DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

28/4 1920

HELTØJSHOLLÆNDEREN

I OG II

EN THEORETISK UNDERSØGELSE

AF

SIGURD SMITH
CAND. POLYT., OVERINGENIØR
M. I. F.

I KOMMISSION
FOR DANMARK:
H. HAGERUP, KØBENHAVN
FOR NORGE:
PAPIR-JOURNALEN, KRISTIANIA
FOR SVERIG OG FINLAND:
SVENSK PAPPERS-TIDNING, STOCKHOLM
1919

HELTØJSHOLLÆNDEREN

Forsvaret finder Sted den 28. April Kl. 2 1920
i Den polytekniske Læreanstalts Festsal.

HELTØJSHOLLÆNDEREN

K

Denne Afhandling er af den polytekniske Læreanstalts Lærerraad efter Indstilling af Censorerne H. I. Hannover og E. Schou antaget til at forsvares for den tekniske Doktorgrad.

Den polytekniske Læreanstalt, København, den 14. November 1919.

H. I. HANNOVER.
Direktør.

TEKNISK BIBLIOTEK

HELTØJSHOLLÆNDEREN

I OG II

EN THEORETISK UNDERSØGELSE

AF

SIGURD SMITH
CAND. POLYT., OVERINGENIØR
M. I. F.

I KOMMISSION
FOR DANMARK:
H. HAGERUP, KØBENHAVN
FOR NORGE:
PAPIR-JOURNALEN, KRISTIANIA
FOR SVERIG OG FINLAND:
SVENSK PAPPERS-TIDNING, STOCKHOLM
1919

Copyright by H. Hagerup, København.

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

FORORD.

Ved at jeg fordybede mig i Spørgsmaalet om Konstruktion af en Hollænder til Kludeheltøj, der skulde have samme gode Egenskaber med Hensyn til Stoffets Behandling som en forhaandenværende lille Hollænder, men som skulde være af dobbelt Størrelse med Hensyn til Fyldning og Ydeevne, fremtraadte klart den fuldstændige Mangel af en Hollændertheori, der kunde anvendes til Sammenligning af forskellige Hollænderstørrelser. Jeg blev derved bragt ind paa den Række Undersøgelser, som hermed forelægges Offentligheden.

Undersøgelserne er foretagne ud fra rent fysiske og mekaniske Synspunkter og jeg er kun kommet ind paa det kemiske og papirtekniske i den Grad, som skønnedes uomgængelig nødvendigt. Hollænderen og Maleprocessen er tilstrækkelig ofte bleven prøvet og beskrevet ud fra papirtekniske Synspunkter, hvorimod Savnet af fysiske Undersøgelser vedrørende denne Maskine har været haardt følt ikke mindst af dem, som har haft med Konstruktion og Planlæggelse af Hollændere at gøre.

Den absolutte Utilgængelighed af Malestedet i Hollænderen gør enhver direkte Iagttagelse umulig. Fremgangsmaaden maatte derfor blive den, at der blev foranstaltet Maalinger af alt, hvad maales kunde og Opgaven var saa i Forsøgsresultaternes Labyrinth at finde den røde Traad, den Forklaring, som uden at føre til Selvmodsigelse kunde anvendes paa alle de kendte Fænomener. Hvorvidt dette er opnaaet vil vel kun Fremtiden kunne afgøre, hvis det maatte lykkes at faa Theorien anvendt paa et større Antal Tilfælde end det her har været muligt. Afhandlingen vil dog formentlig allerede af den Grund have Interesse, at det gennem den er paavist, at en exakt Behandling af Hollænderproblemet ligger indenfor Mulighedernes Grænse, hvilket der undertiden er ytret Tvivl om.

Jeg har maattet indskrænke mig til at paapege, hvilke Data der er afgørende for en Hollænders Virkemaade og maa overlade til Fremtiden at

indsamle og bedømme de Talværdier, der skal tjene som Konstruktionsgrundlag. De afholdte Maleforsøg danner et for svagt Grundlag til at man af dem kan udlede saadanne Data og de tjener derfor nærmest som Eksempler paa, hvorledes Theorien anvendes i Praksis. Da Maleforsøgene dannede Begyndelsen til nærværende Arbejde kan de maaske i mange Henseender synes mangelfulde, men da saadanne Forsøg skal udføres uden at forstyrre Fabrikkens Drift og lægger fuldt Beslag paa en Ingeniørs Tid, har det ikke været muligt at genoptage dem efter at Materialet er gennemarbejdet og Manglerne erkendte. Paa visse Punkter findes endogsaa væsentlige Huller i Forsøgsmaterialet f. Eks. hvor det gælder om at bestemme Indflydelsen af Maletryk og Stoftæthed paa Hollænderens Maleævne, ved Analysen af det specifikke Kraftforbrug o. fl. St.

Der skal paa dette Sted rettes en Tak saavel til Bestyrelsesraadet for A/S De forenede Papirfabrikker, der velvilligst har stillet Midler til Raadighed til Udgivelsen af nærværende Bog, som til Selskabets Direktører og Driftsbestyrere, der har gjort det muligt for mig at indsamle det for Afhandlingen nødvendige Forsøgsmateriale og ofte paa anden Maade har været mig til Støtte. De i Bogen refererede Maleforsøg er med stor Omhu og Forstaaelse udførte af Hr. cand polyt., Ingeniør *Foul Schou*.

Charlottenlund, April 1919.

SIGURD SMITH.

INDHOLD.

Side

Oversigt 1

I. Virkemaade og Maleevne.

I. Maletøjets Geometri 11
II. Har Valsens Transportevne direkte Betydning for Maleevnen? 19
III. Hollændermalingens Indvirkning paa Stoffet. Stoffets Karakter ... 22
IV. Malevirkningens Theori 30
V. Maletrykket 44
VI. Malevirkningens Afhængighed af Tryk og Stoftæthed 48
VII. Sammenlignende Maleforsøg 59

II. Kraftforbruget.

I. Maaling af Kraftforbruget 71
II. Maletøjets Kraftforbrug. Det specifikke Kraftforbrug 78
III. Friktionsforsøg og Ituslidningsforsøg 91
IV. Kraftforbruget til Valsens Rotation i Stoffet 108
V. Parallele Knive. Største og mindste Snitvinkel 122

OVERSIGT.

ENHVER, som har haft noget med Papirmagerkunsten at gøre, vil hurtigt være blevet klar over den overordentlig store Betydning, som Hollænderne og deres Forarbejdning af Stoffet har for det færdige Produkt. Er et Stof urigtigt behandlet i Hollænderen, vil der som oftest intet være at stille op med det paa Papirmaskinen, man vil ikke kunne faa det tilsigtede Produkt ud af det. Erkendelsen heraf har tydelig givet sig Udslag i Talemaader som Tyskernes: »Im Holländer wird das Papier gemacht«, eller »Hollændermølleren er min højre Haand; Maskinføreren min venstre«.

Til Trods for denne Maskines store Betydning hersker der dog en paafaldende Uklarhed over, hvorpaa dens Virkning beror. Herom vidner tydelig de talrige Diskussioner om dette Emne i Fagpressen, ja det synes ligefrem at være uudtømmeligt.

»Een tror, at man ved størst mulig Stoftæthed, en anden ved hurtigst muligt Omløb, en tredje ved korteste Maletid bedst ser sin Regning« [1]). Medens nogle paastaar, at man ikke i de moderne store Hollændere kan opnaa den i de gamle smaa Hollændere opnaaede Malevirkning [2]) og støtter denne Paastand paa talrige Eksempler, holder andre paa, at dette meget vel er muligt, man har blot ikke »været heldig« med at faa de rette Forhold i den nye store Hollænder [3]).

En væsentlig Grund til den herskende Uklarhed og til de stadig tilbagevendende Diskussioner turde ligge deri, at ved Hollændermaling spiller saa overordentlig mange Faktorer ind, at een eller flere af disse oftest overses eller glemmes, og det er derfor paa Forhaand umuligt at opnaa Forstaaelse mellem de diskuterende. En virkelig Bedømmelse af en Hollænders Arbejde vil ikke kunne faa Udtryk i et simpelt subjektivt Skøn; der vil som oftest fordres en indgaaende Undersøgelse og talmæssige Udtryk for de enkelte Faktorer for at fremskaffe en troværdig Vurdering af Hollændernes Arbejde.

Ej heller blandt de Fabrikanter, der bygger Hollændere, synes der at være stor Klarhed over, efter hvilke Principper Hollænderne bør dimensio-

[1]) Wochenblatt für Papierfabrikation (betegnes i det følgende ved W. f. P) 1915 Side 1717.
[2]) Se bl. a. W. f. P. 1915 Side 1355 og 1494.
[3]) W. f. P. 1915 Side 1575.

neres. Ved Gennemgang af 6 Hollænderkataloger fra 5 forskellige Firmaer findes meget afvigende Dimensionering af Hollændere for samme Indhold. Udregner man f. Eks. Snitlængden pr. Sekund, en Størrelse, der — som det senere vil blive vist — er af overordentlig stor Betydning for Hollændernes Maleevne, vil man ved at beregne denne for en 150 kg Hollænder efter de forskellige Kataloger for een og samme Periferihastighed se, at denne Størrelse varierer mellem 2200 og ca. 7500 Meter pr. Sekund. Undersøger man paa den anden Side, hvorledes samme Fabrikanter lader Snitlængden pr. Sekund vokse med Hollænderstørrelsen, vil man se, at medens nogle lader den vokse omtrent i samme Forhold, lader andre den kun vokse omtrent i Forhold 1 : 1,4, naar Hollænderen vokser fra 150 til 600 kg. Indhold. Valsens Vægt, som i Forhold til Knivenes Antal og Dimensioner spiller en væsentlig Rolle ved Malevirkningen, opgives som Regel ikke i Katalogerne. Det kan ikke undre, at Papirmageren under disse Forhold kan lide bitre Skuffelser ved Overgang fra een Hollænderstørrelse til en anden, og at mange konservativt holder paa de smaa gamle Hollændere, hvis Virkemaade de kender. Fabrikanterne savner aabenbart faste Holdepunkter for Dimensioneringen af Hollændernes Maletøj — herved forstaas Valse og Grundværk. Naar der opgives en Maskinfabrik, at den skal lave en Dampmaskine for en bestemt Hestekraft ved et bestemt Damptryk og Omdrejningsantal, vil Maskinfabrikken efter een Gang fundne og prøvede Beregningsregler være i Stand til med stor Nøjagtighed at bestemme Maskinens Hoveddimensioner, og disse vil næppe falde meget forskelligt ud, hvad enten man henvender sig hos den ene eller den anden Virksomhed. Anderledes hvis man ønsker at købe en Hollænder til et bestemt Indhold. Ved Dimensioneringen af dennes Maletøj synes det som om Maskinfabrikkerne er henvist til at arbejde efter et ret løst underbygget Skøn.

Vender man sig nu fra Papirmagerne og Maskinfabrikanterne til Videnskabsmændene, kan man ikke sige, at der findes større Enighed om Synspunkterne blandt disse. Bliver man f. Eks. stillet overfor den Opgave at bygge en Hollænder, hvis Maleevne skal være dobbelt saa stor som en given Hollænders, og som skal levere Stof af samme Karakter, vil man ved at studere de forskellige Værker, der er udgivet om Hollænderne, finde meget forskellige Synspunkter.

Den første, som forsøgte at opstille bestemte Beregningsregler for Hollænderne, var Ferdinand Jagenberg i Remscheid (tidligere Papirfabrikant), som i sin lille Bog »Das Holländergeschirr in Briefen an einen Papiermacher« i 1887 forsøgte at optrække de Hovedlinier, efter hvilke man bør bedømme Hollændernes Malevirkning [1]). Senere har Professor Kirchner i Chemnitz

[1]) Jagenberg tilhører en gammel Papirmager-Slægt og var efter at have gennemgaaet Gewerbeakademi i Berlin i en Aarrække Papirfabrikant, hvorefter han gik over til væsentlig at drive Fabrikation af Hollændervalser og Grundværker. Af denne Virksomhed fremkom den nævnte Bog, som har vundet betydelig Anseelse og har dannet Grundlaget for de fleste senere Forfatteres Arbejde.

beskæftiget sig med Sagen [1]) og derefter Strobach [2]), Direktør for Olleschau'er Papirfabrik i Østrig. Endvidere har Professor Haussner i Brünn i sin Bog: »Der Holländer«, Stuttgart 1902 og senere i W. f. P. [3]) anstillet theoretiske Betragtninger over Hollænderens Malearbejde, og Professor Pfarr i Darmstadt har i 1907[4]) udgivet et Foredrag om Hollænderen, i hvilket han søger at komme til et Udtryk for dens Maleevne. Endelig har Clayton Beadle og Henry Stevens i England anstillet meget indgaaende Forsøg med Hensyn til økonomisk Hollændermaling og mikroskopiske Maalinger for at undersøge Malevirkningen i Hollænderen [5]).

Jagenberg kommer til det Resultat[6]), at det Tryk, hvormed man maler, i Forbindelse med Antallet af Snit pr. Sekund er afgørende for Maleevnen af en Hollænder. Kirchner sætter Knivenes skærende Virkning afhængig af Snitlængden pr. Sekund, Antallet af Krydsningspunkter for Knivene og af Trykket[7]). Haussner er derimod af den Anskuelse, at der overhovedet ikke finder nogen Skæring Sted imellem Hollænderknivene, men alt beror paa en Knusning og Ituslidning mellem Knivfladerne[8]). Strobach[9]) sætter Hollænderens skærende Virkning proportional med Snitlængden pr. Sekund og dens knusende Virkning proportional med Produktet af Berøringsflade, Valsetryk og Knivhastighed, medens Kirchner[10]) indskrænker sig til at anføre, at disse tre Størrelser samt det Antal Gange i Sekundet, en Valsekniv møder en Grundværkskniv, er af Betydning for Knusningen og Ituslidningen af Stoffet. Pfarr[11]) holder for, at i første Række har Stoffets mere eller mindre hurtige Omløb i Hollænderkarret Indflydelse paa Maleevnen, men vakler iøvrigt imellem, hvorvidt man derefter skal tillægge Snitlængden pr. Sekund afgørende Betydning, eller om det kommer an paa Produktet af Knivhastighed og Berøringsareal. Clayton Beadle og Stevens mener, at der ikke finder nogen Skæring Sted, naar Valseknive og Grundværksknive er parallele [12]), men kun naar de danner en Vinkel med hinanden, samt at Stoffets Omløbshastighed er uden Indflydelse paa Maleevnen [13]). Iøvrigt betragter de nærmest

[1]) Forskellige Artikler i W. f. P. samt i »Das Papier« IV, Ganzstoffe, Gratisbeilage des W. f. P.

[2]) W. f. P. 1904: Holländer-Theorie.

[3]) W. f. P. 1908: Die Zerkleinerungsarbeit im Holländer.

[4]) W. f. P. 1907: Holländer und deren Kraftverbrauch.

[5]) Clayton Beadle: Chapters on Paper-Making. Heraf hedder vol. 5: C. Beadle and H. P. Stevens: Concerning the Theory and Practice of Beating, 1908. I nærværende Afhandling er henvist til den tyske Oversættelse: Clayton Beadle und Dr. Henry Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens. Deutsch von Ing. Carl Franck. Berlin 1911.

[6]) Holländergeschirr, zweite Auflage, Remscheid 1894.

[7]) Das Papier IV, Ganzstoffe Side 43, Spalte 2.

[8]) Die Zerkleinerungsarbeit im Holländer, Sonderabdruck Side 4.

[9]) Holländertheorie. W. f. P. 1904 Side 758—60 og Side 2155.

[10]) Das Papier IV, Ganzstoffe Side 43, Spalte 1.

[11]) Holländer und deren Kraftverbrauch. Sonderabdruck Side 19—21.

[12]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 16—18.

[13]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 191. — Iøvrigt udtaler Prof. Haussner sig ogsaa i »Der Holländer« Side 114 imod den Anskuelse, at Stofomløbet skulde have direkte Indflydelse paa Maleevnen.

Udplukningen eller Udredningen af Fibrene som Hollænderens Hovedopgave i hvert Fald for de almindelige Papirsorter.

Grunden til denne Uenighed og Uklarhed over de afgørende Betingelser for Maleevnen maa — det erkendes af de fleste af de nævnte Forfattere — søges i Manglen af brugelige Forsøg. Der foreligger alt for faa og ufuldstændige Forsøgsrapporter over Hollændermaling, til at man derpaa har kunnet bygge en Forklaring af Hollænderens Virkemaade. Formaalet med denne Afhandling skulde være ved theoretiske Undersøgelser, støttede paa praktiske Iagttagelser og Forsøg, at komme til Bunds i de Forhold, hvoraf Maleevnen afhænger og at undersøge Berettigelsen af ovenfor citerede Anskuelser for saa vidt angaar Malingen af Heltøj.

De Undersøgelser, hvorpaa det følgende støtter sig, er alle udførte ved Heltøjsmaling. Forsøgenes Resultater gælder i første Linie vel udmalede og stærke Papirer af Cellulose og Kludestof. Hvorvidt Resultaterne ogsaa kan udstrækkes til at gælde tarveligere Papirsorter, der kun fordrer ringe Udmaling f. Eks. mange Cellulosepakpapirer og til træmasseholdige Papirer, kan kun afgøres ved yderligere Forsøg, men der er meget, der taler for, at det ved disse Papirer delvis er andre Forhold, der er afgørende for Hollænderens Virkning. Det bør derfor fastholdes, at nærværende Undersøgelse kun gør Fordring paa at gælde for de Tilfælde, hvor Hollænderen virkelig skal tjene som et Maleorgan til Findeling af Stoffet og ikke blot som en Maskine til Udpiskning og Blanding.

Bogens Indhold maa i sin Helhed betragtes som nyt saa vel med Hensyn til Resultater som til Fremstillingsmaade. I de Tilfælde, hvor tidligere Forfattere har givet en saa fyldig og god Fremstilling, at der intet har været at tilføje, er der henvist til vedkommende Afhandlinger (f. Eks. vedrørende Variationer i Berøringsfladens Størrelse under Valsens Omdrejning samt vedrørende de Forhold, under hvilke Stoffet forlader Valsen). Det er kun Afsnittet om Hollændermalingens Indflydelse paa Stoffet og til Dels Afsnittet om Maletøjets Geometri, der i væsentlig Grad er støttede paa tidligere Arbejder.

Af formelle Hensyn skal allerede paa dette Sted i Bogen gives en Oversigt over dens Indhold. Bogens første Halvdel handler i det væsentlige om Hollænderens Virkemaade og Maleevne, medens den sidste Halvdel drejer sig om Kraftforbruget.

Første Dels Indhold kan i Korthed resumeres i følgende:

Det er godtgjort ved Forsøg, at Prof. Pfarr's Theori, om at Maleevnen af en Hollænder skulde staa i direkte Forhold til Stofomløbets Hurtighed, ikke holder Stik. Forsøgene blev afholdt med 4 Hollændere af forskellig Størrelse

og gav, at Maleevnen forholdt sig som	4	2,7	2,5	1
medens den efter ovennævnte Theori skulde for-				
holde sig som	47	32	32	1

Hollænderens Virkning er dels en skærende (afkortende) Virkning af Knivkanterne og dels en smøretmalende[1]) Virkning ved Tryk og Ituslidning mellem Knivenes arbejdende Flader. Afkortningen kan kontrolleres ved mikroskopiske Maalinger af Fibrenes Gennemsnitslængde paa et hvilket som helst Tidspunkt af Maleprocessen (efter Clayton Beadles Methode). Smøretheden kan kontrolleres ved Maaling af Smørethedsgrad med Schopper-Rieglers Apparat. Hollændermalingens Indvirkning paa Stoffet kan saaledes angives talmæssig. De to Tal (for Afkortning og Smørethed) angiver tilsammen Stofmalingens Karakter.

Foruden de nævnte Virkninger sker der ogsaa ved Knivkanternes Virkning (og til Dels ved Valseknivenes Slag mod Stoffet) en Udredning (Børstning eller Kartning) af Fibrene, der virker med til Opløsningen af Klatter i Stoffet.

Ved Stoffets Smørethed forstaas dets Evne til at holde paa Vandet, saaledes at dette kun langsomt og kun delvis driver af paa Viren. Man maa antage, at den blødgørende Virkning, som hidrører fra, at Fibrene bearbejdes under Tryk mellem Knivfladerne, er af væsentlig Indflydelse paa Vandafdrivningstiden — Smøretheden. Det smidige, blødgjorte Stof vil, idet Vandet driver fra, lægge sig tættere og i et tyndere Lag end det raa Stof, og derved vil alle de smaa Kanaler, som findes mellem Fibrene til Afdrivning af Vandet, blive mindre og Afdrivningen langsommere. Fibrenes Blødhed er paa dobbelt Maade gavnlig for Papirets Styrke, thi ikke blot vil de blødgjorte Fibre i sig selv være mere filtelige end de raa, stive Fibre, men de vil ogsaa, derved at Vandet afgives langsommere, muliggøre en bedre Sammenrystning paa Viren. Smøretheden maa endvidere antages at hidrøre fra Fiberbundternes Opplukning i Hollænderen, som gør, at Vandet kan trænge ind overalt og adhærere til hver enkelt Fibers Overflade samt fra en Vandopsugning ind i Cellens Væg og Hulrum (Hydratisering). Knusning og Fibrillering hjælper for saa vidt til at forøge Smøretheden, som de medfører, at Stoffet faar en større Adhæsionsoverflade for Vandet og hjælper til at tætne Fibervævet, hvorved Vandafdrivningen besværliggøres.

Det er paavist ved den Maade, hvorpaa Kaolinen, naar den lægges tørt paa Hollænderen, slider Valseknivenes Forflade, at Stoffet bringes frem til Maling, idet det hænger over Valse- og Grundværksknivenes Kanter, som det bliver hængende over Æggen af en Lommekniv, der jages gennem Stoffet. Knivene bliver nemlig slidt hule paa Forsiden, som Fig. 6 viser, men Sliddet begynder først et Par Millimeter fra Kanten, denne har været beskyttet af Stofansamlingen (Stofvisken). I Valseknivenes Mellemrum findes Stof, der hvirvles rundt og derved afsætter en Stofvisk paa Grundværksknivenes Kanter.

Denne Betragtning, at Stoffet føres frem til Maling af Knivkanterne, letter os ogsaa Forstaaelsen af mange Iagttagelser. Man vil saaledes for-

[1]) Se Fodnoten Side 23.

staa, at hvis Omløbet i en Hollænder bliver saa langsomt, eller hvis Knivafstanden i Valsen er udført saa ringe, at der ikke kan ske nogen nævneværdig Indtrængen af Stof i Knivmellemrummet, vil der ikke finde nogen videre Ansamling Sted paa Knivkanterne, og Maleevnen vil i begge disse Tilfælde gaa betydeligt ned. Heri maa man rimeligvis søge Grunden til den store Vægt, der fra tysk Side lægges paa det stærke Omløb i Hollænderne; man har erkendt, at der ved tykt Stof skulde et ikke for ringe Omløb til for at give ordentlig Maleevne, og dette har ført til saadanne fejlagtige Slutninger som Professor Pfarr's tidligere omtalte. Det er ligeledes en bekendt Sag, at man ødelægger Maleevnen i en Hollænder ved at bygge Valsen med for ringe Knivafstand.

Hvis man ikke kender Stofansamlingen paa Knivkanterne, vil man i det hele taget have vanskeligt ved at forstaa, hvorledes Stoffet kan komme ind mellem Knivfladerne, hvor der oftest hersker et meget betydeligt Tryk. Friktionsforsøg, udførte med Stof mellem en Klods og en glat eller riflet Bane, viste ogsaa, at Stoffet fulgte altid med Kanterne.

Idet Stoffet bringes frem til Maling af Knivkanterne, maa man slutte, at Hollændernes skærende (afkortende) Virkning er proportional med Snitlængden pr. Sekund L_s, og at dens ituslidende (smøretmalende) Virkning bliver proportional med Hollændernes Sekundmaleflade $L_s\ (s_g + s_v)$, forudsat at Stoftætheden er ens, og at Trykket pr. cm Knivkant er ens. For at der kan ske tilstrækkelig Afsætning paa Knivkanterne, er det dog navnlig ved stor Stoftæthed af Betydning, at Valseknivenes Mellemrum er saa fyldte med Stof, at der kan finde en kraftig Hvirveldannelse Sted, og Stofomløbet i Hollænderen bør derfor ikke synke ned under den hertil svarende Grænse. Ved tyndt Stof synes det, som om man kan klare sig med mindre Fyldning i Valseknivenes Mellemrum.

Trykket har Indflydelse paa den Hurtighed, hvormed en bestemt Afkortning eller en bestemt Smørethedsgrad opnaas. Idet Knivenes arbejdende Flader ikke er dækkede helt af Stof, men kun langs Kanterne, bliver det ikke det specifikke Fladetryk udregnet efter Jagenbergs Knusningsformel, men det bliver det saakaldte Kanttryk pr. cm Knivkant, udregnet efter Formlen

$$p_K = \frac{P \cdot \pi \cdot D}{100\, m_g m_v (s_g + s_v) L},$$

som i de allerfleste Tilfælde bliver bestemmende for Trykkets Indflydelse paa Maleevnen [1]).

Trykkets og Stoftæthedens Indflydelse paa den Hurtighed, hvormed Hollænderen bliver færdigmalet (d. v. s. passende afkortet) eller opnaar en bestemt Smørethedsgrad, er undersøgt for nogle specielle Raastoffer og Resultaterne angivne i Kurver, hvis Ordinater fremstiller Antal kg Stof om-

[1]) Her betegner D, L og P Valsens Diameter, Længde og Tryk; m_g og m_v Antallet af Knive i Grundværk og Valse, s_g og s_v disses Tykkelse. Enhederne er Meter og Kilogram.

dannet til den tilsigtede Tilstand pr. Time pr. Sekundsnitmeter eller pr. m^2 Sekundmaleflade, og hvis Abscisser fremstiller henholdsvis Kanttryk og Stoftæthed. (Fig. 11, 12a, 16).

Sædvanligvis vil man ved Opgivelse af en Hollænders Maletid forstaa Tiden, indtil Fyldningen er afkortet til en passende Længde og bedømme Malevirkningen ved at sige, om Hollændermalingen er faldet mere eller mindre smøret ud. Snitlængden L_s bliver saaledes bestemmende for Hollænderens kvantitative Ydelse (Maleevnen), idet samtidig Karakteren er afhængig af Størrelsen $(s_g + s_v)$.

Da man i en Valse ikke kan sætte Knivene saa tæt sammen, som man vil, men af Hensyn til Stofhvirvlen maa holde en vis Minimumsafstand, maa Maleevnen (d. v. s. Snitlængden pr. Sekund) vokse med Valsens Diameter og Længde. Ligesaa maa Maleevnen efter de udviklede Formler vokse med Antallet af Grundværksknive og med Valsens Omdrejningstal. Hvad disse to sidste Størrelser angaar, maa man dog udvise en vis Forsigtighed, idet man kun til en vis Grad kan ændre paa disse. Antallet af Grundværksknive kan ikke med Fordel forøges i det ubegrænsede, og Knivhastigheden maa ogsaa holdes inden for visse bestemte Grænser, naar ikke Centrifugalkraft, for stor eller for lille Cellefyldning o. lign. skal kunne gøre skadelig Indflydelse gældende. Det vilde dog føre for vidt i nærværende Afhandling at komme ind paa disse Undersøgelser.

Anden Dels Indhold kan i Korthed resumeres i følgende:

Der er gjort Rede for, hvorledes man ved Maaling af Hollænderens Kraftforbrug ved Hjælp af en Elektromotor kan adskille det Arbejde, der gaar til selve Malingen mellem Valse- og Grundværksknive (Maletøjets Kraftforbrug) fra det Arbejde, der medgaar til Valsens Rotation i Stoffet og til Tomgang.

Der er dernæst anstillet nærmere Undersøgelse over hvert af de nævnte Kraftforbrug.

Tomgangsarbejdet regnes i det væsentligste at være Tapfriktion, og der er angivet et Eksempel paa, hvorledes man kan beregne denne under Hensyn til de forskellige Valsetryk, hvormed der arbejdes.

Det Kraftforbrug, der medgaar til selve Malingen mellem Valse- og Grundværksknivene, deler sig i et Kraftforbrug, der nærmest virker til Overskæring af Fibrene, og et Kraftforbrug til Ituslidning af disse mellem Knivfladerne, og der er opstillet en Ligning, som udtrykker disse to Faktorers Indflydelse paa Malekraften. Da det har vist sig at give større Overskuelighed, naar man regner med det specifikke Kraftforbrug pr. dm^2 Sekundmaleflade, end naar man regner med en Malingskoefficient, er førstnævnte Størrelse fortrinsvis benyttet ved Undersøgelserne. Det specifikke Kraftforbrug udtrykkes ved $\bar{\mu} = \mu p_K$, hvor μ er Malingskoefficienten, p_K er Kanttrykket i kg pr. cm Knivkant. Der er anstillet Forsøg over Malekraftens Afhængighed af Knivhastighed og Kanttryk, og Resultaterne er angivne i Kurveform (Fig. 26 a—g). Der er gjort Forsøg paa nærmere at forklare

enkelte af Kurvernes Ejendommeligheder. — Ituslidningskraften er undersøgt ved specielle Forsøg, ved hvilke det er lykkedes at forklare den Uoverensstemmelse, som tilsyneladende fandtes mellem d'Hrr. Prof. Haussners og Prof. Kirchners Maalinger af henholdsvis Friktionskoefficienter for Stof og Malingskoefficienter. Det fremgaar af Undersøgelserne, at ved Hollænderknivfladernes Bearbejdelse af Stoffet har vi, som Prof. Kirchner ganske rigtig har antydet, ikke med et Friktionsfænomen, men med en Ituslidning at gøre, og det er paavist, at denne kun kan optræde, naar Stoffet findes i en løst sammenfiltet Tilstand. Ituslidningskraften er maalt i et stort Antal Tilfælde, og der er foretaget en Sammenligning mellem Kurven for det specifikke Kraftforbrug og for Ituslidningskraften ved forskelligt Tryk.

Der er anstillet Betragtninger og Forsøg vedrørende den indre Friktion i Hollænderstoffet, og disse resulterer i, at man maa antage, at der for indre Friktion i Hollænderstof existerer særlige Love forskellige saavel fra de for faste som fra de for flydende Legemer gældende Love. Der er konstrueret et Apparat til Maaling af Friktionen, og det maa antages, at Loven for Friktion i Hollænderstof kan udtrykkes saaledes, at den Kraft, der skal til for at frembringe en Forskydning langs en Flade inden for Stoffet, er proportional med Berøringsfladens Størrelse, uafhængig af Trykket og uafhængig af Hastighedsdifferencen.

Kraftforbruget til Valsens Rotation i Stoffet hidrører dels fra Valseknivenes Slag mod Stoffet og dels fra Friktion af det med Valsen roterende Stof mod Stoffet i Hollænderen. Førstnævnte Aarsag kræver et Kraftforbrug, der er proportionalt med Knivhastigheden i 2. Potens, og sidstnævnte kræver et Kraftforbrug, der er proportionalt med denne i 1. Potens. Denne Omstændighed benyttes praktisk til en Undersøgelse af, hvor stor en Del af Kraftforbruget, der skyldes hver af de to nævnte Aarsager.

Sluttelig er Theorien, om at Stoffet bringes frem til Maling ved Hjælp af Knivkanterne, anvendt paa det Tilfælde, at Valse- og Grundværksknive er parallele, og det er paavist, at man ved denne Theori kan forklare de ejendommelige Forhold, der optræder i dette Tilfælde, nemlig stort Kraftforbrug og ringe Skærevirksomhed. Der er anstillet Betragtninger over Størrelsen af Snitvinklen mellem Valse- og Grundværksknive, og disse fører til, at man bør ikke af Hensyn til rolig Gang, og af Hensyn til at Hollænderen skal kunne skære, gaa til mindre Vinkel end 3^0. Paa den anden Side bør man ikke have Snitvinklen større end højst 43^0, for at ikke Knivene skal kunne skyde Stoffet fra sig. Det har ikke været muligt at paavise nogen Grund til, at en stor Snitvinkel skulde give større Skærevirksomhed end en lille, naar blot Snitvinklen ligger over Minimumsværdien, og den almindelige Antagelse, at den skærende Virkning vokser med Snitviklen, er saaledes ikke bleven bekræftet.

I.

VIRKEMAADE OG MALEEVNE.

I. Maletøjets Geometri.

Følgende Betegnelser vil blive benyttede:

P = Hollændervalsens Tryk paa Grundværket i kg.
D = Diameter af Hollændervalsen i m.
L = Længde af Valsen i m.
m_g, m_v = Antal af Knive i Grundværk henh. Valse.
s_g, s_v = Tykkelse af samme i m, maalt paa den arbejdende Flade.
d_g, d_v = Deling af samme i m (regnes altid i Bevægelsens Retning). Se Fig. 1.
B' = Grundværkets Bredde i m (regnet i Bevægelsens Retning).
B = Grundværksbredden + en Knivafstand (gælder kun for gennemgaaende Grundværksknive), altsaa $= B' + d_g - \frac{s_g}{\cos \alpha_g} = m_g \cdot d_g$.
S_g, S_v = »Springet«, hvor Grundværks- henh. Valseknive ligger skraat i Forhold til Valseaksen (maalt i m). Se Fig. 2.
n = Valsens Omdrejningstal pr. Minut.
$v = \frac{\pi D n}{60}$ = Knivhastigheden i m pr. Sekund.
α_g, α_v = Vinklen mellem en Grundværks- henh. Valsekniv og Valsens Omdrejningsakse.

I de fleste Tilfælde kan man egentlig ikke tale om nogen konstant Vinkel mellem Knivenes Kanter og Valseaksen, idet hertil fordres at Kanterne skal ligge i Skruelinier omkring Valseaksen. Da Kanterne paa Grundværksknivene opstaar ved Skæring mellem en Plan og en cirkulær Cylinder, er de altsaa i Virkeligheden Dele af Ellipser og ikke Skruelinier. Idet Grundværkerne kun slutter sig til en ringe Del af Valsecylindrens Omkreds, begaar man dog ikke nogen stor Fejl ved at regne med, at Knivkanterne fremkommer ved, at Grundværksknivene skæres af en Tangentplan til Valsen i Stedet for af selve Valsens Overflade — altsaa ved at regne med konstant Vinkel. Valseknivenes Kanter danner ej heller altid Skruelinier (naar de da overhovedet er skraatstillede), men ogsaa for disse Kanter spiller Afvigelsen kun ringe Rolle for den følgende Udvikling, idet Kanterne kun danner en lille Vinkel med Valseaksen.

I det hele taget vil vi, idet vi i det følgende udleder forskellige geometriske Formler for Hollænderens Maletøj, stadig betragte Malefladen mellem Grundværk og Valse som en plan Flade og se bort fra de smaa Unøjagtig-

heder, som derved opstaar i Formlerne, og som ikke vil spille nogen Rolle i Praksis.

Vi vil foreløbig kun betragte det Tilfælde, at alle Grundværksknivene er gennemgaaende i hele Valsebredden, altsaa alle lige lange

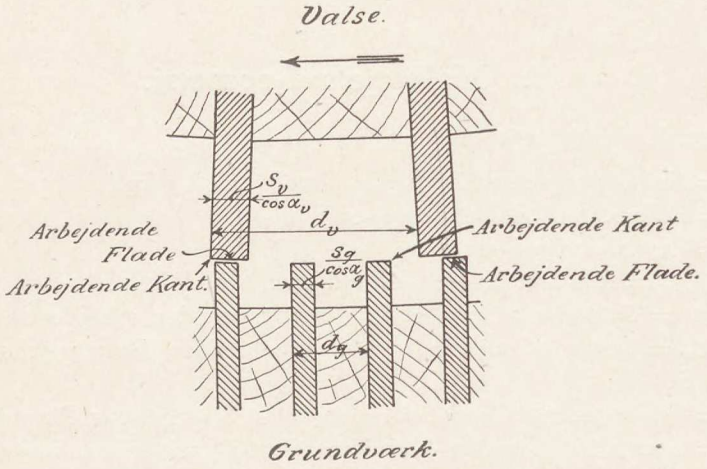

Fig. 1.

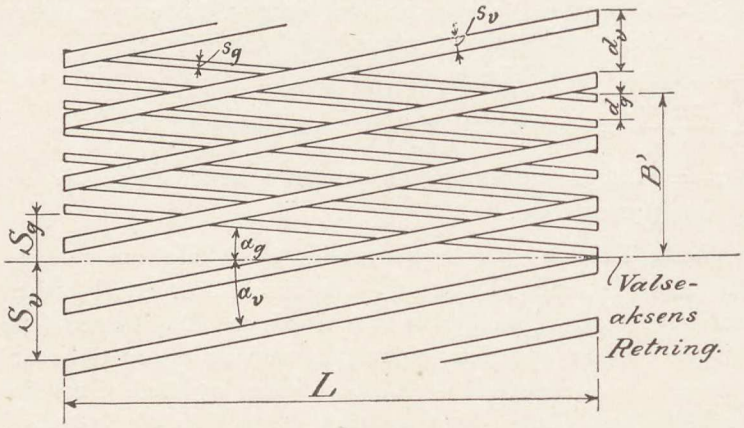

Fig. 2.

samt lige tykke og parallele. Bagefter vil de tilsvarende Formler blive udviklede for det Tilfælde, at Grundværket er sammensat af Knive af forskellig Længde, Tykkelse og forskellig Vinkel med Aksen.

L_s betegner Snitlængden pr. Sekund og maales i Sekundsnitmeter. Man forestiller sig bedst, hvad der forstaas ved Snitlængde, hvis man tænker sig en af de i Jernindustrien anvendte Sakse med Parallelbevægelse af Kæberne[1]), hvis øverste Æg hælder med Vinklen α mod den nederste, som

[1]) Se f. Eks. Prof. Hannover: Metalbearbejdning, autograferede Forelæsningstegninger. Plan 244.

staar vinkelret paa Bevægelsesretningen og har Længden L (Fig. 3). Udfører denne Saks en Klipning, kan man udregne Snitlængden til $\frac{L}{\cos \alpha}$, idet man vedtager at maale Snittets Længde paa den længste Æg. Idet Grundværksknivene i de fleste Tilfælde danner en større Vinkel med Valseaksen end Valseknivene (og i de Tilfælde, hvor de danner en mindre Vinkel, vil denne som oftest være saa lille, at man med tilstrækkelig Nøjagtighed kan se bort fra den), vil vi ved Beregningen af Snitlængden gaa ud fra Længden af de arbejdende Kanter i Grundværket, som er $\frac{L}{\cos \alpha_g}$. Hver Gang en Valsekniv passerer hen over Grundværket, arbejdes der med $m_g \frac{L}{\cos \alpha_g}$ Meter Snitlængde, og da der i et Sekund passerer $m_v \frac{n}{60}$ Valseknive hen over Grundværket, faas Snitlængden pr. Sekund

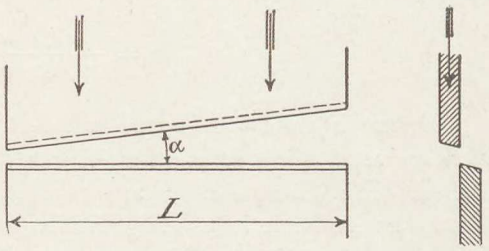

Fig. 3.

$$L_s = m_g \cdot m_v \frac{L}{\cos \alpha_g} \cdot \frac{n}{60}. \qquad (1)$$

F betegner Berøringsarealet mellem Valseknive og Grundværksknive, naar Valsen lægges ned paa Grundværket uden Stof imellem. Dette Areal er ikke altid ganske det samme, men kan variere med Valseknivenes Stilling paa Grundværket. Flere Forfattere har undersøgt dette Forhold nøje[1]), og man kan gaa ud fra, at ved de almindelige Udførelser af Valse og Grundværk er Svingningerne i dette Areals Størrelse (og dermed i Fladetrykkets Størrelse) holdt inden for smaa Grænser. En for alle praktiske Anvendelser brugelig Formel for F kan faas ved følgende Betragtning. Hvis Valsens Overflade var en sammenhængende Cylinderflade, vilde Valsen berøre Grundværksknivenes hele arbejdende Flade, ialt $m_g \frac{s_g}{\cos \alpha_g} L$. Da Valseknivenes arbejdende Flader tilsammen kun udgør $\frac{s_v}{\cos \alpha_v \, d_v}$ af den hele Cylinderflade, bliver Berøringsarealet

[1]) Strobach: Holländer-Theorie. W. f. P. 1904, Side 686.
Kirchner: Holländer-Theorie. W. f. P. 1907, Side 3983.
Denne Afhandling indeholder en grundig Undersøgelse af de Forhold, under hvilke Udtrykket for F er matematisk rigtigt, og hvilken Tilnærmelse det giver under Forhold, hvor det ikke er exakt.
Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch. Sonderabdruck aus dem W. f. P. 1907 Side 6.
Haussner: Die Zerkleinerungsarbeit im Holländer. Sonderabdruck aus dem W. f. P. 1908.

$$F = \frac{s_v}{\cos \alpha_v \, d_v} \cdot \frac{m_g \, s_g}{\cos \alpha_g} L,$$

idet $d_v = \frac{\pi D}{m_v}$ faas

$$F = \frac{m_g \, m_v \, s_g \, s_v \, L}{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v}. \qquad (2)$$

Denne Formel kan ogsaa udledes ved at man, idet Valse- og Grundværksknivene aldrig er parallele[1]), gaar ud fra Antallet af Krydsningspunkter mellem disse. Dette Antal kan optælles, hvis man tegner Valseknivene over Grundværksknivene i forskellige Stillinger eller kan udregnes som en Gennemsnitsværdi efter Fig. 2, idet man let af denne Figur ser, at hvis Knivene kun betragtes som enkelte Linier, vil en Valsekniv gennemsnitlig skære

$$\frac{S_g \pm S_v}{d_g} = \frac{S_g \pm S_v}{B} \cdot m_g \text{ Grundværksknive.}$$

Da der findes m_v Valseknive, vil $\frac{B}{\pi D} m_v$ Valseknive samtidig befinde sig over Grundværket og Antallet af Skæringspunkter ialt blive[2])

$$i = \frac{S_g \pm S_v}{\pi D} \cdot m_g \cdot m_v. \qquad (3)$$

Naar Tykkelsen af Grundværksknivene er s_g og Tykkelsen af Valseknivene s_v, vil det Areal, hvormed de to Knive berører hinanden i Skæringspunktet være (Fig. 4)

$$f = \frac{s_g \, s_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)}.$$

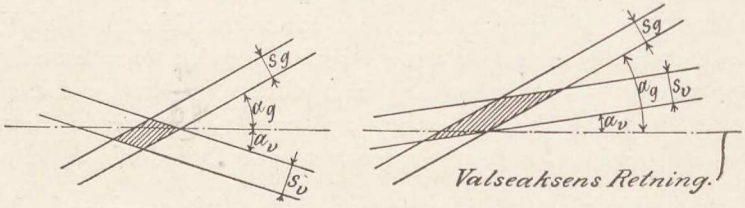

Fig. 4 a og b.

Hele Berøringsarealet mellem Valseknive og Grundværksknive faas nu som Produkt af i og f

$$F = if = \frac{S_g \pm S_v}{\pi D} \cdot m_g \, m_v \cdot \frac{s_g \, s_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)}.$$

[1]) Kirchner: Holländer-Theorie W. f. P. 1907. Sonderabdruck Side 7, 1 Spalte.
Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch Sonderabdruck Side 5.
Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens. Side 16.

[2]) Kirchner: Das Papier IV. Ganzstoffe, Side 30.

Idet man kan sætte $S_g = L \operatorname{tg} \alpha_g$ og $S_v = L \operatorname{tg} \alpha_v$ faas

$$F = \frac{m_g m_v s_g s_v L}{\pi D} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_g \pm \operatorname{tg} \alpha_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)},$$

men da

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_g \pm \operatorname{tg} \alpha_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)} = \frac{1}{\cos \alpha_g \cos \alpha_v}$$

faas

$$F = \frac{m_g m_v s_g s_v L}{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v}, \tag{2}$$

hvilket er det samme Udtryk, som fandtes ovenfor ad anden Vej.

Ved K vil vi betegne Summen af de Dele af de arbejdende Knivkanter, der berører det modstaaende Knivsystems Arbejdsflader.

Af det ved en Knivkrydsning fremkomne Parallelograms 4 Sider udgør de to sammenstødende Sider Dele af arbejdende Kanter. (Se Fig. 1 og Fig. 4). Summen af deres Længder er

$$\frac{s_g + s_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)}$$

Paa samme Maade som vi har fundet Berøringsfladen F ved Udregning af Antallet af Krydsningssteder, kan man nu udregne

$$K = \frac{S_g \pm S_v}{\pi D} \cdot m_g m_v \cdot \frac{s_g + s_v}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)} = \frac{m_g m_v (s_g + s_v) L}{\pi D} \cdot \frac{(\operatorname{tg} \alpha_v \pm \operatorname{tg} \alpha_v)}{\sin (\alpha_g \pm \alpha_v)},$$

hvoraf

$$K = \frac{m_g m_v (s_g + s_v) L}{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v}. \tag{4}$$

p_F betegner Valsens Tryk pr. cm² af Berøringsarealet mod Grundværket, altsaa

$$p_F = \frac{P}{10000 F} = \frac{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v P}{10000 m_g m_v s_g s_v L}. \tag{5}$$

Dette er Jagenbergs saakaldte Knusningsformel[1]) modificeret under Hensyn til Knivenes Vinkler med Valseaksen.

$p_K = \frac{P}{100 K}$ kaldes Kanttrykket pr. Centimeter Knivkant. Denne Størrelse maa foreløbig kun betragtes som en Regnestørrelse. Da man ikke ved at lægge Valsen ned paa Grundværket uden videre kan opnaa, at den kun hviler paa de arbejdende Knivkanter, og da disse, selv om dette var muligt, straks vilde ødelægges, kan man ikke tillægge Størrelsen p_K nogen fysisk Betydning. Af (4) faas

$$p_K = \frac{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v P}{100 m_g m_v (s_g + s_v) L}. \tag{6}$$

[1]) Jagenberg: Holländergeschirr. Zweite Auflage Remscheid 1894, Side 13.

Af (5) og (6) faas endvidere:

$$\frac{p_F}{p_K} = \frac{s_g + s_v}{100\, s_g s_v}. \tag{7}$$

Endelig faas ved i (2) at indføre $\pi D = \frac{60\, v}{n}$

$$F = \frac{n\, m_g m_v s_g s_v L}{60\, v \cos \alpha_g \cos \alpha_v} = \frac{s_g s_v}{v \cos \alpha_v} \cdot \frac{n\, m_g m_v L}{60 \cos \alpha_g} = \frac{s_g s_v}{v \cos \alpha_v} \cdot L_s.$$

eller

$$L_s s_g s_v = F v \cos \alpha_v. \tag{8}$$

Paa samme Maade faas af (4)

$$L_s (s_g + s_v) = K v \cos \alpha_v. \tag{9}$$

Størrelsen $\frac{L_s (s_g + s_v)}{\cos \alpha_v}$ kaldes Hollænderens Sekundmaleflade, og vil, hvis Vinklerne α_g og α_v er Nul, være lig med den pr. Sekund af de arbejdende Kanter gennemstrøgne Maleflade. Som oftest vil man kunne sætte $\cos \alpha_v$ lig med 1, idet man derved kun begaar en ringe Fejl eller slet ingen og derved simplificeres Udtrykket yderligere.

Alle de hidtil udviklede Formler gælder kun for gennemgaaende Grundværksknive. Naar disse ikke er gennemgaaende, er af forskellig Længde og Tykkelse og danner forskellige Vinkler med Valseaksen [1]) kan man ikke bruge ovenstaaende Formler. Vi vil nu undersøge dette Tilfælde nøjere og vil derfor indføre følgende Betegnelser:

$m_1, m_2, m_3 \ldots m_n \ldots$ = Antallet af Knive, som har samme Længde, samme Tykkelse og samme Vinkel med Aksen.

$l_1, l_2, l_3 \ldots l_n \ldots$ = Projektionen af disse Knive ind paa Valseaksen, maalt i m.

$s_1, s_2, s_3 \ldots s_n \ldots$ = Tykkelsen af disse Knive, maalt i m.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \ldots \alpha_n \ldots$ = disse Knives Vinkel med Valseaksen.

$F_g = \Sigma \frac{m_n l_n s_n}{\cos \alpha_n}$ = Summen af Grundværksknivenes arbejdende Flader, idet Summationen udstrækkes over hele Grundværket, i m^2.

$v_g = \frac{F_g}{F_0}$ = Forholdet mellem Summen af Grundværksknivenes arbejdende Flader og Grundværkets Areal, idet $F_0 = B' \cdot L$.

$F_v = \frac{m_v s_v L}{\cos \alpha_v}$ = Summen af alle Valseknivenes arbejdende Flader i m^2.

$v_v = \frac{F_v}{\pi D L} = \frac{s_v}{d_v \cos \alpha_v}$ = Forholdet mellem Summen af alle Valseknivenes arbejdende Flader og Valsens cylindriske Overflade.

---

[1]) F. Eks. Zigzaggrundværker, Albuegrundværker, Parketgrundværker.

$K_g = \Sigma \frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n}$ = Summen af Grundværksknivenes arbejdende Kanter, idet Summationen udstrækkes over hele Grundværket, maalt i m.

$K_v = \frac{m_v L}{\cos \alpha_v}$ = Summen af alle Valseknivenes arbejdende Kanter, maalt i m.

Da Grundværksknivene ved de Grundværker, som her kommer i Betragtning, som oftest danner en betydelig større Vinkel med Valseaksen end Valseknivene, vil vi ved Beregningen af L_s gaa ud fra Længden af de arbejdende Kanter i Grundværket, som vi har kaldt K_g. Hver Gang en Valsekniv passerer hen over Grundværket, arbejdes der med K_g Meter Snitlængde, og da der i et Sekund passerer $m_v \frac{n}{60}$ Valseknive hen over Grundværket, faas

$$L_s = K_g m_v \frac{n}{60}. \qquad (1\,a)$$

For gennemgaaende Grundværksknive bliver $K_g = \frac{m_g L}{\cos \alpha_g}$, og i dette Tilfælde gaar denne Formel over i (1).

For Berøringsarealet F mellem Valse- og Grundværksknive faas ved ovenfor anvendte Betragtning med samme Tilnærmelse som de tidligere udviklede Formler:

$$F = F_0 v_g v_v,$$

idet det dog forudsættes, at de arbejdende Flader er fordelt nogenlunde ensformigt over hele Grundværksfladen. Er de ikke det, vil Udtrykket ganske vist repræsentere en vis Gennemsnitsværdi for F, men Afvigelserne fra denne kan i visse Øjeblikke blive ret betydelig.

Indføres i ovenstaaende Udtryk F_g og F_v faas Formlen:

$$F = \frac{F_g F_v}{\pi D L}. \qquad (2\,a)$$

For gennemgaaende Grundværksknive har man $F_0 = B L = m_g d_g L$; $v_g = \frac{s_g}{d_g \cos \alpha_g}$; $v_v = \frac{s_v}{d_v \cos \alpha_v}$ og $d_v = \frac{\pi D}{m_v}$.

Ved Indførelse af disse Udtryk i ovenstaaende Ligning kommer man til Formel (2).

Af Grundværksknivenes arbejdende Kanter K_g berører i et givet Øjeblik $K_g v_v$ Valseknivenes Flader, og af Valseknivenes arbejdende Kanter K_v berører $K_v \frac{B'}{\pi D} v_g$ Grundværksknivenes Flader. Man har altsaa

$$K = K_g v_v + K_v \frac{B'}{\pi D} v_g.$$

Indføres heri

$$v_v = \frac{m_v s_v}{\pi D \cos \alpha_v}$$

$$v_g = \frac{F_g}{B' L}$$

$$K_v = \frac{m_v L}{\cos \alpha_v},$$

faas

$$K = \frac{K_v}{\pi D L} (K_g s_v + F_g).$$

Sættes endvidere

$$\frac{F_g}{K_g} = s'_g,$$

faas Formlen

$$K = \frac{K_g K_v (s'_g + s_v)}{\pi D L}. \tag{4 a}$$

For gennemgaaende Knive bliver $K_g = \frac{m_g L}{\cos \alpha_g}$ og $s'_g = s_g$, idet endvidere $K_v = \frac{m_v L}{\cos \alpha_v}$, gaar ovenstaaende Formel over i (4).

For p_F faas

$$p_F = \frac{P}{10000 F} = \frac{\pi D L P}{10000 F_g F_v} \tag{5 a}$$

og for p_K

$$p_K = \frac{P}{100 K} = \frac{\pi D L P}{100 K_g K_v (s'_g + s_v)}. \tag{6 a}$$

Forholdet mellem F og K faas af (2 a) og (4 a)

$$\frac{F}{K} = \frac{F_g F_v}{\pi D L} \cdot \frac{\pi D L}{K_g K_v (s'_g + s_v)},$$

idet $\frac{F_g}{K_g} = s'_g$ og $\frac{F_v}{K_v} = s_v$ bliver Forholdet

$$\frac{F}{K} = \frac{s'_g s_v}{s'_g + s_v}, \text{ hvorved } \frac{p_F}{p_K} = \frac{s'_g + s_v}{100 s'_g s_v} \tag{7 a}$$

som for gennemgaaende Knive gaar over i den tidligere udviklede Formel

$$\frac{p_F}{p_K} = \frac{s_g + s_v}{100 s_g s_v}. \tag{7}$$

Af Formlen (2 a) faas ved at indføre $\pi D = \frac{60 v}{n}$

$$F = \frac{n}{60 v} \cdot \frac{F_g F_v}{L}.$$

Indføres nu:

$$F_g = K_g s'_g$$

$$F_v = \frac{m_v s_v L}{\cos \alpha_v},$$

faas

$$F = \frac{n}{60} K_g m_v \frac{s'_g s_v}{v \cos \alpha_v} = L_s \frac{s'_g s_v}{v \cos \alpha_v}$$

eller

$$\boldsymbol{L_s s'_g s_v = F v \cos \alpha_v}. \tag{8 a}$$

Paa samme Maade faas af (4 a) ved at indføre $\pi D = \frac{60 v}{n}$ og $K_v = \frac{m_v L}{\cos \alpha_v}$

$$\boldsymbol{L_s (s'_g + s_v) = K v \cos \alpha_v}. \tag{9 a}$$

For gennemgaaende Knive bliver $s'_g = s_g$ og Formlerne (8 a) og (9 a) gaar over i de tidligere udviklede Formler (8) og (9). Størrelsen $\frac{L_s (s'_g + s_v)}{\cos \alpha_v}$ kaldes Hollænderens Sekundmaleflade.

II. Har Valsens Transportevne direkte Betydning for Maleevnen?

Professor Pfarr udtaler i sin tidligere nævnte Afhandling [1]), at »Maletiden er proportional med Karrets Indhold og aftager med voksende Transportevne af Valsen« og udleder paa Basis heraf Formler for Hollændernes Maletid, idet han gaar ud fra, at denne endvidere enten maa være omvendt proportional med Snitlængden pr. Sekund L_s eller med Produktet af Berøringsareal og Knivhastighed Fv. Betegnes Hollændernes Fyldning af Stof ved Q kg (Tørstof) og det Kvantum Stof, der pr. Sekund transporteres af Hollændervalsen ved g kg (Tørstof), kan Pfarr's Formel skrives under Formen

$$\text{Maletiden} = X\frac{Q}{g}\cdot\frac{1}{L_s} \quad \text{eller} \quad X\frac{Q}{g}\cdot\frac{1}{Fv}.$$

Hollænderfyldningen divideret med Maletiden kaldes af Pfarr for Stofproduktionen pr. Time [2]), og Udtrykket for denne kan altsaa skrives under Formen

$$\text{Stofproduktion pr. Time} = \frac{1}{X}gL_s \quad \text{eller} \quad \frac{1}{X}gFv.$$

Pfarr's Betragtning kunde rent umiddelbart synes at være rigtig, idet han fortsætter: »ved hver Passage over Grundværket indtræder saa ofte Lejlighed til at komme mellem Knivene, som der er Snit mellem Valse- og Grundværksknive«. Da denne Tankegang har vundet en overordentlig stor Udbredelse, navnlig i Tyskland, og da Tanken er optaget af andre Forfattere [3]), skal den her gøres til Genstand for en nærmere Undersøgelse.

Theorien blev prøvet praktisk ved Malingsforsøg med samme Stof i to 2-valsede Hoffsümmerhollændere (betegnes Holl. S 1 og Holl. S 3) og en eenvalset Hollænder af gammel Type med langsomt Stofomløb (betegnes Holl. SS 1) samt en eenvalset Hollænder bygget i 1893 (Holl. S 4). Forsøgsresultaterne er gengivne i Tabel I.

---

[1]) Holländer und deren Kraftverbrauch. Sonderabdruck Side 19.

[2]) Denne Størrelse kaldes ogsaa ofte Hollændernes Maleevne, og vi vil i nærværende Afhandling benytte begge disse Udtryk.

[3]) Kirchner i »Das Papier« IV. Ganzstoffe, Side 29, Spalte 2. W. f. P. 1918 Side 911 og Side 1235 og flere Steder. Samme Opfattelse gøres ogsaa hyppigt gældende i indsendte Artikler i W. f. P.

Tabel I.

	Holl. S_1	Holl. S_3	Holl. S_4	Holl. SS_1
Hollænderkarrets Volumen ..... $V =$	4300	4300	3500	1500 Liter
Hollænderens Fyldning ..... $Q =$	218	218	196	70 kg Stof
Stoftransport pr. Sekund ..... $v' =$	35	35	12,5	1,8 Liter
— $g = \frac{v'}{V} Q$ (Tørstof) ..... =	1,78	1,78	0,70	0,084 kg Stof pr. Sek.
Omløbstid for Stoffet	1,02 [1])	1,02 [1])	4,7	13,6 Minutter
Maletid ..... $T =$	ca. 4^{30}	6^{25}	6^{20}	5^{30} Timer
Antal Omløb ialt	265 [1])	380 [1])	81	24
Snitlængde pr. Sek. for een Valse ..... $L_s =$	3480	1990	2400	975 Meter
Berøringsflade pr. Valse ..... $F =$	0,0077	0,0058	0,0140	0,0045 m².
Knivhastighed ..... $v =$	7,75	7,0	7,4	5,85 m/Sek.
Stofproduktion pr. Time efter Pfarr: $\frac{1}{X} g L_s$ ..... =	$\frac{1}{X} \cdot 6200$	$\frac{1}{X} \cdot 3540$	$\frac{1}{X} \cdot 1680$	$\frac{1}{X} \cdot 82$
Forholdstal	75	42	20	1
eller $\frac{1}{X} g F v$ ..... =	$\frac{1}{X} \cdot 0,106$	$\frac{1}{X} \cdot 0,072$	$\frac{1}{X} \cdot 0,072$	$\frac{1}{X} \cdot 0,022$
Forholdstal	47	32	32	1
Ved Forsøg fundet Stofproduktion ..... $\frac{Q}{T} =$	ca. 50	34	32	12,7 kg Stof pr. Time
Forholdstal	4	2,7	2,5	1

[1] Da Hollænderne er to-valsede, er Omløbstiden henholdsvis Omløbet kun regnet, fra Stoffet passerer den ene Valse, til det passerer den anden.

Det ses heraf, at medens Maleevnen for disse Hollændere efter Pfarr's Formler skulde variere fra 1 til 75 (henholdsvis 47), har den i Virkeligheden kun varieret fra 1 til 4.

Gennemtænker man Sagen, vil det ogsaa staa klart, at selve det Ræsonnement »at ved hver Passage over Grundværket indtræder saa ofte Lejlighed til at komme mellem Knivene, som der er Snit mellem Valse- og Grundværksknive« er logisk uholdbart. Hollænderens Transportevne kan nemlig udtrykkes ved det Kvantum Stof, der træder ind i Knivmellemrummene, men dette Kvantum er ganske forskelligt fra det, der kommer ind mellem Knivene, og der er ingen Grund til at antage, at disse Kvanta skulde være proportionale. Ganske vist kan der, som det senere vil blive vist, under visse Forhold eksistere en vis Afhængighed mellem de to Størrelser, men derfor er der intet, der berettiger til Pfarr's Antagelse.

Hvad her er sagt gælder kun for selve Malevirkningen. Det maa ikke underkendes, at Stofomløbet har sin Betydning for Udpiskning af Klumper og Cellulosepapper under Paafyldningen, delvis ogsaa for Udredning af Taverne og endelig for Blanding af Stoffet, for Ensartethed i Malingen og for Farvningen.

III. Hollændermalingens Indvirkning paa Stoffet. Stoffets Karakter.

Den Behandling, som Stoffet underkastes, naar det kommer mellem Hollænderknivene, opfattes, som det allerede er nævnt i Indledningen, ret forskelligt af de forskellige Forfattere, der har skrevet om dette Æmne. Paa en enkelt Undtagelse nær er der dog Enighed om, at Hollænderens Virkning er baade en skærende eller rettere klippende (afkortende) Virkning mellem Knivkanterne og en knusende (eller rettere trykkende og ituslidende) Virkning mellem Knivfladerne.

Jagenberg har i »Holländergeschirr« gjort opmærksom paa denne dobbelte Virkning af Maletøjet og har i sit 4. Brev gjort udførlig Rede for, hvorledes man tænker sig, at Klipningen foregaar mellem Hollænderknivenes Kanter. Han skelner skarpt mellem denne Virkning og »Knusningen«, som foregaar mellem Knivenes arbejdende Flader. Af de i nærværende Afhandling citerede Forfattere har kun Haussner taget Afstand fra denne Opfattelse, idet han antager, at der overhovedet ikke finder Skæring Sted mellem Kanterne, men at Fibrene trykkes over[1]).

Den klippende og den ituslidende (»knusende«) Virkning optræder jævnsides i Hollænderen, og det er næppe muligt at skille dem ad, selv om man ved Hollænderens Konstruktion kan tage adskilligt Hensyn til fortrinsvis at opnaa den skærende Virkning (mange smalle Knive) eller den ituslidende (faa og brede Knive). Clayton Beadle angiver saaledes i den før citerede Bog (S. 56), at det ved den almindelige Maleproces er umuligt at adskille Linned, Hamp og Bomuld i sine Taver uden samtidig at afkorte dem. Selv om man anvender den yderste Omhu paa at adskille Taverne uden at skære dem over, kan det dog ifølge Clayton Beadle ikke undgaas, at Linnedtaver skæres gennemsnitlig i 6 Stykker. Hvis man paa den anden Side vilde male under et meget højt Tryk og med tyndt Stof for derigennem at opnaa kun at afkorte Taverne uden at faa nogen som helst Ituslidning eller Knusning, vilde man derved rimeligvis opnaa, at Knivenes metalliske Overflader skurede mod hinanden, hvorved baade disse og Stoffet snart vilde blive ødelagt.

Om den ene eller den anden af de nævnte Virkninger har været den fremtrædende under Maleprocessen, har en stor Indflydelse paa det færdige

[1]) Haussner: Die Zerkleinerungsarbeit im Holländer 1908. Sonderabdruck des W. f. P. Side 3—4, samt »Der Holländer«, Stuttgart 1902, Side 113.

Stofs Karakter, og man kan derfor ikke tale om en Hollænders Maleevne uden samtidig at angive det færdigmalede Stofs Karakter.

Har den skærende Virkning været overvejende, saa Stoffet nærmest er blevet »hakket« i Stykker, vil vi kalde dets Karakter for »fri«[1]), og denne giver sig til Kende ved, at Stoffet let slipper Vandet efter at være løbet ud paa Viren. I Modsætning hertil staar den »smørede«[2]) Karakter, som giver sig til Kende ved, at Stoffet — som Papirmagerne siger — »holder paa Vandet«. Det vil sige, at Vandet driver kun langsomt fra Stoffet, naar det kommer ud paa Viren.

En øvet Hollændermøller kan til en vis Grad skønne om Stoffets Smørethed ved at føle paa det. Det er dog egentlig først paa Papirmaskinens Vire, at det erkendes, om Stoffet har opnaaet tilstrækkelig Smørethed, idet Afdrivningen af Vandet gennem Viren i saa Fald sker saa langsomt, at Papirbanen kan faa Tid til at blive filtet og ensartet, inden Stoffet er blevet saa stærkt afvandet, at Filtning er umulig. I de senere Aar er der konstrueret Apparater til Bestemmelse af Smøretheden. Disse gaar enten ud paa at bestemme hvor meget Vand, der løber hurtigt fra Stoffet (Schopper-Rieglers Mahlungsgradsprüfer)[3]) eller at optegne Vandafdrivningskurven (Leop. Skarks Apparat)[4]).

Gennemgaar man Literaturen om Papirfabrikation, ser man ret forskellige Synspunkter gjort gældende med Hensyn til, hvad der forstaas ved Stoffets Smørethed. Det synes dog, som om en Del af de tilsyneladende Uoverensstemmelser bunder i, at man har savnet en bestemt Definition af dette Begreb. De fleste af de Forfattere, der har beskrevet Stoffets smørede Karakter, har fæstet Opmærksomheden ved een eller flere af det smørede Stofs Egenskaber[5]), medens de i større eller mindre Grad er gaaet uden om den Egenskab, der først og fremmest interesserer den praktiske Papirmager: dette Stofs Evne til at »holde paa Vandet«, den Egenskab, efter hvilken Smøretmalingen indstilles.

Der eksisterer en Forbindelse mellem den Bearbejdning (Tryk, Itu-

[1]) tysk: rösch; engelsk: free, short eller quickly beaten; fransk: maigre.

[2]) tysk: schmierig; engelsk: greasy eller wet; fransk: grasse. Naar alle tre Sprog udtrykker denne Egenskab ved Ord, der betegner »fed« eller »fedtet«, ligger det i, at naar Stoffet har opnaaet denne Tilstand, er det blødt og fedtet at føle paa. Ovennævnte danske Betegnelser »fri« og »smøret« er bragt i Forslag af Hr. Professor, Direktør H. I. Hannover.

[3]) I Kirchner: »Das Papier«, IV. Ganzstoffe Side 256 og følgende findes en indgaaende Beskrivelse af dette Apparat og dets Anvendelse. Endvidere i »Verein der Zellstoff- und Papierchemiker«, Hauptversammlung 1913, Berlin 1914, Side 50 samt W. f. P. 1914, Side 1208.

[4]) Der Papierfabrikant, Fest- und Auslandsheft 1910, Side 49; samme 1911, Side 83; samme 1914, Side 87.

Begge Apparaterne, Skarks og Schopper-Rieglers har det til fælles, at de bestaar af en Beholder med Sibund, i hvilken slaas et bestemt Kvantum Stof udrørt i meget Vand, Forskellen paa Apparaterne ligger i den Maade, hvorpaa det gennemdrevne Vand maales.

[5]) Flossethed, Fibrillering, Knusning, Vandopsugning, Omdannelse til Hydratcellulose.

slidning, Knusning), som Stoffet underkastes mellem Hollænderknivene og Stoffets Smørethed. Om den Maade, hvorpaa den smørede Karakter opnaas, ser man imidlertid ret forskellige Opfattelser. Den almindeligste Anskuelse er vel nok den, at Smøretheden opnaas ved »Knusning og Fibrillering« af Plantecellerne, ved en Dannelse af »spaltede og forgrenede Tavebundter«. Clayton Beadle og Stevens omtaler Malearbejdet (naar Snitvinklen er saa lille, at der ikke opnaas Skæring) som en »Ituslidning eller Udredning«[1]) og skriver senere, at for stærke Papirer maa saa vidt muligt den skærende Virkning undgaas og Sønderdelingen bør foregaa ved Knusning og Brydning, hvilket giver Enderne af Fibrene et brudt, udtværet eller sammenfiltret Udseende og hjælper til at give Styrke[2]). Derefter hedder det: »Endnu en Forandring i Fibrene indtræder som Følge af deres Berøring med Vandet; Den fortsatte Maling og Piskning gør, at Fibrenes Cellevæg optager Vand og gaar over i et geléagtigt Hydrat. I samme Grad, hvori dette finder Sted, arbejdes Stoffet — som man siger — »fedtet« eller vaadt, en Virkning, der kan anses som en Følge af Vandoptagning igennem og ind i Cellevæggen (Hydrat)«. — »Til Fremstilling af stærke Papirer er længere Tids Maling ubetinget nødvendig, ikke blot for at udrede Fibrene, men ogsaa for at frembringe det nævnte geléagtige Udseende, hvilket afhænger af den Tid, der er anvendt til Malingen«.

Den fyldigste Forklaring af, hvorledes Stoffet behandles under Knivene, er dog givet af Cross og Bevan[3]).

Disse Forfattere skriver: »Dersom man vil forsøge at lave Papir af Massen i den Tilstand, hvori den forlader Drypkasserne, vilde man finde, at Papiret savner Ensartethed i sin Sammensætning og andre Egenskaber, som karakteriserer et vel udført Ark Papir. Det Resultat er kun opnaaet ved en Opløsnings- og Findelings-Proces, hvis umiddelbare (immediate) Formaal og Hovedformaal er den fuldstændige Adskillelse af de enkelte Fibre, som i Halvtøjet hænger fast ved hinanden og er mere eller mindre sammenbundtede i Klatter. Adskillelsen af Fibrene i uafhængige Enheder, som hver svømmer frit i Vædsken, er den første væsentlige Betingelse for, at man kan udnytte deres filtende og sammenflettende Egenskaber ved Dannelsen af Papiret. En anden vigtig Betingelse for en ensartet Filtning er, at Fibrenes Bøjelighed udvikles. Hollændermalingens saakaldte «blødgørende« eller »Hydratiserings«-Virkning, hvorved Fibrene, som oprindelig i den raa Tilstand var stive og lige, bliver tilstrækkelig bøjelige til at kunne slutte sig sammen og danne et ensartet tæt Væv, naar Massen slipper Vandet paa Papirmaskinens rystende Vire.«

---

[1]) »Tearing or unravelling action«. Chapters on Papermaking. V. Side 10.

[2]) Samme. Side 32.

[3]) Cross and Bevan: A Text-book of Paper-Making, Fourth edition. London og New York 1916. Side 196.

»For det tredje maa de oprindelige Fibre oftest afkortes i Længden i en Grad, som afhænger af, hvad Slags Papir man skal lave.«

»Alle disse Virkninger, nemlig Adskillelse, Blødgøring og Afkortning af Fibrene sker samtidig, men Behandlingen kan indstilles til at udvikle den ene eller den anden Virkning i særlig Grad. Samtidig bestemmes ved Valseknivenes Indvirkning andre fysiske Forandringer, som kan resultere i, at de oprindelige Fibre knuses (bruise) og fladtrykkes, og i mange Tilfælde indtræder i en videregaaende Opløsning, idet de spaltes efter Længden i mindre Enheder, Fibriller. Hvor Malingen drives til de yderste Grænser, hvilket ofte finder Sted for første Klasses Kludepapirer saasom Banknote- og Cigaretpapir, er mange af de oprindelige Fibre malede ud, saa de er aldeles ukendelige«. Herefter beskrives Stoffets Hydratisering med samme Ord som anvendes af Clayton Beadle[1]).

Hydratiseringen medfører en Opkvældning af Cellulosen og det antages, at Fibrene bliver bløde og smidige i samme Forhold, hvori de er opkvældede[2]).

Fastholder vi nu, at et Stofs Smørethed angives og maales ved dets Evne til at afgive Vandet langsomt, staar der tilbage at undersøge, hvorledes de Anskuelser, der i det foregaaende er citerede, stemmer overens med de Erfaringer, der foreligger fra Praksis vedrørende Stoffets Afvanding i Schopper-Rieglers eller i Leop. Skarks Apparat eller paa Papirmaskinens Vire.

Naar Malingen i Hollænderen paabegyndes, vil som nævnt den første Virkning være, at Fiberbundterne plukkes op, saaledes at Vandet kan trænge ind overalt, adherere til og gennemtrænge hver enkelt Fiber. At den herved foraarsagede intime Forbindelse med Vandet har sin Betydning for Stoffets Smørethed, vil man bl. a. kunne se deraf, at man ved at arbejde Luften ud af Stoffet og Vandet ind i Stedet for skal have opnaaet en god Virkning. Dette er praktiseret ved at man har malet skiftevis under Vakuum og under Atmosfærens Tryk[3]).

Idet Stoffet ved den fortsatte Bearbejdelse ved Tryk og Ituslidning overgaar til Hydratcellulose, Cellevæggen opsuger Vand og Cellens Hulrum og enhver Pore fyldes, vil Stoffet kvælde ud og blødgøres og denne Blødgøring vil, som det nedenfor nærmere vil blive beskrevet, bidrage væsentlig til at Stoffet vil afgive Vandet langsomt.

[1]) Hydratcellulose defineres af G. Schwalbe i »Chemie der Cellulose«, Berlin 1911, Side 160 som: »alle de Derivater (af Cellulose), som i deres Elementarsammensætning ikke (eller næppe) er forskellig fra Bomuldscellulosen, som (ligesom denne) ikke er i Besiddelse af Reduktionsevne, men som er mere hygroskopiske end denne«. Schwalbe er af den Opfattelse, at det i Hydratcellulosen indeholdte Vand ikke er kemisk bundet og skriver endvidere: »Det var næsten mere træffende at betegne Hydratcellulose som opkvældet eller kvældbar Cellulose«. Hydratcellulose kan efter Schwalbe blandt flere andre Maader ogsaa dannes »ved mekanisk Sønderdeling ved Tilstedeværelse af Vand«.

Se endvidere I. H. Briggs (Der Papierfabrikant, Fest- und Auslandsheft 1910, Side 46)

[2]) Clayton Beadle: Chapters on Papermaking I. Side 104.

[3]) Arledters Patent. Se Cross and Bevan: A Text Book of Paper-Making, Side 222.

Naar Stoffet endvidere ved Ituslidningen og Trykket er bleven udsat for Fibrillering og Udflosning idet nogle Fibre flosser op i Enderne, andre deles helt i Fibriller, medens atter andre blot slides itu, saa der i Massen findes mere eller mindre løsrevne Celledele, vil al denne Sønderdeling have den Virkning, at Mellemrummene mellem de enkelte Fibre, idet Stoffet kommer ud paa Viren, delvis udfyldes med Smaapartikler og Fibriller, Laget bliver tættere og Vandafdrivningen vil foregaa langsommere end fra det ikke udmalede Stof.

Ikke desto mindre viser Schopper-Riegler Apparatet ofte — som det senere vil blive beskrevet — en Stigning i Stoffets Smørethed (langsommere Vandafdrivning) allerede efter, at Valsen har pisket ganske kort Tid i Stoffet uden at male. Stof, der har opnaaet en betydelig Grad af Smørethed, kan under Mikroskopet vise næsten ubeskadigede Fibre (iagttages ofte ved Spindepapir). Forklaringen findes da ogsaa i den af de engelske Forfattere særlig fremhævede Omstændighed, at Fibrene ved den mekaniske Behandling i Hollænderen bliver blødgjorte. Det Tryk, som Stoffet udsættes for mellem Knivfladerne, vil blødgøre Fibrene, og der er intet i Vejen for at antage, at denne Blødgøring allerede paabegyndes, saasnart Valsen blot pisker i Stoffet[1]). Det smidige, blødgjorte Stof vil — idet Vandet driver fra — lægge sig tættere og i et tyndere Lag end det raa Stof, og derved vil alle de smaa Kanaler, som dannes mellem Fibrene til Afdrivning af Vandet, blive mindre og Afdrivningen langsommere. Dette Forhold er af væsentlig Betydning for Dannelsen af Papiret paa Viren, thi Fibrene vil, naar de er malet bløde, ikke blot være mere filtelige og derved øge Papirets Styrke, men de vil ogsaa ved at lægge sig i et tættere, mere kompakt Lag yde større Modstand mod Vandets Afdrivning, denne sker langsommere og derved vindes Tid til, at Rystningen kan filte Fibrene bedre sammen. Fibrenes Blødhed hjælper saaledes paa dobbelt Maade til at give Papiret Styrke. Er Stoffet malet frit d. v. s. Fibrene blot hakkede itu uden at have været udsat for en langvarig Bearbejdelse mellem Knivfladerne, vil de være stive og ubøjelige. De giver et fyldigt Papir med store Porer, og Vandet driver hurtigt fra paa Viren.

Allerede i 1907 har Dr. Klemm[2]) foreslaaet at anvende Halvstoffernes Blødhed (»Plasticitet«) til en Bedømmelse af deres Kvalitet (Smørethed) og har konstrueret den saakaldte Sedimenteringsprøver, bestaaende af et Glasrør med en Si i Bunden. Det Volumen, som en vis Vægtmængde af vedkommende Halvstof indtog efter Vandets Afdrivning gennem Sien, viste sig

---

[1]) Det er en bekendt Sag, at Maling af Stoffet paa Stengang giver en smøret Karakter. Dette vil være let at forstaa ud fra ovenstaaende Betragtning, idet det Tryk og den Ituslidning, som Stoffet underkastes mellem Stenene, netop vil forøge Fibrenes Smidighed og Blødhed.

[2]) W. f. P. 1907, Side 3832 og 3986, 1908 Side 1215.

at danne en god Maalestok for Halvstoffernes Kvalitet, idet de bløde og smidige Stoffer lagde sig i et tyndere og tættere Lag end de haarde og stive. Herved gik han ud fra, at naar det drejer sig om at sammenligne Cellulose af samme Træsort, vil Taverne altid have samme Længde og Finhed i Halvstoffet, saa at alene Blødheden (Plasticiteten) bliver afgørende for Sedimenteringsvolumenet. Til Bedømmelse af Heltøjets Malingstilstand har Sedimenteringsprøverne ikke vist sig egnet, idet saavel Afkortningen som den forøgede Bøjelighed og Blødhed af Taverne vil formindske Sedimenteringsvolumenet, og samtidig indtræder visse Vanskeligheder ved Aflæsningen af Volumenet. Dr. Klemm har ogsaa med sit Apparat iagttaget, at de smøretmalede Stoffer med ringe Sedimenteringsvolumen afgiver Vandet langt langsommere end frie Stoffer med højt Sedimenteringsvolumen, hvorved det ovenfor om Vandets Gennemdrivning sagte finder Bekræftelse.

Medens Temperaturen ikke har nogen Indflydelse paa Stoffets Sedimenteringsvolumen, har den stor Indflydelse paa Vandafdrivningshastigheden. Stoffet bliver »frit« ved Opvarmningen, men i Fald Stoffet atter afkøles, vil dog Vandafdrivningshastigheden i F. Leop. Skarks Forsøg atter aftage. Almindeligvis antager man, at det er Stoffet, som forandres ved Opvarmningen. Dette er dog ikke helt rigtigt, thi den væsentligste Aarsag til, at Vandet driver hurtigere fra er, at dette bliver mere tyndflydende — dets Viscositet bliver mindre — ved Opvarmning [1]). Hvilken overordentlig Rolle dette Forhold spiller, navnlig ved de forholdsvis lave Temperaturer, hvorved man sædvanlig arbejder i Papirmaskinen, kan ses deraf, at Vandets Viscositet ved Opvarmning fra 5^0 til 30^0 gaar ned til det halve, af hvilken Grund Afdrivningstiden vil gaa tilsvarende ned. Idet yderligere Cellulosens Absorptionsevne over for Vand aftager med højere Temperatur [2]), vil man let forstaa, hvilken skadelig Indflydelse en Opvarmning kan have, naar man skal arbejde med smøret Stof.

Almindeligvis bedømmes som tidligere nævnt den opnaaede Smørethed enten ved at føle paa Stoffet i Hollænderen eller først, naar Stoffet kommer ud paa Viren. Vil man i mere vanskelige Tilfælde eller ved Forsøg have en hurtig og nem eksakt Bedømmelse af den opnaaede Virkning, har man i Schopper-Riegler-Apparatet et Middel hertil. Dette Apparat angiver Smøretheden ved en vilkaarlig valgt Gradeinddeling og giver allerede i Løbet af 5 Minutter en for alle praktiske Formaal tilstrækkelig nøjagtig Vurdering af Stoffets Smørethed [3]).

Fiberlængden bedømmes i Reglen ved, at Hollændermølleren betragter

---

[1]) Sigurd Smith: Temperaturens Indvirkning paa Vandafdrivningen fra Stoffet. Papirjournalen 1919, Nr. 7, Side 46.

[2]) G. Schwalbe: Die Chemie der Cellulose, Side 18.

[3]) Ved begge de nævnte Apparater vil det ogsaa være muligt at maale Mængden af tilbageblivende Vand i Stoffet, hvis man venter, til al Afdrivning er ophørt.

en Haandfuld Stof efter Afpresning af Vandet. En mere eksakt Bedømmelse har man i den af Clayton Beadle paapegede Methode til ad mikroskopisk Vej at følge Afkortningsarbejdets Fremadskriden under Hollændermalingen[1]). Denne Methode lider dog af den Mangel, at den tager betydelig Tid, saa man kan ikke anvende den til direkte at indstille sin Maling derefter.

Disse Maalemethoder aabner en Mulighed for en talmæssig Bedømmelse af Hollændermalingens Indvirkning paa Stoffet saavel hvad angaar Smørethed som Afkortning.

For at faa et talmæssigt Udtryk for Afkortningsvirkningen maa man ad mikroskopisk Vej bestemme den gennemsnitlige Tavelængde ved Malingens Begyndelse og efter dens Afslutning, saaledes som angivet af Clayton Beadle. Maalingerne er meget møjsommelige, og ved de mest udmalede Papirer f. Eks. Cigaretpapir er saadanne Maalinger overhovedet ikke mulige.

Lad os antage, at Maalingerne har givet det Resultat, at den gennemsnitlige Tavelængde ved Malingen er formindsket til $\frac{1}{m}$ af den oprindelige. Hver Tave er altsaa gennemsnitlig skaaret $m - 1$ Gange over. Lad os endvidere ved λ_1 betegne den gennemsnitlige Tavelængde ved Malingens Begyndelse, maalt i cm og lad os antage, at Taverne gennemsnitlig har en Vægt γ kg pr. cm Længde. Antallet af Taver i Hollænderen er da ved Malingens Begyndelse $\frac{Q}{\gamma\lambda_1}$. Naar hver Tave ved Malingsprocessen er skaaret $m - 1$ Gange, bliver det samlede Antal Snit $\frac{Q}{\gamma\lambda_1}(m - 1)$, hvilket danner et Maal for den under Maleprocessen udøvede Afkortningsvirkning. Heraf ses blandt andet, at Hollænderens afkortende Virkning maa gaa langt langsommere for sig, naar Afkortningen er vidt fremskreden, end naar Taverne er lange. For at afkorte alle Taverne fra Gennemsnitslængden λ_1 til $\frac{1}{2}\lambda_1$ fordres nemlig $\frac{Q}{\gamma\lambda_1}$ Snit. Men samme Antal Snit fordres ogsaa for at afkorte fra Gennemsnitslængden $\frac{1}{2}\lambda_1$ til $\frac{1}{3}\lambda_1$ eller — i Almindelighed — fra $\frac{1}{n}\lambda_1$ til $\frac{1}{n+1}\lambda_1$. Vi er her i Overensstemmelse med Lehmanns theoretiske Undersøgelse[2]) og med Clayton Beadles mikroskopiske Maalinger[3]). Da man ikke kender Værdien af γ — Taverens Vægt pr. cm — kan man kun anvende Størrelsen $\frac{Q}{\gamma\lambda_1}(m - 1)$ til Sammenligning af Afkortningsarbejdet for samme Stof, derimod ikke til Sammenligning af Afkortningsarbejdet for forskellige Stoffer.

Schopper-Riegler Apparatet angiver Smørethedsgraden ved at angive hvor mange Dele Vand, der driver hurtigt fra et bestemt afmaalt Kvantum Stof, saaledes at hvis man tænker sig, at Stoffet er absolut smøret, bliver

[1]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 232 og følgende.
[2]) W. f. P. 1908, Side 1373 Sp. 1.
[3]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 241, Fig. 27.

denne Vandmængde Nul, medens den omvendt ved fuldstændig »frit« Stof vil nærme sig stærkt til 100 % af hele Vandmængden. Man kunde nu f. Eks. vedtage at lade Tallet $\omega = \frac{100 - x}{100}$ betegne Smørethedsgraden, idet x betegner den hurtigt afdrevne Procentdel af Vandet. Frit Stof vil da have en Smørethedsgrad omtrent lig med Nul, og absolut smøret Stof vil have Smørethedsgraden 1,0. At en Hollænderfyldning Q kg Stof er omdannet fra en oprindelig Smørethedsgrad ω_1 til ω_2 kunde saa betegnes ved Størrelsen $Q(\omega_2 - \omega_1)$, der vil give et Maal for den ved Maleprocessen opnaaede Forandring i Stoffets Smørethed. Ogsaa om dette Maal gælder det, at det er intet absolut Maal, men kun brugeligt til Sammenligning mellem Maleprocesser med samme Stof. Lad os antage, at den opnaaede Virkning $Q(\omega_2 - \omega_1)$ delvis skyldes Knusningen eller Ituslidningen mellem Fladerne og delvis Piskningen i Stoffet og Valseknivenes Slag mod dette. Man kan da sætte $Q(\omega_2 - \omega_1) = Q(\omega_2 - \omega') + Q(\omega' - \omega_1)$, hvor Leddet $Q(\omega_2 - \omega')$ antages at hidrøre fra Ituslidningen og $Q(\omega' - \omega_1)$ antages at hidrøre fra Piskningen. Det vil senere blive vist, hvorledes man er i Stand til ved Hollænderforsøg at bestemme disse to Størrelser hver for sig.

For at Stoffet skal være egnet til Papirfabrikation, maa det dels have opnaaet en bestemt Smørethed ω og dels en bestemt Afkortning, angivet ved Tavernes Gennemsnitslængde. Disse to Tal ω og $\frac{\lambda_1}{m}$ angiver tilsammen den Karakter, Malingsprocessen har haft eller den Karakter, der gennem Malingen er tildelt Stoffet. Man kan ved Malingen gaa ud paa kun at afkorte Stoffet uden at tilsigte nogen Forøgelse af Smørethedsgraden (Maling af Trækpapir), eller man kan tilsigte den mest vidtgaaende Smøretmaling ved Udtværing af Stoffet og Skaaning af Tavelængden, saaledes at der helst ingen Afkortning finder Sted (f. Eks. Maling af Spindepapir), eller man kan endelig tilsigte en hvilken som helst Malingskarakter, der ligger mellem disse to Yderpunkter.

IV. Malevirkningens Theori.

Det er i et foregaaende Afsnit udtalt, at Hollænderens Maleevne ikke beror paa den Mængde Stof, som passerer i Valseknivenes Mellemrum hen over Grundværket, men paa den Mængde, som virkelig bliver udsat for Behandling mellem Valse- og Grundværksknive.

Vi skal nu forsøge at komme til Klarhed over hvilke Forhold, der er bestemmende for den Stofmængde, der virkelig kommer under Knivenes Behandling, samt hvorledes denne Behandling foregaar. Disse Forhold unddrager sig aldeles direkte Iagttagelse, da Maleprocessen foregaar paa et saa utilgængeligt Sted og ved en Knivhastighed af indtil 9—10 Meter i Sekundet. Man er derfor henvist til at opstille en Hypothese og undersøge, om den er i Stand til at forklare de Fænomener, der kan iagttages, og det er her af Betydning, at den Hypothese, man begynder med at opstille, er saa omfattende, at den i sig rummer alle tænkelige Muligheder.

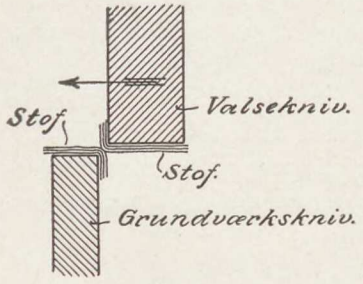

Fig. 5.

Vi vil nu betragte Fig. 5, som viser en Valsekniv, der nærmer sig en Grundværkskniv for i næste Øjeblik at begynde Malingen mod denne. Det Stof, som derved vil blive underkastet Behandling, kan man tænke sig ført frem til Maling eller fastholdt under denne enten af Knivenes arbejdende Kanter eller af deres arbejdende Flader.

Hvorledes man nu end tænker sig, at dette foregaar, maa den Mængde, der bringes frem til Bearbejdelse, kunne udtrykkes som en Sum af de Mængder, der skyldes de arbejdende Kanter og de Mængder, der skyldes de arbejdende Flader. Betegner Δ_v den Mængde, der skyldes en Meter Knivlængde af Valsekniven, maa man altsaa have

$$\Delta_v = \delta'_v + \delta'' s_v ,$$

idet δ'_v betegner den Del, der skyldes Kanten og $\delta'' s_v$ betegner den Stofmængde, der skyldes Fladen, en Mængde, der maa være proportional med Fladens Bredde s_v. Analogt hermed har man for en Meter af Grundværkskniven

$$\Delta_g = \delta'_g + \delta'' s_g .$$

Mængderne Δ_g og Δ_v vil nu være udsat for Bearbejdelse, ved at Valseknivens Kant møder Grundværksknivens Kant. Hvis Stoffet ikke kan undvige, vil der ske en Skæring eller Klipning af Stoffet. Endvidere vil det Stof, som (med Kanterne eller med Fladerne) føres videre, blive udsat for et Tryk, en Ituslidning eller Knusning, idet Valsekniven glider hen over Grundværksknivens arbejdende Flade.

Vi vil nu betragte den førstnævnte af de to Virkninger lidt nøjere. Denne Virkning (Afkortningsvirkningen) maa være proportional med

$$\frac{L}{\cos \alpha_g} \delta'_g + \frac{L}{\cos \alpha_v} \delta'_v,$$

naar en Valsekniv møder en Grundværkskniv, idet $\frac{L}{\cos \alpha_g}$ er Grundværksknivens Længde, og $\frac{L}{\cos \alpha_v}$ er Valseknivens Længde.

Idet Antallet af Grundværksknive er m_g, og Antallet af Valseknive er m_v, faas for en Omdrejning af Valsen

$$L m_g m_v \left(\frac{\delta'_g}{\cos \alpha_g} + \frac{\delta'_v}{\cos \alpha_v} \right)$$

og Afkortningsvirkningen pr. Sekund bliver proportional med

$$\frac{n}{60} \cdot \frac{L m_g m_v}{\cos \alpha_g \cos \alpha_v} (\delta'_g \cos \alpha_v + \delta'_v \cos \alpha_g) = \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (\delta'_g \cos \alpha_v + \delta'_v \cos \alpha_g).$$

Hvis Hollænderen ikke har gennemgaaende Grundværksknive, faar vi med samme Betegnelser som i Afsnit I, at Afkortningsvirkningen bliver proportional med

$$\frac{l_n}{\cos \alpha_n} \vartheta'_g + \frac{l_n}{\cos \alpha_v} \vartheta'_v$$

for en Grundværkskniv af Længden $\frac{l_n}{\cos \alpha_n}$, naar den møder en Valsekniv. Findes der m_n Grundværksknive af den nævnte Længde, bliver Virkningen af disse:

$$\frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n} \vartheta'_g + \frac{m_n l_n}{\cos \alpha_v} \vartheta'_v,$$

og ved Summation over hele Grundværket faas

$$\vartheta'_g \Sigma \frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n} + \vartheta'_v \frac{\Sigma m_n l_n}{\cos \alpha_v}.$$

Sættes

$$\frac{\Sigma m_n l_n}{\Sigma \frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n}} = \cos \alpha'_g$$

kan ovenstaaende Udtryk skrives

$$\cos\alpha'_g\left(\frac{\delta'_g}{\cos\alpha'_v}+\frac{\delta'_v}{\cos\alpha_v}\right)\Sigma\frac{m_n l_n}{\cos\alpha_n}=K_g\cos\alpha'_g\left(\frac{\delta'_g}{\cos\alpha'_g}+\frac{\delta'_v}{\cos\alpha_v}\right)$$

og ved Multiplikation med $\frac{n}{60}m_v$ faas, at Virkningen pr. Sekund bliver proportional med

$$\frac{n}{60}m_v K_g\cos\alpha'_g\left(\frac{\delta'_g}{\cos\alpha'_g}+\frac{\delta'_v}{\cos\alpha_v}\right)=\frac{L_s}{\cos\alpha_v}\left(\delta'_g\cos\alpha_v+\delta'_v\cos\alpha'_g\right),$$

hvilket svarer til det Resultat, vi fandt ovenfor for gennemgaaende Knive.

Hvis den Stofmængde, der af en Meter Valseknivkant bringes frem til Maling, ikke er lige stor med den Stofmængde, der bringes frem af en Meter Grundværksknivkant, kan man sætte $\delta'_g = x\delta'_v$. Ovenstaaende Udtryk for Afkortningsvirkningen pr. Sekund kan derefter skrives

$$\delta'_v\frac{L_s}{\cos\alpha_v}(\cos\alpha_g+x\cos\alpha_v). \qquad [a]$$

Gaar vi dernæst over til at betragte Ituslidningsvirkningen, har man, at idet Mængden Δ_v passerer hen over Grundværkskniven med Tykkelse s_g, vil den frembragte Ituslidningsvirkning være proportional med $\Delta_v\frac{s_g}{\cos\alpha_g}$, idet $\frac{s_g}{\cos\alpha_g}$ er Vejen for Ituslidningen. Paa samme Maade frembringes for Δ_g's Vedkommende Ituslidningsvirkningen $\Delta_g\frac{s_v}{\cos\alpha_v}$.

Den Virkning, der opnaas, idet denne Bevægelse finder Sted, maa altsaa være proportional med

$$\frac{L}{\cos\alpha_g}\Delta_g\frac{s_v}{\cos\alpha_v}+\frac{L}{\cos\alpha_v}\Delta_v\frac{s_g}{\cos\alpha_g}=\frac{L}{\cos\alpha_g\cos\alpha_v}(\Delta_g s_v+\Delta_v s_g),$$

idet vi betragter en Grundværkskniv af Længden $\frac{L}{\cos\alpha_g}$.

Indsættes nu

$$\Delta_v=\delta'_v+\delta''s_v,$$
$$\Delta_g=\delta'_g+\delta''s_g,$$

faas

$$\frac{L}{\cos\alpha_g\cos\alpha_v}\left[(\delta'_g+\delta''s_g)s_v+(\delta'_v+\delta''s_v)s_g\right]=\frac{L}{\cos\alpha_g\cos\alpha_v}\left[\delta'_g s_v+\delta'_v s_g+2\delta''s_g s_v\right].$$

For een Omdrejning af Valsen, d. v. s. naar alle Valseknivene passerer samtlige Grundværksknive, bliver Virkningen

$$\frac{L\,m_g m_v}{\cos\alpha_g\cos\alpha_v}\left[\delta'_g s_v+\delta'_v s_g+2\delta''s_g s_v\right],$$

og Ituslidningsvirkningen pr. Sekund bliver

$$\frac{n}{60}\cdot\frac{L\,m_g m_v}{\cos\alpha_g\cos\alpha_v}\left[\delta'_g s_v+\delta'_v s_g+2\delta''s_g s_v\right]=\frac{L_s}{\cos\alpha_v}\left[\delta'_g s_v+\delta'_v s_g+2\delta''s_g s_v\right].$$

Hvis Hollænderen ikke har gennemgaaende Knive i Grundværket, maa man betragte et Element af Grundværket med Længden $\frac{l_n}{\cos \alpha_n}$. Det Stykke af en Valsekniv, som passerer hen over dette Element, vil da have Længden $\frac{l_n}{\cos \alpha_v}$. Den Virkning, der opnaas, idet denne Bevægelse finder Sted, maa altsaa være proportional med

$$\frac{l_n}{\cos \alpha_n} \cdot A_g \cdot \frac{s_v}{\cos \alpha_v} + \frac{l_n}{\cos \alpha_v} \cdot A_v \cdot \frac{s_n}{\cos \alpha_n} = \frac{l_n}{\cos \alpha_n \cos \alpha_v} (A_g s_v + A_v s_n).$$

Indsættes nu ovenstaaende Udtryk for A_g og A_v faas

$$\frac{l_n}{\cos \alpha_n \cos \alpha_v} \left[(\vartheta'_g + \vartheta'' s_n) s_v + (\vartheta'_v + \vartheta'' s_v) s_n \right] = \frac{l_n}{\cos \alpha_n \cos \alpha_v} [\vartheta'_g s_v + \vartheta'_v s_n + 2 \vartheta'' s_n s_v].$$

Summeres nu for samtlige Grundværksknive, faas

$$\Sigma \left[\frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n \cos \alpha_v} (\vartheta'_g s_v + \vartheta'_v s_n + 2 \vartheta'' s_n s_v) \right] =$$

$$\frac{1}{\cos \alpha_v} \left[\vartheta'_g s_v \Sigma \frac{m_n l_n}{\cos \alpha_n} + \vartheta'_v \Sigma \frac{m_n l_n s_n}{\cos \alpha_n} + 2 \vartheta'' s_v \Sigma \frac{m_n l_n s_n}{\cos \alpha_n} \right] =$$

$$\frac{1}{\cos \alpha_v} [\vartheta'_g s_v K_g + \vartheta'_v F_g + 2 \vartheta'' s_v F_g],$$

idet $F_g = s'_g K_g$ faas endvidere

$$\frac{K_g}{\cos \alpha_v} [\vartheta'_g s_v + \vartheta'_v s'_g + 2 \vartheta'' s'_g s_v].$$

Ituslidningsvirkningen pr. Sekund bliver nu proportional med

$$\frac{n}{60} \cdot m_v \cdot \frac{K_g}{\cos \alpha_v} [\vartheta'_g s_v + \vartheta'_v s'_g + 2 \vartheta'' s'_g s_v] = \frac{L_s}{\cos \alpha_v} [\vartheta'_g s_v + \vartheta'_v s'_g + 2 \vartheta'' s'_g s_v].$$

Dette Udtryk svarer til det ovenfor for gennemgaaende Knive fundne.

Sættes som ovenfor $\vartheta'_g = x \vartheta'_v$ faar man, at Ituslidningsvirkningen pr. Sekund bliver proportional med

$$\vartheta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (s_g + x s_v) + 2 \vartheta'' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} s_g s_v. \qquad [11]$$

Hollænderens Arbejde bestaar altsaa af to forskellige Virkninger, der er proportionale med de fundne Udtryk [10] og [11]. Disse to Udtryk omfatter den hele Malevirkning, som kan tænkes at fremkomme ved Knivenes Arbejden mod hinanden og giver tilsammen det almindelige Udtryk for Malevirkningen.

Det ligger i Hollændermøllerens Haand at afpasse de to Virkninger saaledes, at Stoffet, naar det skal tappes ned, saavel har faaet den rigtige Afkortning som den rigtige Knusning eller Ituslidning. I denne Henseende er Hollændermøllerens vigtigste Hjælpemidler (og de Hjælpemidler som saa at sige udelukkende bruges) Valsetryk og Stoftæthed. Undtagelsesvis an-

vendes andre Hjælpemidler saa som Vacuum, Opvarmning[1]), Viscosetilsætning[2]), Limtilsætning[3]), Tilsætning af Kemikalier, som f. Eks. kaustisk eller kulsurt Natron[4]) for at opnaa en mere eller mindre smøret eller fri Karakter af det færdige Stof.

Vi vil i det følgende for ikke at gøre Opgaven uoverkommelig forudsætte, at de Maleprocesser, vi betragter, kun reguleres ved Valsens Tryk og Stoftætheden.

Resultatet af Maleprocessen er som tidligere angivet dels en Afkortning, der kan udtrykkes ved $\frac{Q(m-1)}{\gamma\lambda_1}$ og dels en forøget Smørethed, der kan udtrykkes talmæssig ved $Q(\omega_2 - \omega')$.

Naar Stoffet er afkortet til en vis Grad, vil man som oftest betragte Maleprocessen som færdig og bedømme den opnaaede Karakter af Stoffet. Er det faldet for frit eller for smøret ud, maa man bøde paa det ved i den næste Hollænder at ændre paa Stoftæthed eller Maletryk.

Betegner vi ved Maletiden T_m Timer den Tid, der medgaar fra Malingens Begyndelse til Hollænderfyldningen Q er blevet passende afkortet d. v. s. til Gennemsnitslængden af Taverne er blevet $\frac{1}{m}$ af den oprindelige, har vi, at under hele Maletiden er der ialt sket $\frac{Q(m-1)}{\gamma\lambda_1}$ Snit.

Paa den anden Side maa dette Antal Snit fremkomme som en Sum af de Snit, der udføres hvert Sekund hele Maletiden igennem. I det foregaaende har vi gjort Rede for, at Antallet af Snit i et Sekund maa være proportionalt med

$$\delta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v}(\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v), \qquad [10]$$

hvor δ'_v maa antages at være afhængig af Stoftætheden[5]) ρ i Hollænderen samt af Stoffets øjeblikkelige Længde, der atter er afhængig af, hvorlænge der er malet paa det. δ'_v maa saaledes opfattes som en Funktion af Stoftætheden ρ og Tiden t. Antallet af Snit i det betragtede Sekund maa endvidere være afhængig af det Tryk p, der virker paa hver cm² af Stoffet mellem Knivene. Dette Tryk er dog, som det senere vil blive vist, sandsynligvis ikke konstant under hele Maleprocessen, men vokser eftersom Stoffet afkortes og kan udtrykkes ved $p = \eta p_K$, hvor η oftest vil være en

[1]) Om Temperaturens Indflydelse paa Stoffets Smørethed se: Der Papierfabrikant, Fest- und Auslandsheft 1912, Side 94 samt Papirjournalen 1919, Nr. 7, Side 45.

[2]) Om Viscosetilsætning for at opnaa Smørethed, se: Die Viscose von Dr. B. M. Margosches, Leipzig 1906, Side 120.

[3]) Arnold Rehn: Kraftverbrauch beim Mahlen von Halb- und Ganzzeug in der Papierfabrikation, Side 16.

[4]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 53

[5]) Naar man jager en Kniv gennem Stoffet, vil der blive hængende mere paa Æggen, naar Stoftætheden er stor, end naar den er ringe.

Funktion af Fiberlængden d. v. s. af Tiden t. Naar vi skal danne et Udtryk for det Antal Snit, Maletøjet udøver i et Sekund, maa vi altsaa multiplicere Størrelsen [10] med en Koefficient, der er en Funktion af p_K og t. Kaldes denne Koefficient for ξ, har man Snitantallet i et Sekund

$$\xi \delta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v).$$

Da dette gælder for hvert Sekund under hele Maleprocessen, og da Tidsenheden et Sekund er valgt aldeles vilkaarligt, maa det samme gælde, hvis vi sætter Time i Stedet for Sekund, blot at Konstanten ξ derved faar en anden Værdi, og δ'_v bliver en Middelværdi gældende for hele Timen. Man kunde nu gaa et Skridt videre og lade $\xi \delta'_v$ betegne Middelværdien pr. Time under hele Maleprocessen, og man faar da, at Middelafkortningsvirkningen pr. Time under hele Maleprocessen har været

$$\xi \delta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v).$$

Denne Middelafkortningsvirkning kan ogsaa udtrykkes ved $\frac{Q(m-1)}{\gamma \lambda_1 T_m}$, og man har derfor, idet vi tillægger $\xi \delta'_v$ den sidstnævnte Betydning

$$\frac{Q(m-1)}{\gamma \lambda_1 T_m} = \xi \delta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v).$$

Sætter man nu

$$\gamma \xi \delta'_v = \tfrac{1}{2} c$$

faas

$$\frac{Q(m-1)}{\lambda_1} = \tfrac{1}{2} c \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v) T_m, \qquad (10\,a)$$

hvor c indeholder alle de Faktorer, der er afhængige af Stoffets Natur (Tavernes Tykkelse, Delelighed o. s. v.) samt af Stoftætheden ρ og Trykket p_K. Derimod er c uafhængig af Hollænderens og Maletøjets Konstruktion, naar blot dette sidste er saaledes konstrueret, at Stofafsætningen paa de arbejdende Kanter frit kan finde Sted [1]) (herom senere). Man maa derfor vente at finde samme Værdi for c, naar samme Maleproces udføres ved ens Tryk og Stoftæthed paa forskellige Hollændere.

Samtidig med Afkortningen maa der foregaa en Ituslidning, som i hvert Sekund er proportional med

$$\delta'_v \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (s_g + x s_v) + 2\delta'' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} s_g s_v, \qquad [11]$$

hvor Størrelsen δ'_v er en Funktion af ρ og t, og vi vil indtil videre ogsaa antage, at dette gælder for δ''. I hvilken Grad denne Ituslidning virker til

[1]) Det skal dog bemærkes, at ved Knive med stærkt afrundede Kanter eller ved Knive, der nylig er slebet med Sand, har det kunnet paavises, at Knivkanternes Skarphed har kunnet have nogen Indflydelse.

at gøre Stoffet smøret, afhænger iøvrigt af Trykket $p = \eta p_K$; den Faktor ξ', hvormed ovenstaaende Udtryk maa multipliceres for at give den i det betragtede Sekund opnaaede Smørethedsforøgelse $\Delta\omega$, bliver derfor en Funktion af p_K og t, ligesom den selvfølgelig ogsaa er forskellig efter de forskellige Stoffers Natur (Spaltelighed, Vandopsugningsevne, Blødhed). Man kan nu sætte

$$Q\Delta\omega = \xi' \left[\delta_v' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (s_g + x s_v) + 2\delta'' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} s_g s_v \right].$$

Da dette gælder for hvert Sekund under hele Maleprocessen, og da Tidsenheden et Sekund er vilkaarlig valgt, kan man i Kraft af samme Ræsonnement, som før er anvendt, vedtage at lade $\xi'\delta_v'$ og $\xi'\delta''$ betegne Middelværdier pr. Time under hele Maleprocessen, og man faar da, idet T_ω betegner det Antal Timer, der maa males for at opnaa Smøretheden ω_2

$$\frac{Q(\omega_2 - \omega')}{T_\omega} = \xi' \delta_v' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} (s_g + x s_v) + 2\xi'\delta'' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} s_g s_v.$$

Sætter vi endvidere

$$\xi'\delta_v' = c'$$
$$2\xi'\delta'' = c''$$

faar Ligningen Formen

$$Q(\omega_2 - \omega') = \left[c' L_s (s_g + x s_v) + c'' L_s s_g s_v \right] T_\omega. \qquad (11\,a)$$

Det vil af ovenstaaende ses, at c' og c'' er afhængige af Stoffets Natur samt af Stoftætheden ρ og Trykket p_K, men ikke af Hollænderens og Maletøjets Konstruktion. Man maa derfor ogsaa vente at finde samme Værdier af c' og c'', naar samme Maleproces udføres ved ens Tryk og Stoftæthed paa forskellige Hollændere.

Ved Hollænderens Maleevne i en bestemt Papirkvalitet forstaas det Antal kg Stof, som den kan gøre færdig i en Time. Som oftest vil man paa Spørgsmaalet om, hvilket Kriterium der anvendes paa Stoffets Færdigmaling, faa det Svar, at Malingen ophører, naar Stoffet er passende afkortet. Ofte lyder Svaret dog ogsaa, at Stoffet bedømmes efter dets Smørethed. Sandheden er den, at der maa tages Hensyn til begge Dele, saaledes at Stoffet, naar det er passende kort, ikke er for langt fra den ønskede Smørethedsgrad, og omvendt maa det, naar det er passende smøret, ogsaa have opnaaet en passende Afkortning. Hvorvidt det, som Hollænderformanden bedømmer som »passende kort« virkelig er ensbetydende med, at Stoffet har opnaaet en bestemt Gennemsnitslængde, saaledes som denne er defineret i forrige Afsnit, har det ikke været muligt at konstatere. Vi vil dog indtil videre betragte disse to Bedømmelser som ensbetydende og bedømme Hollænderens Maleevne efter dens Afkortningsevne ɔ: det Antal kg, som afkortes til en passende Længde i en Time. Denne Størrelse $q = \frac{Q}{T_m}$ indføres i Ligning [10 a], hvorved faas:

$$q\frac{(m-1)}{\lambda_1} = \tfrac{1}{2}\, c\, \frac{L_s}{\cos \alpha_v}(\cos \alpha_g + x \cos \alpha_v). \qquad (10\,b)$$

Hvis vi sætter

$$q' = \frac{Q}{T_w}$$

faas endvidere

$$q'(\omega_2 - \omega') = c' \frac{L_s}{\cos \alpha_v}(s_g + x s_v) + c'' \frac{L_s}{\cos \alpha_v} s_g s_v. \qquad (11\,b)$$

Disse Ligninger hviler paa en rent theoretisk Betragtning og er udledede rent mathematisk for alt det Malearbejdes Vedkommende, som man kan tænke sig udført mellem Knivene. De er udledede i størst mulige Almindelighed for at sikre, at enhver Mulighed for Maling mellem Knivene er indbefattet i de opstillede Udtryk. — Der staar nu tilbage at undersøge, hvorvidt de virkelige Forhold i Hollænderen stemmer med de antagne.

For Simpelheds Skyld vil vi nu antage, at det Stofkvantum δ'_v, der føres med af Valseknivens Kant er lig med det Kvantum δ'_g, der hænger over Grundværksknivens Kant, hvorved faas $x = 1$. Vi indskrænker os endvidere til at regne med, at Vinklerne α_g og α_v er saa smaa, at man uden nævneværdig Fejl kan sætte deres Cosinus lig med 1 (dette vil altid finde Sted, naar Grundværksknivene er gennemgaaende). Ligningerne vil da blive

$$q\frac{(m-1)}{\lambda_1} = cL_s, \qquad (10\,c)$$

$$q'(\omega_2 - \omega') = c' L_s (s_g + s_v) + c'' L_s s_g s_v. \qquad (11\,c')$$

Det vil af den gennemgaaede Udvikling ses, at sidste Led paa højre Side af Lighedstegnet i Ligning [11 c'] hidrører fra det Stof, som vi har tænkt os bragt frem til Maling med Knivenes arbejdende Flader, medens det første Led samt Udtrykket paa højre Side i Ligning [10 c] hidrører fra det Stof, som føres frem til Maling af Kanterne.

Dette, at Knivkanterne kan føre Stoffet frem til Maling, vil let indses af følgende. Jager man sin Lommekniv med Fart gennem Stoffet i en Hollænder, bliver Taverne hængende i smuk Orden paa tværs over Æggen. (Det angives endogsaa, at der er konstrueret Maaleapparater for Tavernes Længde efter dette Princip). Sammenlignes Knivæggen med Valsekniven vil man maaske hertil indvende, at Stoffet ikke passerer Valseknivens arbejdende Kant paa samme Maade, som det passerer Lommekniven, nemlig saaledes at Stofstrømmen spaltes af Æggen. Dette er dog netop Tilfældet, naar blot Valseknivenes Mellemrum fyldes nogenlunde, idet der stadig under Knivens Bevægelse finder en Stofstrømning Sted op ad dennes forreste Flade, samtidig med at der (relativt) finder en Strømning Sted paa tværs af dens arbejdende Flade. Idet Kniven dykker ned i Stoffet, vil dette nemlig ved Indtrædningen i Mellemrummet blive tvunget op ad Knivens forreste Flade

og begynde en Hvirvelbevægelse[1]) i Knivmellemrummet. Denne Hvirvelbevægelse holder ikke op, selv om Knivmellemrummet kommer ind over Grundværket, og en yderligere Indtrængning af Stof ophører, idet den vedligeholdes paa Grund af Stoffets Friktion mod Grundværket (Fig. 6). Man maa altsaa tænke sig, at Valseknivens arbejdende Kant stadig under sin Bevægelse mødes af en Stofstrøm, der spaltes i een Strøm langs Knivens Forside og een Strøm langs den arbejdende Flade. Under disse Forhold maa man antage, at der samler sig Stof paa den arbejdende Kant paa samme Maade som paa en Kniv, der jages gennem Stoffet. Der er meget, der taler for, at der kun behøves en ret ubetydelig Bevægelse, for at nogen

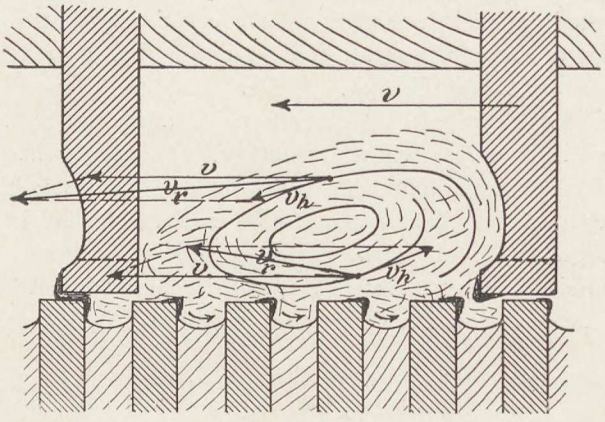

Fig. 6.
v = Valseknivens Hastighed. v_h = Hastigheden i Stofhvirvlen. v_r = resulterende Hastighed.

Ansamling af Stof som den nævnte kan finde Sted, saaledes at f. Eks. en Valsekniv ved sin kortvarige Bevægelse fra een Grundværkskniv til en anden i hvert Fald delvis faar en Erstatning for det Slid paa Stofansamlingen, som Grundværkskniven har foraarsaget. Ligeledes maa man antage, at der paa Grund af Bevægelse i det Stof, der af Knivmellemrummene føres hen over Grundværket, sker Ansamling af dette paa Grundværksknivenes arbejdende Kanter (naar blot ikke Mellemrummene mellem Grundværksknivene er saa fast fyldte med Stof, at de arbejdende Kanter slet ikke springer frem, men i dette Tilfælde kan der overhovedet ikke males).

At der virkelig finder en Ansamling Sted, saaledes som her forklaret, kan direkte bevises ved Iagttagelser gjorte ved en Fabrik med 18 Hollændere, og hvor der som oftest ikke sker nogen nævneværdig Maling af Stoffet, men nærmest en Udpiskning, saaledes at der ikke slides meget paa Valseknivenes arbejdende Flader. Det viste sig paa denne Fabrik, at alle

[1]) Lehmann har i W. f. P. 1908, Side 1374 paavist, at en saadan Hvirvelbevægelse maa finde Sted, og det er at undres over, at L. ikke ved sine meget indgaaende theoretiske Undersøgelser har bemærket, at der maa finde en Stofansamling Sted paa Kanterne.

Valseknivene i de Hollændere, hvori der bruges Kaolin [1]), af denne var slidt paa den i Fig. 6 angivne Maade. Hulningen var tydeligvis frembragt ved Slid, ikke ved Tæring, og begyndte først et Par Millimeter oven for den arbejdende Kant — denne har været beskyttet af Stofansamlingen. Hvis der slides haardere paa de arbejdende Flader end paa ovennævnte Fabrik, faar Kniven nærmest Udseende som angivet ved den punkterede Linie i Fig. 6.

Denne Betragtning, at Stoffet føres frem til Maling af Knivkanterne, letter os ogsaa Forstaaelsen af mange Iagttagelser. Man vil saaledes forstaa, at hvis Omløbet i en Hollænder bliver saa langsomt, eller hvis Knivafstanden i Valsen er udført saa ringe, at der ikke kan ske nogen nævneværdig Indtrængen af Stof i Knivmellemrummet, vil der ikke finde nogen videre Ansamling Sted paa Knivkanterne, og Maleevnen vil i begge disse Tilfælde gaa betydeligt ned. Heri maa man rimeligvis søge Grunden til den overdrevne Vægt, der fra tysk Side lægges paa det stærke Omløb i Hollænderne; man har erkendt, at der skulde et ikke for ringe Omløb til at give ordentlig Maleevne, og dette har ført til saadanne fejlagtige Slutninger, som Professor Pfarr's tidligere omtalte. Det er ligeledes en bekendt Sag, at man kan ødelægge Maleevnen i en Hollænder, ved at bygge Valsen med for ringe Knivafstand Naar Valseknivene er slidt saa meget, at Stofhvirvlen ikke kan faa Plads til at udvikle sig i Knivmellemrummet, idet den bremses for stærkt ved Friktionen mod Træet i Knivmellemrummets Bund, bliver Træet hugget bort, og man kan atter male med Valsen.

Professor Kirchner skriver [2]) »det er iøvrigt ikke muligt at foreskrive Taverne, hvorledes de skal lægge sig foran eller mellem Knivene; at forklare Finmaling eller Smøretmaling i Modsætning til Frimaling derved, at man i det første Tilfælde skærer paa langs, i sidste Tilfælde paa tværs, træffer uden for Mulighedernes Grænse og kan derfor ikke være rigtigt«. Ligesaa skriver Professor Haussner [3]) »En Afskæring, en Klipning, som der af og til tales om, synes herefter saa meget mere udelukket, naar man forestiller sig, at en for Klipning saa gunstig Beliggenhed af Taven (som tværs paa Æggen) vel praktisk talt næppe forekommer«. Det er formentlig gennem ovenstaaende Udvikling tydelig godtgjort, at den for Overklipning saa gunstige Beliggenhed af Taverne, som disse Forfattere ikke har kunnet tænke sig mulig, netop finder Sted i Hollænderne. Disse Citater er fremdragne her for at vise, at man har netop søgt at finde en Forklaring paa Muligheden for Overklipning mellem Hollænderknivene, men har maattet opgive dette, da Stofansamlingen paa Knivkanterne har været de nævnte Forfattere ukendt.

Hvis man ikke kender Stofansamlingen paa Knivkanterne, vil man i det

[1]) Kaolinen lægges i denne Fabrik tør i Hollænderne, d. v. s. ikke udrørt i Vand inden Paalægningen.

[2]) Das Papier IV. Ganzstoffe, Side 43.

[3]) Der Zerkleinerungsarbeit im Holländer 1908, Side 4.

hele taget have vanskeligt ved at forstaa, hvorledes Stoffet overhovedet kommer ind mellem Knivene[1]). Der anvendes nu til visse Papirsorter overordentlig brede Knive, der angives[2]) endogsaa Knivbredder op til 20—30 Millimeter. Hvorledes skulde Stoffet kunne komme ind mellem disse Flader, hvor der oven i Købet hersker et betydeligt Tryk (mange Atmosfærer), hvis det ikke blev revet med af Kanterne?

Foruden Ituslidnings- og Afkortningsvirkningen, er Hollænderen ogsaa i Besiddelse af en Evne til at udrede Taverne, at slaa Stofklatter itu, saa Stoffet bliver ensformig fordelt. Der er ingen Tvivl om, at den Omstændighed, at Taverne hænger sig over Valseknivenes Kanter, er meget virksom i denne Henseende. Derved sker en Udredning[3]), en Slags Kartning eller Børstning af Stoffet, som maa være af stor Betydning for at faa Stoffet ensformig fordelt paa Viren.

Medens det saaledes kan betragtes som godtgjort, at der finder en Stofansamling Sted paa Knivens arbejdende Kant, kan man vanskelig tænke sig, at den arbejdende Flade skulde rive Stof med sig, og det har da ej heller været muligt at finde noget praktisk Bevis for denne Antagelse. Ved et Friktionsforsøg blev en lille Skinne (se Fig. 7) lagt ned i Hollænderstof, som laa paa en Metalplade. Den lille Skinne blev belastet, saa man omtrent havde et saadant Tryk paa Stoffet, som der sædvanlig arbejdes med i en Hollænder og blev derefter trukket (i Retning vinkelret paa Kanten) hen over Metalpladen. Det viste sig her, at der fulgte kun Stof med Skinnens forreste Kant.

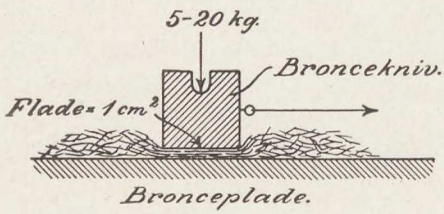

Fig. 7.

Ligeledes blev de i II Del (Fig. 29 og 30) viste Friktionsklodser trukket hen over de glatte Baner og den riflede Bane (Fig. 34 og 28), idet der var lagt et eller flere Lag ulimet kreppet Servietpapir udblødt i Vand mellem Klods og Bane. Det viste sig, at ved de glatte Baner blev Papiret altid trukket med af Klodserne, paa Grund af at disse havde Kanter. Ligesaa blev Papiret altid liggende paa den riflede Bane, mens Klodserne gled hen over det, idet Banen havde flere Kanter til at fastholde Papiret end Klodserne.

Vi vil nu vende tilbage til den udviklede Maleformel [11 c']. Formlen kan under Anvendelse af [8] og [9] skrives

---

[1]) Saaledes maa Lehmann W. f. P. 1908, Side 1374 ty til den Forklaring, at Vædsketrykket vil hjælpe til at presse Stoffet ind mellem Knivene. En simpel Gennemregning vil dog vise, at det Vædsketryk, som her kan være Tale om, er aldeles utilstrækkeligt.

[2]) Der Papierfabrikant 1918, Side 89.

[3]) Smlgn. Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens Side 18: Hollænderens Hovedopgave bestaar dog mindre i at skære end i at udrede (auseinander zu ziehen), i hvert Fald ved Fremstillingen af almindelige Papirsorter.

$$q'(\omega_2 - \omega') = c'Kv + c''Fv.$$

Leddet $c''Fv$ hidrører som tidligere paapeget netop fra det Stof, som vi har antaget fulgte med Knivenes arbejdende Flader. Da der ikke har kunnet findes noget Bevis for denne Antagelses Rigtighed, og da det for en umiddelbar Betragtning maa synes urimeligt, at Stoffet skulde kunne bringes ind mellem Knivene af Fladen, maa vi bortkaste dette Led af Formlen idet δ'' bliver Nul og dermed c'' ogsaa lig Nul. [11 c'] bliver herefter

$$\left.\begin{aligned} q'(\omega_2 - \omega') &= c'L_s(s_g + s_v) \\ \text{eller} \qquad q'(\omega_2 - \omega') &= c'K \cdot v. \end{aligned}\right\} \qquad (11\,c)$$

Det Led, som herved blev bortkastet, er det, som flere tidligere Forfattere har regnet for at være maalgivende for Hollænderens Ituslidningsvirkning [1]).

Kirchner har i sit oftere citerede Værk i et stort Antal Tilfælde undersøgt, om Maleevnen skulde vise sig at være proportional med Leddet Fv, men det er ikke lykkedes ad denne Vej at føre et praktisk Bevis for Antagelsens Rigtighed, og Lehmanns theoretiske Bevis viser sig altsaa ikke at være fyldestgørende, idet han ikke har faaet Kantvirkningen med, den paa hvilken det i Virkeligheden kommer an.

Der maa dog paa dette Sted gøres opmærksom paa, at det ikke er udelukket, at Udtrykket Fv i visse Tilfælde kan blive maalgivende for Hollændervirkningen, nemlig i saadanne Tilfælde hvor de Taver, der hænger over Knivkanterne, er saa lange, at de fuldstændig bedækker de arbejdende Flader. Man maa være opmærksom herpaa, hvis man har med meget langt Stof eller meget smalle Knive at gøre. Muligvis spiller Udtrykket Fv ogsaa en afgørende Rolle ved Halvtøjsmaling.

Skal man ved Maleprocessen tilsigte en given Karakter m, ω_2, maa man afpasse Tryk og Stoftæthed saaledes, at naar Afkortningen er færdig, har Stoffet netop opnaaet den rette Smørethed ω_2. Man maa altsaa have $T_m = T_\omega$, hvorved $q = q'$. Elimineres q og q' ved Hjælp af denne Ligning af Ligningerne [10 c] og [11 c] faas

$$\frac{\lambda_1(\omega_2 - \omega')}{m - 1} = \frac{c'}{c}(s_g + s_v), \qquad (12\,c)$$

hvor venstre Side af Lighedstegnet er et Udtryk for den opnaaede Karakter af Stoffet. Det ses heraf, at Sekundsnitlængden L_s er uden Betydning for den Karakter, Stoffet faar ved Malingen. Det kommer her udelukkende an paa Summen af Knivbredderne samt Trykket og Stoftætheden, idet Koefficienterne c og c' for et givet Stof kun afhænger af p_K og ρ. En Hollænder er saaledes i Besiddelse af en stor Tilpasningsevne over for de Male-

[1] Strobach: Holländertheorie W. f. P. 1904, Side 760.
Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch, Sonderabdruck, Side 21.
Lehmann: W. f. P. 1908, Side 1149.

processer, den skal udføre, idet man med samme Knive kan udføre meget forskellige Maleprocesser ved blot at variere paa p_K og ρ. Endvidere ser man af [12 c], at Betingelsen for at man ved en Hollænder med Knivtykkelserne $s_g + s_v$ kan opnaa en given Karakter af Stoffet er den, at man kan variere paa p_K og ρ inden for saa vide Grænser, at man faar det rette Forhold mellem to sammenhørende Værdier af c og c'.

For at kunne anvende de udviklede Formler, maa man for den betragtede Maleproces kende c og c' som Funktioner af p_K og ρ. Disse Funktioner fremstilles bedst ved Kurver og findes ved Forsøg paa følgende Maade.

Lad os antage, at vi for en bestemt Maleproces, f Eks. Maling af Protokolpapir af bleget Cellulose har Halvstoffet karakteriseret ved λ_1 og ω_1 og Helstoffet ved $\frac{\lambda_1}{m}$ og ω_2. Endvidere vil vi tænke os, at vi ved en Methode, som senere vil blive beskrevet, skaffer os Kendskab til, hvor stor en Del af den opnaaede Smørethed, der skyldes Piskningen i Stoffet, saaledes at man derigennem finder ω' [1]). Af Hollænderens Konstruktionsdata beregnes L_s og $L_s \cdot (s_g + s_v)$. Afholdes nu en Del Maleforsøg ved forskelligt Valsetryk og forskellig Stoftæthed, kan man af disse finde de tilsvarende Værdier af Stofproduktionen q (Maletiden T_m regnet til Stoffet er passende afkortet, uanset den opnaaede Smørethed). Derefter giver Ligning [10 c] Værdierne for c. — Afholdes dernæst en Del Forsøg ved forskelligt Valsetryk og Stoftæthed til Bestemmelse af q' (Maletiden T_ω regnet indtil det Tidspunkt, da Stoffet har naaet den tilsigtede Smørethed, uanset Afkortningen), faar man af Ligning [11 c] Værdier for c'.

Lad os nu antage, at Kurverne for c og c' er fundne, og at vi staar overfor at skulle dimensionere Maletøjet i en Hollænder til denne Maleproces, idet det forlanges, at Hollænderen skal have en Stofproduktion q kg pr. Time. Af Ligning [10 c] vil man da straks faa Hollænderens Sekundsnitlængde L_s og derefter af Ligning [11 c] eller [12 c] Summen af Knivbrederne. Forudsætningen er, at man først har gjort sig klart, hvilken Stoftæthed man bør arbejde med i Hollænderen — denne staar i nøje Forbindelse med det disponible Fald i Hollændertruget og dettes Form — og hvilket Kanttryk man arbejder fordelagtigst med.

Skal Ligningerne anvendes til at undersøge, hvad en given Hollænder kan udrette i denne bestemte Maleproces, finder man af [10 c] Stofproduktionen q ved en eller anden Værdi af p_K og ρ og af [11 c] findes den tilsvarende Værdi af q'. Hvis nu q' skulde vise sig at være lig med q, er dette Hollænderens Produktionsevne i denne Maleproces. Viser det sig derimod, at q' bliver mindre end q, vil Hollænderen ikke kunne give den ønskede Smørethed, og bliver q' større end q, vil den give for smøret Stof. Man vil saa ved at forsøge med forskellige sammenhørende Værdier af c og c' kunne undersøge, om det overhovedet er muligt at træffe den rigtige

---

([1] Se Side 55.

Karakter af Stoffet med dette Maletøj. Skulde dette ikke vise sig muligt, maa Knivbredden forandres.

I Almindelighed vil man ikke have Maleprocesserne karakteriserede ved Talstørrelserne λ_1, ω_1 og $\frac{\lambda_1}{m}$, ω_2, og man vil derfor ikke kunne bruge Ligningerne [10 c] og [11 c] i den fundne Form. Vi vil i dette Tilfælde sætte

$$\frac{\lambda_1 c}{m - 1} = k$$

$$\frac{c'}{\omega_2 - \omega_1} = k'$$

og Ligningerne kan da skrives

$$q = kL_s, \qquad (10\,d)$$

$$q' = k'L_s(s_g + s_v), \qquad (11\,d)$$

hvor q og q' har samme Betydning som ovenfor. k og k' kan nu bestemmes ved Hollænderforsøg paa samme Maade, som man bestemte c og c', blot at man er henvist til ved et Skøn i Stedet for ved en Maaling at afgøre, hvorvidt den rette Afkortning og Smørethed er opnaaet.

Naar Kurverne for k og k' som Funktioner af p_K og ρ er fundne, vil Formlerne [10d] og [11d] ogsaa kunne anvendes til Dimensionering af Maletøjet. Af den forlangte Stofproduktion q vil man nemlig ved Hjælp af [10d] kunne finde L_s, og da Stoffet, naar det er tilstrækkelig afkortet, samtidig skal have opnaaet den tilsigtede Smørethed, maa man have $q = q'$, hvorved

$$k = k'(s_g + s_v), \qquad (12\,d)$$

af hvilken Ligning man kan bestemme $s_g + s_v$.

Undersøgelsen af, hvad en given Hollænder kan udrette i en bestemt Maleproces, gaar for sig aldeles som før beskrevet, blot at man regner med k og k' i Stedet for c og c'.

Det bemærkes, at man ikke er i Stand til at korrigere for Piskningens Indflydelse paa Smøretheden, naar man maa skønne Smøretheden i Stedet for at maale den med Schopper-Riegler-Apparatet.

Af Ligningens Form vil man se, at k betyder det Kvantum Stof, som en Sekundsnitmeter i en Time kan afkorte til den betragtede Længde, medens k' betyder det Kvantum Stof, som en Kvadratmeter Sekundmaleflade i en Time kan tildele den betragtede Smørethed.

V. Maletrykket.

Inden vi gaar over til ved Malingsforsøg at undersøge Rigtigheden af den udviklede Theori, vil det være nødvendigt at gøre sig klar over, hvilken Indflydelse Tryk og Stoftæthed har paa Hollænderens Maleevne eller Maletid.

Det er indlysende, at det Tryk, som bliver afgørende for Stofmalingen, er Fladetrykket p (kg pr. cm^2) paa det Stof, der findes mellem de arbejdende Flader. Denne Størrelse vil vi betegne som Maletrykket. Hvis nu Stoffet dækkede hele Berøringsfladen F, var dette Tryk let udregnet, idet det vilde være lig med $p_F = \frac{P}{10000\ F}$. I foregaaende Afsnit er imidlertid den Anskuelse, at Stoffet virkelig under alle Forhold bedækker hele Malefladen, blevet forkastet. Da vi gaar ud fra, at Stoffet kun følger Knivkanterne og ikke Knivfladerne, maa det ligge som en bredere eller smallere Bræmme langs Knivenes arbejdende Kanter; en Bræmme, hvis Bredde afhænger af Stoffets Længde paa lignende Maade, som den Stofbræmme, der hænger over en Lommeknivs Æg, naar man har jaget den gennem Stoffet, danner et Maal for Stoffets Længde. Vi ved dog intet positivt om den virkelige Bredde af denne Bræmme, da den rimeligvis ogsaa er afhængig af Stoffets Filtelighed og af Stoftætheden i Hollænderen. Som tidligere anført har Stofansamlingen kunnet beskytte ca. 2 mm af Knivenes Forflade mod Slid af Kaolinen, og der kan være Grund til at antage, at dette nogenlunde vil svare til Stofbræmmens gennemsnitlige Bredde i vedkommende Hollænder. Vi vil i det følgende betegne Bræmmens Bredde maalt i Meter ved β.

Vi betragter nu den Berøringsflade, der fremkommer ved Krydsning af een Valsekniv med een Grundværkskniv. Naar der intet Stof er imellem, er Fladen som tidligere omtalt et Parallelogram, hvori to sammenstødende Sider er Dele af arbejdende Kanter, henholdsvis af Valsekniven og af Grundværkskniven. Paa Fig. 8 er Stofbræmmerne angivne ved en Skravering, hvis Linier gaar i Bevægelsens Retning (vinkelret paa Valseaksen), altsaa i samme Retning, hvori vi maa antage, at Stoffet lægger sig over Knivkanterne. De to Sider har henholdsvis Længderne $\frac{s_g}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)}$ og $\frac{s_v}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)}$, medens Stofbræmmernes Bredde, maalt vinkelret paa Siderne kaldes β, maalt i Me-

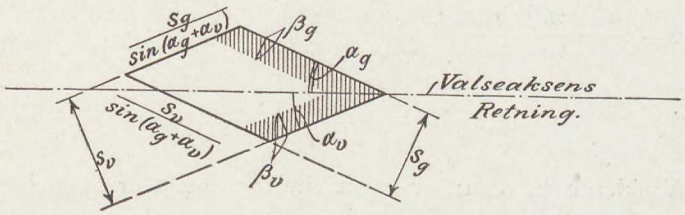

Fig. 8.

ter. Det Areal, hvor der findes Stof mellem Knivene, er altsaa for det betragtede Krydsningspunkt

$$f_1 = \frac{s_g \beta_v + s_v \beta_g}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)} - \frac{\beta_g \beta_v}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)} = \frac{s_g \beta_v + s_v \beta_g - \beta_g \beta_v}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)}.$$

Hvis alle Krydsningspunkter er ens, d. v. s. hvis alle Grundværksknive har samme Tykkelse s_g og Vinkel med Valseaksen α_g [1]) faas hele det Areal mellem Grundværk og Valse, hvor der findes Stof i Klemme, ved Multiplikation med Antallet af Krydsningspunkter i.

Af (3) faas, idet $S_g \pm S_v = L(\operatorname{tg}\alpha_g \pm \operatorname{tg}\alpha_v)$

$$i = \frac{m_g m_v}{\pi D}(\operatorname{tg}\alpha_g \pm \operatorname{tg}\alpha_v) L,$$

altsaa

$$if_1 = \frac{m_g m_v L}{\pi D} \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha_g \pm \operatorname{tg}\alpha_v}{\sin(\alpha_g \pm \alpha_v)} (s_g\beta_v + s_v\beta_g - \beta_g\beta_v) = \frac{m_g m_v L}{\pi D} \cdot \frac{s_g\beta_v + s_v\beta_g - \beta_g\beta_v}{\cos\alpha_g \cos\alpha_v}. \quad (13)$$

Det Tryk, som 1 cm² af Stoffet bliver underkastet, er altsaa

$$p = \frac{P}{10000 if_1} = \frac{P\pi D \cos\alpha_g \cos\alpha_v}{10000 m_g m_v L (s_g\beta_v + s_v\beta_g - \beta_g\beta_v)}. \quad (14)$$

Af Fig. 8 ses, at hvis Bræmmens Bredde β er saa stor som den mindste af Størrelserne s_g eller s_v, vil den hele Berøringsflade være fuldstændig dækket med Stof. I dette Tilfælde bliver $f_1 = f$ [2]) og følgelig Trykket pr. cm² af Stoflaget $p = p_F$. Trykket p kan dog ogsaa udtrykkes ved p_K, idet man sætter $p = \eta p_K$, hvor man i Følge Ligning (7) har

$$\eta = \frac{s_g + s_v}{100 s_g s_v} \quad (14\,a)$$

Hvis nu β er mindre end den mindste af Størrelserne s_v eller s_g, er Parallelogrammet ikke fuldt dækket med Stof, og Trykket beregnes efter (14) som i dette Tilfælde kan skrives

[1]) Nærværende Udvikling skal kun gennemføres for dette specielle Tilfælde, idet det vilde føre til uoverskuelige, indviklede Formler, hvis man vilde gennemføre Beregningen for et vilkaarligt Grundværk. Hvis man har med Grundværker at gøre, hvor s_g og α_g er forskellige for de forskellige Knive, maa man i hvert enkelt Tilfælde gennemføre Beregningen fra Bunden af.

[2]) Se Side 14.

$$p = \frac{1}{100} \cdot \frac{\pi D \cos \alpha_g \cos \alpha_v P}{100 m_v m_g (s_g + s_v) L} \cdot \frac{s_g + s_v}{s_g \beta_v + s_v \beta_g - \beta_g \beta_v} = \eta p_K,$$

idet

$$\eta = \frac{1}{100} \cdot \frac{s_g + s_v}{s_g \beta_v + s_v \beta_g - \beta_g \beta_v}. \tag{14b}$$

Hvis Vinklerne α_g og α_v er smaa, hvilket oftest er Tilfældet, vil man kunne sætte $\beta_g = \beta_v = \beta$, og man vil da have

$$\eta = \frac{1}{100} \cdot \frac{s_g + s_v}{\beta (s_g + s_v - \beta)}. \tag{14c}$$

Hvis Bræmmens Bredde β er lille i Forhold til den mindste af Størrelserne s_g eller s_v, vil man have

$$\eta = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{\beta}. \tag{14d}$$

Det ses heraf, at naar man blot har med nogenlunde brede Knive at gøre (i Forhold til Stoffets Længde), vil det virkelige paa Stoffet virkende Fladetryk være nogenlunde proportionalt med Kanttrykket p_K. Kun i det sjældne Tilfælde, naar Stofbræmmen β er saa bred eller Knivbredden saa ringe at $\beta \geqq s_g$ (Grundværksknivene er nemlig som Regel de smalleste) bliver det paa Stoffet virkende Fladetryk p lig med p_F.

Antager man, at $\frac{\beta_g}{\cos \alpha_g}$ eller $\frac{\beta_v}{\cos \alpha_v}$ er lig med Tavernes gennemsnitlige Længde, vil man, hvis man er i Stand til at maale denne paa forskellige Stadier af Maleprocessen, kunne undersøge, hvorledes Trykket paa Stoffet er vokset, efterhaanden som Stoffet males kortere. Har Stoffet til en Begyndelse været saa langt (eller Knivene saa smalle) at det bedækkede hele Arealet f, maa man beregne $p = \eta p_K$ ved Formlen (14a), senere kan man beregne Trykket ved (14b) og maaske til sidst ved (14c). Det viser sig saaledes, at det i al Almindelighed er p_K og ikke p_F, som er bestemmende for det Tryk, Stoffet underkastes.

Eksempel 1[1]). $s_g = 0{,}002$ m, $s_v = 0{,}008$ m, $\alpha_g = 45^0$, $\alpha_v = 0^0$. Den gennemsnitlige Tavelængde λ er til en Begyndelse 0,3 cm, til sidst 0,1 cm. Da $\frac{\lambda}{100} \cos \alpha_g = \beta_g > s_g$, har man i Førstningen ifølge (14a)

$$p = \frac{1}{100} p_K \frac{0{,}002 + 0{,}008}{0{,}002 \cdot 0{,}008} = 6{,}25\, p_K.$$

Naar Stoffet er saa meget afkortet, at λ gennemsnitlig er 0,2 cm, bliver $\beta_g = 0{,}002 \cdot 0{,}71 = 0{,}0014$ og $\beta_v = 0{,}002$ og ifølge (14b) faas

$$p = \frac{1}{100} p_K \frac{0{,}002 + 0{,}008}{0{,}002 \cdot 0{,}002 + 0{,}008 \cdot 0{,}0014 - 0{,}002 \cdot 0{,}0014} = 8{,}0\, p_K.$$

[1]) Parketgrundværket. Se Side 60.

For $\lambda = 0{,}1$ cm faas $\beta_g = 0{,}001 \cdot 0{,}71 = 0{,}0007$ og $\beta_v = 0{,}001$ og ifølge (14b) har man

$$p = \frac{1}{100} p_K \frac{0{,}002 + 0{,}008}{0{,}002 \cdot 0{,}001 + 0{,}008 \cdot 0{,}0007 - 0{,}001 \cdot 0{,}0007} = 14{,}3\, p_K.$$

Eksempel 2. $s_g = s_v = 0{,}008$ m, $\cos \alpha_g \sim 1$, $\cos \alpha_v = 1{,}0$. For samme Længder af Stoffet som ovenfor faas ved (14 c):

$$\text{for } \lambda = 0{,}3 \text{ cm}, \ \beta = 0{,}003; \ \eta = \frac{1{,}23}{0{,}3} = 4{,}1; \ p = 4{,}1\, p_K$$

$$\text{for } \lambda = 0{,}2 \text{ cm}, \ \beta = 0{,}002; \ \eta = \frac{1{,}14}{0{,}2} = 5{,}7; \ p = 5{,}7\, p_K$$

$$\text{for } \lambda = 0{,}1 \text{ cm}, \ \beta = 0{,}001; \ \eta = \frac{1{,}07}{0{,}1} = 10{,}7; \ p = 10{,}7\, p_K.$$

Det ses saaledes, at ved saa brede Knive som 8 mm, vil Maletrykket p nogenlunde være omvendt proportionalt med den gennemsnitlige Tavelængde, naar denne er under 2—3 mm.

VI. Malevirkningens Afhængighed af Tryk og Stoftæthed.

Koefficienterne c og c' (henholdsvis k og k') i de udledede Formler for Malevirkningen er som tidligere nævnt afhængige af det Tryk p, som Stoffet er underkastet under Maleprocessen samt af Stoftætheden. Det nævnte Tryk er imidlertid som vist i foregaaende Afsnit afhængigt af Tavelængden, der som oftest ikke kendes. Maletrykket p egner sig derfor ikke til at indgaa i Beregningsformlerne; det maa i disse erstattes af Kanttrykket p_K, til hvilket p staar i et nogenlunde simpelt Forhold. Naar man saa skal sammenligne Maleprocesser, udførte ved forskelligt Tryk, bliver det ganske vist ikke under Hensyn til det virkelig paa Taverne virkende Tryk, men et Kanttryk, som — naar vi med de Hollændere, der skal sammenlignes, udfører samme Maleproces — som oftest i begge Hollændere vil staa i nogenlunde ens Forhold til p under hele Processen.

Der er gjort en Del Forsøg til Bestemmelse af Indflydelsen af Tryk og Stoftæthed paa Hollænderens Malevirkning eller med andre Ord paa Koefficienterne c, c' eller k, k'. De foretagne Forsøg har dog en ret tilfældig Karakter, og det kan ingenlunde siges, at de giver nogen udtømmende Besked om dette Forhold [1]). Det har heller ikke været muligt at bestemme Smørethedsgraden eller Afkortningen talmæssigt i de fleste af Forsøgene, da de dertil nødvendige Apparater først senere er kommet til Stede. Formentlig vil dog denne Samling af Forsøgsresultater have Betydning ved at kaste nogen Klarhed over Foregangen i en Hollænder. Hvis saadanne Forsøg blev planmæssig gennemført for en bestemt Maleproces med forskellige Hollændere, vilde man deri have Midler til at opdage Fejl og eventuelt indføre Forbedringer. Det maa derfor meget anbefales at skaffe et saa betydeligt Forsøgsmateriale som muligt af denne Art til Veje.

Vil man fremstille Koefficienternes Afhængighed af Tryk og Stoftæthed grafisk, skulde dette egentlig ske ved en Flade. Vi vil dog foretrække ved Kurver at fremstille Koefficienterne som Funktioner af Trykket ved forskellige Stoftætheder og ligeledes at fremstille dem som Funktioner af Stoftætheden ved forskellige Tryk.

[1]) Der har saaledes endnu ikke været afholdt Forsøg til Bestemmelse af Stoftæthedens Indflydelse paa Smøretmalingen (eller med andre Ord paa Koefficienten c' eller k').

a. Forsøg til Bestemmelse af k som Funktion af p_K.

For at undersøge Trykkets Indflydelse paa Afkortningsvirkningen (Stofproduktionen pr. Time) er der afholdt en Del Forsøg med den tidligere nævnte tovalsede Hollænder, betegnet $S\,3$, idet dog den ene Valse blev udtaget og erstattet med en Rører, der skulde bringe Stoffet over Sadlen. Hollænderen blev hver Gang fyldt med bleget Sulfitcellulose af samme Fabrikat og blev hver Gang malet til en bestemt Korthed. Tidspunktet, naar denne var opnaaet, blev bestemt ved et Skøn af Hollænderformanden og den Ingeniør, der ledede Forsøgene. Naar den var opnaaet, blev Forsøget afbrudt og den til Afkortningen medgaaede Tid T noteret saavel som det Tryk, hvormed Malingen var udført, idet der under hvert Forsøg blev holdt konstant Tryk. — Trykket blev bestemt derved, at Valsens, Valseakslens og Remskivens Vægt og Tyngdepunkt var bekendt; Remtrækket var vandret, saaledes at Remspændingen ingen Indflydelse kunde have paa Valsens Tryk paa Grundværket. Det Leje A, som var nærmest Valsen, hvilede paa en Vægtstang, der blev baaret oppe

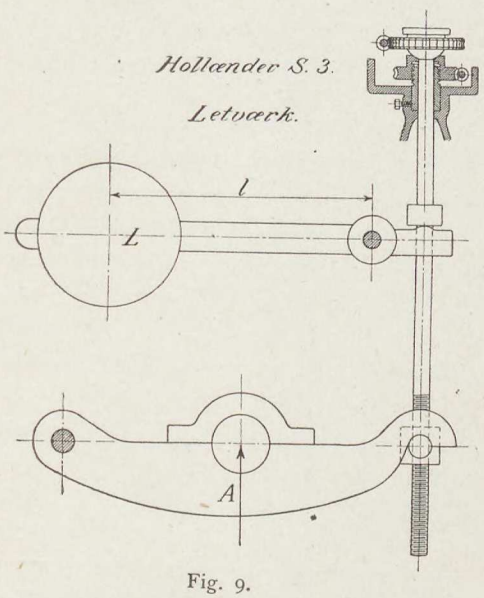

Fig. 9.

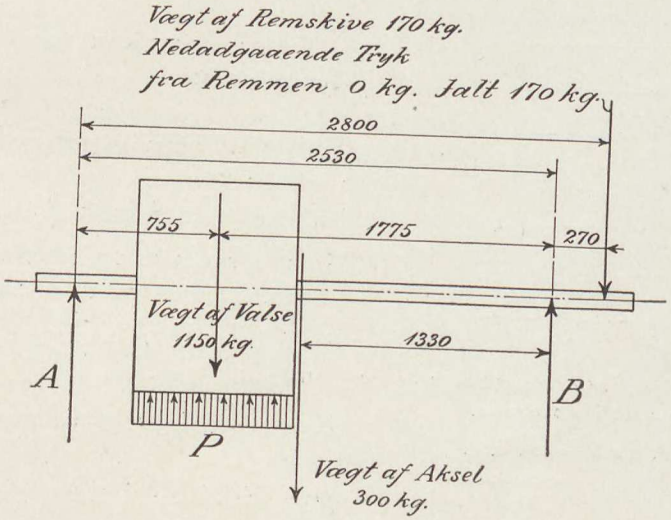

Fig. 10.

Tabel II. (Hertil Fig. 11).

Forsøgsdato 1917	P = Valsens Tryk paa Grundværket	$p_K = \frac{P}{100\,K}$	Stoftætheden i %	v = Knivhastigheden i m pr. Sek.	T_m = Maletiden excl. Tid til Fyldning, Udrøring og Tømning	Q = Fyldning i kg Stof	$\frac{Q}{T_m}$	$q = \frac{Q}{T_m} \cdot \frac{7{,}2}{v}$ o: Stofprod. ved v=7,2 m	$k = \frac{q}{L_s} = \frac{q}{2040}$	Anm.
$^4/_8$	625	2,4	8,3	7,2	4^{20}	240	55	55	0,0270	Kurven for ρ = ca. 0,08.
$^3/_8$	483	1,9	7,8	7,2	4^{24}	225	51	51	0,0250	
$^{22}/_{10}$	384	1,5	9,0	6,9	5^{00}	225	45	47	0,0230	
$^{28}/_7$	318	ca. 1,2	8,3	7,2	5^{33}	265	48	48	ca. 0,0223	
$^{27}/_7$	»		7,1	7,2	4^{40}	200	43	43		
$^1/_8$	302		8,6	7,2	6^{37}	310	47	47		
$^{31}/_7$	»		8,3	7,2	6^{10}	290	47	47		
$^2/_8$	»		8,3	7,2	5^{22}	225	42	42		
$^{15}/_9$	258	1,0	7,8	6,9	7^{15}	250	34,5	36	0,0191	
$^{13}/_9$	242		7,8	7,0	6^{05}	259	41	42		
$^{12}/_9$	242	0,95	6,3	6,9	4^{25}	170	38,5	40	0,0196	Kurven for ρ = ca. 0,06
$^2/_{10}$	175	0,69	5,7	6,9	6^{50}	195	28,5	30	0,0146	
$^{29}/_9$	143	0,56	5,9	7,0	5^{05}	170	33,5	34	0,0167	

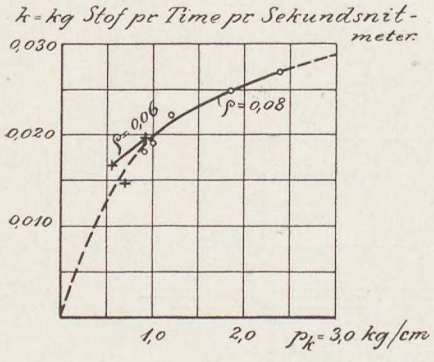

Fig. 11. k, p_K-Diagram for bleget Sulfitcellulose malet til Protokolpapir.

Stoftæthed ϱ = ca. 0,08.
» ϱ = ca. 0,06.

Forsøgshollænderen havde følgende Dimensioner:

Valsedimensionerne $L = 0{,}85$ m, $D = 1{,}1$ m.

Valseknive 96 Stkr. à 4,5 mm.

Grundværksknive 12 Stkr. à gennemsnitl. 4,5 mm. $\cos \alpha_g \sim \cos \alpha_v = 1$.

Omdrejningstal $n = 125$ ved $v = 7{,}2$ m/Sek.

$$L_s = 12 \cdot 96 \cdot \frac{125}{60} \cdot 0{,}85 = 2040 \text{ m/Sek.}$$

$$K = \frac{12 \cdot 96 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}85}{\pi \cdot 1{,}1} = 2{,}55 \text{ m.}$$

ved et Skydelod L og en Vægtstangsmekanisme (Fig. 9). Ved Indstilling af Skydeloddet og ved Hjælp af et ekstra Skydelod kunde man opnaa, at Reaktionen i Lejet A kunde varieres lige fra Nul til en saadan Værdi, at Valsen løftedes op fra Grundværket. Da Reaktionen A saaledes er kendt, kan man til enhver Tid udregne Valsens Tryk paa Grundværket ved de almindelige Ligevægtsbetingelser (se Fig. 10), idet det forudsættes, at Trykket paa Grundværket er ensformigt fordelt over hele Valsebredden. At denne Forudsætning passede med de virkelige Forhold, blev der sørget for med størst mulige Omhu.

Forsøgene gav de i Tabel II og Kurveblad Fig. 11 angivne Resultater, idet Hollænderfyldningen bestod af bleget Sulfitcellulose med 10—16 % Udskud af samme Papir som fabrikeredes.

Da det er givet, at den Kurve, der fremstiller k som Funktion af p_K, maa gaa igennem Begyndelsespunktet, idet $p_K = 0$ giver $k = 0$, er det muligt med nogenlunde Nøjagtighed at optegne denne Kurve, eller med andre Ord den Kurve, der angiver Hollænderens Stofproduktion pr. Time pr. Sekundsnitmeter for denne bestemte Maleproces.

b. Forsøg til Bestemmelse af k som Funktion af ρ.

1. Undersøgelsen af ovenomtalte Hollænder S 3 blev ogsaa udstrakt til at gælde disse Forsøg. Med en Paalægning af bleget Sulfitcellulose samt 10—16 % Udskud har Forsøgene givet de i Tabel III angivne Resultater, idet Malingen blev betragtet som afsluttet, naar Stoffet havde faaet en til vedkommende Papirsort passende Afkortning. Forsøget blev ogsaa gennemført med Stof til Normal I/III. Forsøgsresultaterne er angivne grafisk i Fig. 12 a og viser, at naar Stoftætheden bliver mindre, medens Trykket holdes konstant, vokser den skærende Virkning, og dette gælder navnlig udpræget ved Malingsprocesser med ringe Tryk eller Maling paa haardt Stof (Klude). Naar Trykket er oppe paa en vis Værdi, har Stoftætheden ingen Indflydelse paa Afkortningsevnen.

Afkortningsevnens Tiltagen med aftagende Stoftæthed kan i det hele taget kun gælde til en vis Grænse, thi det er givet, at naar Stoftætheden er Nul, bliver der ingen skærende Virkning, og der maa derfor mellem Nul og de brugte Stoftætheder findes en Værdi af ρ, for hvilken den skærende Virkning bliver Maksimum. Desværre har Forholdene ikke tilladt at udstrække Undersøgelsen til mere end et Par enkelte Stoftætheder, saa der savnes Kendskab til k, ρ-Kurvernes videre Forløb.

Det vil bemærkes, at et af Forsøgene har givet et meget afvigende Resultat (nemlig Forsøget af $^2/_{10}$), for hvilket Kurverne stiger i den forkerte Retning. Om dette Forsøg gælder, at det i det hele taget har udvist unormale Forhold. Sammen med den paafaldende ringe Afkortningsevne har der vist sig et meget ringe Kraftforbrug. Dette forklares derved, at Mellemrummene mellem Grundværksknivene, som ret hyppigt maa udrenses,

Tabel III. (Hertil Fig. 12 a).

Forsøgsdato 1917	Stoftæthed angivet i %	$p_K = \frac{P}{100\,K}$	v = Knivhastighed i m pr. Sek.	T_m = Maletiden excl. Tid til Fyldning, Udrøring, Tømning	Q = Fyldning i kg Stof	$\frac{Q}{T_m}$	$q = \frac{Q}{T_m} \cdot \frac{7{,}2}{v}$: Stofproduktionen ved $v = 7{,}2$ m/sek.	$k = \frac{q}{L_s} = \frac{q}{2040}$	Anm.
$^{29}/_{9}$	5,9	0,56	7,0	5^{05}	170	33,5	34	0,0167	} A
	ca. 8,0	0,56						0,0135	efter Kurven Fig. 11 } A
$^{2}/_{10}$	5,7	0,67	6,9	6^{50}	195	28,5	30	0,0147	} B
	ca. 8,0	0,67						0,0160	efter Kurven Fig. 11 } B
$^{12}/_{9}$	6,3	0,93	6,9	4^{25}	170	38,5	40	0,0195	} C
	ca. 8,0	0,93						0,0190	efter Kurven Fig. 11 } C
$^{27}/_{9}$	7,1	1,22	7,2	4^{40}	200	43	43	0,0210	} D
	ca. 8,0	1,22						0,0210	efter Kurven Fig. 11 } D
$^{22}/_{10}$	ca. 9,0	1,48	6,9	5^{00}	225	45	47	0,0230	} E
	ca. 8,0	1,48						0,0230	efter Kurven Fig. 11 } E
Kludestof til Normal I/III.									
$^{8}/_{9}$	7,0	$^{1,35}/_{3,8}$	7,2	9^{14}	190	20,6	20,6	0,0101	} F
$^{10}/_{9}$	5,4	$^{1,35}/_{3,8}$	6,9	5^{25}	145	27	28	0,0138	} F

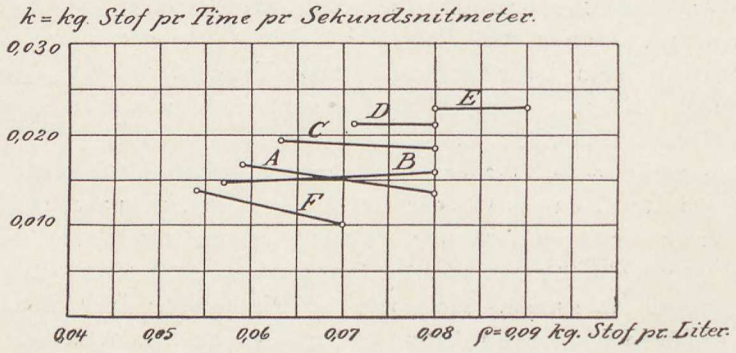

Fig. 12 a. k, ϱ-Diagrammer for Maling af Stof til

1) Protokolpapir, Kurve A B C D E

$p_K = 0{,}56$ 0,67 0,93 1,22 1,48 kg/cm,

2) Normal I/III, Kurve F, $p_K = \begin{cases} 1{,}35 \text{ kg/cm} \\ 3{,}80 \text{ »} \end{cases}$

har været meget forstoppede. Forstoppede Knivmellemrum vil nemlig foruden ringe Skæreevne give ringe Kraftforbrug.

2. Paa dette Sted skal fremdrages et Forsøg [1]) der er offentliggjort i Wochenblatt für Papierfabrikation, og som kunde synes at give en langt brattere faldende Kurve end de ved ovennævnte Forsøg fundne. Udregnes paa Grundlag af de i W. f. P. givne Oplysninger Maleevnen pr. Time ved 7,0, 7,6 og 8,0 % Stoftæthed, vil man finde, at denne synker under det halve, naar Stoftætheden vokser fra 7 % til 8 %. (Se Fig. 12b). Ifølge Oplysninger, indhentede fra Prof. Kirchner, har Trykket været det samme ved alle tre Forsøg, nemlig den fulde Valsevægt. Maleevnens mægtige Aftagen skyldes dog i dette Tilfælde ikke direkte den Omstændighed, at Knivene arbejder med tykkere Stof, men derimod en ved den formindskede Fyldning i Knivmellemrummene foraarsaget mindre Ansamling paa Knivkanterne [2]). Der viste sig nemlig følgende Forhold:

Tabel IV. (Hertil Fig. 12b).

Stoftæthed	Omløb i Liter pr. Sek.	Stofhøjde foran Valsen	Fyldning i Knivmellemrummene svarende til Omløbet
7,0 %	147	350 mm	12,5 mm
7,6 %	32	150—180 mm	2,7 mm
8,0 %	15	faa Centimeter	1,25 mm

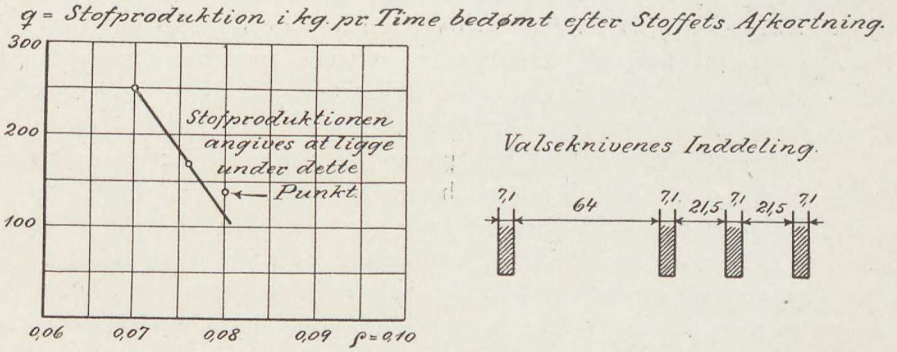

Fig. 12b. Maleevnens Afhængighed af Stoftætheden, naar Knivafstanden er for lille.

[1]) W. f. P. 1917. Nr. 48, Side 2119 og 1918 Nr. 12, Side 519.

[2]) Hvis vi ved v' betegner Stoftransporten pr. Sek. maalt i Liter d. v. s. det Volumen, som i et Sekund passerer et Tværsnit i Hollændertruget, kan Cellefyldningen x beregnes af følgende Formel, hvoraf x findes i Millimeter (se Fig. 13)

$$x = \frac{v' d_v}{(d_v - s_v) v \cdot L}.$$

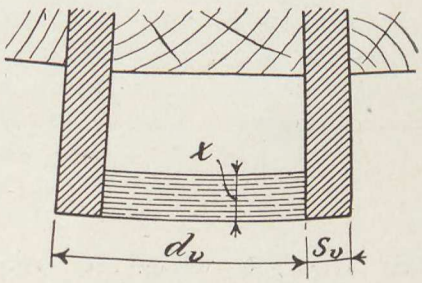

Fig. 13.

Man ser heraf, at Stofstrømmen i Hollænderen ved de store Stoftætheder kun har bevæget sig meget langsomt, og Valsen har kun dykket faa Centimeter i Stoffet. Under disse Forhold kan der ikke ske nogen videre Stofansamling paa Valse- og Grundværksknivenes Kanter, thi dertil fordres netop som tidligere paavist en kraftig Hvirveldannelse ind i Knivmellemrummet Dertil kommer, at Knivene i Hollænderen sad for tæt sammen, idet Afstanden var skiftevis 64—21,5—21,5—64 mm. Det er indlysende, at med et Knivmellemrum paa 21,5 mm og saa ringe Omløbshastighed som ved de to sidste Forsøg maa Hvirveldannelsen i Knivmellemrummene og dermed Stofansamlingen paa Knivkanterne gaa stærkt tilbage. Dette er Forklaringen paa Maleevnens paafaldende Nedgang. Det angives endvidere, at ved det sidste Forsøg (med 8 % Stof) blev Stoffet malet graat; man kan heraf slutte, at den ringe Stofansamling har ladet sig slide igennem ved Friktionen mod de modstaaende Knivflader, saaledes at Knivene har skuret mod hinanden.

c. Forsøg til Bestemmelse af c′ som Funktion af p_K.

1. Der er i tredje Afsnit gjort Rede for, at Stoffets Smørethed opnaas dels ved Ituslidningsprocessen, og dels ved, at Stoffet piskes rundt med Vandet i Hollænderen, og det er vist, at man, hvis man har et Apparat til Maaling af Smørethedsgraden, kan bestemme Resultatet af hver af disse Virkninger for sig, idet man først maa bestemme Resultatet af Piskningsarbejdet alene og bagefter trække dette fra det samlede Resultat for at faa Resultatet af Ituslidningen. Det vil derfor være nødvendig, inden vi gaar til Bestemmelse af Koefficienten c''s Afhængighed af Tryk og Stoftæthed, først at bestemme Piskningens Indflydelse.

Til Bestemmelse af Smørethedsgraden anvendtes en Schopper-Rieglers Malingsgradprøver. Det i Tyskland bestilte Apparat kom dog ikke tids nok til at kunne bruges ved de første Forsøg, og der blev derfor lavet et Apparat af Blikplade, som viste sig at fungere overmaade paalideligt. (Da dette Apparat blev lavet af tilfældig valgte Dimensioner, maa man dog erindre, at dets Grader er ikke lig med det originale Schopper-Riegler-Apparats Grader).

Til Bestemmelse af Piskningens Indvirkning paa Smøretheden maa man fra Tid til anden lette Valsen og lade den rotere i Stoffet uden at male, f. Eks. en halv eller en hel Time, samt maale Smøretheden ved Begyndelsen og Slutningen af en saadan Periode. Viser det sig, at Smøretheden herved forøges

i første Time med $\Delta_1\,\omega$
i anden » » $\Delta_2\,\omega$
i n^{te} » » $\Delta_n\,\omega$

kan man regne (se Fig. 14), at Piskningens Indvirkning under en uafbrudt fortsat Maleproces har været

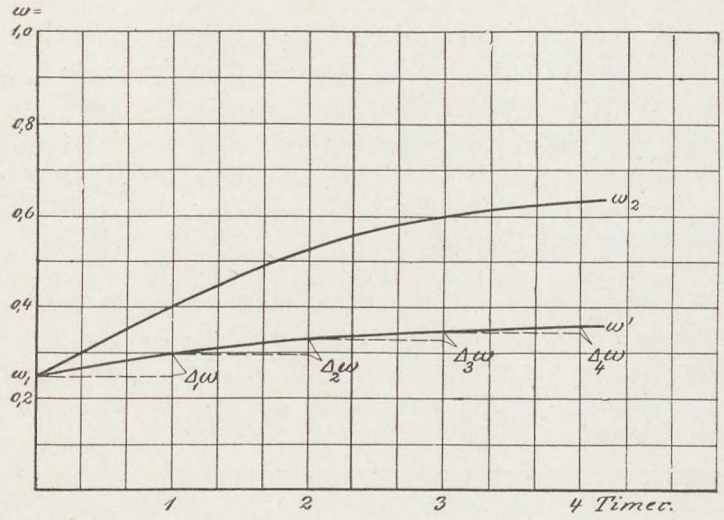

Fig. 14.

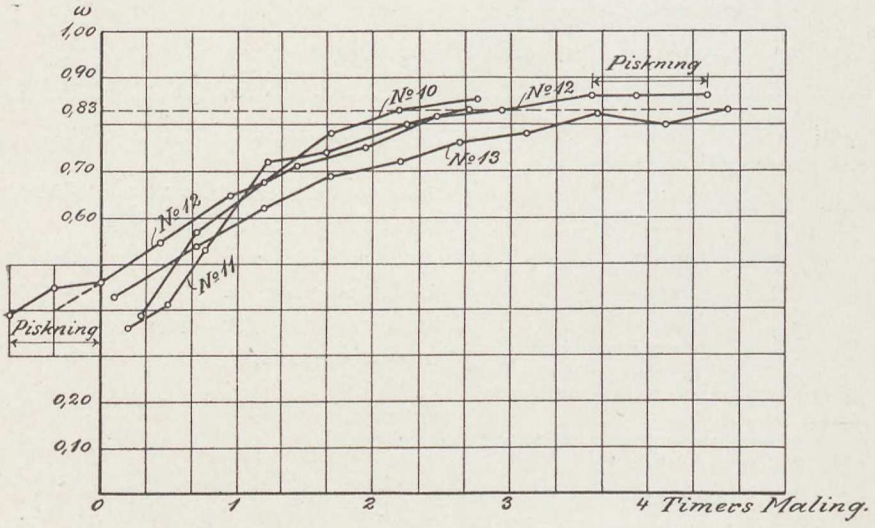

Fig. 15. Kurver visende Smørethedens Tiltagen efterhaanden som Maleprocessen skrider frem. (17/14 mm Knive).

$$\omega' - \omega_1 = \Delta_1 \omega + \Delta_2 \omega + \cdots + \Delta_n \omega.$$

Ved Forsøg Nr. 11 (se nedenfor) blev der afholdt Forsøg til Bestemmelse af Piskningens Indvirkning, og man fandt i første Time $\Delta \omega = 0{,}07$, men for de senere Timer $\Delta \omega = 0$, hvorved

$$\omega' - \omega_1 = 0{,}07.$$

Ved de nedenfor angivne Forsøg (Tabel V), som blev anstillede med Maling af Kraftcellulose til Spindepapir paa Hollænderen M III 3 med

17/14 mm Knive, blev Smøretheden af det raa Stof maalt til gennemsnitlig 0,40, og Malingen betragtes som afsluttet, naar Stoffet havde opnaaet Smøretheden 0,83 (se Kurveblad Fig. 15). Som nævnt skyldes en Del af Smøretheden Piskningen i Stoffet, saaledes at man kun kan regne, at Ituslidningen i Stoffet har forandret det fra 0,47 til 0,83, altsaa $\omega_2 - \omega' = 0{,}83 - 0{,}47 = 0{,}36$. Man har nu $Q \cdot 0{,}36 = c' L_s (s_g + s_v) T_\omega$ og da $L_s (s_g + s_v) =$ 91 m²/Sek. (se nedenfor):

$$q' \cdot 0{,}36 = 91\, c'; \quad c' = 0{,}004\, q'.$$

Tabel V. (Hertil Fig. 16).

Dato 1918	Forsøg Nr.	Q	T_ω	q'	c'	P	p_K	Bedømmelse af Stoffets Afkortning	
7/5	10	285	$2^1/_6$	130	0,52	2400	2,42	Gennemsnitsfiberlgd. 1,23 mm	Se Kurveblad Nr. 17.
	11	285	$2^2/_3$	106	0,42	2400	2,42	» 1,65 »	
8/5	12	285	ca. $3^1/_2$[1])	82	0,33	1645	1,67		
	13	285	4	71	0,28	1645	1,67	» ca. 1,7 »	

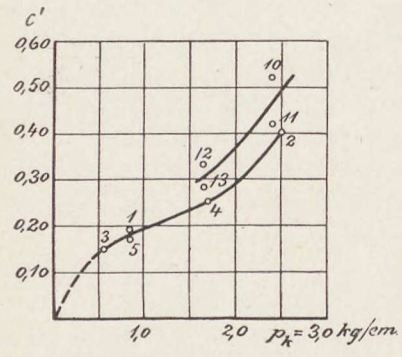

Fig. 16.
c', p_K-Diagram for Kraftcellulose, malet til Spindepapir. Stoftæthed $\varrho = 0{,}075$.

Hollænderen havde følgende Dimensioner:

Valsedimensionerne $L = 1{,}15$ m, $D = 1{,}35$ m.
Valseknive 84 Stkr. à 17 mm.
Grundværksknive 19 Stkr. à 14 mm
$\cos \alpha_v \sim \cos \alpha_g = 1$.
Omdrejningstal 125—130 pr. Minut ved $v \sim 9{,}2$ m/Sek.

Efter Forsøget viste det sig, at kun 14 af de 19 Grundværksknive havde arbejdet med, derfor maa man kun regne med

$L_s = 2930$ m/Sek. for $n = 130$.
$L_s (s_g + s_v) = 91$ m²/Sek.
$K = 9{,}9$ m.

Forsøgsresultaterne er angivne paa Kurvebladet Fig. 16. Der blev under Forsøget hver halve Time udtaget Stofprøver rundt om i Hollænderen, alle Prøver fra et og samme Klokkeslet blev blandede og af Blandingen udtaget Prøver til Mikroskopering efter Clayton Beadles Metode. Paa denne Maade blev de paa Kurvebladet Fig. 17 angivne Gennemsnitsfiberlængder bestemt. Det vil ses, at den skærende Virkning har været større ved Forsøg Nr. 10 end ved Nr. 11. Dette ligger i, at Valseknivene havde en Grad

[1]) Ved Angivelse af Maletiden maa man regne med at en Times Piskning for den egentlige Malings Begyndelse omtrent har været ækvivalent med en halv Times egentlig Maletid (se Fig. 15).

paa den arbejdende Kant paa Grund af, at Knivene Dagen i Forvejen var slebne sammen med Sand. Denne Grad er sandsynligvis delvis slidt bort ved det første Maleforsøg. Efter at Forsøgene 10 og 11 var afsluttede, blev den taget af med en Fil. Ved en Fejltagelse er der ikke kommet til at foreligge paalidelige Maalinger af Afkortningen ved de to derefter følgende Forsøg.

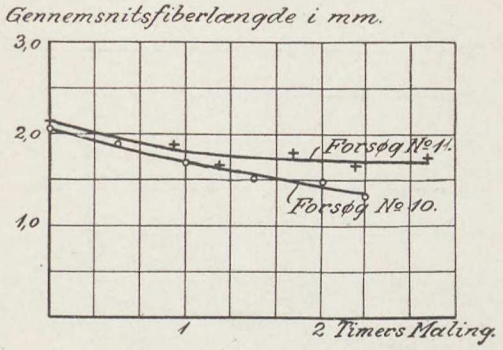

Fig. 17.
Kurver visende, hvorledes Afkortningen skrider frem. Kraftcellulose $p_K = 2{,}42$, $\varrho = 0{,}075$. 17/14 mm Knive.

2. De nedenfor angivne Forsøg (Tabel VI) blev ogsaa anstillede med Hollænderen M III 3, men med 7/8 mm Knive. Smøretheden blev stadig maalt med det hjemmelavede Schopper-Riegler-Apparat, men da det an-

Tabel VI. (Hertil Fig. 16).

Dato 1918	Forsøg Nr.	Q	T_ω	q'	c'	P	p_K	Bedømmelse af Stoffets Afkortning
			ansl.					
$^{14}/_{1}$	1	285	$4^1/_3$	66	0,19	760	0,85	lidt for langt
	2	285	2	142,5	0,40	2240	2,52	lidt for kort
$^{15}/_{1}$	3	275	$5^1/_{12}$	54	0,15	500	0,56	en Smule for langt
$^{16}/_{1}$	4	285	$3^1/_4$	88	0,25	1520	1,71	passende kort
			ansl.					
	5	250	$4^1/_3$	58	0,17	760	0,85	en Smule for langt.

Hollænderen havde de før angivne Valsedimensioner, men

84 Valseknive à 7 mm.
26 Grundværksknive à 8 mm.
Stoftætheden var 7,5 %.
$L_s = 5420$ m/Sek. for $n = 130$.
$L_s (s_g + s_v) = 81$ m²/Sek.
$K = 8{,}9$ m.

vendtes paa en noget anden Maade (anden Fortynding af Stoffet) end ved ovenfor angivne Forsøg, kan man ikke direkte sammenligne de anførte Smørethedsgrader. Der blev ikke taget nogen Bestemmelse af Piskningens Indflydelse, men denne antages som ved de foregaaende Forsøg at beløbe

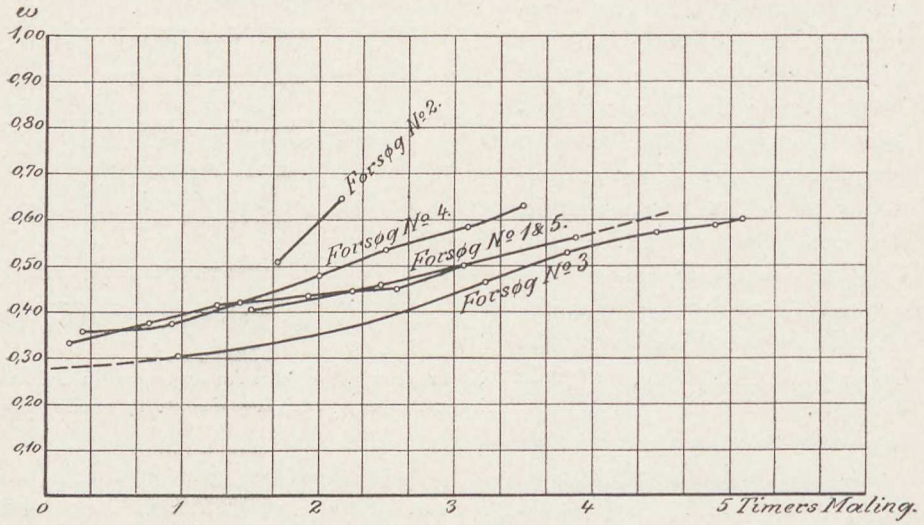

Fig. 18. Kurver, visende Smørethedens Tiltagen efterhaanden som Maleprocessen skrider frem. (7/8 mm Knive)

sig til ca. $\frac{1}{6}$ af den samlede Indvirkning. Til en Begyndelse havde Stoffet Smøretheden ca. 0,32 og Forsøget betragtes som afsluttet, naar Stoffet har naaet Smørethedsgraden 0,60. Det maa altsaa antages, at Smørethedstilvæksten $\frac{5}{6} \cdot (0{,}60 - 0{,}32) = 0{,}23$ skyldes Stoffets Behandling mellem Knivfladerne, saa man har

$$Q \cdot 0{,}23 = c' \cdot L_s (s_g + s_v)\, T_\omega$$

og da $L_s\ s_g + s_v) = 81$ m²/Sek.

$$q' \cdot 0{,}23 = 81\ c'; \quad c' = 0{,}0028\ q'.$$

Der blev stadig under Forsøgene holdt Kontrol med Smørethedsgraden, og dennes Variation med Tiden er vist i de paa Kurvebladet Fig. 18 angivne Kurver. Tiden T_ω findes som Skæringspunkt mellem Kurven og Linien, der svarer til Smørethedsgraden 0,60. Det vil ses, at for Forsøgene Nr. 1 og 5 har det været nødvendigt at tænke sig Kurven forlænget, idet disse Forsøg blev standsede, da Stoffet havde opnaaet Smørethedsgraden 0,50 henholdsvis 0,56.

De i foranstaaende Tabel VI beregnede Værdier for c' er grafisk fremstillede i Kurvebladet Fig. 16. Det viser sig, at Kurven, som maa begynde i Nulpunktet, har et Stykke, hvor den er nogenlunde retlinet for derefter at stige stærkere, naar Kanttrykket kommer over 1,7 kg/cm.

VII. Sammenlignende Maleforsøg.

Det skal nu forsøges at anvende den udviklede Theori paa nogle Eksempler.

Af de i Literaturen offentliggjorte sammenlignende Hollænderforsøg er det kun faa, der er gennemførte under Iagttagelse af Valsetrykket og saa omhyggeligt, at de kan danne et virkeligt Grundlag for Sammenligning at Hollænderens Maleevne.

Det maa herved erindres, at det kun er muligt at sammenligne Maleprocesser med samme Halvtøj til samme Heltøj. Det lader sig ikke gøre at sammenligne Maleprocesser med forskellige Halvstoffer eller Raastoffer, da disses indre Egenskaber, Delelighed, Spaltelighed, Blødhed, Evne til Vandopsugning o. s. v. ikke finder noget Udtryk i Formlerne, og da Maleprocessens Forløb ogsaa er afhængig af Stoffets Begyndelsestilstand (Fiberlængde, kolret eller ukolret Stof).

1. Beadle og Stevens har gjort Forsøg med Maling af Sulfitcellulose paa en lille og en stor Hollænder (samtidig blev Maleevnen af en Arnothollænder undersøgt, men da den ejendommelige Knivform i den ene Halvdel af denne Hollænder gør det umuligt at anvende Theorien paa denne, udelades her dette Forsøg). Forsøgene er refererede i »Theorie und Praxis des Mahlens« Side 276 samt i Kirchner: »Das Papier« IV Ganzstoffe S. 191.

		lille	store Hollænder
Valsediameter	$D =$	0,940 m	1,400 m
Valselængde	$L =$	0,890 m	1,050 m
Valsens Vægt		2000 kg	3500 kg
» Omdrejningstal	$n =$	320	130
Valseknive		60 à 7,0 mm	100 à 7,0 mm
Grundværksknive		15 à 5,0 mm	25 à 6,0 mm
cos α_g	$=$	cos $27^0 = 0{,}891$	cos $12^0 = 0{,}978$
Hollænderfyldning	$Q =$	180 kg	380 kg
Maletid	$T_m =$	$2\frac{1}{2}$ Time	$2\frac{1}{2}$ Time
Stoftæthed		6 %	6,5 %
Maleevne	$\frac{Q}{T_m} = q =$	72 kg/Time	152 kg/Time
Snitlængde	$L_s =$	3300 m/Sek.	6340 m/Sek.
$K = \frac{m_g m_v (s_g + s_v) L}{\pi D \cos \alpha_g}$	$=$	3,58 m	8,33 m.

Det angives at Stoffet ved disse Maleprocesser er faldet aldeles ens ud. Da der ikke opgives noget om Valsetrykket, maa man gøre den Antagelse, at dette har været saaledes, at der har været samme Kanttryk p_k i begge Tilfælde, thi derved er der størst Sandsynlighed for at opnaa ens Karakter. For samme Kanttryk vil, idet Stoftætheden er omtrent ens, Koefficienterne c og c' have samme Værdi i begge Maleprocesser, og man faar da, at Stofproduktionen q for de to Hollændere vil forholde sig som Snitlængderne L_s, og at Ituslidningsvirkningen vil forholde sig som Størrelserne $L_s(s_g + s_v)$.

Snitlængderne L_s forholder sig som 100 til 192, medens Stofproduktionen pr. Time ifølge Forsøgsresultaterne fandtes at forholde sig som 100 til 211.

Det ses altsaa, at Forsøgsresultatet afviger ca. 10 % fra det, som Theorien giver.

Den paa Stoffet udøvede Ituslidningsvirkning maa efter Theorien forholde sig som Størrelserne $L_s(s_g + s_v)$ d. v. s. som

$$3300\,(0{,}007 + 0{,}005) \text{ til } 6340\,(0{,}007 + 0{,}006)$$

eller

$$100 \text{ til } 208,$$

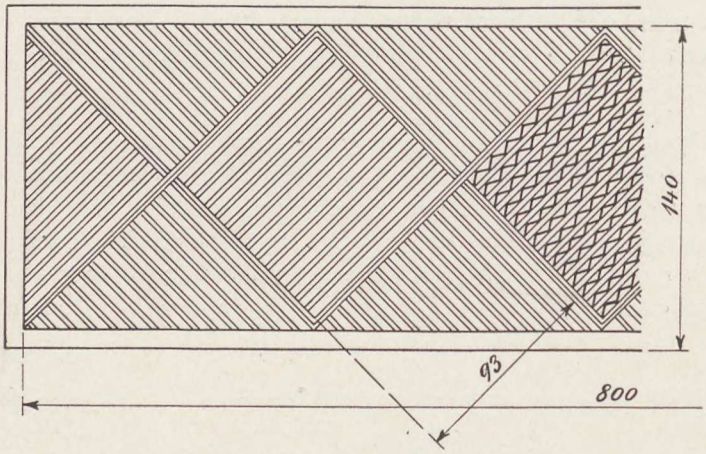

Fig. 19. Parketgrundværk.

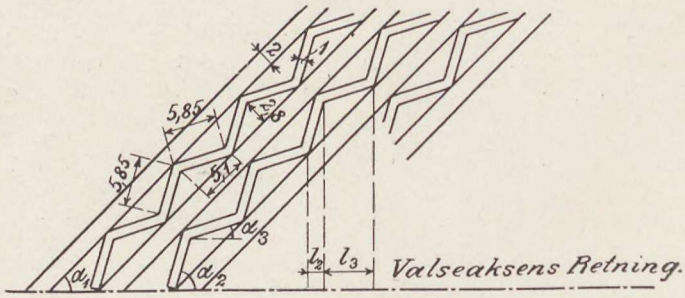

Fig. 20. Detail af Parketgrundværket.

medens Forsøgene gav, at Stoffet opnaaede samme Karakter i begge Tilfælde, d. v. s., at Ituslidningsvirkningen $q\,(\omega_2 - \omega_1)$ forholdt sig som Størrelserne q, d. v. s. som 100 til 211.

Det ses heraf, at Forsøgsresultaterne for Ituslidningsvirkningens Vedkommende stemmer nøje overens med Theorien.

2. Strobach har gjort et Forsøg med at male samme Stof paa et almindeligt Grundværk og paa et Parketgrundværk. Forsøget er refereret i »Wochenblatt für Papierfabrikation« 1904 S. 847 og blev vistnok udført med Cellulosestof, da Strobach anfører, at Kludestof vil forstoppe Knivmellemrummene i Parketgrundværket.

Det almindelige Grundværk [1]) havde 16 Knive à 5 mm Tykkelse, $\alpha_g = 30^0$. Parketgrundværket [2]) (Fig. 19 og 20) var sammensat af mange forskellige tynde Knive med Gennemsnitstykkelsen 1,65 mm [3]) og under mange forskellige Vinkler med Valseaksen. Det var saaledes indrettet, at dets Be-

[1]) W. f. P. 1904, S. 228.

[2]) W. f. P. 1904, S. 847.

[3]) Parketgrundværkets retlinede Knive danner alle Vinklen $\alpha_1 = 45^0$ med Valseaksen og er 2 mm tykke. De bøjede Knive bestaar af 18 Stkr. 5,85 mm lange Stykker, der danner Vinklerne $\alpha_2 = 74^0$ henh. $= 16^0$ med Valseaksen. Der findes 12 kvadratiske Parketflader (5 hele, 14 halve), og i hver af disse findes 15 bøjede Knive samt 18 lige Knive af 2 mm Tykkelse. Desuden findes i Kanten en Kniv 800 mm lang, 8 mm tyk. Man har nu

$$m_1 = 18 \cdot 12 \qquad \frac{l_1}{\cos \alpha_1} = 0{,}093 \text{ m}, \qquad s_1 = 0{,}002 \text{ m},$$

$$m_2 = 9 \cdot 15 \cdot 12 \qquad \frac{l_2}{\cos \alpha_2} = 0{,}00585 \text{ m}, \qquad s_2 = 0{,}001 \text{ m},$$

$$m_3 = 9 \cdot 15 \cdot 12 \qquad \frac{l_3}{\cos \alpha_3} = 0{,}00585 \text{ m}, \qquad s_3 = 0{,}001 \text{ m},$$

$$m_4 = 1 \qquad l_4 = 0{,}800 \text{ m}, \qquad s_4 = 0{,}008 \text{ m}.$$

Heraf faas

$\frac{m_1 l_1}{\cos \alpha_1} = 18 \cdot 12 \; 0{,}093$	$= 20{,}1$ m	$\frac{m_1 l_1 s_1}{\cos \alpha_1} = 20{,}1 \cdot 0{,}002$	$= 0{,}0402$ m^2
$\frac{m_2 l_2}{\cos \alpha_2} = 9 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 0{,}00585$	$= 9{,}5$ m	$\frac{m_2 l_2 s_2}{\cos \alpha_2} = 9{,}5 \cdot 0{,}001$	$= 0{,}0095$ m^2
$\frac{m_3 l_3}{\cos \alpha_3} = 9 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 0{,}00585$	$= 9{,}5$ m	$\frac{m_3 l_3 s_3}{\cos \alpha_3} = 9{,}5 \cdot 0{,}001$	$= 0{,}0095$ m^2
$\frac{m_4 l_4}{\cos \alpha_4} =$	$0{,}8$ m	$\frac{m_4 l_4 s_4}{\cos \alpha_4} =$	$0{,}0064$ m^2
$\Sigma \frac{ml}{\cos \alpha} = K_g$	$= 39{,}9$ m	$\Sigma \frac{mls}{\cos \alpha} = F_g$	$= 0{,}0656$ m^2

Heraf $$s'_g = \frac{F_g}{K_g} = \frac{0{,}0656}{39{,}9} = 0{,}00165 \text{ m}.$$

Endvidere har man, idet $s_v = 0{,}008$ m, $D = 0{,}870$ m, $L = 0{,}800$ m, $m_v = 63$. $\cos \alpha_v = 1$.

$$K = \frac{K_g K_v (s'_g + s_v)}{\pi D L} = \frac{39{,}9 \cdot 63\,(0.00165 + 0{,}008)}{\pi \cdot 0{,}87} = 8{,}9 \text{ m}$$

$$F = \frac{F_g F_v}{\pi D L} = \frac{0{,}0656 \cdot 63 \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}8}{\pi \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}8} = 0{,}0121 \text{ m}^2.$$

røringsareal F med Valseknivenes arbejdende Flader havde samme Størrelse som ved det almindelige Grundværk. Af Formlen

$$L_s s'_g s_v = Fv \cos \alpha_v$$

ses nu, at naar Knivtykkelsen i Grundværket forandres fra 5 mm til gennemsnitlig 1,65 mm, medens Berøringsarealet holdes konstant, maa L_s blive ca. 3 Gange større. Strobach's Forsøg gav da ogsaa, at Hollænderen blev færdigmalet, o: afkortet »auf die angestrebte Faserlänge« i »langt kortere« Tid, naar han anvendte Parketgrundværk, end naar han anvendte det alm. Grundværk. Et Blik paa Formlen (10 c) vil vise, at Timeproduktionen skulde have været 3 Gange saa stor, hvis Maletrykket p havde været ens i begge Tilfælde. Dette har dog ikke været Tilfældet, idet Maletrykket har været mindre paa Parketgrundværket end paa det almindelige Grundværk [1]). Kirchner angiver da ogsaa [2]), at Maleevnen har vist sig at være dobbelt saa stor. At den ikke blev tre Gange saa stor skyldes dels, at Maletrykket var mindre og vel ogsaa, at Parketgrundværkets Knivkanter i Virkeligheden ikke har kunnet være saa effektive som det almindelige Grundværks lige og reelle Kanter.

Strobach gjorde, som det ved en rent umiddelbar Betragtning af Knivtykkelsen var at vente, den Iagttagelse, at det almindelige Grundværk gav langt mere smøret Stof end Parketgrundværket. Dette stemmer ogsaa med Theorien.

Lad os ved ω_a betegne den paa det almindelige Grundværk og ved ω_p den paa Parketgrundværket opnaaede Smørethed. Af Ligningen [11 c]

$$q' (\omega_2 - \omega') = c' Kv$$

faar man da for

det alm. Grundværk	Parketgrundværket
$q' (\omega_a - \omega') = c'_{18,3} \cdot 3{,}93 \cdot v$	$2q' (\omega_p - \omega') = c'_{10,2} \cdot 8{,}9 \cdot v$

[1]) For Parketgrundværket maa man regne, at Trykket p bliver lig med p_F, thi Knivtykkelsen i Grundværket er saa ringe, at den maa antages at være mindre end Bredden af Stofbræmmen over Knivkanterne (se Eks. Side 46 i 5. Afsnit). Da Valsetrykket opgives at have været 1240 kg og $F = 0{,}0121$ m^2, faas $p = p_F = 10{,}2$ kg/cm^2. — For det almindelige Grundværk kan man beregne K, idet det er opgivet, at Grundværksknivenes Tykkelse var 5 mm, og at Berøringsfladen F var lig med Berøringsfladen for Parketgrundværket, altsaa 0,0121 m^2. Man faar

$$K = 0{,}0121 \cdot \frac{0{,}008 + 0{,}005}{0{,}008 \cdot 0{,}005} = 3{,}93 \text{ m},$$

hvorved

$$p_K = \frac{1240}{393} = 3{,}1 \text{ kg/cm}.$$

Antager vi nu, at Stofbræmmens Bredde har været β = ca. 0,002 m, vil man have ifølge Formel [14 c]:

$$\eta = \frac{1}{0{,}2} \cdot \frac{0{,}013}{0{,}013 - 0{,}002} = 5{.}9,$$

altsaa

$$p = 5{,}9 \cdot 3{,}1 = 18{,}3 \text{ kg/cm}^2.$$

[2]) Kirchner: Das Papier IV. Ganzstoffe, Side 161.

idet vi ved $c'_{18,3}$ og $c'_{10,2}$ betegner de til Maletrykkene $p = 18,3$ og $10,2$ kg/cm² svarende Værdier af c'. Ved Division af de to Ligninger i hinanden faas

$$\frac{\omega_a - \omega'}{2\,(\omega_p - \omega')} = \frac{c'_{18,3} \cdot 3,93}{c'_{10,2} \cdot 8,9}$$

eller

$$\omega_a - \omega' = 0,89\,\frac{c'_{18,3}}{c'_{10,2}} \cdot (\omega_p - \omega').$$

Da $c'_{18,3}$ maa være betydelig større end $c'_{10,2}$, idet Kurven for c' gennemgaaende har en betydelig Stigning, ses heraf, at ω_a maa være betydelig større end ω_p. Dertil kommer, at Piskningsarbejdet kan have haft en betydelig større Indflydelse ved Malingen paa det almindelige Grundværk end ved Malingen paa Parketgrundværket, da det har varet den dobbelte Tid.

3. Kirchner refererer i »Wochenblatt für Papierfabrikation« 1918, Side 1021, fire Maleforsøg. De to første af disse er faldet forskelligt ud, og det er derfor ikke muligt at benytte dem til Sammenligning. De to sidste er udførte med Kludestof i een og samme Hollænder med og uden Strobach's »Stofdriver« [1]).

Det angives, at ved disse Forsøg arbejdedes med 5 % Stoftæthed uden og 5,77 % Stoftæthed med Stofdriver. Omløbshastigheden blev ved Stofdriveren sat op, saaledes at Knivmellemrummene fyldtes 15—16 mm med, 10 mm uden [2]). Alt i alt blev Maleevnen ved Stofdriveren forøget med 37 % [3]).

Denne Forøgelse i Maleevnen kan forklares derved, at Stofdriveren har gjort det muligt at faa tykkere Stof til at gaa rundt i Hollænderen, og med den større Stoftæthed følger en større Stofafsætning paa Knivkanterne, ligesom denne ogsaa kan være forøget ved den større Cellefyldning. Man kan hertil indvende, at ved forøget Stoftæthed vil Afkortningsvirkningen aftage (se Diagram Fig. 12 a) men dette kan (som man ogsaa vil se af Fig. 12 a) let ophæves, ved at man arbejder med lidt højere Tryk. Det gode Udfald, som Strobach's Stofdriver har givet, lader sig saaledes i mange Tilfælde forklare derved, at det er blevet muligt at arbejde med større Stoftæthed.

Stofdriveren kan dog ogsaa virke gavnligt, selv om man ikke gaar over til at arbejde med større Stoftæthed, thi i de Tilfælde, hvor Stofhøjden foran Valsen og Stofhastigheden i Truget er saa ringe, at der ikke sker tilstrækkelig Fyldning af Knivmellemrummet til, at Stofafsætning paa Kanterne kan finde Sted, vil Stofdriveren netop skabe gunstige Betingelser for en

---

[1]) Beskrevet i Kirchner: Das Papier IV. Ganzstoffe, Side 61.

[2]) Det opgives at Stoftransporten over Sadelkronen var henholdsvis 83.5 og 53,3 Liter pr. Sekund. Da Valsediameteren var 0,870 m, $L = 0,800$ m, Knivantallet 63, Knivtykkelsen 8 mm, Omdrejningstallet 180, har man $d_v = 0,0434$ m, $v = 8,2$ m/sek., hvoraf Cellefyldningen

$$x = \frac{83,5 \cdot 0,0434}{0,0354 \cdot 8,2 \cdot 0,800} = 15,6 \text{ mm henholdsvis } 10 \text{ mm.}$$

[3]) Maletiden blev nemlig nedsat fra 330 til 240 Minutter.

saadan Afsætning, nemlig stor Stofhøjde foran Valsen. Et saadant Tilfælde er refereret i Kirchner: »Das Papier« IV, Ganzstoffe, Side 61—62, idet Stoftætheden med og uden Stofdriver var 5 %, Fyldningen i Knivmellemrummet var med Stofdriver ca. 11 mm og uden Stofdriver ca. 2 mm. Det er indlysende, at med en saa ringe Cellefyldning kan der ikke finde nogen egentlig Hvirveldannelse Sted i Knivmellemrummet og derfor ingen nævneværdig Stofafsætning paa Knivkanterne (Smlgn. ogsaa Fig. 12 b). Maletiden gik da ogsaa ned fra $6\frac{1}{2}$ Time til $4\frac{5}{6}$ Time, efter at Stofdriveren var indbygget.

4. Der findes ogsaa Eksempler paa, at man uden Indbygning af Stofdriver har kunnet forøge Stofafsætningen paa Knivkanterne ved større Fyldning af Knivmellemrummene. Saaledes kan nævnes de i W. f. P. 1918 Nr. 35, Side 1734, af Kirchner angivne Forsøg Nr. 12—13 og Nr. 21—22. Da disse Forsøg frembyder en Del Interesse, skal Forsøgsdata her gennemgaas.

	Nr. 12	Nr. 13
	Maling af Spindepapir	40—43 g/m²
Valsediameter ..... $D =$	1,400 m	1,200 m
Valselængde ..... $L =$	1,400 m	0,900 m
Valseknive	96 à 7 mm	75 à 8 mm
Grundværksknive	41 à 6 mm	24 à 6 mm, 4 à 10 mm
Fladetrykket p_F angives	5,9 kg/cm²	6,5 kg/cm²
Omdrejningstal	138	158
Hollænderfyldning ..... $Q =$	300 kg	235 kg
Stoftæthed	7,1 %	6,9 %
Maletid	295 Min. = 4,9 Time	344 Min. = 5,75 Time
Stofproduktion pr. Time ... $q =$	61 kg	41 kg
Snitlængde L_s udregnes til	12700 m/Sek.	4970 m/Sek.
Stofproduktion pr. Time pr. Sekundsnitmeter ..... $k =$	*0,0048* kg.	*0,0082* kg

Efter Theorien skulde de to Værdier af k ikke have været i den Grad forskellige, thi Stoftætheden har været omtrent ens i begge Tilfælde, og den Omstændighed, at Kanttrykket p_K har været noget højere i Hollænder Nr. 13 end i Nr. 12, kan ikke have foraarsaget denne store Forskel.

$p_K = \frac{100\, s_g\, s_v}{s_g + s_v} p_F =$	1,9 kg/cm	2,44 kg/cm.

Forklaringen findes da ogsaa, hvis man undersøger, hvor stor Cellefyldningen har været i de to Tilfælde.

Hollænderens Indhold	4200 Liter	3400 Liter
har i Løbet af Maletiden cirkuleret i Hollænderen	188 Gange	369 Gange
Transportmængden bliver altsaa	44,6 Liter/Sek.	62,5 Liter/Sek.
Cellefyldningen bliver ..... $x =$	3,7 mm	11,8 mm

Det viser sig altsaa, at Cellefyldningen 3,7 mm har været utilstrækkelig til at give den nødvendige Stofafsætning paa Kanterne.

De ovenfor nævnte Forsøg Nr. 21—22 er udført med eet og samme Maletøj, men Karret har ved sidstnævnte Forsøg været ombygget saaledes, at man har kunnet arbejde med større Stoftæthed og som Følge deraf med højere Maletryk, og endelig har man ved Ombygningen naaet at faa Omløbshastigheden i Hollænderen, der var ganske ringe i det førstnævnte Forsøg, sat op til det 7-dobbelte, hvorved rigtig Stofafsætning har kunnet finde Sted.

Kirchner angiver

	Nr. 21	Nr. 22
Fyldning ..... $Q =$	170 kg	186 kg
Stoftæthed	5,7 %	6,2 %
Fladetrykket ..... $p_F =$	4,1 kg/cm²	5,9 kg/cm²
Stofhastighed	1,8 m/Min.	12,5 m/Min.
Maletid	160 Min. = 2.67 Time	115 Min. = 1,92 Time.
altsaa faas Stofproduktionen pr. Time ..... $q =$	*64* kg	*97* kg.

Af de nævnte Aarsager er Maleevnen altsaa forøget med ca. 50 %.

5. Kirchner refererer i W. f. P. 1918 Nr. 35 Side 1734 et Par sammenlignende Maleforsøg Nr. 14 og 15 udførte med Maling af Baststof paa to forskellige Hollændere.

Kirchner angiver:

	Nr. 14	Nr. 15
Valsediameter ..... $D =$	1,25 m	0,80 m
Valselængde ..... $L =$	0,85 m	0,80 m
Valseknive	72 à 7 mm	66 à 8 mm
Grundværksknive	30 à 5 mm	14 à 6 mm
Fladetrykket ..... $p_F =$	5,7 kg/cm²	5,0 kg/cm²
Omdrejningstal	130	200
Hollænderfyldning ..... $Q =$	124 kg	81 kg
Stoftæthed	4,1 %	3,1 %
Maletid	120 Min.	150 Min.

Af ovenstaaende beregnes:

Snitlængde pr. Sekund .... $L_s =$	3980 m/Sek.	2470 m/Sek.
Stofproduktion pr. Time ... $q =$	62 kg.	32,4 kg
do. pr. Time pr. Sekundsnitmeter ..... $k =$	*0,0156* kg.	*0,0131* kg
Kanttrykket .. $p_K = \frac{100\, s_g\, s_v}{s_g + s_v} p_F =$	1,66 kg/cm	1,71 kg/cm.

Ved begge Forsøgene var Kanttrykket praktisk talt det samme, derimod var Stoftætheden ved Forsøg Nr. 15 kun 3,1 % mod 4,1 % ved Forsøg Nr. 14. Udregnes Koefficienten k (Stofproduktionen pr. Time pr. Sekundsnitmeter) i de to Forsøg finder man, at den er ca. 20 % højere, naar Stoftætheden er 4,1 %, end naar den er 3,1 %. Dette kunde ved en flygtig Betragtning synes at være i Modstrid med Kurverne i Fig. 12 a, der er faldende ved voksende Stoftæthed. Dette er dog ikke Tilfældet, thi idet k maa blive Nul ved Stoftætheden Nul, er det givet, at Kurverne i Fig. 12 a maa have et Toppunkt, og kommer vi paa den anden Side af dette, maa Koefficienten k vokse med voksende Stoftæthed. Det er iøvrigt værd at bemærke, at ved det tynde Stof, som her er Tale om, har det vist sig, at en Cellefyldning af 2,4 og 2,0 mm har været tilstrækkelig til at give Stofafsætningen paa Knivkanterne (se nedenfor). Ved tyndt Stof er Friktionen mod det Stof, der ikke deltager i Valseknivens Rotation, saa ringe, at Stofafsætningen kan blive siddende paa Valseknivens Kant trods det, at der ikke finder nogen videre Hvirveldannelse Sted i Knivmellemrummet.

	Nr. 14	Nr. 15
Det angives at Hollænderens Indhold.....	3000 Liter	2600 Liter
har i Løbet af Maletiden cirkuleret	369 Gange	369 Gange
Transportmængden bliver altsaa	15,4 Liter/Sek.	10,6 Liter/Sek.
Cellefyldningen bliver..... $x =$	2,4 mm	2,0 mm

6. Ved Hollænder M III 3 blev der forsøgt at udføre samme Maleproces med forskellige Grundværker, nemlig de Side 57 refererede Forsøg Nr. 1—5 med 7 mm Valseknive og 8 mm Grundværksknive og Forsøgene 10—13 (se Side 56) med 17/14 mm Knive. Ved Bedømmelsen af Stoffet blev der kun lagt Vægt paa dettes Smørethed, som blev bestemt ved Schopper-Riegler-Apparatet. Koefficienten c', som kun skal være afhængig af Stoffet, det Begyndelses- og Slutningstilstand samt Tryk og Stoftæthed, skulde derfor blive den samme, hvad enten den blev bestemt ved det ene eller det andet Grundværk. I Fig. 16 er Kurverne for c' som Funktion af p_K stillet op for begge Grundværker, og de to Kurver skulde altsaa efter Theorien dække hinanden; dette finder dog ikke ganske Sted, idet der er en Afvigelse paa ca. 20 %.

Det viser sig altsaa, at Theorien i Hovedtrækkene kan forklare de Iagttagelser, der er gjort under Forsøgene, og naar man vil nøjes med en ret grov Tilnærmelse, stemmer Beregningsresultaterne ogsaa med Forsøgenes Resultater. Det er endvidere muligt at paavise Fejl i Hollændernes Konstruktion, hvor det drejer sig om en for ringe Afsætning paa Knivkanterne. Af Forsøgene ses, at for at Stofafsætningen paa Knivene kan finde Sted, er det ved høje Stoftætheder en nødvendig Betingelse, at der kan dannes

en Stofhvirvel eller rettere en roterende Stofpølse i Knivmellemrummene, og dertil fordres ved 6—7 % Stoftæthed indtil 12—15 mm Fyldning. Ved mindre Stoftætheder fordres ikke saa stor Fyldning, ja ved ganske tynd Paalægning er endogsaa 2 mm Fyldning tilstrækkelig. Dette staar sikkert i Forbindelse med, at den indre Friktion i Stoffet stiger stærkt med voksende Stoftæthed, saaledes at der ved stor Stoftæthed er en stor Tilbøjelighed til, at det Stof, der ikke deltager i Knivenes Cirkulation, vil gnide Stofafsætningen af Valseknivenes Kanter. Ligesaa maa der ogsaa, naar Stoffet er tykt, en betydelig Kraft til at slynge Stoffet saaledes mod Grundværksknivenes Kanter, at det kan blive hængende over disse. Dette opnaas ved det træge, tykflydende Stof kun ved betydelig Fyldning i Knivmellemrummene, idet det maa erindres, at en Cellefyldning af 10 mm i Virkeligheden vil svare til 100—150 mm Stofhøjdetryk over Grundværket. (Centrifugalkraften slynger nemlig Stoffet ned mod Grundværket med en Kraft, der kan være 10—15 Gange Tyngdekraften).

I de gennemregnede Tilfælde er der, naar Forholdene for Afsætning paa Knivkanterne har været gode, fundet Afvigelser paa indtil 20 % fra det, som Theorien giver, men selv en saadan Uoverensstemmelse bør ikke svække Troen paa Theoriens Rigtighed, thi det maa erindres, dels at en helt rigtig Bedømmelse af Maletiden kan let frembyde nogen Vanskelighed, dels indkommer der let andre Fejlkilder, f. Eks.: Uensartethed i Halvstoffets Tilstand, mere eller mindre tilstoppede Knivmellemrum i Grundværket, mere eller mindre skarpkantede Knive, daarlig tilslidt Grundværk. Ved Hjælp af nogen af de andre Theorier, der har været opstillede for Hollænderens Maleevne, er det ikke lykkedes at opnaa tilnærmelsesvis en saadan Overensstemmelse med Praxis.

Det maa kun beklages, at der foreligger saa faa Hollænderforsøg gennemførte med en saadan Grundighed, at de kan tjene som Materiale for en Undersøgelse efter nærværende System. Det er at haabe, at der maa kunne vækkes Interesse for saadanne Maalinger, saaledes at der kan komme til at foreligge et betydeligt Antal k- og k'-Kurver. En Fremskaffelse af saadant Forsøgsmateriale vil sikkert — om det end vil fordre meget Arbejde og megen Tid — vise sig at svare Regning, idet det forøgede Kendskab til Foregangen i Hollænderen, som derved kan indhøstes, vil medvirke til Forbedringer og mere rationel Udnyttelse af Materiel og Kraft. De Maalinger og Forsøg, som allerede foreligger, har desværre ikke en Værdi, som svarer til det Arbejde, der er lagt deri, idet man hidtil har savnet en Sammenligningsbasis for Forsøgene. Det er mit Haab, at nærværende Afhandling maa have givet en saadan.

II.

KRAFTFORBRUGET.

I. Maaling af Kraftforbruget.

Vi har i den foregaaende Del kun beskæftiget os med Hollænderens Virkemaade, dens Maleevne og Karakteren af det færdige Produkt uden at komme ind paa Spørgsmaalet om det Kraftforbrug, der medgaar hertil. Dette Spørgsmaal er ikke mindre vigtigt end det første, da Hollænderiet er den Del af Papirfabrikken, som tager langt det største Kraftforbrug, og kunde der gennem en hensigtsmæssig Udnyttelse af Kraften i Hollænderen blot spares nogle Procent i Hestekraft, vil det være af overordentlig økonomisk Betydning. Desværre viser Hollænderen sig at være en Maskine, der arbejder med store Krafttab; det er saaledes hyppigt at træffe Hollændere, der bruger dobbelt saa megen Kraft som den, der er nødvendig for at overvinde Modstanden hidrørende fra selve Malingen mod Grundværket. Det har derfor ikke blot Betydning at studere det for Malingen nyttige Arbejde, men ogsaa Tabene, da det første Skridt hen mod en Formindskelse af disse maa være det at erkende, hvorfra de stammer.

For at kunne skille det til Malingen mod Grundværket anvendte Arbejde N_M (Maletøjets Kraftforbrug) fra det øvrige Arbejde til Valsens Rotation i Stoffet N_R, kan man først maale Hollænderens totale Kraftforbrug N Hestekræfter, naar Valsen maler med et Valsetryk P[1]). Man har da

$$N = N_M + N_R + N_{L,P}, \tag{15}$$

hvor $N_{L,P}$ betyder den Hestekraft, der gaar tabt ved Lejefriktion og Tab ved selve Removerføringen, naar Valsetrykket er P. Denne Størrelse kan nogenlunde beregnes, naar man maaler Hestekraften $N_{L,O}$, hvorved vi forstaar Hestekraftforbruget ved Hollænderens Tomgang.

Dernæst maa man maale den Hestekraft N_C, som fordres, naar Valsen løftes fra Grundværket og roterer i Stoffet. Man har da

$$N_C = N_R + N_{L,O}. \tag{16}$$

Maletøjets Kraftforbrug faas nu af (15) og (16).

$$N_M = N - N_C + (N_{L,O} - N_{L,P}), \tag{17}$$

hvor N, N_C og $N_{L,O}$ direkte kan maales ved Elektromotordrift og hvor $N_{L,P}$, som det senere vil blive vist, nogenlunde kan beregnes.

[1]) Se iøvrigt Forsøgsskemaet bag i Bogen.

Naar Valsetrykket er P, kan man sætte

$$N_M = \frac{\mu P v}{75}, \tag{18}$$

hvor μ sædvanligvis kaldes Malingskoefficienten [1]).

En Del af den Kraft N_R, der anvendes til Valsens Rotation i Stoffet, medgaar til at sætte det Stof i hurtig Bevægelse, der trænger ind i Knivmellemrummene. Dette foregaar ved et Slag eller Stød mellem uelastiske Legemer. Det til Stødene medgaaede Arbejde maa da være proportionalt med Knivhastigheden v i 2. Potens, idet man ser bort fra den ringe Hastighed, hvormed Stoffet kommer til Valsen. En Del af Stoffet slynges op i Hatten, falder ned igen og rammes atter (se Fig. 21) af Valseknivene, hvor-

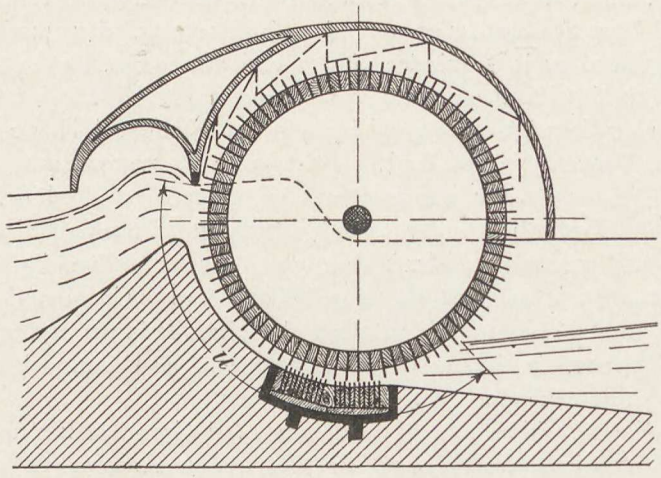

Fig. 21.

ved dette Tab bliver større, end man skulde vente efter den Stofmængde, der tilføres Valsen ved Omløbet i Karret. Vi kan ifølge ovenstaaende sætte den til Stødene medgaaede Del af Hestekraften proportional med v^2, og vi vil foretrække at give Leddet Formen $\frac{1}{75} X v^2$, idet Betydningen af X senere vil blive forklaret.

En anden Del af Hestekraften N_R anvendes til Friktion mod det Hollænderstof, der ikke deltager i Rotationen. Det væsentligste Friktionstab af denne Art sker mellem det med Knivene roterende Stof og det ikke roterende Stof foran Valsen, paa Grundværket samt i og over Sadellommen [2]). Denne Friktionsmodstand har Kirchner regnet med efter Lovene for Vædskefriktion, hvorefter man skulde vente, at Energitabet vilde være proportionalt med v^3. Dette er dog forkert, og det vil senere blive begrundet, hvorfor vi her vil sætte denne Del af Hestekraften lig med $\frac{1}{75} Yv$.

[1]) Kirchner: Das Papier IV. Ganzstoffe Side 39.
Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch, Side 10.

[2]) Dette er først paavist af Kirchner. Das Papier, IV Ganzstoffe, Side 230.

I Henhold til det her udviklede hidrører Rotationsarbejdet N_R altsaa i det væsentlige fra to Aarsager, og man kan sætte

$$N_R = \tfrac{1}{75}\ (Xv^2 + Yv)\ ^1). \tag{19}$$

Det Hestekraftforbrug, der optræder, naar man sænker Valsen ned, saa den maler mod Grundværket med Trykket P, vil nu kunne skrives

$$N = \tfrac{1}{75}\,(\mu Pv + Xv^2 + Yv) + N_{L.P.} \tag{20}$$

Ved de afholdte Forsøg blev Hollænderen drevet ved en Elektromotor, hvis Omdrejningstal kunde varieres inden for ret vide Grænser (ca. 1:1,7). Motorens Tomgangstab samt Ankermodstand og Magnetiseringsstrøm blev maalt meget omhyggeligt, og Tabet i Motoren blev derved udregnet for ethvert anvendt Omdrejningstal og ved forskellige Belastninger. Under Hollænderforsøgene var Motoren forbundet med et Millivolt- og Ampèremeter, og ved Hjælp af dette samt Beregning af Tabet i Motoren var det muligt paa ethvert Tidspunkt at konstatere hvilken Hestekraft, Motoren afgav til Remmen. — Remtrækket var næsten vandret, og Motoren stod paa en Spændeslæde. Ved Forsøgene blev først Hollænderens Kraftforbrug til Tomgang $N_{L.0}$ maalt (ved tom Hollænder), og under selve Malingen toges hyppigt Maalinger af Hestekraften N og N_C. Korrektionsstørrelsen $N_{L.P}$, som ikke lod sig maale direkte, har det været nødvendigt at beregne.

Eksempelvis skal denne Beregning her gennemgaas for Hollænderen »*M* III 3«.

Hollænder M III 3.

(Se Forsøgsskema bag i Bogen).

Trykket i Lejerne hidrørende fra de *lodret* virkende Kræfter (Se Fig. 22):

Valsen er blevet forsynet med et Sæt 10 mm Knive ved Siden af de gamle 7 mm, saaledes at den samlede Knivbredde er 17 mm; herfra kommer en Mervægt 915 kg, som lagt til Valsens oprindelige Vægt 2200 kg giver 3115 kg.

Til Bestemmelse af de lodrette Reaktioner A_L og B_L i Lejerne har man

$$\left.\begin{aligned} A_L &= \frac{Vb + Tb_1 - Uc - Pb}{a+b} \\ A_L + B_L &= V + T + U - P. \end{aligned}\right\} \text{ hvoraf}$$

$$A_L = \frac{3115 \cdot 1{,}85 + 600 \cdot 1{,}175 - 640 \cdot 0{,}4 - P \cdot 1{,}85}{2{,}75} = 2100 + 256 - 93 - 0{,}675\,P = 2263 - 0{,}673\,P,$$

$$B_L = 3115 + 600 + 640 - P - A_L = 4355 - P - 2263 + 0{,}673\,P = 2092 - 0{,}327\,P.$$

De af disse Ligninger fundne Værdier for A_L og B_L samt A_L^2 og B_L^2 er opførte i Tabel VII.

---

[1]) Det er forkert at antage, at hertil kommer et ekstra Tillæg for Valsens Arbejde med at løfte Stoffet, thi dette Arbejde tages af den Stoffet meddelte levende Kraft og er derfor indbefattet i Leddet Xv^2.

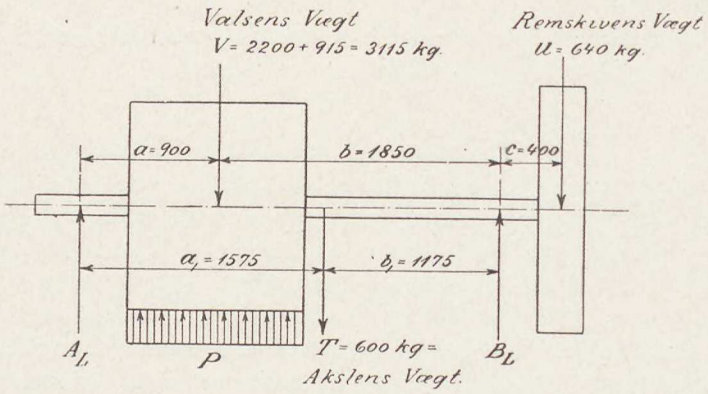

Fig. 22.

Tabel VII.

P kg	A_L	B_L	A_L^2	B_L^2
0	2263	2092	5120000	4360000
925	1640	1790	2700000	3310000
1645	1156	1554	1340000	2420000
2400	648	1304	420000	1710000
3155	138	1062	19000	1130000

Trykket i Lejerne hidrørende fra de *vandret* virkende Kræfter (Remtrækket var vandret) Se Fig. 23:

$$A_V = \frac{-c}{a+b}(2R+r) + \frac{b}{a+b}\cdot\frac{r\cdot D_1}{D},$$

$$B_V = \frac{a+b+c}{a+b}(2R+r) + \frac{a}{a+b}\cdot\frac{r\cdot D_1}{D},$$

idet der ses bort fra Tapfriktionen. D_1 betegner Remskivens Diameter og R Remspændingen i den slappe Part.

Den nyttige Remspænding r bliver

$$r = \frac{75\cdot 60}{\pi}\cdot\frac{N}{D_1 n} = \frac{1430}{D_1}\cdot\frac{N}{n} = 622\,\frac{N}{n}.$$

R anslaas at være 200 kg, hvilket svarer til, at Remmen med $r = R$ kan overføre 40 HK.

Indsættes nu i Formlerne de virkelige Maal faas

$$\begin{aligned} A_V &= -0{,}145\,(400+r) + 0{,}673\cdot 1{,}7\,r \\ &= -58 - 0{,}145\,r + 1{,}14\,r \\ &= 0{,}995\,r - 58 \backsim r - 58, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_V &= -1{,}145\,(400+r) + 0{,}327\cdot 1{,}7\,r \\ &= 458 + 1{,}145\,r + 0{,}56\,r \\ &= 1{,}705\,r + 458 \backsim 1{,}7\,r + 458. \end{aligned}$$

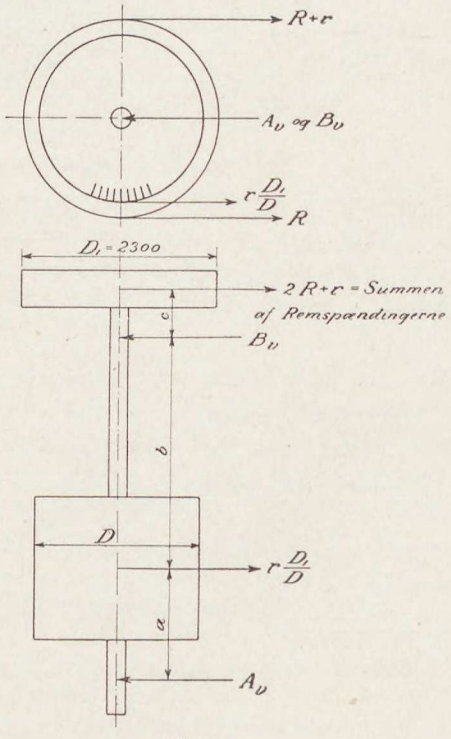

Fig. 23.

Sættes endvidere $r = \frac{622}{125} N \sim 5N$, faas

$$A_V = 5N - 58,$$
$$B_V = 8{,}5\,N + 458.$$

Man har nu følgende Værdier af A_V og B_V for forskellige Værdier af N.

Tabel VIII.

N HK	A_V	B_V	A_V^2	B_V^2
2,7	— 45	481	2000	232000
10	— 8	543	64	296000
15	17	585	289	342000
20	42	628	1760	395000
30	92	713	8400	510000
40	142	798	20000	640000
50	192	883	37000	785000
60	242	968	58600	940000

Tabel IX.

Lejetrykket $A = \sqrt{A_L^2 + A_V^2}$

P kg	$N =$ 2,7	10	15	20	30	40	50	60 HK
0	2263	2263	2263	2263	2265	2268	2270	
925		1640	1640	1640	1642	1650	1653	
1645		1156	1156	1156	1160	1165	1170	
2400		648	648	650	654	663	675	690
3155		138	138	144	165	198	236	278

Tabel X.

Lejetrykket $B = \sqrt{B_L^2 + B_V^2}$

P kg	$N =$ 2,7	10	15	20	30	40	50	60 HK
0	2140	2155	2165	2180	2200	2240	2270	
625		1870	1885	1900	1930	1960	2000	
1645		1650	1660	1680	1710	1750	1790	
2400		1420	1430	1450	1490	1530	1575	1625
3155		1195	1210	1235	1280	1330	1380	1440

Friktionskoefficienten for Tappens Bevægelse i Lejerne μ_L faas af

$$\mu_L (A + B) \frac{\pi \cdot d_L \cdot n}{60 \cdot 75} = N_{L,0},$$

hvoraf for $n = 127$, Lejediametren $d_L = 0{,}13$ m, $N_{L,0} = 2{,}7$ HK

$$\mu_L = \frac{60 \cdot 75 \cdot 2{,}7}{\pi \cdot 0{,}13 \cdot 127 (A + B)} = \frac{230}{A + B},$$

og idet $A + B$ efter Tabellerne IX og X (for $P = 0$, $N_{L,0} = 2{,}7$) bliver lig med 4403 kg, faas $\mu_L = 0{,}053$.

Lejetabet for et givet Valsetryk P, Kraftoverføring gennem Remmen N og Omdrejningstallet n er da

$$N_{L,P} = 0{,}053 \frac{(A + B) \pi \cdot d_L \cdot n}{60 \cdot 75},$$

og for $d_L = 0{,}130$; $n = 127$ faas

$$N_{L,P} = 0{,}0006 (A + B).$$

Af denne Ligning findes de i Tabel XII angivne Værdier af $N_{L,P}$, idet man indsætter de i Tabel XI fundne Værdier af $A + B$.

Tabel XI.

Sum af Lejetryk $A + B$ ved 127 Omdrejninger.

P kg	$N =$ 2,7	10	15	20	30	40	50	60 HK
0	4400	4410	4430	4440	4465	4510	4540	
925		3510	3525	3540	3570	3610	3650	
1645		2800	2820	2830	2870	2915	2960	
2400		2070	2080	2100	2145	2190	2250	2315
3155		1335	1350	1380	1445	1510	1620	1720

Tabel XII.

Friktionstab $N_{L,P}$ i Lejerne beregnet for $n = 127$ Omdr.

P kg	$N =$ 2,7	10	15	20	30	40	50	60 HK
0	2,70	2,70	2,72	2,72	2,74	2,76	2,78	
925		2,11	2,12	2,12	2,14	2,16	2,19	
1645		1,68	1,69	1,70	1,72	1,75	1,78	
2400		1,24	1,25	1,26	1,29	1,31	1,35	1,39
3155		0,80	0,81	0,83	0,87	0,92	0,97	1,03

Vi vil beregne Friktionstabet $N_{L,P}$ ved andre Omdrejningstal, saaledes at det regnes proportionalt med dette og faar derved de i Tabel XIII angivne Værdier. Denne Beregningsmaade er ganske vist ikke korrekt, thi ved et lavere Omdrejningstal bliver r større for samme Hestekraft at overføre gennem Remmen, og derved faas en lidt anden Værdi for Lejetrykkene, men dette spiller dog ingen praktisk Rolle.

Tabel XIII.

n	$N =$		
	$N_{L,0}$	20	40 HK
85	1,81	1,84	1,87
94	2,00	2,03	2,07
103	2,16	2,19	2,26
115	2,44	2,48	2,52
129	2,70	2,80	2,80
134	2,85	2,90	2,95
143	3,04	3,08	3,15

II. Maletøjets Kraftforbrug. — Det specifikke Kraftforbrug.

Som anført i forrige Afsnit har man betegnet det Arbejde, der medgaar til Valsens Bevægelse hen over Grundværket, ved μPv, hvor μ kaldes Malingskoefficienten, og det er vist, hvorledes man ved Forsøg kan bestemme Hestekraften N_M og derved μ.

Man ser i Hollænderlitteraturen ret stor Uklarhed med Hensyn til Malingskoefficientens Natur, idet den oftest betragtes blot som en Friktionskoefficient. Nogle antager, at Stoffet ligger mellem Knivene som Oljen mellem en Tap og dens Leje[1]) medens andre synes at antage, at der finder en Friktion Sted direkte mellem Valse og Grundværk[2]). Nogle opfatter den Modstand, Valsen møder, som en simpel Friktion mellem Valseknivens Flade og Stoffet som to faste Legemer, men andre[3]) er af den Mening, at der ogsaa inden for det tynde Stoflag kan finde Forskydninger og Gnidning Sted, som antages at bidrage til Stoffets Sønderdeling, Forskydninger og Gnidninger, hvortil Kraften selvfølgelig maa tages fra Valsen. Foruden det nævnte Friktionsfænomen maa man dog tillige vente at finde en anden Modstand hidrørende fra, at Knivkant møder Knivkant[4]). Naar to Saksekæber arbejder, findes der en Modstand til Overklipning paa det Punkt, hvor netop de to Ægge skærer hinanden. Gaar vi tilbage til Fig. 3 i første Del, vil man se, at rent bortset fra at der er en Friktion at overvinde paa Grund af, at den øverste Saksekæbe under sin Bevægelse nedad maa holdes trykket ind imod den underste af et sideværts Tryk, vil der være den egentlige Modstand mod Overklipning af Legemet mellem Kæberne at overvinde. Lad os antage, at det Legeme, der skal overklippes, er lige saa langt som den øverste Saksekæbe $\frac{L}{\cos \alpha}$. Arbejdet til selve Overklipningen kan da sættes lig med $\frac{eL}{\cos \alpha}$, hvor e betegner det Antal kgm, der anvendes til en Klipning af en Meters Længde maalt paa Overkniven. Lad være, at det sideværts Tryk paa Saksekæberne ikke er stort nok til at holde dem mod hinanden, saa at Saksen savler, saaledes at Legemet maaske slet ikke klippes helt over, men

[1]) Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch. Side 10—11.

[2]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens. Side 40—41.

[3]) Kirchner udtaler sig i denne Retning i »Das Papier« IV, Ganzstoffe. Side 41, Spalte 1.

[4]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens. Side 16.

kun saares af Æggene paa begge Sider [1]), man vil dog kunne udtrykke det Arbejde, der udføres under Overkæbens Bevægelse ned forbi Underkæbens Æg ved $\frac{eL}{\cos \alpha}$ (foruden Friktionsarbejdet), idet man vedtager ved e at betegne det Arbejde, der fordres til de arbejdende Knivkanters Bevægelse forbi hinanden (Friktionen mod Knivfladerne ikke medregnet) maalt i kgm pr. Meter Snitlængde. (Definition af Snitlængden, se I Del Side 13). Det her om Parallelsaksen sagte kan uden videre overføres paa Hollænder- og Grundværksknivene ved den tidligere udviklede Analogi. Den førstnævnte Friktion, som virker paa Knivfladerne, kan eventuelt være en Friktion i almindelig Forstand, saaledes som den finder Sted mellem faste Legemer, der glider mod hinanden uden at slide. Der er imidlertid ogsaa en Mulighed — saaledes som antydet af Kirchner — for, at den Modstand, der virker mod Bevægelsen, i hvert Fald delvis skyldes en Sønderslidning af Stoffet. Man kunde udtrykke dette ved i første Tilfælde at betegne Koefficienten som en Friktionskoefficient, i sidste Tilfælde som en Ituslidningskoefficient. Uanset om den er et Udtryk for en Modstand af den ene eller den anden Slags, vil vi betegne den ved f, og den Modstand mod Valsens Omdrejning, som hidrører fra Knivfladerne, ved fP, hvor P er det Tryk, hvormed Valsen hviler paa Grundværket. Dette gælder ganske uafhængigt af Størrelsen af den Flade, hvormed Knivene hviler paa Stoffet og uafhængigt af, om de Smaaparallelogrammer, der optræder i Knivfladernes Skæringspunkter, er helt dækket af Stof eller ej.

Med de tidligere benyttede Betegnelser kan nu angives det Arbejde, Hollændervalsen har at overvinde pr. Sekund ved sin Bevægelse hen over Grundværket

$$75\, N_M = fPv + eL_s \text{ kgm.}$$

Dette er det Arbejde, som i forrige Afsnit er kaldet μPv, og man har altsaa

[1]) Det er godtgjort ved følgende Forsøg, at selv om Saksekæberne ikke holdes tæt mod hinanden, kan der dog ske en delvis Overklipning af de Fiberbundter, der kommer i Klemme mellem Æggene. Om den faststaaende Kniv og om en af de roterende Knive i en Græsklippemaskine (Plæneklipper) blev bundet Bundter af heglet Hamp (Fig. 24). Knivkanterne, der var medtagne af Aars Slid, kunde ikke kaldes skarpe og var indstillede til at passere i mindre end en Millimeters Afstand fra hinanden. Græsklippemaskinen blev sat i Gang, saa de to Tavebundter passerede hinanden. Ved Eftersyn viste det sig, at en betydelig Del af de Hampe-Taver, der sad inderst ved Knivene, var overklippede, skønt der faktisk havde været et Mellemrum mellem Knivene, da de passerede hinanden.

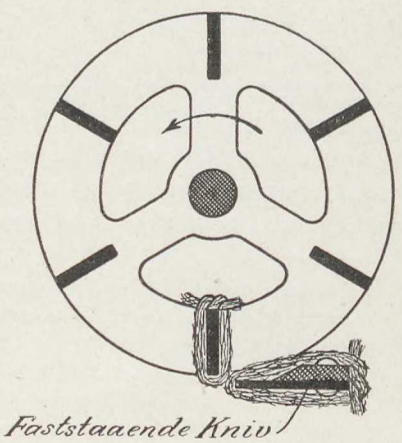

Fig. 24.

$$\mu Pv = fPv + eL_s \tag{21}$$

eller

$$\mu = f + e\frac{L_s}{Pv} \tag{22}$$

Af (21) ses, at Kraftforbruget er uafhængigt af Knivbredderne s_q og s_v (hvis da ikke f i specielle Tilfælde skulde være afhængig af Knivbredden), samt at Kraftforbruget vokser med Snitlængden pr. Sekund.

Hvis man paa den i forrige Afsnit beskrevne Maade bestemmer Malingskoefficienten μ (Ligning 17 og 18), vil det vise sig, at denne Størrelse afhænger i høj Grad af de Forhold, hvorunder Hollænderen i Øjeblikket arbejder, og det kunde ved første Øjekast synet ret haabløst at komme ind paa en nærmere Undersøgelse af Malingskoefficienten. Paa den anden Side vil man, hvis man kan gøre sig klart, hvilke Forhold der er afgørende for μ's Variation, høste Oplysninger, der er af afgørende Betydning for hele Forstaaelsen af Hollænderens Virkemaade, og særlig af denne Grund er det værd at ofre en betydelig Opmærksomhed paa en saadan Undersøgelse.

Der er visse Forhold, som straks bemærkes, naar man begynder at behandle dette Spørgsmaal. Saaledes viser alle Maalinger af Kraftforbrugets Variation under Maletiden, at ved Maling af Kludestof sker der betydelige Variationer af μ under Maleperioden, idet μ under den første Del af Malingen er aftagende, senere ofte tiltagende [1]). Anderledes ved Maling af Cellulose, her forholder μ sig tilnærmelsesvis konstant under hele Maleperioden. At Malingskoefficienten forandres med Trykket er ikke tidligere paavist, men det forstaas let ved Betragtning af Ligning (22), at dette maa være Tilfældet, og Forsøg over en eventuel Afhængighed mellem Malingskoefficienten og Knivhastigheden er saavidt vides ej heller tidligere udført.

Ved Maling af Kludeheltøj spiller Klipningsarbejdet e en betydelig større Rolle end ved Cellulosemaling og maa være den væsentligste Grund til de høje Værdier af Malingskoefficienten, som findes i Begyndelsen af Malingsperioden. Efterhaanden som Fibrene afkortes, vil Stofvisken paa Knivkanterne blive mindre, og derfor aftager Malingskoefficienten i samme Forhold, som Stoffet bliver kortere. Dette ses tydeligt af Arnold Rehns Kraftforbrugsdiagrammer for Maling af Kludeheltøj [2]) samt af Strobachs Diagrammer [3]). Malingsarbejdet bliver mindre, efterhaanden som Afkortningen skrider frem, forandres dernæst pludselig, naar Valsen lægges haardere til for atter at aftage og saa fremdeles, indtil den ønskede Afkortning er opnaaet. Malings-

[1]) Her kan henvises til Kraftforbrugsdiagrammerne, offentliggjorte i Arnold Rehn: Kraftverbrauch beim Mahlen von Halb- und Ganzzeug. Sonderabdruck aus »Der Papierfabrikant« 1912.
Strobach: W. f. P. 1904, Side 2304.
Kirchner: W. f. P. 1918, Side 910.

[2]) Arnold Rehn: Kraftverbrauch beim Mahlen von Halb- und Ganzzeug. Der Papierfabrikant 1912. Diagrammerne 1—4.

[3]) W. f. P. 1904, Side 2304.

koefficienterne er udregnet for en Del af de med Hollænder $S\,3$ afholdte Forsøg med Kludestof, ved hvilke Trykket P stadig blev kontrolleret, hvorimod der ikke fandt nogen kontinuerlig Optegning af Malekraftforbruget Sted saaledes som ved de ovennævnte Forsøg. Ogsaa ved disse Forsøg blev konstateret Malingskoefficientens successive Aftagen, efterhaanden som Stoffet afkortedes.

Tabel XIV. (Hertil Fig. 25).

Forsøgsdato	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/Sek.	μ	Kurve
$^{28}/_{7}$ 17 Holl. $S\,3$	318	7,2 5,8 4,9	0,117 0,118 0,116	A
$^{30}/_{7}$ 17 Holl. $S\,3$	318	7,2 6,7 6,3 5,9 4,9	0,115 0,106 0,106 0,108 0,111	B
$^{31}/_{7}$ 17 Holl. $S\,3$	302	7,2 6,7 6,3 5,9 4,8	0,100 0,110 0,112 0,106 0,100	C
$^{2}/_{8}$ 17 Holl. $S\,3$	302	6,7 6,2 5,9 4,8	0,084 0,087 0,078 0,088	D
$^{28}/_{9}$ 17 Holl. $S\,3$	448	6,95 4,95 6,90	0,099 0,096 0,094	E
$^{30}/_{10}$ 17 Holl. $S\,5$	684	5,2 7,0 7,1	0,105 0,113 0,116	F

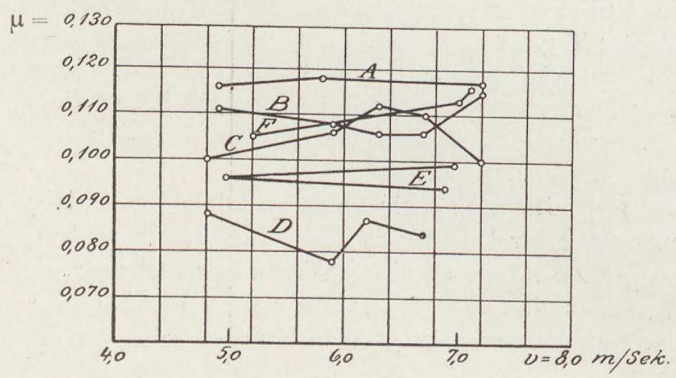

Fig. 25.

Fig. 25 fremstiller efter Tabel XIV Kurver for Malingskoefficientens Afhængighed af Knivhastigheden v. Forsøgene er udført med bleget

Cellulosestof i Hollænderen $S\,3$ og viser, at Malingskoefficienten i det store og hele maa betragtes som værende uafhængig af Hastigheden.

Der er ligeledes anstillet mange Forsøg for at bestemme Malingskoefficientens Afhængighed af Trykket. I den grafiske Fremstilling afsættes p_K som Abscisse. Det har vist sig ved de meget indgaaende Undersøgelser, der er anstillet over dette Forhold, at man faar større Overskuelighed ved i Diagrammerne at afsætte μp_K som Ordinat i Stedet for μ, idet denne Fremstillingsmaade giver bedre Overblik over de enkelte Faktorers Indflydelse paa Kraftforbruget. Vi vil (i Lighed med hvad der finder Sted i Theorien for Tapfriktion)[1]) i det følgende betegne denne Størrelse ved $\bar{\mu}$[2]), og man har af (21) og Ligningen $p_K = \frac{P}{100\,K}$

$$100\,\mu p_K K v = 100 f p_K K v + e L_s$$

hvoraf ved Division med $100\,Kv$.

$$\bar{\mu} = \mu p_K = f p_K + \frac{e L_s}{100\,Kv}. \qquad (23)$$

Ved Anvendelse af Ligning (9) faas, idet $\cos \alpha_v$ almindeligvis er lig 1

$$\bar{\mu} = f p_K + \frac{e}{100\,(s_g + s_v)}. \qquad (23a)$$

Af Udtrykket $75\,N_M = \mu P v = 100\,\bar{\mu} K v$ ses, at $\bar{\mu}$ betyder Maletøjets Kraftforbrug pr. dm² Sekundmaleflade, maalt i kgm. $\bar{\mu}$ kaldes derfor det specifikke Kraftforbrug [3]).

I Fig. 26 a—e er ved fuldt optrukne Linier efter Tabellerne XV—XVIII fremstillet Kurver for $\bar{\mu}$ som Funktion af p_K, fundne ved at Hollænderens Letværk under Maleprocessen for nogle faa Minutter er belastet mere eller mindre haardt og ved Maaling af de tilsvarende Kraftforbrug.

Ved Maling af de fleste Cellulosepapirer viser det sig som før nævnt, at Malingskoefficienten er omtrent konstant under hele Maleprocessen, naar blot man holder Trykket konstant. Man kan derfor ogsaa fremstille $\bar{\mu}$, p_K-Kurver ved at tage Gennemsnitsværdien af $\bar{\mu}$ under hele Maleprocessen. Paa den Maade er Kurverne 26 f og g fundne (Tabel XIX og XX).

Disse Kurver er ogsaa angivne ved punkterede Linier paa Kurvebladene Fig. 26 a og Fig. 26 d.

Kurverne Fig. 26 a—e fremstiller det specifikke Kraftforbrugs Afhængighed af Kanttrykket for Værdier af dette beliggende mellem 0,5 og 5—6 kg/cm. Det er ikke muligt at gennemføre nogen Maleproces med saa høje Værdier af p_K som de sidstnævnte, og Maalingerne ved disse yderlig høje Værdier blev kun foretagne for gennem Kurvernes Form at søge et Holde-

[1]) Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch 26 Aufl. I Side 235.

[2]) Læses: μ Streg.

[3]) $\bar{\mu}$ kan ogsaa angives som Omfangskraften pr. Centimeter af de arbejdende Kanter, som samtidig er i Berøring med det modstaaende Knivsystem.

Tabel XV. (Hertil Fig. 26 a).
Kraft-Sulfatcellulose paa Holl. M III 3. 17/14 mm Knive.

Tid efter Malingens Begynd.	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/Sek.	p_K kg/cm	N_M HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
1^{04}	3155	8,85	3,18	40,1	0,108	0,342	Forsøg Nr. 11. $K = 9{,}9$ m Kurve A
1^{20}	1645	9,1	1,66	23,3	0,117	0,194	
1^{23}	925	9,1	0,93	13,5	0,120	0,112	
1^{32}	2400	9,06	2,42	30,5	0,105	0,255	
2^{44}	3155	9,0	3,18	37,0	0,098	0,312	Forsøg Nr. 11. $K = 9{,}9$ m Kurve B
2^{46}	2400	9,0	2,42	28,3	0,098	0,238	
2^{48}	1645	9,15	1,66	20,0	0,100	0,165	
2^{50}	925	9,2	0,93	11,4	0,101	0,094	
3^{00}	2400	9,15	2,42	28,7	0,098	0,238	
5^{04}	925	8,9	0,69	11,8	0,107	0,075	Forsøg Nr. 14. $K = 13{,}4$ m Kurve C
—	1645	8,8	1,23	18,0	0,094	0,115	
—	2400	8,7	1,79	25,6	0,092	0,165	

punkt for Bedømmelsen af, hvad der foregik mellem Knivene. For Kraftcellulosens Vedkommende blev Maleprocesser gennemførte ved Kanttryk 0,5—2,5 kg/cm (Fig. 26 f) og for Sulfitcellulosens Vedkommende ved 0,5—2,4 kg/cm (Fig. 26 g), for Kludestof indtil 3,8 kg/cm.

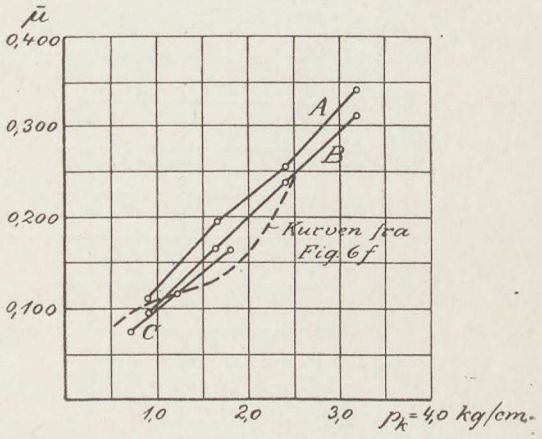

Fig. 26a. $\bar{\mu}$, p_K-Diagram. Holl. M III 3 med Kraft-Sulfatcellulose. Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75} K v \bar{\mu}$ HK.

Forsøgene med Kludestof, Normal II/III og med Sulfitcellulose ved 5,9 % Stoftæthed (Fig. 26 b, c og e) giver omtrent retlinede Kurver og viser, at Kraftforbruget endnu ikke ved $p_K = 5$—6 kg/cm udviser nogen stærkere Stigning. Derimod giver Sulfitcellulose ved 8 % Stoftæthed (Fig. 26 d) og til Dels Kraftcellulose (Fig. 26 f) S-formede Kurver og viser en stærk Stigning i det specifikke Kraftforbrug,

Tabel XVI. (Hertil Fig. 26 b).

$^1/_3$ Linned, $^2/_3$ Bomuldsklude. Holl. *S* 3. 4,5/4 mm Knive, $K = 2{,}55$ m

Tid efter Malingens Begynd.	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/Sek.	p_K kg/cm	N_M HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
1^{35}	1500	7,2	5,9	16,5	0,114	0,670	Kurve *A*
—	690	7,3	2,7	10,8	0,161	0,437	
—	440	7,3	1,7	9,1	0,212	0,367	
4^{35}	1500	7,25	5,9	17,1	0,118	0,694	Kurve *B*
—	1300	7,25	5,1	15,5	0,123	0,628	
—	970	7,25	3,8	12,7	0,135	0,514	
—	690	7,25	2,7	10,7	0,161	0,433	
—	440	7,25	1,7	9,5	0,223	0,385	
—	440	7,25	1,7	9,9	0,232	0,401	

Forsøg $^{19}/_6$ 17.

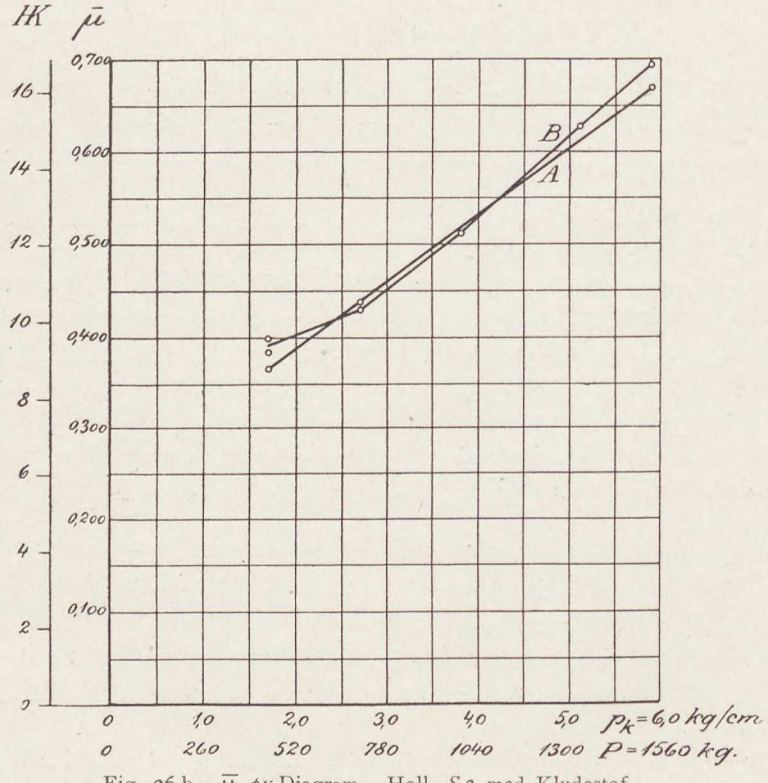

Fig. 26 b. $\bar{\mu}$, p_K-Diagram. Holl. *S* 3 med Kludestof.

Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75} Kv\,\bar{\mu}$ = ca. $24\,\bar{\mu}$ HK.

Tabel XVII. (Hertil Fig. 26 c).
Normal II/III. Holl. *S* 3. 4,5/4 mm Knive. $K = 2{,}55$ m.

Tid efter Malingens Begynd.	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/Sek.	p_K kg/cm	N_M HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
7^{03}	388	6,9	1,52	5,5	0,154	0,234	
7^{25}	1228	6,75	4,81	11,6	0,105	0,505	Forsøg $^{27}/_{9}$ 17.
7^{29}	668	6,9	2,62	7,9	0,129	0,338	
7^{40}	388	6,95	1,52	5,15	0,143	0,218	

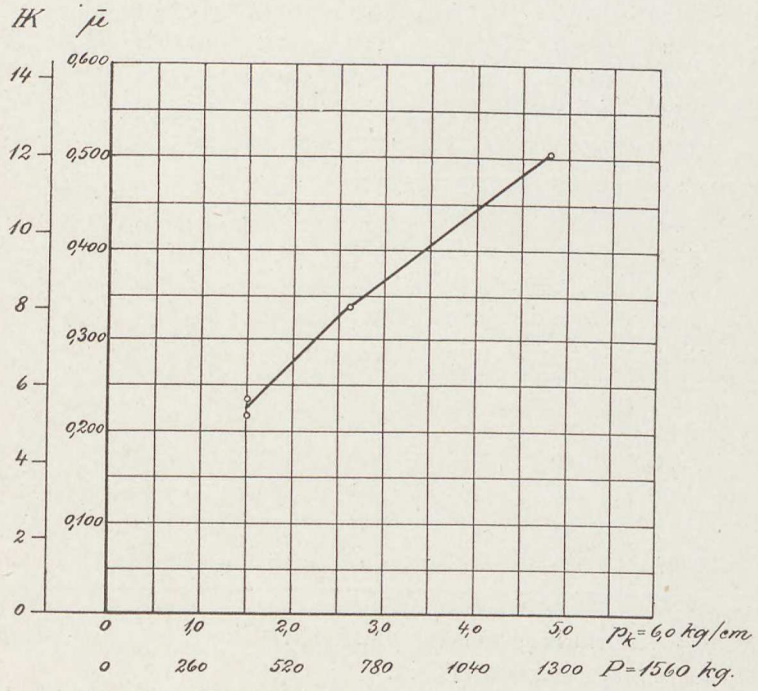

Fig. 26 c. $\bar{\mu}, p_K$-Diagram. Holl. *S* 3 med Normal II/III.

Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75} K v \bar{\mu} =$ ca. $24\,\bar{\mu}$ HK.

naar Trykket er stort. Disse forskellige Kurveformer staar sandsynligvis i Forbindelse med 1) Friktionskoefficienten f's og Klipningsmodstanden e's Afhængighed af Trykket, 2) Størrelsen af Stofvisken paa Knivkanterne, 3) den Lethed hvormed den slides eller skæres af ved det modstaaende Knivsystems Indflydelse. Hvis man kendte disse forskellige Faktorers Indvirkning paa Kurven for det specifikke Kraftforbrug, vilde man omvendt af denne kunne drage Slutninger angaaende Forholdene mellem

Tabel XVIII. (Hertil Fig. 26 d og e).
Bleget Sulfitcellulose. Holl. *S* 3. 4,5/4 mm Knive, $K = 2{,}55$ m.

Tid efter Malingens Begynd.	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/sek.	p_K kg/cm	N_M HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
0^{18}	970	7,5	3,8	9,3	0,096	0,365	Forsøg $^{18}/_{6}$ 17 ca. 8 % Stoftæthed Kurver *A*
0^{24}	1300	7,5	5,1	13,5	0,104	0,530	
4^{42}	970	7,5	3,8	13,5	0,139	0,530	
4^{47}	1300	7,5	5,1	22,3	0,171	0,875	
6^{08}	352	6.95	1,38	3,7	0,113	0,156	Forsøg $^{11}/_{9}$ 17 8 % Stoftæthed Kurve *B*
6^{17}	582	6,95	2,28	5,15	0,096	0,218	
6^{22}	911	6,90	3,58	8,7	0,104	0,371	
6^{24}	1185	6,74	4,65	12,7	0,119	0,555	
6^{32}	352	7,03	1,38	3,3	0,100	0,138	
3^{17}	1244	6,72	4,89	11,2	0,100	0,490	Forsøg $^{28}/_{9}$ 17 ca. 8 % Stoftæthed Kurve *C*
3^{20}	550	6,90	2,16	4,7	0,093	0,200	
3^{25}	720	6,90	2,82	5,7	0,086	0,243	
3^{30}	900	6,90	3,54	7,1	0,086	0,302	
3^{35}	1023	6,85	4,02	8,3	0,088	0,356	
5^{04}	143	7,13	0,56	2,0	0,147	0,083	Forsøg $^{29}/_{9}$ 17 5,9 % Stoftæthed Fig. 26 e
5^{13}	395	7,10	1,55	4,0	0,107	0,166	
5^{19}	642	7,00	2,52	6,15	0,102	0,258	
5^{24}	933	6,95	3,66	8,5	0,098	0,360	
5^{27}	1185	6,90	4,65	10,7	0,098	0,456	

Knivene, og Kraftforbrugskurven vilde blive en Kilde til Oplysning om dette Hollænderens dunkleste Punkt.

Eksempelvis skal nævnes, at Kurvestykkerne A i Fig. 26 d hidrører fra samme Maleproces, saaledes at det lavest liggende Kurvestykke svarer til Forholdene kort efter Malingens Begyndelse, medens det højst liggende svarer til Forholdene ved Malingens Slutning, hvor Stoffet er blevet saa meget afkortet og Stofvisken derfor saa lille, at den let slides af. Herfra hidrører de overordentlig høje Værdier af Kraftforbruget, svarende til en Malingskoefficient $\frac{0{,}85}{5} = 0{,}17$. Det vil sige, man har ved denne Maaling omtrent haft Metalkniv skurende mod Metalkniv, thi som det senere vil blive vist, er Friktionskoefficienten af Metal mod Metal kun lidt højere end dette Tal.

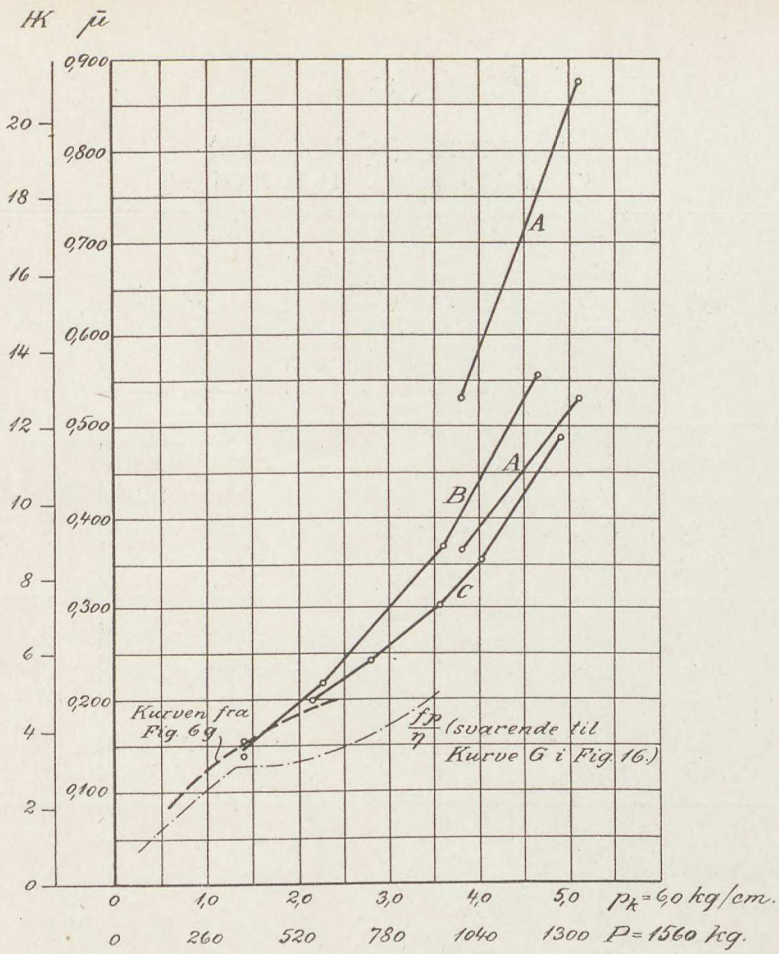

Fig. 26 d. $\bar{\mu}, p_K$-Diagram. Holl. *S* 3 med bleget Sulfitcellulose, ca. 8 % Stoftæthed.
Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75} Kv\,\bar{\mu} =$ ca. $24\,\bar{\mu}$ HK.

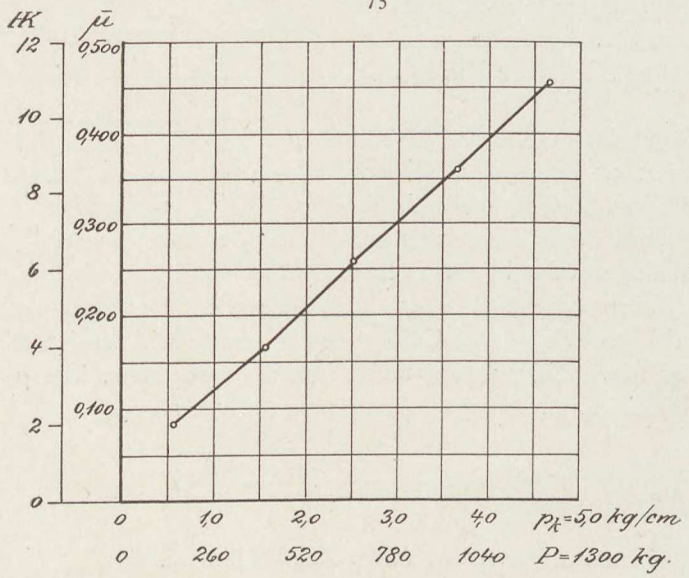

Fig. 26 e. $\bar{\mu}, p_K$-Diagram. Holl. *S* 3 med bleget Sulfitcellulose, 5,9 % Stoftæthed.
Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75} Kv\,\bar{\mu}$ HK $=$ ca. $24\,\bar{\mu}$ HK.

Tabel XIX. (Hertil Fig. 26f).
Kraft-Sulfatcellulose. Holl. M III 3.

Forsøg Nr.	Valse-tryk P kg	Kniv-hastig-hed v m/Sek.	p_K kg/cm	N_M Gennemsnits-værdi under hele Malingen HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
10	2400	8,85	2,42	28,6	0,102	0,246	17/14 mm Knive $K = 9,9$ Kurve A
11	2400	9,05	2,42	29,3	0,102	0,247	
12	1645	8,95	1,66	23,0	0,118	0,196	
13	1645	9,00	1,66	19,4	0,099	0,164	
1	760	8,90	0,85	11,3	0,126	0,107	7/8 mm Knive $K = 9,9$ Kurve B
2	2240	9,00	2,52	26,5	0,099	0,248	
3	500	8,95	0,56	8,7	0,146	0,082	
4	1520	9,05	1,71	14,6	0,080	0,136	
5	760	9,10	0,85	11,1	0,121	0,103	

For at skaffe Materiale til Veje til Undersøgelse af $\bar{\mu}$-Kurverne, vil det først og fremmest være af Betydning at kende Friktionskoefficienten f. I næste Afsnit vil der blive gjort Rede for de hertil sigtende Undersøgelser og blive paavist, hvorledes man kan tænke sig, den S-formede Kurve fremkommer.

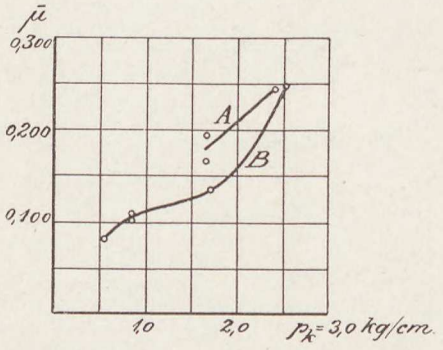

Fig. 26f. $\bar{\mu}, p_K$-Diagram. Holl. M III 3 med Kraft-sulfatcellulose.

Til Slut skal Opmærksomheden henledes paa, at det synes, som om der ved Maling af Cellulosepapir fordres et bestemt Antal Hestekrafttimer til selve Malingen af 1 kg Stof, hvad enten det sker ved stort eller lille Maletryk. Dette er ogsaa ganske naturligt, thi ved Maling af Cellulosestof forandres Maletøjets Kraftforbrug N_M som før nævnt ikke meget under hele Maleprocessen, idet μ er omtrent konstant. Hele Kraftforbruget til Malingen bliver altsaa

$$\text{Maletøjets Kraftforbrug} = \frac{100}{75} K v \bar{\mu} \text{ HK.}$$

$$N_M T = \frac{100\,\bar{\mu} L_s (s_g + s_v)}{75} \cdot T$$

hvor $\bar{\mu}$ er Gennemsnitsværdien under hele Malingen.

Tabel XX. (Hertil Fig. 26 g).

Bleget Sulfitcellulose. Holl. *S* 3. 4,5/4 mm Knive. $K = 2{,}55$ m.

Forsøgsdato	Valsetryk P kg	Knivhastighed v m/Sek.	p_K kg/cm	N_M Gennemsnitsværdi under hele Malingen HK	μ	$\bar{\mu}$ kg/cm	Anmærkninger
4/8 17	625	7,2	2,4	4,95	0,083	0,202	
3/8	483	7,2	1,9	4,3	0,093	0,175	
22/10	384	6,9	1,5	ca. 4,1	0,116	0,175	
28/7	318	7,2		3,6	0,121	0,147	
27/7	»	7,2	ca.	3,6	0,121		Stoftæthed ca. 8 %
1/8	302	7,2	1,2	3,1	0,104		
31/7	»	7,2		3,0	0,101	0,125	
2/8	»	7,2		3,1	0,104		
15/9	258	6,9	ca. 0,98	3,0	0,126	0,130	
13/9	242	7,0		3,2	0,141		
12/9	242	6,9	0,95	2,8	0,126	0,119	Stoftæthed ca. 6 %
2/10	175	6,9	0,69	2,0	0,125	0,085	
29/9	143	7,0	0,56	2,2	0,165	0,093	

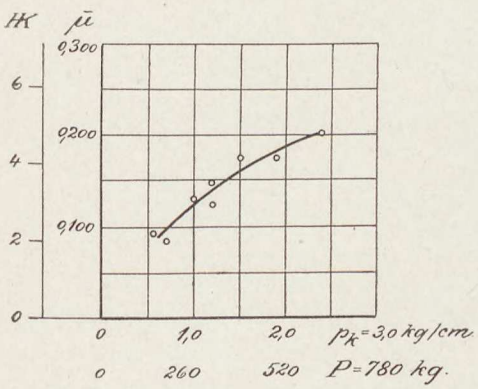

Fig. 26 g. $\bar{\mu}$, p_K-Diagram. Holl. *S* 3 med bleget Sulfitcellulose.

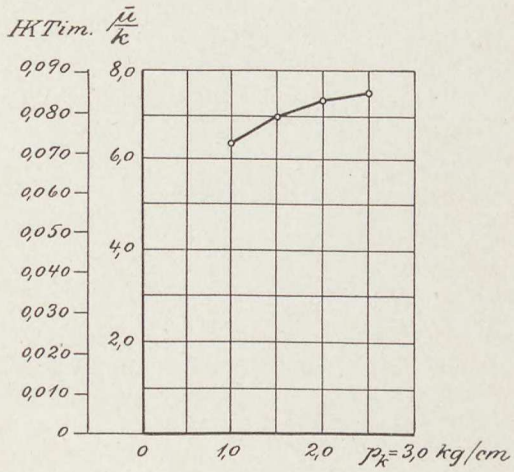

Fig. 27. Antal Hestekrafttimer pr. færdig malet kg. Stof =

$$1{,}33\,(s_g + s_v)\,\frac{\bar{\mu}}{k} = 0{,}0113\,\frac{\bar{\mu}}{k}$$

Maletøjets Kraftforbrug $= \frac{100}{75}\,Kv\,\bar{\mu} = \text{ca.}24\,\bar{\mu}$ HK.

Hollænderens Stofproduktion er

$$q = \frac{Q}{T} = k L_s,$$

hvoraf $Q = k L_s T$.

Ved Division af den sidste Ligning ind i den første faas Maletøjets Forbrug af Hestekraft-Timer til Maling af 1 kg Stof =

$$\frac{N_M T}{Q} = \frac{100\,\bar{\mu}\,L_s\,(s_g + s_v)\,T}{75\,k\,L_s\,T} = 1{,}33\,(s_g + s_v)\,\frac{\bar{\mu}}{k}.$$

I Fig. 27 er fremstillet Værdien af $\frac{\bar{\mu}}{k}$, idet $\bar{\mu}$ og k er tagne efter de sammenhørende Kurver Fig. 26 g og Fig. 11 a i 1. Del. Det ses heraf, at det Antal HK-Timer, der er nødvendigt til Færdigmaling af 1 kg Cellulosestof, er omtrent det samme, uanset om der har været anvendt stort eller lille Tryk.

III. Friktionsforsøg og Ituslidningsforsøg.

For ved forskelligt Tryk at undersøge Friktionen mellem Hollænderstof og de Materialer, hvoraf Knivene sædvanligvis udføres, blev der lavet følgende Forsøgsmateriale:

1) En Bane af Staal med nedhøvlede Riller paa tværs (Fig. 28).
2) En glat Bane af Staal
3) En glat Bane af Fosforbronze.

Alle 3 Baner blev leverede i høvlet Tilstand med ret grove Spor efter Høvlestaalet paa langs ad Banen.

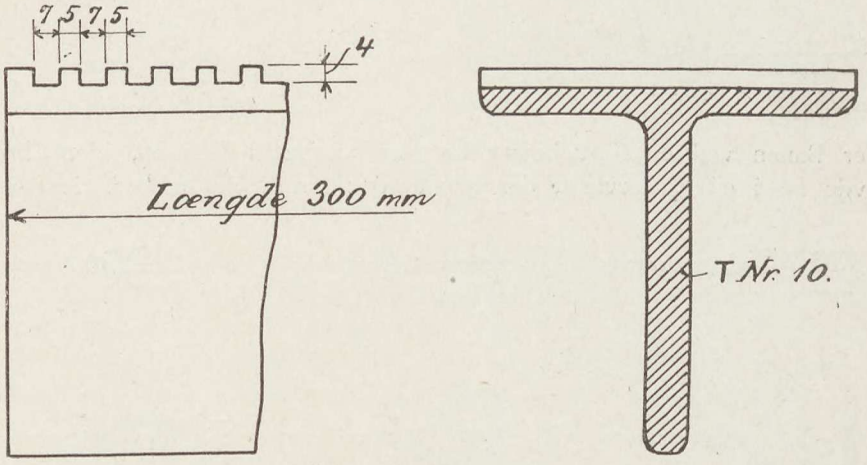

Fig. 28.

4) En Friktionsklods af Staal (Fig. 29) med 19,2 cm² Berøringsflade.
5) En do. - » (Fig. 30) - 9,6 - —

Begge Friktionsklodser blev leverede med den underste Flade i samme høvlede Tilstand som Banerne. Sporene gik i den Retning, hvori Bevægelsen skete ved Friktionsforsøgene.

6) En Friktionsklods af Staal (Fig. 31) med 4 cm² Berøringsflade.
7) To Friktionsklodser (Staal og Bronze) (Fig. 32) med 2 cm² Berøringsflade.
8) En Friktionsklods af Staal (Fig. 33) med 1 cm² Berøringsflade.

Disse Friktionsklodser var filede glatte paa Underfladen.

Banen blev anbragt i en Planke som vist i Fig. 34 og blev før Forsøgets Begyndelse stillet nøjagtig vandret. Friktionsklodsen blev trukket hen

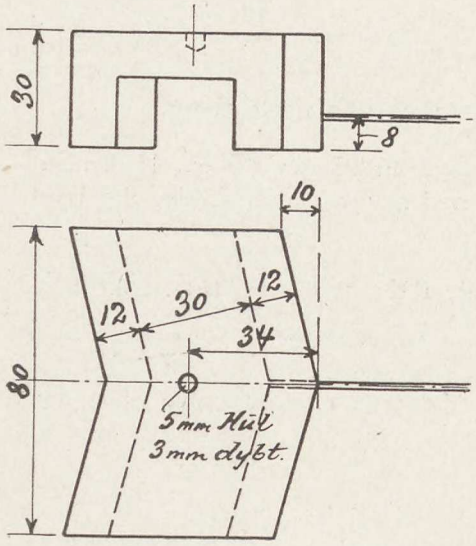

Fig. 29.

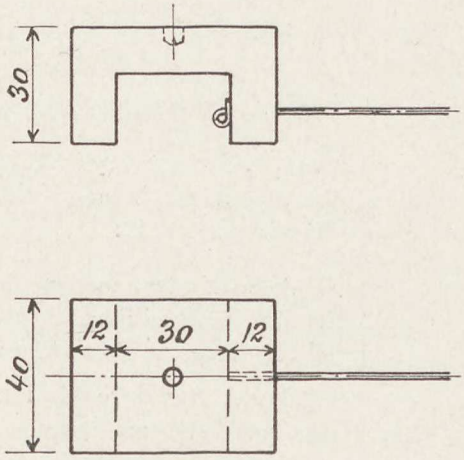

Fig. 30.

over Banen ved en Skruebevægelse som angivet i Figuren, idet Skruen havde fat i en Fjedervægt, der maalte den Kraft, der udfordredes for at

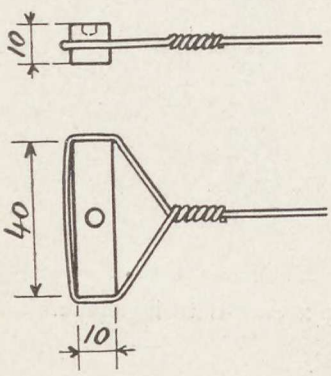

Fig. 31.

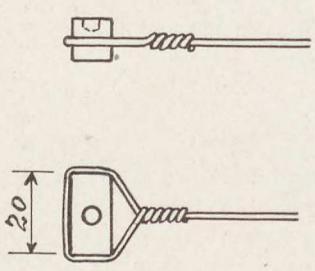

Fig. 32.

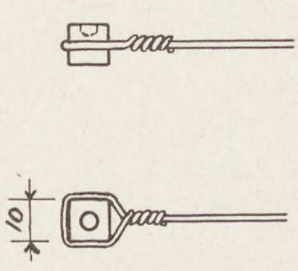

Fig. 33.

trække Friktionsklodsen. Klodserne kunde belastes gennem det paa Figuren viste Aag, i hvilket der kunde hænges Vægtlodder efter Behag.

Først blev Friktionskoefficienten maalt for Jern paa Jern, idet der blev hældt Vand paa Banen; der fandtes for den glatte Bane $f = 0{,}17$; for den riflede Bane Fig. 28 fandtes $f = 0{,}24$.

Lidt Cellulosestof fra en Hollænder blev nu slaaet ud med Vand og hældt ud over Banen *B*. En Del Vand drev fra, saa Stoffet blev liggende tilbage som en grødet Masse. Oven i dette blev Friktionsklodsen anbragt, belastet, og der fandtes paa denne Maade med Klodserne Fig. 29 og 30 Friktionskoefficienter beliggende mellem 0,65 og 0,82 ved Belastninger, der svarede til Fladetrykket $p = 0{,}75—1{,}50$ kg/cm². Paa den riflede Bane blev fundet lignende Værdier.

Malingskoefficienten μ er som angivet i forrige Afsnit maalt for en Mængde forskellige Tilfælde, og de højeste Værdier, der er fundne, er ikke over 0,22. Det syntes imidlertid indlysende, at Stoffets Friktionskoefficient mod Hollænderknivenes arbejdende Flader maatte være mindre end Malingskoefficienten (se Lign. 22), og ovenstaaende Bestemmelse af Friktionskoefficienten viste sig derfor ubrugelig for det tilsigtede Formaal. Det laa nær at antage, at Baner og Klodser var blevet fremstillede med alt for ujævne Overflader, saa de i Virkeligheden frembød langt større Modstand mod Stoffets Bevægelse, end

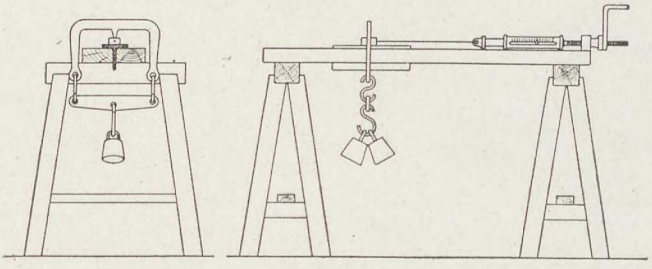

Fig. 34.

Hollænderknivenes arbejdende Flader i Almindelighed frembyder. Som Følge heraf blev alle Banerne slebne af med Smergel, derefter planerede ved Hjælp af Retteplan og Fil paa saadan Maade, at Sporene efter Filen optraadte i samme Retning som Høvlestaalets Spor før havde. Hensigten hermed var at frembringe en Flade, der saa vidt muligt lignede den arbejdende Flade paa en Hollænderkniv, idet en saadan ikke er blank, men har Slidriller i Bevægelsens Retning. Efter denne Forandring blev Forsøgene atter optagne, idet dog Friktionskoefficienten for Jern paa Jern og Bronze paa Bronze først blev undersøgt. For at forsæbe mulig tilstedeværende Fedtstoffer blev Overfladen af Banerne vaskede med Natronlud og derefter skyllede med koldt Vand og alunholdigt Vand. Friktionsforsøgene gav derefter de i Tabel XXI og XXII angivne Resultater.

Der blev nu taget fat paa Undersøgelsen af Stoffets Friktion mod Banerne. De første Forsøg blev udførte paa den før anførte Maade, at lidt Hollænderstof (Cellulose) blev rystet ud med Vand og hældt ud over Banen; efter at det meste Vand var drevet fra, blev Klodsen anbragt i Stoffet, belastet, og Friktionen maalt. Det viste sig dog ikke helt let at faa konstante Forhold til Veje paa denne Maade, idet navnlig kun det Stof var til-

Tabel XXI.

Friktionsforsøg med Bronze paa Bronze. Glat Bane, Friktionsklods Fig. 32. Svagt alunholdigt Vand som Smøremiddel.

Belastn. paa Friktions-klodsen	Fladetryk i kg/cm²	Friktionskoefficient efter at Overfladen er vasket med Alunopløsning
8,2 kg	4,1	0,18
13,2	6,6	0,19 — 0,23
18,2	9,1	0,25
23,2	11,6	0,26
28,2	14,1	0,28
33,2	16,6	0,27 — 0,33
38,2	19,1	0,31 — 0,36

Tabel XXII.

Friktionsforsøg med Jern paa Jern. Glat Bane, Friktionsklods Fig. 32. Svagt alunholdigt Vand som Smøremiddel.

Belastn. paa Friktions-klodsen	Fladetryk i kg/cm²	Friktionskoefficient efter at Overfladen er vasket med Alunopløsning
8,2 kg	4,1	0,18
13,2	6,6	0,23
18,2	9,1	0,22 — 0,27
23,2	11,6	0,26
28,2	14,1	0,28 — 0,32
33,2	16,6	0,30
38,2	19,1	0,29 — 0,31

bøjeligt til at følge med Klodsen, som reves med af Kanten. Ej heller var det let at danne sig noget Skøn om Tykkelsen af Stoflaget mellem Klods og Bane, og denne Tykkelse kan have Indflydelse paa Friktionskoefficienten. For at undgaa disse Ulæmper blev Hollænderstoffet erstattet af 1, 2 eller flere Lag Krepservietpapir, kreppet af ulimet Cellulosepapir. Kreppapiret blev blødt godt ud i Vand med lidt Aluntilsætning og lagt paa Banen. Smøremidlet var Vand med lidt Alun i. Det viste sig nu let at faa konstante Forhold til Veje. Ved Forsøgene paa Bronzebanen fandt en Ituslidning af Kreppapiret under en Vandring af Klodsen paa 10 cm kun Sted, naar Papiret laa i et enkelt Lag, og Fladetrykket naaede op til 6—7 kg/cm² eller derover. Paa Staalbanen fandt Ituslidning Sted ved noget lavere Tryk. Forsøgsresultaterne er angivne i Tabellerne XXIII, XXIV og XXV.

Tabel XXIII.

Friktionskoefficienten for Cellulosestof under forskelligt Fladetryk paa en slebet og filet Bronzeflade.

Friktionsklodsens Flade	Fladetryk i kg/cm²	Kreppet Servietpapir i			
		1 Lag	2 Lag	4 Lag	16 Lag
19,2 cm²	0,75	0,40 — 0,43	0,50	0,50 — 0,53	0,50
	1,25	0,38 — 0,42	0,50	0,52 — 0,54	0,52
	1,5	0,39	0,49	0,51 — 0,54	0,51
9,6 cm²	1,4	0,44	0,48	0,56	0,48
	2,5	0,38 — 0,45	0,49	0,53	0,51
	4,0	0,39 — 0,42	0,42 — 0,47	0,51	0,51
2 cm²	4,1	0,36	0,49	0,49	0,48
	5,4	0,42	0,42		
	6,6	0,40 — 0,49	0,45	0,45	
	7,9	0,38	0,45		
	9,1	Papiret var	0,44	0,44	
	11,6	slidt itu efter	0,43	0,43	0,47
	14,1	10 cm	0,44	0,39 — 0,43	
	16,6	Vandring	0,44	0,36 — 0,42	
	19,1		0,44	0,37 — 0,39	0,43 — 0,44

Man vil straks være klar over, at den foretagne Afslibning og Affiling af Fladerne har ikke haft den antagne Virkning, idet Friktionskoefficienterne endnu ligger meget betydeligt over de fundne Malingskoefficienter, og det kan derfor ikke være Overfladernes Ruhed, der spiller en afgørende Rolle. Der er udført Maalinger under forskelligt Tryk fra 0,5 til 38 kg/cm², med Friktionsklodser, hvis Berøringsarealer har varieret fra 1 til 19 cm², og der er udført Maalinger med fra 1 til 16 Lag Kreppapir, men de har alle ligget langt over Malingskoefficienternes Værdier. Det er den samme Uoverensstemmelse, som Haussner har fundet ved lignende Forsøg, og som har bragt ham til at tvivle om Rigtigheden af de maalte Malingskoefficienter [1]). Da der dog ikke kan næres nogen Tvivl om Rigtigheden af saavel de maalte Malingskoefficienter som Friktionskoefficienterne, maa det være Forsøgene til Bestemmelse af sidstnævnte, der har været forkert anlagte, og det laa nu nær at antage, at der optræder helt andre Friktionsforhold ved Hastigheder paa 6—10 Meter pr. Sekund end ved de faa Millimeters Hastighed, hvormed ovenstaaende Koefficienter blev maalt. Ja, ved nogle af Forsøgene paa

[1]) Professor Haussners Friktionsmaalinger for vævede Stoffer mellem ribbede Klodser var mig ikke bekendte, da jeg paabegyndte ovenstaaende Friktionsforsøg. Se W. f. P. 1909, Side 1960—65.

Tabel XXIV.

Friktionskoefficienten for Cellulosestof med forskelligt Berøringsareal mod en slebet og filet Bronzeflade.

Samlet Tryk paa Stoffet	Friktionsklodsens Flade					Anm.
	1 cm²	2 cm²	4 cm²	9,6 cm²	19,2 cm²	
13,5 kg		0,40 — 0,49		0,44	0,40 — 0,43	1 Lag Kreppapir
23,5				0,38 — 0,45	0,38 — 0,42	
38,5				0,39 — 0,42	0,39	
13,5		0,45		0,48	0,50	2 Lag Kreppapir
23,5		0,43		0,49	0,50	
38,5		0,44		0,42 — 0,47	0,49	
13,5	0,44 — 0,39	0,47 — 0,45	0,53	0,56	0,50 — 0,53	4 Lag Kreppapir
23,5	0,45 — 0,39	0,48 — 0,43	0,53 — 0,54	0,53	0,52 — 0,54	
38,5				0,51	0,51 — 0,54	
13,5	0,49 — 0,41	0,49	0,53	0,48	0,50	12—16 Lag Kreppapir
23,5	0,51 — 0,45	0,52	0,56	0,51	0,52	
38,5				0,51	0,51	

Staalfladen har Klodsen bevæget sig i Spring, saa det har været den hvilende Friktion, der er maalt i Stedet for Friktionen under Bevægelse. Iøvrigt er de Forsøg, hvor Klodsen viste Tilbøjelighed til at bevæge sig i Spring, som Regel udskudte, idet det oftest var umuligt ved disse Forsøg at faa nogen virkelig Bestemmelse af Friktionskoefficienten.

Ved Friktionsforsøgene paa poleret Bane viste sig den Ejendommelighed, at Friktionskoefficienten voksede stærkt med den Hastighed, hvormed Klodsen blev trukket hen over Banen. I det Øjeblik man holdt op med at dreje paa Møtrikken, som gav Bevægelsen, kunde Fjedervægten endnu trække Klodsen et Stykke med stedse aftagende Hastighed, og først naar Klodsen var kommet i Hvile, blev Aflæsningen foretaget. De angivne Friktionskoefficienter (Tabel XXVI) gælder derfor for Hvile og er mindre end Friktionskoefficienterne for selv en nok saa langsom Bevægelse. Forsøgte man at rykke hurtigt i Klodsen, steg Friktionskoefficienten op til ca 0,8, og dernæst begyndte Klodsen, hvis Underflade ikke var poleret, at glide paa Stoflaget (som bestod af 4—8 Lag udblødt Kreppapir). Iøvrigt var det ved dette Forsøg meget vanskeligt at opnaa paalidelige Resultater, idet ubetydelige Omstændigheder kunde forandre Friktionskoefficienten meget.

Tabel XXV.

Friktionskoefficienten for Cellulosestof under forskelligt Fladetryk mod en slebet og filet Staalflade.

Friktionsklodsens Flade	Fladetryk i kg/cm²	Kreppet Servietpapir i 1 Lag	2 Lag	4 Lag	8 Lag	16 Lag	Anm.
19,2 cm²	0,5	0,56⁰	0,56	0,56	0,61	0,61	⁰ Papiret var slidt itu efter faa cm Vandring.
	1,0	0,65⁰	0,60	0,67	0,66	0,66	
	1,5	0,57⁰	0,65⁰	0,66	0,65	0,69	
	2,0	0,58⁰	0,65⁰	0,64⁰	6,65	0,65	
4 cm²	2,0	0,49	0,55	0,55	0,61	0,61	
	4,5	0,49	0,55	0,60	0,63	0,63	
	7,0	0,53*	0,57*	0,58*	0,63*	0,64	* Ved disse Maalinger bevægede Klodsen sig ikke kontinuerlig, men i smaa Spring.
	9,5	0,50*	0,58*	0,61*	0,63*	0,63	
1 cm²	8,2	0,36⁰*	0,49⁰*	0,55⁰*	0,55⁰*		
	18,2	0,44⁰*	0,49⁰*	0,55⁰*	0,58⁰*		
	28,2	0,41⁰*	0,51⁰*	0,48⁰*	0,57⁰*		
	38,2		0,44⁰*	0,46⁰*	0,52⁰*		

Tabel XXVI.

Friktionskoefficienten for Cellulosestof mod en blank poleret Messingplade. Vand som Smøremiddel.

Tryk	Friktionsklodsens Flade 1 cm²	2 cm²	4 cm²
13,25 kg	0,15	0,23	0,23
23,25 —	0,13	0,22	0,22

For nu at kunne udføre Friktionsmaalinger under Forhold svarende til de virkelige Forhold i Hollænderen, blev der lavet følgende Forsøgsarrangement.

En Elektromotor paa ca. $^1/_3$ HK, 2400 Omdrejninger pr. Minut blev forsynet med en Skive med lige Bane af Staal, Skivediameteren var 90 mm, og Banens Overflade var afpudset med en Grovfil for at faa en passende Karakter. Efter en Del Forsøg viste det sig dog, at denne Motor var for lille, og den blev ombyttet med en 1 HK Motor med ca. 2000 Omdrejninger. Skiven kunde bremses ved en Bremseindretning som vist paa Fig. 35, bestaaende af en enarmet Vægtstang, i hvilke Friktionsklodserne Fig. 31,

32, 33 kunde fastspændes. Vægtstangen var forsynet med en Krog til Belastning med forskellige Lodder. De herved opnaaede Tryk paa Friktionsklodsen er opført i de følgende Formler under Betegnelsen p. Skivens Hastighed er betegnet ved v. Efter at Motoren var sat i Gang, blev Vægtstangen lagt til, idet forskellige Lag udblødt ulimet Papir af den Slags Stof, der skulde undersøges, blev anbragt mellem Friktionsklods og Skive. Herved blev Motoren bremset, og Kraftforbruget maaltes ved et Hartmann & Brauns

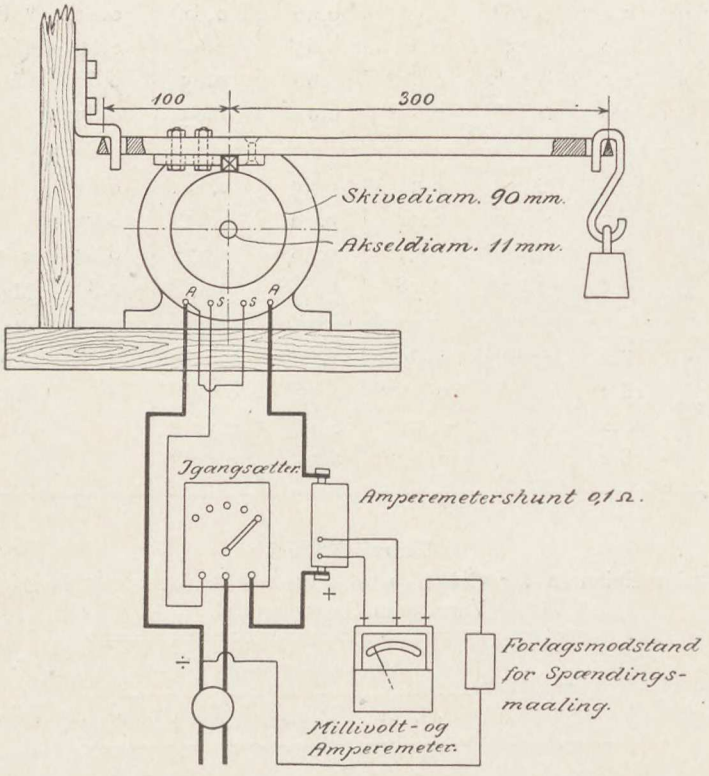

Fig. 35.

Millivolt- og Ampèremeter. Dette maalte Ankerstrømmen samt Polspændingen e (mellem Punkterne + og —). Først bestemtes Ankermodstanden r_a samt Ampèreforbruget ved Tomgang i_0. Spændingen var 220 Volt. Tabene T ved Leje- og Luftmodstand, Tab i Jernet m. m. blev herved bestemt.

$$T = 220\ i_0 - i_0^2 r_a \text{ maalt i Watt.}$$

Dernæst blev Ankerstrømmen i og Spændingen e maalt, naar Maskinen var afbremset, og man fik den udviklede Hestekraft

$$\frac{ie - i^2 r_a - T}{736}.$$

Paa den anden Side har man, idet man gaar ud fra Bremsen, at Hestekraftforbruget er

$$\frac{f\,p\,v}{75}$$

hvorved

$$f = \frac{75}{736} \cdot \frac{ie - i^2 r_a - T}{pv}.$$

I denne Beregning er dog ikke taget Hensyn til, at Friktionsklodsens Tryk paa Skiven foraarsager et forøget Friktionstab navnlig i Motorens Leje nærmest Remskiven. Sættes Friktionskoefficienten i Lejet til 0,03, viser en Gennemregning, at ved ikke at regne med dette Friktionstab faar man Koefficienten f ca. 0,004 for stor.

Ved delvis at indskyde Igangsætningsmodstanden opnaaedes at Motorens Omdrejningstal blev sat betydelig ned. Samtidig viste Voltmetret selvfølgelig en betydelig lavere Spænding. Der blev maalt følgende Værdier.

Tabel XXVII.

Igangsætter paa Knap Nr.	for 1,00 Amp.			for 1,30 Amp.		
	Omdr. n	Spænd. e	$n : e$	Omdr. n	Spænd. e	$n : e$
5	2350	224	10,5	2350	224	10,5
4	2200	212	10,4	2200	208	10,6
3	2050	196	10,5	2000	188	10,6
2	1750	168	10,4	1550	152	10,2

Heraf ses, at Omdrejningstallet falder meget nær proportionalt med Voltmeterspændingen, naar Strømstyrken holdes konstant eller med andre Ord, at det af Motoren udviklede Arbejde ved konstant Strømstyrke forholder sig nogenlunde som Omdrejningstallet. Denne Omstændighed blev benyttet til Maaling af Koefficienten f ved lavere Hastigheder. Under Friktionsforsøgene blev nemlig Igangsætteren rykket hen paa en af Knapperne 2, 3 eller 4, Ampèremetret blev aflæst, og Igangsætningsmodstanden blev atter udskudt (Knap 5). Det viste sig paa denne Maade, at Ampèreforbruget var meget nær det samme, hvad enten Igangsætteren var delvis indskudt eller ej. Heraf følger, at Koefficienten f maa regnes at være uafhængig af Hastigheden i hvert Fald inden for Grænserne 7—11 m/Sek.

Under Friktionsforsøget fastholdtes Stoffet til Friktionsklodsen alene ved, at Klodsens Kant holdt igen paa Papiret. Dette blev konstateret, idet Papiret forsøgsvis blev anbragt alene paa Klodsens Underflade uden at rage ud over Kanterne. Dette førte til, at Papiret øjeblikkelig blev revet bort af Skiven. Naar der blev anvendt mange Lag Kreppapir og ret lave Tryk,

Tabel XXVIII. Ulimet Krepserviet. (Hertil Fig. 36).

Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f
4 Lag. Kurve *A.*			16	0,67	0,042	20	1,55	0,079	32	2,17	0,068
4	0,42	0,105	20	0,80	0,040	24	1,80	0,075	36	2,34	0,065
8	0,80	0,100	24	1,00	0,042	28	2,02	0,072	40	2,34	0,059
12	1,13	0,094	28	1,18	0,042	32	2,09	0,065	44	2,47	0,056
16	1,43	0,090	32	1,15	0,036	36	2,29	0,063	48	2,76	0,057
4 Lag. Kurve *B.*			36	1,29	0,036	40	2,38	0,060	52	2,96	0,057
4	0,31	0,077	40	1,33	0,033	44	2,50	0,057	56	3,25	0,058
8	0,43	0,054	44	1,44	0,033	48	2,45	0,051	60	3,20	0,053
12	0,60	0,050	16 Lag. Kurve *E*			52	2,50	0,048	64	3,27	0,051
16	0,75	0,047	4	0,58	0,144	56	2,50	0,045	68	3,45	0,051
20	0,79	0,040	8	0,91	0,114	60	2,83	0,047	72	3,55	0,049
24	0,91	0,038	12	1,02	0,085	64	2,62	0,041	76	3,80	0,050
8 Lag. Kurve *C.*			16	1,13	0,071	68	2,86	0,042	80	4,28	0,053
4	0,35	0,088	20	1,36	0,068	72	3,05	0,042	84	4,50	0,053
8	0,58	0,072	24	1,52	0,063	76	3,11	0,041	88	4,45	0,051
12	0,91	0,076	28	1,74	0,062	80	3,33	0,042	92	4,80	0,052
16	1,14	0,071	32	2,02	0,063	32 Lag. Kurve *G.*			96	4,90	0,051
20	1,47	0,074	36	2,23	0,062	4	0,69	0,172	100	4,95	0,050
24	1,80	0,075	40	2,55	0,064	8	0,91	0,114			
28	1,95	0,070	16 Lag. Kurve *F.*			12	1,09	0,091			
8 Lag. Kurve *D.*			4	0,46	0,115	16	1,58	0,099			
4	0,33	0,083	8	0,80	0,100	20	2,02	0,101			
8	0,42	0,052	12	1,07	0,089	24	2,11	0,088			
12	0,58	0,048	16	1,25	0,078	28	2,19	0,078			

viste det sig, at Friktionen i første Øjeblik var meget stor, men sank hurtig, efterhaanden som Lagene lod sig komprimere af Belastningen ned til en Værdi, hvor den kunde holde sig konstant i en Brøkdel af et Minut. Paa dette Tidspunkt blev Aflæsningen taget. Skiven sled selvfølgelig stærkt paa Papirlaget, og naar dette var slidt tyndt, begyndte Kraftforbruget at stige, og ofte i Løbet af faa Sekunder opnaaede man Friktion af Jern paa Jern. Naar der arbejdedes med faa Lag Papir eller stort Tryk, mærkedes ikke den omtalte Aftagen af Kraftforbruget i den første Tid.

De i det følgende angivne Forsøg blev alle udførte med 1 cm² Klodsen, efter at den med Smergel var slebet nøjagtig efter Skivens Runding.

Friktionsforsøgene blev dels udført med ulimet Kreppapir, dels med samme Papir i ukreppet Tilstand og dels med Prøvestykker af den blegede Sulfitmasse, hvoraf dette Papir var lavet. Disse sidste Prøvestykker var i Papform

0,85 mm tykke. Resultaterne er givne i Tabel XXVIII, XXIX, XXX, hvoraf ses, at den Tilstand, hvori Stoffet befinder sig, spiller en afgørende Rolle. Ved Forsøgene med Cellulosepappen og det ukreppede Papir lod Prøven sig straks presse sammen til en kompakt, træ- eller læderagtig Masse,

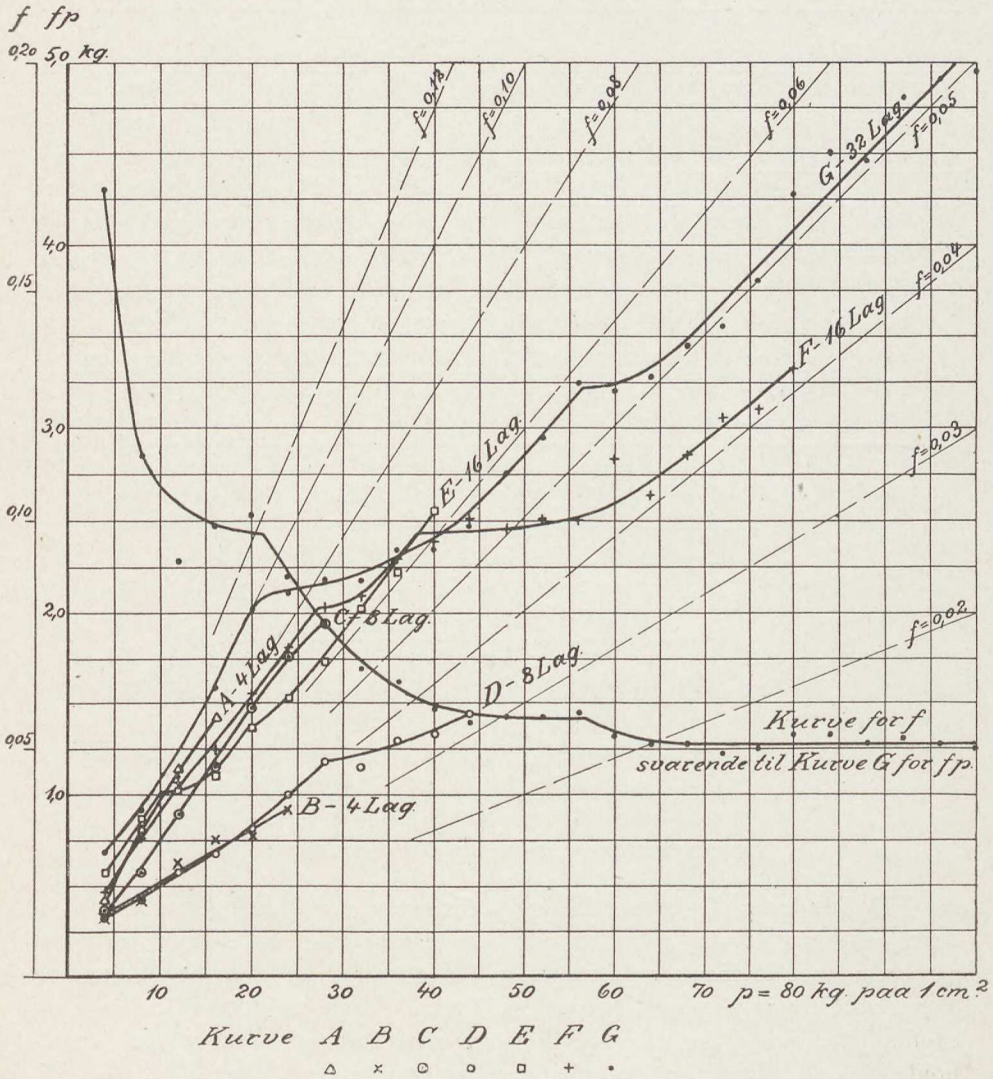

Fig. 36. Ituslidningskraft *fp* pr. Kvadratcentimeter. Krepserviet.

der ikke lod sig slide særlig hurtig, og som ved Maalingerne, der paa Grund af de yderst varierende Resultater var meget vanskelige at gennemføre, gennemgaaende gav en høj Værdi for Friktionskoefficienten. Det kreppede Papir forholdt sig helt anderledes. Man havde her straks Indtrykket af at have med en Stoftilstand at gøre, der svarede til den, hvori Stoffet befinder

Tabel XXIX. Ukreppet Servietpapir.

Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f
4 Lag			16 Lag		
4	0,85	0,212	4	0,97	0,260
8	1,09	0,139	8	2,76	0,350
12	1,13	0,094	12	3,85— 4,50	0,321—0,376
8 Lag			16	4,28— 5,76	0,268—0,360
4	0,69	0,172	20	5,76— 7,07	0,288—0,353
8	1,02	0,128	24	4,55— 8,62	0,190—0,359
12	2,13	0,178	28	6,50— 7,30	0,232—0,262
16	2,18—4,72	0,136—0,265	32	4,95—10,41	0,155—0,325
20	2,60—4,75	0,130—0,237	32 Lag		
24	3,67—5,76	0,153—0,240	32	ca. 10,0	ca. 0,31
28	3,25—6,90	0,116 – 0,245	36	—	—

Tabel XXX. Bleget Sulfit.

Tryk p kg/cm²	fp	f
4	0,80	0,200
14	3,25—3,67	0,232—0,262
24	2,60—5,76	0,108—0,240
34	5,36—9,20	0,158—0,272
44	5,16—10,20	0,117—0,232

sig i Hollænderen. Ligesom Malingskoefficienten ved Maalingerne i Hollænderen viste sig at aftage til ret smaa Værdier ved voksende Tryk, viste det sig ogsaa, at Koefficienten f for disse Prøvestykker aftog til lignende smaa Værdier. Selv ved meget betydelige Tryk — lige til 100 kg/cm² — gik Stoffet ikke over i den ovennævnte kompakte Tilstand, men vedblev at beholde sin løse Karakter. Fig. 36 giver karakteristiske Billeder, dels af Koefficienten f's Variation med voksende Fladetryk, dels af Kraften fp's Afhængighed af dette.

Betragter man disse Forsøgsrækker, kan man egentlig ikke sige, at den Forventning, at Friktionskoefficienten skulde vise sig at have den ventede ringe Værdi ved stor Hastighed, er gaaet i Opfyldelse. Der er for de kompakte Tilstande maalt Friktionskoefficienter op til 0,37, og for den løse Tilstand er ved de allerlaveste Tryk (1—2 kg/cm²) maalt op til 0,17—0,20. Der

er derimod kommet et nyt Moment ind som bestemmende for Koefficienten — et Moment — til hvilket vi ikke før har taget Hensyn, nemlig Stoffets mere eller mindre kompakt sammenfiltede Tilstand. Naar Stoffet er kompakt sammenfiltet, er det ikke tilbøjeligt til at lade sig slide i Stykker, anderledes naar det er løst.

Den Kraft fp, som vi har maalt ved Forsøgene med Krepservietterne, maa derfor nærmest karakteriseres som en Ituslidningskraft og ikke som en Friktionskraft, og Koefficienten f burde derfor i dette Tilfælde hedde en Ituslidningskoefficient.

Man kan nu danne sig følgende Forklaring paa det, der foregaar ved disse Forsøg. Mellem Friktionsskiven og Stoffet hersker der en saa stor Friktion, at Stoffet i Stedet for at glide paa Fladen lader sig slide i Stykker af denne, idet Modstanden mod Ituslidning er mindre end Friktionen. Naar dette ikke er traadt frem allerede ved Friktionsforsøgene med Fjedervægten, ligger det deri, at de Friktionsforsøg, hvor Klodsens Bevægelse foregik i Spring, som Regel er udskudte som ubrugelige. Naar der ved Forsøgene med Fjedervægten skete en Ituslidning af Stoffet, blev Modstanden pludselig mindre, og Bevægelsen gik springvis. Fig. 36 viser, at ved voksende Tryk vokser ogsaa Ituslidningskraften, indtil denne naar en Værdi ca. 2,0 a 2,5 kg/cm^2. Vi er her aabenbart naaet til Grænsen for den Modstand, som det løst sammenfiltede Stof yder mod Ituslidningen, thi selv om man lader Trykket stige betydeligt, vokser Modstanden kun lidt. Først naar Trykket f. Eks. i Kurve G er kommet op paa 40 kg/cm^2, bliver Stoffet noget mere kompakt og yder større Modstand, Koefficienten f holder sig nogenlunde konstant og først ved et Tryk 55 kg/cm^2 naas atter Grænsen for Ituslidningsmodstanden, f begynder atter at aftage. De Kurver, der fremstiller f og fp som Funktioner af p, viser sig altsaa at blive diskontinuerte, men det er karakteristisk for f, at selv om Trykket bliver aldrig saa højt, er der ikke Tale om nogen Tiltagen af denne Koefficient.

Det kunde nu være af Interesse at gøre lignende Forsøg med andre Raastoffer, og der blev derfor forsøgt med Prøvestykker af Bomuldsfiltrerpapir Tabel XXXI, Sulfatcellulose i 1,15 mm tyk Pap Tabel XXXII og med et Papir af $^1/_3$ Linned, $^2/_3$ Bomuld Tabel XXXIII. Da saavel Bomuldspapiret som Sulfatcellulosen som bekendt optræder i ret løs og svampet, fyldig Tilstand, var det at vente, at man kunde faa lignende Kurver frem som de, der er fundne for Kreppapiret. Dette lykkedes dog kun for Sulfatcellulosens Vedkommende (Fig. 37), idet Filtrerpapiret lod sig presse sammen i en kompakt Masse. Det samme skete — som det var at vente — med det Papir, der var lavet af Linned og Bomuld.

Den Ituslidningskoefficient, som er fundet i de Tilfælde, hvor der virkelig skete en Ituslidning af Stoffet, viser sig altsaa ingenlunde at være nogen konstant Størrelse, ja, den aftager end ikke med det voksende Tryk efter nogen bestemt let paaviselig Lov. Under disse Omstændigheder er der ikke megen Grund til vedblivende at regne med en »Koefficient«, thi For-

Tabel XXXI. Filtrerpapir.

Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f
1 Lag			16	3,62—2,23	0,226—0,140
4	1,02	0,255	20	4,50—2,65	0,225—0,132
8	1,47	0,238	24	5,31—3,07	0,221—0,128
4 Lag			28	5,71—3,62	0,204—0,129
4	1,02	0,255	32	9,55—5,71	0,298—0,179
8	1,91—1,69	0,239—0,212	36	9,55—7,81	0,265—0,216
12	3,40—1,91	0,284—0,159	40	9,95—8,37	0,249—0,209

Tabel XXXII. Sulfat. (Hertil Fig. 37).

Tryk p kg/cm²	fp	f	Tryk p kg/cm²	fp	f
ubleget, Kurve *A*			ubleget, Kurve *C*		
4	0,91	0,228	24	2,34	0,098
8	1,36	0,170	28	2,24	0,080
12	1,80	0,150	32	3,51—3,02	0,109—0,094
16	2,13	0,133	36	3,85—2,97	0,107—0,083
24	2,34	0,098	40	4,28—3,40	0,107—0,085
28	2,65	0,095	44	4,07—3,28	0,093—0,075
32	2,55	0,080	48	3,70—3,08	0,077—0,064
36	2,65	0,074	52	3,70—3,40	0,071—0,065
44	2,87	0,065	56	4,30—3,51	0,076—0,063
64	3,85	0,060	60	4,39—4,50	0,073—0,075
bleget, Kurve *B*			64	4,18	0,065
4	0,74	0,185	68	4,10	0,060
14	1,47	0,105	72	4,28	0,059
24	2,34	0,098	76	4,28	0,056
34	2,97	0,088	80	4,28	0,053

delen herved skulde være, at man paa en simpel Maade kunde udtrykke Ituslidningskraftens Afhængighed af Trykket. Vi vil derfor i det følgende ikke tale om Ituslidningskoefficienten, men derimod om Ituslidningskraften pr. cm².

Man kunde nu forsøge at anvende de ved Ituslidningsforsøgene indvundne Erfaringer ved Analysen af det specifikke Kraftforbrug.

Ligning 23 a kan, idet $p = \eta p_K$, skrives

$$\bar{\mu} = \frac{fp}{\eta} + \frac{e}{100\,(s_g + s_v)}$$

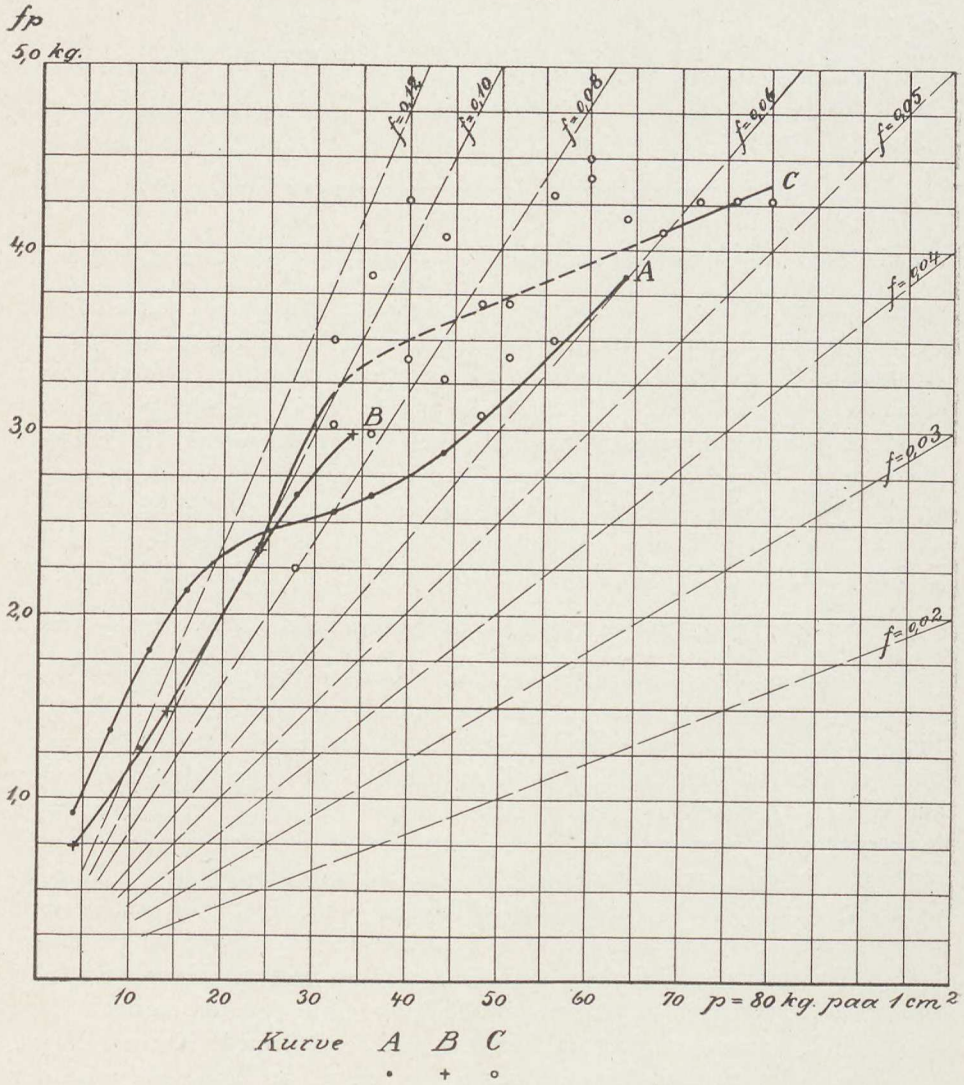

Fig. 37. Ituslidningskraft fp pr. Kvadratcentimeter. Sulfatpap.

hvoraf man ser, at hvis η var kendt, vilde man af denne Ligning kunne finde Kraftforbruget e ved at bestemme $\bar{\mu}$ og fp for samme Maletryk. Man vilde med andre Ord ved at subtrahere Størrelsen $\frac{fp}{\eta}$ fra Ordinaterne i $\bar{\mu}$-Kur-

Tabel XXXIII. Kludepapir.

Tryk p kg/cm²	fp	f
4	1,02	0,255
14	5,11	0,365
24	8,37	0,348
34	10,15	0,300
44	11,36	0,260

ven finde en Kurve, hvis Ordinater er $\frac{e}{100\ (s_g + s_v)}$. Nu savner man indtil videre Midler til med nogenlunde Nøjagtighed at bedømme Værdien af η, og det kunde derfor synes haabløst ad denne Vej at komme ind paa en Analyse af Maletøjets Kraftforbrug. Her skal dog paapeges, at det er ikke udelukket, at man ved en Betragtning af den karakteristiske Form, som mange af $\bar{\mu}$-Kurverne synes at have til fælles med fp-Kurverne, kan finde et Holdepunkt. Kurverne er til en vis Grad ligedannede, og kan man ved at dividere fp-Kurvens Abscisser og Ordinater med en eller anden Divisor opnaa at faa denne Kurves Krumninger til i en Figur at ligge lodret under $\bar{\mu}$-Kurvens tilsvarende Krumninger, vil der være en vis Sandsynlighed for, at denne Divisor er η, og man vil i saa Fald ved Subtraktion af Størrelsen $\frac{fp}{\eta}$ fra $\bar{\mu}$ kunne finde en Kurve, der angiver, hvorledes Kraftforbruget e vokser med Maletrykket. Forsøger man eksempelvis at sammenligne en af Kurverne for fp i Fig. 36 med en af Kurverne for $\bar{\mu}$ i Fig. 26d, vil det vise sig, at man for $\eta = 16$ omtrent kan faa den ene Kurves Krumninger til at ligge lodret under den andens, og e viser sig under disse Forhold at vokse ret jævnt med Maletrykket (se den stiplede Kurve i Fig. 26d). Det foreliggende Forsøgsmateriale er dog for ufuldstændigt, til at man kan drage nogen Slutninger deraf, og den praktiske Anvendelse af Tanken vanskeliggøres ogsaa derved, at fp-Kurverne synes at være saa vilkaarlige, at det næppe vil være muligt med nogenlunde Sikkerhed at finde den til en bestemt $\bar{\mu}$-Kurve svarende fp-Kurve. Betydningen af nærværende Undersøgelse ligger da nærmest deri, at der i Princippet er givet en Forklaring af de S-formede Kurvers Natur.

Trods det, at man kun kan vente i Princippet at kunne analysere det specifikke Kraftforbrug, har dette dog formentlig saa megen Interesse, at Undersøgelserne over Ituslidningen burde foretages for alle de sædvanlig forekommende Raastoffers Vedkommende og for forskellige Lagtykkelser. Der vil intet være i Vejen for at faa en Ituslidning i Stand, naar blot man har Raastofferne i tilstrækkelig løst sammenfiltet Tilstand.

Af Kurverne Fig. 26d og 26f vil man se, at det specifikke Kraftforbrug

stiger stærkt ved høje Værdier af p_K. Stigningerne er stærkere, end de kan forklares ved Sammenligning med fp-Kurverne, af hvilke det fremgaar, at f aldrig stiger ved voksende Tryk, men i det højeste bliver konstant (eller aftager). Den stærke Stigning af $\bar{\mu}$-Kurven maa derfor skyldes, at Friktionsforholdene i det hele taget er forandrede. Jo højere Trykket er, desto hurtigere vil den lille Stofvisk, som hænger over Knivkanten, blive slidt igennem. Nu har Friktionsforsøgene vist, at naar Stoflaget var nær ved at slides igennem, voksede Ituslidningskraften stærkt (se Side 100). Man maa altsaa tænke sig, at Trykket bliver saa højt, at Stofvisken helt eller delvis slides igennem, og derved forklares som før nævnt den stærke Stigning i det specifikke Kraftforbrug.

IV. Kraftforbruget til Valsens Rotation i Stoffet.

Det ses af Ligning (16) i første Afsnit, hvorledes man kan finde det Arbejde N_R, som fordres til Rotation af Hollændervalsen i Stoffet, naar den er løftet op fra Grundværket, og det blev sammesteds nævnt, at dette Arbejde medgaar dels til Valseknivenes Slag mod det Stof, der deltager i Rotationen og dels til Friktionstab i Stoffet. Vi vil her gaa lidt nærmere ind paa Undersøgelsen af disse Kraftforbrug.

Kraftforbruget til Slag mod Stoffet er saa ofte gjort til Genstand for Undersøgelse [1]), at der næppe vil kunne siges noget nyt om denne Sag. Stoffet kommer med en ganske ringe Hastighed i omtrent vandret Retning til Valsen, hvor det med et Slag tvinges til at følge Valseknivene. Endvidere er det muligt, hvis Sadlen er forkert formet, at der bag Grundværket kan ske en yderligere Indtrædning af Stof i Knivmellemrummene, hvorved yderligere en Stofmængde bliver udsat for Slag. Endelig rives der altid, selv ved de bedst konstruerede Hollændere, en Del Stof med Valsen tilbage. Dette Stof bliver rimeligvis paa sin Vej over Valsen flere Gange slynget fra denne mod Hattens Inderside, falder ned igen og rammes af Valseknivene og saa fremdeles, hvorved dette Stof mange Gange bliver udsat for Slag (se Fig. 21). Disse Slag eller Stød maa antages at have Karakter af Stød mellem uelastiske Legemer (Stoffet har nærmest Karakter af Lerklatter), og det til Stødene medgaaede Arbejde maa være proportionalt med Knivhastigheden v i 2. Potens, idet man ser bort fra den ringe Hastighed, hvormed Stoffet kommer til Valsen. Da der ved det uelastiske Stød omsættes en lige saa stor Energimængde i Varme som den, der tildeles Stoffet i Form af kinetisk Energi, vil der, naar et Kilogram Stof trænger ind i Knivmellemrummet, til Slag mod denne Stofmængde forbruges $2 \cdot \frac{1}{2} \frac{v^2}{g}$ kgm.

Vi vil nu lade G betegne den Stofmængde maalt i kg, der i et Sekund passerer gennem et bestemt Tværsnit af Hollændertruget. Denne Mængde kan med nogenlunde Nøjagtighed bestemmes i den Del af Truget, hvori Valsen ikke ligger, naar man maaler Tværsnittets Dimensioner og bestemmer Hastigheden ved at sætte en Stok lodret ned i Stoffet. Stokkens Hastighed bliver lig med Stoffets Hastighed, idet Stofhastigheden er ens

[1]) Kirchner: »Das Papier« IV. Ganzstoffe, Side 13.
Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch. Sonderabdruck, Side 15.

over hele Tværsnittet. (Det viser sig nemlig, at Stokken under hele Bevægelsen holder sig lodret, hvilket betyder, at der ikke kan være nogen nævneværdig Forskel paa Hastigheden ved Bunden af Karret og foroven). Dette gælder for alle almindelig anvendte Stoftætheder, og naar Sidevæggene ikke er alt for ru og tærede. Man skulde herefter vente, at Kraftforbruget til Stød og Slag vilde blive $G\frac{v^2}{g}$. Da nu noget af Stoffet vil blive udsat for Slag to eller flere Gange, idet det passerer Valsen, og da noget Stof ikke gaar rundt i Truget, men gaar tilbage over Valsen og ligeledes bliver slaaet flere Gange, vil Kraftforbruget dog i Virkeligheden ligge højere, og man maa derfor sætte

$$Xv^2 = CG\frac{v^2}{g} \text{ kgm/Sek, hvoraf } X = \frac{CG}{g}, \qquad (24)$$

hvor g er Tyngdens Akceleration, og hvor C betegner en Faktor, der er større end 1, og som er afhængig af Sadellommens og Sadelens Form samt af Afstrygeren i Hatten.

Man kunde maaske være tilbøjelig til at mene, at selve den Stofmængde G, som Valsen transporterer pr. Sekund vil vokse med Knivhastigheden, en Opfattelse, der tidligere har været almindelig. Dette er dog ikke Tilfældet, idet Hollændervalsens Transportevne ved alle i Praksis anvendte Hollændere er meget overlegen i Forhold til Stofomløbet i Hollænderen. Dette paavirkes kun lidt af Valsens Omdrejningstal[1]) og er i det væsentligste bestemt ved Sadelens Højde, Trugets Glathed og jævne Form og Fald samt af Stoftætheden. Naar Valsen har bragt Stoffet op over Sadelens Top, skrider dette under Trykket af det ny tilkommende som en samlet Masse ned ad Bundens Skraaning, til det kommer foran Valsen igen. Det er derfor ikke muligt at faa Omløb i en Hollænder uden Sadel. Bevægelsen er ikke i sædvanlig Forstand en Strømning. Skulde man træffe en Sammenligning, maa det nærmest være en Gletschers Nedadskriden gennem Dalen under Trykket af de højere liggende Ismasser.

Vi kommer nu til den Del af Kraftforbruget, der medgaar til Friktionstab i Stoffet. Det vil blive nødvendigt at fordybe sig mere i dette Spørgsmaal end i det foregaaende, da der med Hensyn til indre Friktion i Hollænderstof i det hele taget hersker meget fejlagtige Anskuelser. De Forskere, som hidtil har beskæftiget sig med saadanne Undersøgelser, er alle gaaet ud fra, at Hollænderstof er en Vædske og har benyttet de for Vædskebevægelse opstillede Formler[2]). Herefter skulde Friktionen være proportional med Hastigheden i 2. Potens, altsaa Friktionsarbejdet proportionalt med

---

[1]) Samme Resultat er Kirchner kommet til ved sine Undersøgelser. »Das Papier« IV. Ganzstoffe, Side 224.

[2]) Pfarr: Holländer und deren Kraftverbrauch. Sonderabdruck, Side 17.
Haussner: Der Holländer, Side 9.
Kirchner: »Das Papier« IV. Ganzstoffe, Side 231.

Hastigheden i 3. Potens. De nævnte Forfattere er herved i Overensstemmelse med de f. Eks. for Skibsmodstand og for Vands Bevægelse i Rørledninger fundne Love,

Det maa dog ikke glemmes, at disse Love gælder kun, saalænge man har med virkelige Vædsker at gøre, og før man anvender dem paa Forholdene i en Hollænder, maa det undersøges, om Stoffet forholder sig som en Vædske. Vi vil derfor gennemgaa de Egenskaber, der karakteriserer en Vædske og undersøge, om Hollænderstoffet i den Tilstand, hvormed vi har at gøre d. v. s. fra 5 til 10 % Stoftæthed, er i Besiddelse af disse Egenskaber.

En Vædske defineres som et Legeme, hvis Partikler endog under Paavirkning af de mindste Kræfter kan forskydes i Forhold til hinanden, selv om der eksisterer en vis Gnidning mellem Smaadelene[1]). Endvidere gælder for Gnidningen i en Vædske efter Maxwell den Lov[2]), at naar en Grænseflade for et Vædskelag forskydes i Forhold til en dermed parallel Grænseflade, vil Friktionen mellem disse være uafhængig af Trykket men proportional med Fladens Størrelse (i Modsætning til hvad der finder Sted ved faste Legemer) og endvidere proportional med de to Planers Hastighedsdifferens. Inden for Laget beror en Vædskepartikkels Hastighed paa Afstanden fra Fladen, idet Hastigheden vokser proportionalt med Partiklens Afstand fra denne.

At Hollænderstof ikke tilfredsstiller Vædskedefinitionen ses deraf, at Stoffet kan henstaa med skraa Overflade. Selv om en Hollænder henstaar en Søndag over, vil Stoffets Overflade ikke stille sig vandret. Der fordres altsaa et vist Minimum af Paavirkning, inden der indtræder en Forskydning af Smaadelene i Forhold til hinanden[3]). Da Modstanden mod Forskydning ikke aftager til Nul, naar Hastigheden nærmer sig til Nul, er det altsaa udelukket, at førnævnte Lov for Vædskefriktion, som siger, at Friktionen er proportional med Hastigheden, gælder for Hollænderstof ved smaa Hastigheder. Dette kan altsaa ikke betragtes som en Vædske, og det er derfor forkert at anvende Formler som Fraudes Formel for Skibsmodstand eller Formlen for Vædskefriktion i en Rørledning for Hollænderstof.

Naar man betragter nogenlunde tykt Stof under dets langsomme Bevægelse i Hollænderen, faar man Indtrykket af, at der findes en betydelig indre Friktion. Stoffet skrider som en tyk, grødet Masse gennem Hollændertruget, og Friktionen mod Karrets Vægge, der aabenbart er langt mindre end den indre Friktion i Stoffet, formaar kun i de Tilfælde, hvor Væggene er særlig ru og tærede, at bringe lidt Uro i den Del af Stoffet, der er nærmest Væggene.

I Fald ovennævnte Love for Vædskebevægelse skulde kunne anvendes

[1]) Hütte I, 22. Auflage, Side 260.

[2]) Samme, Side 261.

[3]) Eichhorn beretter i W. f. P. 1907, Side 19 om, at en Skruenøgle af Vægt 5 kg kunde ligge paa Hollænderstoffet uden at synke mere end 10 mm ned i dette.

i det foreliggende Tilfælde, maatte man i Hollænderen have en Bevægelse af samme Art, som finder Sted i en Vædske ved Hastigheder over den kritiske d. v. s. Stofhastigheden voksende fra Væggene mod Strømmens Midte og Hvirvelbevægelse i Massen (i dette Tilfælde bliver nemlig Modstanden omtrent proportional med Hastigheden i 2. Potens). En saadan Bevægelsestilstand findes ikke i Hollænderen. Naar man ved en Lineal med Farve paa Kanten sætter en Linie i Stoffets Overflade vinkelret paa Karvæggen ved den øverste Ende af Trugets aabne Del, vil denne Linie, naar Massen er kommet til den nederste Ende, endnu være ret og gaa vinkelret paa Karvæggen. Dette Forsøg, sammenholdt med det tidligere omtalte Forsøg med den lodret nedstukne Stok viser, at Hastigheden er ens i hele Tværsnittet. Der sker ingen andre Forskydninger i Massen end de, der nødvendigvis følger af Karrets Bøjninger og Indsnævringer. Bevægelsen i Stoffet ligner ikke en Gang en Vædskes Bevægelse ved Hastigheder under den kritiske (Modstanden proportional med Hastigheden), thi ogsaa ved denne Bevægelsestilstand har Strømlinierne i Midten af Tværsnittet større Hastighed end ved Væggene.

Der kan i Bøjningerne, eller hvor Stoffet skrider ind mod Valsen, dannes Skilleflader i Stoffet, langs hvilke en Forskydning eller en Skridning finder Sted. Det er endvidere en bekendt Sag, at der kan være »døde« Steder i Hollændertruget, hvor Stoffet ikke vil deltage i Cirkulationen, men bliver liggende, medens det øvrige Stof glider forbi. Gnidningen langs en Skilleflade medfører ikke indre Bevægelser i de to Stofmasser, og man maa derfor antage, at den Kraft, der skal til for at overvinde Gnidningsmodstanden, er uafhængig af Hastighedsdifferensen i hvert Fald indenfor de Hastigheder, man her har med at gøre; thi var Gnidningsmodstanden mindre, naar Hastighedsdifferensen er mindre, vilde der ske Forskydning i Masserne.

Man kunde nu være tilbøjelig til at antage, 1) at den indre Friktion i Hollænderstof er uafhængig af Hastigheden (i Lighed med, hvad der gælder for faste Legemer), 2) at Friktionen er uafhængig af Trykket i Skillefladen, idet et forøget Tryk ikke vil kunne bringe Smaadelene i intimere Berøring med hinanden (Lighed med Vædskefriktion), 3) at Friktionen er proportional med Arealet af den Flade, langs hvilken Gnidning finder Sted (Lighed med, hvad der gælder for Vædsker). Vi staar her altsaa over for en egen Art Friktion, hvis Enhed (Friktionskoefficienten for en grødet Masse) kan angives som den Kraft, maalt i kg, der skal til for at bevæge to Stofmasser med Skillefladen 1 m^2 i Forhold til hinanden [1]).

For at undersøge Rigtigheden af det her udviklede, kunde man indrette et Forsøgsarrangement bestaaende af en Hollændervalse lukket inde i en høj Kasse, saaledes at der fandtes Pakdaaser der, hvor Akslen gaar gennem

[1]) Denne Enhed er af samme Dimension som Cohæsionen i en Jordmasse, men Fænomenet adskiller sig deri fra Cohæsionen, at medens denne navnlig virker, indtil Bevægelsen er begyndt, optræder Friktionen i en grødet Masse netop under Bevægelsen.

Kassens Vægge. Valsen kan drives ved en Motor med variabel Hastighed. Fylder man nu Kassen med Hollænderstof, saaledes at det staar over Valsen og sætter Motoren i Gang, vil det være muligt at maale Kraftforbruget til Valsens Rotation i Stoffet ved forskellige Hastigheder og under forskellige Tryk. (Man maa naturligvis først sørge for, at Knivmellemrummene virkelig er udfyldte med Stof). Da et saadant Forsøg er ret omstændeligt at anstille, er det ikke blevet udført.

Der er derimod gjort Maalinger med et mere primitivt Apparat, som bestod af to »Fisk« udførte af Træ efter Fig. 38 og 39. I Hulheder i

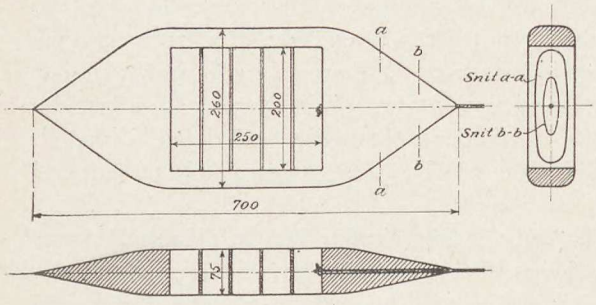

Fig. 38.

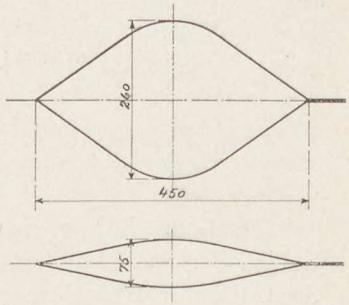

Fig. 39.

Fiskene var fyldt Hagl, saaledes at de hver især vejede 1,02 Gange det Rumfang Vand, som de fortrængte ved Nedsænkning. Herved var opnaaet, at de var i Ligevægt nedsænkede i Hollænderstof (som har Vægtfylde 1,02). Træet var godt ferniseret, saa der var ingen Fare for, at de skulde blive tungere ved at suge Vand. Den ene Fisk havde et Hul $0{,}20 \times 0{,}25$ m med nogle Ribber af Jernplade. Denne Fisk blev trykket ned i en Hollænder, saaledes at Hullet blev fyldt med Stof, og ved Hjælp af en Fjedervægt trukket igennem Stoffet. Fjedervægten angav den samlede Modstand hidrørende dels fra, at Træet skulde bane sig Vej gennem Stoffet, dels fra Stoffets indre Friktion paa et Areal $2 \times 0{,}20 \times 0{,}25 = 0{,}1$ m^2. Bagefter blev ved Hjælp af den anden Fisk maalt den Modstand, som selve Legemet havde frembudt, og Differensen mellem de to Maalinger gav da Friktionen paa 0,1 m^2. Det viste sig, at denne var uafhængig af, hvor hurtigt der blev trukket i Fjedervægten. Resultatet af Maalingerne er angivet i Tabel XXXIV, idet Værdierne *a* er fundet ved Maaling med Fisken efter Fig. 38, og Værdierne *b* ved Fisken efter Fig. 39.

De stærkt varierende Værdier af Friktionskoefficienten φ, der optræder navnlig i den første Tid efter Hollænderens Paafyldning, skyldes sikkert for en Del, at Stoffet ikke er tilstrækkelig udrørt til, at Stoftætheden er ens gennem hele Hollænderen. Dette kan ogsaa tjene til Forklaring af, hvorfor Kraftforbruget til Hollænderen i Almindelighed svinger saa stærkt i den første halve eller hele Time efter Paafyldningen.

Tabel XXXIV.

	ca. $^1/_2$ Time efter Paalægningen			færdig malet Stof [1])		
	a	b	φ kg/m^2	a	b	φ kg/m^2
Cellulosestof						
5,0 % Stoftæthed	10,5—12,5	5,5—7,5	50	7—9	3—4	40—50
5,2 - —	10	6	40	6	4	20
6,6 - —	15	10	50	15	9	60
7,2 - —	24—28	11—14	130—140	16—18	10—12	60
Kludestof						
5,5 % Stoftæthed	8	5	30	7	4	30

Efter ovenstaaende vil Friktionsmodstanden paa en Flade A m^2 være φA og uafhængig af Trykket og Hastigheden. Sker der langs denne Flade en Forskydning med en Hastighed v Meter pr. Sekund, vil det Arbejde, som medgaar til Friktionsmodstandens Overvindelse være $\varphi A v$. Der er ikke igennem ovenstaaende ført noget Bevis for Rigtigheden heraf, og med det forhaandenværende Forsøgsmateriale maa vi desværre give Afkald paa at kunne føre dette. Det vil dog vise sig, at naar vi i Beregningerne anvender denne Theori for Friktionen i Stoffet, kommer vi ingen Steder til Meningsløsheder, hvilket giver en vis Sandsynlighed for, at vi er inde paa den rigtige Opfattelse.

I det foreliggende Tilfælde, hvor det drejer sig om at undersøge Friktionen af det Stof, der roterer i Knivmellemrummene mod det stillestaaende eller omtrent stillestaaende Stof i Karret og i Sadellommen, maa Fladen A være lig med den i Stoffet neddykkede Valseoverflade LU (se Fig. 21), idet vi for Simpelheds Skyld medregner Valseknivenes arbejdende Flader. Hastighedsdifferensen vilde, hvis der ikke fandtes roterende Stofmasser i Knivmellemrummene, være lig med Knivhastigheden v. Under denne Forudsætning vilde ogsaa Energiforbruget pr. Sekund til Overvindelse af Friktionen være $\varphi L U v$ kg m. Slet saa simple er Forholdene dog ikke i Virkeligheden, thi som det fremgaar af Fig. 6 i 1. Del, bliver Hastighedsdifferensen kun v_r. Til Gengæld kommer der saa yderligere Friktionstab ved indre Friktion i Stofpølsen og til Dels ogsaa ved Stofpølsens Friktion mod Knivfladerne. Der kan endvidere opstaa en roterende Bevægelse af Stoffet i Sadellommen, hvis denne er for vid, og ogsaa herved vil ske et Friktionstab [2]). Alle disse Friktionstab

[1]) Det angives, at Stoffets indre Friktion i Amerika med Held er anvendt som Maal for Stoffets Malingstilstand. Se »Paper« 1917 Nr. 23. A. B. Green: »Management of the beater room«.

[2]) Man behøver ikke at regne med nogen Friktion af Valsens Endeflader mod Stoffet, da Afstrygerne paa Endefladen vil sørge for, at det Stof, som vil trænge ind i Mellemrummet mellem Valsen og Karrets Væg, straks slynges bort.

maa antages at vokse proportionalt med Knivhastigheden, og man kunde derfor sætte hele Friktionstabet

$$Yv = \varepsilon\varphi L U v \text{ kgm/Sek.}, \text{ hvoraf } Y = \varepsilon\varphi L U, \tag{25}$$

hvor ε betegner en Faktor, der er uafhængig af Hastigheden.

Paa dette Sted skal blot paapeges, at selv om Professor Haussner ved de Forsøg, som han har afholdt over den indre Friktion i Hollænderstof [1]), har betragtet dette som en Vædske og er gaaet ud fra Formlerne for Vædskebevægelse, er han dog kommet til et Resultat, der stemmer nogenlunde med den ovenfor hævdede Opfattelse: at den indre Friktion er uafhængig af Hastigheden. Forsøgene blev anstillede ved at lade Stof strømme gennem Rør med 40 mm Diameter. Denne Metode kunde dog kun anvendes til ganske smaa Stoftætheder, thi det viste sig, at ved større Stoftætheder, d. v. s. 3—4 %, blev Rørvæggens Indflydelse paa Stofbevægelsen en saadan, at der dannede sig Propper i Røret, hvorigennem Vandet filtreredes fra [2]). Der er ingen Tvivl om, at hvis Forsøget var blevet anstillet med et større Rør, vilde det have været muligt at faa Stoffet til at flyde igennem dette ved de forhaandenværende Tryk og langt betydeligere Stoftætheder.

Forsøgene gik ud paa at bestemme Modstandskoefficienten ζ_r^* i den almindelige Formel for Rørmodstand

$$h_r = \zeta_r^* \, l \frac{u}{F} \cdot \frac{w^2}{2g},$$

hvor l er Rørlængden i Meter, u den beskyllede Omkreds i Meter, F Tværsnitsarealet i Kvadratmeter, w er Stofhastigheden i Meter pr. Sekund, og h_r er den til Rørmodstanden svarende Trykhøjde.

Skønt Forsøgene med Rørene som nævnt ikke kunde gennemføres blot for nogenlunde høje Stoftætheder, mener Haussner dog ved Sammenligning med en anden Forsøgsrække at kunne give følgende Udtryk for en Rørmodstandskoefficient

$$\zeta_r = \frac{B}{C - \varrho \sqrt[4]{w}} - D,$$

hvor ϱ betegner Stoftætheden i % og B, C, D er Konstanter afhængige af Stoffets Natur. — Nu viste det sig imidlertid ved Kontrolforsøg i en Hollænder, at ved langsom Stofhastighed var Modstandshøjden langt større, end hvad der svarede til de af ovenstaaende Udtryk fundne Værdier for ζ_r. Haussner tager Hensyn hertil ved at tilføje Leddet $\frac{A\varrho^2}{w^2}$, saa at man faar

$$\zeta_r^* = \frac{A\varrho^2}{w^2} + \frac{B}{C - \varrho \sqrt[4]{w}} - D.$$

I Udtrykket for ζ_r^* bliver ifølge Haussner »første Led $\left(\text{nemlig } \frac{A\varrho^2}{w^2}\right)$ omtrent alene bestemmende, naar Stofhastigheden er lille, og Stofkoncentrationen i Hollænderen blot er nogenlunde stor«. Bortkaster vi nu de sidste to Led og indsætter $\zeta_r^* = \frac{A\varrho^2}{w^2}$ i Formlen for Rørmodstanden, faas

$$F h_r = A\varrho^2 \frac{l u}{2g},$$

hvoraf ses, at Haussner ogsaa er kommet til det Resultat, at den Kraft $\gamma F h_r$ (hvor γ betyder Vægten i kg af en Kubikmeter Stof), der skal til at drive Stoffet gennem Røret, er uafhængig af Hastigheden, naar Stoftætheden er nogenlunde stor.

---

[1]) Haussner: Der Holländer, Side 10—38.

[2]) Haussner: Der Holländer, Side 32.

Vi gaar nu over til en Undersøgelse af de ved de afholdte Forsøg fundne Værdier for Hestekraften N_R. Da den Motor, som drev Hollænderen, var regulerbar, har man i hvert enkelt Tilfælde kunnet bestemme N_R ved forskellige Omdrejningstal.

Man kunde efter Forsøgsresultaterne i et Koordinatsystem afsætte Punkter svarende til N_R som Ordinat og v som Abscisse. Disse Punkter skulde efter den udviklede Theori vise sig at ligge paa en Parabel med Ligningen

$$75\, N_R = X v^2 + Y v.$$

Af Forsøgsresultaterne vilde man ved de mindste Kvadraters Methode være i Stand til at finde Konstanterne X og Y for vedkommende Parabel; man vilde dernæst kunne tegne Parablen og skønne, hvorvidt Forsøgsresultaterne (Punkterne) stemmer med Theorien (Parablen). Hvis man fandt Overensstemmelse, vilde man ved Hjælp af de fundne Konstanter X og Y kunne bestemme, hvor stor en Del af Kraftforbruget der gaar til Overvindelse af Friktionen, og hvor stor en Del der gaar til Valseknivenes Slag mod Stoffet.

Denne Methode vilde dog være meget omstændelig, og Fremstillingsmaaden vilde give ringe Overskuelighed. Det er dog ej heller nødvendigt at gaa denne Vej, idet det er muligt at finde en simpel grafisk Konstruktion af de søgte Størrelser. Hvis man nemlig i Stedet for Hestekraftforbruget N_R indfører Størrelsen $T = 75 \frac{N_R}{v}$ som variabel i Ligningen, faar man

$$T = Xv + \mathrm{Y}$$

hvoraf ses at Kurven for T som Funktion af v er en ret Linie, der har Retningskoefficienten X, og som afskærer Stykket Y af Ordinataksen. Fremgangsmaaden bliver altsaa den, at man afsætter Punkterne for $75 \frac{N_R}{v}$ som Ordinater, v som Abscisse og søger at lægge en ret Linie gennem disse. Denne rette Linie giver umiddelbart X og Y, hvorefter man ved (24) og (25) faar

$$C = \frac{g X}{G} \text{ og } \varepsilon = \frac{Y}{\varphi L U}$$

idet det forudsættes, at man forud har bestemt G og φ.

Idet $\frac{Tv}{75} = N_R$ vil det ses, at T betegner den samlede Modstand mod Valsens Rotation i Stoffet reduceret til en Kraft virkende i selve Valsens Overflade.

Resultaterne af de afholdte Forsøg er givne i Tabellerne XXXV—XXXVII.

De i Tabellerne angivne Værdier af v og T er afsatte i Figurerne 40 a—h, og der er indlagt en ret Linie, som saa vidt muligt gaar gennem de fundne Punkter (om Aarsagen til, at der ved Indlægningen af den rette

Tabel XXXV. Hollænder $S\,3$ med Cellulosestof. (Hertil Fig. 40 a—d).

Dato 1917	Fyldning Q kg	Stoftæthed ρ %	N_R HK	v m/Sek	T kg	U m	LU m²	X	Y	$CG = 9{,}81\,X$ kg/Sek.	$\varepsilon\varphi = \frac{Y}{LU}$ kg/m²	Fig.	Anm.
			6,7	7,25	69								
28/7	265	8,3	5,2	6,0	65	1,73	1,47	3,2	45	32	30	40 a	
			4,5	4,9	69								
			8,0	7,1	84								
30/7			6,0	5,9	77								
	280	8,2	5,4	4,9	82,5	1,73	1,47	6,2	40	61	27	40 b	
			5,7	4,9	87								
			7,0	5,9	89								
31/7	290	8,3	7,6	6,25	91	1,85	1,57	6,4	52	63	33	40 c	
			8,5	6,25	95								
			9,5	7,3	97								
			6,3	7,4	64								
			5,6	6,9	61,5								
2/8	225	8,3	5,2	6,4	61	1,60	1,36	2,8	43	28	32	40 d	
			4,8	6,0	60								
			3,9	5,0	59								

Hollænderens Hat var ikke forsynet med den i Fig. 21 viste kileformede Afstryger. Sadellommen var 50—60 mm vid.

Linie ikke er taget Hensyn til det Punkt, som svarer til $v =$ ca. 5 Meter pr. Sekund, se næste Side). De derved fundne Værdier af X og Y er ligeledes opførte i Tabellerne, hvis to sidste Kolonner endelig indeholder de fundne Værdier for CG og $\varepsilon\varphi$. Samtidig med Maalingerne af Kraftforbrugene burde der have været foretaget Maaling af Stofomløbet G og Friktionskoefficienten φ, hvorved Sagen først vilde foreligge fuldt belyst, og der vilde samtidig have været en vis Kontrol paa Resultaternes Rigtighed. Disse Maalinger har imidlertid ikke fundet Sted, da deres Betydning endnu ikke paa hint Tidspunkt laa klart.

Kraftforbruget til Slag mod Stoffet: Af Tabel XXXV vil man straks bemærke, at Størrelsen CG er vokset stærkt med Hollænderfyldningen. Da Omløbet G næppe har været meget forskelligt ved de forskellige Forsøg (Stoftætheden var ens), maa det være Stoffets Genindtræden i Knivmellemrummene efter at det har passeret Grundværket samt det over Valsen medrevne Stof, der er Skyld i, at Faktoren C er steget og dermed Kraftforbruget til Slagene. Ved disse Forsøg fandtes ingen Afstryger i Hatten,

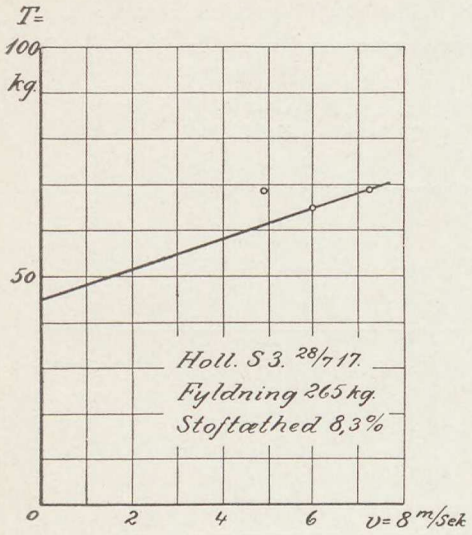

Fig. 40 a.

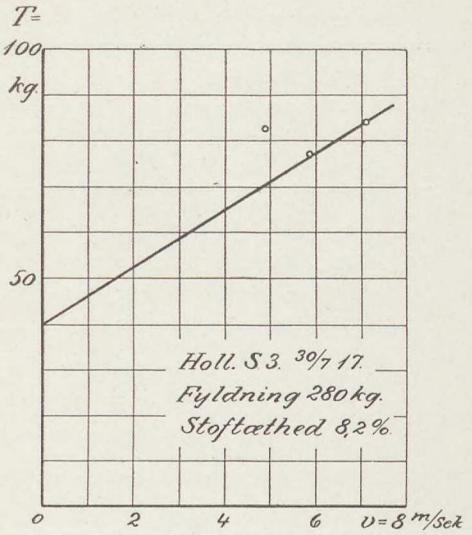

Fig. 40 b.

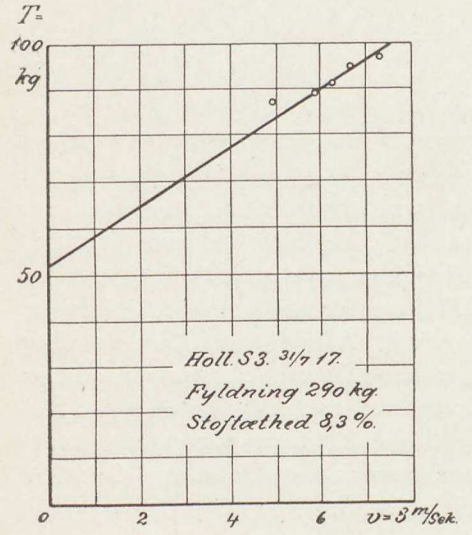

Fig. 40 c.

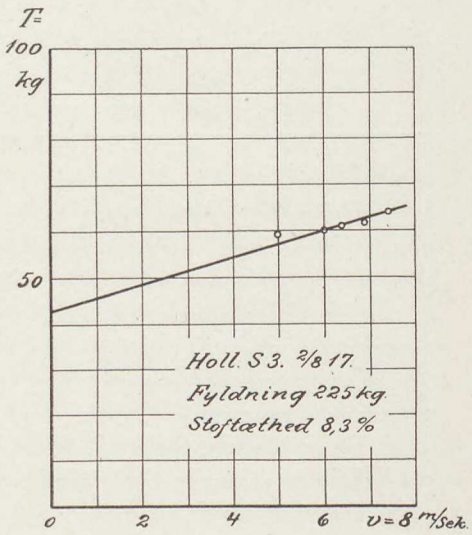

Fig. 40 d.

og Stoffet stod i de Tilfælde, hvor Hollænderen var mest fuld, indtil 300 mm over Sadelen. Det er let at forstaa, at man under disse Forhold faar et betydeligt Kraftforbrug til Slagene. Af Diagrammerne vil bemærkes, at ved Indlægningen af den rette Linie er der ikke taget Hensyn til det Punkt, der svarer til den laveste Knivhastighed ca. 5 Meter, idet dette Punkt ikke ligger paa Linie med de øvrige. Dette ligger i, at vi ved en Knivhastighed paa 5 Meter er kommet ned paa en saa ringe Centrifugalkraft, at Valsen

Tabel XXXVI. Hollænder $S\,3$ med Cellulosestof. (Hertil Fig. 40 e—g).

Dato 1917	Fyldning Q kg	Stoftæthed ρ %	N_R HK	v m/Sek	T kg	U m	LU m²	X	Y	$CG = 9{,}81X$ kg/Sek.	$\varepsilon\varphi = \frac{Y}{LU}$ kg/m²	Fig.	Anm.
30/8	225	8,0	2,6 3,5 4,8	5,1 6,2 7,5	38 43 48	ansl. 1,60	1,36	4,2	17	41	12,5	40e	Hollænderens Hat var forsynet med Afstryger som angivet i Fig. 21. Der var foret paa Sadelen, saaledes at der kun var ca. 10 mm Spillerum mellem Valse og Sadel.
25/8	225	8,0	4,8 4,5 3,65 3,5 2,65	7,6 7,3 6,7 6,3 5,2	47 46,5 41 41 38	1,60	1,36	5,0	9	49	6,6	40f	
15/9	250	7,8	5,0 5,05 4,5 4,1 3,1	6,95 6,6 6,15 5,8 4,8	54 58 54,5 53 49	1,60	1,36	5,6	20	55	14,7	40g	

ikke kan blive af med Stoffet i rette Tid, men tager det med rundt (Valsen »spytter« stærkt). Det viser sig da ogsaa, at i de Tilfælde, hvor Hollænderen var mest fuld, finder den største Afvigelse fra den rette Linie Sted.

Ved de følgende Forsøg (Tabel XXXVI) var der indbygget en Afstryger i Hatten (i Lighed med den paa Fig. 21 viste). Afstrygerens Kant var kun 8 mm fra Valseknivene. Sadelen var gjort noget højere, og der var anbragt Paaforing paa Sadelen, saaledes at Spillerummet mellem denne og Valsen blev reduceret fra 50 mm til ca. 10 mm. Resultatet heraf var ingen væsentlig Forandring i Kraftforbruget til Slagene, men et noget stærkere Omløb i Hollænderen, altsaa en Nedgang i Koefficienten C.

Ved Forsøgene med Hollænder $S\,5$, der kun havde 5,4 % Stoftæthed viste det sig, at største Delen af Kraftforbruget N_R hidrørte fra Slagene mod Stoffet, idet den rette Linie har et meget stejlt Forløb (Fig. 40 h). Der indtraadte ikke saa store Vanskeligheder ved at komme af med Stoffet ved de smaa Hastigheder.

Kraftforbruget til Overvindelse af Friktion i Stoffet: I Tabel XXXV (Fig. 40 a—d) (ca. 8 % Stoftæthed) er angivet de fundne Værdier for $\varepsilon\varphi$ beliggende mellem 27 og 33 kg/m². Det maa være nok her at konstatere, at der ikke synes at være nogen Modstrid mellem disse Værdier og de for φ i Tabel XXXIV angivne Værdier. Naar man betænker, at de

Tabel XXXVII. Hollænder S 5 med Cellulosestof. (Hertil Fig. 40h).

Dato 1917	Fyldning Q kg	Stoftæthed ρ %	N_R HK	v m/Sek	T kg	U m	LU m²	X	Y	$CG = 9{,}81 X$ kg/Sek.	$\varepsilon\varphi = \frac{Y}{LU}$ kg/m²	Fig.	Anm.
			7,6	7,55	75								
			7,1	7,1	75	ca.							
30/10	195	5,4	6,5	6,7	72	1,35	1,08	9,5	7,5	93	7	40h	
			5,8	6,4	68								
			4,3	5,4	60								

førstnævnte er fundne ved 5—8 Meters Knivhastighed og de sidstnævnte ved faa Centimeters Hastighed, maa det snarest betragtes som en god Overensstemmelse. Det var dog paa Forhaand ventet, at Koefficienten ε vilde være mindre end 1. I hvert Fald vinder Antagelsen, om at den indre Friktion i Hollænderstof er uafhængig af Hastigheden, betydeligt i Sandsynlighed ved disse Resultater.

Efter disse Forsøg blev Hollænderen ombygget, idet der blev lagt en Paaforing paa Sadelen som før nævnt og ved de derefter afholdte Forsøg (Tabel XXXVI og Fig. 40 e—g) har man, som det var at vente, faaet betydelig mindre Værdier for $\varepsilon\varphi$. Dette ligger deri, at der nu ikke findes nogen Hvirvelbevægelse i Sadellommen. Naar Spillerummet kun har været 10 mm, har alt Stoffet kunnet følge Knivene, og Friktion af Stof mod Stof er erstattet af Friktionen af Stoffet mod Sadelens glatte Kobberplade. Endelig viser Tabel XXXVII, som det var at vente, (ved 5,4 % Stoftæthed) kun et ringe Tab ved Friktion, idet den indre Friktion aftager stærkt med aftagende Stoftæthed.

Forsøg med andre Hollændere har vist, at ikke alle Hollændere kan taale den Nedsættelse af Omdrejningstallet, der skal til, for at man kan optegne de Punkter, der er nødvendige til denne Undersøgelse. Naar Sadlen er ret høj, vil Stoffets levende Kraft nemlig ved det reducerede Omdrejningstal ikke være i Stand til at kaste det op over Sadelens Top.

Det viser sig af ovenstaaende, at Valsens Transport af Stoffet er et ret kildent Punkt, idet man ved en tilsyneladende ubetydelig Forandring i Sadelens eller Hattens Form eller ved et forkert Omdrejningstal af Valsen kan faa et unødig stort Krafttab[1]). Hollænderens Omdrejningstal bør være saadan, at det med mindst muligt Krafttab transporterer netop den Mængde Stof, som svarer til Omløbet i Hollændertruget. Gaar Valsen for langsomt, er Stoffets levende Kraft ikke tilstrækkelig til, at det kan slynges ud over

[1]) Alle de herhen hørende Forhold har faaet en grundig Behandling af Kirchner i »Das Papier« IV, Ganzstoffe, Side 214—234. Dette Afsnit kan anbefales for den, som maatte ønske at sætte sig nærmere ind i de Forhold, som her gør sig gældende.

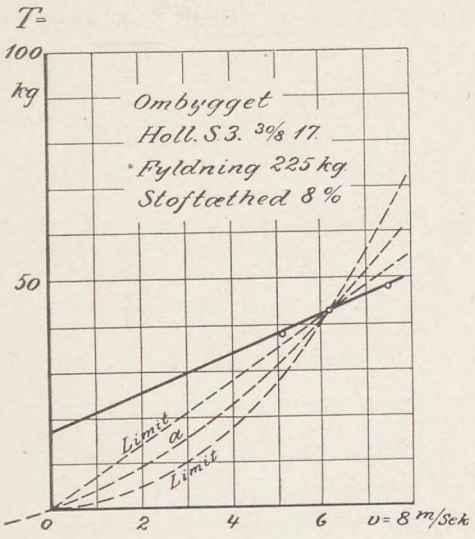

Fig. 40 e.

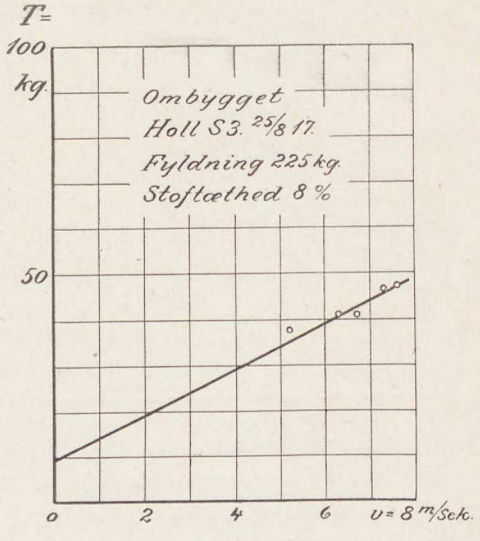

Fig. 40 f.

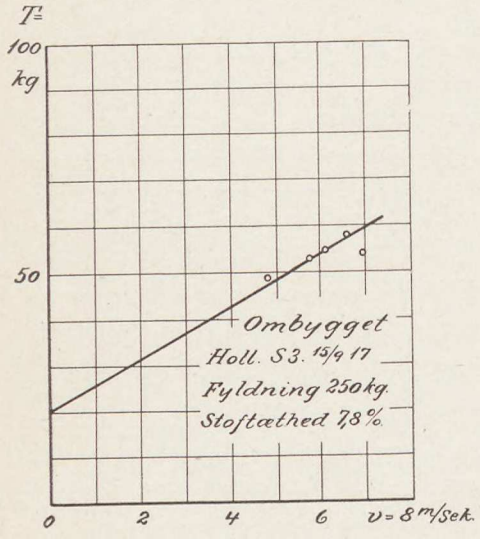

Fig. 40 g.

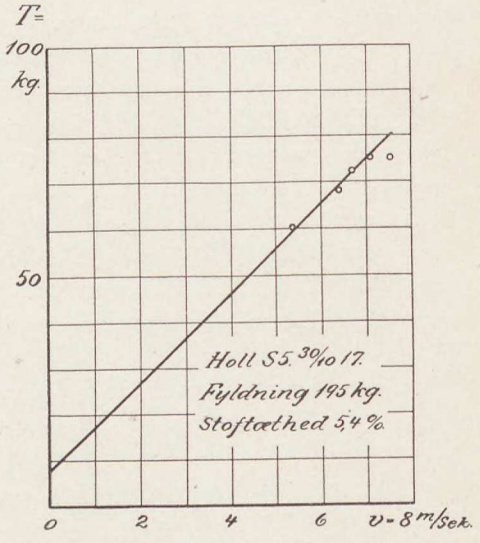

Fig. 40 h.

Sadlen. Følgen bliver, at Valsen »spytter« stærkt og foruden det Stof, der cirkulerer i Hollænderen, skal Cellerne ogsaa tage det Stof, der kommer fra »Spytningen«; de fyldes derved stærkt, og Kraftforbruget til Slagene vokser. Gaar Valsen for hurtigt, vil Arbejdet til Slagene vokse forholdsvis stærkt, medmindre den forøgede Centrifugalkraft har til Følge, at Valsen »spytter« mindre. Der har ofte ved de højeste Omdrejningstal vist sig en pludselig Nedgang i Omfangskraften T, og det er muligt, at denne hidrører fra saadanne Forhold.

Hvis Loven for Vædskefriktion (Skibsmodstand) var gældende for Hollænderstof, maatte Ligningen (19) have Udseendet

$$75\, N_R = Xv^2 + Yv^3,$$

hvoraf

$$T = Xv + Yv^2.$$

Denne Ligning repræsenterer Systemer af Parabler gennem Begyndelsespunktet. Parablernes Akser er parallele med Ordinataksen, og deres Toppunkt har negative Koordinater, idet X og Y altid er positive. Parablernes Konkavitet vender opad.

Lad os forsøge at lægge een af de til Systemerne hørende Parabler gennem et af de ved Forsøg fundne Punkter i Fig. 40e. Parablen er punkteret ind paa Figuren og er mærket *a*. Man ser straks, at det er udelukket, at Punktsystemet kan falde sammen med denne Kurve. Det kan overhovedet ikke falde sammen med nogen af de gennem samme Punkt gaaende Parabler, der alle maa ligge mellem de to med »Limit« betegnede Extremiteter.

Hermed er formentlig godtgjort, at Vædskefriktionsloven ikke kan finde Anvendelse paa Hollænderstof ved de her betegnede Stoftætheder.

V. Parallele Knive. Mindste og største Snitvinkel.

Skønt parallele Knive vel aldrig benyttes, foreligger der dog en Del Erfaringer om, hvorledes en Hollænder forholder sig, naar Knivene lægges helt eller omtrent parallele. Det er saaledes meddelt mig af en med Vedligeholdelse af Hollændere fortrolig Haandværker, at naar Grundværksknivene under ca. 1200 mm brede Valser blev lagt mindre end 50 mm skraat i Forhold til Valseknivene, kunde Hollænderen ikke skære. Fra anden Side er det meddelt mig, at Hollænderen gaar saa tungt, at Remmen falder af, naar Knivene lægges parallele. Clayton Beadle og Stevens skriver i den oftere citerede Bog, Side 16: »Forudsætter man, at en Hollænder er forsynet med Grundværksknive, der er parallele med Valseknivene, har man den største Ituslidningsvirkning (Zerrungs- und Ausziehungswirkung) og praktisk talt intet Skærearbejde; men samtidig vil Hollænderen ogsaa fordre det største Kraftforbrug, idet der fordres mere Kraft til at slide Taverne fra hinanden end til at skære dem«. Vi skal ikke her komme nærmere ind paa det uholdbare i denne Begrundelse af det store Kraftforbrug, men paavise, at Theorien, om at Stoffet hænger paa Knivkanterne, netop kan forklare de ovenfor nævnte Fakta, at Hollænderen med parallele Knive bruger megen Kraft og udøver en ringe Skærevirkning.

Vi vil tænke os, at de roterende Knive i den tidligere omtalte Græsklippemaskine løber parallelt med den fastsiddende Kniv, og at Knivene i hele deres Længde er ombundet med Bundter af Hampetaver. Det vil da være umuligt uden Vold at faa en roterende Kniv til at passere den fastsiddende, som i hele sin Længde vil yde Modstand. Anderledes hvis Knivene danner en Vinkel med hinanden. Den faststaaende Kniv vil da kun yde Modstand paa et enkelt Punkt ad Gangen, og Maskinen bliver overkommelig at trække rundt. Overføres dette paa Hollænderens Maletøj, vil man se, at naar Knivene er skraatstillede, vil Hollænderen bruge omtrent samme Kraft hele Tiden, idet Klipningsmodstanden udøves af et Antal enkelte Punkter, nemlig et Punkt for hver Knivkrydsning[1]). Jo mere Knivene

[1]) Antallet »*i*« af Krydsninger er omtrent konstant hele Tiden; Kirchner har nemlig bevist, at Berøringsarealet *F* ikke varierer meget for Valseknivenes forskellige Stillinger over Grundværket, naar Knivene danner en Vinkel med hinanden og »*i*« er de samme Variationer underkastet som *F*. (Se Kirchner: Holländer-Theorie, Sonderabdruck aus dem W. f. P. 1907, Side 8).

nærmes til at blive parallele, desto mindre vil Antallet af Krydsningspunkter blive (Formel 3, I Del), og desto større vil Svingningerne i Antallet forholdsvis blive. Da der samtidig falder en større Klipningsmodstand paa hvert enkelt Krydsningspunkt, ses det, at Hollænderens Gang herved vil blive urolig. Værst bliver det, hvis Knivene bliver parallele, thi da vil en hel Kniv ad Gangen yde Klipningsmodstand mod Valsens Omdrejning. Denne Modstand vil være saa stærk, at Valsens levende Kraft og Remtrækket i Forening ikke kan overvinde den; Valsen vil hoppe i Vejret i Stedet for at klippe [1]), og den hoppende og hamrende Bevægelse, der herved tildeles Valsen, idet den stadig løftes et lille Stykke af Stofviskene for atter at falde ned igen, vil koste et betydeligt Merarbejde. Det viser sig altsaa, at Theorien fuldt ud kan forklare de Fænomener, der viser sig, naar Knivene lægges parallelt.

Det kan efter det foranstaaende betragtes som givet, at Snitvinklen $\alpha_g \pm \alpha_v$ ikke maa være for lille, og vi vil som laveste tilladelige Grænse antage $\operatorname{tg}(\alpha_g \pm \alpha_v) = \frac{50}{1200} = 0{,}042$, d. v. s. $\alpha_g \pm \alpha_v > 2\frac{1}{2}^0$ [2]).

Det er i første Del paavist, at Afkortningsvirkningen er proportional med Snitlængden L_s, hvor $L_s = \frac{n}{60} m_g m_v \frac{L}{\cos \alpha_g}$. Det kunde ved en flygtig Betragtning se ud, som om Afkortningsvirkningen vokser med Vinklen α_g, som Grundværksknivene danner med Valseaksen, idet $\cos \alpha_g$ indgaar i Nævneren i ovenstaaende Udtryk. Dette er dog ikke rigtigt, thi Størrelsen $m_g \frac{L}{\cos \alpha_g}$, som indgaar i Udtrykket for L_s, er intet andet end den samlede Længde af arbejdende Kanter i Grundværket (K_g), og det er denne Længde, som maa være maalgivende for Skærevirkningen og ikke Vinklen. Naar Grundværkets Areal $L \cdot B'$ er givet, kan man kun forøge den skærende Virkning ved enten at lave Knivene tyndere eller om muligt at lægge dem med mindre Afstand. Begge Forholdsregler har til Følge, at Knivlængden i Grundværket og dermed den skærende Virkning forøges [3]). Navnlig vil det være virksomt at gøre Knivene tyndere, idet Maletrykket derved samtidig forøges. Det er imidlertid en almindelig Opfattelse, at jo større Snitvinkel de to Knivsystemer danner med hinanden, desto større vil den afkortende Virkning blive [4]). Denne Opfattelse støtter sig navnlig paa den store skærende Virkning, man har bemærket ved Albuegrundværker, Zigzaggrundværker, Parketgrundværker og lignende. Det sandsynligste er dog,

[1]) Hvad der sker her er det samme, som naar en Saks savler. Se Hannovers Teknologi II, Metallernes Bearbejdning, 3. Udgave, Side 189.

[2]) Mindste Snitvinkel har dog en højere Værdi, naar man har med Halvtøj at gøre eller arbejder med meget lette Valser, idet Hopning af Valsen da lettere vil indtræde.

[3]) Det forudsættes selvfølgelig, at Snitvinklen er større end den ovennævnte lavere Grænse.

[4]) Cross and Bevan: A Text Book of Paper-making, Side 203—4.
Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 16—18.

at Forklaringen herpaa ligger i, at der som Regel i disse Grundværker findes en langt større Knivlængde end i de almindelige med gennemgaaende Knive[1]). Man kan nemlig ved zigzagbøjede Knive opnaa samme mekaniske Modstand mod Tilbagebøjning af Knivene ved en ringere Tykkelse af disse, end naar Knivene er retlinede og kun danner en lille Vinkel med Valseaksen. Idet man har tyndere Knive, faar man større Knivlængde paa samme Grundværksareal, og det er derved, at man opnaar større Skærevirkning. Jagenberg, som havde en ganske fin Forstaaelse af, hvad der foregaar i en Hollænder, er da ogsaa af den Opfattelse, at hvad »Snitvinklen angaar, kan man let faa for meget af det gode«. »Deres specielle Mening kender jeg ikke, men det er min Mening, at et Maletøj giver den fordelagtigste

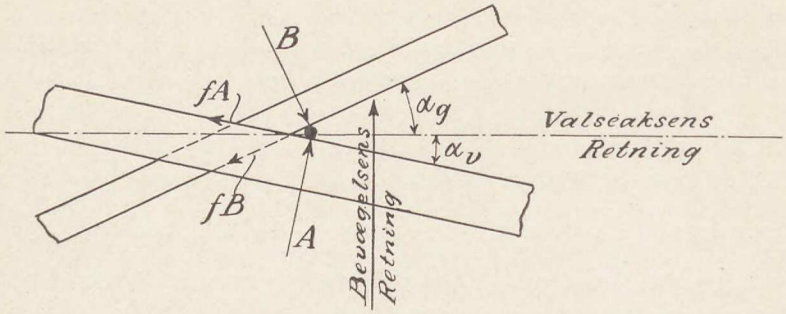

Fig. 41.

Snitvirkning, naar Snitvinklen mellem Valse og Grundværk holdes saa lille som mulig«[2]). Naar Snitvinklen er ret stor, kan det ske, at Valseknivene kan feje den Stofvisk, som har afsat sig paa Grundværksknivenes Kanter langs med den skraa Knivkant, saaledes at Stoffet ikke bliver skaaret eller — hvis Knivene er vinkelbøjede — havner i Vinkelspidsen, hvor kun en Del af det skæres. Dette kan paavises derved, at Valseknivene slides særlig stærkt ud for de Steder, hvor Grundværksknivenes Vinkelspidser findes[3]). Det synes derfor noget ulogisk, naar Clayton Beadle trods dette Faktum udtaler, at den største Skærevirkning af Knivene opnaas formentlig ved 45° Snitvinkel. Man maa langt snarere antage, at Skærevirkningen pr. Meter Knivlængde allerede ved denne Snitvinkel er i Aftagende, eller som Jagenberg udtrykker sig, man har faaet »for meget af det gode«. Ligesom der

[1]) Saaledes fremgaar det af Hoffmanns Handbuch der Papierfabrikation 2 Ausgabe I, Side 112, at Albuegrundværkernes Knive kun er 2—4 mm, og ligeledes skriver Hoffmann Side 114, at Zigzaggrundværkernes Knive er dannede af tynde Plader og bemærker, at foruden en større Snitvinkel frembyder disse Grundværker ogsaa en »langt større skærende Overflade« end de lige Knive og Albueknivene. Det fremhæves da ogsaa, at disse Grundværker er alle andre overlegne m. H. t. hurtigt at kunne forvandle Klude til Papirstof.

[2]) Jagenberg: Das Holländergeschirr 1894, Side 36.

[3]) Clayton Beadle und Stevens: Theorie und Praxis des Mahlens, Side 17 nederst. Kirchner: Das Papier IV, Ganzstoffe, Side 162.

gives en lavere Grænse, maa der altsaa ogsaa findes en højere Grænse for Snitvinklen. Denne kan findes, hvis man kender Friktionskoefficienten f mellem Kniven og Stoffet. Lad Fig. 41 forestille en Stofpartikel mellem et Knivpar. Valsekniven trykker med en Kraft A paa Stofpartiklen og Grundværkskniven med en Kraft B. Ligevægtsbetingelserne bliver, idet Friktionskoefficienten kaldes f

$$A \cos \alpha_v + f A \sin \alpha_v = B \cos \alpha_g + f B \sin \alpha_g$$

$$A \sin \alpha_v + B \sin \alpha_g = f A \cos \alpha_v + f B \cos \alpha_g$$

hvoraf

$$\operatorname{tg} (\alpha_g + \alpha_v) = \frac{2f}{1 - f^2}$$

Friktionskoefficienten kan under visse Omstændigheder gaa helt ned til 0,40 (se Side 95, Tabel XXIII). Man faar da $\operatorname{tg} (\alpha_g + \alpha_v) = 0{,}95$ eller $\alpha_g + \alpha_v = 43^0$. Man ser heraf, at allerede ved en Snitvinkel paa 43^0 kan der være Fare for, at Taverne lader sig feje langs med Knivkanterne, og denne Værdi maa derfor betragtes som den højere Grænse for Snitvinklen. Snitvinklen bør altsaa med runde Tal ligge mellem 3^0 og 43^0.

Skema til Forsøgsrapport.

Papirfabrik, d. / 19 .

Hollænderi Nr. *III*

Hollænder *3*

Leveret af:

Volumen: *3700 Liter*

Valsetrykket P = *1645 kg*

Valsediam. D = *1350* mm

Valselængde L = *1150* mm

Valseknive: *84 à 17 mm*

Grundværksknive: *19 à 14 mm*

$L_s = 84 \times 19 \times \frac{127}{60} \times 1{,}15 = 3880\ ^m/_{Sek}$ for n = *127*

$K = \frac{84 \times 19 \times 0{,}031 \times 1{,}15}{\pi \cdot 1{,}35} = 13{,}4\ m$

$v = \frac{\pi \cdot 1{,}35 \cdot 127}{60} = 9{,}0\ ^m/_{Sek}$ for n = *127*

$L_s (s_g + s_v) = 120\ ^{m^2}/_{Sek}$

$s_g = 0{,}014$ $s_v = 0{,}017$

$\alpha_g = 0^0$ $\alpha_v = 2\frac{1}{2}^0$

$\cos \alpha_g = 1{,}0$ $\cos \alpha_v = \sim 1{,}0$

Klokkeslet	Omdrejninger Motor	Omdrejninger Valse	Aflastn.-vægt L -arm	Valsetryk P	Volt	Ampère	Kilowatt	Hestekraft N	Hestekraft N_c	$N - N_c$	Stoffets Omløbshastigh.	Temperatur	Schopper-Riegler Apparatet	Tid efter Malingens Beg.	Knivhast. v	Kanttryk p_K	Malearbejde $N_M = N - N_c + (N_{L,O} - N_{L,P})$	$\bar{\mu} = \frac{0{,}75 \cdot N_M}{K \cdot v}$
2^{30}	424	123		1645	220	152	33,4	40,7		17,4			0,52	0^{05}	8,7	1,23	18,3	0,118
	428	126		0	225	92	20,7		23,8						8,9			
3^{10}	427	124		1645	220	144	31,7	38,5		16,1			0,64	0^{45}	8,75	1,23	17,0	0,108
	430	126		0	224	89	19,9		22,7						8,9			
4^{20}	428	124		1645	221	147	32,5	39,5		17,8			0,76	1^{55}	8,75	1,23	18,7	0,120
	434	127		0	224	87	19,5		22,2						9,0			
5^{30}	431	125		1645	220	148	32,6	39,6		17,5			0,82	3^{05}	8,8	1,23	18,4	0,117
	438	128		0	227	87	19,8		22,6						9,0			
6^{10}	430	126		1645	221	149	33,0	40,2		18,2			0,84	3^{45}	8,9	1,23	19,1	0,120
	439	129		0	226	87	19,7		22,5						9,1			
7^{55}	434	127		1645	224	157	35,1	42,9		20,4			0,89	5^{30}	9,0	1,23	21,3	0,132
	442	129		0	227	88	20,0		22,9						9,1			

$N_{L,O} = 2{,}7$ *HK*

$N_{L,P} = 1{,}75 \sim 1{,}8$ *HK*

$N_{L,O} - N_{L,P} = 0{,}9$ *HK*

Gennemsnitsværdier:

$N = 40{,}2$ *HK*

$N_M = 18{,}8$ *HK*

$N_R = N - (N_M + N_{L,P}) = 19{,}6$ *HK*

Paalægn.	fra Kl.	2^{00}	til Kl.	2^{20}	d. v. s.	0^{20}	Tim.	HK		HK	Tim.
Maling	» »	2^{25}	» »	8^{00}	Tryk *1645* kg	5^{35}	»	*18,8*	»	*104,5*	»
»	» »		» »		» »		»		»		»
Piskning	» »	2^{00}	» »	8^{00}		6^{00}	»	*19,6*	»	*117,6*	»
Tomgang	» »	2^{00}	» »	8^{05}		6^{05}	»	*1,8*	»	*10,9*	»
Nedtapn.	*fra Kl.*	8^{00}	*til Kl.*	8^{05}		*Ialt*		*40,2 HK*		*232,0 HK*	*Tim.*

Stof: *19 Bøtter kolret Sulfat, 2 Bøtter Udskud*

Fyldning: *285 kg Fiberstof*

Stoftæthed: *7,7* %

Papir:

DANMARKS TEKNISKE BIBLIOTEK
d 007094000
300003891910