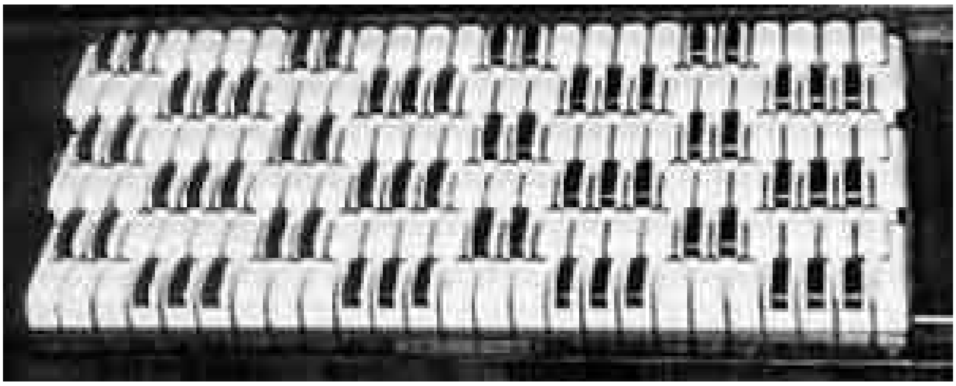
deel 3 Evaluatie toetsenbordontwerpen

Gegeneraliseerd toetsenbord

Te definiëren als toetsenborden waarin alle toetsen gelijkvormig zijn, en de onderlinge rangschikking der toetsen bepaald wordt door een regelmatig patroon.
De consequentie is dat er geen sprake kan zijn van een reine stemming of het zou bijvoorbeeld 3-limit moeten zijn en dan ook nog gegeven een bepaalde configuratie van toetsen (voor 3-limit is dit de planimetrie voor x = 3). Derhalve zijn de stemmingen, met het oog op het voortbrengen van polyfone muziek, die in de regel 5-limit is, evenredig zwevend.



Von Janko toetsenbord

De eenvoudigste voorbeelden zijn knoppenaccordeon, Janko-keyboard: stemming: 12 e.t.
Bosanquet is de grondlegger van het generalized keyboard bestemd voor stemmingen anders dan 12 e.t. , namelijk voor 31 e.t. en 53 e.t.

Vergelijking in cents van zuivere intervallen met de getempereerde intervals uit 12 e.t., 19 e.t., 31 e.t. en 53 e.t.

Octaaf = log 2 . 1200 / log 2 =1200.
12 e.t.: 1200 cents
19 e.t.: 1200 cents
31 e.t.: 1200 cents
53 e.t.: 1200 cents

Kwint = log 3/2 . 1200 / log 2 = 701,955000865387417744370018068 14 cents
12 e.t.: 700 cents
19 e.t.: 694, 736842105263157894736842105 26 cents
31 e.t.: 696, 774193548387096774193548387 09 cents
53 e.t.: 701, 886792452830188679245283018 87 cents

Kwart = log 4/3 . 1200 / log 2 = 498, 044999134612582255513267263 44 cents
12 e.t.: 500 cents
19 e.t.; 505, 263157894736842105263157894 74 cents
31 e.t.: 503, 225806451612903225806451612 90 cents
53 e.t.: 498, 113207547169811320754716981 13 cents

Grote terts = log 5/4 . 1200 / log 2 = 386, 3137138648348174443833153879 cents
12 e.t.: 400 cents
19 e.t.: 378, 94736842105263157894736842105 cents
31 e.t.: 387, 09677419354838709677419354839 cents
53 e.t.: 384, 90566037735849056603773584906 cents

Kleine terts = log 6/5 . 1200 / log 2 = 315, 64128700055260030010341735063 cents
12 e.t.: 300 cents
19 e.t.: 315, 789473684210526315778947368421 cents
31 e.t.: 309, 677419354838709677419354838709 cents
53 e.t.: 316, 981132075471698113207547169811 cents

Seconde (hele toon) = log 9/8 . 1200 / log 2 = 203,91000173077483548897346547509 cents (major)
of log 10/9 . 1200 / log 2 = 182,40371213405998195540984991281 cents (minor)
12 e.t.: 200 cents
19 e.t.: 189, 47368421052631578947368421053 cents
31 e.t.: 193, 54838709677419354838709677419 cents
53 e.t.: 203,77358490566037735849056603774 cents
of 181,13207547169811320754716981132 cents

Diatonische halve toon = log 16/15 . 1200 / log 2 = 111, 73128526977776481112995 cents
12 e.t.: 100 cents
19 e.t.: 126, 31578947368421052631578947368 cents
31 e.t.: 116, 12903225806451612903225806452 cents
53 e.t.: 113, 20754716981132075471698113208 cents

Chromatische halve toon = log 25/24 . 1200 / log 2 = 70, 672426864282217144279898037272 cents
12 e.t.; 100 cents
19 e.t.: 63, 157894736842105263157894736842 cents
31 e.t.: 77, 419354838709677419354838709677 cents
53 e.t.: 67, 924528301886792452830188679245 cents (N.B.: Voor **7/6** and **8/7**, zie pagina 43)

<u>Indexering kolommen op een toetsenbord.</u>

Omdat een interval altijd weergegeven wordt door 2 toetsen, zouden we ons ook een indexering van intervallen kunnen indenken, die gevormd worden door het aantal kolommen waar we op dat moment van uit gaan. Het eerste interval, de meest linkse op de toetsenbordplanimetrie, zouden we dan moeten aanduiden met 0 – 1. Vervolgens 1 – 2 , 2 – 3, enzovoort. Kiezen we voor een indexering van kolommen, welke uitdrukking is van de intervallen welke zij vertegenwoordigen, dan moeten we bij een gegeven aantal van x kolommen per interval uitgaan van de formule (x – 1). De meest linkse kolom is dan de 0e kolom. Wanneer we figuren j en k, deel 2, beschouwen dan ziet de indexering er uit als volgt:

- 0 t/m 4 (0 = 5)
- 0 t/m 6 (0 = 7)
- 0 t/m 11 (0 = 12)

Op onderstaande figuren l, m en n staat afgebeeld hoe de diverse intervallen corresponderen met kolommenaantallen respectievelijk op de planimetrie op basis van x = 3, x = 4, en x = 5.

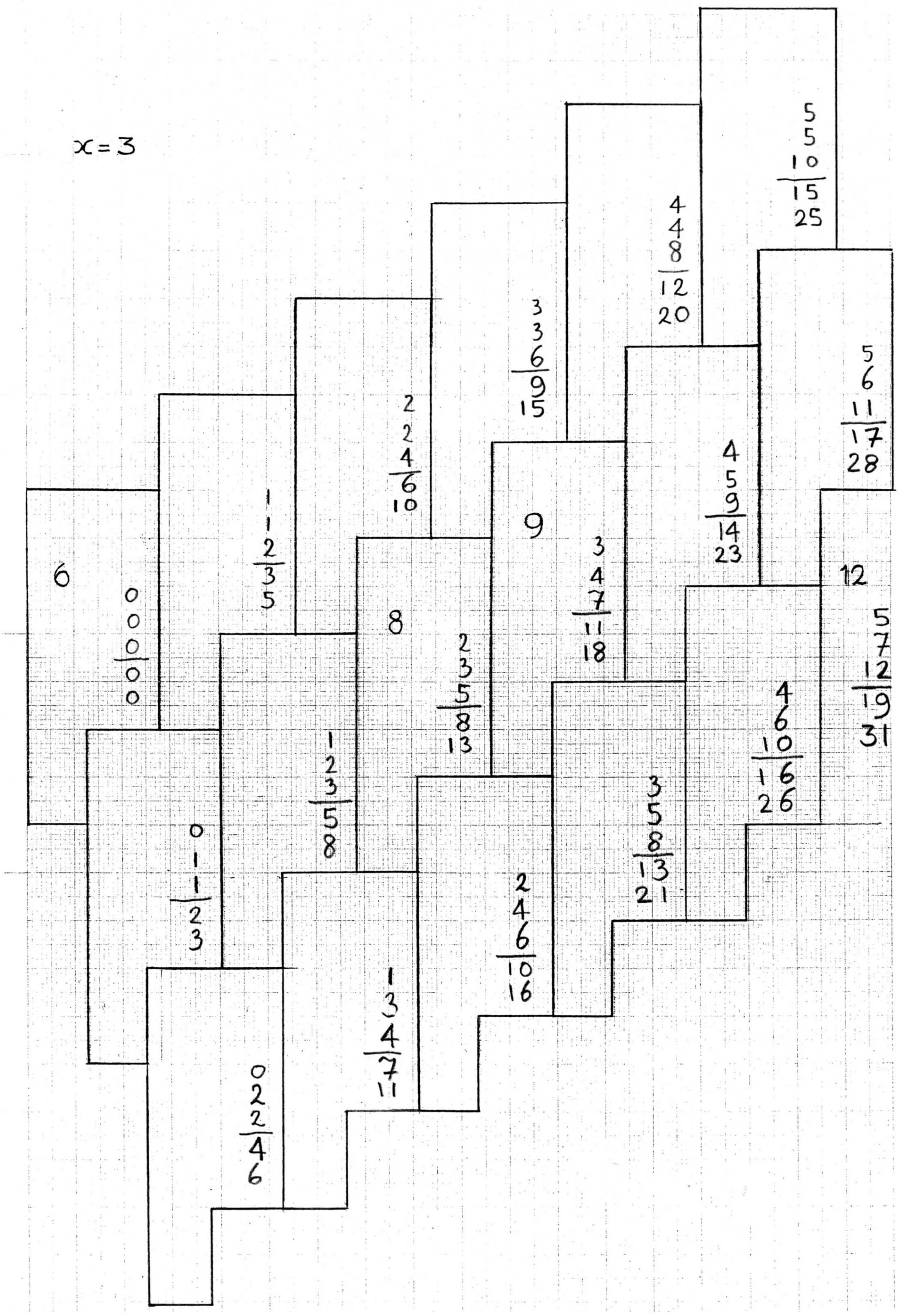

x = 3
6
0 0 0 0 0
1 1 2 3 5
2 2 4 6 10
3 3 6 9 15
4 4 8 12 20
5 5 10 15 25
0 1 1 2 3
1 2 3 5 8
8
2 3 5 8 13
9
3 4 7 11 18
4 5 9 14 23
5 6 11 17 28
12
5 7 12 19 31
0 2 2 4 6
1 3 4 7 11
2 4 6 10 16
3 5 8 13 21
4 6 10 16 26

Fig. 1

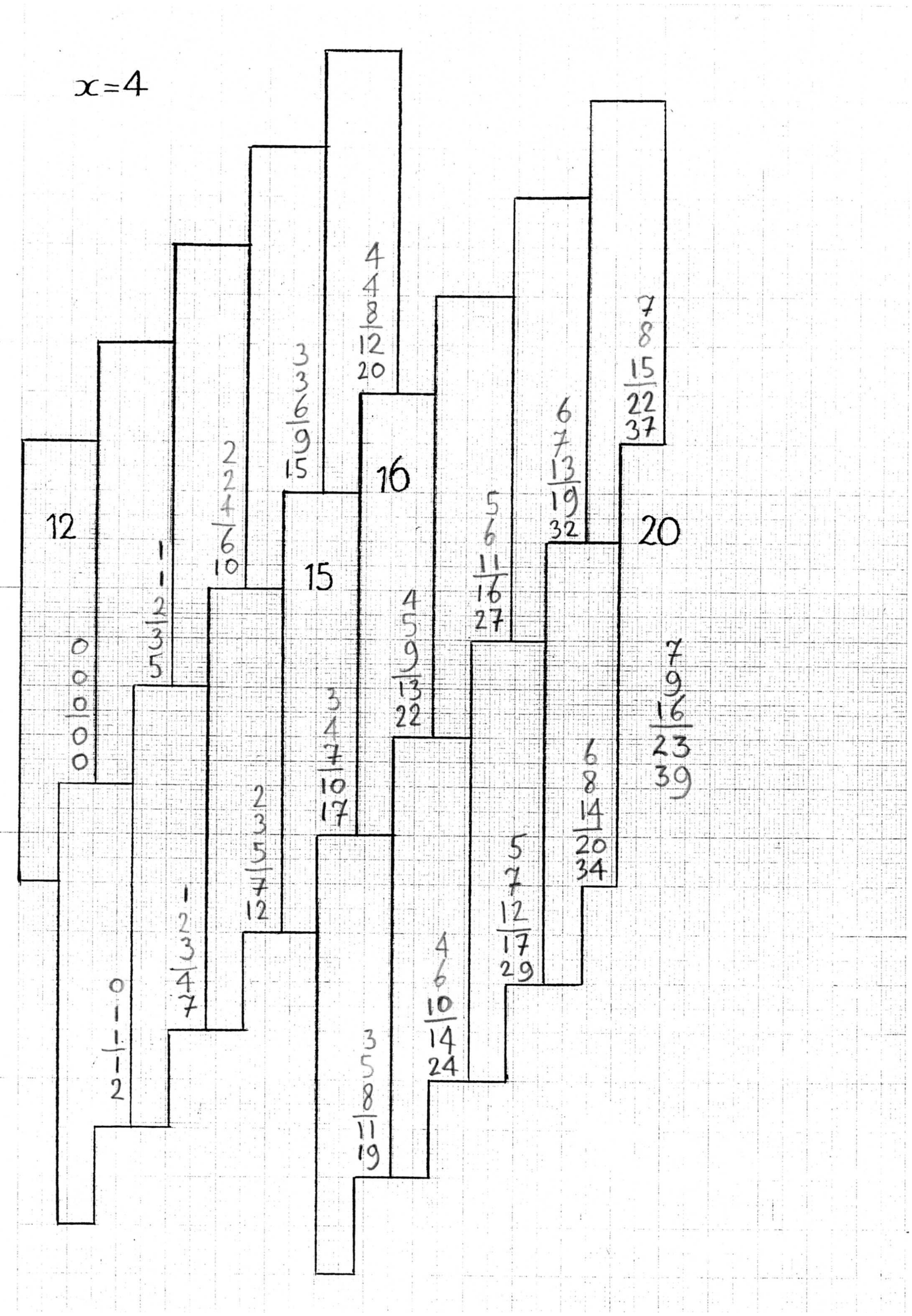


Fig. m

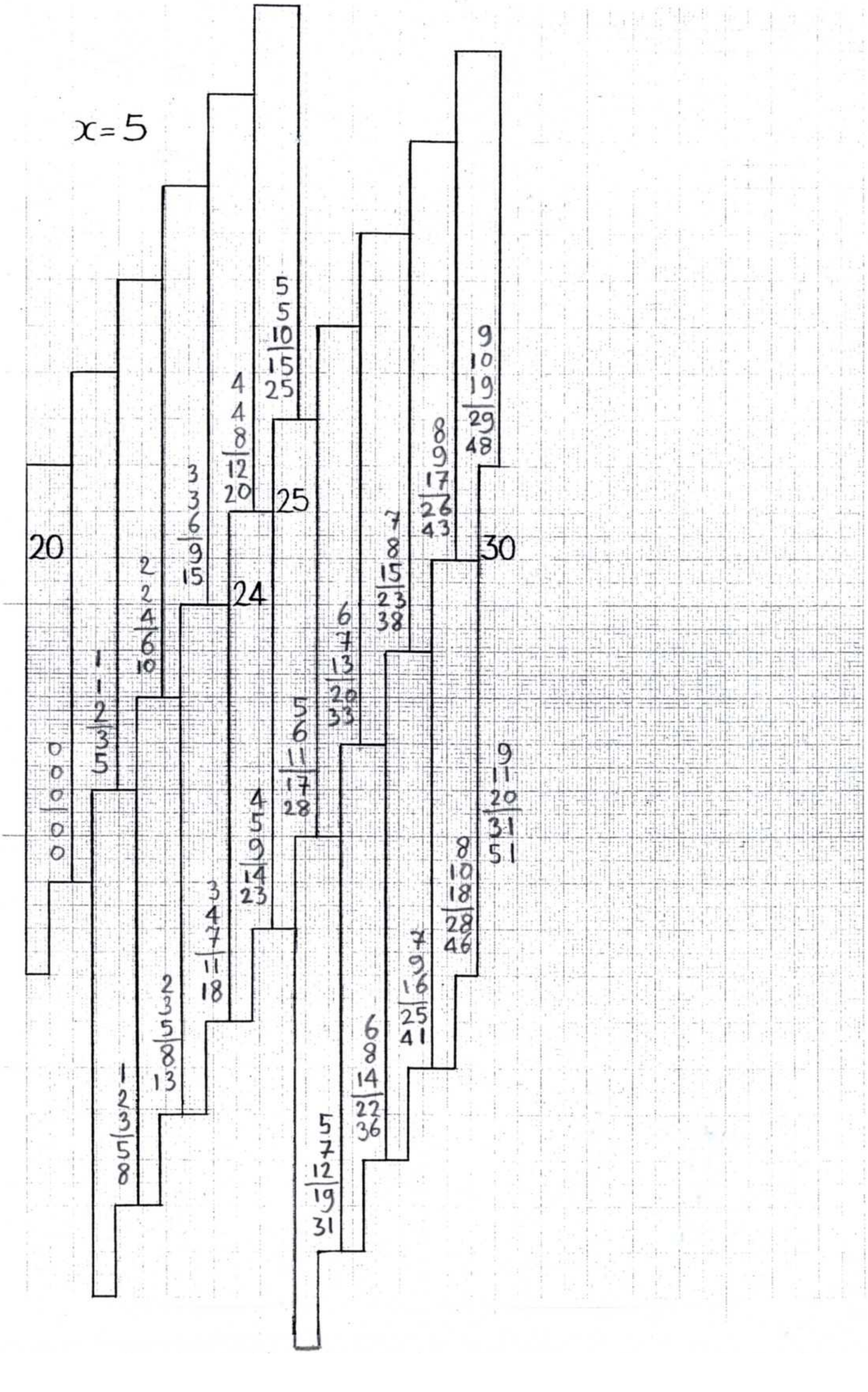
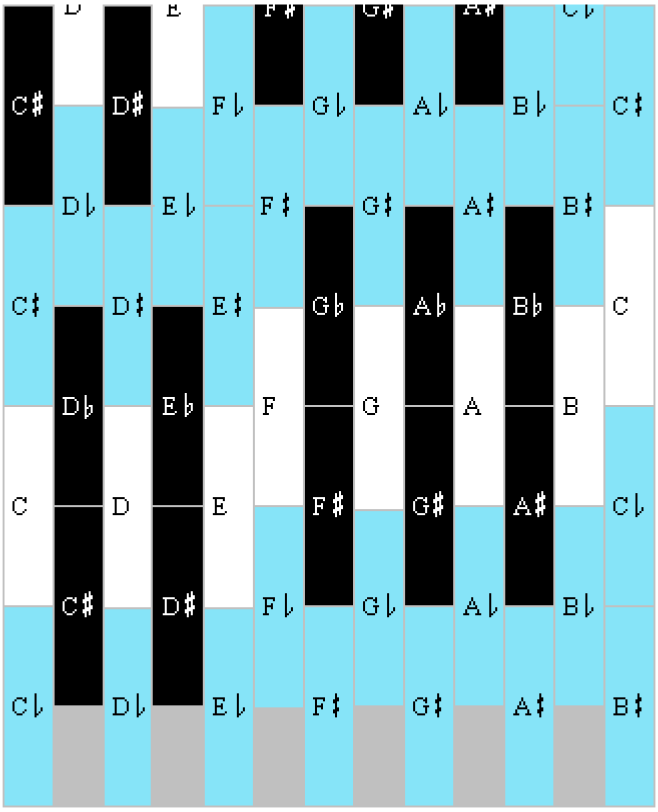
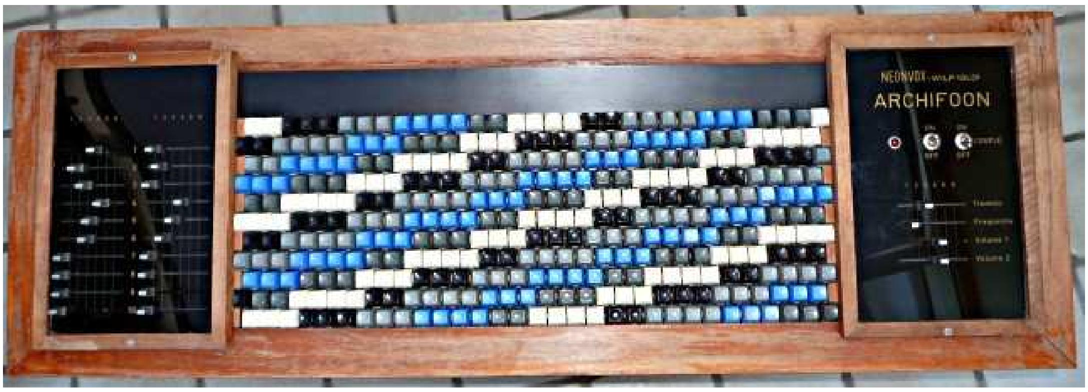


Fig. n

Toetsenbordontwerpen & afbeeldingen / figuren

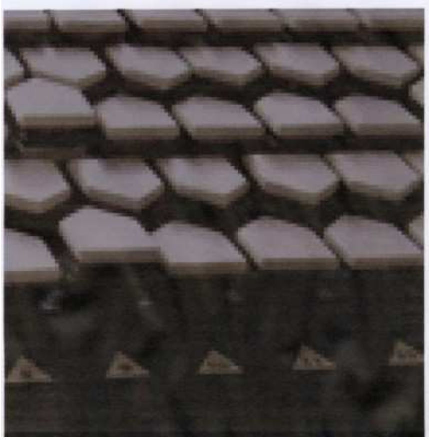


Vanuit de planimetrie, zoals door prof. A. D. .Fokker is ontworpen, is het mogelijk een portable keyboard te ontwerpen. In eerste instantie heeft dit geleid tot de archifoon, volgens het ontwerp van Anton de Beer:



In dit ontwerp is de onderlinge rangschikking der toetsen 90 graden gedraaid ten opzichte van die van Fokkers ontwerp, dat wil zeggen dat de toetsen nu onderling gepositioneerd zijn zoals vierkante bakstenen in een muur. De toetsen waarmee de hele tonen worden gespeeld zijn nu nevengeschikt, en dat is dus niet het geval bij het Fokker orgel.

Leo de Vries ontwierp een toetsenbord waarop alle denkbare stemmingen gerealiseerd kunnen worden, het zogeheten variable tone system keyboard = VTSK. De onderlinge rangschikking der toetsen komt overeen met die van de archifoon, alleen de vormgeving der toetsen is anders, omdat iedere toets een vijfhoekige vorm heeft, zodat er sprake is van een alternerend patroon van boven naar beneden, waarbij de vormen der toetsen als het ware in elkaar grijpen.



De VTSK kent vanwege het oneindig aantal mogelijkheden van stemmen (al of niet evenredig zwevend) geen interval-identiteit anders dan een systeem om deze per stemming vast te stellen, bijvoorbeeld door middel van het enigszins opliften van bepaalde toetsen waardoor bijvoorbeeld het octaaf zichtbaar wordt. Hierdoor ontstaat dan een zeker reliëf in het toetsenlandschap.

ROBERT BOSANQUET / ADRIAAN FOKKER / ERV WILSON / SIEMEN TERPSTRA
Voor de x-waarde van 3 ligt het minder voor de hand te denken aan 53 e.t., maar Bosanquet heeft aangetoond, dat het toch wel mogelijk is. In de aanvang vindt toepassing plaats van de tweede optel-procedure:

- optellen (2x – 1) + 4x; vervolgens 4x + (6x – 1); enzovoort.

Hieruit volgt voor de kolommenaantallen per octaaf:

7 + 5 = 12
5 + 12 = 17
17 + 12 = 29

Daarna gaat de procedure verder als volgt:

12 + 29 = 41
12 + 41 = 53

Uitgaande van dit gegeven heeft ook Siemen Terpstra een ontwerp gemaakt: zie figuur s hieronder. Terpstra's ontwerp is inmiddels gerealiseerd, en is te zien en te beluisteren op de website van Johnny Reinhard: www.afmm.org.
In onderstaande figuren wordt steeds een zogeheten octaafblok afgebeeld. In een octaafblok neemt de 0-toets topologisch een centrale positie in. De indexering der overige toetsen is afhankelijk van het gekozen uitgangspunt voor het ontwerp. Dit komt met name tot uiting in de keuze van de richting waarin de toonhoogtes der kolommen stijgen of dalen. Er zijn altijd twee mogelijkheden en deze zijn invers ten opzichte van elkaar. Ter illustratie van deze inversie vergelijk afbeeldingen o en s, met betrekking tot de 53-toons stemming.

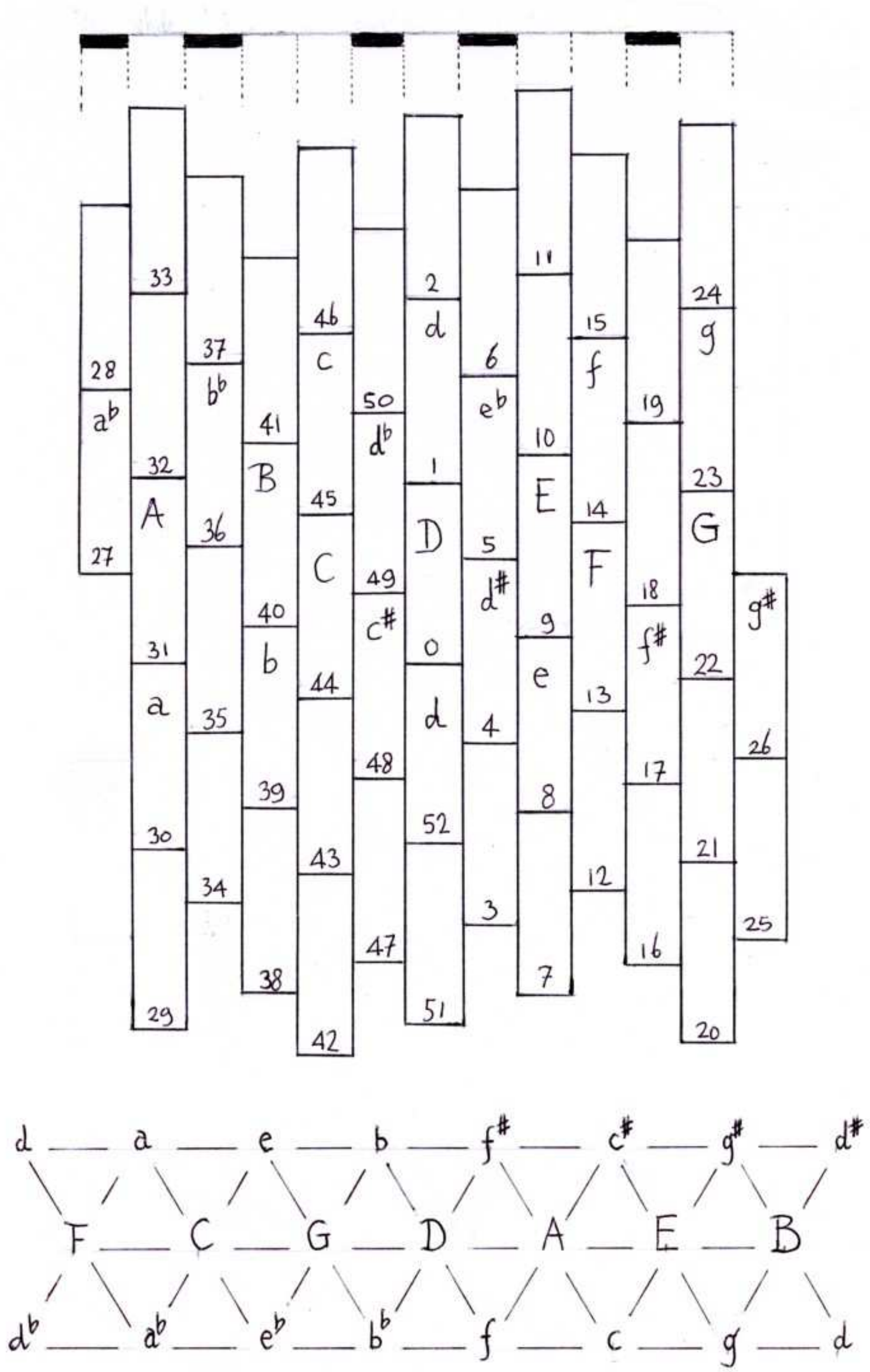


Fig. o
Toetsenpatroon van Bosanquet’s ontwerp voor een 53 e.t. toetsenbord. In zijn ontwerp stijgen de toonhoogtes van onderen naar boven in de verticale kolommen (12 per octaaf). In de matrix als de tweedimensionale doorsnede van het oneindig universum van gehele getallen kunnen we de ratio’s zien die de komma 81/80 vormen, welke (bij benadering) worden vertegenwoordigd door de aan elkaar grenzende toetsen in de verticale kolommen.

De kwintenreeks:
0 – 31 - 9 – 40 – 18 – 49 – **27** - 5 – 36 – 14 – 45 – 23 –
1 – 32 – 10 – 41 – 19 – 50 – 28 - 6 – 37 – 15 – 46 – 24 –
2 – 33 – 11 -
42 – 20 – 51 – 29 - 7 – 38 – 16 – 47 – 25 -
3 – 34 – 12 – 43 – 21 – 52 – 30 - 8 – 39 – 17 – 48 – **26** –
4 – 35 – 13 – 44 – 22 - 0

Voor 31 e.t. blijft het toetsenpatroon hetzelfde:

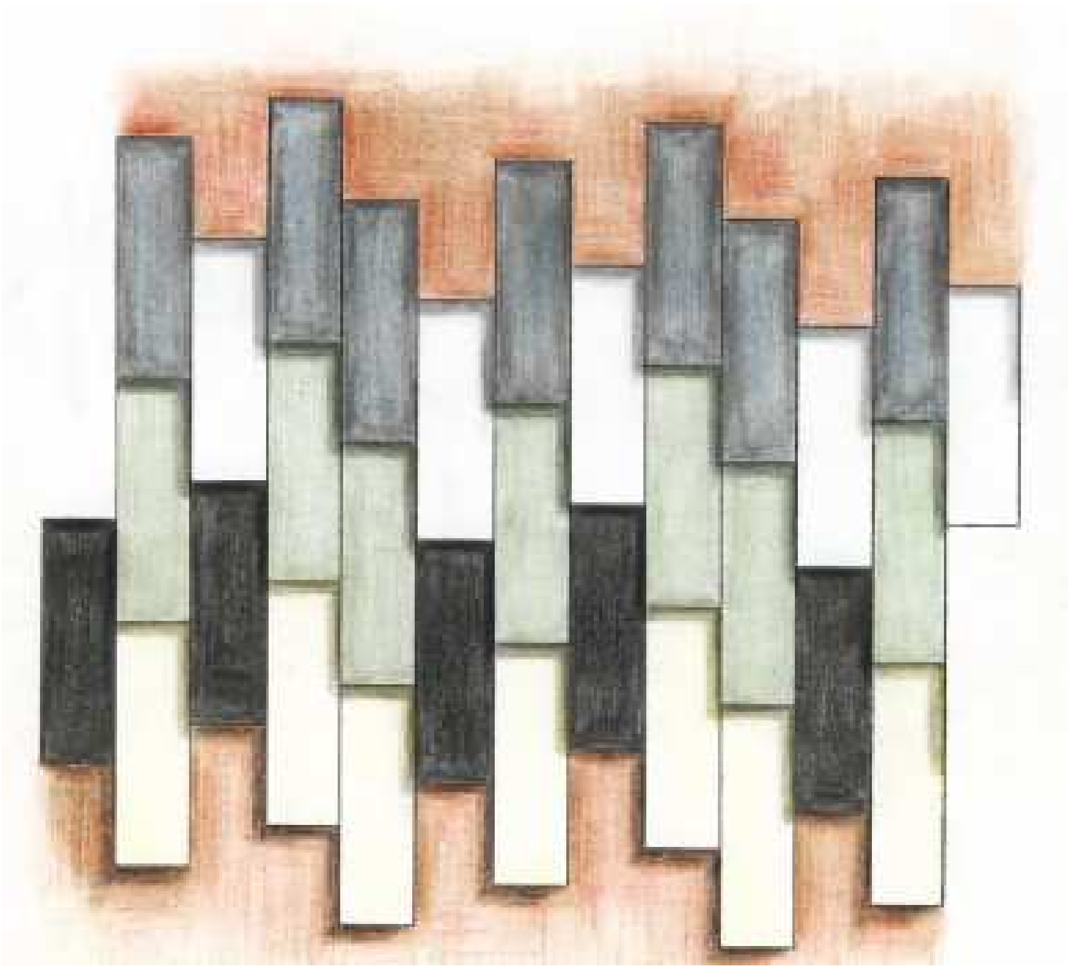


Fig. p
Bovenstaande afbeelding laat een ontwerp zien voor 31-toons, waarbij de rangschikking der toetsen overeenkomt met het ontwerp van Bosanquet. Het kleurenpatroon is 7-5-7-5-7, welke overeenkomt met het door Anton de Beer gekozen kleurenpatroon. De toonhoogtes der kolommen zijn van boven naar beneden oplopend, zodat we kunnen spreken van een inversie ten opzichte van de ontwerpen van Fokker en de Beer. Deze inversie komt ook tot uitdrukking in het ontwerp van Terpstra, zoals afgebeeld in figuur q hieronder.

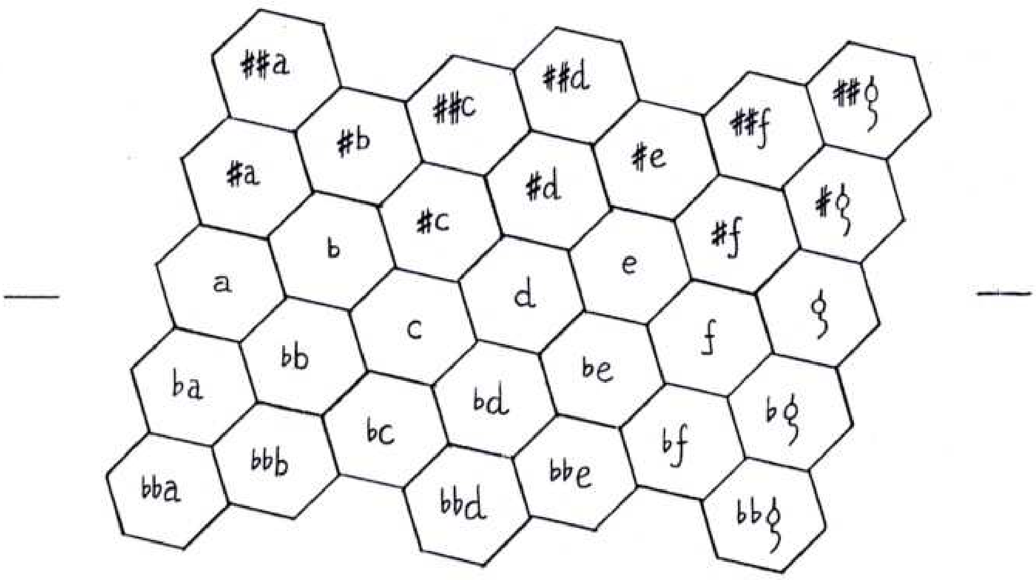


Fig. q
De toetsen zijn hexagonaal, zodat met recht kan worden gesproken van een **compact** toetsenbord! Dit toetsenbordontwerp is geschikt voor 12 e.t., 19 e.t., 31 e.t., 50 e.t., 43 e.t. en 55 e.t., kortom voor alle middentoons gerelateerde stemmingen.

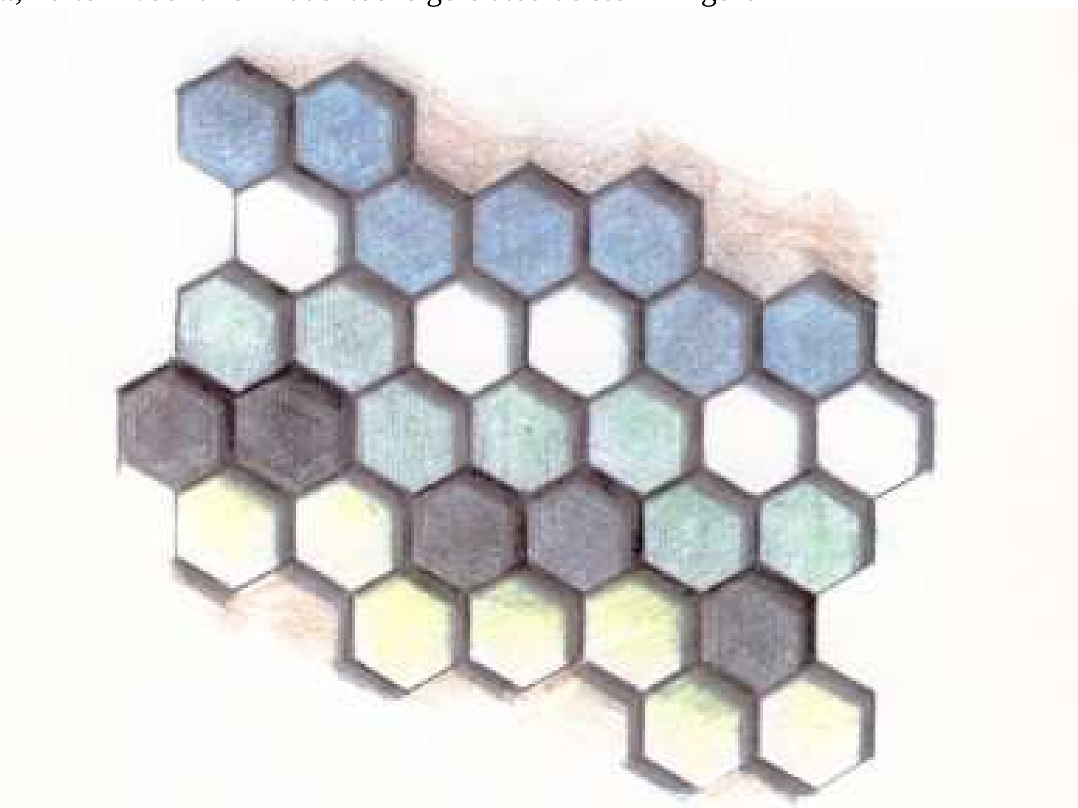


FIg. r
Artist impression van het compacte toetsenbord van Terpstra, met hetzelfde kleurenpatroon 7-5-7-5-7 als in figuur p..

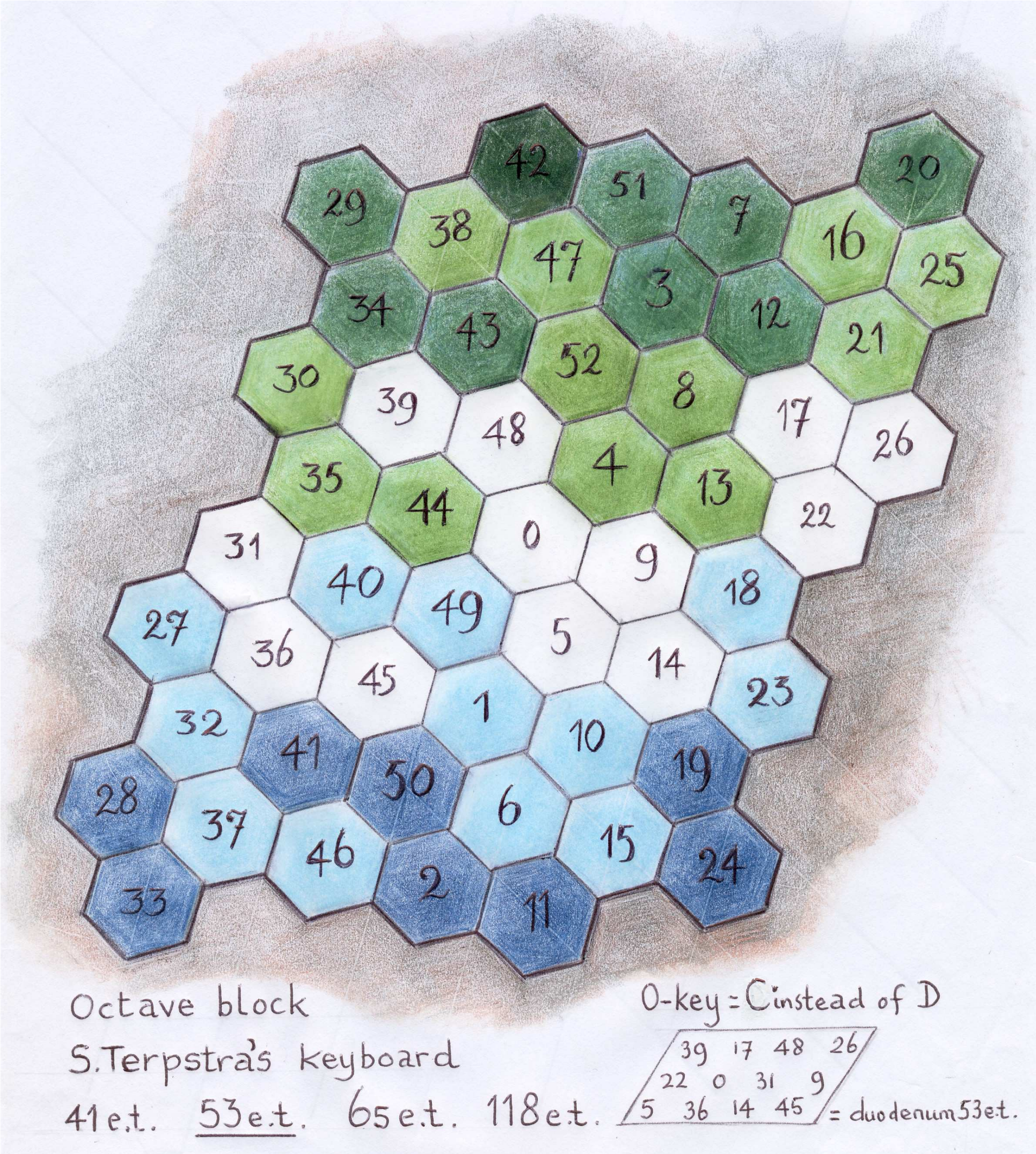


Fig. s
Dit ontwerp voor een compact toetsenbord van Terpstra is als het ware een transformatie van het oorspronkelijk ontwerp van Bosanquet. Behalve 53 e.t. zijn op dit toetsenbord ook stemmingen mogelijk als 65 e.t. en 77 e.t. Kleurveranderingen duiden op een komma-verschuiving.

In figuur t hieronder is mijn eigen ontwerp te zien voor de zogenaamde middentoons-stemmingen: 12 e.t., 19 e.t., 31 e.t., 43 e.t.

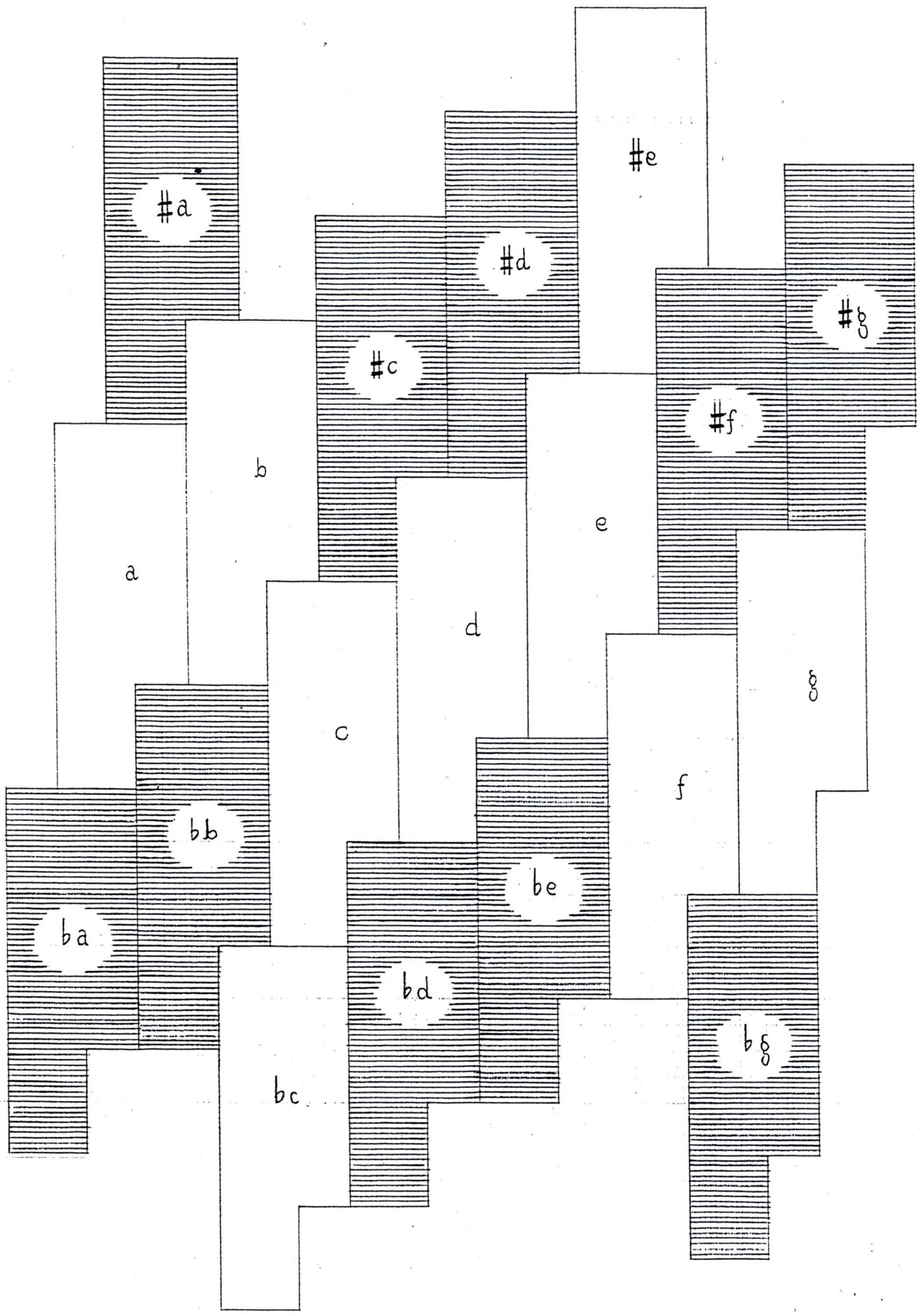


Fig. t
De onderlinge rangschikking der toetsen komt globaal overeen met die van het ontwerp van Terpstra. Ook betreffende inversie ten opzichte van Fokkers ontwerp is er overeenstemming. Het kenmerk van mijn ontwerp is dat er van links naar rechts een correspondentie is tussen de positie der toetsen en de toonhoogtes.

Fig. u
Artist impression. Octaafblok bestaande uit 31 toetsen. Iedere toets vertegenwoordigt qua afmetingen eigenschappen van zowel de witte als de zwarte toetsen van het ons bekende 12-toons klavier. De onderlinge hoogteverschillen der toetsen zijn vergelijkbaar met die van de toetsenborden van Bosanquet en Terpstra.

JEAN PAUL WHITE / GERT VOS

De ontwerpen van White en Vos volgen uit de planimetrie die gebaseerd is op het interval 5/3, dus voor x = 4. Van toepassing is hier de tweede optel-procedure, namelijk volgens de formule:

- optellen (2x – 1) + 4x; vervolgens 4x + (6x – 1); enzovoort.

Hieruit volgt:

2	1	1	0
9	5	4	1
7	4	3	1
16	9	7	2
23	13	10	3
39	22	17	5

Het 5/3 interval vertegenwoordigt 39 kolommen, welke te verdelen zijn in de major 4/3, bestaande uit 22 kolommen en de minor 5/4, bestaande uit 17 kolommen. Ook hier kunnen we substitutie toepassen: 17 = 9 + 8.
Aangezien we voor x = 5 reeds vonden:

31	17	14	3

kunnen we nu stellen dat het interval 6/5 gelijk is aan 14 kolommen. Aangezien de grote sext en de kleine terts te samen een octaaf vormen, volgt hier uit:

39 + 14 = 53.

De planimetrie voor x = 4 is dus geschikt voor 53 e.t.
Hierbij is het van belang in te zien dat de 53 kolommen, in welke planimetrie dan ook, binnen het octaaf, nagenoeg // zijn met de Y-as. Daarbij maakt het niet zo veel uit of de kolommen in de planimetrie precies of nagenoeg // aan de Y-as zijn.
Wanneer we de toetsen van een der kolommen beschouwen, dan zijn in geval van een e.t., waarbij een octaaf verdeeld is in het zelfde aantal toonhoogtes als dat der kolommen, alle tot een der kolommen behorende toetsen elkaars repeat.

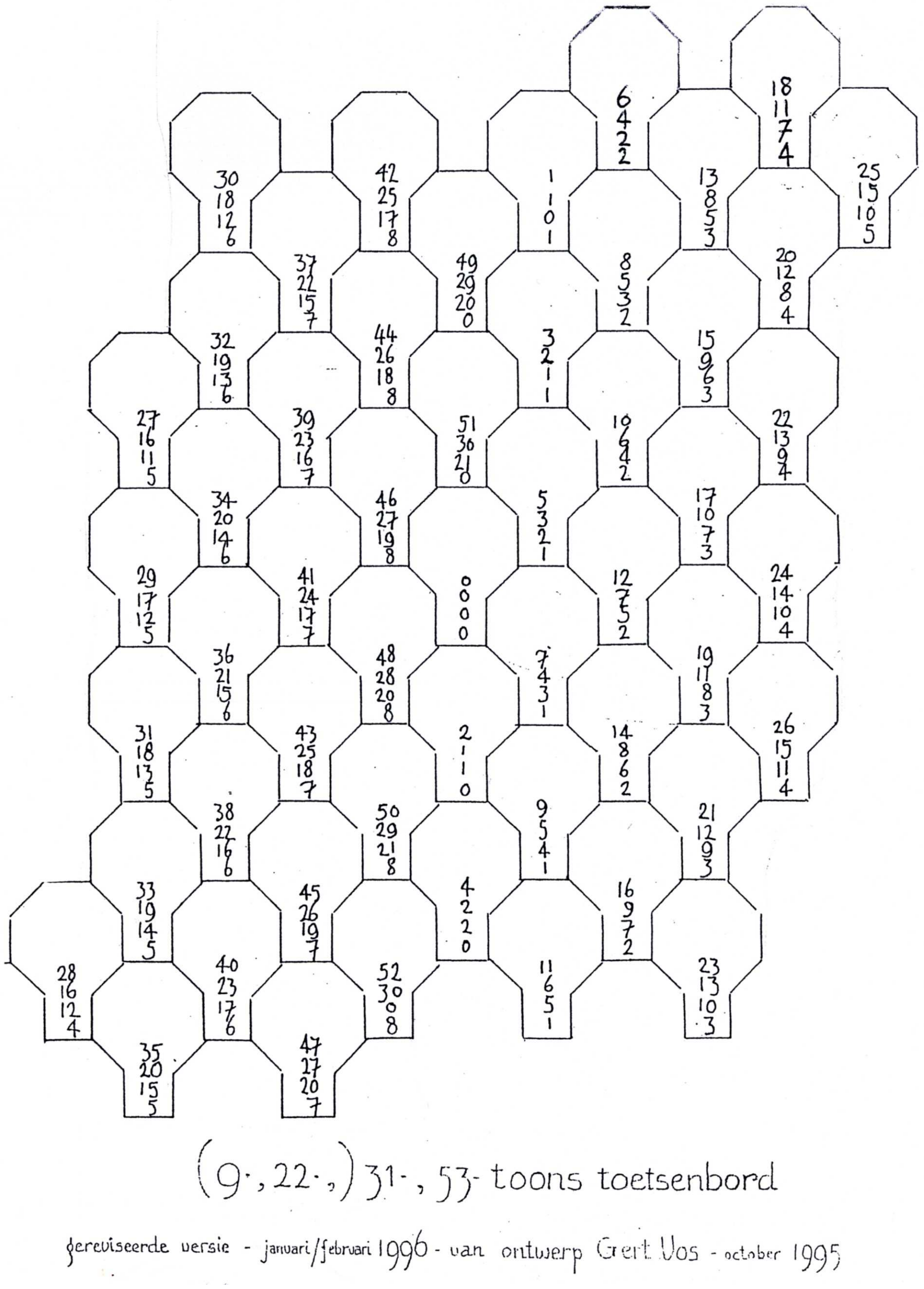


Fig. v

In figuur v is de cijferaanduiding der kolommen c.q. toepasbare e.t.'s, een inversie van de tot nu toe gebruikelijke volgorde; i.p.v. van boven naar beneden is het in deze figuur van beneden naar boven. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat het octaafblok in deze afbeelding is geconstrueerd uit een in 1996 gemaakte tekening.

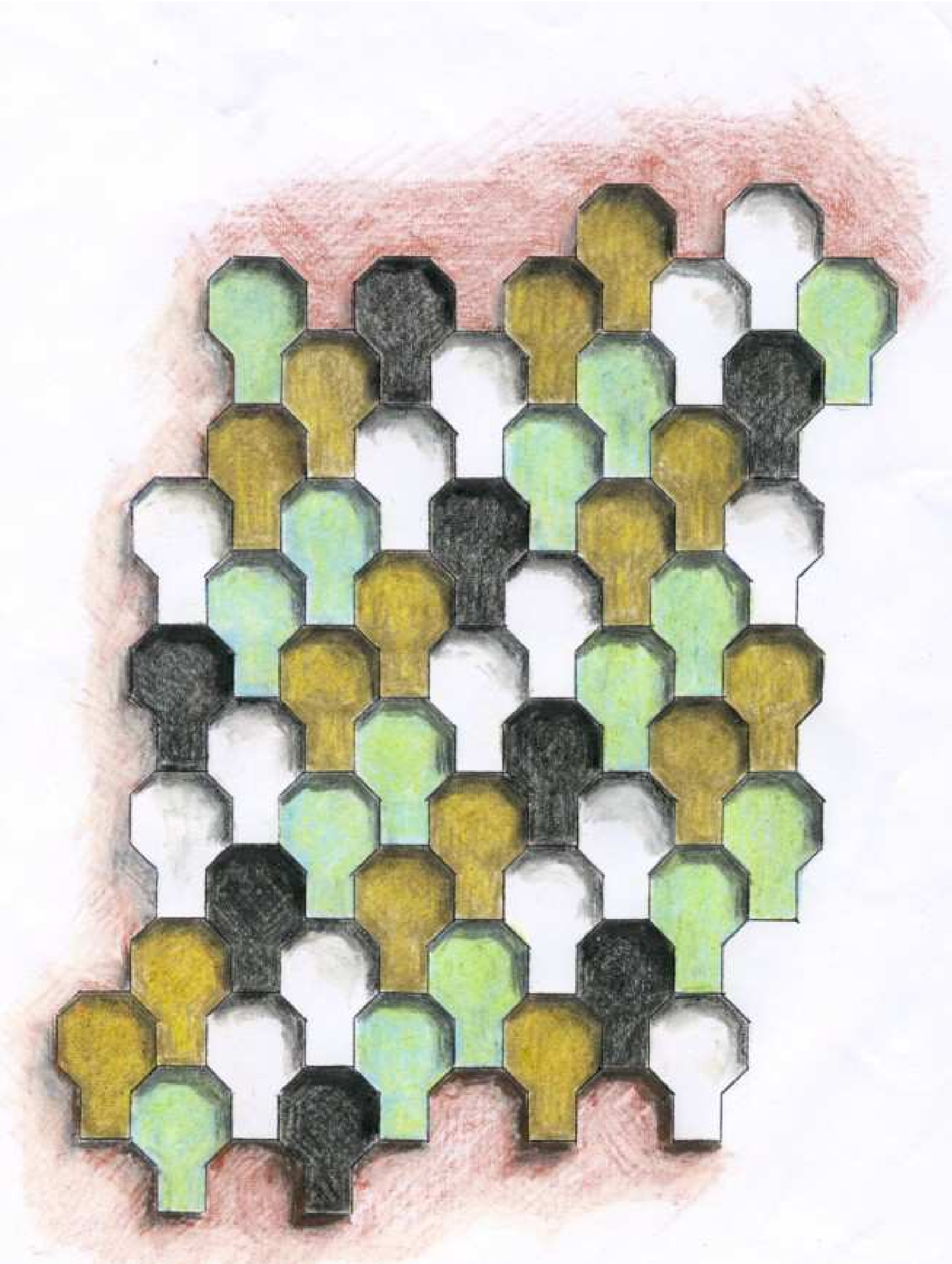


Fig. w
Artist impression van het toetsenbordontwerp van Vos. De zwarte toetsen geven het pythagoreïsche patroon aan, dat wil zeggen octaven, kwinten, kwarten en pythagoreïsche hele tonen. De overige kleurpatronen zijn onderling gelijkvormig en omvatten per kleur pelog toonladder, reine majeur- en reine mineurtoonladder. De kleurpatronen zijn onderling gerelateerd door middel van de chromatische halve toon (25/24), uitgaande van de witte toetsen naar boven en naar onderen. Alle kleuren vertegenwoordigen verschillende lagen in de 5-limit matrix (= tweedimensionale doorsnede van het oneindig universum der gehele getallen).

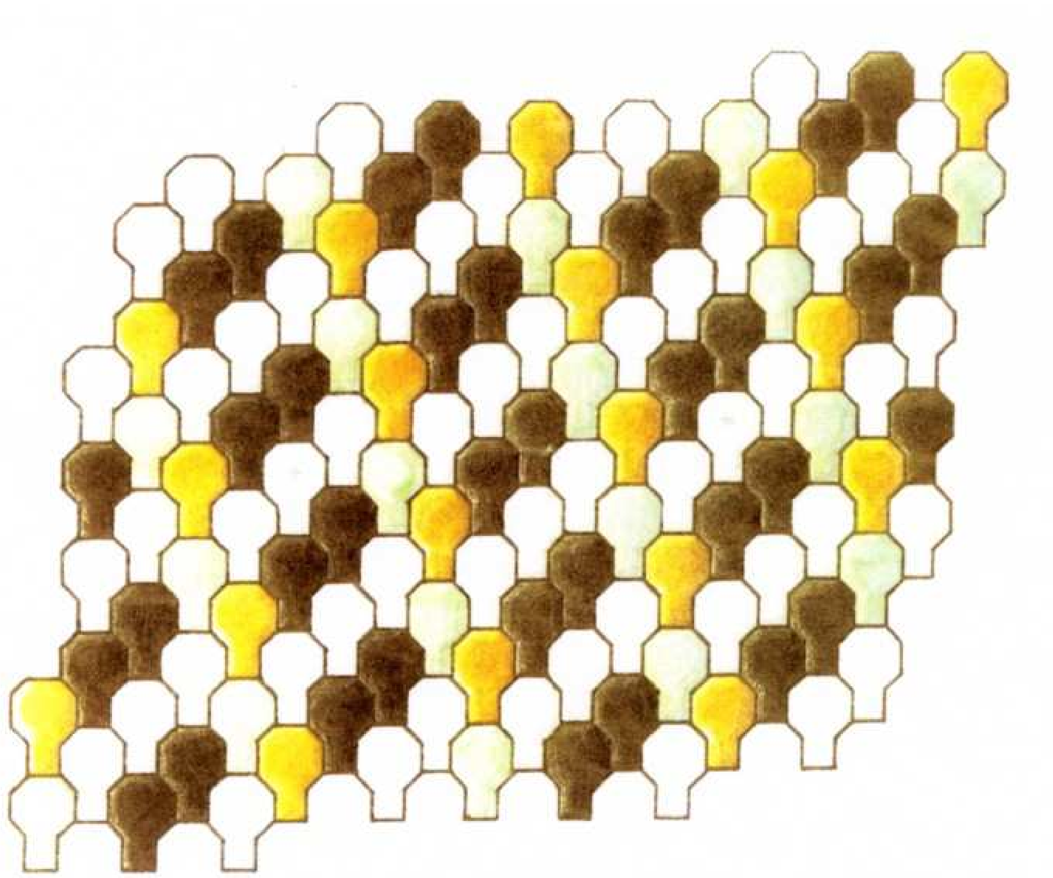


Fig. x
Twee isomorfe octaafblokken met toegevoegd 10 repeats per octaaf, zodat ieder octaaf 63 toetsen omvat. In dit alternatieve four seasons kleurenpatroon worden de harmonische toonladder, de melodische toonladder en de zigeunertoonladder omvat door de witte toetsen. De witte toetsen, per keer drie aaneengesloten toetsen, hebben een centrale positie in de planimetrie. De opbouw van de gekleurde lagen in de matrix is van boven naar beneden als volgt:

zwart
groen (lente)
wit (3 rijen) – vergelijk matrix in fig. o (Bosanquet's ontwerp)
geelbruin (herfst)
zwart

Het bespelen van een in 53 e.t. gestemd toetsenbord vereist een zeker bewustzijn van deze lagen, vandaar dat een kleurenpatroon zo'n belangrijke rol speelt bij 53 e.t. Het spelen van 7-limit muziek is niet zo moeilijk omdat de verdeling van de kwart in 7/6 en 8/7 in de planimetrie logisch georganiseerd is en daarom gemakkelijk herkenbaar. De volgorde van drie (witte) toetsen geven het 8/7 interval aan = 16/15 **.** 15/14.

LARRY HANSON.
Ook de planimetrie voor x = 5 is geschikt voor 53 e.t. aangezien het aantal van 31 kolommen overeenkomt met de kwint in 53 e.t.,
en 31 + 22 = 53.

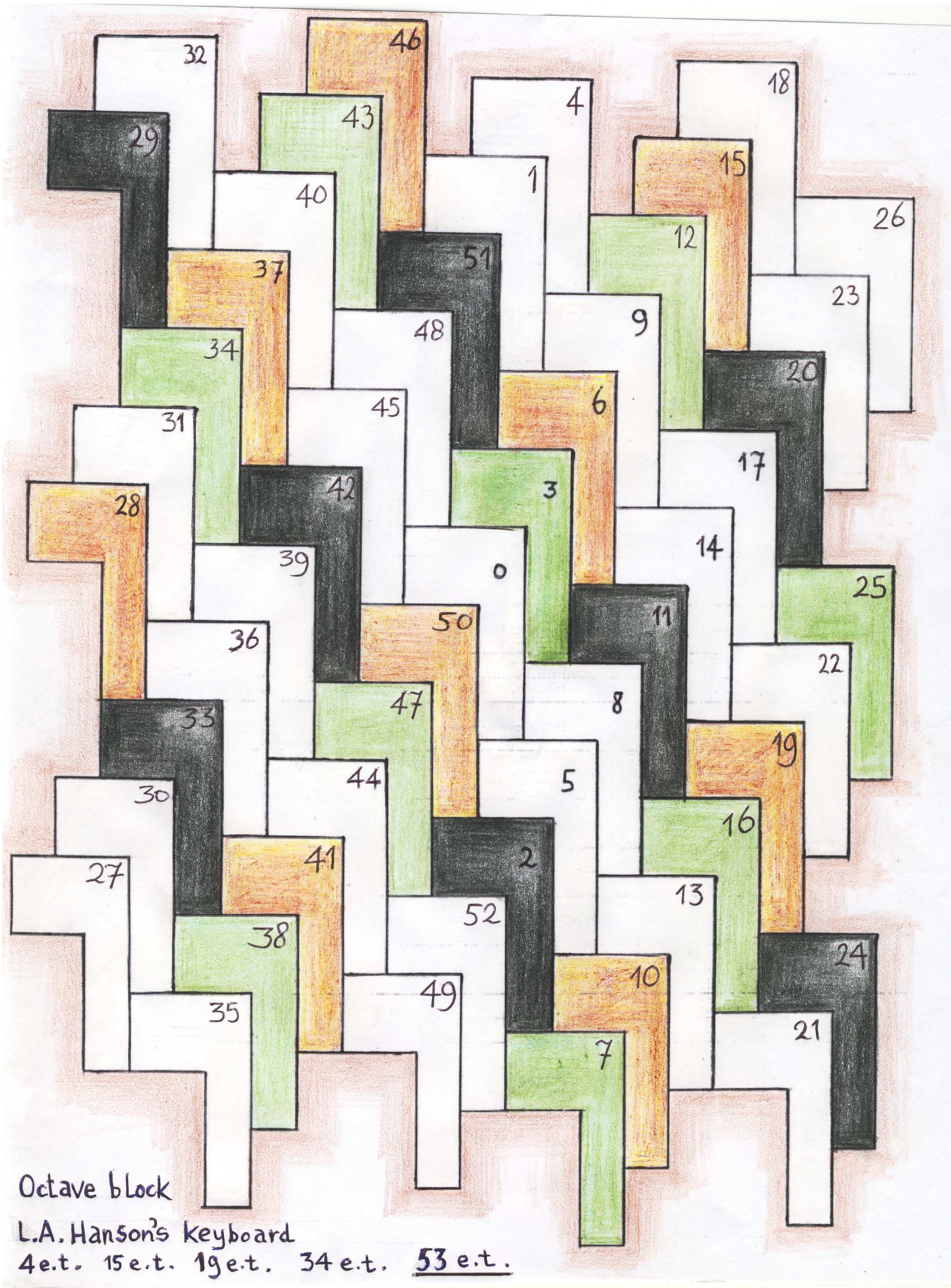


Fig. y
Wanneer we de vormen der toetsen van bovenstaand ontwerp van Hanson enigszins modificeren, dan kan worden aangetoond dat Hansons ontwerp afgeleid gedacht kan worden uit de toetsenplanimetrie voor de waarde van x = 5, zie figuur z hieronder.

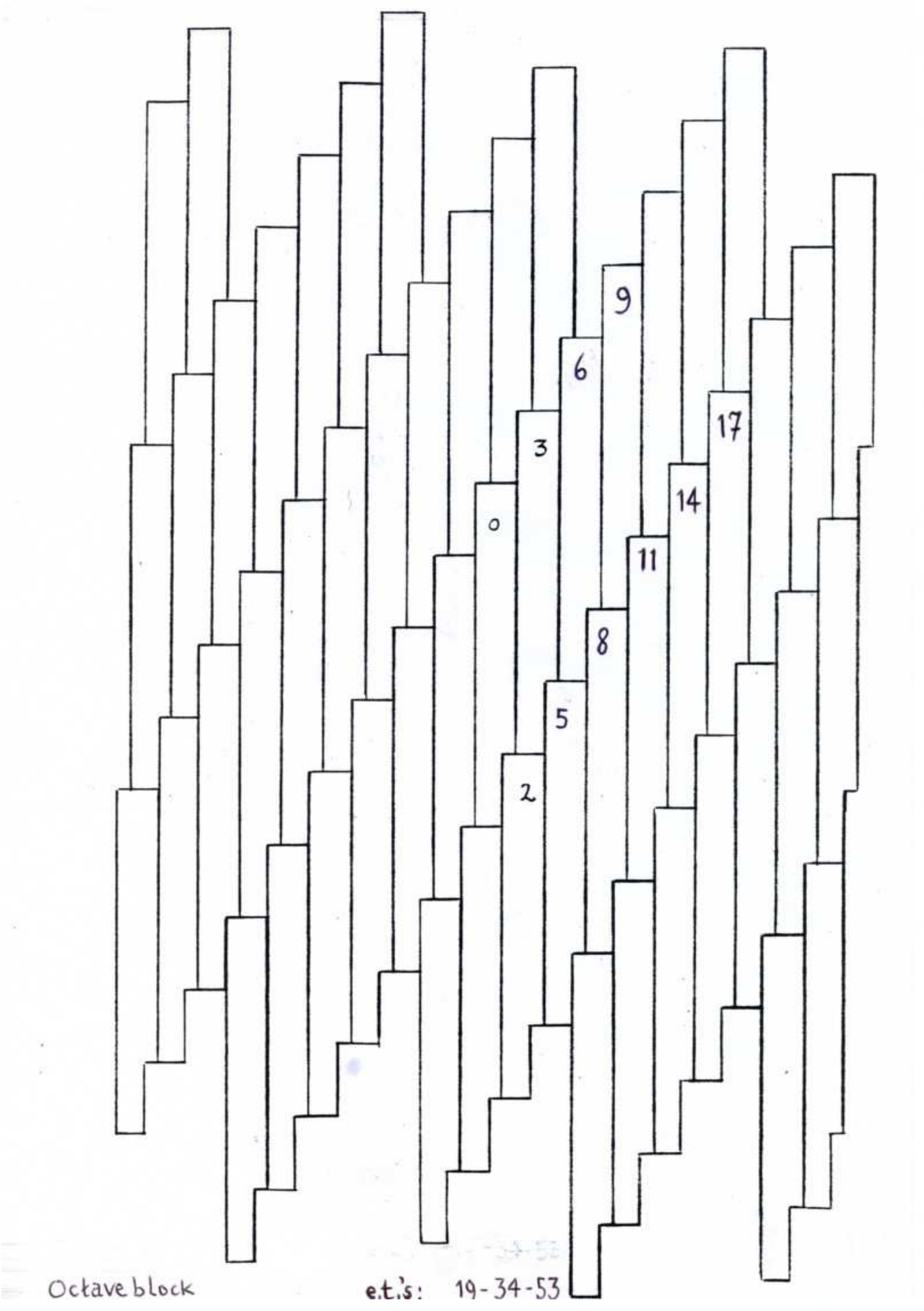


Fig. z
Uitbreiding van planimetrie van x = 5 tot en met het octaaf.

Vergelijking toetsenbordontwerpen

Aan de hand van kriteria zoals goede bespeelbaarheid, compactheid, inversie ten behoeve van de herkenbaarheid van intervallen, kunnen diverse toetsenbord-ontwerpen met elkaar worden vergeleken. Bespeelbaarheid wordt zeer bevorderd door de toetsen, die leidtoon-intervallen vormen, zoveel mogelijk aan elkaar te laten grenzen. Wanneer we nu de ontwerpen van Fokker en Terpstra met elkaar vergelijken, dan valt op dat op het Fokker-orgel met behulp van aan elkaar grenzende toetsen de navolgende intervallen worden gevormd: diatonische halve toon, chromatische halve toon, en diëse. Op het Terpstra-toetsenbord vinden we aan elkaar grenzend de hele toon (middentoon), de diatonische halve toon en de chromatische halve toon. In dit opzicht is er overeenkomst tussen het Terpstra-toetsenbord en het toetsenbord van Anton de Beer, de archifoon. Er is echter een kenmerkend verschil. En dat heeft betrekking op de onderlinge positie van diatonische halve toon en chromatische halve toon. De planimetrieën van de Beer en Terpstra zijn in dit opzicht invers ten opzichte van elkaar. Hiervoor is een goede reden. Een chromatische verhoging, in het notenschrift aangegeven door een kruis, is op de planimetrie van Terpstra ook daadwerkelijk een verhoging. Evenzo is een chromatische verlaging, een mol, ook op het Terpstra-toetsenbord een daadwerkelijke verlaging.
Dit laatste geldt ook voor het ontwerp van Vos voor 31 e.t. en 53 e.t. In zijn ontwerp vormen aan elkaar grenzende toetsen een diatonische halve toon, een diëse, en een ongebruikelijk interval, namelijk een soort ¾-toon: 11/10 of 12/11. Er is overeenstemming met het toetsenbord van Fokker betreffende het toetsenpatroon en het gegeven dat diëses worden gevormd door aan elkaar grenzende toetsen in de verticale kolommen. Wat dat betreft is er sprake van een zekere gelijkwaardigheid betreffende de microtonaliteit van de toetsenbord-ontwerpen van Fokker en Vos. Een van de verschillen is dat de “middentoon” in 31 e.t. gedefinieerd wordt als het meetkundig midden van de grote terts, terwijl er in 53 e.t. sprake is van een meetkundig midden van de kleine terts, bestaande uit 7 stappen, welke op het toetsenbord van Vos eenvoudig is te onderscheiden, dit in tegenstelling tot het toetsenbord van Fokker. Een soortgelijk voordeel van het toetsenbord van Vos ten opzichte van dat van Fokker is de logische eenvoudig te herkennen verdeling van de kwart in 7/6 en 8/7 op de planimetrie.
Op Hansons keyboard grenzen de toetsen aan elkaar die de diatonische halve toon vormen, de chromatische halve toon en de kleine hele toon, dat wil zeggen de 10/9 hele toon.

Resolutie

Het begrip resolutie met betrekking tot evenredig zwevende stemmingen kunnen we metaforisch vergelijken met het kijken naar de sterren in de nacht, hetgeen te vergelijken is met 12 e.t. Met het blote oog kunnen we niet zien wat met een teleskoop wél mogelijk is.
In een toetsenplanimetrie waarbij er sprake is van een evenredig zwevende stemming zijn sommige intervallen eenduidig te onderscheiden, maar andere weer niet. Voorbeelden van “vervagingen”: in 31 e.t. worden zowel 9/8 als 10/9 vertegenwoordigd door 5 stapjes (middentoon); de 3 stapjes die 16/15 aangeven, vertegenwoordigen ook het interval 15/14; en de diëse vertegenwoordigt 3 intervallen, namelijk 36/35, 49/48 en 64/63.

In 53 e.t. is er, in tegenstelling tot 31 e.t., onderscheid tussen 9/8 en 10/9. In die zin is 53 e.t. dus geen middentoons-stemming. Echter met betrekking tot andere intervallen zoals de kleine terts is er wel weer een middentoon, ofwel een meetkundige midden.
Ook voor het kwart-interval = 4/3 is dit het geval in 53 e.t. Het begrip ”middentoons” zou om die reden wellicht als relatief te beschouwen zijn, ware het niet dat de intervallen 7/6 en 8/7 in 53 e.t. kunnen worden onderscheiden en worden aangegeven door respectievelijk de indexnummers 12 en 10.

7/6-interval = log 7/6 x 1200 / log 2 = 266, 870905603737511185876447941 25 cents
31 e.t.: 270, 96774193548387096774193548387 cents
53 e.t.: 271, 6981132075471 6981132075471698 cents

8/7-interval = log 8/7 x 1200 / log 2 = 231, 17409353087507106963681932218 cents
31 e.t.: 232, 25806451612903225806451612903 cents
53 e.t.: 226, 41509433962264150943396226415 cents

Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen dat er voor bepaalde intervallen betere uitkomsten mogelijk zijn, hetgeen wel impliceert dat bijvoorbeeld octaven meer en meer gaan afwijken, hetgeen in geval van bijvoorbeeld “53 e.t.” verwaarloosbaar is.
Voor de waarde x = 4 zouden we het grote sext interval (5/3) evenredig kunnen verdelen om te onderzoeken of bepaalde intervallen nog nauwkeuriger kunnen worden benaderd dan bij een evenredige verdeling van het octaaf. Deze redenering gaat ook op voor de waarde van x = 5, dus de evenredige verdeling van de kwint. Enz.

Wanneer we ons richten op het vergroten van de resolutie op klavierinstrumenten die evenredig zwevend gestemd zijn, dan ligt het in de rede te veronderstellen dat de resolutie groter zal zijn naar de mate waarin het aantal stappen in een octaaf groter is.
Wanneer we ons bij het bespelen van een klavierinstrument willen beperken tot monofone of duofone muziek, dan volstaan octaafverdelingen volgens meervouden van 12, zoals onder andere 24 e.t., 72 e.t., 96 e.t. Echter voor polyfone muziek zijn octaafverdelingen volgens meervouden van 12 beslist ontoereikend.
Octaafverdelingen die geschikt zijn voor de verwerkelijking van *polyfone* muziek op een klavierinstrument moeten worden afgeleid uit correspondenties tussen verschillende intervalcomplexen in *reine stemming*, afgebeeld op logaritmische schaal. Hieruit resulteren met name 12 e.t., 19 e.t., 31 e.t., 43 e.t. en 53 e.t. De ontwikkeling van (portable) microtonale polyfone synthesizers zal bijdragen tot de uitbreiding van de mogelijkheden van het laten klinken van “extended harmonies” (spectrale accoorden) en het moduleren in 7-limit, enz.
In de tijd waarin Christiaan Huygens leefde was een verdeling van het octaaf in 31 stappen een goede oplossing aangezien de middentoonstemming in die tijd algemeen gebruikelijk was. Met ingang van de 18^{e} eeuw is alles echter gaan veranderen. J.S. Bach, die over een buitengewoon goed ontwikkeld muzikaal gehoor beschikte, had geen voorkeur voor de middentoonstemming. Dit gegeven is een belangrijke indicatie voor het zoeken naar betere oplossingen. De belangrijkste reden waarom de 31-toons stemming tot op heden niet aanslaat is dat de kwinten en de kwarten in de 31-toons stemming beduidend minder zuiver zijn dan in de 12-toons stemming, die sinds eind 19^{e} eeuw algemeen toegepast begon te worden. In dit licht gezien kunnen we begrijpen waarom R. H. M. Bosanquet zijn generalized keyboard introduceerde in de 53-toons stemming.