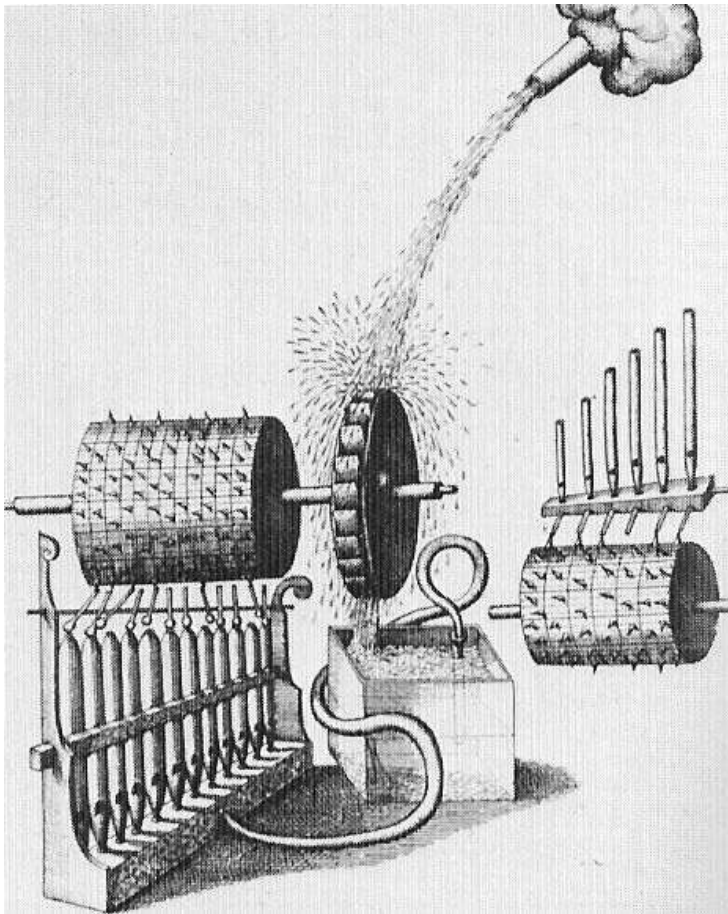


Automatisch spelende orgeltjes

(Draaiorgelmechanieken)

Dit artikel verschijnt in 'De Bouwbrief' nummer 120, orgaan van de werkgroep Bouwerskontakt van Huismuziek. Losse nummers van de Bouwbrief kunt u bestellen bij info@huismuziek.nl

Door de eeuwen heen hebben automatisch spelende orgeltjes een bijzondere aantrekkingskracht op mensen uitgeoefend. In het begin van zijn ontstaan als een geschenk voor de rijken der aarde en honderden jaren later als volksinstrument om op zijn klanken te pierewaaien. De oudste instrumenten stammen uit de 16^{de} eeuw en de bloeiperiode van het straatdraaiorgel was van 1920 tot 1940. En die fascinatie is er nog steeds merk ik als ik eens met mijn draaiorgeltje een braderie of rommelmarkt opvrolijk. Vooral kinderen houden dan vaak hun pas in, daarbij de ouders tot stilstand dwingend. Maar voordat het draaiorgel zijn huidige vorm gevonden had is er een hele ontwikkeling geweest die vooral het mechaniek veranderde. Het mechaniek bestaat globaal uit een toondrager en een aftaststelsel. Op de toondrager is vastgelegd welk muziekje er gaat klinken, dus welke pijpen moeten spreken en hoe lang ze hoorbaar moeten zijn. Het aftaststelsel bedient met deze informatie de luchttoevoer naar de orgelpijpen.



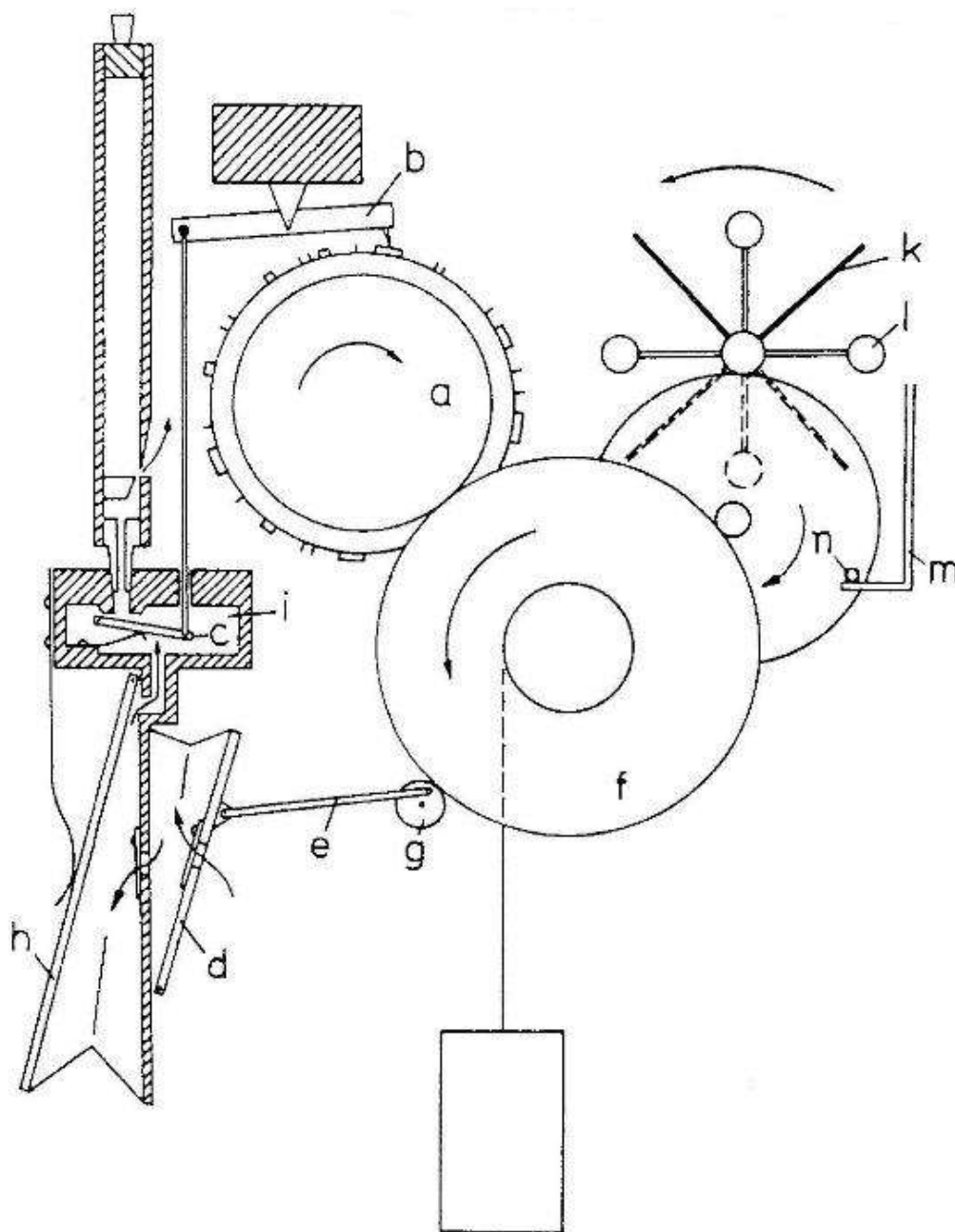
Figuur 1. Automatisch spelend orgel met wateraandrijving van Robertus de Fluctibus (Robert Fludd), Oxford (Eng), 1574 – 1637. De vierkante kist waarin het water valt is de camera aeolia die het orgel van winddruk voorziet.

Cilinderorgels

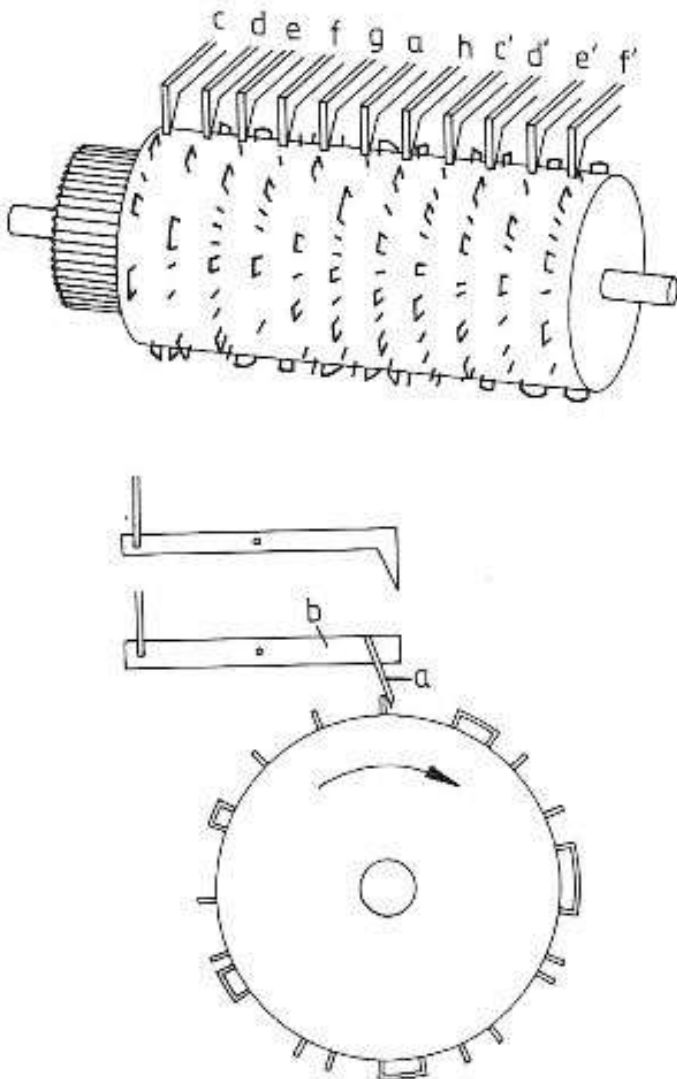
Het oudst bekende instrument stamt ongeveer uit het jaar 900 en was gemaakt door de gebroeders Banu Musa in Bagdad. Het instrumentje had maar één pijp in de vorm van een dwarsfluit. De gaten van de fluit werden door klepjes afgesloten. Om een melodietje te laten horen werden de klepjes bediend door stiften die op een ronddraaiende cilinder of wals waren aangebracht. In Europa werd de stiftwals rond 1300 bekend. Het oudste nog spelende orgel met dit systeem is 'Das Hornwerk' in het slot 'Hohen Salzburg' uit 1502. Het heeft de bijnaam Salzburger Stier vanwege het loeiende geluid dat dit orgel voortbrengt. Vanaf 1550 wordt de stiftwals toegepast bij waterorgels die veel in parken in o.a. Italië te vinden waren. Waterorgels werden aangedreven door een scheprad in een waterstraal te plaatsen (zie figuur 1) De windvoorziening voor zo'n orgel was heel vernuftig. De lucht die met de waterstraal werd meegezogen, werd opgevangen in een afgesloten vat, een camera aeolia, waarin het luchtdruk opbouwde en zo de pijpen kon laten klinken.

In de 18^{de} eeuw ontstaat er een min of meer regelmatige productie van verschillende soorten automatisch spelende pijporgels. Een belangrijk voorbeeld daarvan is het 'Flötenuhr' dat zijn bloeiperiode heeft van ongeveer 1760 tot 1840. Figuur 2 geeft het principe van een Flötenuhr weer. Naast de tandwielen die vanzelfsprekend in een klok voorkomen zien we ook de gebruikelijke orgelonderdelen.

Natuurlijk de orgelpijp op een windlaatje (i) met een speelventiel (c). De magazijnbalg (h) die wordt volgepompt door een schepbalgje (d) door middel van een krukasje (e). Laten we de stiftwals (a) en de toetsen (b) eens nader onder de loep nemen. We zien ze in figuur 3 apart weergegeven. De wals is een dikke houten rol met een diameter van ongeveer 10 cm. Vlak boven de rol is een soort klavier gemonteerd. Eén uiteinde van de toetsen van dit klavier is voorzien van metalen tandjes (a) die de rol bijna raken. In figuur 3 zijn twee veel voorkomende tandmodellen weergegeven. Op de rol zelf zijn pennetjes en bruggetjes aangebracht. Deze pennetjes en bruggetjes zijn zo geplaatst dat als de rol rondraait ze de metalen toets-tandjes optillen. Het patroon van pennetjes en bruggetjes bepaald zo welke toetsen er opgetild worden. De andere kant van het klavier is verbonden met klepjes die nu in het ritme van de toetsen open en dicht gaan en de wind regelen die orgelpijpjes tot klinken brengt.



Figuur 2. Principe van een Flötenuhr. a: stiftwals; b: toetsen; c: ventiel; d: schepbalg; e: krukasje; f, g, n: tandwielen; h: magazijnbalg; i: windlade; k, l: toerentalstabilisator; m: vang.



Figuur 3. Principe van een stiftwals. a: toets-tand; b: toets. De letters bij de toetsen in de bovenste tekening zijn de noten die gespeeld kunnen worden.

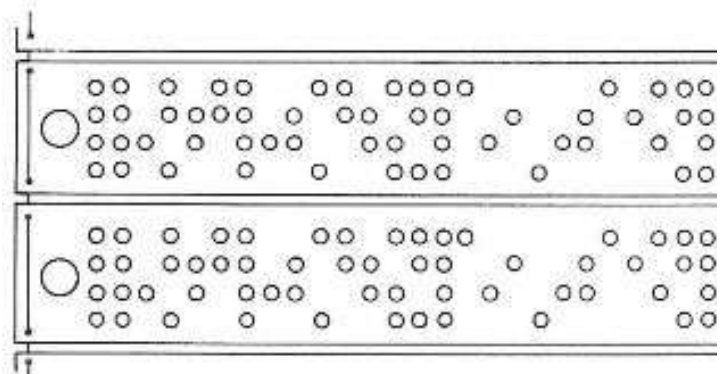
Van cilinder naar vlakke muziekdrager

Het maken van een wals voor een cilinderorgel is ingewikkeld en tijdrovend. Bovendien is zo'n rol erg kwetsbaar. Men zocht dus naar andere principes voor het automatisch laten spelen van orgeltjes. Het principe om 'gaten' als informatiedrager te gebruiken is een uitvinding van de Fransman Jacquard in 1805. Hij bedacht een voorziening voor het weefgetouw waarmee ingewikkelde weefpatronen automatisch vervaardigd konden worden. De kettingsdraden van het weefsel konden onafhankelijk van elkaar opgetild worden waarbij de kaart met gaten (figuur 4) de stuurinformatie bevatte. De ontwikkeling van deze informatiedrager naar het draaiorgel was maar een kleine stap. De aan elkaar geregen kaarten werden een strook papier met gaatjes of gleuven die de muzikale informatie bevatten

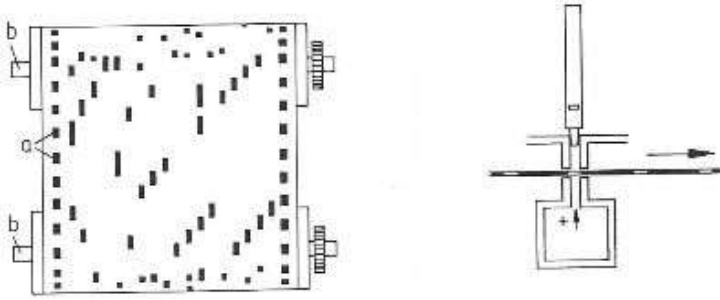
Hoe lang zo'n pijpje klinkt en wanneer wordt dus bepaald door het pennetjes- en bruggetjespatroon op de wals. Bekende componisten als Haydn en Mozart hebben veel muziek voor Flötenuhren gecomponeerd om zo brood op de plank te krijgen.

Bij oudere orgeltjes met dit principe kon de wals maar één keer rond draaien en daarna begon het zelfde muziekje opnieuw. Het Flötenuhr speelde dan elk uur het zelfde wijsje. Bij latere orgeltjes bedacht men allerlei ingenieuze constructies om meer muziek uit de wals te halen, zoals het zijdelings verschuiven van de rol en het spiraalsgewijs noteren van de muziek. Het Flötenuhr kon daarmee meerdere wijsjes laten horen.

Parallel aan het Flötenuhr ontwikkelde zich ook het cilinderorgel met het wals principe. De wals hierin was veel groter en er stonden acht tot twaalf wijsjes op. Rondtrekkende muzikanten begeleiden daarmee hun zang. Een couplet van een te zingen lied had steeds de lengte van de omtrek van de wals. Was de wals één keer rond gedraaid dan begon automatisch het volgende couplet. Omstreeks 1800 was de bekendste fabriek van cilinderorgels die van Poirot Frères te Mirecourt (Fr). Ze startte in 1780 en heeft tot 1954 bestaan. Daarnaast heeft de orgelindustrie zich in het bijzonder naar Waldkirch (D) uitgebreid waar Ignaz Bruder in 1834 de grondlegger werd van de Waldkircher orgelindustrie.



Figuur 4. Jacquard kaart voor een weefgetouw. De kaarten of dunne plankjes, zijn met touwtjes links en rechts als een ketting aan elkaar verbonden. De grote gaten dienen voor transport en centering in het weefgetouw. De kleine gaten zijn de informatiedragers.



Figuur 5. Principe van de eenvoudigste uitvoering van een automatisch spelend orgel met een papierrol als toondrager. a: transportgaten; b: transportrollen. De andere gaatjes zijn de informatiedragers.

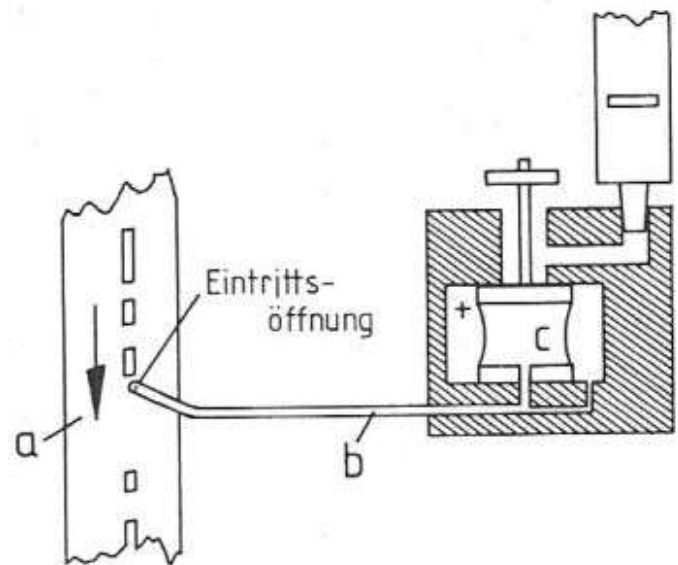
Deze directe sturing van een orgelpijp door een papierstrook geeft echter geen aangenaam geluid omdat bij het passeren van een gat in de papierstrook het gat in de zeef eerst gedeeltelijk bedekt wordt en dan te weinig wind doorlaat om de pijp zuiver te laten klinken. Hoe lang deze 'onzuivere' periode duurt is afhankelijk van de transportsnelheid van het papier. Bij een hoge papersnelheid heeft men er weliswaar minder last van, maar de benodigde papierlengte voor een muziekstuk wordt evenredig groter. Dezelfde onzuivere toestand ontstaat wanneer het gat voorbij gaat en de zeef weer afgedekt moet worden om de pijp tot zwijgen te brengen. Het gevolg is dat de pijptoon bij het begin en einde 'vals' klinkt door te weinig wind. Dit probleem werd opgelost door de uitvinding van het pneumatische ventiel. In figuur 6 een voorbeeld hiervan naar Jüttemann. Hierin is a de strook papier met informatie, b de toevoer naar het ventielbalgje c. De werking is eenvoudig. Het ventielbalgje bevindt zich in een kamertje dat onder winddruk staat, in de figuur aangeduid met +.

Is de opening van toevoerleiding b (Eintrittsoffnung) door het papier afgesloten, dan is het ventielbalgje opgeblazen door de winddruk via het dunnere kanaaltje onder de windkamer. Is toevoerleiding b open door een gaatje in het papier dan kan het ventielbalgje via deze opening leeg lopen en zakt het balgje in elkaar. Het neemt daarbij de piston mee die erop gemonteerd is zodat de wind uit de windkamer de orgelpijp kan bereiken en deze doet klinken. Voor een goede werking van zo'n ventiel moet het 'leegloop' kanaaltje enige malen groter zijn dan het 'volloop' kanaaltje. Een gebruikelijke verhouding hiervoor is 4 : 1. (De bouw en werking van dergelijke ventielen is uitvoerig beschreven in BB 113 en BB 118 door John Boersma.)

De toepassing van het pneumatische ventiel in het draaiorgel verbeterde de klank aanzienlijk. Immers, de windtoevoer naar de orgelpijpen kon in een keer aan of uit worden geschakeld zonder de hinderlijke tussenfase waarin de pijp te weinig wind krijgt als het papier gedeeltelijk voor het zeefgat zit. De papierrol met zijn pneumatische uitlezing werd vanaf 1890 ook met succes toegepast in automatisch spelende piano's, de pianola. De rollen waren veel goedkoper te fabriceren dan de stiftwalsen en brachten daarmee het automatisch spelende muziekinstrument ook binnen het bereik van minder draagkrachtige burgers. De voordelen van de papierrol boven de wals zijn behalve het kostenaspect bij de vervaardiging van de muziekdrager ook dat men een papierrol in een instrument veel gemakkelijker kan verwisselen dan een cilinder. Ook kan de papierrol een willekeurige lengte hebben, men is niet meer gebonden aan de omtrek van de cilinder.

Met het papierrolsysteem is het ook mogelijk om kortere toontjes te laten klinken. Maken we een vergelijking tussen de kortste tonen die mogelijk zijn met het walssysteem en het systeem met de

In figuur 5 zien we dit principe in de eenvoudigste toepassing in een automatisch spelend orgeltje zoals de fransman Seytre het in 1842 bedacht had. De rol papier heeft links en rechts langs de zijkant een rij gaten (a) voor het transportsysteem (b). Direct onder de papierstrook is een soort kamertje gemonteerd dat onder winddruk staat, in de figuur aangeduid met +. Direct boven het papier is een soort zeef gemaakt die de wind, als ze door een gaatje in het papier blaast, naar een pijp voert zodat deze tot klinken komt. Elke pijp heeft zijn eigen rij met gaatjes



Figuur 6. Principe van een pneumatisch ventiel. a: papierstrook met gaatjes; b: toevoerleiding naar ventielbalgje c.

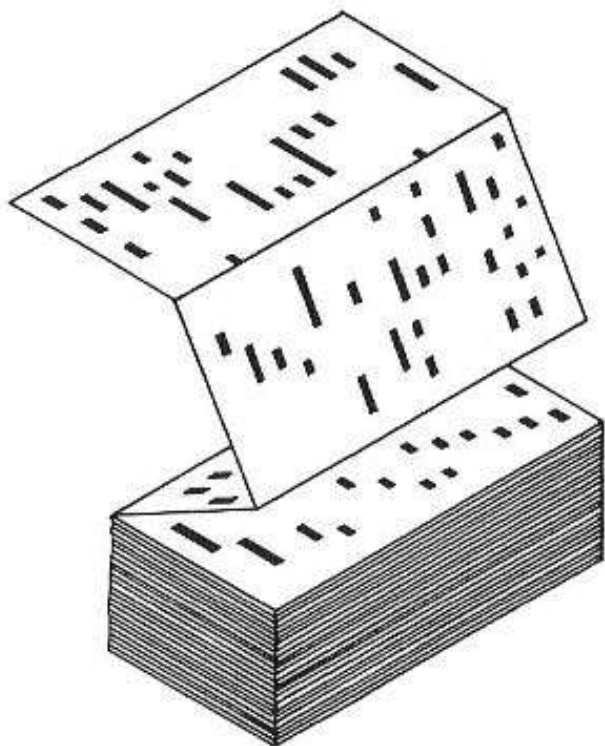
papierstrook. De dunste stift op een wals geeft de kortste noot en is bijvoorbeeld 1 mm. Een toets-tand is minimaal ook een 1 mm dik. De weg die een wals moet afleggen voor het passeren van een toets voor de kortste noot is dus minimaal 2 mm (zie figuur 3). Een gebruikelijke omtreksnelheid van een wals is circa 10 mm per seconde, zodat de kortste toonduur ongeveer 0,2 sec is. Voor een muziekstuk in vierkwartsmaat, waarbij de metronoom op 120 tikken per minuut staat, komt dat overeen met ongeveer 1/8 noot.

In de papierstrook is het kleinste gat ongeveer 3 mm (2,7 mm), net zo groot als het gat in het leesblok (de zeef). Het pneumatische ventiel schakelt 'aan' als het gat in het leesblok ongeveer half bedekt is en 'uit' als het gat weer helemaal dicht is, zodat de weg die het papier aflegt voor de kortste toon ongeveer 5 mm is (BB 118, pag. 9). Een gebruikelijke papiersnelheid is 60 mm per seconde, zodat de kortste toon ongeveer 0,08 sec klinkt. Voor het muziekstuk in vierkwartsmaat is dat ongeveer 1/32 noot. Uit deze vergelijking volgt dus dat met het papiersysteem snellere noten te reproduceren zijn dan bij het walssysteem.

Ook de repetitie tijd, het opnieuw laten klinken van dezelfde noot, is bij de papierstrook als informatiedrager flink verbeterd ten opzichte van het walssysteem. Bij de wals moet tussen de stiften ongeveer 3 mm ruimte zijn om de toets te laten neerkomen. Een gedwongen rust dus van iets meer dan 1/8 tel. Bij de papierstrook is het theoretisch mogelijk om na 2,7 mm alweer het volgende gaatje te ponsen. In de praktijk reageert het systeem echter niet zo snel, het ventiel heeft even tijd nodig om leeg te lopen, maar een rust van 1/32 tel (4 mm papier) is goed haalbaar.

Boekorgel

Heeft de papierrol zich als muziekdrager goed kunnen handhaven in pianola's en kleine draaiorgels, voor het straatdraaiorgel bleek dit systeem toch te kwetsbaar. Het papier is vocht- en scheurgevoelig wat vooral een rol ging spelen bij het steeds groter worden van de toonumfang van de straatorgels. Grote orgels hebben een papierbreedte van 30 tot 35 centimeter. Bij die breedtes werd het moeilijk om de windgaten in het klavier (het leesblok) waar het papier overheen getrokken wordt nog betrouwbaar af te sluiten. Bij pianola's, maar ook bij draaiorgels, is dit probleem ondervangen door 'zuigwind' voor het klavier toe te passen. Door de gaatjes in het leesblok wordt de papierstrook nu tegen het klavier 'aangezogen'. Bij draaiorgels maakt dit de windvoorziening meer complex omdat behalve de zuigwind ook drukwind in het orgel nodig is om de pijpen te laten spreken.

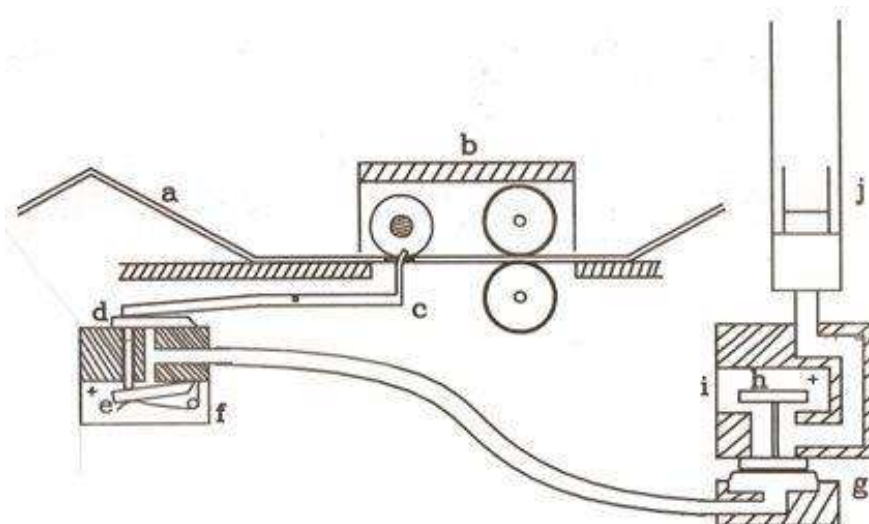


Figuur 7. Draaiorgelboek van vouwkarton

Bij het boekorgel heeft men de papierstrook vervangen door het orgelboek. Een orgelboek is een lange strook karton voorzien van insnijdingen zodat de strook zich gemakkelijk laat opvouwen tot een stapel: een orgelboek (figuur 7). In het boek zitten net als bij de papierrol gaatjes (gleufjes) die bepalen welke toon er gaat klinken. Het vouwkarton maakt het pneumatische klavier meer betrouwbaar, maar er is wel een aandrukrol nodig voorzien van rillen boven de gaatjes om het karton stevig tegen het leesblok te drukken. Tegenwoordig wordt de papierstrook vervangen door plasticfolie.

Het vouwkarton werd voor het eerst door Gavioli in 1892 in de draaiorgelbouw toegepast maar met een mechanische uitlezing. De gaatjes worden hierbij niet met lucht uitgelezen, maar door metalen toetsen afgetast die net als bij het walssysteem op een soort klavier zitten. De verende toets-tanden worden door het boek omlaag gedrukt en als er een gaatje in het boek voorbij komt schiet het tandje daarin omhoog. De hiermee gepaard gaande toetsbeweging bedient klepjes die de windtoevoer naar de windlade regelt. Het systeem lijkt op het eerste gezicht ingewikkeld, maar vele tientallen jaren van evolutie hebben duidelijk invloed gehad op de bouw en geleid tot een weer- en windbestendig systeem dat nu nog in de huidige straatdraaiorgels wordt toegepast.

In figuur 8 is het principe van een boekorgel weergegeven (vrij naar de Waard). Hierin is a het orgelboek dat onder de klep b doorloopt. In deze klep zitten een aandrukrol en de transportrollen. De toets c is juist door een gaatje in boek omhoog geschoten en drukt het loosklepje d dicht. Hierdoor kan het klepje e open gaan zodat de winddruk, aangeduid met +, in het kastje f naar het membraan g kan lopen. Door deze winddruk komt het membraan omhoog en tilt de piston h op. Hierdoor kan de winddruk, aangeduid met +, in de windlade i naar de orgelpijp j lopen zodat deze een toon geeft. De verende toetsen in dit aftaststelsel kunnen oneffenheden in het karton gemakkelijk opvangen door zonder dat ze daarbij een klepje bedienen, wat het systeem redelijk betrouwbaar maakt.



Figuur 8. Principe van een boekorgel. a: orgelboek van vouwkarton; b: transportsysteem; c: toets; d: loosklep; e: sluitklep; f: windkamer; g: membraan; h: piston; i: windlade; j: orgelpijp.

Een gebruikelijke snelheid voor het vouwkarton bij een boekorgel is 6 cm per sec. Het kleinste, bruikbare gat bij een boekorgel is ongeveer 4 mm, maar dat wordt als het aan de beurt is ook gevuld met de toets-tand. Een toets-tand heeft een dikte van ongeveer 2 mm. Trekken we deze dikte af van het kleinste gat dan horen we nog gedurende 2 mm een toon. Bij de gegeven kartonsnelheid van 60 mm per seconde klinkt de toon dan ongeveer 0,03 seconde, dat 1/64 noot is bij een metronoom stand van 120. Voor repeterende noten moet tussen de gaten voldoende karton blijven staan om genoeg stevigheid te geven om de toets-tand weer naar beneden te duwen. In de praktijk laten we daarom tussen de gaten ruim 1 mm karton staan. Tellen we daarbij de dikte van de toets-tand op, dan kan dezelfde noot na ongeveer 3 mm weer klinken. Dat is korter dan een rust van 1/32 tel. Daarmee is het boekstelsel het snelst van de besproken mechanieken.

Met de besproken mechanieken is zowel een cilinderorgel als een draaiorgel in staat om haar muziek te larderen met 'waternalletjes' (glissando's), verschillende tonen vlak na elkaar. Het boekstelsel, maar ook het papiersysteem, voegt daar vrolijke trillertjes, repeterende tonen, aan toe die draaiorgelmuziek zo eigen en fascinerend maken.

Toonomvang

De toonomvang van automatisch spelende orgel(tje)s met een cilinder varieert buitengewoon. Van enkele pijpjes bij een vogelorgeltje tot een heel chromatisch klavier bij de walsorgels die in Engeland zijn ontwikkeld voor kerkelijk gebruik. Bij zulke orgels werden eenvoudig alle toetsen van een kerkorgel door stiften op een wals bediend. De kleinste Flötenuhren hebben maar 11 orgelpijpjes met de tonen:

c d e f g a h c' d' e' f'.

Met deze tonen is het eigenlijk alleen mogelijk om een muziekje te noteren dat in de toonsoort C majeur staat. Met wat handigheid lukt het bekwame noteurs om muziek in F majeur te noteren, maar mineur toonsoorten zijn eigenlijk niet mogelijk door het ontbreken van halve toonafstanden.

De kleinste straatdraaiorgeltjes met boekstelsel van Perlé –een beroemde verhuurder van draaiorgels in Amsterdam in de vorige eeuw- hebben al een uitgebreider omvang van 22 tonen, waarbij men onderscheid aanbrengt in bas-, begeleiding- en zangtonen:

bas: **F G c d**

begeleiding: **g a b c' d' e' f' f#'**

zang: **g' a' b' c" c#" d" e" f" f#" g"**

De pijpgroepen bas, begeleiding, zang, hebben een verschillende klankkleur al naar hun functie. De beschikbare tonenreeks van een draaiorgel wordt een gamma genoemd. Met het voorbeeld gamma van Perlé is het mogelijk in enkele majeure toonsoorten muziek te noteren, maar ook in mineur is nu mogelijk. De melodie die 'op zang' genoteerd wordt, moet bij dit gamma binnen een octaaf blijven, van g' tot g". Een voorbeeld van een gamma waarbij de zang meer mogelijkheden biedt is een veel voorkomend '36 toets' gamma, ook weer onderverdeelt in bas, begeleiding, zang.

bas: **G A c d e f**

begeleiding: **g a b h c' c#' d' e' f' f#'**

zang: **g' g#' a' b' h' c" c#" d" e" f" f#" g" g#" a" b" h" c"" d"" e""**

slagwerk.

De 36ste toets in dit gamma is gereserveerd voor slagwerk. Met het gamma kan men muzikaal aardig uit de voeten. Het is mogelijk om in meerdere majeure en mineur toonsoorten muziek te laten horen wat het luisteren naar het orgeltje minder saai maakt. Het gamma komt voor bij veel kleine straatorgeltjes in Nederland en er is al veel muziek voor genoteerd door vakman en amateur.

De gamma's voor grotere draaiorgels omvatten naast de genoemde pijpgroepen bas, begeleiding en zang, ook toetsen voor orgelpijpen op tegenzang, meerdere toetsen voor slagwerk en toetsen die verschillende registers pijpen aan- en uitschakelen. Een uitgebreid gamma kan zo'n 100 toetsen of meer omvatten.

Bronnen

Jüttemann, H., *Mechanische Musikinstrumente, Einführung in Technik und Geschichte* (Frankfurt am Main 1978)

Haspels, Dr. J.J., *Automatic musical instruments, their mechanics and their music 1580 – 1820* (Zwolle 1987)

Waard, Mr. R. de, *Het Draaiorgel* (Haarlem z.j.)

Furth, B., *Het draaiorgel, kort overzicht* (Inleiding Open zolderdag 2002)

Boersma, J., *Ventielen voor draaiorgeltjes* (Bouwbrief 113 2004, Bouwbrief 118 2005)