 12, 12 : 11)—168 (11 : 10), 192 (medelton)— — —312 (6 : 5)— —384 (5 : 4)—408 (81 : 64)— —504 (4 : 3)— —600— — —696 (3 : 2)— etc.

Det från *teoretisk synpunkt* fullkomligaste av alla liksvävande system är den av N. Mercator² föreslagna 53-delingen av oktaven. (Enligt Jankó skulle en ytterligare förbättring av intervallkvaliteterna erhållas först vid en 347-deling av oktaven.) Det har väl hittills inte tillämpats som stämningsprincip för instrument i praktiskt bruk. Däremot lät den tyske sångläraren Carl Eitz³ för vetenskapligt bruk

¹ Méthode générale pour former des systèmes tempérés de musique, 1707, Table générale des systèmes tempérés de musique, 1711.

² Trol. i Logarithmotechnia, 1674.

³ Das mathematisch-reine Tonsystem, 1891.

konstruera ett 53-tonsharmonium och tillämpade systemet även som underlag för intonationsövningar vid sångundervisning.

Här finnas alla i praktisk musikutövning förekommande såväl melodiska som harmoniska intervaller. Minsta element är 22,642C (—45,283—67,925—90,566—113,208— etc.). Avvikelserna från i vanlig musikutövning vanliga intervaller överskrida i regel inte 2C. Därtill kommer, att de flesta av senantikens enharmoniska och kromatiska intervaller kunna nås med relativt små kommadifferenser. Endast i ett avseende är 53-tonstemperaturen underlägsen 31- och 41-delningen, nämligen beträffande naturseptiman, som man här ej kommer närmare än med ett överskott på 4,759C. — 53-tonsystemet är väl det enda liksvävande system, som i alla avseenden är överlägset den liksvävande 12-tonstemperaturen och t.o.m. den av Kornerup prisade 81-tonstemperaturen, vars intervallförhållanden kunna erhållas genom multiplicering av det minsta intervalllementet 14,814C.

53-tonsystemet har emellertid inte gått fritt från kritik. Den danske polyteknikern Thorvald Kornerup¹ förkastar det liksom 41-tonssystemet med den originella motiveringen, att intervallerna i detta system (liksom i det pythagoreiska, »det sämsta tänkbara» systemet) inte äro delbara efter det »gyllene snittets»¹ principer. Bättre skulle 12-, 19- och 31-tonsystemen vara och ännu bättre 50- och 81-delstemperaturerna (12 + 19 = 31, 19 + 31 = 50, 31 + 50 = 81 etc.). Genom att addera ordningstalen för kvinterna (täljarna i följande bråktal) och för oktaverna (nämnarna) i dessa system och ytterligare några, som han utvinnet genom samma förfarande $\left(\frac{7+11+18+29+47+76}{12+19+31+50+81+131}\right)$ etc.) när han

så småningom talet $\frac{3\,571}{6\,155}$, ur vilket han genom att multiplicera täljaren med 1 200C erhåller Centtalen 696,2145 $\left(\frac{3\,571 \cdot 1\,200C}{6\,155} = 696,2145C\right)$,

»den gyllne kvinten», som understiger 3 : 2 med beloppet 5,740C, alltså med en vida större differens än den 12-tonstempererade kvinten (700,000C). Den gyllne kvintens omvändning 503,7855C (4 : 3 = 498,045C) delas med tillhjälp av gyllne snittet i följande mindre delar: 311,3565C (6 : 5 315,641C) och 192,4290C (medelton, 10 : 9 = 182,404C, 9 : 8 = 203,910C), vilka i sin tur efter samma princip delas upp i beloppen 118,927C (16 : 15 = 111,731C, 2 187 : 2 048 = 113,685C) och 73,5015 (25 : 24 = 70,673C). Genom att från Centtalet för gyllne kvinten dra 311,3565C får han 384,8580C, som betänkligt nog ger en förträngd storters (5 : 4 = 386,314C) men i stället i det närmaste råkar sammanfalla med den pythagoreiska förminskade kvarten (8 192 : 6 561 = 384,360C). Övriga intervaller erhållas på liknande sätt, men systemet kan också byggas upp genom kvint- resp. kvartstapling (alltså efter liknande principer som det pythagoreiska). En granskning av resultatet ger vid handen, att de melodiska pythagoreiska intervallerna sorgfälligt ha uteslutits och att av naturtonsintervallerna endast stortersen (se ovan) och dess omvändning lilla sexten med värdet 815,1420C (8 : 5 = 813,686C) hålla sig i närheten av svävningströskeln. I förstnämnda avseendet är alltså »det gyllne systemet» underlägset 12-tonsystemet, i det senare även

¹ Das goldene Tonsystem, 1935; Acoustic valuation, 1938; dessutom ett stort antal uppsatser och artiklar (ända från 1882).

31-tonsystemet. I alla avseenden är det underlägset såväl 53-tonsystemet som det Helmholtz-Grovenska 36-tonsystemet (se nedan).

Det gyllne tonsystemet är tydligen resultatet av en livslång möda (mer än 25 avhandlingar under tiden 1882—1938) med avsikten att ge temperaturproblemet en elegant lösning. Så till vida har detta otvivelaktigt lyckats, som ingen tidigare forskare förmått utfundera ett sinnrikare system. Under detta arbete har emellertid Kornerup glömt det egentliga målet: att skapa ett tonsystem med melodiskt förståeliga och lätt uppfattbara intervaller och harmoniskt möjligast svävningsfria samklanger.

Ett principiellt oliksvävande system, som står den ideella renstäm-migheten nära, beskrives av H. Helmholtz,¹ som även tillämpade det på ett för vetenskapligt bruk avsett instrument, beskrivet av Gustaf Engel.² Detta instrument synes emellertid inte ha uppfyllt förväntningarna, antagligen beroende på tekniska brister. 1926 byggde Puhlmann i Stuttgart ett instrument med tillämpning av samma system. Här kunde oktavens 36 toner manövreras medelst en vanlig 12-tangentmanual. Varje tangent måste alltså utlösa tre olika tonhöjder, vilket Puhlmann tycks ha åstadkommit genom en mekanisk utlösningss-apparat. Ej heller detta instrument lär ha fått någon praktisk användning.

Oberoende av Puhlmann byggde Eivind Groven i Oslo³ 1936 ett harmonium, som tillämpar det helmholtziska systemet liksom Puhlmann med vanlig 12-tangentmanual men med elektrisk utlösning. 1939—44 förbättrade Groven sitt instrument genom en omställnings-automat, som skötes genom impulser från spelbordet. Här lär praktiskt taget uppnås en fullständig avlastning för exekutören. — Då denna framställning eljest inte har berört de speltekniska problemen vid de mångtoniga systemen, må dessa även i detta fall lämnas åsido.

Helmholtz utgår vid sitt oliksvävande (och praktiskt taget rena) system från den omständigheten, att den naturliga stora tersen (5 : 4 = 386,314C) står den pythagoreiska förminskade kvarten (8 192 : 6 561 = 384,360C) mycket nära. Differensen belöper sig i själva verket endast till ett Schisma (32 805 : 32 768 = 1,954C), alltså samma differens som mellan pyth. och synt. ', mellan diaschisma och synt. ' samt mellan svävningfri och tolvtonstempererad kvint. Denna differens delas upp på de åtta kvinter, som i den pythagoreiska kvintserien skilja stora tersen och förminskade kvarten (t. ex. f—c—g—d—a—e—h—fiss—ciss—dess = Schisma = 1,945C : 8 = 0,24425C). Med detta belopp minskas varje ren kvint (701,955C — 0,244C = 701,711C) eller ökas varje ren kvart 498,045C + 0,244C = 498,289C). Groven påpekar, att den svävning denna differens medför är så obetydlig, att svävningsperioden för kvinten c—g utgör hela 13 sekunder. Från praktisk synpunkt är den alltså obefintlig.

¹ Die Lehre von den Tonempfindungen, 3 uppl. 1870, s. 495 ff.

² Das mathematische Harmonium, 1881.

³ E. Groven, Temperering og renstemning, 1948.

Om man bygger upp en kvintspirals i tre slingor (alltså motsvarande tre kvintcirkel) med 36 kvinter å 701,711C, få vi de exakta intervallstorlekarna inom systemet, vilka framgå av nedanstående Tabell II. Som jämförelse införa vi inom parentes de viktigaste naturliga och pythagoreiska intervallerna.

Tabell II.

0,000C	(ren prim 1 : 1 = 0,000C)
20,529C	(diaschisma 2 048 : 2 025 = 19,552C, synt. ' 81 : 80 = 21,506C, pyth. ' 531 441 : 524 288 = 23,460C)
70,917C	(litet kroma 25 : 24 = 70,673C)
91,446C	(pyth. ledton 256 : 243 = 90,225C, stort kroma 135 : 128 = 92,179C)
111,975C	(naturlig diatonisk halvton 16 : 15 = 111,731C, pyth. »apoptome» 2 187 : 2 048 = 113,685C)
182,893C	(liten helton 10 : 9 = 182,404C, pyth. förm. ters 65 536 : 59 049 = 180,450C)
203,422C	(stor helton 9 : 8 = 203,910C)
223,951C	(största nat. helton 8 : 7 = 231,174C)
274,339C	(minsta lilla naturtersen 7 : 6 = 266,871C)
294,868C	(pyth. liten ters 32 : 27 = 294,135C)
315,397C	(nat. liten ters 6 : 5 = 315,641C, pyth. överst. sekund 19 683 : 16 384 = 317,595C)
386,314C	(nat. stor ters 5 : 4 = 386,314C, pyth. förm. kvart 8 192 : 6 561 = 384,360C)
406,843C	(pyth. stor ters 81 : 64 = 407,820C)
427,372C	(nat. förm. kvart 32 : 25 = 427,372C)
477,760C	(320 : 243 = 476,539C, 21 : 16 = 470,781C)
498,289C	(ren kvart 4 : 3 = 498,045C)
518,818C	(pyth. överst. ters 177 147 : 131 072 = 521,505C)
589,736C	(pyth. förm. kvint 1 024 : 729 = 588,270C, nat. förm. kvint 7 : 5 = 582,512C)
610,265C	(pyth. överst. kvart 729 : 512 = 611,730C, nat. överst. kvart 10 : 7 = 617,488C)
630,794C	(59 049 : 40 960 = 633,236C, 81 : 56 = 638,994C)
681,182C	(pyth. förm. sext 262 144 : 177 147 = 678,492C)
701,711C	(ren kvint 3 : 2 = 701,955C)
722,240C	(243 : 160 = 723,461C, 32 : 21 = 729,219C)
772,628C	(nat. överst. kvint 25 : 16 = 772,628C)
793,157C	(pyth. liten sext 128 : 81 = 792,180C)
813,686C	(nat. liten sext 8 : 5 = 813,686C)
884,603C	(nat. stor sext 5 : 3 = 884,359C, pyth. förm. septima 32 768 : 19 683 = 882,405C)
905,132C	(pyth. stor sext 27 : 16 = 905,865C)
925,661C	(2 187 : 1 280 = 927,371C)
976,050C	(nat. liten septima 7 : 4 = 968,826C)
996,578C	(pyth. liten septima 16 : 9 = 996,090C)
1 017,108C	(nat. liten septima 9 : 5 = 1 017,596C, pyth. överst. sext 59 049 : 32 768 = 1 019,550C)
1 088,025C	(nat. stor septima = 15 : 8 = 1 088,269C)
1 108,554C	(pyth. stor septima 243 : 128 = 1 109,775C)
1 129,083C	(förm. oktav 48 : 25 = 1 129,327C)
1 179,471C	(160 : 81 = 1 178,494C)
1 200,000C	(2 : 1 = 1 200,000C)

Denna uppställning visar inte alla möjligheter till intervallbildningar inom systemet. Genom enharmoniska förskjutningar (t. ex. 20,529C = 0,000C, 70,917C = 0,000C etc.) kan man nå intervaller som 162,364C (11 : 10 = 165,004C), 153,034C (12 : 11 = 150,637C) 132,505C (13 : 12 = 138,573C, 14 : 13 = 128,298C) etc., alltså intervaller, som visserligen inte äro gängse i den västerländska konstmusiken men väl synas förekomma i vissa folkliga musikkulturer. Det är inte heller alldeles utslutet, att dessa intervaller skulle kunna få betydelse inom framtida västerländsk flerstämmighet.

Endast i ett avseende är det Helmholtz-Grovenska systemet underlägset det liksvävande 31-tonsystemet, nämligen beträffande lilla naturseptiman, som inte kan nås närmare än med ett överskott på 7,224 C (mot 31-tonsystemets underskott på 1,084C). För övrigt stå intervallerna så nära dem i det liksvävande 53-tonsystemet, att man skulle kunna betrakta det som ett ur 53-tonsystemet extraherat urvalssystem, endast med den skillnaden, att några av de viktigaste intervallerna här stå något närmare de naturliga. Om man undantar det nyss nämnda fallet (7 : 4), överskrider gränsen till hörbarhetströskeln (som i mitten av vårt tonomfång torde hålla sig omkring Schisma) endast vid några av de pythagoreiska intervallerna och där endast vid förminskade eller överstigande intervaller. (Om man betänker, att det liksvävande 12-tonsystemets avvikelser vid liknande fall kan blir mer än 10 gånger större, får man en föreställning om hur små de i själva verket äro i detta system.)

En värdering av de olika temperaturer som behandlats här ovan har endast antytts, eftersom man ju inte kunnat ena sig om en enhetlig idealbild av ett tonsystem. När intervallbeloppen inom temperaturerna ha jämförts med närmast liggande pythagoreiska eller naturliga intervaller, föreligger givetvis en dubbel värderingsnorm, som givetvis inte har kunnat göras oberoende av *förj:s egen åsikt* om vilken av dessa värderingsnormer som väger tyngst. Jag vill i det följande söka ge en i möjligaste mån objektiv redogörelse för dessa båda värderingsprinciper men förutskickar därvidlag, att de äro framställda i sin mest extrema form och att det givetvis finnes plats för blandformer mellan dessa ytterligheter.

1. Vårt tonsystem är uppbyggt genom kvintgeneration. Vid melodisk rörelse ansluter man sig spontant till det pythagoreiska systemet, och först i harmoniska sammanhang (i ackord eller vid långsam ackordmässig melodirörelse eller vid fermat) införes naturtersen (eller naturseptiman) eller substitut för dessa naturliga intervaller.¹ De pythagoreiska intervallerna ge en skarpt utpräglad profil åt melodiken genom det starkt sammanträngda melodiska halvtonsteget (ledtonsteget 256 : 243 = 90,225C), som alltså blir *mindre än hälften* av det pytha-

¹ Jfr H. Stephani, Das Verhältnis von reiner und pythagoreischer Stimmung als psychologisches Problem, Bericht über den I. musikwissenschaftlichen Kongress der deutschen Musikgesellschaft in Leipzig, 1925, samt även medreferat av R. Wicke och W. Heinitz.

Tabell III.

Natursextserien uppåt.

De naturliga översexterna 13:8 till kvintserien (sakna tillämpning i västerländsk musik).

	dess	ciss	ess	diss	
	=24,888	=48,346	=228,798	=252,258	
c	Hiss	d	e	f	
=-69,387	=-41,877	=138,573	=342,483	=432,708	

Naturkvartserien uppåt.

De naturliga (överstigande) överkvarterna 11:8 till Kvintserien (sakna tillämpning i västerländsk musik).

	class =53,273		diss =257,183		
c	Hiss	d	classiss	e	f
=-60,412	=-36,952	=142,498	=166,958	=347,408	=437,633

Naturseptimserien uppåt.

De naturliga (små) överseptimorna 7:4 till Kvintserien.

	dess	ciss	ess	
	=62,961	=86,421	=266,871	
c	d	fess	e	f
=-27,264	=176,646	=357,096	=380,556	=470,281

Naturtersserien uppåt.

De naturliga (stora) överterserna 5:4 till Kvintserien.

	ciss	ess	diss	
	=92,179	=272,629	=296,089	
c	Hiss	d	e	
=-21,506	=-1,954	=182,404	=386,314	

Kvintserien.

De pythagoreiska intervallerna inom en oktav, utvunna genom kvintgeneration uppåt och nedåt, uttryckta i Cent från 0,000 till 1200,000, klaviaturmässigt ordnade.

	dess	ciss	ess	diss	
	=90,225	=113,685	=294,135	=317,595	
c	Hiss	d	fess	e	
=0,000	=23,460	=202,910	=384,360	=407,820	

Naturtersserien nedåt.

De naturliga (stora) underterserna $2 \cdot 4/5 = 2(1/5:1/4) =$ små överterserna 8:5 till Kvintserien.

	dess	ciss	ess	
	=111,731	=135,191	=315,641	
c	essess	d	fess	e
=21,506	=201,956	=225,416	=405,866	=429,326

Naturseptimserien nedåt.

De naturliga (små) underseptimorna $2 \cdot 4/7 = 2(1/7:1/4) =$ stora överseckunderna 8:7 till Kvintserien.

	ciss	ess	diss	
	=140,949	=321,399	=344,859	
c	d	e		
=27,264	=231,174	=435,084		

Naturkvartserien nedåt.

De naturliga (överstigande) underkvarterna $2 \cdot 8/11 = 2(1/11:1/8) =$ förminskade överkvinterna 16:11 till Kvintserien (sakna tillämpning i västerländsk musik).

	ciss		ess			
	=150,637		=354,547			
kvar-	dessess	c	essess	d	fess	e
mins-	=36,952	=60,412	=240,862	=264,322	=444,772	=468,232
kvint-						
andsk						

Natursextserien nedåt.

De naturliga undersexterna $2 \cdot 8/13 = 2(1/13:1/8) =$ (små) överterserna 16:13 till Kvintserien (sakna tillämpning i västerländsk musik).

	dess	ciss	ess	diss	
	=155,562	=179,022	=359,472	=382,932	
c	d	fess			
=65,337	=269,247	=449,697			

fiss =546,393		ass =726,843		giss =750,303		b =930,753		aiss =957,213			
eiss =456,168		g =636,678		a =840,528		h =1044,438		c ¹ =1134,663			
fiss =551,318		giss =755,228		b =935,678		aiss =959,138					
eiss =461,093		g =641,543		fissless =665,003		a =845,453		h =1049,363		c ¹ =1139,588	
gess =561,006		fiss =584,466		ass =764,916		giss =788,376		b =968,826			
		g =674,691		a =878,601		cess ¹ =1059,051		h =1082,511		c ¹ =1172,736	
fiss =590,224		ass =770,674		giss =794,134		b =974,584		aiss =998,044			
f =476,339		eiss =499,999		g =680,449		fissless =703,909		a =884,359		h =1088,269	
		c ¹ =1178,494		hiss =1201,954							
gess =588,270		fiss =611,730		ass =792,180		giss =815,640		b =996,090		aiss =1019,550	
f =498,045		eiss =521,505		g =701,955		a =905,865		cess ¹ =1086,315		h =1109,775	
		c ¹ =1200,000		hiss =1223,460							
gess =609,776		fiss =633,236		ass =813,686		giss =837,146		b =1017,596			
f =519,657		assess =700,001		g =723,461		hessess =903,911		a =927,371		cess ¹ =1107,821	
		h =1131,281		c ¹ =1221,506							
fiss =638,994		ass =819,444		giss =842,904		b =1023,354		aiss =1046,814			
f =525,309		eiss =548,769		g =729,219		a =933,129		h =1137,039		c ¹ =1227,264	
gess =648,682		fiss =672,142		ass =852,592		b =1056,502					
f =558,457		assess =738,907		g =762,367		hessess =942,817		a =966,277		cess ¹ =1146,727	
		h =1170,187		dessess ¹ =1226,952							
gess =653,607		fiss =677,067		ass =857,517		guss =880,977		b =1061,427			
e =473,157		f =563,382		g =767,292		hessess =947,742		a =971,202		cess ¹ =1151,652	
		h =1175,112		c ¹ =1265,337							

goreiska (stora) heltonsteget ($9 : 8 = 203,910\text{C}$). Denna melodiska profil blir ännu mera utpräglad därigenom, att överstigande pythagoreiska intervaller äro större än inom samma halvtonstegsområde befintliga förminskade.

2. Med hänvisning till Ptolemaios' och hans företrädares senantika tetrakordsystem göres gällande, att idealbilden även vid melodisk rörelse är utvunnen ur naturtonserien, ej blott genom stapling av naturterser utan även genom andra naturgivna intervaller¹. Man vill t.o.m. göra gällande, att det pythagoreiska systemet har spelat en underordnad roll för uppkomsten av det melodiska tonsystemet.² Genom mångfalden av intervallelement blir det naturliga tonsystemet otvivelaktigt formrikare än det pythagoreiska.

Det är möjligt, att de flesta av dem som principiellt hålla fast vid det pythagoreiska systemet såsom grund för vårt tonsystem, anse naturterserna för oundgängliga även i melodiska sammanhang (jfr fotnot 1 s. 153). Detta kan också försvaras, om man ser saken från den praktiska synpunkten, att man äger ett begränsat tonförråd till förfogande (t. ex. på tangentinstrumenten). Förhållandet kan emellertid bli ett annat, om man frågar sig: *vad hör tonsättaren, då han koncipierar sitt verk, eller vad hör åhöraren?* Är det så säkert, att man hör meloditonerna som ackordbeståndsdelar? Om inte, skulle man kunna tänka sig ett simultant förlöpande melodiskt flöde med pythagoreiska intervaller, ackompanjerat av en harmoniutveckling med harmoniska terser (och septimor)?

Under det årtionde eller mera som dessa problem ha sysselsatt mig har jag diskuterat dem med en mängd musiker, blivande musiker och musikforskare. Utan att göra anspråk på att dessa undersökningar kunna ha ägt rum under vetenskapligt helt betryggande omständigheter har jag dock fått den bestämda uppfattningen, att *de flesta människor uppfatta det melodiska tonförrådet pythagoreiskt*. (Undantagen ha uteslutande gällt pianister, för vilka problemet aldrig varit aktuellt.) Någon bestämd mening, om hur detta skulle kunna förenas med kraven på i möjligaste mån svävningsfria harmonier har jag däremot aldrig lyckats erhålla. Jag har dock det intrycket, att man föreställer sig harmonien s.a.s. leva sitt eget liv, obekymrad om stämningsdifferenser mellan melodik och harmonik. Detta är ju också vad som i själva verket synes ske vid samspel mellan instrument med fri och med fast intonation. Som ovan nämnts (jfr s. 153) behöver sådant ej framkalla några svårare diffe-

¹ ($7 : 6$, $8 : 7$, $10 : 9$, ja t.o.m. i den västerländska konstmusiken obrukade intervaller som $11 : 10$ och $12 : 11$ eller högre upp på naturtonserien liggande intervaller som $25 : 24$, $21 : 20$ etc., jfr redogörelsen över den kromatiska och enharmoniska tetrakordläran s. 155 ff, och de orientaliska tonsystem, som bygga på naturgivna intervaller).

² Jfr E. Eggen, Sk alastudier, s. 3 ff., och E. Groven, Temperering og renstemning, s. 8 (... Pythagoras' spekulasjoner blev selv sagt bare et regnestykke som på hans tid ingen praktisk betydning fikk ...).

renser, då den liksvävande 12-tonstemperaturen står närmare den pythagoreiska än den harmoniska stämningen. Förmodligen skulle man däremot inte kunna undgå svåra svävningar vid samspel mellan t.ex. en violinist, tillämpande ett pythagoreiskt tonförråd, och en pianist med ett absolut renstämt piano. Detta borde då betyda, att den liksvävande 12-tonstemperaturen, vilken med ett alexanderhugg klyver differensknuten mellan pythagoreisk och ren stämning, skulle vara den bästa tänkbara lösningen på problemet. En annan lösning vore, att man även på melodiska instrument med fri intonation bestämde sig för att slutgiltigt överge den pythagoreiska stämningen, vilket skulle innebära en omskolning av vårt melodigehör (till en vidgning av ledtonstegen, en sammandragning av vissa heltonsteg och ett avstående från den prononcerade skillnaden mellan dur- och molltonart). I detta fall skulle 31-tonstemperaturen vara den idealiska. En tredje lösning vore en ständig växling mellan pythagoreisk och ren stämning, så att en pythagoreisk stämning tillämpades vid rörliga partier, medan man vid långsamt tempo, vid fermat och vid begynnelse- och slutackord införde de svävningsfria terserna. Det är tydligen också denna princip, som tillämpas eller åtminstone eftersträvas vid sträckkvartettspel och a-cappellasång.

Avsikten med denna framställning har ej varit att föreslå någon stämningsreform för våra tangentinstrument utan endast att ge en systematisk framställning av tidigare framlagda förslag, dels som bidrag till problemet rörande äldre tiders uppförandep Praxis, dels som en jämförelse mellan vår 12-tonstemperatur och andra förslag, dels slutligen som ett vägande av dessa förslag sinsemellan. Den lämpliga tidpunkten för en stämningsreform kan inte förutses, så mycket mindre som den riktning, vilken f.n. synes vara den centrala inom den skapande musiken, teoretiskt är bunden vid den liksvävande 12-tonstemperaturen. Att det provisorium detta sedan dryga 150 år förhärskande system innebär *förr eller senare måste ersättas med ett mera förfinat stämningssystem*, anser jag dock stå utom varje tvivel. I själva verket har 12-tonstemperaturen aldrig gällt annat än tangentinstrumenten, eftersom de som traktera instrument med fri intonation instinktivt synas söka tillämpa en pythagoreisk stämning i melodiska sammanhang och sträva efter största möjliga frihet från svävningar vid ackordiskt spel.

Det enda av de mångtoniga alternativen till vår 12-tonstemperatur som skulle kunna genomföras utan en genomgripande förändring av det sedan medeltiden gängse tangentbordet, är det av Groven föreslagna Helmholtzska oliksvävande 36-tonsystemet. Av alla förslag är detta också otvivelaktigt det bästa, möjligen med undantag för det av Mercator 1674 föreslagna liksvävande 53-tonsystemet. Troligtvis skulle emellertid detta system inte kunna genomföras utan väsentliga förändringar av tangentbordet och därmed också av speltekniken på piano och orgel.¹

¹ Jfr även den japanske musikforskaren Shohé Tanakas Studien im Gebiete der reinen Stimmung (Vierteljahrsschrift für Musikwissenschaft, VI 1890).

En annan sak vore det givetvis, om en framtida instrumentbyggeri-teknik skulle göra oss oberoende av ett tangentsystem liknande vårt nuvarande och oberoende av antalet använda toner överhuvud. Under sådana omständigheter vore det meningslöst att inte resolut lämna alla temperaturer — liksvävande som oliksvävande — åsido och konsekvent genomföra en stämning, som icke blott praktiskt utan även teoretiskt toge hänsyn till alla i olika stilarter förekommande intervaller.

Ända sedan romantiken — och kanske ännu mycket tidigare — har det klagats över, att de tonala uttrycksmedlen börjat sina. Detta torde ha varit en av drivfjädrarna till försöken att genom klyvning i två resp. tre delar av det liksvävande 12-tonsystemet (jfr s. 175) söka skaffa nya melodiska och harmoniska medel. Det konstnärliga resultatet av dessa försök skall inte bedömas i detta sammanhang. Här må endast påvisas, vilka oerhörda möjligheter som skulle ligga öppna för en framtida musikutveckling, om man ej blott som hittills utginge från serierna på tredje och femte naturtonerna utan även på sjunde, elfte, trettonde och ännu högre på primtalsserien liggande system med deras praktiskt taget oändliga samklangs- och modulationsmöjligheter.