



Histirisk Byggeteknik og materialer

R U D E G L A S og termoruder

Af Søren Vadstrup.
Marts 2014



Glas

Glas fremstilles ved at smelte forskellige krystallinske mineraler som kisel og kvarts (fint sand) samt kalk sammen, og afkøle smeltmassen meget langsomt. Derved bliver den for det første amorf (ukrystallinsk), og for det andet klar og gennemsigtig. For at sænke smeltepunktet, fra omkring 1700 grader C til ca. 1200 grader C, og for at få glasmassen til at smelte bedre sammen, tilsætter man et såkaldt "flusmiddel" (flydemiddel), der enten kan være potaske eller soda, eller en blanding af begge. Disse stoffer indgår også i glassets kemi. I opvarmet tilstand bliver glasmassen, kaldt "mengen", sejtflydende, hvorved den kan formes på forskellige måder, bl.a. kan man blæse "indre" hulheder i den (blæst glas).

I glasteknologiens spæde start, for cirka 5.000 år siden, støbte man udelukkende glas i forme, herunder også de første *vinduesglas*, der så dagens lys i Romerriget omkring Kristi fødsel. Omtrent samtidig "opfandt" romerne kunsten at *blæse* glas. Der var dog først engang i 500-tallet at man begyndte at bruge blæst glas til *vinduer*.



Rudeglas i danske vinduer

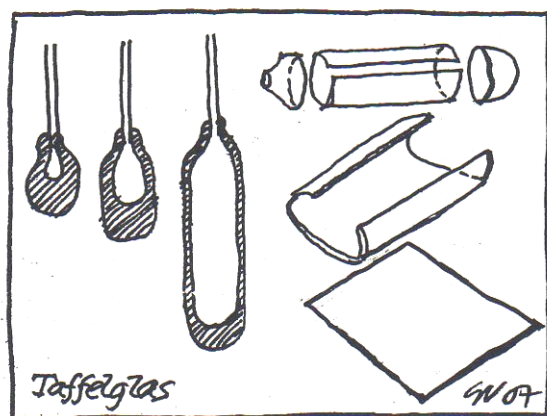
Gamle rudeglas kaster med deres smukke, livfulde spil og deres historiske budskab en særlig karakterfuldhed over ældre huses eksteriører og interiører – som det er en ren helligbrøde at ødelægge, f.eks. med nye termoruder med deres totalt døde karakterløse ruder.

Det at fremstille plane glasplader til rudeglas var helt frem til 1915 et meget krævende håndværk – langt, langt sværere end at fremstille diverse drikkeglas, skåle, flasker og karafler i hånden, som mange mennesker samler på.

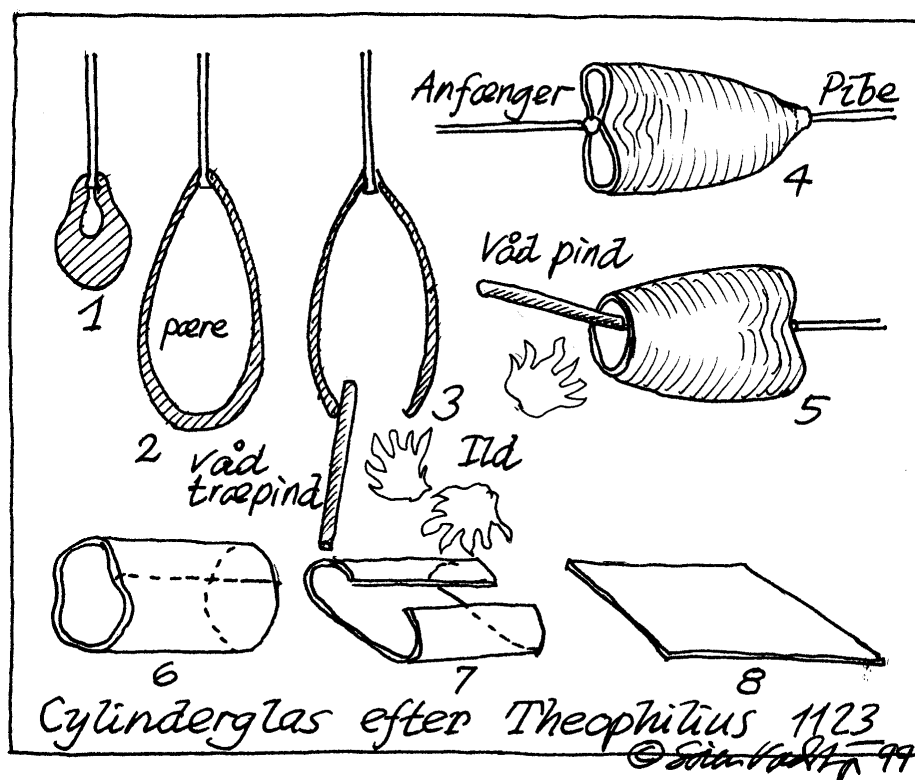
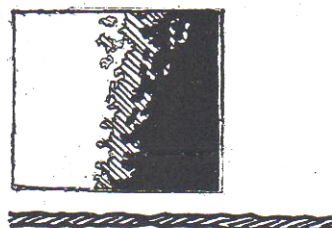
Fra 1200-tallet til idag finder vi på danske vinduer 5 forskellige glastyper, der hver har deres historie, fremstillingsmåde og særlige karakterer.

Cylinderglas/Taffelglas

Som nævnt begyndte glasmagerne engang i 500-tallet at fremstille vinduesglas ved blæsning. Det skete ved den såkaldte "cylinderglas-metode". Her blæser man en lang cylinder, der efterfølgende bliver "klippet/skåret" op i enderne og på langs og derefter rettet ud og planet, alt sammen i varm tilstand. De udrettede glasplader, kaldtes "tavler". Deraf det gamle navn "taffelglas". Middelalderens vinduesglas (1200-1500) er derfor fortrinsvis taffelglas.



Cylinderglas
ca 500 - ca 1950



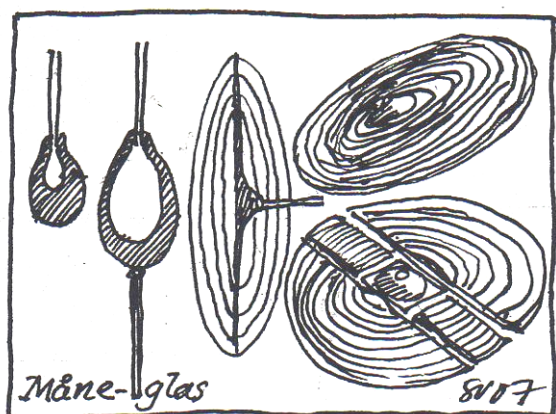
I Tyskland åbner man cylinderen i den ene ende, mens den sidder på blæsepiben og stadig er varm.

Den franske og engelske metode, er vist ovenfor.



Kronglas/Måneglas

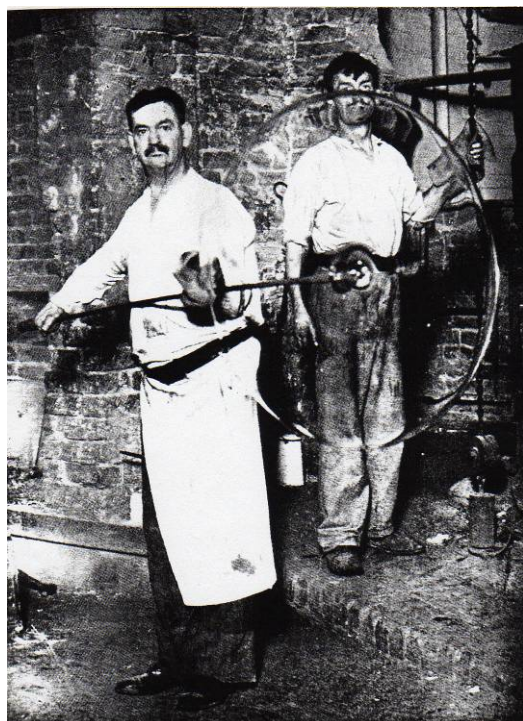
Omkring 1400 udviklede de nordfranske "glashytter" en ny metode til fremstilling af vinduesglas, den såkaldte "kronglas-metode". Ved denne blæser man en stor ballon, der åbnes i enden, hvorefter den roteres hurtigt rundt, så den åbner sig og bliver til en stor glas-skive. Selv om man af praktiske grunde ofte foretrak at "åbne" ballonen i den ende, hvor blæsepiben sad og hvor glasmassen var tyndest, hvad der krævede påhæftning af en jernstang i den diametralt modsatte ende af blæsepiben, til at rotere ballonen med, var "kronglas-metoden" langt hurtigere og mindre omstændelig, end "cylinderglas-metoden". Denne krævede bl.a. flere opvarmninger af glasset. Alligevel fortsatte de to fremstillingsmetoder til vinduesglas side om side, helt frem til begyndelsen af vort århundrede.



*Kronglas
ca 1400 - 1920*



Kronglasset har navn efter det lille "kongekrone-lignende" krater, der blev efterladt i midten af glasskiven, hvor *anhæfteren* ("roter-stangen") blev brækket af. Et andet navn var "måneglas", idet kronglasset af transportmæssige grunde blev skåret over i to "halvmåneformede" halvdele. Den lille runde fortykkelse i midten af skiven, kaldt "okseøj" eller "gallen", blev skåret fra og brugt til særlige formål, f.eks. et lille "dørvindue".



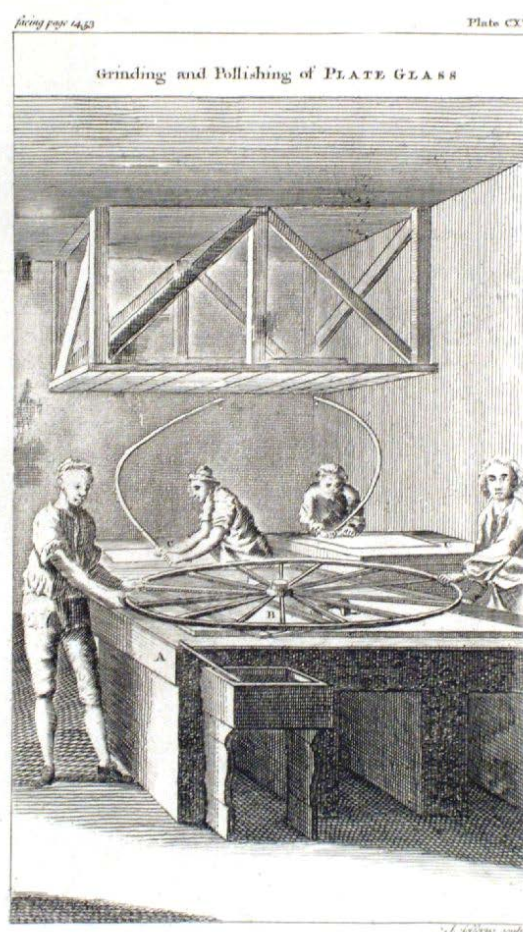
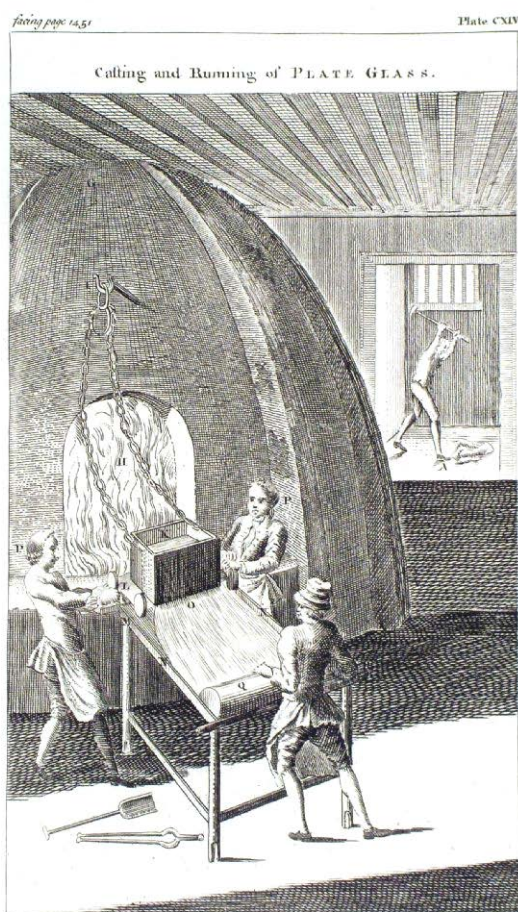
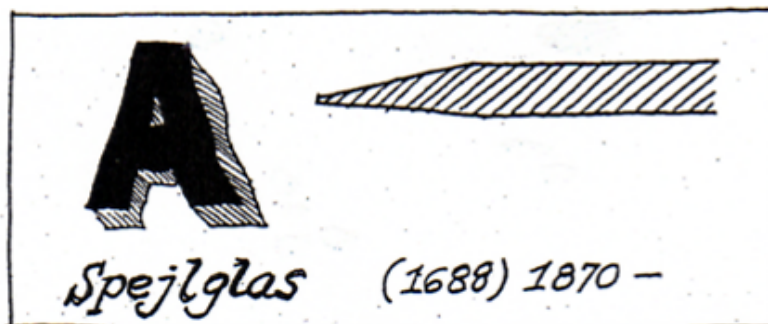
Kronglas



Cylinderglas

Spejlglas

I 1688 udviklede franskmændene de Nehou en metode til at støbe glasplader, uden blæsning. Herved kunne man opnå relativt store glasstørrelser på eksempelvis 1 x 1,5 meter. Metoden fik i første omgang ikke betydning i forhold til vinduesglas, for efter udstøbningen måtte man plan- og blankslibe samt finpolere glasset, ved en uhyre besværlig, tidskrævende og kostbar proces. Det prestigefulde glas blev, som navnet antyder, fortrinsvis brugt til spejle. Først 200 år senere, i slutningen af 1800-tallet, blev selve slibningen gjort så maskinel og billig, at vi nu kan finde spejlglasruder i vinduer, glasdøre og som større butiksruder.



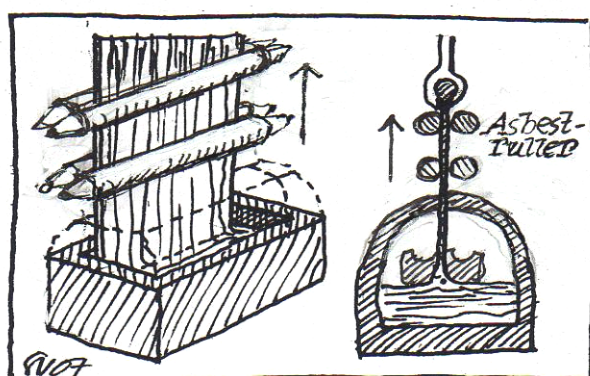
Fremstilling af spejlglas i 1700-tallet. Glasmengen hældes ud i flydende form på et plant bord. Den størknede glasplade slibes glat, blank og gennemsigtig i hånden. Først groft med en tung slibeanordning, monteret på et rundt, hjulagtigt håndtag – i forgrunden. Så finere med fine håndslibestene, der gives ekstra vægt og tryk, via udspændte bambusstokke til loftet.



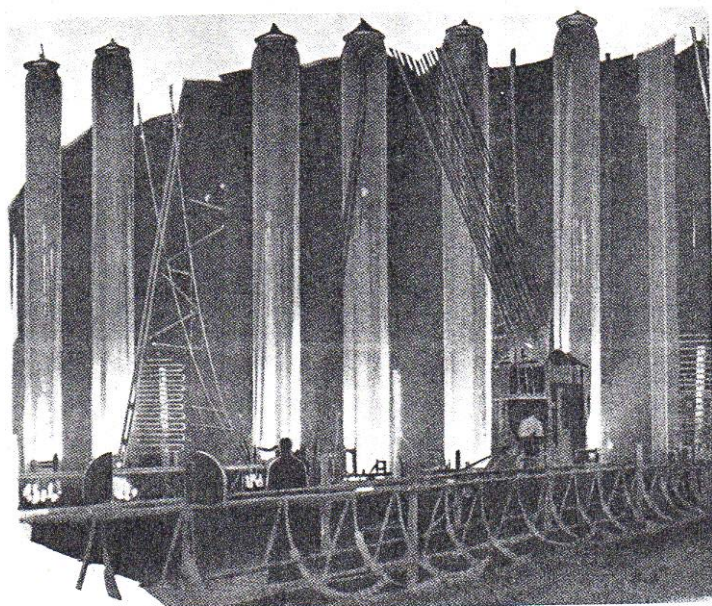
Trukket glas

Da det var den menneskelige *lunge*, der satte grænser for, hvor store cylinderglas og kronglas, man kunne fremstille, blev der eksperimenteret ivrigt med at *maskin-blæse* glasset. Det foregik som en benhård kappestrid mellem verdens 3 førende planglas-fabrikker i London (Pilkinton), Paris (St. Gobain) og Pittsburg (USA). Allerede i 1853 præsenterede Pilkinton den første glasblæsemaskine, der kunne fremstille 9 meter høje cylindere til cylinderglas, og i 1903 var man nået til en højde på cylindrene på 12 meter og en diameter på 1 meter. Men det var stadigvæk runde glasscylindere, der efterfølgende skulle rettes ud osv. - undtagen naturligvis de mange krumme vinduer eller butiks-indgange med runde glassider, der var populære på denne tid.

Men i 1915 revolutionerede St.Gobain, i øvrigt næsten simultant med fabrikken i Pittsburg, hele planglasteknologien ved at udvikle en maskine, der kunne "trække" en flydende glasmembran i plane baner i 2-3 meters bredde, i en nærmest uendelig længde. Dette såkaldt *trukne glas* lukkede og slukkede på een gang for produktionen af det blæste glas til vinduer, d.v.s kronglas og cylinderglas, der stort set forsvandt fra markedet. Det skete omkring 1920.



Trukket glas
1915 - (1970)



„Pilkington“'s Glasblæsemaskiner efter Lubbers System. Glasscylindrene er ca. 12 m høje og 2 mm tykke.

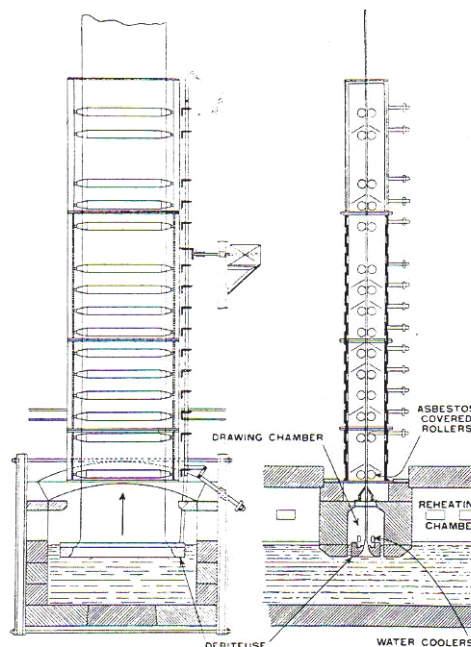


Fig. 24. Maskintrukket glasfremstilling. Fourcaults metode.

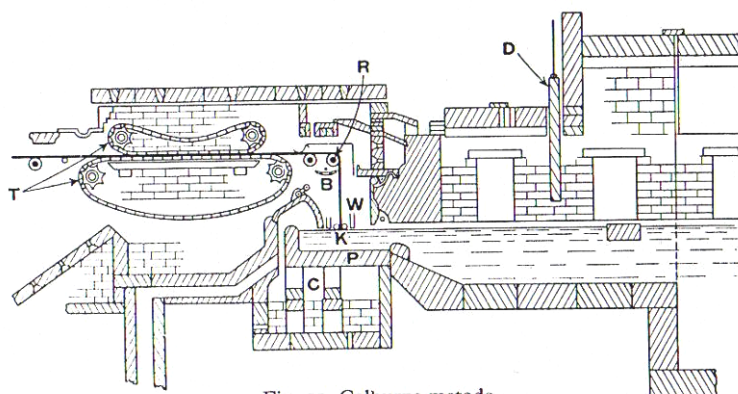
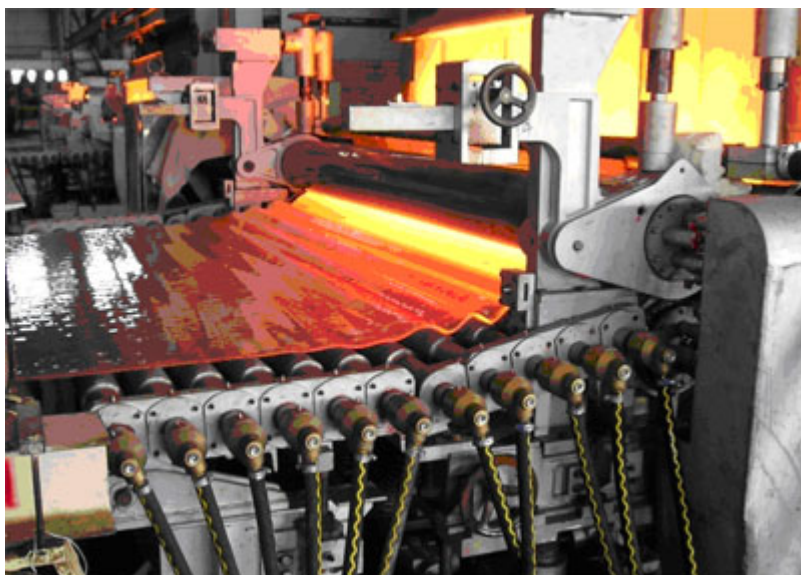


Fig. 31. Colburns metode.

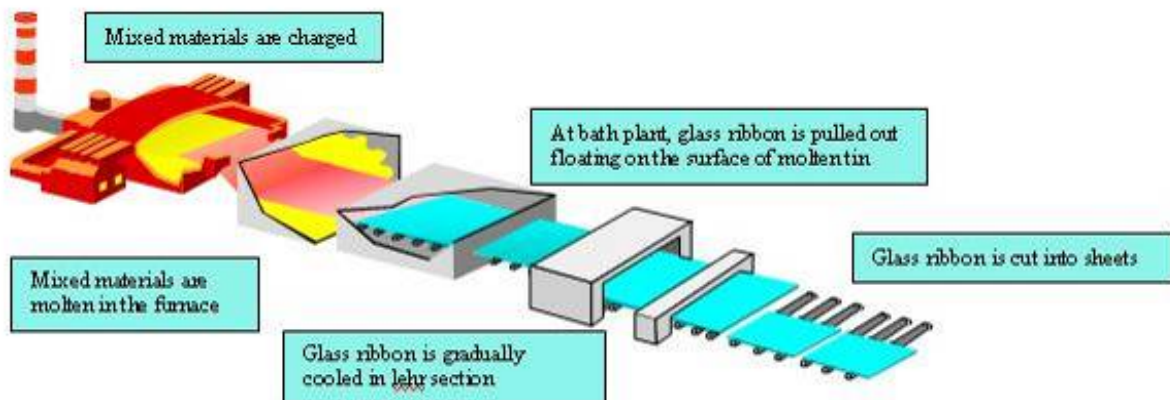
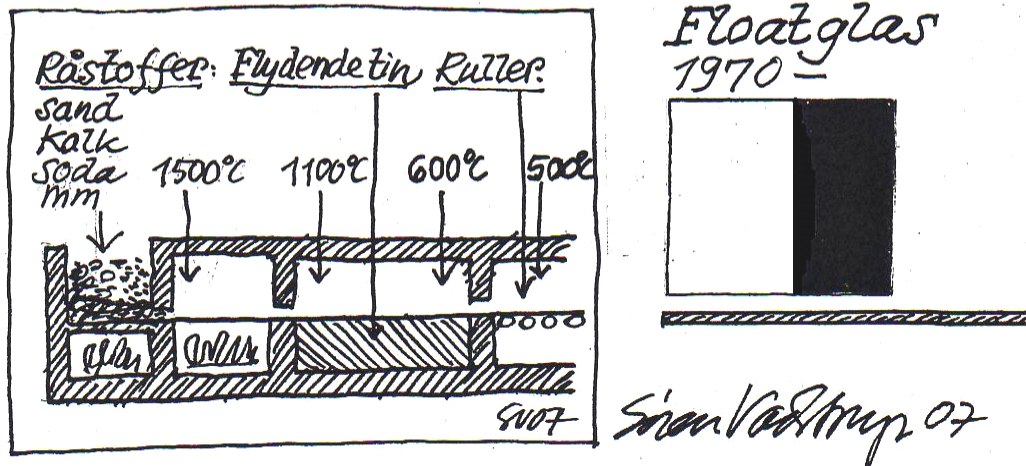
Amerikaneren Colburn fandt på at 'trække' den flydende glasplade ud vandret – stadigvæk kun til en vis længde.

Herefter var det ikke langt til den uendelige, kontinuerlige glaspladeproduktion, som vi ser i dag ved produktionen af Floatglass.



Floatglass

I 1959 var Pilkinton først på banen med at introducere det fuldstændigt plane, "fejl- og forvrængningsfrie" floatglass, hvor glasmassen, efter at have passeret et par tykkelses-regulerende valser, flyder ud på overfladen af smeltet tin, idet det samtidig "varmepoleres". Ud over hårfine tolerancer samt fraværet af "forvrængninger" i glasset, kunne floatglass fra starten produceres i en hidtil uhørt hastighed på 500 meter i timen. Denne forbedring og effektivisering medførte det trukne glas' endeligt - bortset fra enkelte tilbageværende værker i bl.a. Polen, hvor den nyeste udvikling øjensynligt ikke er nået frem endnu.



Floatglass- kontinuerlig fremstillingsproces med en hastighed af 500 m i timen.



Hvordan kan man kende forskel på de forskellige glastyper?



Kronglas



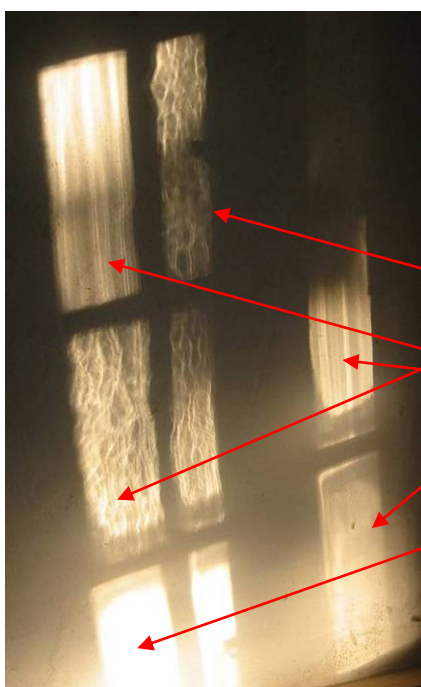
Cylinderglas



Ældre vindue forsynet med nyt floatglass



Nyt termovindue med termoruder med floatglass



Når solen skinner ind gennem rudeglassene i husets vinduer, kan man, der hvor 'skyggen' rammer en væg, kende de forskellige rudeglastyper fra hinanden meget tydeligt.

Kronglas (1450 – 1920), der ikke ses på dette billede, har en cirkulær struktur.

Cylinderglas (1450 - 1950), øverst til højre og i midten til venstre, har en 'rystet' struktur.

Trukket glas (1915 – ca.1980), øverst til venstre og i midten til højre, har en tydelig 'sribet' struktur, ofte lodret, men af og til også vandret.

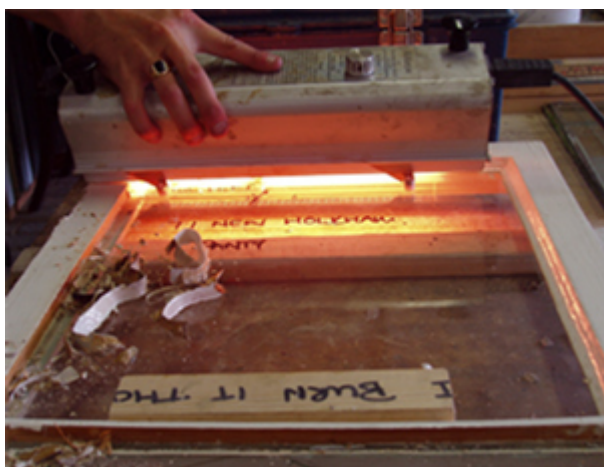
Floatglass (1970 -), nederst til venstre, er næsten uden struktur.

Pas godt på de gamle rudeglas

Man kan i dag stadigvæk få fremstillet håndlavet cylinderglas og trukket glas, men det er dels meget kostbart, dels florerer der en lang række uægte simili-produkter, som mange desværre hopper på, men som ikke har de originale rudeglas= karakter. Da disse Aantik-glas@ fremstilles industrielt og billigt, men sælges dyrt som den ægte vare, bliver man som køber endda taget godt og grundigt ved næsen.

Hvis gamle vinduer indeholder historiske rudeglas som cylinderglas og kronglas, skal disse bevares for enhver pris. Hvis der f.eks. forekommer mindre flækruder i disse sjældne rudeglas, bør man *ikke* udtage og slet ikke kassere disse, men bevare dem på stedet. Teknisk betyder revnerne ikke noget, når vinduerne er forsynet med forsatsvinduer.

Hvis det er nødvendigt at udtage gamle ruder af cylinderglas, kronglas eller trukket glas, fordi vinduesrammen skal repareres, skal dette ske med anvendelse af en speciel **kitlampe**, der varmer den gamle hårde kit op ved hjælp af en tynd stråle infrarødt lys, så den bliver blød og mulig at fjerne forsigtig.



Den patenterede **Kitlampe** består af et infrarødt varmerør, der via et langt hulspejl i lampens indre, koncentrerer varmen i en tynd stribe. Når denne anbringes oven på vinduesrammens kitfas, kitterne meget varm og selv den hårdeste, gamle kit, bliver så blød, at man kan skrabe denne af med en metalspartel.

Kitlampen kan også bruges til at udtage gamle ruder af cylinderglas eller kronglas fra gamle udtjente vinduesrammer, for at erstatte grimme floatglasruder, der har 'sneget' sig ind i gamle vinduer i ældre huse, hvor de ser helt forkerte ud.



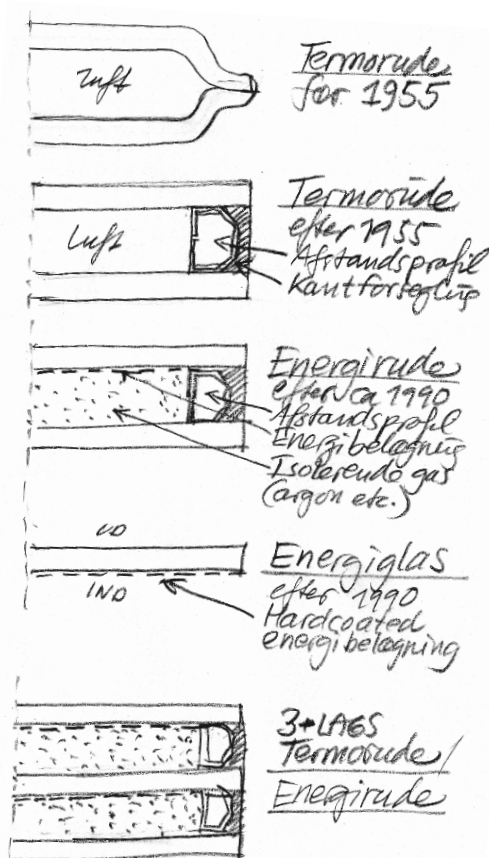
Gamle rudeglas har et helt specieltog meget smukt udtryk, som nyere rudeglas (floatglass) ikke har – specielt nye termoruder eller energiruder har et glat og samtidigt hult og uhyggeligt udtryk.



Termoruder

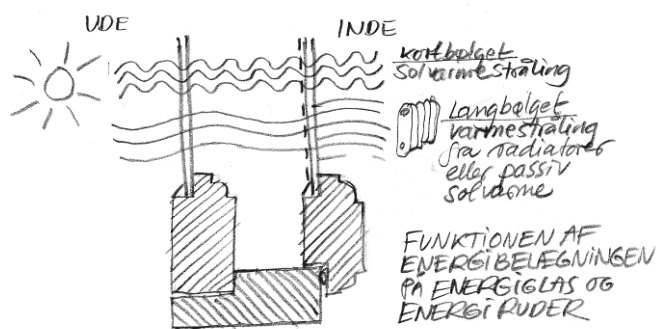
Allerede i 1865 blev der i USA taget patent på verdens første termorude. Den bestod af to stykker rudeglas (cylinderglas), der blev bøjet og smeltet sammen langs kanterne, så der opstod et lufttæt mellemrum mellem ruderne. Stillestående luft isolerer som bekendt relativt godt. Men disse isolerende termoruder var meget dyre at fremstille, og patentet fik derfor ikke den store betydning.

I 1915 kom det trukne glas på markedet, hvad der billigjorde det almindelige rudeglas og medførte at der nu kunne fremstilles meget større ruder end før. I Bauhaus i Tyskland, hvor man dyrkede de store rudeformater – uden sprosser – eksperimenterede man derfor videre med de sammensmeltede termoruder.



Men det var først da man i Belgien i 1950-erne fandt på at lime de to ruder til en metalprofil langs kanten, at termoruderne kom så langt ned i pris, at de begyndte at kunne sælges – i alle størrelser.

De første kom til Danmark i 1957-58 og de blev i første omgang brugt til de store helrude vinduer i nye parcelhuse m.v. Ofte foretrak man de 'gamle' koblede vinduer, der rent faktisk isolerede bedre, men så begyndte man at sælge termoruderne på at de var meget nemmere at pudse, idet de ikke skulle skilles ad, som de koblede vinduer. Man solgte endda de nye vinduer under navnet 'husmodervinduer', for at alle skulle kunne forstå, hvilken stor hjælp de var for husmoderen, underforstået at pudse.



Omkring 1990 blev termoruderne forbedret på to områder. For det første opfandt man en belægning, der kan lægges på ruderne i et meget tyndt lag, så tyndt, at man ikke ser belægningen, med det blotte øje. Energibelægningen tillader de kortbølgede varmestråler fra solen – udefra og ind – at passere uhindret, mens den langbølgede varmestråling fra husets opvarmning eller fra solens opvarmning af f.eks. stengulve, bremses. Derved kommer vinduet til at virke som en solfanger, der kan opfange og nyttiggøre solens varmestråling.

Den anden opfindelse, der blev gjort i 1990-erne var at blæse en ekstra isolerende luftart, argon eller krypton, ind i glasmellemrummet, hvorved termoruden kom til at isolere bedre end en tilsvarende termorude med atmosfærisk luft i glas-mellemrummet.

Man kalder disse forbedrede termoruder for 'energiruder', af nogle producenter også kaldt LAV-energiruder.

Også almindeligt floatglas kan forsynes med en energibelægning, der er 'hardcoated', fordi den skal kunne tåle, at glasset kan blive pudset, uden at energi belægningen slides af. Disse enkeltglasruder med energibelægning kaldes for *energiglas*. Energiglas har de samme egenskaber overfor den ind- og udadgående varmestråling som energiruder. De kan derfor anvendes på gamle vinduer som rudeglas i forsatsvinduer eller koblede vinduer, hvad der forbedrer energiegenskaberne for disse vinduesløsninger mærkbart.

5 fejl ved moderne termovinduer

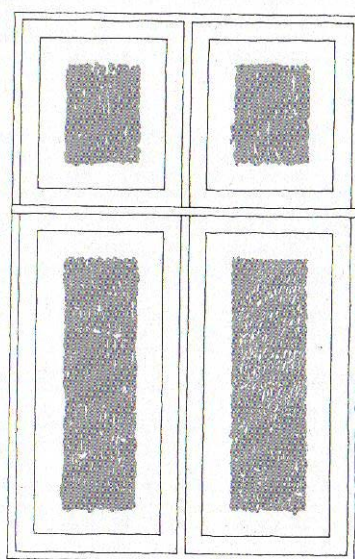
Moderne termoruder, der sælges om teknikkenes nyeste vidundere, med fine certificeringsordninger, stempler og mærkningsordninger, indeholder en række graverende fejl:

- 1 Kuldebroeffekt**
Termoruderne har en markant kuldebroeffekt langs skilleprofilerne, der dels reducerer isoleringseffekten ved små rudeformater dels skaber risiko for *termiske brud* fordi glasset, som følge af kuldebrovirkningen langs kanterne, opvarmes uensartet
- 2 Vægt og tykkelse**
Den forholdsvis store vægt og materialetykkelse medfører voldsomme og u hensigtsmæssige dimensioner, store belastninger på beslag, store vandsamlende fremspring m.m.
- 3 Ringe holdbarhed**
Termoruder er en gang teknisk lappeværk bl.a. bestående af et sammensurium af materialer, der ikke arbejder godt sammen indbyrdes: Glas, der er limet til metalprofiler og tætnet med gumfugemasse (PCB) Der gives derfor kun 5 års garanti, og den reelle levetid for bare termoruderne er i gennemsnit 17-20 år. Der sker ydermere en gradvis udsivning år for år af den dyre gasfyld, der skulle sikre ekstra god isoleringsevne.
- 4 Danske termoruder er fulde af miljøgift**
Op mod 200 ton PCB blev brugt til danske termoruder i 1960'erne og 70'erne. I dag ender vinduerne med en af verdens farligste miljøgifte i almindelig affaldsforbrænding stik imod lovgivningen. Myndighederne har kendt til problemet i årevis.
- 5 Bygningsreglementet**
Udregner man den reelle U-værdi (varmetabskoefficient) for *hele* ruden/vinduet, og ikke kun rudens *midte*, som ofte er den, der angives som rudens data, vil man bemærke at termoruder i små størrelser, svarende til ruderne i vinduer i ældre bygninger, langt fra opfylder Bygningsreglementets krav om en samlet U-værdi på 1,65 W/m²K eller et energitilskud på ÷33 kWh/m² år. Det gør de energiforbedrede, 100-200-årige gamle vinduer derimod!

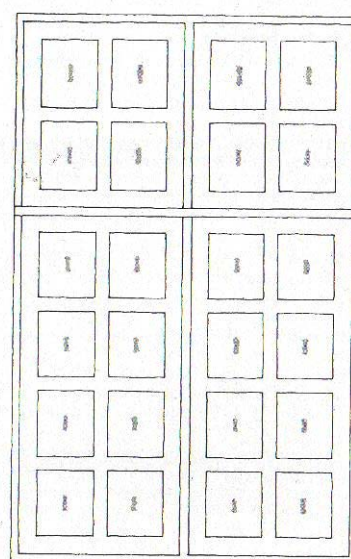
Man skal regne med at der er en kuldebro-brømme langs kanterne på ca. 10 cm, hvor termo- og energiruderne isolerer dårligere end den opgivne center-U-værdi. De 'forbedrede kanter', såkaldt 'varme kanter' – sammenlignet hermed må trævinduer have 'brændvarme' kanter – hjælper en smule på dette, men til gengæld holder disse kanter og rudere endnu dårligere end metalkanterne.



Moderne termorude med såkaldte 'varme kanter'. Disse medfører at kuldebroeffekten langs kanterne mindskes, men til gengæld holder ruden kortere tid.



TERMIVINDUE
Omkredsen af rudernes kantkonstruktion, der giver et stort varmetab, er her på 7,5 meter.



TERMIVINDUE MED GENNEMGÅENDE SPROSSER
På grund af sprosserne er omkredsen af rudernes kantkonstruktion (der giver et varmetab) her øget til 19,6 meter.



Litteratur

Skotz-Hansen, K (1949: *Glarmesterbogen*. København 1949.

Dansk Teknologisk Institut (1992): *Termoruder. Energiruder*
Energi-spare Information, Energisparebranchens informationsudvalg og Energistyrelsen, 1992.

Vadstrup, Søren (1998/3): *Gamle glastruder - en næsten overset dansk kulturskat*
Bygning - By og Land, nr. 41, december 1998

Vadstrup, Søren (1998/4): *Bevarelse og istandsættelse af gamle vinduesglas*
Bygning - By og Land, nr. 41, december 1998

Vadstrup, Søren (1998/2): *Gode råd om vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer*
Raadvad-Centeret, 1998.

Vadstrup, Søren (1999/2): *Termovinduer på anklagebænken*
Bygning - By og Land, nr. 42, marts 1999

