Automata – från jackmarer till androider

Av SIGVARD STRANDH

Automatiska mekanismer utnyttjas i olika former inom praktiskt taget alla grenar av dagens teknik och är en av de stora hävstängerna för ingenjörskonstens utveckling. Att konstruera »självgående» anordningar – automata – har fascinerat tekniker ända sedan antiken. Första steget har ofta varit ett försök att efterlikna — simulera — funktioner i naturen. Ett sådant »simulata» kan, sedan det fullkomnats tekniskt, göras självgående, dvs övergå i automata. Teknikhistorien visar exempel på växelspel mellan simulata och automata i den idémässiga utvecklingen av automatiska mekanismer. I artikeln följs några linjer bakåt i den teknikhistoriska utveckling som lett fram till dagens teknik inom datamaskiner och automatik.

(Bearbetning av ett föredrag av förf. vid Fysikdagarna 1964)

Automata-åldern

När den utveckling som vi nu upplever ska presenteras tar man ofta till sådana slagord som "rymdåldern", "plaståldern" eller "jetåldern" och sätter då i stundens ingivelse en stämpel på hela vår tidsepok. Det är visserligen inte någon överdrift att tala om jetåldern när man kommer in på den avancerade teknologi som gör det möjligt för oss att snabbt och bekvämt förflytta oss mellan kontinenterna på några timmar. Men för de flesta av oss griper den tekniken inte in i vårt dagliga liv och så fyller vår tillvaro, att det skulle vara motiverat att kalla vår tid för jetåldern.

De dramatiska etapperna i rymdens erövring — alltifrån Sputnik till telesatelliter och närbilder av månens yta — slås upp i våra dagstidningar med "rymdåldern" i rubrikerna. Men en framtida teknikhistoriker kommer med all sannolikhet inte att acceptera den benämningen. Vad som hittills hänt ifråga om *bemannade* rymdfärder har utspelat sig i jordens omedelbara omgivning, och skulle i ett längre historiskt perspektiv närmast kunna jämföras med bröderna Wright's korta hopp med det första flygplanet i början på detta sekel. Bröderna Wright's första flygning var i själva verket inte längre än avståndet mellan vingspetsarna på ett modern passagerarflygplan. Men dagens *obemannade* rymdfarkoster — forskningssatelliter och rymdsonder — som sänds ut för att kunskapa om främmande planeter, antyder redan en utveckling på rymdfartens områden som med all sannolikhet kommer att bli lika fantastisk som den vi under de senaste 50—60 åren upplevt inom flyget.

Om 50 år kanske det verkligen kan vara motiverat att tala om en rymdålder.

Om man tänker sig in i hur en framtida teknikerhistoriker skulle försöka analysera vår egen tid för att få fram en karakteristisk bild av utvecklingen under den senaste tjugofemårsperioden, kan man ställa frågan om han kommer att finna någon teknisk disciplin som i högre grad än andra drivit fram utvecklingen och skapat förutsättningar för framåtskridande på bred front inom hela ingenjörskonsten. Med den närsynthet som man alltid riskerar att råka ut för när det gäller att bedöma företeelser i närvarande tid är det självfallet idag en svår uppgift att göra en sådan analys av den dynamiska och snabba utveckling som vi just nu upplever. Men det finns dock flera grenar av tekniken som skär tvärs över praktiskt taget alla utveck-

lingslinjer inom ingenjörsvetenskaperna. Forskningen på konstruktionsmaterialområdet hör dit, instrumentering likaså. Utan de nya avancerade konstruktionsmaterialen skulle man stå sig slätt inom kärnteknik, reamotorer och utvecklingen av rymdfarkoster. Där kan man heller inte vara utan den moderna instrument- och mätutrustning som blir alltmera komplicerad — och automatiserad. Utan de hjälpmedlen skulle man i sin tur inte komma långt när det gäller att ta fram nya konstruktionsmaterial.

Om man ger sig in på en genomlysning av större områden av dagens teknologi träffar man allt oftare på *automatiska anordningar och mekanismer,* alltifrån den enklaste regleringsteknik till den mest komplicerade elektronik. Automatiken förefaller att vara en av de stora hävstänger som nu driver fram den tekniska utvecklingen och som skapar möjligheter till lösningar på problem som man tidigare inte kunnat rå på.

En atomreaktor kan inte fungera utan de många automatiska regleringssystem som övervakar och kontrollerar driften. Den kemiska processindustrin — som bl.a. ger oss plast och andra syntetiska material — har inte kunnat utvecklas till dagens nivå utan en avancerad automatik. Många kemiska processer, där exempelvis reaktionshastigheten är hög, kan helt enkelt inte styras med manuella regleringsmetoder utan de måste kontrolleras genom elektronisk övervakning, som med överlägsen snabbhet kan reglera temperaturer, tryck och andra parametrar så att reaktionerna löper optimalt på förutberäknat sätt. Även inom andra produktionsprocesser än de kemitekniska har automatiken övertagit funktioner som man bara för något årtionde sedan trodde vara förbehållna människans reaktioner och handlande.

Det är också svårt att tänka sig ett jetflygplan utan automatik, från autopiloten till alla de otaliga övervaknings- och regleringskedjor som ser till att allt ombord fungerar som det ska.

Inom den elektroniska beräkningstekniken — med artificiella minnesorgan och logiska funktioner — skymtar möjligheten att skapa maskiner som kan efterbilda människans såväl fysiska som psykiska reaktioner. Science fiction litteraturens *androider* — maskinmonster med människoliknande egenskaper — förefaller närma sig verklighetens värld inom de tekniska möjligheternas gränser. Gränslinjen mellan fantasi och verklighet håller här på att suddas ut.

Med all respekt för utvecklingen inom atom- och rymdteknik, den

moderna kemin eller reamotortekniken kan dagens teknik snarare karakteriseras som automatikens tidsepok — *automata-åldern.*

Automata-simulata

Man föreställer sig gärna att automatiska mekanismer har framsprungit ur vår egen tids utveckling, och att både den teoretiska, konstruktions- och tillverkningsmässiga bakgrunden förutsätter en avancerad teknik. Automatiska "självgående" mekanismer — eller *automata* med en allmän term — har dock fascinerat konstruktörer ända sedan antiken. Det finns talrika exempel på automatiska anordningar i de antika kulturerna. Många av dessa kan utan tvekan betraktas som kuriosa, gjorda för nöjes skull, men det finns också åtskilliga som är fina exempel på ett konstruktivt tänkande och som dessutom låter ana stegvisa inbrytningar på nya idéer, grundläggande för hela den tekniska utvecklingen.

Dagens utveckling inom automatiseringstekniken har sålunda sina rottrådar långt bakåt i tiden. Förvisso är detta rotsystem ett virrvarr av slingor och utlöpare där många slutar i det som mera är saga än sanning. I det följande skall dock göras ett försök att reda ut några av de trådar som ser ut att vara mer hållbara i detta nystan av idéer som bildar den teknikhistoriska bakgrunden till automata-åldern.

De tidigare mekanismerna har ett nära samband med människans önskan att *simulera* rörelser och skeenden i naturen, inte minst hos människan själv eller hos djuren. För en idé- och teknikhistorisk analys av utvecklingen, kan det visa sig vara fruktbart att definiera sådana anordningar som efterbildar naturen som *simulata*, och att ställa dem i kontrast till — eller i jämförelse med — självgående mekanismer, *automata.*

En tång är ju en efterbildning — med hjälp av två kopplade hävstänger — av gripfunktionen hos den mänskliga handen. Ur idéhistorisk synpunkt kan tången sålunda beskrivas som ett simulata. En forskningssatellit i en bana runt jorden kan *utifrån* betraktas som ett simulata — den efterliknar jordens naturliga följeslagare. Men då ser man på satelliten som ett dött klot. *Inifrån* måste den anses som ett automata, och ett mycket avancerat sådant. Detta exempel ger också en antydan om att begreppen automata och simulata sällan existerar renodlade. Tekniken att efterbilda driver snart fram en önskan att den simulerade funktionen skulle ske utan ingripanden eller påverkan utifrån, dvs automatiskt. Den mekaniska tidmätningen ger exempel på detta. Redan den tidigaste urmakeritekniken sti-

mulerade en finurlig finmekanisk uppfinningsrikedom, som frambringade allahanda mekanismer för att markera timmarnas gång — smeder som slog med hammare på städ eller änglar som blåste i basun. Exempel härpå är de s.k. jackmarerna vid det berömda tornuret i Venedig, byggt 1496. Redan på medeltiden hade alltså anordningar som simulerade rörelser och funktioner försetts med självgående mekanismer — automata — med vilka man i sin tur försökte simulera beteende hos människor eller djur.

Idémässigt framträder här spänningstillståndet mellan simulata och automata som ett mycket betydelsefullt drag, och samtidigt som en starkt pådrivande kraft i den tekniska utvecklingen på dessa områden. När en självgående mekanism — ofta en "andra generation" av ett mera primitivt simulata — nått en viss teknisk fulländning uppenbarar sig mycket snart önskan att använda anordningen för att simulera en mera komplicerad funktion i naturen än man tidigare kunnat åstadkomma. Ett till övervägande delen automata övergår då till ett simulata. Först i enklare former, sedan alltmera förbättrade och avancerade. Den utveckling som lett till den moderna datamaskintekniken kan också illustrera detta. Automatiska kalkylatorer hade funnits länge, både i princip och teknisk verklighet, då man började inrikta sig på att utnyttja elektromekaniska reläer, och sedan en alltmer förfinad elektronik, till att efterlikna "mänskliga" funktioner — att lagra information i ett artificiellt minne och att vid behov ta fram data ur minnet för att genomföra ett program av beräkningar.

Den elektroniska räknemaskintekniken försöker man nu använda för att gå ett steg längre än att efterbilda den mänskliga hjärnans minnes- och kombinationsförmåga. Man inriktar sig nu på att simulera människans sinnen och reaktioner i *humanoida* — människoliknande — funktioner hos maskiner. Man är med andra ord inne på att konstruera maskiner som inte bara kan genomföra ett automatiskt räkneprogram utan även se, höra och känna.

Problemställningen är i och för sig inte ny. Att studera människans funktioner som maskin och — åtminstone diskussionsmässigt — spekulera över den själlösa mekaniken intresserade redan de medeltida filosoferna. Dessa snuddade vid relationerna mellan människa och maskin i religiösa betraktelser över de besjälade varelsernas förmåga att bryta nya tankebanor med sin intelligens. Thomas av Acquino utbreder sig i sin *Summa Theologica* om detta, och vill där betrakta

djuren som maskiner. De osjäliga djuren uppvisar — menade han — ett beteende där de handlar efter ett inlärt och medfött — eller som det nu skulle heta "programmerat" — mönster, dvs. som en maskin. Det kan ha sitt intresse att se dessa betraktelser i belysning av dåtidens världsåskådning och ställa dem i jämförelse med vår egen tids spänning mellan andlig och materiell kultur.

Med dagens avancerade maskiner, uppbyggda kring elektroniska räknekretsar, ligger nu science-fiction litteraturens *androider* inom de tekniska möjligheternas gränser. Kan sagan om trollkarlens lärling bli verklighet?

Antikens simulata och automata

Naturligtvis är det mycket vanskligt att söka efter de yttersta rottrådarna i det nätverk av tankegångar och konstruktioner som lett fram till dagens teknik på automatikens område. I de tidigaste länkarna av denna kedja stöter man dessutom på definitionsfrågor — som alltid i likartade sammanhang — om vad som i ursprunglig mening är att betrakta som rent tekniska konstruktioner. Den paleotekniska forskningen har därvidlag ännu ej funnit sin profil. De historiker som ägnar sig åt utvecklingens tidigaste skeden närmar sig problemen ur helt andra infallsvinklar, styrda av klassiskt humanistiska synpunkter. En utskiljning av rent teknologiska inslag i människans första försök att göra sig till herre över vildmarken torde vara svår att göra. De tidigaste tekniska företeelserna är så invävda i de primitiva civilisationernas antropologi och etnologi att en klar isolering vare sig är önskvärd eller nödvändig. Utan tvekan skulle dock en systematisering av de tidigaste leden inom teknologin kunna stimulera till framsteg inom andra historiskt-beskrivande vetenskaper.

Ett exempel på sådana rottrådar till dagens automatik, som förlorar sig i historiens gryning, är konstruktionen av *djurfällor,* med "automatisk" utlösning av gillermekanismen. Sådana fällor av ett eller annat slag torde ha funnits bland de flesta primitiva folkslag och kan i denna framställning beskrivas som en form av *proto-automata.* I vårt land har flera utförandeformer av självutlösande djurfällor funnits, med mer eller mindre finurliga anordningar för gillret. En intressant variant är det s.k. älgspjutet, där villebrådet-älgen utlöser ett kastvapen genom att med bringan bryta ett "målsnöre" kopplat till gillermekanismen. Fällan ansågs vara säker mot ofrivillig utlösning av en jägare eller skogskarl genom att spjutet var riktat minst någon mansbredd bakom beröringspunkten av gillret.

Genom hela den kända historien har det funnits mer eller mindre primitiva *simulata*. Som de allra äldsta föregångarna till egentliga simulata — *proto-simulata* — kan man möjligen betrakta de rörliga dockor som funnits i flera av de tidigaste kulturerna. Magiska masker vid religiösa riter eller rörliga huvuden på gudabeläten kan på liknande sätt ses som simulata med en viss dragning åt enkla automata. Dessa företeelser har dock mindre intresse betraktade som mekaniska anordningar, men kan i många fall ge en teknikhistoriskt värdefull belysning av hantverkets nivå och det begynnade teknologiska tänkandet i de olika kulturkretsarna. I de mellanamerikanska, tidigare civilisationerna — Aztek- och Toltekkulturerna — synes mekaniska dockor och figuriner ha varit särskilt vanligt förekommande (1). En intressant form av sådana protosimulata förekommer på Java i form av såväl konstnärligt som tekniskt sirligt utförda marionetter, s.k. *wayang*. De används vid religiösa och symboliska skådespel och kan antingen vara avsedda för skuggspel eller att visas på vanligt sätt i en marionetteater. Som en tredje form kan betraktas de mustigt utstyrda, rörliga masker som bl.a. använts vid fester och processioner.

I fornegyptiska gravar — från tolfte dynastin och framåt — har man även funnit sådana rörliga dockor eller figurer som visar arbetet i spinnerier, bagerier osv. och andra som framställer scener från fältslag och sjökrigföring. I allmänhet torde dessa scener haft till uppgift att illuminera olika händelser ur den bortgångne faraons liv, eller hans intressen, men en förmodan som ligger nära till hands är också att de rörliga figurinerna använts i någon form av undervisning i hantverk eller som krigsspel. I senare fallet skulle det då vara antikens föregångare till "kriget i sandlådan" som används i nutida militär utbildning.

Ett av de mera kända exemplen på antikens *automata* är den värmemaskin, som fanns i de egyptiska templen och som svarade för underverket att guden majestätiskt lät öppna portarna till det allra heligaste då en offereld tändes på altaret. Detta dörrmaskineri har beskrivits av Heron av Alexandria i sitt berömda arbete om pneumatik. Heron hörde till den skola av matematiker, konstruktörer och naturvetenskapliga filosofer som verkade i Alexandria under århundradena före vår tideräkning. Den exakta dateringen av Herons levnad är ännu något osäker, men torde ha infallit under någon period mellan åren 250 och 100 före Kristus. Till denna skola av tänkare och tekniker hörde — förutom Heron — även Ktesibius och

Philo av Bysantz, men de för eftervärlden mest bekanta namnen i denna intellektuella miljö torde vara Euklides och Archimedes. Man ägnade sig åt mekaniska och tekniska experiment för att tränga in i naturens lagbundenhet, genom att fysikaliskt och matematiskt söka finna rationella förklaringar till de fenomen som experimenten åskådliggjorde.

I Herons skrifter är ett stort antal självgående maskiner och mekanismer beskrivna, oftast i formen av teorem. Detta påminner ju om Euklides böcker, och antyder att Heron samlade omkring sig en skara lärjungar — kanske den tidigaste formen av teknisk undervisning. Herons ångturbin — aelopilen — hör till hans mera kända konstruktioner. Han beskriver också en värmeturbin, där varmluft från en eld sätter en krans med figurer i rörelse. Mekanismen har stor likhet med nutidens "änglaspel".

I sitt verk om Automata — i flera delar — beskriver Heron bl.a. en automatisk teater, där Backus och andra gudabilder, omgivna av backanter och figuriner, dansar i flera scener och låter omväxlande vin och mjölk flöda ur sifoner i ett cirkulerande system. I dessa skrifter återger Heron även en lång rad konstruktioner som utnyttjar vattenkraften, exempelvis för att förse fontäner med rörliga scener, sjungande fåglar etc. Under medeltiden översattes Herons arbeten av dåtida konstmästare som även försåg originaltexten med egna tillägg. Trädgårdarna vid renässanstidens furstepalats i Italien och Centraleuropa kom sålunda att prydas med rörliga figurer — sjungande fåglar och dansande herdar — i fontänerna, utförda i en teknik som direkt kopierats från antiken.

Den mest berömda bland Herons efterföljare under nyare tid torde vara den franske ingenjören Salomon de Caus (1576—1626). I ett praktfullt bokverk (3) utvecklar han Herons teorier i en moderniserad teknik, utbroderad med 1600-talets hela must och färg. Omkring 1615 utförde de Caus ett antal automatiska, vattendrivna konstverk vid slottet i Heidelberg. Senare byggde han en omfattande anläggning vid det burgundiska lustslottet S:t Germain utanför Paris, som därigenom blev omtalat i dåtiden som en av de stora attraktionerna i Europa.

En annan anläggning som vann stor ryktbarhet började byggas 1613 vid slottet Heilbrunn i närheten av Salzburg. Den består av ett antal bergsgrottor med rörliga drakar, fåglar och mytologiska figurer, varav lämningar ännu finns kvar. En större installation gjordes

1748—52 med totalt 256 figurer. Av dessa drevs 119 med ett enda vattenhjul med en lång axel och flera utväxlingar till cylindrar med klackar. Klackarna påverkade hävstänger, som via koppartrådar satte figurerna i rörelse. En hydraulisk orgel bestod en effektfull bakgrundsmusik — och dränkte dessutom larmet från mekanismerna i en ljudridå.

De egyptiska tempelingenjörerna — Herons efterföljare — trollade inte bara med teknikens övernaturliga krafter som öppnade dörrarna till det Allra Heligaste. Med ett invecklat system av kommunicerande kärl kunde de övervaka fluktuationerna i Nilens vattenstånd och erfarenhetsmässigt förutsäga annalkande översvämningsperioder. Några av dessa *nilometrar* — ett slags simulata — finns fortfarande bevarade. Den allvarliga avsikten med dessa mekanismer var utan tvekan att demonstrera och förhärliga gudamakternas visdom och allmakt. Men man kan väl också spåra ett visst skämtlynne hos dessa tempelingenjörer — eller "ecclesiastic engineers" som det väl skulle heta på dagens tekniska kökslatin — när de också låter gudabelätena tala genom ett rörsystem, dolt i stenstodens inre. I museet i Kairo finns en sådan gudabild av Re-Hamakhis bevarad där en trumpet mynnar i belätets mun genom vilken prästerna kunde låta avgudens goda vilja eller fördömelse dundra över de förstummade tillbedjarna.

Den tidiga romerska ingenjörskonsten är berömd och välbekant. Den uppvisar också flera exempel på efter dåtida begrepp avancerad automatik. Sålunda var de romerska akvedukterna utrustade med regleringsanordningar som styrde vattenflödet i förhållande till förbrukningen vid olika avtappnings- och förgreningspunkter. Möjligen kan sägas att de romerska teknikerna var mer nyttoinriktade än sina kollger söder om Medelhavet som hade en mer lekfull touche ifråga om automata.

Ett makabert simulata utnyttjades av Marcus Antonius för att försöka stävja de politiska oroligheterna efter mordet på Julius Caesar. Tumultartade scener utspelades i Rom och man fruktade svåra massakrer i samband med Caesars begravning. I största hemlighet hade Antonius låtit förfärdiga en rörlig vaxdocka med Caesars drag naturtroget återgivna och de 23 såren ymnigt blödande. Vid begravningen reste sig dockan från katafalken och vände sig långsamt om och visade sig för mängden på ett otäckt levande sätt, genom en dold mekanism av hävstänger. Slagna med häpnad kom orosmakarna av sig, och lugnet återställdes.

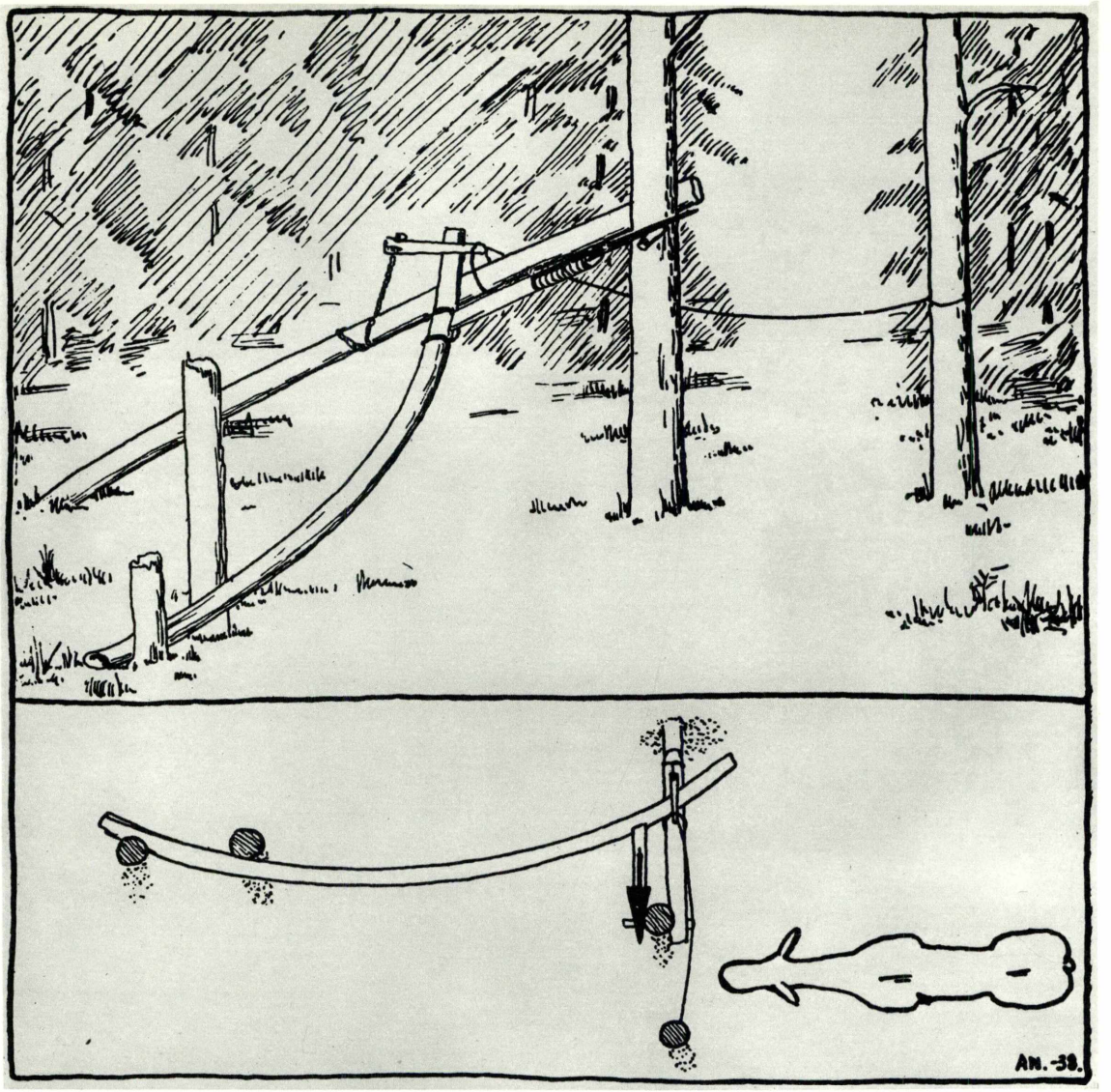
Daedalus och Ikaros

I den grekiska mytologien finner vi flera intressanta simulata som tillskrives Dædalus och hans son Ikaros. Dædalusgestalten är ju ett förkroppsligande av det tekniska nyskapandet och uppfinnarandans fantasi. Den mest bekanta legenden om Dædalus är att han sökte efterbilda fåglarnas flykt och utrustade sig själv och Ikaros med fågelvingar — fästa med vax — och att Ikaros i sitt övermod flög så högt att solens strålar smälte vaxet så att han förlorade sina vingar och ömkligen omkom i havet.

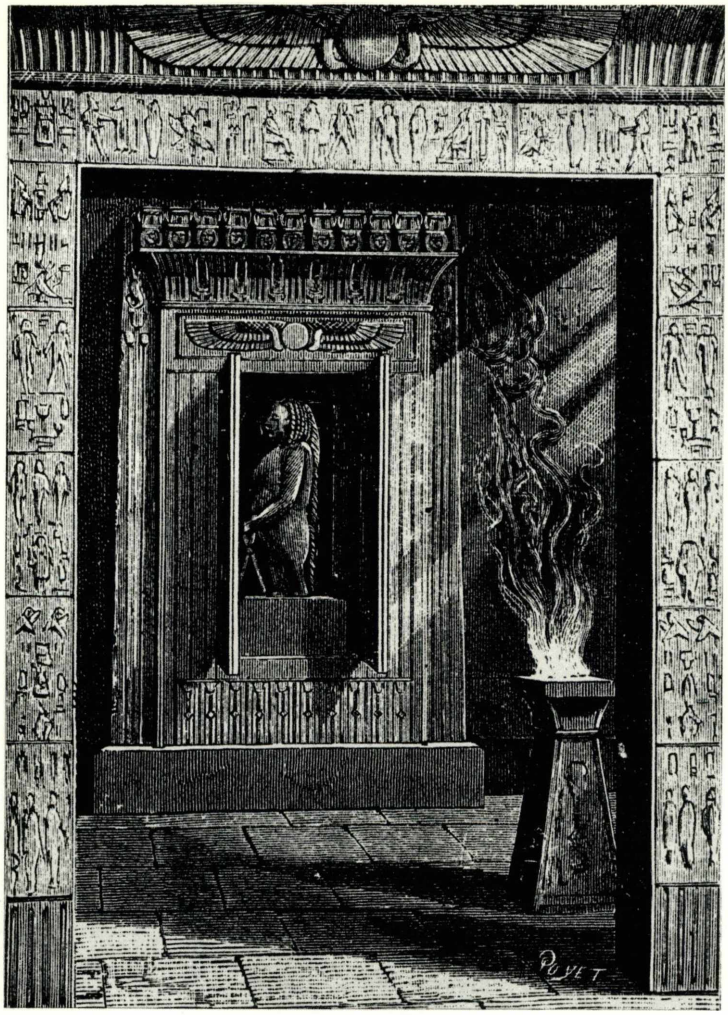
Ikaros-myten har utan tvekan haft ett stort inflytande på senare tiders försök att erövra luften. Många av flygets tidigaste pionjärer höll envist fast vid tanken att lösningen på flygproblemet skulle vara att imitera fåglarnas flykt, dvs. ornithopter-idén. Det är ingen överdrift att påstå att den definitiva lösningen direkt sammanhänger med en frigörelse från tanken på att simulera fågelns flykt. Den förste som ägnade sig åt ett ingående studium av dessa frågeställningar var Sir George Cayley som redan 1799 angav principen för ett flygplan med stela vingar och ett stabiliserande stjärtparti. Om man så vill kan man se ännu en intressant illustration till det utvecklingsdrivande växelspelet mellan simulata och automata i det faktum, att Cayley återföll till ornithopteridén — simulata — under sina omfattande experiment att få fram en teknisk lösning på flygproblemet med ett stelt system (4).

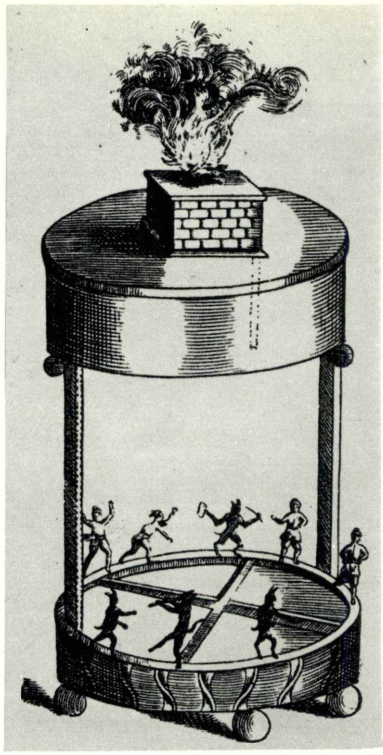
Tidmätningsteknikens simulata och automata

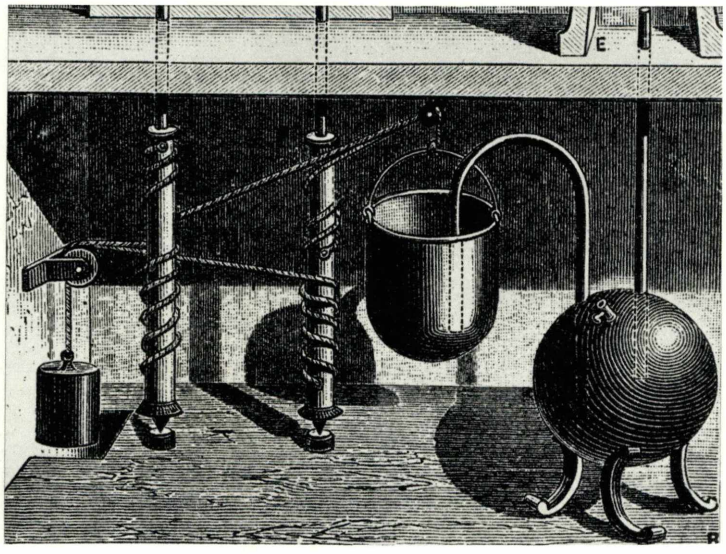
Som tidigare antytts kan antikens enkla tidmätare betraktas som simulata, likaså de instrument inom astronomin som efterbildar himlakropparnas gång i universum. Den konstanta rörelsen i den himmelska mekaniken sökte man efterlikna i klepsydrans — vattenurets — jämna vattenflöde, sandens ström i timglaset eller det jämnt brinnande vaxljuset (5). Klepsydran, som sannolikt härstammar från Kina, fick sin fulländning i medelhavskulturerna kring 1000-talet. Från att ursprungligen ha bestått av ett enkelt kärl utformat så, att avrinningen skedde så likformigt som möjligt — tiden avlästes på en gradering vid vattennivån — förfinades konstruktionerna så att vattenflödet fick driva en turbin (eller vattenhjul) som via en kuggväxel vred exempelvis en cylinder där timmarna var markerade. Ett från början enkelt simulata övergår sålunda i en alltmer invecklad självgående mekanism. Det är säkert inte någon tvekan om att det mekaniska uret utvecklats ur de konstskickligt utförda klepsydror som blev allt vanligare i Europa på 1100- och 1200-talen.



Djurfällor av mer eller mindre sinnrik konstruktion torde ha funnits bland alla primitiva folk. Gillret eller utlösningsmekanismen kan även betraktas som en av de äldsta automatiska — "självgående" — anordningarna. (Älgspjut. Ur Boëtius, "De stora skogarnas historia".)

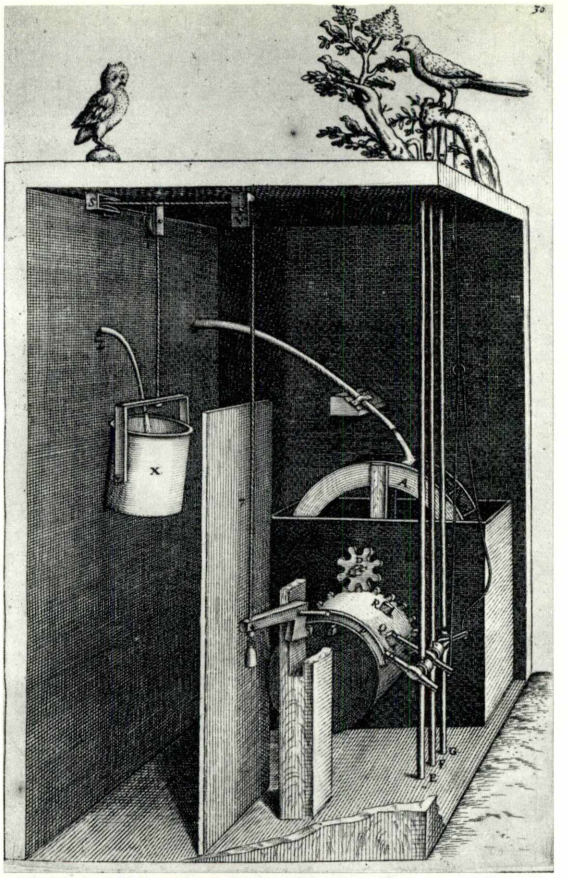






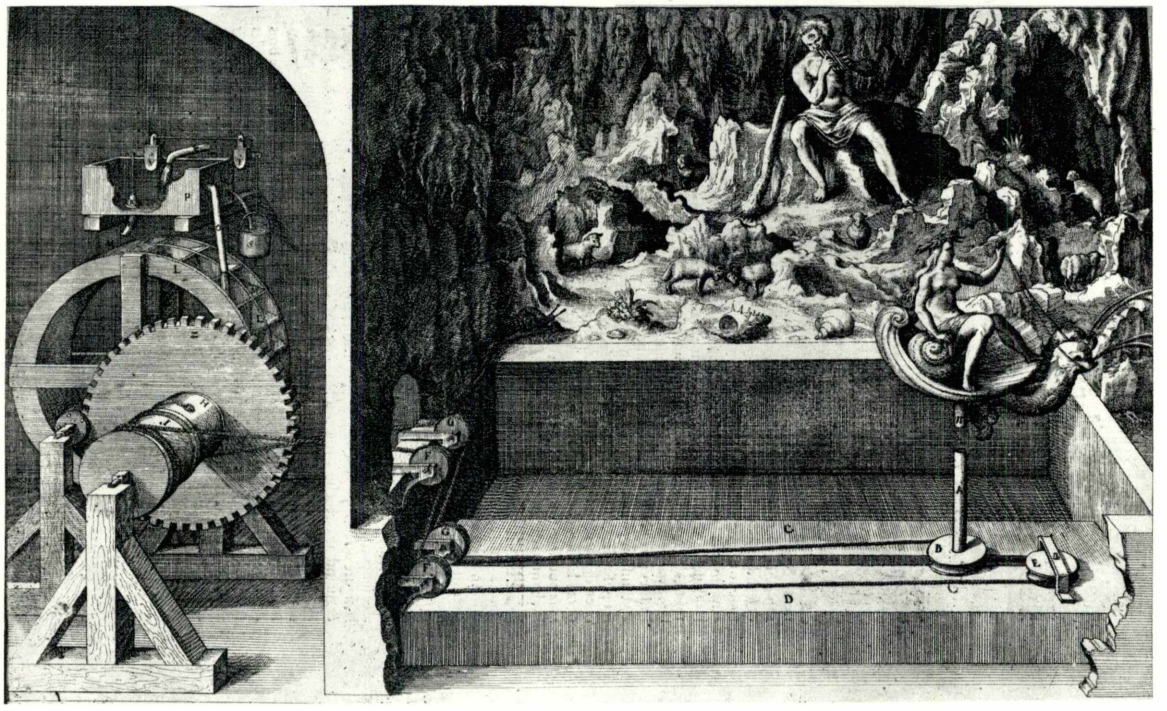
Herons tempelmekanism. En värmemaskin, där offerelden på altaret åstadkom att portarna till templets allra heligaste öppnades. Altaret var en sluten behållare av metall med ett rör som mynnade i ett sfäriskt kärl fyllt med vatten. Elden uppvärmde luften inne i altaret och pressade vattnet ut ur den sfäriska behållaren till den öppna krukan, som med rep och taljor vred bommar kopplade till dörrarnas gångjärn. Vridningen var utbalanserad med motvikter. Då elden slocknade sögs vattnet i den öppna krukan tillbaka genom sifonen till det sfäriska kärlet, och dörrarna stängdes.

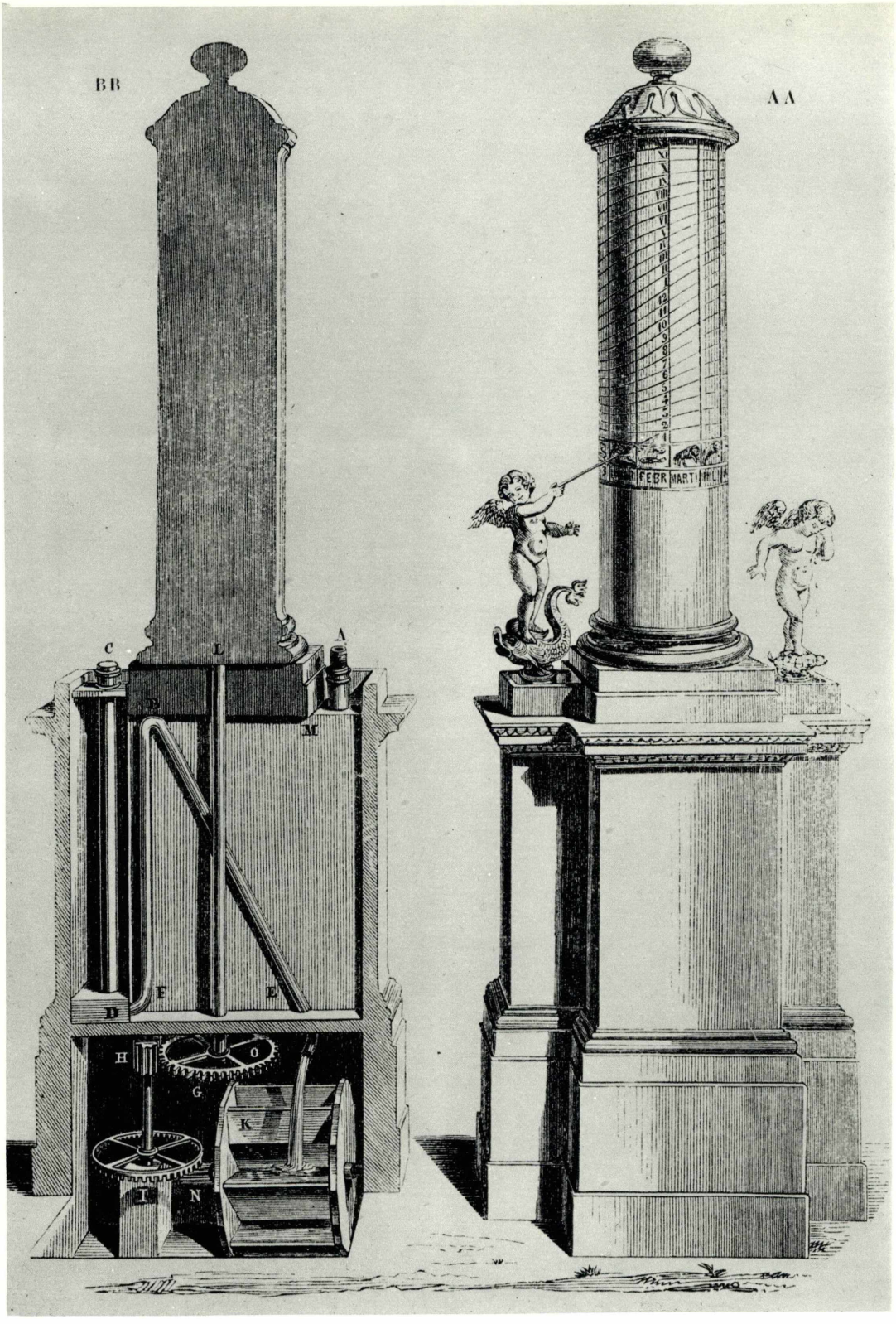
T.v. Herons värmeturbin. Den varma luften från elden drev runt en krans med dansande figuriner. En antik föregångare till våra dagars änglaspel. Herons skrifter med beskrivningar av automatiska mekanismer återupptäcktes på 1500- och 1600-talen, bl.a. av Salomon de Caus.

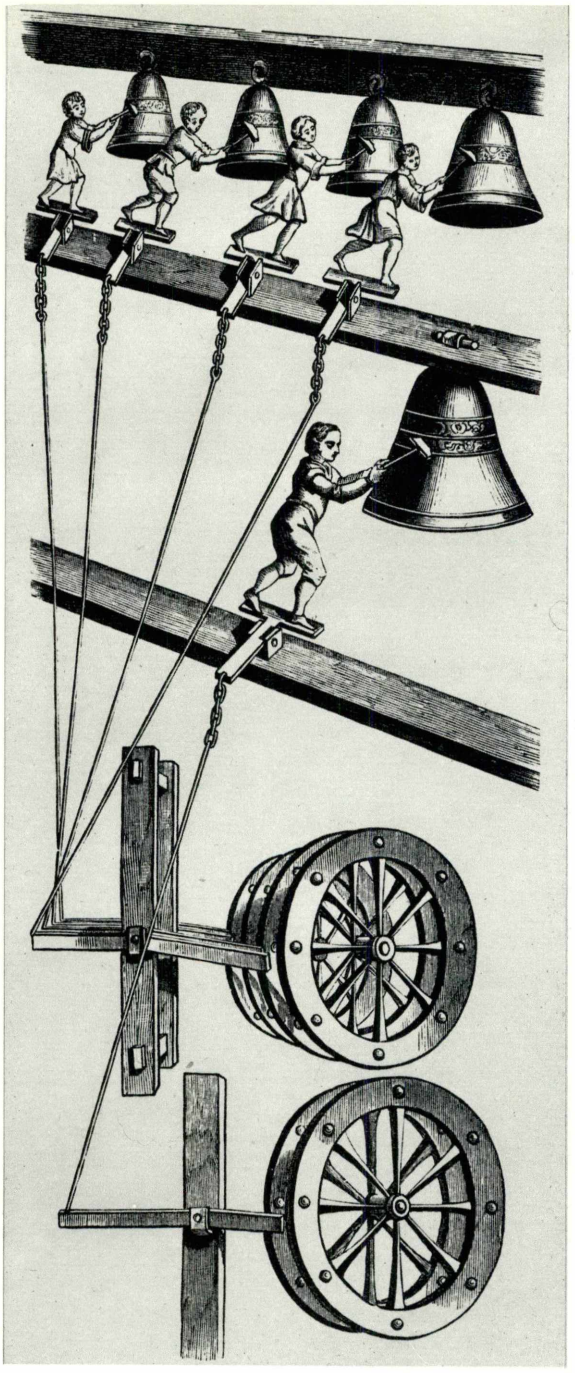


Sjungande fåglar med mekanism driven av ett vattenhjul. Först beskriven av Heron, senare återgiven av Salomon de Caus på 1600-talet.

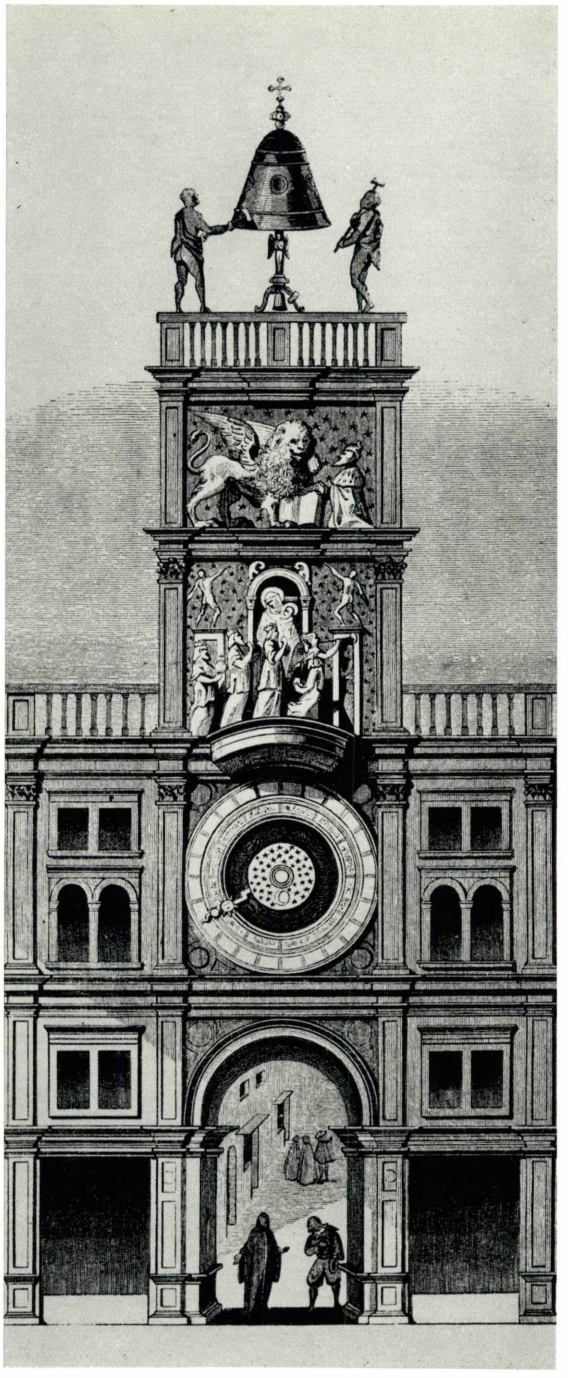
En av de många scenerna med mekaniska figurer — automata — i grottorna i slottsträdgården vid Heilbrunn. Salomon de Caus.




BB
AA
C
L
A
B
M
F
E
D
H
O
G
K
I
N
FEBR
MART

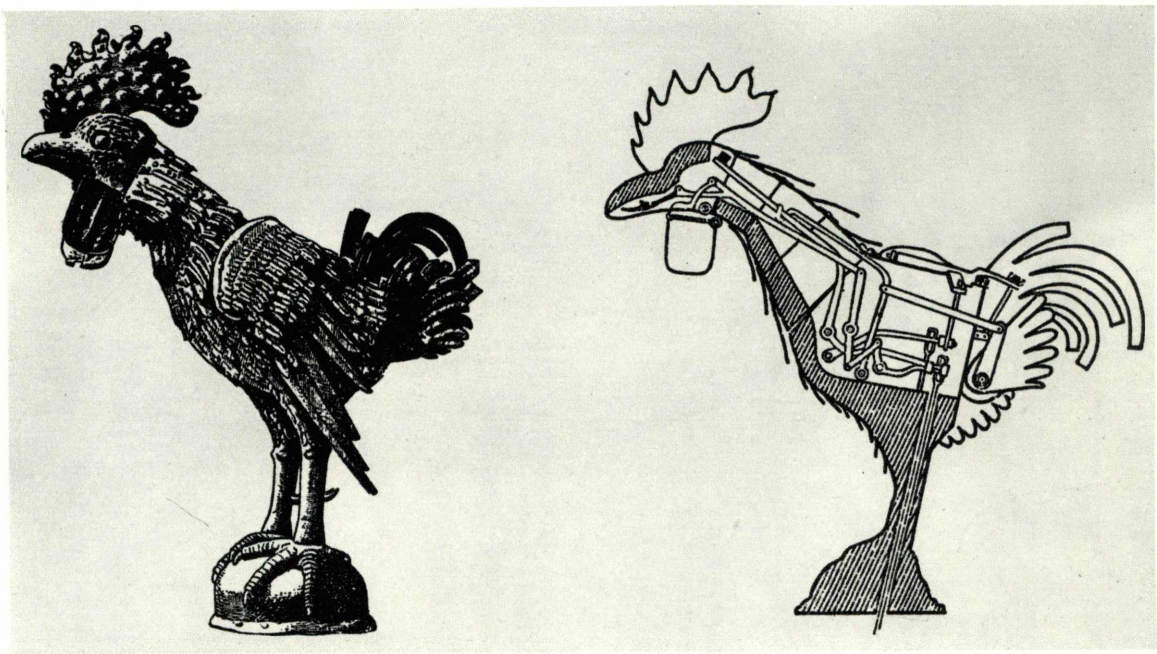


Jackmarer, mekaniska figurer som slog timmarna vid de tidiga tornuren.

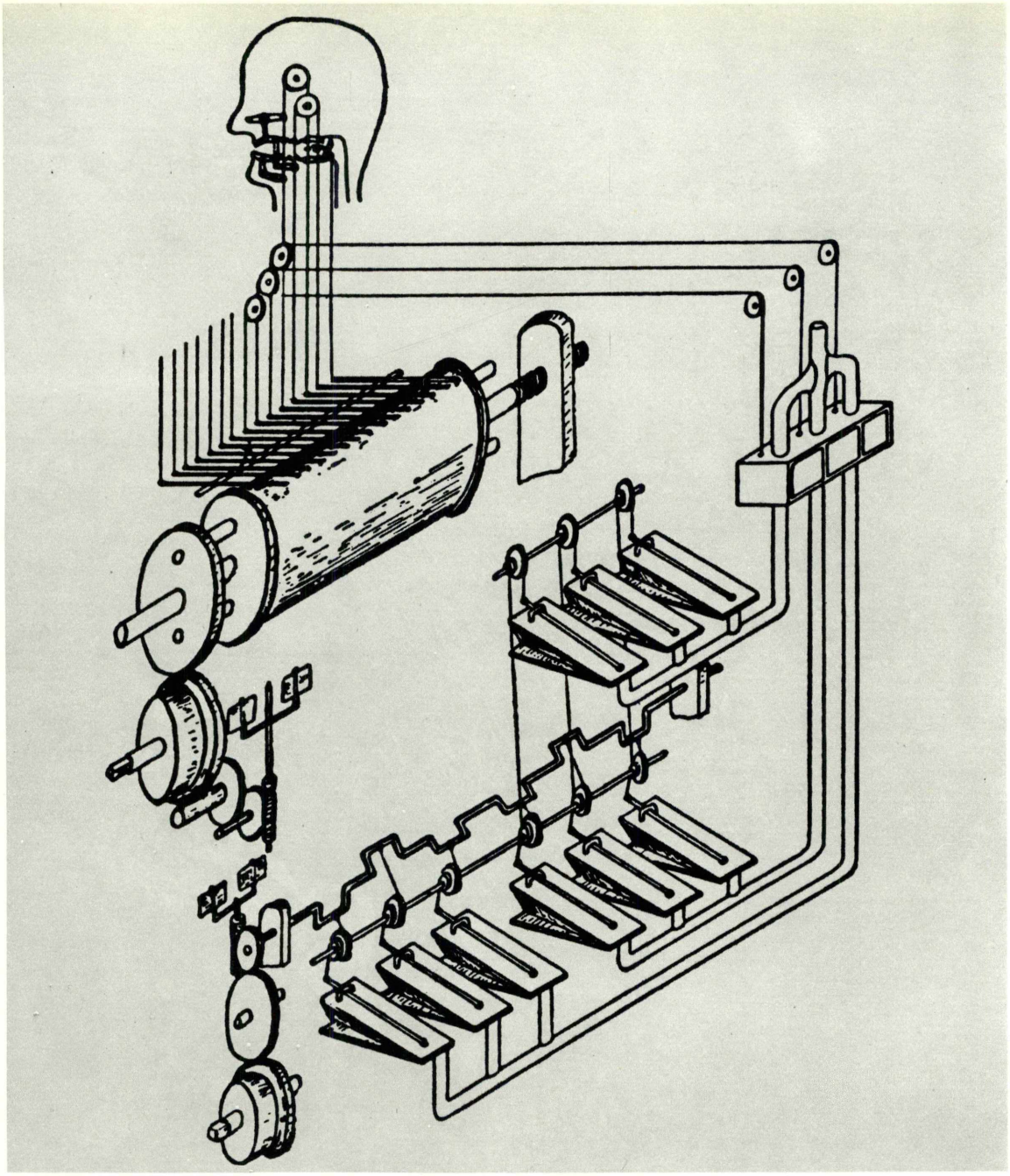


Tornuret i Venedig (1496) med jackmarer och vandrande figurer.

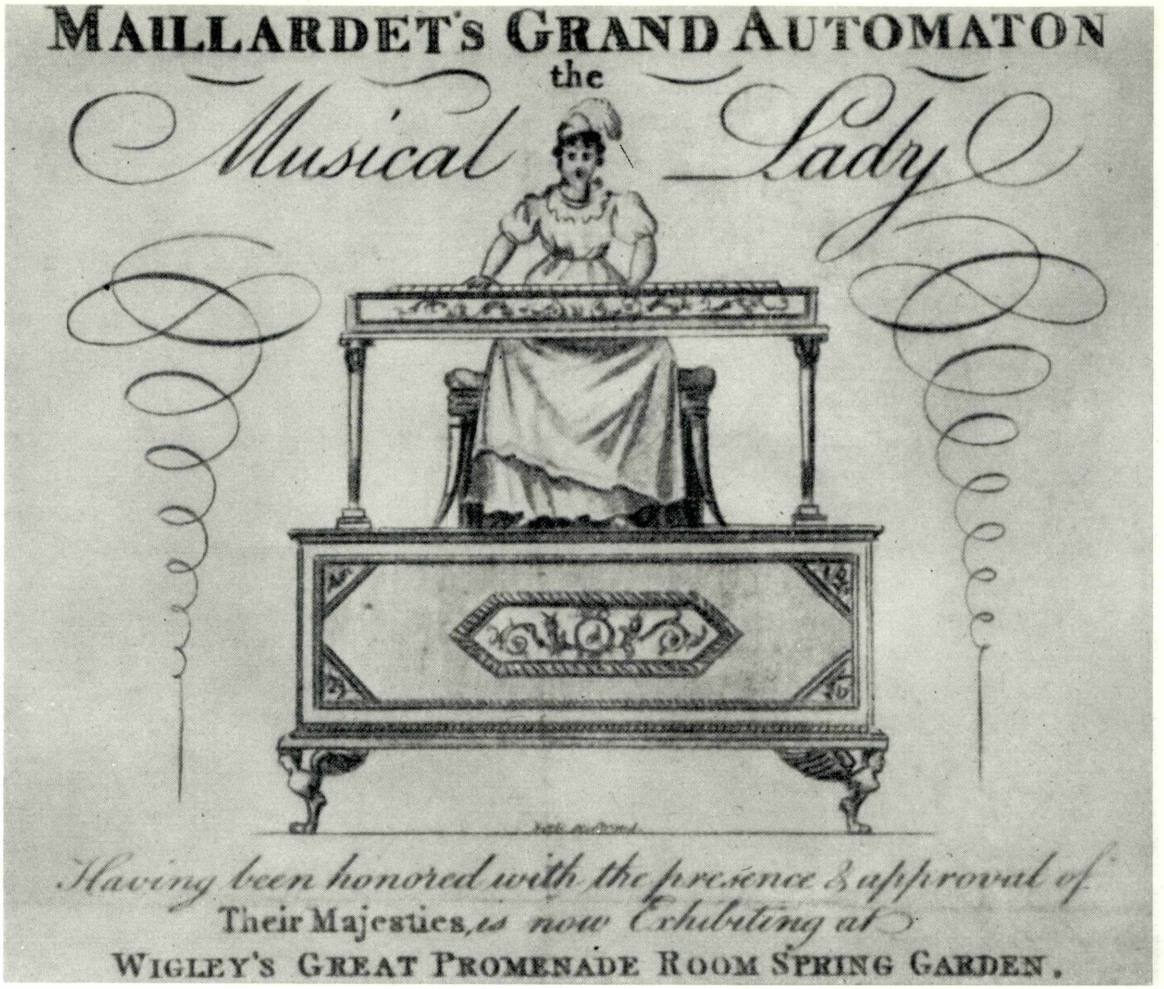
Hybrid mellan vattenur och mekaniskt ur.



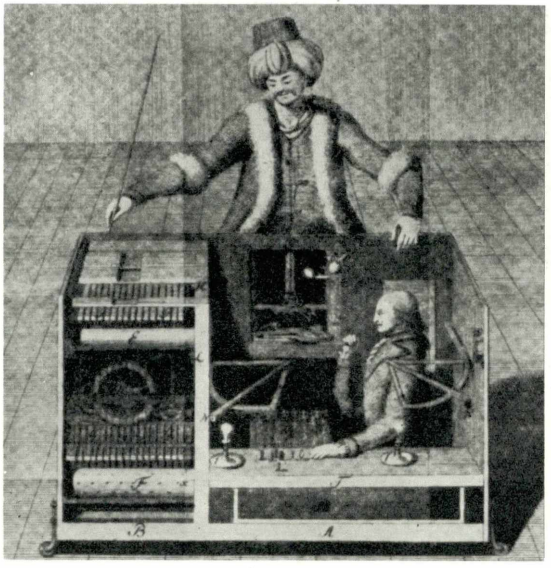
Den mekaniska tuppen på tornuret i Strassbourg-katedralen (ca 1350). Vid tolvslaget flaxade tuppen med vingarna och gol.



"Talande huvud." Den pneumatiska mekanismen för ett på 1600- och 1700-talen populärt automaton.



Musical Lady. Samtida annons för en förevisning av de på 1700-talet så populära mekaniska dockorna som kunde utföra allehanda konststycken.



Den schackspelande turken. Den österrikiske baronen von Kempelens berömda falsarium.

Man kan också spekulera i en förmodan (6) att tidmätningen inte var det primära, utan tillfredsställelsen att med mekaniskt-hydraulisk hjälpmedel ha efterbildat naturen, dvs. simulataidén, var den starkast drivande kraften, som åtminstone till en början överskuggade den praktiska nyttan av föremålet.

De tidigaste, rent mekaniska tidmätarna torde ha tillkommit på 1200-talet, möjligen under föregående århundrade. Man övergav vattenhjulet som drivkraft — i hybriden den halvmekaniska klepsydran — och övergick till lod. Problemet var nu att med lodet och tyngdkraftens hjälp få en likformig rörelse, dvs. en efterbildning av universums regelbundna gång. I ett av de tidigast beskrivna mekaniska uren åstadkoms detta av en ringformad behållare, delvis fylld med kvicksilver, innesluten i den trumma kring vilken repet till lodet var virat. Kvicksilverbehållaren var uppdelad radiellt i sektioner och skiljeväggarna var försedda med små hål. Trummans rörelse kom alltså att regleras av kvicksilvrets tyngd och viskositet, då vätskemassan sipprade igenom hålen i skiljeväggarna från sektion till sektion. Anordningen är i princip analog med de stabiliseringsorgan för viskös dämpning som förekommer i moderna servosystem. I ett medeltida tekniskt utförande torde denna regleringsprincip dock ha givit en mycket otillfredsställande noggrannhet. Snart nog infördes olika tekniska lösningar på en *stegvis frammatning* (eskapement) i drivningen av urverket. Denna princip har sedan stått sig oförändrad — även om olika tekniska konstruktioner tillkommit, exempelvis pendelgång, oro — intill nutiden.

Av intresse i denna framställning är att man praktiskt taget samtidigt med att den mekaniska tidmätaren funnit sin form som simulata — tidmätningens astronomiska grundval överförd till konstanta rörelsen hos en axel — började bygga ut denna mekanism med andra former av efterbildningar. Tekniken utvecklades snabbt. Timmarnas gång markerades på en urtavla, cirkulär eller cylindrisk, i de första utförandena för att påminna en väktare att blåsa i sitt horn eller att klämta i en klocka. Snart "simulerades" emellertid väktarens funktion, och uret svarade självt för ljudeffekterna. Den självgående mekanismen — tidmätaren fullkomnad som *automata* — kompletterades med element som efterliknade väktarens arbetsuppgifter. Sådana *simulata* fann flera former, tidigare har nämnts jackmarerna på tornuret på San Marcus-palatset i Venedig, som uppsattes år 1496.

Slagverket är en separat driven mekanism i uret, som utlöses av

gångverket och där slagen regleras av ett tandhjul — i sin enklaste form. Denna anordning representerar samtidigt en av de tidigaste utföringsformerna av det mekaniska minnet. När det första slagverket infördes är ännu ovisst. Det äldsta bevarade uret, som slår timmar, torde vara Salisburg-katedralens tornur, byggt år 1386.

Jackmarer

Dessa *jackmarer* som i otaliga varianter kom att pryda senmedeltidens alltmer komplicerade urkonstruktioner har haft en mycket stor betydelse för utvecklingen av tidig automatik. Dessa rörliga figurer i gestalten av krigare, kejsare, apostlar och andra potentater hamrade inte bara ut timmarnas gång. De utförde även sirliga scener med både religiös och profan bakgrund. Den ofta imponerande finmekaniken i de automatiska anordningarna skulle ha en driftsäkerhet av samma slag som uret, vilket drev fram hårda krav på materialval, konstruktionsprinciper och det hantverksmässiga utförandet. Som tidigare antytts är jackmarerna — dessa "självgående" avbilder av människor — den första inbrytningen i den begreppsvärld som i en lång utvecklingskedja av simulata och automata i en konsekutiv stegringsföljd har efterliknat — resp. automatiserat — alltmer komplicerade funktioner hos människan själv.

Ursprunget till benämningen *jackmar* är något oklar. I anglosaxisk litteratur brukar begreppet — om det återges i den romanska formen *jacquemart* istället för det vanligare, engelska *clock-jack* — avfärdas med att det skulle betyda "man med hammare", dvs. härledas till det franska "Jaque Marteaux". Detta kan i sin tur återföras till det latinska *jaccomarchiadus,* närmast en krigare med bila eller hammare, vilket torde vara nära synonymt med den engelska förklaringen. Men franska författare (7) återger också tanken att jackmar skulle ha sitt ursprung i ett personnamn *Jacques Marck,* en urmakare på 1300-talet som skulle vara uppfinnaren till funktionella urprydnader av detta slag.

Simulata av djur och människor

Urmakeriteknikens jackmarer inspirerade utan tvekan medeltidens mekanici att i fantasifulla konstruktioner efterlikna både djur och människor. En ofta omtalad jackmar — som inte var "man med hammare" — är den mekaniska tuppen på tornuret i Strassbourg katedralen. Vid tolvslaget flaxade tuppen med vingarna och gol. Mekanismen är mycket enkel (2) och härstammar liksom detta tidiga tornur från omkring 1350.

Konstgjorda fåglar, sländor och andra flygfän är dock omtalade mycket tidigare. I en tysk handskrift från omkr. 1245 visas en skiss av en örn med enkla anordningar — hävstänger, snören, motvikter — för att röra huvudet och vingarna. I krönikor från antiken finns även åtskilliga häpnadsväckande skildringar av "järnflugor", flygande duvor och örnar som kunde utföra de märkligaste konststycken. Det berättas exempelvis att Archytas från Taranto redan år 390 f.Kr. skulle ha förfärdigat en duva av trä, som kunde flyga och sväva. Sannolikt är att det i dessa sällsamma berättelser inte är fråga om mekaniska *simulata* utan att det kan ha rört sig om drakar, som var kända — om än inte välkända — redan under antiken. En stilla förmodan är också att krönikörer, både i antiken och senare, velat krydda sin ofta torrt kronologiska framställning med några färgstarka inslag. Som ett sådant måste väl betraktas den ofta citerade historien om den berömde astronomen Regiomontanus, som skulle ha tillverkat en mekanisk örn i Nürnberg 1470. När kejsar Maximilian intågade i staden sägs örnen i denna historia (återgiven exempelvis i Encyclopedia Britannica, *Automaton*) ha flugit honom till mötes och sedan troget följt kejsaren på dennes vandringar i staden. Under Regiomontanus livstid (1436—76) uppvisar dock inte regentlängderna någon kejsare Maximilian som skulle kunna passa in i sammanhanget. Den Wien-födde romarkejsaren Maximilian I var endast 11 år gammal när den uppgivna händelsen skulle ha ägt rum. Däremot är källorna överens om att man för Karl V intåg i Nürnberg 1541 byggde en äreport krönt med en örn som majestätiskt kunde sänka och höja huvudet. Möjligen kan Regiomontanus historieskrivare i något PR-nit för sin centralfigur velat överglänsa detta senare konststycke.

Om de talrika simulata som rapporteras från medeltiden till största delen måste avfärdas som fantasier, så bryter nyare tiden in med realiteter. På 1530-talet gjorde urmakaren Hans Bullman i Nürnberg ett antal mekaniska dockor, som spelade musikinstrument. Dessa kan sägas vara de första *androiderna*, självgående mekanismer med människan som förebild. Bullman fick många efterföljare. Cremonesaren Gianello Torriano byggde på 1550-talet ett stort antal mekaniska dockor och fåglar, varav åtminstone en är bevarad — en docka som spelar luta (Kunsthistorisches Museum, Wien). Det blev något av en fluga bland hoven och furstehusen i Centraleuropa att hålla sig med finmekaniska konstmästare som tillverkade mekaniska dockor med

de mest komplicerade funktioner. Ett otal sådana simulata är beskrivna — flöjtspelande herdar och herdinnor, damer som spelade piano, figurer som skrev eller målade, trummande gardesmusikanter etc. Bland de mera berömda konstruktörerna av sådana androider var schweizarna Jaquet-Droz, far och son, som på 1700-talet producerade åtskilliga mästerverk av detta slag. Det sista stora namnet i den långa raden hovkonstruktörer av mekaniska kuriosa torde vara Carl Fabergé (1846—1920) som var de sista ryska tsarernas juvelerare, lika skicklig konstnär som tekniker, och som bl.a. gjorde en serie mekaniska påfåglar med prunkande ädelstenar som stjärtprydnad (8).

Från vårt land är notiser om "automater" av detta slag relativt sparsamma. En tysk jesuit vid namn Athanasius Kircher förevisade vid drottning Kristinas hov ett talande manshuvud, som väckte stor uppmärksamhet. Det berättas vidare om Cartesius att han konstruerat en mekanisk docka, en flicka som han kallade Francine och som kunde tala och röra sig. På en sjöresa (till Sverige?) förvarade han Francine i en stor låda som väckte nyfikenheten hos fartygets kapten. Denne öppnade lådan och satte tydligen också mekanismen i funktion eftersom han kvickt lämpade lådan överbord i tron att han därmed oskadliggjorde ett djävulens påfund som den säkerligen i skepparens ögon kufiske Cartesius tagit med sig på resan. Hjälten från segern vid Femern, amiralen Karl Gustav Wrangel, fick också stifta bekantskap med självgående mekanismer, i det att man under dramatiska omständigheter upptäckte att "helvetesmaskiner" smugglats ombord på befälsskeppen Lejonet och Draken då de just skulle bogseras ut ur hamnen i Wismar våren 1645. Det var bastanta sjökistor som innehöll urverk med en utlösningsmekanism som efter 12 timmars gång skulle tänt på en försvarlig krutladdning. Kanske första gången som svenska försvaret kom i kontakt med automatiserad vapenteknik.

Falska profeter

I det sensationsmättade intresse för automata som utvecklades i Europas förnäma kretsar under 1700-talet dök det också upp åtskilliga humbugmakare. Ett av de mest omtalade fallen torde vara den schackspelande turken, en mekanisk mansperson i skepnaden av en turk sittande vid ett schackbräde, byggd av den österrikiske baronen von Kempelen. Konstruktören utmanade berömda schackspelare att gå i duell med turken, och turnerade i Europas huvudstäder under

1770-talet med uppvisningar inför publik. Med detta "automaton" — som benämningen var — gjorde sålunda von Kempelen gällande att han med sin maskin förmått efterlikna människans intelligens och kombinationsförmåga. Den schackspelande turken skulle alltså vara ett simulata. Men där hade baronen gått utvecklingen i förväg på sitt speciella sätt. Efter en mycket uppmärksammad förevisning skrev Edgar Allan Poe en essä, där han med skarp logik avvisade alla påståenden om att maskinen skulle kunna utrustas med tankeförmåga. Detta ledde till att bedrägeriet avslöjades — von Kempelen hade dolt en dvärg inne i maskinen, som i övrigt bara bestod av i och för sig komplicerade mekanismer för flyttning av pjäserna. På liknande sätt inspärrade människor har i många andra sammanhang fått medverka till att ge sken av att konstruktören lyckats förverkliga olika former av simulata eller automata. Under 1600- och 1700-talen dyker talrika notiser upp om "självgående" vagnar som gömmer på den hemligheten — med eller utan avslöjande. Ett exempel må räcka. Den franske ballongpionjären François Blanchard visade en märklig vagn vid en utställning i Philadelphia 1793, där han f.ö. även företog den första uppstigningen med varmluftsballong i Nya Världen. Aviatörens broder har efterlämnat en hänförd skildring av den självgående vagnen, som kunde färdas snabbare än en diligens över hur långa sträckor som helst, över berg och genom oländig terräng där andra åkdon inte kunde ta sig fram. Brodern-krönikören antyder ingenting om något avslöjande, men en sentida läsare får den största medömkan med de tydligen muskulösa atleter som måste ha varit dömda till hårt arbete i vagnens innandömen.

Dessa falska profeter förebådade dock med sina önskedrömmar en utveckling som i teknisk verklighet nu har realiserat både schackspelande maskiner och självgående vagnar.

Vaucansons tre automata

I den brokiga fauna av mekaniska djur och människor som utbredde sig under 1700-talet intar de konstruktioner, som den franske ingenjören Jacques de Vaucanson (1709—82) utförde, en absolut särställning. Vaucanson var en skicklig konstruktör, som sysslade med uppfinningar och förbättringar av olika slags maskiner. Emellertid fann han denna verksamhet mindre lönande och gav sig på att försöka exploatera tidens stora intresse för automata. Han gick grundligt tillväga och fördjupade sig först i medicinska studier. Vaucanson's tes var att med mekaniska hjälpmedel illustrera en "rörlig anatomi",

dvs. avancerade simulata. Först konstruerade han en android i form av en herde som på sin flöjt kunde spela elva melodier med en förbluffande naturtrogenhet i armarnas och fingrarnas rörelser. Den manshöga androiden förevisades på marknader i Paris 1737 och Vaucanson kunde kassera in både berömmelse och början till en förmögenhet. Så gav han sig på ett mera komplicerat musikprogram för nästa android, som spelade 20 melodier på flöjt med ena handen och ackompanjerade sig själv på trumma med den andra. Den publika succén fortsatte och Vaucanson kunde ägna sig åt att konstruera sitt sedermera mest berömda simulata, den mekaniska ankan. Vaucanson utvecklade där sina idéer om "rörlig anatomi" till nära nog fulländning. Denna anka kunde bl.a. äta fisk, smälta maten och göra sig av med resterna på den s.k. naturliga vägen. Mekanismen drevs med ett lod — som i ett ur — och hade över 1 000 rörliga delar dolda i det inre av det fundament som ankan stod på. De konststycken som ankan kunde utföra är väl i samma klass som andra simulata från denna tid, men Vaucanson's konstruktörsgeni födde under arbetets gång åtskilliga idéer som blivit av stor betydelse för den tekniska utvecklingen. Förutom nykonstruktioner av maskiner för mekanisk bearbetning — bl.a. en precisionssvarv för gängskärning — var Vaucanson den förste som använde gummislang. I sitt sökande efter lämpliga material för ankans matsmältningskanal fann Vaucanson de rapporter som hans landsman Charles Marie de la Condamine hade lämnat om det märkliga materialet *cautchouc* denne hade påträffat vid Amazon-floden under sin sydamerikanska expedition 1731. Vaucanson tillverkade rör (slang) av detta material och uppfann även en maskin för detta ändamål.

Den mekaniska ankan blev utan tvekan Europas mest omtalade fågel och Vaucanson's ekonomiska utdelning på projektet torde vida ha överträffat hans förväntningar. Vaucanson sålde sina tre automata redan 1741 och de hamnade så småningom i S:t Petersburg där ankan återupptäcktes av en tysk vetenskapsman på 1860-talet, som återbördade det då illa åtgångna djuret till sitt hemland. Där gjordes en "förbättrad" kopia så sent som på 1860-talet. Tyvärr är såväl originalets som kopians senare öden okända.

Räknekonstens simulata och automata

Att räkna på fingrarna kan sägas bygga på en omedveten efterbildning av talserien, paketerad i fingrarnas femtal, där man på ett påtagligt och enkelt sätt kan addera och subtrahera. Ur den synvinkeln

kan denna primitiva, men behändiga räknekonst anses som ett matematiskt *simulata*. I den enklaste formen — som varje skolbarn praktiserar — efterliknas talserien ental för ental, men i flera av de antika kulturerna utvecklades denna teknik ett steg vidare. Såväl romare som greker hade utbildat ett matematiskt teckenspråk, varvid olika fingerställningar — där variationsmöjligheten höger eller vänster hand även utnyttjades — fick representera större tal, på ett sätt som kan jämföras med dövstumsspråkets användning av handen för att uttrycka kommunikativa ordsymboler. Denna mer avancerade metod att räkna på fingrarna innehöll också markeringar för multiplikation och division. Under medeltiden förfinades dessa metoder ytterligare i Centraleuropa och Asien (9). I Österns länder har detta matematiska teckenspråk levt kvar i köpenskapen på marknadsplatserna på vissa håll ända till våra dagar.

Kulramen

Det ligger nära till hands i dubbel bemärkelse att betrakta kulramen som en mekanisering av konsten att räkna på fingrarna. I sina olika utförandeformer torde kulramen samtidigt representera det första steget på vägen till en automatisering av matematiska operationer — ett proto-automata. En stor del av den grundläggande terminologin inom den moderna beräkningstekniken kan även etymologiskt härledas till kulramens användning och tekniska konstruktion i antikens Rom (10).

Kulramens ursprung i tid och rum torde inte vara helt uttömmande kartlagt, men den fann en av sina praktiska utförandeformer (med varianter) hos romarna under århundradena före tideräknings början. Man använde kulor av kalksten (calculus, calculi, härav "kalkyl", "kalkylator" etc.), som flyttades på en platta av sten eller metall, försedd med spår eller slitsar. Systemorganisationen — för att låna en term från modern datamaskinsteknik — av slitsar och kulor på plattan var bl.a. utförd så, att kulorna i en övre rad slitsar markerade fem-tal, medan i motsvarande undre rad kulornas antal representerade enheterna inom varje femtal. Man kan där spåra den direkta övergången från tekniken att räkna på fingrarna.

Flera av de mera komplicerade metoderna att räkna med fingerställningar — dvs. med basen 5 samt godtyckligt valda högre tal — "mekaniserades" med kulor på ram eller platta. I Europa gick man dock så småningom över till decimalsystemet. I Österns länder fick kulramen, med sina olika "moderna" varianter, stor spridning. Till

Kina kom den på 1100-talet — suan-pan — och till Japan några århundraden senare — soroban. I dessa länder utvecklades konsten att använda detta räkneinstrument till fulländning, där en skicklig utövare av denna teknik kan komma upp i räknehastigheter jämförbara med moderna kontorsräknemaskiner (11, 12).

De enkla räkneapparaterna

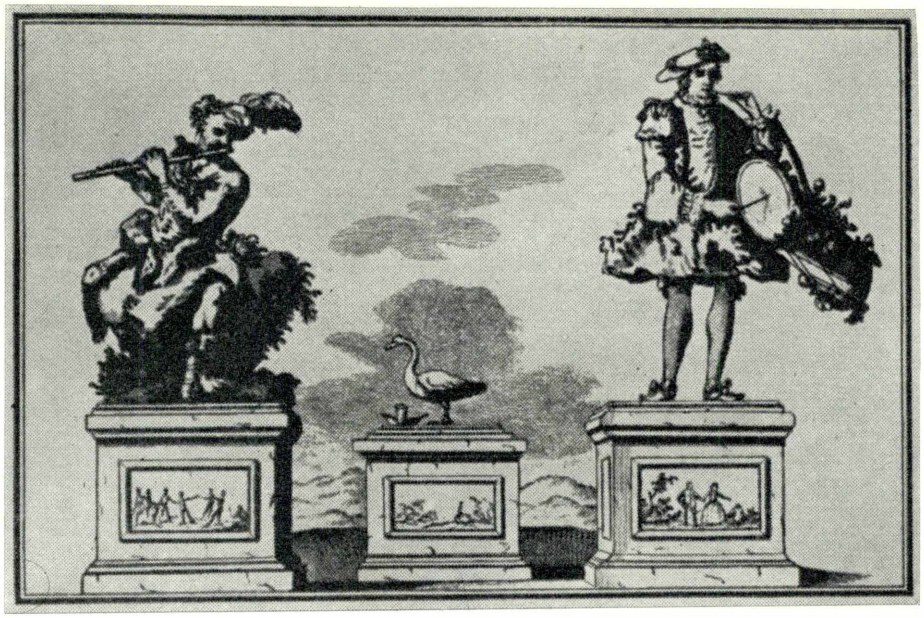
De naturvetenskapliga upptäckterna under 1600- och 1700-talen, handelns blomstring och — som skall illustreras nedan — skatte- och uppbördssystemens komplikationer i tillvaron bidrog till ett behov att förenkla, "automatisera", de alltmer tidsödande beräkningar som följde i spåren av dessa företeelser.

En avsevärd genväg i hanteringen av stora tal infördes i och med att John Napier och Henry Briggs definierade talens logaritmer (1614 resp. 1624). Arbetsinsatsen vid beräkningar inom mekaniken eller astronomin kunde reduceras genom att multiplikation och division med hjälp av talens logaritmer kunde överföras till de enklare räknesätten addition och subtraktion. Praktiskt taget samtidigt med logaritmernas införande tillkom den första enkla räknestickan. På en mätsticka med logaritmisk skala utfördes addition resp. subtraktion av talens logaritmer med hjälp av en passare. Denna första utförandeform av räknestickan tillskrivs vanligen Edmund Günter (1620) och kom snart i allmänt bruk i Centraleuropa, i England under benämningen *Napier's bones*. Med två mätstickor av detta slag ligger principen för den moderna räknestickan snubblande nära — att låta de logaritmiska skalorna glida utmed varandra. Den ena skalan fyller då passarens funktion att addera och subtrahera, och man fick ett mera lätthanterligt instrument. Engelsmannen William Oughtred sägs vara den förste som kommit på denna lösning (1621) och tillverkade räknestickor av detta slag, både i linjär form och med cirkulära skalor.

I det större utvecklingsperspektivet av räknekonstens mekanisering kan räknestickan ses som ett simulata — av högre ordning än fingerräkning och kulramen — av talserien. Räknestickans funktion och användbarhet bygger på analogin mellan talserien och logaritmskalan. Genom en matematisk funktion har talserien efterliknats i logaritmskalan.

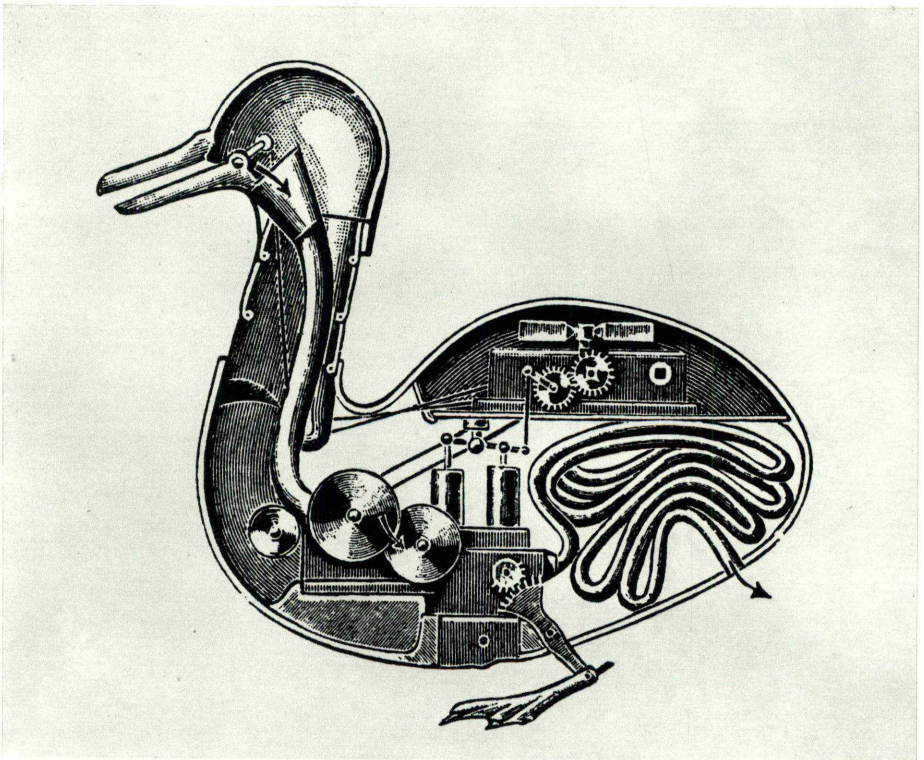
Mekaniska kalkylatorer

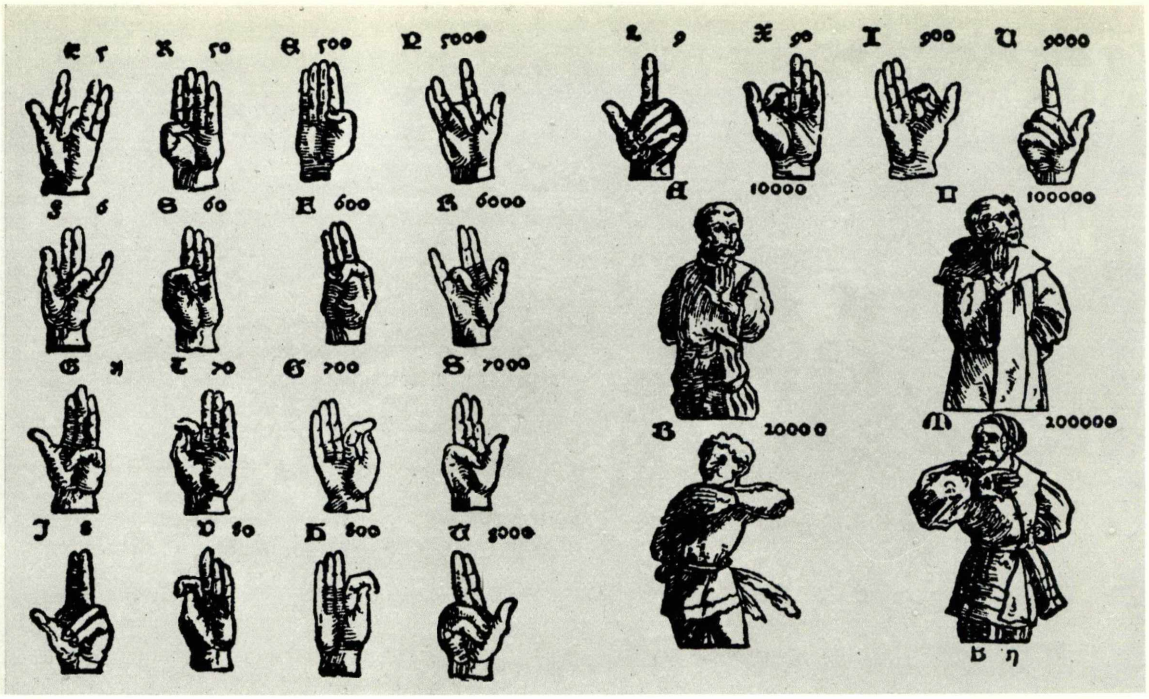
Den första mekaniska räknemaskinen konstruerades av den franske fysikern och matematikern Blaise Pascal (1623—1662). Det var en



Vaucanson's tre automata.

Vaucanson's anka — ett anatomiskt simulata — som kunde äta fisk, och göra sig av med resterna den s.k. naturliga vägen.

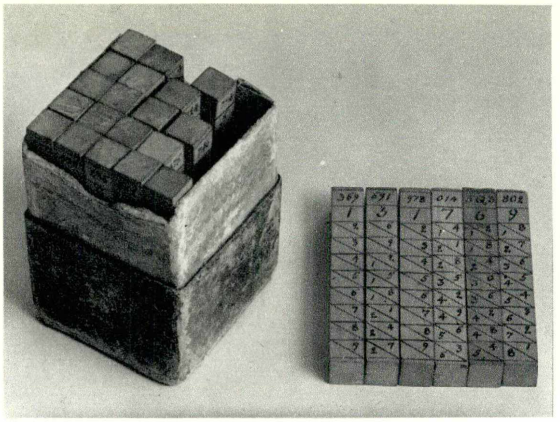




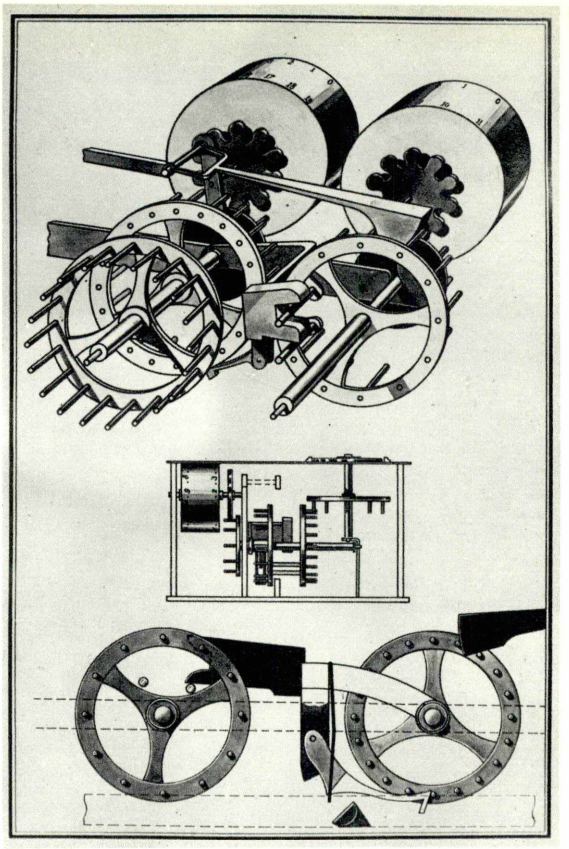
Fingerräkning. Finger- och armställningar för en avancerad siffer- och räknesymbolik, enl. ett tyskt arbete från 1500-talet.



Räknetavla eller kulram har av flera kulturfolk använts som mekaniskt hjälpmedel för beräkningar. Räkenskapsförarna i Inkariket använde räknebräden av detta utseende. (Ur "The Ancient Peruvian Abacus" av Henry Wassén, Göteborg 1931.)

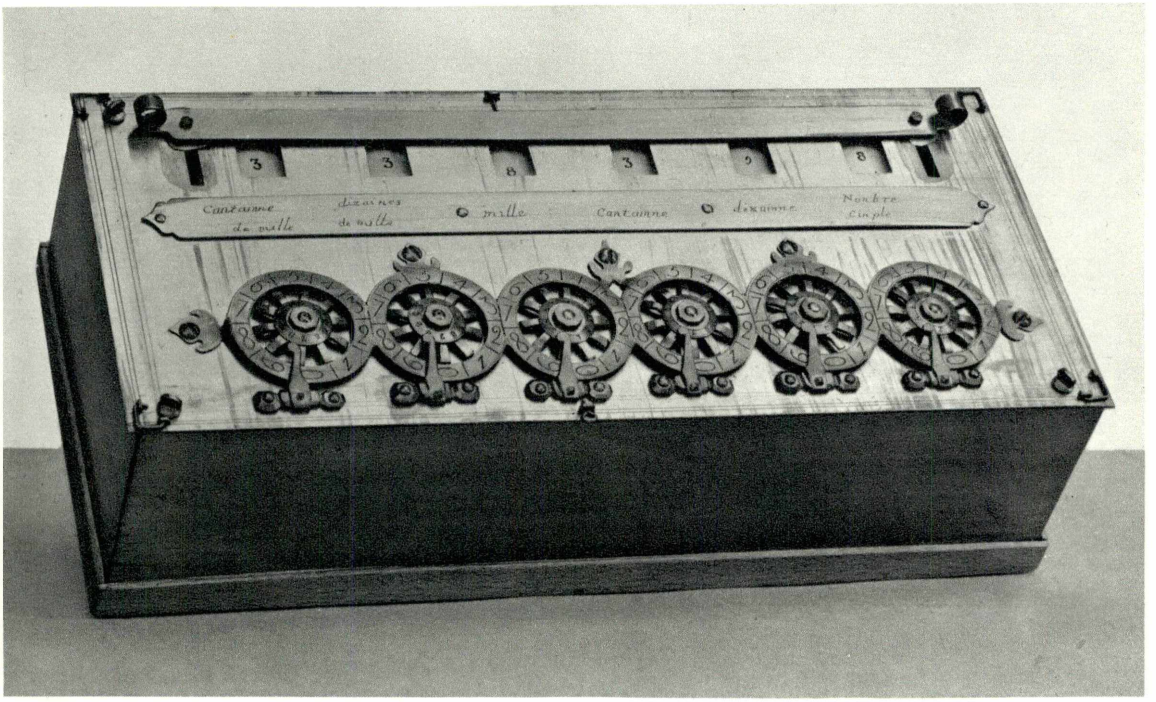


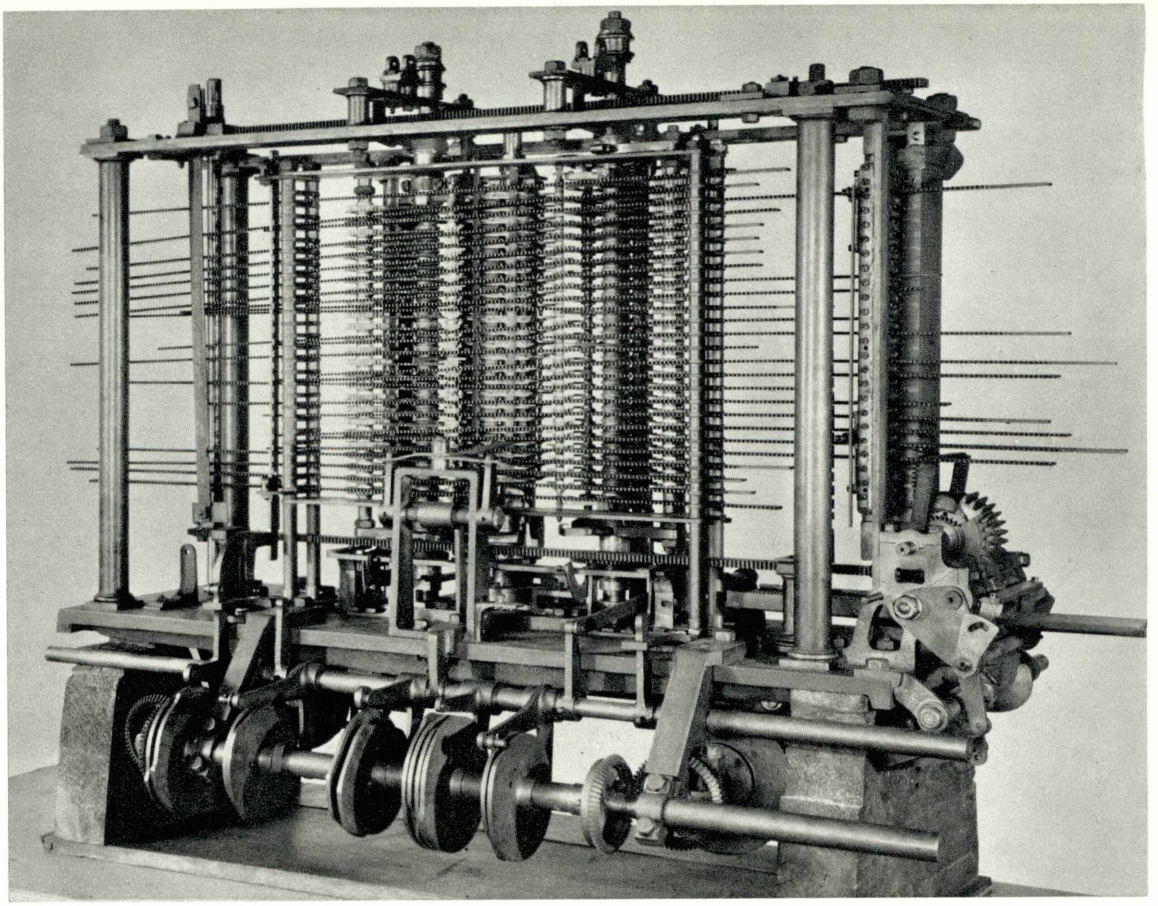
"Napier's bones." Primitiva räknestickor i form av stavar av trä, med skala i tusch. Troligen tillverkade i Sverige mot slutet av 1700-talet. (Tekniska Museet.)



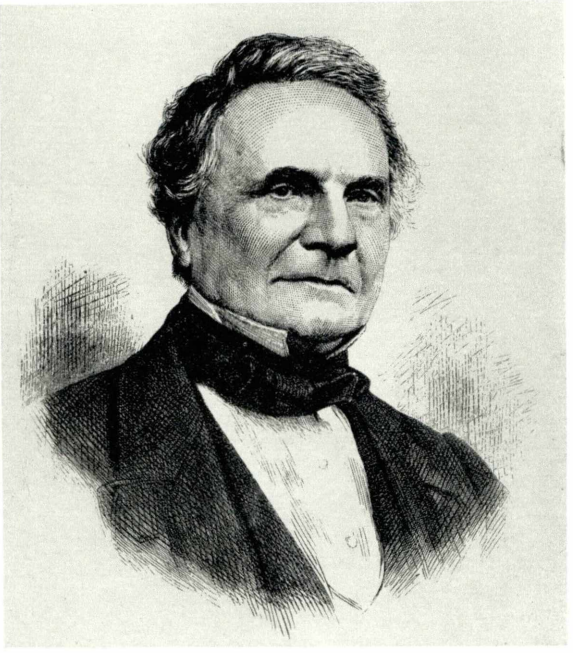
Pinnhjuls-mekanismen i Pascal's räknemaskin (enl. S. Nilson).

Pascal's additionsmaskin. Science Museum, London.

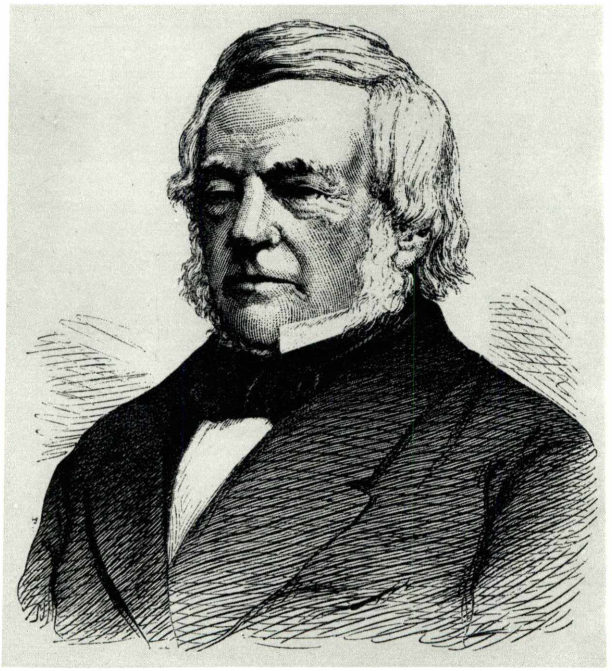




Charles Babbage's differensmaskin (Science Museum, London).

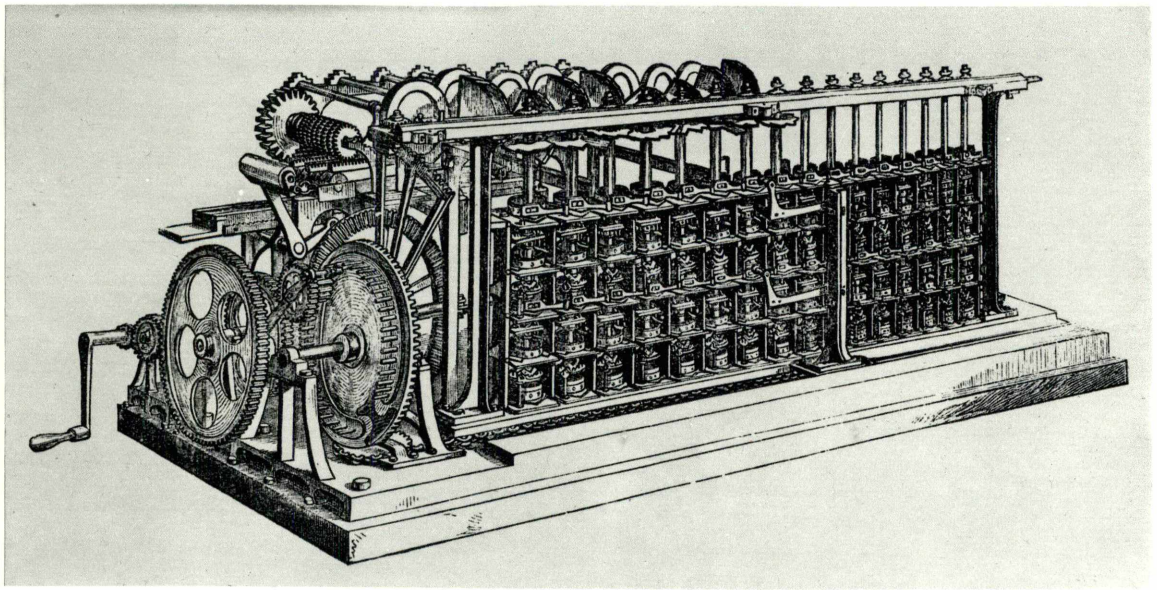


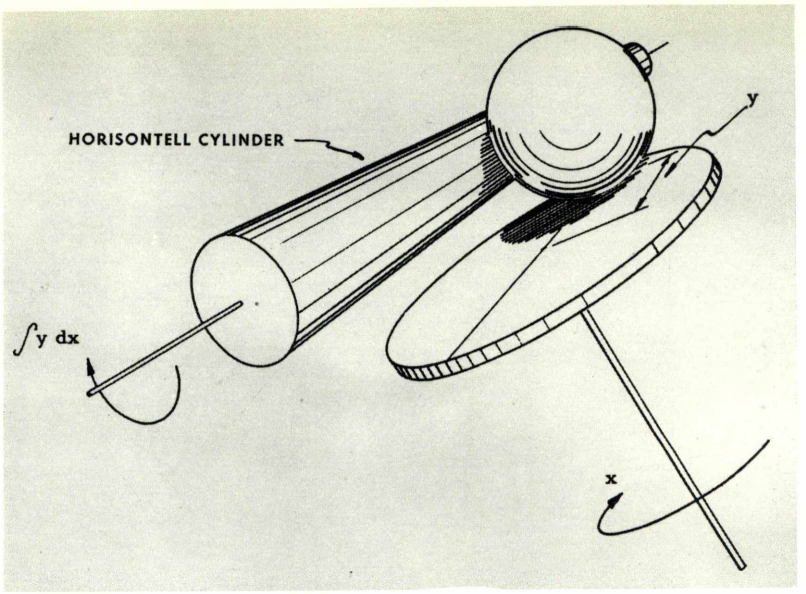
Charles Babbage (1792—1871).



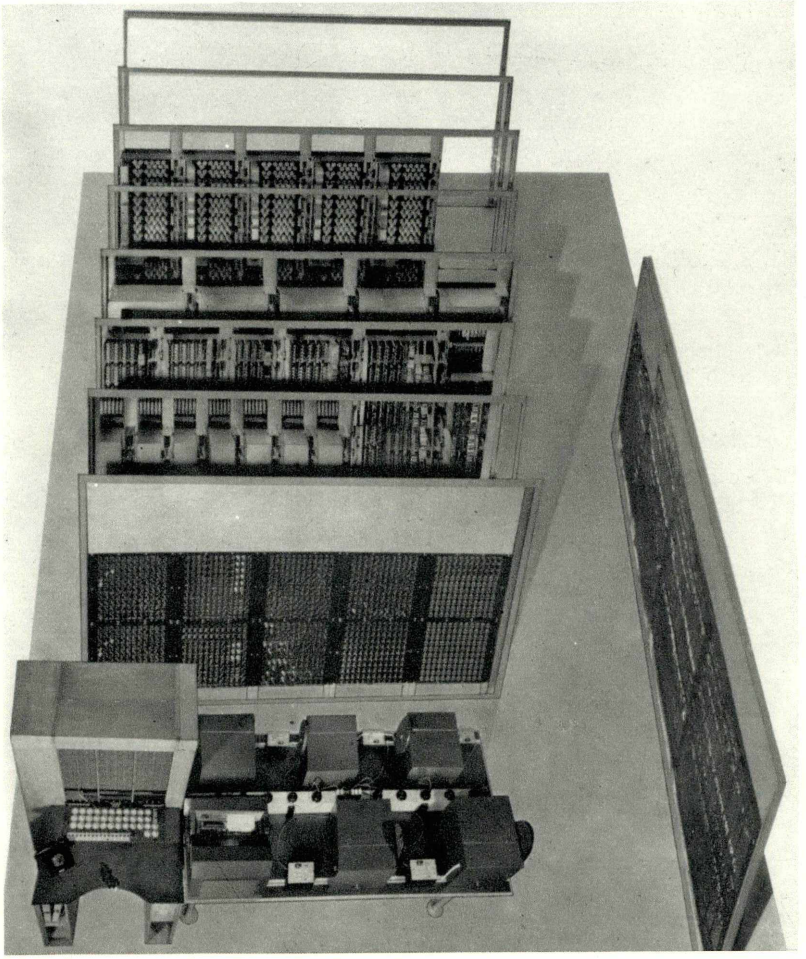
Gustaf Scheutz (1785—1873).

Scheutz modifierade differensmaskin.



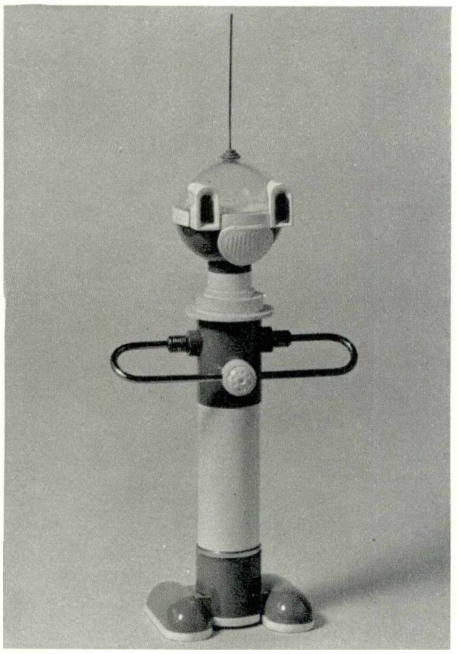


Integratorelement, först använt av engelsmannen Thomson i analogimaskiner (1870-talet).

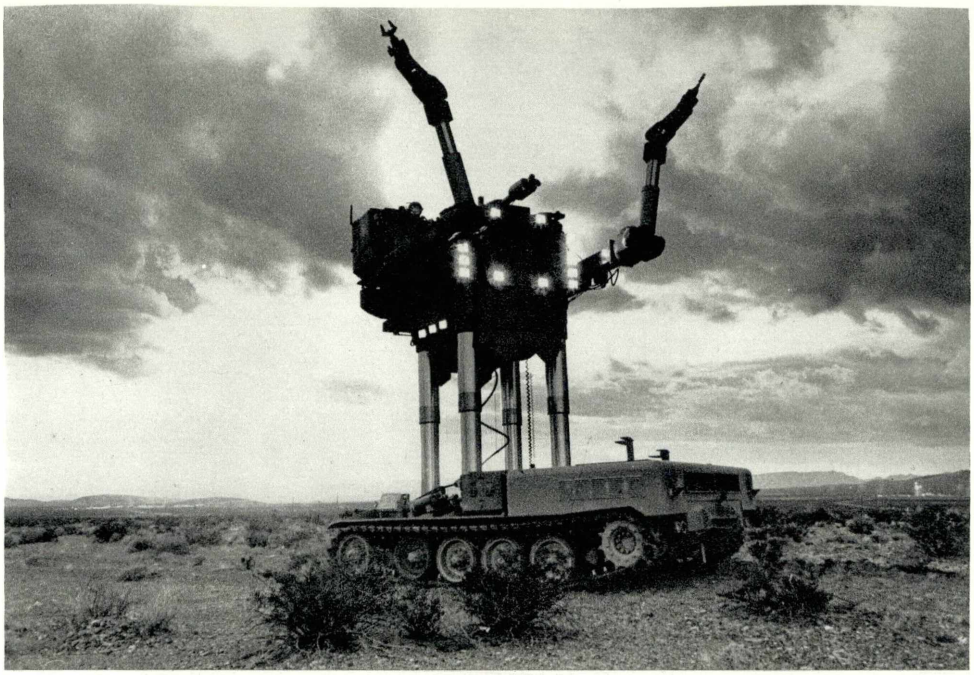


Den första svenska beräkningsmaskinen, BARK — binär elektrisk relä-kalkylator — färdigställd 1947.

Robotmänniskor i den tyska, klassiska filmen Metropolis (Ufa 1926).

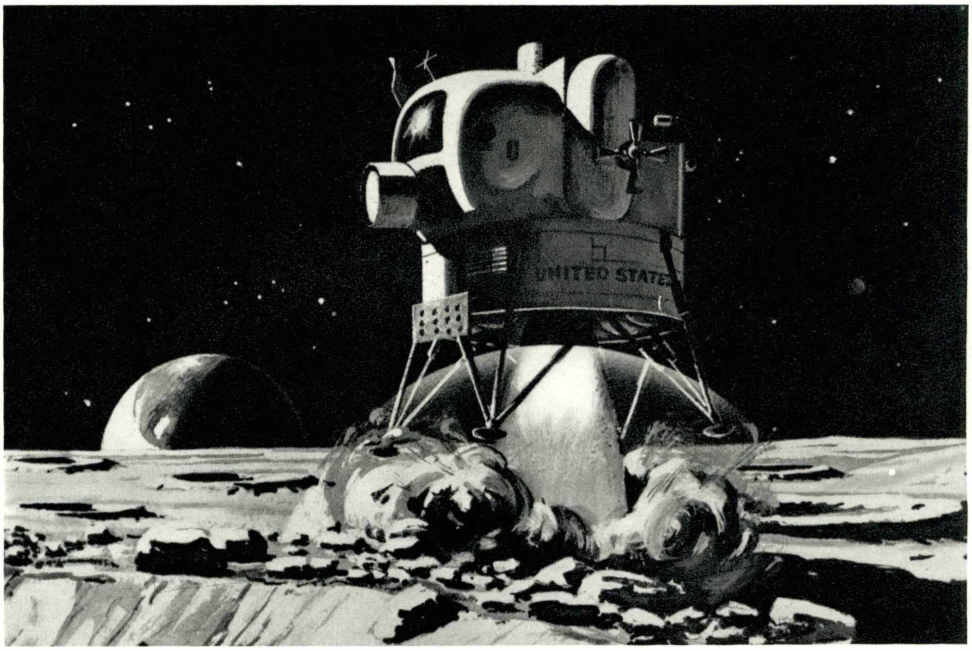


Modell av robot i den telemekaniska avdelningen av Polytekniska Museet i Moskva. Denna robot — som enl. konstruktören är en karikatyr — möter besökaren och förklarar händelseförloppen i ett antal demonstrationsmodeller av automatikens elementa. Roboten som vandrar omkring med en naturtrogen stegrörelse, kan även "svara" på frågor, via en radiolänkförbindelse med en dold operator. — En liknande robot finns bl.a. även vid Tekniska museet i Tokyo.



Det amerikanska robot-android projektet "Beetle" för röjning och undanskaffande av strålningsfarligt material. Ledd av strålningen uppsöker roboten materialet och är sedan programmerad att söka sig ut ur strålningsområdet och avlämna materialet för att oskadliggöras.

Robot för mjuklandning på månen. Ett exempel på avancerad teknik för automatisk styrning och reglering.



enkel additionsmaskin, där mekanismen var ett hjul (för ental, tiotal osv.) kopplat till en vals med siffror, synliga i ett fönster. Maskinen tillkom 1642. Den praktiska anledningen till att den teoretiskt inriktade ynglingen intresserade sig för matematikens mekanisering var helt enkelt att underlätta räknearbetet för fadern, som då var skatteuppbördsman i Rouen. Pascal förbättrade sin maskin successivt och åtskilliga exemplar tillverkades av dessa "pascaliner", som de senare kom att kallas. Flera är bevarade, bl.a. i *Science Museum* i London. Ett exemplar överlämnades f.ö. av Cartesius till drottning Kristina. Tyvärr är den maskinens senare öden okända.

Inspirerade av Pascal's ryktbarhet för sin maskin ägnade sig flera av 1600-talsmatematikerna åt liknande uppfinningar. G. W. Leibnitz konstruerade sålunda 1671 en maskin, som kan sägas vara prototypen för de moderna kontorsräknemaskinerna. Det nya element, som Leibnitz införde, var *steghjulet* (pinnhjulet) för ental, tiotal etc., ett sifferhjul som med en klack flyttar fram nästföljande hjul ett steg då siffran 9 passerats. Denna princip utvecklades vidare av Leibnitz och 1694 hade han en maskin färdig, som förutom addition även klarade subtraktion samt multiplikation genom upprepade additioner.

Leibnitz' steghjul har använts som konstruktionselement i åtskilliga kontorsmaskiner ända in på 1900-talet, och tillämpas fortfarande i enklare räkneverk, exempelvis vägmätaren på en bil. Steghjulets princip kan även ses som ett mekaniskt efterliknande av markeringarna för tiopotenser vid räkning på kulram. Samtidigt kan den leibnitzska räknemaskinen — i synnerhet multiplikationen — betraktas som ett primitivt *automata,* det första inom räknekonstens automatisering.

Under 1700-talet gjordes flera försök att få fram en lätthanterlig räknemaskin enligt steghjulsprincipen och varianter av denna. Det dröjde dock ända till början av 1800-talet som de första användbara maskinerna kom ut på marknaden. Vanligen brukar fransmannen Charles Xavier Thomas anges som konstruktör av den tidigaste kommersiella räknemaskinen (1820) som var en trappvalsmaskin och marknadsfördes under namnet "Arithmomètre".

I den moderna epoken av mekaniska kalkylatorer har ett flertal svenska konstruktörer gjort banbrytande insatser, M. Wiberg (13), W. T. Odhner, Carl Friden, Karl Rudin (11), för att endast nämna några av de mera betydande.

Matematikmaskiner

De mekaniska (nu oftast eldrivna) räknemaskinerna är ett mer eller mindre automatiserat hjälpmedel i matematiska beräkningar, som avlastar operatören från åtskilliga tidsödande moment i arbetet. Operatören måste dock hela tiden hålla reda på gången i beräkningarna, förse maskinen med data, ta hand om delresultat (mera avancerade maskiner kan dock i viss utsträckning svara för detta) och överhuvudtatget organisera arbetet.

Nästa etapp i den utvecklingsdrivande spänningskedjan simulata — automata bör dock logiskt vara att med en tekniskt fullgången form av mekanisk kalkylator söka simulera operatörens ingripanden i beräkningarna. Sådana maskiner kan här lämpligen benämnas *matematikmaskiner,* då med den innebörden att maskinen även övertar beräkningarnas matematiska program.

Den store pionjären på detta område är den engelske matematikern Charles Babbage (1792—1871), som tidigt kom att intressera sig för framställning av — och ofullkomligheterna hos — matematiska tabellverk av skilda slag. Redan som ung student i Cambridge blev Babbage besatt av sitt livs stora idé, då han tillsammans med astronomen Herschel's son — sedermera Sir John Herschel — granskade astronomiska beräkningar, utförda med räknemaskiner, och fann åtskilliga felaktigheter. Efter en mödosam kontrollräkning lär Babbage ha yttrat, att sådant arbete borde överlåtas till en själlös ångmaskin! Det var inte ett förfluget ord av en temperamentsfull student — året var 1812 — utan upptakten till en livslång och märklig insats för att söka mekanisera matematiska beräkningar.

Babbage var väl förtrogen med de räknemaskiner som fanns tillgängliga då han fick sin idé. Men maskiner av det slaget höll inte måttet för de funktioner som Babbage drömde om för sin "ångmaskinsdrivna" beräkningsmaskin. Han insåg, att den främsta egenskapen hos denna än så länge tänkta maskin skulle vara en överlägsen snabbhet, kombinerad med exakt noggrannhet. För att uppfylla de kraven var Babbage klar över att han måste finna en ny matematisk princip för maskinens funktion, snarare än en konstruktionsmässig förbättring av exempelvis den leibnitzska maskinen. Babbage fann också den matematiska lösningen på detta problem, som innebar en genväg särskilt lämpad och tillrättalagd för beräkning och uppställning av tabellverk. I en skrift 1822, *On the Theoretical Principles of the Machinery for Calculating Tables,* presenterade Babbage den teoretiska principen för en ny typ av beräkningsmaskin. För kon-

struktionen utnyttjade Babbage den konstanta skillnad som han fann mellan talen i olika talserier, exempelvis följande:

entalens kvadrater		1		4		9		16	25
första ordningens differens			3		5		7	9	
andra	»	»		2		2		2	

Om maskinen sålunda ställs in för den konstanta differensen 2 mellan de ovan återgivna *två talserierna* så kommer den automatiskt att räkna fram entalens kvadrater.

För att få kvadraternas kvadrater, dvs. fjärde potensen av entalen, kan följande talserier bildas, som ger en konstant differens i *fjärde ledet:*

entalens fjärde potens		1		16		81		256		625
första ordningens differens			15		65		175		369	
andra	»	»	14		50		110		194	302
tredje	»	»		36		60		84	108	
fjärde	»	»			24		24		24	

Med differensen 24 inslagen i räkneverket beräknar maskinen alltså fjärde potensen av entalen.

En generalisering av den matematiska grundvalen för dessa beräkningar leder till ett relativt komplicerat formelspråk, men även för den matematiskt obevandrade framgår det säkerligen av de återgivna exemplen att Babbage's differensprincip innebär en avsevärd genväg.

Babbage byggde 1822 en femställig maskin enligt denna princip — Difference Engine No 1 — som, förenklat uttryckt, hade ett dubbelt övertag över tidigare existerande maskiner, som räknade ental för ental. När Babbage nu hade funnit den teoretiska lösningen på en snabb räknemaskin grep han sig också an med den mekaniska konstruktionen. Det var emellertid en uppgift som krävde precisionsmekanik av en finhetsgrad, som man då inte hade någon teknisk erfarenhet av — än mindre maskiner eller verktyg som kunde klara arbetet. Babbage lade ner hela sin energi på att lösa alla de konstruktions- och tillverkningstekniska problem som ett realiserande av differensmaskinens idé innebar. Trots lovvärda insatser — och ekonomiska anslag från brittiska staten — kunde endast delar av maskinen färdigställas, de delar som verifierade att principen var funktionsduglig i praktiken. Ritningar förelåg emellertid till en komplett differensmaskin, som även innefattade ett "utorgan" — för att använda mo-

dern terminologi — där beräkningsresultaten graverades på en kopparplåt, färdigt för tryckning av tabellen.

En utförlig beskrivning av differensmaskinen publicerades i tidskriften *Edinburgh Review,* juli 1834, och den råkade komma under ögonen på en framstående svensk tekniker, Georg Scheutz (1785—1873) i Stockholm. Scheutz var då bl.a. redaktör för Svenska Industriföreningens Tidskrift och en känd publicist i både naturvetenskapligt-tekniska frågor och allmänt kulturella ämnen. Med sin tekniska allmänbildning och sitt sinne för nyheter insåg Georg Scheutz omedelbart nyttan av en sådan räknemaskin, men han fann också — enligt hans självbiografiska anteckningar — "att man ej någonsin skulle hinna vidare, med all Englands tekniska färdighet så länge man följde dessa planer". Scheutz gick därför in på andra linjer i den mekaniska konstruktionen av en maskin enligt differensprincipen. Sonen Edvard (1821—81), som då fadern utarbetade den nya konstruktionen just hade börjat sina studier vid Teknologiska Institutet, grep sig an med det praktiska utförandet av räknemaskinen. Det var år 1837 som Edvard Scheutz ägnade sina sommarferier åt att tillverka en prototyp. Många konstruktionsproblem återstod emellertid att lösa — som slukade både tid och pengar — och Georg Scheutz vände sig till regeringen med en begäran om anslag för fortsatt experimentarbete. Långt om länge avslogs denna framställning, men efter många mödor och uppoffringar stod maskinen färdig 1843 och kunde demonstreras för Vetenskapsakademien. Trots ett i berömmande ordalag hållet provningscertifikat — undertecknat av Akademiens sekreterare J. J. Berzelius — fann far och son Scheutz inte något gehör för sin uppfinning, vare sig här hemma eller utomlands. Först efter upprepade framställningar och motioner i riksdagen — nu understödda av uttalanden från Vetenskapsakademien — kunde konstruktörerna 1854 få anslag av allmänna medel för att fullborda sina idéer om denna avancerade beräkningsmaskin. Samma år demonstrerades maskinen för The Royal Society i London och deltog även i världsutställningen i Paris, där konstruktionen tillerkändes en guldmedalj. Far och son Scheutz hade i England uppsökt Charles Babbage och dennes son Henry som båda mottog de svenska kollegerna med vänlighet och vänskap. Med en saklig och samtidigt entusiastisk beskrivning av de scheutzska insatserna i ett anförande inför Royal Society lyckades Charles Babbage även utverka en förnämlig brittisk utmärkelse för de svenska konstruktörerna.

Den maskin som belönades med guldmedalj i Paris såldes sedermera till Dudley Observatoriet i Albany, New York, USA och var under flera årtionden i bruk för astronomiska beräkningar. På 1930-talet förvärvades maskinen av en privatsamlare i Chicago, men har nyligen införlivats med samlingarna i den matematiska avdelningen inom The Smithsonian Institution i Washington D.C.

Babbage's differensmaskin, inklusive den scheutzska versionen, representerar en högt automatiserad beräkningsmaskin — *automata* — avsedd för ett speciellt ändamål ("program") nämligen tabellräkning.

Redan under arbetet med differensmaskinen koncipierade emellertid Babbage en maskin som skulle kunna utföra vilket beräkningsprogram som helst, dvs. arbeta efter givna instruktioner. Kring differensmaskinen som aritmetisk räkneenhet tänkte sig Babbage gruppera sådana hjälpfunktioner som en mekanisk anordning för att ta emot räkneinstruktioner, en enhet för att lagra delresultat, ett organ för att jämföra delresultat och på basis därav "fatta beslut" om gången i de forsatta beräkningarna etc. Maskinen skulle med andra ord fungera så som en matematiker gör när han med papper och penna räknar igenom ett matematiskt problem.

Arbetet med utvecklingen av ett avancerat automata — differensmaskinen — föder sålunda tanken på att efterlikna människans funktioner.

Analysmaskinen — *Anlytical Engine* — som Babbage kallade sitt brillianta projekt visade sig snart vara ännu svårare att tekniskt realisera än differensemaskinen. Konstruktionsarbetet på denna avbröts 1833 och Babbage sökte förgäves övertyga myndigheterna — som delvis finansierat differensmaskinen — om analysmaskinens överlägsna egenskaper och att den skulle vara enklare att tillverka. I åtta år kämpade han en ojämn kamp med First Lord of the Treasury innan frågan om anslag avskrevs. Babbage arbetade emellertid oförtröttligt vidare med konstruktionsritningar och teoretiska beräkningar.

Babbage's idéer och vyer kring sin analysmaskin var storstilade, rent av visionära. Även om maskinen aldrig kom att existera i sinnevärlden är detta projekt dock den första *matematikmaskinen* i modern bemärkelse. Babbage publicerade själv inte någon skrift om analysmaskinen — därtill var han sannolikt alltför rastlöst upptagen med praktiska konstruktionsproblem och teoretiska spekulationer om maskinens funktion. Lord Byron's dotter, Lady Lovelace — som var

matematiker — gjorde emellertid en utförligt kommenterad beskrivning av principerna för maskinen, baserad på Babbage's egen framställning inför ett vetenskapligt forum i Turin. (14)

Babbage var före sin tid. Hans principer och idéer till systemlösningar för mekanisering av matematiska beräkningar — såväl i formen av automata som simulata — måste invänta den tekniska utvecklingen för att bli möjliga att realisera.

Analogimaskiner

Även om analysmaskinens princip inte kunde förverkligas i 1800-talets teknik torde dock Babbage i icke ringa utsträckning ha påverkat samtida vetenskapsmän med sina idéer. Flera stora fysiker och matematiker under 1800-talets senare hälft intresserade sig för maskinella beräkningsmetoder. Bland dem var Lord Kelvin, som sökte en utväg att kringgå de svårigheter som Babbage mött. Hans lösning var att frångå talserien — tillämpad i siffermaskinerna — och i stället bygga en maskin på den mekaniska analogin till en matematisk funktion, i detta fall en integral. Brodern, James Thomson, hade konstruerat en mekanisk integrator (1876) bestående av en plan, roterande skiva med en längs diametern rörlig rulle som överför rörelsen till en cylinder. Med den rörliga rullen som parameter "integreras" skivans vridning på cylindern. Med ett system av sådana integratorer konstruerade Lord Kelvin en analogimaskin för beräkning av tidvattnets rörelser. Nilometern — här tidigare nämnd som ett antikens simulata — kommer osökt i tankarna.

Lord Kelvin sökte även tillämpa erfarenheterna från tidvattensmaskinen på andra slag av matematiska beräkningar, men stötte även han på tillverkningstekniska svårigheter. För lösning av fysikaliska problem visade det sig exempelvis svårt att uppnå tillräcklig noggrannhet. Han ägnade emellertid hela problemkomplexet ingående studier och var övertygad om att analogimaskinen skulle komma att reducera beräkningsarbetet, och bli en avlastning för matematiker och forskare. *To substitute brass for brain* som Lord Kelvin själv uttryckte saken.

Lord Kelvin's idéer — i stor utsträckning även Babbage's — togs upp i slutet av 1920-talet av Vannevar Bush vid *Massachussetts Institute of Technology,* där han konstruerade en differentialanalysator, byggd på integratorer. Bush kunde här, för första gången, förverkliga det avgörande steget från automata till simulata i matematikens mekanisering, i det att maskinen var organiserad så att den

kunde genomföra ett antal olika beräkningsprogram. Grundelementen i räkneenheten var integratorer. Multiplikation utfördes inte som upprepad addition, utan som successiv integration, enl. ekvationen:

$$u\,v = u\int dv + v\int du$$

Flexibiliteten i beräkningsprogrammet var dock begränsad av antalet integratorer, som utan att göra avkall på noggrannheten kunde sammanbyggas till en enhet. För varje särskild integration eller multiplikation i lösningen av det matematiska problemet eller beräkningsgången behövdes sålunda en integrator. Trots begränsningarna användes differentialanalysatorer av denna typ i stor utsträckning för matematiska beräkningar under 1930-talet och under andra världskriget. Vannevar Bush's analogimaskin, differentialanalysatorn, torde kunna betecknas som anfadern till dagens datamaskiner — med nedärvda påbrå från i första hand Charles Babbage (15).

Datamaskiner

De insatser som Vannevar Bush gjorde på 1930-talet har beskrivits som en islossning i tänkesätten kring möjligheterna att realisera beräkningsmaskiner av större kapacitet och flexibilitet i användningen.

Redan 1939 påbörjades vid Harvard University i Boston under ledning av Howard Aiken byggandet av en större, numerisk matematikmaskin — *Automatic Sequence Controlled Calculator* — sedermera vanligen kallad *Mark I.* Maskinen, som byggdes under medverkan av IBM, blev färdig 1944. Uppbyggnaden var huvudsakligen elektromekanisk — reläer och liknande standardkomponenter — minnesenheten var dock mekanisk, dvs. räknehjul av i princip samma slag som registret i en kontorsmaskin. Minneskapaciteten var 72 "ord" (dvs. 23-ställiga tal) och den kunde multiplicera 23-siffriga tal med varandra på 4,5 sek. Ytterligare några liknande maskiner byggdes, bl.a. *Mark II,* också en relämaskin utvecklad av *Aiken.* Mark II blev färdig 1948 och användes för beräkning av skjuttabeller för artilleriet.

Den stora satsningen på forskning av tekniskt utvecklingsarbete under andra världskriget i USA drev också fram behovet av större och snabbare matematikmaskiner. När principerna var prövade i utvecklingen av relämaskinerna växte också aptiten på mer komplicerade projekt. De begränsningar i räknehastigheten som den inneboende trögheten i elektromekaniska komponenter svarar för bröts genom att reläerna ersattes med elektronrör. Den första elektroniska

beräkningsmaskinen började att konstrueras vid University of Pennsylvania år 1942 under ledning av J. P. Eckert och H. H. Goldstine. Med denna maskin, den sedermera så berömda *ENIAC*, inleddes den moderna epoken av matematikmaskiner. ENIAC — Electronic Numerical Integrator and Calculator — togs i drift på nyåret 1946 och var sedan i användning nära tio år. Maskinen var ca tusen gånger snabbare än sina samtida relämaskiner. Den innehöll 18.000 elektronrör, in- och utmatning av data och instruktioner utfördes med hålkort. Trots den begränsade minneskapaciteten — endast 20 ord — och en ganska omständlig procedur för programmeringen markerar ENIAC ett definitivt genombrott för den elektroniska beräkningstekniken. "Elektronhjärnan" — som ENIAC snabbt döptes till i pressen — presenterades i den engelska tidskriften *Nature* under rubriken *Babbage's Dream Comes True* (16,17).

Med elektronikens hjälp och en förfinad teknik överhuvudtaget hade Babbage's visionära tankar om räknearbetets automatisering efter drygt hundra år äntligen kunnat förverkligas. Hans livsverk och skrifter återupptäcktes och nu kan man bland datateknikens många forskare och tekniker tala om en Babbage-kult. Kanske Babbage själv genom någon himmelsk intuition var medveten om den roll han skulle spela i en avlägsen framtid, då han i ett brev skrev att han gärna ville ge upp sitt återstående liv om det förunnades honom att leva tre dagar om femhundra år — och att han då skulle vara vis nog att förstå den utveckling han då skulle möta.

Datamaskiner av andra och tredje generationen

De första relä- och elektronrörsmaskinerna — "första generationen", Mark II, ENIAC, den svenska BARK m.fl. — användes i stor utsträckning för tabellberäkningar av olika slag. Flera av konstruktörerna var vid denna tid helt inriktade på detta användningsområde, självfallet dikterat av de stora tids- och arbetsbesparingar som denna räknekonstens mekanisering innebar. Man kan även spåra en viss påverkan från traditionella tänkesätt. Stora tabellverk är ett gammalt hjälpmedel inom matematikens tillämpningar, Babbage och Scheutz var fångade av idén att förenkla framställningen av sådana. Om man så vill kan man även finna ett "historien upprepar sig" i det faktum att redan de första beräkningsmaskinerna, exempelvis BARK i vårt land, sattes att räkna fram skattetabeller, liksom Pascals maskin trehundra år tidigare.

Den snabba utveckling som datamaskintekniken undergått sedan

den första generationens maskiner skall här endast i korthet antydas för att i någon mån illustrera idéprogressionen automata-simulata. Det som främst karakteriserar andra generationens maskiner är rent tekniska förbättringar av deras prestanda som *räkneautomater*. Högre räknehastighet, större minneskapacitet, med flexibel systemorganisation och förenklad programmering som allt har kunnat åstadkommas genom nya konstruktionselement och en mer avancerad elektronisk kretsteknik. Av största intresse i denna framställning är tekniken att tillföra maskinen instruktioner för lösning av ett givet problem eller för bearbetning av data, dvs. programmeringen, eller samarbetet mellan människa och maskin. Flera relativt lätthanterliga metoder har utvecklats där beräkningsinstruktioner — klartext — samlats i handboks- eller lexikonform med översättningar till det sifferspråk som maskinen internt arbetar med. Detta innebär en avsevärd förenkling av programmeringsproceduren, som i den första generationens maskiner var mycket invecklad och tidsödande. Trots dessa betydande genvägar — en programmerare behöver numera inte nödvändigtvis vara insatt i datamaskinens konstruktionstekniska finesser — så är dock maskinens möjligheter helt begränsade av de givna instruktionerna. Ofullkomligheter i det inmatade programmet ger obönhörligen felaktiga resultat. Maskinen kan inte bryta nya tankebanor. Principiellt har sålunda inte något nytt tillkommit som skiljer andra generationens datamaskiner från den *analysmaskin* som Babbage skisserade.

Man kan exempelvis programmera en datamaskin med schackspelets regler och kombinationer — ett stort antal handboksmässigt genomspelade partier kan rymmas i minnet — och genom successiva förbättringar i programmet kan maskinen bli en ganska duktig "schackspelare". En jämförelse med baron von Kempelens simulata-falsarium ligger dock nära till hands. En schackspelande datamaskin kan inte efterlikna den mänskliga intelligensen. Maskinen kan helt enkelt inte prestera mer avancerade konster än vad som ryms i programmeringen. En framstående schackspelare måste vara med i leken, även om tekniken humaniserats så att han numera inte behöver spärras in i maskinen, som i "den schackspelande turken".

Datamaskinerna betraktade som *automata* fullkomnas dock alltmer och i den utvecklingskedja som här gjorts försök att analysera kommer som en logisk följd att man i den tredje generationen ger sig i kast med att efterlikna människans sinnen och intelligens. En rudi-

mentär början till att simulera synsinnet gjordes med utvecklingen av apparatur för avläsning av magnetisk skrift på bankcheckar (ERMA, Bank of America, 1952) redan i början av 1950-talet. Inmatningsorgan för datamaskiner med denna teknik har numera standardiserats inom det amerikanska bankväsendet och metoderna har även tillämpats för automatisk sortering av post, märkt med magnetisk skrift. Ett intensivt utvecklingsarbete pågår för att simulera hörsel och tal i in- och utmatningsorgan för datamaskiner. I det sammanhanget bör inte minst nämnas de framstående insatser som görs vid taltransmissionslaboratoriet vid Tekniska högskolan i Stockholm för analys och syntetisering av den mänskliga rösten. En rent verbal kommunikation mellan datamaskinen och problemställaren — programmeraren torde ligga inom de tekniska möjligheternas gränser. Därmed skulle — även om vägen dit sannolikt är mycket lång — man kunna bryta den nu så besvärande språkbarriären mellan problemställarens sätt att uttrycka sig och de paket av siffror som är det enda maskinen kan umgås med internt.

Att simulera människans intelligens, analys- och slutledningsförmåga, är dock ett konstruktionsteoretiskt problem av högre ordning än att efterlikna syn och hörsel. Vissa framsteg har gjorts ifråga om s.k. *adaptiva system,* där beräkningsproceduren successivt anpassas med ledning av gjorda misstag. Maskinen har sålunda fått en inbyggd "erfarenhet". En sådan maskin som programmerats för schackspel kan dra lärdom av sina nederlag och i fortsättningen undvika erfarenhetsmässigt oskickliga drag. Denna teknik håller nu på att snabbt utvecklas, bl.a. som ett hjälpmedel för att konstruera än mer komplicerade datamaskiner. Möjligheterna att på detta sätt få fram en "elektronhjärna" i ordets bokstavliga betydelse är dock mycket avlägsen, dvs. att bygga ett simulata av den mänskliga hjärnans fysiska och psykiska reaktioner.

För att göra en bakvänd liknelse så har man under senare tid emellertid kommit fram till en ganska god bild av hur hjärnan fungerar, betraktad som datamaskin. De fysiologiskt och kemiskt funktionsbetingade förändringarna i hjärnans ca tio miljarder neuroner är på god väg att i detalj kartläggas (20). Däremot har det visat sig vara svårare att komma underfund med vad de med neuronerna morfologiskt hoplimmade gliacellerna har för funktion. Cellerna som sådana arbetar emellertid som kopplingselementen i en datamaskin med två lägen — ledande resp. icke ledande (som ett relä, elektronrör,

transistor, cryotron etc.) — och kan vidarebefordra resp. stoppa en impuls, eller lagra den i cellen (minne) för att utnyttjas senare. En mycket väsentlig skillnad mellan den mänskliga hjärnan och en datamaskin är emellertid att neuronerna sinsemellan i medeltal har ett hundratal förbindelser, ibland ända upp till tiotusen, medan kopplingselementen i en datamaskin normalt har två, högst tre, med nuvarande teknik. Dessutom är neuronernas reaktionsberedskap på en inkommande impuls beroende av ett tröskelvärde som bestäms av det fluidum som omger cellerna. Detta introducerar en graderad reaktion på inkommande stimuli från exempelvis människans sinnesorgan. I ett "uppjagat" sinnestillstånd reagerar man exempelvis för minsta ljudknäpp, medan man i motsatta förhållandet kan uppleva en slamrande kakafoni av oljud utan att irriteras. Dessa egenskaper kan i jämförelse med en datamaskin beskrivas som en kombination av en analogimaskin och en siffermaskin, dvs. till-från reaktionerna har satts i beroende av en matematisk funktion i en glidande skala.

Man har beräknat vad ett simulata av den mänskliga hjärnan skulle belöpa sig på i framställningskostnader med nuvarande (1965) teknik. Med något förenklade antaganden, bl.a. att avstå från den ovan beskrivna analogifunktionen, skulle man komma fram till helt orealistiska kostnader. Om man kalkylerar med en massproducerad, artificiell hjärncell till en kostnad av endast 0,25 kr/styck och varje intern förbindelse dem emellan till 0,05 öre/styck får man en slutsumma av storleksordningen en miljard miljarder kronor. Att realisera ett sådant projekt torde helt ligga utanför rimlighetens gränser.

Man utforskar dock vissa genvägar i konstruktionen av en artificiell hjärna. I den mänskliga hjärnan är åtskilliga sällan utnyttjade, eller rentav onödiga funktioner inmängda bland neuronerna och förbindelserna dem emellan, s.k. redundans. Med en avsevärd reduktion i antalet celler, ett minimum av redundans och en "tekniskt" anpassad systemorganisation skulle ett simulata av den mänskliga hjärnan möjligen kunna utföras i verkligheten.

Inom de f.n. synnerligen snabbt expanderande områdena elektroniska räknekretsar, logiska element och automatisk styrning prövas även andra vägar för att med olika syfte efterlikna mänskliga reaktioner och funktioner. Flera projekt härvidlag torde kunna betraktas som led i den utvecklingsdrivande idéprogressionen automata-simulata. För utforskning av vissa renodlade psykologiska beteendeformer har man sålunda programmerat en datamaskin med ett antal mönster

för känsloreaktioner. Detta forskningsprogram har kallats *Project Aldous* — namnet tydligen inspirerat av Huxley's *Brave New World* — och omfattar i korthet en instruktion till maskinen att "känna" kärlek, fruktan och vrede, allt graderat i tio steg. Sina erfarenheter av dessa känslor lagrar maskinen i två tidsskalor i minnet. I den ena skalan minns "Aldous" de mera näraliggande intrycken, i den andra är den (han?) mera långsint. Programmeringen har vidare gjorts så, att ett starkt känsloutbrott av exempelvis vrede dominerar över de andra, varvid "Aldous" kan komma i emotionella konfliktsituationer, vilket är en av de psykologiska reaktioner som man vill studera i detta forskningsprogram. Vidare har man sökt programmera olika förebilder för sådana själsliga egenskaper som initiativförmåga och beslutsamhet för att analysera återverkan mellan dessa och de rent känslomässiga reaktionerna.

Avsikten med "Projekt Aldous" är dock primärt inte att åstadkomma ett simulata av människans känsloliv, utan får närmast betraktas som ett exempel — bland många — på teknikens tvärvetenskapliga funktioner. Här som förmedlare av forskningsmetoder och instrumentering till psykologin. Programmering av datamaskiner, resp. konstruktion av logiska kretsar har används bl.a. för studier inom pedagogiken (inlärningsförlopp, retention) språkvetenskap osv. En trolig utveckling är emellertid att dessa tvärvetenskapliga forskningsprogram även kan leda till tekniskt och funktionsmässigt användbara simulata av mänskliga reaktioner. En tänkbar tillämpning är att sådana simulata skulle kunna fatta snabba beslut — och vidtaga åtgärder enligt ett inlärt, "Aldous"-liknande mönster — vid exempelvis katastroftillbud vid automatisk styrning och övervakning av en tillverkningsprocess.

Androider

De mekaniska dockorna, som simulerade mänskliga beteenden och som hade sin blomstringstid på 1600- och 1700-talen, återuppstod i ny gestalt på 1920-talet. I spåren av industrialismens frambrytning på bred front följde en debatt om "den själlösa maskinen", som övertog allt fler arbetsfunktioner och som ansågs t.o.m. hota människans integritet. Den tjeckiske författaren Karel Čapek skrev i början på 1920-talet ett skådespel, som lät mycket tala om sig, där han låter människoliknande maskinmonster — skapade av människor — först göra sina herrar till slavar och slutligen gå till revolt mot hela mänskligheten. Med sitt skådespel berikade Čapek vårt språk med or-

det *robot*, som benämning på detta slag av androider. På scenen segrade Čapeks robotar över mänskligheten, men deras herravälde blev något av en västgötaklimax då de snart kom underfund med att de själva inte hade intelligens nog att finna ut hur de var konstruerade. I skådespelets happy end låter Čapek en vis filosof — som överlevt revolten — träffa ett par godmodiga robotar och får dem att fatta tycke för varann. Robotrasen kunde fortleva, men nu som människans tjänare.

Čapeks robot var inte bara ett intressant inlägg i debatten om maskinkulturen, den inspirerade också till en lång rad konstruktioner av "plåtmänniskor" med mer eller mindre människoliknande utseende och beteenden. Åtskilliga sådana robotkonstruktioner har sedan slutet av 1920-talet blivit berömda attraktioner vid världsutställningar, varumässor och i reklamsammanhang. Inom filmen har robotar i olika skepnad varit en omhuldad genre alltsedan den klassiska "Metropolis" (1926).

Ur många synpunkter kan dessa simulata avfärdas som kuriosa — eller "ingenjörsleksaker" — men till arten är roboten föregångare till dagens allvarliga försök att utveckla självgående mekanismer för att efterlikna humanoida, mekaniska reaktioner — gripförmåga, armrörelser, förflyttning — i olika slags hjälpmaskiner bl.a. för att hantera strålningsfarligt material och för sådana militära ändamål som exempelvis minröjning. Med avancerad servoteknik och återkopplade system för rörelsefunktionerna kan stor precision och höga prestanda i övrigt erhållas. Vid dessa maskiner har man givetvis avstått från den yttre likheten med människan. Flera amerikanska robotprojekt av detta slag rapporteras (exempelvis *Handyman, Beetle*) med högt uppdriven följsamhet i de återkopplade rörelsefunktionerna. Likartad teknik tillämpas också i de automatiska anordningar, som nu håller på att utprovas för att släppas ned i mjuklandning på främmande planeter, för att där undersöka markens beskaffenhet, atmosfärens sammansättning, strålningsförhållanden och mycket annat. Dessa miniatyrlaboratorier — som kan sägas efterlikna funktionerna hos ett forskarlag — skall sedan rapportera sina iakttagelser telemetriskt till jorden. Med dessa självgående simulata av en mänsklig upptäcktsresande i universum torde dagens tekniska realitet ha kommit ganska nära science-fictionlitteraturens androider. Här är inte platsen för spekulativa prognoser om en tänkbar vidare utveckling av progressionen simulata-automata-simulata, men de skräck-

visioner som där brukar antydas om kombinationen robot-datamaskin torde utan vidare kunna avfärdas som en teknisk-ekonomisk omöjlighet. En artificiell intelligens kombinerad med simulerade, mänskliga själsreaktioner (exempelvis *Project Aldous*) inplanterade i en mekaniskt högt utvecklad robot *(Handyman, Beetle)* ger utan tvekan flykt åt fantasin hos science-fiction författare, som då emellertid alltmer närmar sig ren *fiction* och fjärmar sig definitivt från *science* (21).

Inom möjligheternas gränser ligger dock tillkomsten av en problemlösande intelligensmaskin, ett simulata — "elektronhjärna" — i ordets tekniska bemärkelse som, när och om den realiseras, ställer ett fantastiskt tids- och arbetsbesparande hjälpmedel till mänskligheten förfogande. En intelligensmaskin av det slag som antytts i det föregående skulle för första gången ge oss möjlighet att helt utnyttja den mänskliga hjärnans spekulativa och skapande tankeförmåga.

En framtida utveckling av robotmaskiner — med eller utan människoliknande skepnad — kommer med all sannolikhet att inriktas på en ytterligare mekanisering av sådana uppgifter som är omöjliga eller farliga för människan att utföra, i dag exemplifierade av tillämpningar inom rymdforskning och på det militära området.

Källor och litteratur

1. *S. Linné.* Mexican Highland Cultures, Stockholm 1942.
2. *Singer* (editor). A History of Technology, Vol. III, London 1957.
3. *Salomon de Caus.* Les Raisons des Forces Mouvantes. Paris 1615 (Kungl. Biblioteket, Tessinsaml.).
4. *C. H. Gibbs-Smith.* Sir George Cayley's Aeronautics 1796—1855. London 1963.
5. *G. Langenfelt.* King Alfred and the First Time-measurer. Dædalus 1962.
6. *Silvio Bedini.* Automata in the History of Technology. Technology and Culture, IV 1964.
7. *Pierre Dubois.* Histoire de l'Horologerie. Paris 1849.
8. *Chapuis-Droz.* Les Automates, Neuchatel 1952.
9. *D. E. Smith, J. Ginsburg.* From Numbers to Numerals and from Numerals to Computation. James R. Newman (editor) The World of Mathematics, vol. I. New York 1956.
10. *D. E. Smith.* History of Mathematics, Boston 1925.
11. Odhners historia. Jubileumsskrift, AB Original Odhner.
12. *Henry Wassén.* The Ancient Peruvian Abacus. Göteborg 1931.
13. *Tore Andersson.* Wibergs räknemaskin. Dædalus 1933.
14. Charles Babbage and his Calculating Engines. Selected Writings

by *Charles Babbage, and others.* Editor P. and E. Morrison. Dover Publ. New York 1961.

15. *Vannevar Bush.* As We May Think. Atlantic Monthly, July 1945.
16. *Stig Ekelöf.* Matematikmaskiner. Teknisk Tidskrift, mars 1949.
17. *H. M. Paynter* (editor). Palimpsest on the Electronic Analog Art. Boston 1955.
18. *A. W. Ashby.* An Introduction to Cybernetics. New York 1956.
19. *J. J. Coupling (John R. Pierce).* How to build a Thinking Machine. Astounding Science Fiction, Aug. 1960.
20. *Holger Hydén.* Neuronet och dess glia. Svensk Naturvetenskap 1962.
21. *Sigvard Strandh.* Trollkarlens lärling i dataåldern. Industria oktober 1965.