

**Om Cementundersøgelser - Referat - Diskussion i Foreningsmødet den 16
de November 1877**

-

Tidsskrifter

Den Tekniske Forenings Tidsskrift 1877-78

1878

1877-78

Om Cementundersøgelser.

97

4de Møde,

afholdt i Kjøbenhavn den 16de November 1877.

Formanden, Etatsraad *Carlsen*, meddelte, at Foreningen for Øjeblikket talte 365 Medlemmer og gav dernæst Ordet til Premierlieutenant *A. F. Andersen* af Ingeniørkorpset, som indledede neden staaende Diskussion om *Cementundersøgelser*. Efter Diskussionen gav Forstander *Malling Hansen* en sammenlignende Fremstilling af sin egen og *Remington's amerikanske Skrivemaskine* samt foreviste og prøvede begge for Forsamlingen.

Om Cementundersøgelser.

Diskussion i Foreningsmødet den 16de November 1877.

(Referat).

Premierlieutenant *A. F. Andersen* henlede Forsamlingens Opmærksomhed paa sin Afhandling om det foreliggende Spørgsmaal i Foreningens Tidsskrifts 1ste Aargang, Side 18. For ikke at trætte Tilhørerne vilde han saa lidt som muligt gjentage, hvad der saaledes forelaa trykt, men maatte da bede Forsamlingen undskylde, at hans Udtalelser fremkom i en noget fragmentarisk Form. En manglende Motivering i enkelte Punkter maatte søges i Afhandlingen.

Cementen har som bekjendt i de senere Aar fundet mere og mere Anvendelse ved Byggearbejder, og det var at ønske, at den, det vil sige den gode Cement, i Fremtiden maatte blive anvendt i endnu større Udstrækning end hidtil. Med det forøgede Forbrug er Cementfabrikkernes Antal ogsaa voxet; men ikke alle have været heldige i deres Bestræbelser for at frembringe et godt Fabrikat, hvilket mange vistnok vilde vide af egen eller andres sørgelige Erfaring. Det er derfor paa Tide, at man kommer bort fra den ikke ualmindelige Anskuelse, at enhver Cementtønde indeholder brugbar Cement, og at den Cement, som er billigst, ogsaa er fordelagtigst at anvende.

Cementundersøgelser, navnlig Styrkeprøver, ere imidlertid ikke noget let Arbejde. Vil man indskrænke sig til kun at foretage Knusningsprøverne med ren Cement og Blandingsforholdene 1 C + 3 S, 1 C + 6 S og 1 C + 8 S og Sønderrivningsprøverne med ren Cement og 1 C + 3 S, bliver der i hver Forsøgsperiode at foretage 60 Prøver, idet man for at faa et nogenlunde nøjagtigt Middeltal næppe bør foretage færre end 10 Prøver med hvert Blandingsforhold. Undersøges Prøvestykkerne efter 7 Dages, 1, 3, 6, 12 og 24 Maaneders Forløb, indbefatter altsaa hver Forsøgsrække ikke mindre end 360 Prøver. Da der fremdeles kan være ikke ubetydelig Forskjel paa Godheden af forskellige Leveringer af samme Cement, bør man næppe undersøge færre end 10 Tønder af forskellige Leveringer, hvilket giver 3—4000 Prøver for den enkelte Cementsort. De herved indvundne Resultater ville være en god Vejledning ved Valget af Cement; men man kan ingenlunde slaa sig til Ro hermed. Som omtalt ere ikke alle Leveringer fra samme Fabrik ens, navnlig gjæl-

der dette nyere Fabrikker, som endnu ikke have samlet tilstrækkelig Erfaring. Taleren illustrerede denne Paastand ved neden staaende Forsøg med 2 Tønder af en indenlandsk Cement. Til at knuse en Tærning med 1" Side behøvedes efter 6 Maaneders Forløb en Vægt i \bar{N} (Middeltal af 10 Prøver):

	0	10 + 10	10 + 20	10 + 30	10 + 40	10 + 60	10 + 80
for	0	10	10	10	10	10	10
1ste Tønde	3678	2947	1894	1403	1223	772	502
2den	—	3763	2315	1196	572	414	309
		2615	1196	572	414	309	261

Medens Styrken for ren Cement omtrent er den samme for begge Tønder, bliver den ved de magrere Mørtler højst forskjellig. At Cement ofte forfalskes, og at daarlig Cement undertiden pakkes i Tønder med gode Fabrikkers Mærker, nævnedes Taleren i forbigaaende. Man bør derfor ikke undlade at udtage til Prøve en eller flere Tønder af hver Levering; kun for en anerkjendt god Cementsort, for hvilken der foreligger en mangleaerig Erfaring, er det tilladeligt at foretage Prøver i mindre Udstrækning end nys angivet.

Taleren fremhævede dernæst det ønskelige i, om man kunde blive enige om, at anstille Cementundersøgelser paa en ensartet Maade, og troede, at der vilde være gjort et stort Skridt hen imod dette Maal, dersom den tekniske Forening vilde vedtage og anbefale til Efterlevelse en rationel Fremgangsmaade for Forsøgene. Fremdeles ansaa han det for heldigt, om de eventuelle Regler kunde blive nogenlunde i Overensstemmelse med, hvad der brugtes i Udlandet. For Tysklands Vedkommende foreligger der allerede saadanne vedtagne Bestemmelser; de ere omtalte i oven nævnte Afhandling i Foreningens Tidsskrifts 1ste Aargang, Side 25. Taleren oplæste de forskjellige Bestemmelser og knyttede følgende Bemærkning til dem:

ad. Bestemmelse I (Normalpakning):

De forskjellige Cementsorter pakkes som bekjendt i Tønder af forskjellig Størrelse, idet Vægten varierer

imellem 320 og 380 \bar{H} Netto. Hensynet til Tøndens Haandterlighed vil næppe tilsidesættes ved, at man pakker 380 \bar{H} pr. Tønde, hvilken Pakning er mere økonomisk end den mindre paa 340 \bar{H} . Skal man f. Ex. bruge 1000 Tdr. à 380 \bar{H} , svarer hertil 1118 Tdr. à 340 \bar{H} altsaa 118 Tdr. mere. Hvad enten den større eller mindre Pakning anvendes, kan Prisen paa den tomme Tønde sættes til 1.30 Kr. og Fabrikens Omkostninger ved Pakning, Transport og Indladning til c. 70 Øre; Vognmændene her i Byen beregne i begge Tilfælde 10 Tdr. pr. Læs, som for en Middeldistance koster 2 Kr., altsaa 20 Øre pr. Td. Da fremdeles Oplægning, Læsning og Aflæsning paa Arbejdsstedet lavt kunne anslaaes til 10 Øre pr. Td., ville Udgifterne til Emballage, Pakning, Transport samt Arbejdspenge andrage c. 2.30 Kr. pr. Td., hvad der, naar den mindre Pakning anvendes, vil give en Merudgift af c. 118 · 2.30 = 271.40 Kr., som Forbrugerne naturligvis komme til at betale. Hvad enten en Normalpakning er vedtaget eller ej, bør man imidlertid kontrollere det leverede Kvantum; men herved synes den væsentligste Fordel ved Normalpakningen at bortfalde. Kan man derfor ikke faa den større Pakning paa 380 \bar{H} vedtaget som den normale, staar man sig vist bedst ved slet ingen Regel at sætte for Pakningens Størrelse.

ad. Bestemmelse II (Størkningsprøve):

I Bemærkningerne, som ledsage denne Bestemmelse, angives, at Størkning er indtraadt, naar en Mørtelmasse ikke modtager Indtryk ved et svagt Tryk med Neglen eller en Spatel. I Stedet for denne Prøve vil det vistnok være bedre at benytte den, som er omtalt i Talerens foran nævnte Afhandling, og som gaar ud paa en Jagttagelse af det Tidspunkt, da Mørtelmassen uden at modtage Indtryk kan bære et 2.7 \bar{H} tungt Vægtlod med en Hvileflade paa $\frac{2}{3}$ " i \square . Da Størkningen foregaar hurtigere, jo højere Temperaturen er, bør Undersøgelserne helst foretages ved samme Temperatur f. Ex. 15—18° C. Længere Afslagring gjør Cementen mere langsomt hærdnende.

ad. Bestemmelse III (Udbulningsprøve):

Denne Undersøgelse maa anses for den aller vigtigste og bør aldrig undlades, end ikke ved mindre Arbejder. Det spiller ingen Rolle, om Cementmørtel kan modstaa nogle Punds større eller mindre Kraftpaavirkning pr. \square "; men bliver dens Styrke 0, hvad der ofte indtræder ved Cement, som har Tilbøjelighed til Udbulning, er Cementen værdiløs, og Anvendelsen af den kan medføre store Kalamiteter.

ad. Bestemmelse IV (Finhedsprøve):

Kjøbes Cementen efter Vægt, maa denne Undersøgelse anses for nødvendig, da man ellers vilde ligesom sætte Pris paa slet malet Cement, som er tungere end den fint malede. Et Apparat til Anstillelse af Prøven forevistes.

ad. Bestemmelserne V og VI (Styrkeprøve):

Frühling, Michaelis & Ko.s Apparater til Formning af Mørtelsten og til Anstillelse af Sønderrivningsprøver forevistes, og Brugen af sidst nævnte anskueliggjordes ved Forsøg. Disse Apparater saavel som det under forrige Punkt omtalte vare velvillig overladte Taleren af Grosserer E. Tiedemann i Kjøbenhavn.

Disse Bestemmelser kunne næppe anses for fyldest-

gjørende. Knusningsprøven er for det første udeladt, skjønt den absolut maa spille den vigtigste Rolle, da den angiver Mørtelens Evne til at modstaa den samme Paavirkning, hvorfor den bliver udsat som Bygningsmateriale, nemlig Tryk. I Motiverne til de tyske Regler indrømmes ogsaa Betydningen af Knusningsprøven, som kun er udeladt, fordi den er vanskelig at anstille. Her hjemme er der i en lang Aarrække anstillet Knusningsprøver, og der har ikke vist sig nogen Vanskelighed derved, naar blot Prøvestykkernes Dimensjoner ikke ere for store. Til Knusning af en Tærning med 1" Side behøves i det højeste en Kraftpaavirkning af 5—6000 \bar{H} , som let kan tilvejebringes ved et simpelt Vægtstangsapparat; Prøven tager heller ikke længere Tid end Sønderrivningsprøven, og der er derfor næppe tilstrækkelig Grund til at udelade den vigtigste af Styrkeprøverne.

En anden Indvending, der kan gjøres mod de nævnte Bestemmelser, er, at Undersøgelsen er indskrænket til Blandingsforholdet 1 C + 3 S. Efter Talerens Jagttagelser vil dette ikke være tilstrækkeligt til at konstatere en Cementsorts Egenskaber, idet Styrken kan aftage langsommere eller hurtigere, naar Sandmængden forøges, saa at man ikke deraf, at Styrken er den samme for to Cementsorter ved det nævnte Blandingsforhold, kan slutte, at dette ogsaa er Tilfældet ved en større Sandtilsætning. Ved ethvert lille Byggeforetagende vil det selvfølgelig ikke være muligt at foretage udførlige Prøver, og har man med en bekjendt god Cementsort at gjøre, kan man ogsaa forsvare at indskrænke sig til Kontrolprøver med et enkelt Blandingsforhold; men det maa vel anses for rigtigst at give Regler for den fyldige Prøve og lade enhver i det givne Tilfælde tage med heraf, hvad han anser for nødvendigt.

Om Blandingsforholdet for Prøvestykkerne skal tages efter Maal eller Vægt, derom kunne Meningerne vel være delte. Det forekom Taleren, at saa længe man i Praxis anvender Cementen efter Maalforhold, bør samme Princip ogsaa følges ved Prøverne. Dog er han ikke blind for de Ulemper, som kunne flyde heraf, og vil derfor ikke til det yderste fastholde sin Anskuelse, hvis der rejses en begrundet Modstand imod den.

I Overensstemmelse med det af Taleren oven for udviklede foreslog han dernæst Bestemmelserne V og VI modificerede saaledes:

Portlandcementens Styrke prøves ved at underkaste den en Undersøgelse med Hensyn til Modstanden saavel mod Knusning som mod Sønderrivning.

Sønderrivningsprøven foretages med Prøvestykker med 5 \square cm. Areal i Brudfladen. De dannes af ren Cement og af Blandingsforholdet 1 C + 3 S, saavel efter Maal som Vægt. Til Prøvestykkernes Forfærdigelse anvendes de af Frühling, Michaelis & Ko. konstruerede Former.

Knusningsprøven foretages med Tærninger, hvis Kanter ere 2.5 cm. De dannes af ren Cement og Blandingsforholdene 1 C + 3 S, 1 C + 6 S og 1 C + 8 S efter Maal. Til Prøvestykkernes Forfærdigelse benyttes en Metalklods med kubiske Udskæringer af Tærningens Størrelse.

Forsøgene foretages med et Apparat, der tillader en jævnt tiltagende Kraftpaavirkning fra Nul til Brudbelastning, og Forsøgsresultaterne angives i Kgr. pr \square cm. af Prøvestykkets paavirkede Areal.

Forsøgene foretages 7 Dage, 28 Dage, 3, 6 og 12 Maaneder efter Prøvestykkernes Forfærdigelse og senere efter Forløbet af hvert Aar, saa langt man vil udstrække Undersøgelserne.

Prøvestykkerne forarbejdes saaledes:

af ren Cement ved at anbringe Formen paa vædet Træpapir, der er udbredt over en Gipsplade, og dernæst fylde den med Mørtel, som er udrørt med saa meget Vand, at den omtrent har Sirupskonsistens. Mørtelen bringes til at leje sig tæt og fast ved lempelig at slaa paa Formens Sider. Naar Formen er tilstrækkelig fyldt, afstryges den overfløede Mørtel med en Lineal, og Formen tages bort;

af sandblandet Mørtel ved at anbringe Formen paa vædet Træpapir, der er udbredt over en Metal- eller Marmorplade, og dernæst trykke en stiv Mørtel først svagt, senere stærkere ved Hjælp af en Spatel i den, indtil den er tæt og fast fyldt; den overfløede Mørtel afstryges med en Lineal. Dernæst sættes Formen paa en Gipsplade og borttages.

Til Mørtelens Forarbejdelse anvendes ved Blandingsforholdene 1 C + 3 S, 1 C + 6 S og 1 C + 8 S henholdsvis $\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$ og 2 Maal Vand. Cementen og Sandet maales ved at lade det falde fra en Højde af 3 Fod i Maalet; den mulig fremstaaende Top afstryges med en Lineal.

Sandet, der anvendes, skal have en bestemt Kornstørrelse, der erholdes ved at sigte det i Naturen forekommende Sand gennem en Sigte med 60 Masker pr. \square cm., hvorved de groveste Bestanddele udskilles, og fra det saaledes erholdte Sand at bortfjerne de fineste Bestanddele ved en Sigte med 120 Masker pr. \square cm.

Prøvestykkerne af ren Cement og Blandingsforholdet 1 C + 3 S opbevares i Vand efter at have henstaaet 1 Dag i Luften; Prøvestykkerne af Blandingsforholdet 1 C + 6 S og 1 C + 8 S opbevares i et Rum, hvor Luften holdes mættet med Vanddamp. Prøvestykkerne maa prøves strax efter at være tagne op af Vandet eller ud af den fugtige Luft.

Taleren foreviste og forklarede dernæst Tegninger af to af ham selv konstruerede Apparater, det ene til Formning af Mørteltærninger (se hosstaaende Fig.), det andet til Knusnings- og Sønderrivningsforsøg (se Pl. 2 i indeværende Aargang af Tidsskriftet). Førstnævnte Apparat bestaar af en Jærnramme med 2 Opstandere, der danne Kulisser for en Metalklods, hvori er anbragt gennemgaaende kubiske Udskæringer af samme Størrelse, som Tærningerne skulle have. Paa Opstandernes øverste End er anbragt Vægtstænger, der staa i Forbindelse med Metalklodsens, som ved Hjælp af disse kan hæves lodret i Vejret. En Metallineal, forsynet med et Stempel for hver af Metalklodsens Udskæringer, kan indskydes paa Opstandernes Kulisser. Ved et Par Skrue for oven kan

denne Lineal indstilles saaledes, at Stemplernes Underflade netop berører Overfladen af Mørtelmassen, naar denne er anbragt i Udskæringerne. Linealen forhindres i at kunne løftes i Vejret ved 2 paa Opstanderne anbragte Bøjler. Ved et Tryk paa Vægtstængernes Haandtag kan man da hæve Metalklodsens, hvorved Stemplerne ville bevirke, at Mørteltærningerne forblive staaende paa Underlaget.

Det paa Tegningen viste Apparat er beregnet paa samtidig Fremstilling af 10 Tærninger; men ved Anvendelse af sandblandede Mørtler, vil det, af Hensyn til at Sandkorn kunne klemme sig ind mellem Stemplernes og Udskæringerne Flader, hvorved Bevægelsen gjøres mere besværlig, ikke være tilraadeligt, at fylde alle Udskæringer med Mørtel.

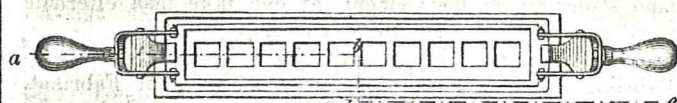


Fig. 1.

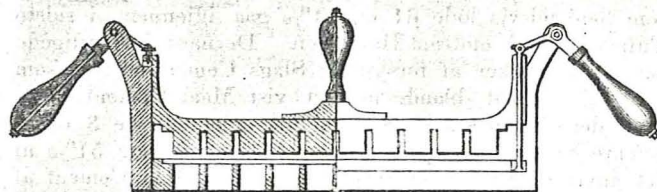


Fig. 2.

Apparat til Formning af Mørteltærninger.

Fig. 1. Grundrids. — Fig. 2. Snit abc.

Sluttelig henlede Taleren Opmærksomheden paa, at det ikke vil have saa ringe Indflydelse paa Resultatet af Styrkeprøverne, om Kraftpaavirkningen tiltager langsommere eller hurtigere, og at der derfor maaske kunde være Anledning til at fastsætte Regler for Kraftforøgelsen i hver Tidsenhed, hvilken let lader sig regulere ved det i Tidsskriftet beskrevne Apparat. Skal Forsøget tilendebringes i 40—50 Sekunder, vil der ved Knusning behøves en Forøgelse i Kraftpaavirkningen i Sekundet for ren Cement af 65 \bar{H} , for 1 C + 3 S af 25 \bar{H} og for 1 C + 6 S og 1 C + 8 S af 15 \bar{H} , og ved Sønderivning for ren Cement af 5 \bar{H} og for 1 C + 3 S af 2 \bar{H} .

Ingeniørkapitajn E. J. Sommerfeldt havde ikke troet, at Premierlieutenant Andersen vilde have fremsat bestemte Forslag med Hensyn til de Fordringer, man maa stille til god Cement, men dette udelukkede dog ikke de Bemærkninger, Taleren kunde have at gjøre, og som mere angik andre Forsøg, der vare foretagne for at bedømme Cementens Godhed.

Taleren gjorde da først en almindelig praktisk Bemærkning om, hvad man særlig i Husbygningen maa forstaa ved en god Cement. Man maa have en Vare, der

kan hærde, og som omtrent har afsluttet sin Hærdning inden for et ikke altfor langt Tidsrum, f. Ex. 6—12 Maaneder. Men Hærdningen kan dog vedvare endnu i de nærmest paafølgende Aar, og Haardheden maa da stadig tiltage og ikke gaa tilbage. Særlig maa man have Opmærksomheden henvendt paa, at Cementen ikke efter et Par Aars Forløb taber i Haardhed. En anden Betingelse, som maaske i økonomisk Henseende har størst Betydning, er, at Cementen kan taale den størst mulige Sandtilsætning, uden at den endelige Haardhed gaar under et vist Minimum. Dette beror væsentligst paa Finhedsgraden; jo finere en Cement er, desto mere Sand kan den taale. Dr. Michaelis i Berlin har herom anstillet omfattende Forsøg og er kommen til højst overraskende Resultater. Han har nærmere undersøgt den Fordring, man, som ogsaa nævnt af den foregaaende Taler, i Tyskland stiller til en god Cement, at den ikke maa efterlade mere end 25% paa en Sigte med 900 Masker.

Dr. Michaelis brugte til sine Forsøg Cement fra Fabrikken „Stern“, som leverer et meget godt Fabrikat. Han tog en Prøve af denne Cement, som efterlod 22.8% paa en Sigte med 900 Masker pr. \square cm og altsaa lod 77.2% gaa igjennem samme. Til lige saa store Prøver anvendte han dernæst Sigter med 2500 og 5000 Masker pr. \square cm, som henholdsvis lode 61 og 51% gaa igjennem, i sidste Tilfælde altsaa omtrent Halvdelen. Dernæst forfærdigede han Prøvestykker af forskjellig Slags Cementmørtel, som han fik ved at blande dels et vist Maal Cement, dels hvad der af lige saa store Maal gik igjennem de 3 ovennævnte Sigter, altsaa henholdsvis 77.2, 61 og 51% af det anvendte Maal eller 0.77, 0.61 og 0.51 Maal Cement af forskjellig Finhed med 5 Maal Sand, og det viste sig da, at han efter 30—90—180 Dage fik en Sønderrivningsbelastning:

for 1 Maal Cement (af oprindelig Finhed) + 5 Maal Sand af 7.44, 9.59 og 11.29 Kilgr. pr. \square cm.

for 0.77 Maal Cement (af 900 Maskers Finhed) + 5 Maal Sand af 7.26, 8.93 og 11.14 Kilgr. pr. \square cm.

for 0.61 Maal Cement (af 2500 Maskers Finhed) + 5 Maal Sand af 7.92, 8.34 og 12.43 Kilgr. pr. \square cm.

for 0.51 Maal Cement (af 5000 Maskers Finhed) + 5 Maal Sand af 6.90, 9.12 og 11.46 Kilgr. pr. \square cm.

Da alle disse Prøver strax bleve nedsænkede i Vand, mente Dr. Michaelis, at de sidste af dem maatte anses for noget brøstholdne, da de vare saa overordentlig magre. Han prøvede derfor de samme Blandinger, idet han stillede Prøvestykkerne i et Apparat, hvor Luften altid var mættet med Vanddamp, og fik efter et Aars Forløb ikke saa lidt større Resultater end oven for.

Disse Resultater ere meget slaaende, fordi de synes at godtgjøre, at det grove i Cementen saa godt som slet ingen Betydning har for dens endelige Haardhed. Michaelis mener som Følge deraf, at der i høj Grad er Anledning til at undersøge, om det ikke skulde bekræfte sig, at Cementens Finhedsgrad gennemgaaende er af meget stor Betydning, et Resultat, som Fabrikejer Hagemann i øvrigt er kommen til i en Artikel i „Tidskrift for Fysik og Chemi“ 1876. Det maa imidlertid fastholdes, naar man vil tillægge Finhedsgraden saa stor Betydning, at ikke enhver fin Cement er god, idet netop

svagtbrændte eller meget lerholdige Cementer, som maa betragtes som Varer af simpel Kvalitet, forholdsvis let lade sig finde. For meget Ler giver Mørtelen den Egenkab, at den ikke binder saa godt, ligesom man i Almindelighed tilskriver et Overskud af Kalk, at Mørtelen bulner ud. Er Cementen derimod god, er det fordelagtigt, at den er fin. Der var efter Talerens Mening Anledning til at fremkomme med disse Bemærkninger, fordi der i oven nævnte Artikel af Hagemann særlig var Tale om danske Fabrikker, som levere meget fin Cement, der dog efter foreliggende Prøver snarere maa anses for at staa under end jævnsides med, hvad man ellers kalder bedre Cementer.

Dr. Michaelis fastholder bestemt Vægtmetoden ved Cementens Anvendelse. Hvis det er en Fordel, at Cementen er vægtfyldig, kommer den grovere, som ogsaa efter Premierlieutenant Andersens Udtalelser er den tungeste, til at staa i et gunstigere Lys end den finere, hvilket, som oven for udviklet, ikke kan være rigtigt. Cementen maa altsaa baade være fin og vægtfyldig. Taleren gjorde dernæst opmærksom paa, at naar man finder Cement eller rettere sagt de større Korn i den, viser Erfaringen, at den derved forbedres, dog bliver den ikke saa god, som den vilde have været, hvis hele Massen strax havde haft den endelige Finhedsgrad, hvilket maaske kan hidrøre fra, at de indre Dele af Kornene ikke saalænge underkastes Atmosfærens Paavirkning, som naar det hele findeles paa en Gang. Michaelis har undersøgt det her berørte Forhold ved en Række Forsøg med forskjellige Cementer af forskjellig Finhedsgrad, og det har altid vist sig, at den Cement, som gik igjennem Sigten med 2500 Masker pr. \square cm var stærkere end den, som ved Knusning gaves samme Finhed. Der maa altsaa lægges særlig Vægt paa, at Fabrikken leverer Cementen findelt. Der er i øvrigt for nogen Tid siden i „Thonindustriezeitung“ rejst Indvending mod hele denne Anskuelse om Indfyldelsen af Cementens Finhed af en anonym Forfatter, som støtter sig til nogle Forsøg, der skulde være gjorte af en engelsk Ingeniør, men Taleren troede ikke, at der var Grund til at følge disse Betragtninger. Man er ogsaa nu kommen til det Resultat, at det er godt at Cementen henstaar noget, inden den bruges, idet den synes at vinde i Godhed, naar den har været magasineret i nogle Maaneder.

Med Hensyn til Prøverne fremsatte Taleren dernæst nogle Bemærkninger om det Sand og Vand, man brugte, og berørte navnlig, om det skulde anvendes efter Maal eller Vægt. Man finder højst forskjellige Opgivelser om Sandets Forhold, naar det blandes med Vand. Alle ere enige om, at der finder en Svinding Sted, at Sandet lige som lejr sig tættere; men Opgivelserne for Sammentrækningens Størrelse variere imellem $\frac{1}{6}$ og $\frac{1}{18}$ eller $\frac{1}{20}$. Da Spørgsmaalet spiller en vigtig Rolle for Mørteltilberedningen, havde Taleren selv lejlighedsvis anstillet nogle Forsøg, som han dog ikke vilde tillægge nogen videre Almengyldighed. Til Forsøgene anvendtes almindeligt fint Sand, Pudsesand, hvor Kornene vare $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ store, altsaa mindre end i det tyske Normalsand, saa at det selvfølgelig var for fint til at være tjenligt til Cementmørtel. Der anstilledes to Rækker Forsøg; en med

fuldstændig tørt og en anden med lidt fugtigt Sand, saaledes som det almindelig brugtes til Murarbejder. Det anvendte Maal var ikke meget stort for at være let at haandtere. Det fyldtes først med tørt Sand, hvorefter det blev strøget og stødt stærkt for at faa Sandet til at lejre sig saa tæt som muligt, hvorved dette svandt ind til $\frac{7}{8}$ af sit oprindelige Rumfang. Der blev dernæst gydt Vand paa, til det øverste Sandlag var gennemfugtet, og det viste sig da, at der var optaget en Vandmængde lig 0.26 af Sandets reducerede Rumfang. Efter at Sandmaalet atter var rystet, indtog Sandet $\frac{6}{7}$ af sit oprindelige Maal. Med fugtigt Sand af samme Beskaffenhed blev der anstillet et lignende Forsøg; det trak sig efter Rystningen strax sammen til $\frac{4}{5}$ af sit oprindelige Rumfang, og efter at det var bleven mættet med Vand, hvorved det havde optaget 0.22 Rumfang Vand (ved tørt Sand 0.36), saa at der fra Begyndelsen af altsaa ikke havde været megen Fugtighed til Stede, blev Maalet atter rystet, hvorved Sandet svandt ind til $\frac{2}{3}$ af det oprindelige Rumfang. Er Sandet i Besiddelse af en ringe Mængde Fugtighed, er det altsaa ikke muligt ved mekaniske Midler at faa det til at lejre sig saa tæt, som naar det er tørt, hvilket godtgjør, at der er stor Forskjel paa, om man arbejder med tørt eller fugtigt Sand. Hvor stor Betydning den større eller mindre Fugtighedsgrad har, kunde Taleren ikke sige, han vilde blot henlede Opmærksomheden paa dette Spørgsmaal. Arbejder man med tørt Sand, som vejes, er man ude over Vanskelighederne.

Man har ved Ingeniørkorpset anstillet Forsøg med forskellige Blandinger af Cement, Sand og Vand og er der kommen til følgende Resultater:

1 Maal Cement + 1 Maal Sand + $\frac{1}{2}$ Maal Vand
= $1\frac{1}{2}$ Maal Mørtel,

1 Maal Cement + 3 Maal Sand + 1 Maal Vand
= 3 Maal Mørtel,

1 Maal Cement + 6 Maal Sand + $1\frac{1}{2}$ Maal Vand
= $5\frac{1}{2}$ Maal Mørtel,

1 Maal Cement + 8 Maal Sand + 2 Maal Vand
= $7\frac{1}{3}$ Maal Mørtel.

Det var disse Forsøg, som henledede Talerens Opmærksomhed paa det paagældende Forhold, idet det forbausede ham, at Svindingen kunde være saa stor. Efter Forsøg af Dr. Michaelis, som benyttede tørt Sand, fandt der altid en Volumenudvidelse Sted i Forhold til Sandmængden, idet 1 C + 1 S + $\frac{1}{2}$ V omtrent gav $1\frac{2}{3}$ Mørtel, hvilket Forhold viste sig at være konstant, saa at man med de forskellige Blandinger bestandig fik $\frac{2}{3}$ Maal mere Mørtel, end der var Sand; dette stred fuldstændig mod de Resultater, man her var kommen til. Taleren var tilbøjelig til at tro, at man her hjemme havde brugt noget fugtigt Sand, som ikke har lejret sig saa tæt, at man nøjagtig har kunnet vide, hvilken Sandmængde man har brugt; dette kan kun opnaas, naar man som Michaelis bruger tørt Sand og vejer det, og det bør man derfor vistnok gjøre ved Forsøgene.

Vandet, som bruges, maa selvfølgelig være rent. Da Cementarbejder hyppig foregaa ved Havet, kan der ogsaa være Tale om at anvende Saltvand. I det preussiske Ingeniørkorps er der igjennem flere Aar, senest ved Wilhelmshafen, anstillet Forsøg i denne Retning. Ældre

Forsøg med Østersøvand havde fremkaldt den Anskuelse, at Søvand ikke formindskede Cementmørtelens Styrke; men da man kom til det mere saltholdige Nordsøvand, viste det sig, at Mørtel, dannet ved Hjælp af dette, i Sammenligning med Mørtel, hvortil der var anvendt fersk Vand, kun havde en Modstandsevne mod Sønderrivning og Knusning af henholdsvis 75 og 60 %. Man maa derfor anbefale Forsigtighed ved Valget af det Vand, man vil benytte.

Med Hensyn til Prøvelegemernes Form bemærkede Taleren, at man ved Knusning muligvis kunde anvende en lignende Fremgangsmaade som foreslaaet for Sønderrivning. Gjorde man nemlig Prøvestykkerne cylindriske i Stedet for kubiske, kunde Formen let indrettes til at lukke op, saa at Legemerne kunde tages ud af den som angivet for Sønderrivningsprøvestykkerne. Man var i øvrigt ikke paa det rene med, hvorledes Prøvelegemerne skulde være. Nogle foreslaa at danne dem som Bjælker, der understøttes paa en vis Maade og belastes paa Midten. Denne Fremgangsmaade anvendes f. Ex. af den engelske Ingeniør Deacon i Liverpool; han vil ogsaa have, at Belastningen skal ligge en vis Tid paa Bjælken — 1 Minut —, inden denne knækkes. Af Premierlieutenant Andersens Udtalelser fremgik det ogsaa, at han ønskede taget Hensyn til Kraftpaavirkningsmaaden og Paavirkningstiden; men Taleren skulde ikke nærmere gaa ind paa dette Spørgsmaal.

Arkitekt L. Fenger udtalte, at Arkitekter og Murmestre, som havde med Cement at gjøre, maatte være Ingeniørkorpset taknemmelige for dets sammenlignende Styrkeprøver med Cement, der for de prøvede Cementsorters Vedkommende havde givet en bestemt Forestilling om deres Beskaffenhed. Vanskeligheden ved at bedømme en Cements Godhed er stor, og kun gennem nøjagtige Forsøg kan man komme til et Resultat. Det er praktisk vanskeligt for Arkitekter og Murmestre at foretage saadanne Undersøgelser, som langt lettere udføres af en dertil kompetent Autoritet. Da Ingeniørkorpset tidligere havde været en Hovedforbruger af Cement her hjemme, og Tiden maaske ikke vilde være fjærn, da det samme vilde gjentage sig, forekom det Taleren højst ønskeligt, om Korpset ogsaa i Fremtiden vilde offentliggjøre sine Forsøgsresultater. Det vilde fremdeles være heldigt, om indenlandske Cementer efterhaanden kunde fortrænge udenlandske, men dette vilde kun kunne opnaas ved fortsat Arbejde fra Fabrikernes Side; man vil ikke kunne vente, at Regjeringen eller private strax skulle anvende en uprøvet Cement eller betale Lærepenge for at komme til et sikkert Resultat ved en Anvendelse i det store. Bekjendtgørelser om regelmæssige Prøver, foretagne i et længere Tidsrum, havde derfor stor Betydning ogsaa for Fabrikkerne. Maaske vilde Ingeniørkorpset vanskelig kunne indlade sig paa saadanne Undersøgelser, da det vist vilde faa nok at gjøre, naar enhver kunde komme og sige: „Prøv denne eller hin Cement“. Det var ogsaa Talerens Mening, at Prøverne maatte begrænses, dog vilde det være højst ønskeligt, om de kunde komme til at omfatte de vigtigste, indenlandske og de almindeligst anvendte, udenlandske Cementer. Det var maaske ikke umuligt, at Regjeringen, naar der skete en Henvendelse til den,

f. Ex. gennem Foreningen, vilde være villig til at bære de til Forsøgenes Afholdelse fornødne Udgifter. Skjønt det naturligvis maatte anses for heldigt, om Cementforsøgene fik en større Udstrækning og foretoges fra forskellige Sider, kunde det vist være meget vanskeligt at faa Forbrugerne til at anskaffe Instrumenter og anstille Undersøgelser.

Ingeniørkapitajn Sommerfeldt gjorde i Anledning af disse Udtalelser den Bemærkning, at Michaelis bestemt hævder, at man ved en enkelt Forsøgsrække kan komme paa det rene med, om en Cement er brugbar, hvilket han illustrerer ved en Række Forsøg med 10—12 forskellige Cements af anerkjendte gode Mærker og med forskellige Sandtilsætninger. Michaelis har stræbt efter at finde bestemte Love, hvorefter Cementen taber i Styrke, naar Sandmængden forøges, og hvorefter Cementen selv tiltager i Styrke i Tidernes Løb. Viser denne Anskuelse sig rigtig, vil det ikke være uoverkommeligt for private selv at anstille Forsøgene, idet man da kun behøver at undersøge en enkelt Blandingsrække og saaledes i forholdsvis kort Tid kan komme til et relativt Resultat.

Ingeniørkapitajn C. Keyser fremsatte nogle faa Bemærkninger i Anledning af de til Slutning foreslaaede Bestemmelser i den Artikel i Tidsskriftet, som var Grundlag for Diskussionen. I de Sønderrivningsprøver, som vare foretagne her tillands, havde man brugt et Sønderrivningsareal paa $2.25 \text{ cm}^2 = 15.4 \text{ cm}^2$. Premierlieutenant Andersen foreslaar i sin Afhandling et Areal paa $1 \text{ cm}^2 = 6.84 \text{ cm}^2$ og senere, under Hensyn til hvad der bruges i Tyskland, 5 cm^2 . Da Reglerne for de her anstillede Prøver i sin Tid bleve udarbejdede efter Erfaringer fra England og Frankrig, ønskede Taleren at vide, om Forfatteren til oven nævnte Afhandling ikke skulde have læst engelske og franske Værker, hvoraf det fremgik, at man ogsaa i de paagjældende Lande var gaaet saa langt ned med Sønderrivningsarealet som i Tyskland. Bestemte man sig til et Areal paa 5 cm^2 , vilde Taleren henlede Opmærksomheden paa Pkt. 2 paa Side 27 i Afhandlingen, hvori der af Hensyn til Ensformigheden i Maalene foreslaas, at Tærningernes Kanter skulde være 2.5 cm . Herved synes der ikke at opnaas Ensformighed. Til tyske Prøver kan der ikke henvises, da man i Tyskland ikke anvender Tærninger til Styrkeprøver; den foreslaaede Tærningsside paa 2.5 cm giver 6.25 cm^2 Areal, som ikke stemmer med det tidligere anvendte paa $6.84 \text{ cm}^2 = 1 \text{ cm}^2$ eller med et Sønderrivningsareal paa 5 cm^2 . Vilde man tilstræbe Ensformighed, burde man derfor efter Talerens Mening vælge 2.25 cm for Tærningens Side, hvortil svarer et Knusningsareal paa meget nær $5 \text{ cm}^2 =$ Sønderrivningsarealet. Da Forsøgsresultaterne angives i Kilogr. pr. 1 cm^2 , vilde det tillige være en Lettelse, om ogsaa Knusningsarealet kunde angives ved et helt Tal.

Endelig spurgte Taleren, hvorfor der under Pkt. 3 paa samme Side blev foreslaaet en Prøve efter 7 Dages Forløb, medens man tidligere her altid havde prøvet efter 5 Dage, hvilket efter Afhandlingen endnu var sket i 1876. Naar ingen særlig Aarsag til Afvigelse forelaa, syntes det ønskeligt at bevare de samme Bestemmelser af Hensyn til Sammenligning med tidligere Prøver.

Premierlieutenant Andersen svarede, at saavidt ham bekendt, var der ikke inoget nyere fransk Skrift givet Oplysninger om Cementundersøgelser, hvorimod den engelske Ingeniør John Grant havde udgivet et vidtløftigt Værk herom. Denne Forfatter nævner, at Forsøg ere foretagne med Prøvestykker med 2.25 og 4 cm Tværnit; men Dr. Michaelis angiver, at Grant har meddelt ham, at han for Fremtiden har i Sinde at benytte Prøvestykker med et Tværnit paa $6.45 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$ eng., hvilket muligvis turde antyde, at der i England ogsaa er Stemning for et mindre Sønderrivningsareal.

Hvad Ensformigheden i de anvendte Maal angik, oplyste Taleren, at dette kun maatte forstaaes saaledes, at der anvendes Metermaal ogsaa for Tærningerne. Om Brudarealet var det samme for Knusning som for Sønderrivning, mente han havde mindre Betydning, idet man altid vilde lave Tabeller, hvoraf man direkte kunde faa Brudbelastningen pr. 1 cm^2 . Taleren havde valgt 2.5 cm til Tærningsside for at faa Tærningens Maal ved et simpelt Tal bragt saa nær som muligt til den tidligere anvendte Tærning med 1 cm Tværnit.

Da de tyske Bestemmelser fastsatte en 7 Dages Prøve, havde Taleren foreslaaet denne i Stedet for den 5 Dages for bedre at kunne sammenligne vore Resultater med de tyske.

Murmester C. P. Wienberg vilde gjerne vide, om ingen af de tilstedeværende havde haft Lejlighed til at erfare, hvorledes Cement har stillet sig i de sidste 30 Aar efter at have været forarbejdet til Beton eller Murarbejde.

Formanden, Etatsraad Carlsen, troede, at det vilde være vanskeligt at faa Svar paa denne Forespørgsel.

Arkitekt Fenger mente, at de Forsøg, som efter Premierlieutenant Andersens Oplysninger skulde gjøres for at komme til et nogenlunde paalideligt Resultat, ikke vare saa ganske faa, og skjønt han ikke vidste, hvad Instrumenterne kostede, troede han dog, det var mere, end de fleste Privatmænd havde Lyst til at anvende derpaa. Taleren troede ogsaa, at hans Kolleger vilde være enige med ham om, at det var pinligt, som det ofte skete, at blive anmodet om at prøve en Cement og at maatte afvise Anmodningen eller ikke se sig i Stand til at foretage Prøven paa tilbørlig Maade. Han henstillede derfor til Forsamlingen, om det ikke skulde lade sig gjøre ved Mødet at vedtage en Resolution, som i ethvert Fald fra de smaa Forbrugeres Side udtalte Ønsket om, at offentlige Prøver maatte blive anstillede.

Formanden maatte selvfølgelig overlade Afgjørelsen til Forsamlingen; for sit Vedkommende troede han, at det vilde være noget overilet at vedtage en saadan Resolution strax.

General Ernst bemærkede i Anledning af Arkitekt Fengers første Udtalelse, at Ingeniørkorpset ganske vist holdt sig tilbage med Beredvillighed havde foretaget Prøver, naar nogen ønskede det, og at det var ganske specielle Forhold, som havde bevirket, at Korpset i den senere Tid havde holdt sig mere tilbage. Blandt de Omstændigheder, som havde bidraget hertil, nævnte Taleren, at medens de Apparater, man havde, vistnok for 20 Aar siden, da de bleve anskaffede, maatte anses for at være ganske tilfreds-

stillende, idet de ligesom ogsaa Størrelsen og Formen af Prøverne vare overensstemmende med, hvad man brugte i England og Frankrig, saa havde man nu fundet, at Apparaterne ikke længer vare saa tilfredsstillende, og Fremgangsmaaden ikke fyldestgørende nok efter de nuværende Fordringer. Man vilde ganske vist se til at faa nyere og bedre Apparater; men der var ved Udførelsen af offentlige Prøver adskillige andre Vanskeligheder til Stede f. Ex. den, at det ofte var en egen Sag at give Erklæring om en Cement, man havde prøvet, fordi det ikke altid med Bestemthed kunde vides, om det prøvede Kvantum virkelig var fra vedkommende Fabrik eller nogenlunde repræsenterede Gjennemsnitsgodheden af den Cement, der leveredes derfra. Taleren turde derfor ikke betragte det som afgjort, at det vilde være godt, om der saaledes kunde foretages offentlige Prøver, da der kunde fremkomme uheldige Omstændigheder derved, men ansaa det paa den anden Side som en særdeles vigtig Sag, at Fabrikkerne kunde blive sammenlignede med Hensyn til deres Fabrikker. Han troede derfor, at f. Ex. Ingeniørkorpset, naar det fik nye og gode Apparater til Cementundersøgelser, med Fornøjelse vilde vedblive at give Underretning om Beskaffenheden af Cement, der sendtes det til Prøve; men det vilde dog maaske være under visse Betingelser, navnlig saaledes at Underretningen ikke kunde bruges som Vidnesbyrd over for Offentligheden. En samvittighedsfuld Fabrikant kunde ønske at kjende sin Cement og en Bruger det Materiale, han vilde anvende, det var der intet at bemærke imod; men et andet vilde være at offentliggjøre Resultaterne af Undersøgelserne, det turde efter Talerens Mening i mange Retninger have sine Vanskeligheder og maaske sine Misligheder.

Arkitekt V. Klein støttede Arkitekt Fengers Forslag. Naar den foregaaende Taler fremhævede Vanskeligheder derved, troede han dog ikke, de vare saa store, og vilde som Analogi henvise til de Analyser over kunstig Gjødning, som foretages i private Laboratorier som f. Ex. Stein's og offentliggøres. Hvis Ingeniørkorpset havde Betænkeligheder ved at offentliggjøre sine Resultater, vilde Taleren henstille til Teknikerne, om ikke en af dem som Privatmand vilde tage Sagen i sin Haand. Paa anden Maade vilde de nødvendige Cementprøver næppe blive foretagne. Maskinerne ere dyre, og der hører desuden andet til at gjøre Undersøgelserne end at have Maskinerne. Taleren havde selv for en Snes Aar siden syslet med saadanne Forsøg; han havde indrettet en Maskine efter en af Rondenets angiven Tegning og havde begyndt paa Prøverne og paa at føre Bog over Resultaterne, men han maatte snart opgive det, da det blev ham for vidtløftigt. Enhver praktiserende Bygmester vilde uden Tvivl komme til samme Resultat eller rettere — til intet. Der kunde vel heller aldrig være Tale om slige Forsøg undtagen for særdeles omfattende Byggeforedagens Vedkommende, thi Resultaterne vise sig jo først efter længere Tids Forløb, ofte først i Løbet af et Aars Tid, og naar man indkøber sin Cement, skal man i Reglen bruge den saa hurtig, at man ikke kan oppebie Prøvens Udfald. Taleren anbefalede derfor paany Arkitekt Fengers Forslag, idet han ændrede det derhen, at han opfordrede en eller anden Privatmand til at indrette et Labo-

ratorium, hvor Fabrikanter og Forbrugere mod Betaling kunde faa deres Cement undersøgt.

Premierlieutenant Andersen bemærkede, at de af ham omtalte Prøver, som burde udstrækkes over 2 Aar, ikke skulde anstilles ved ethvert Byggearbejde, men havde det Maal at give Oplysning om de enkelte Cementsorters Egenskaber. Man vilde derved faa en god Vejledning til Bedømmelsen af, hvilken Cement man helst burde vælge. Ved mindre Byggearbejder kunde man ikke foretage Prøver i saa stor Udstrækning, men maatte nøjes med nogle enkelte Kontrolprøver, og disse tillagde Taleren stor Betydning. Som Forholdene nu vare, kjendte de fleste ikke den Cement, de brugte, og hvilke sørgelige Omstændigheder, denne Uvidenhed kunde medføre, viste Erfaringen ikke saa sjældent. Hvad det angik, at saadanne enkelte Kontrolprøver vilde være uoverkommelige ved mindre Byggearbejder paa Grund af Apparaternes Kostbarhed, saa kunde denne Indvending ganske vist være berettiget, dersom der for hvert Arbejde skulde anskaffes nye; men var der anskaffet en halv Snes Apparater her i Landet, vilde det næppe være forbundet med stor Vanskelighed at laane sig frem. Saa længe man ikke havde en bestemt Fremgangsmaade for Forsøgene, kunde det være misligt at anstille enkelte Prøver; men efter at Dr. Michaelis havde angivet bestemte Regler, troede Taleren, at enkelte Prøver kunde give et nogenlunde paalideligt Resultat og i mange Tilfælde en god Vejledning.

Arkitekt Klein maatte fastholde den Anskuelse, at han ingen Vægt lagde paa Prøver, der foretoges med kort Varsel, de saakaldte enkelte Kontrolprøver. Cementen kunde som bekjendt være af en yderst uregelmæssig Karakter, ja, som den foregaaende Taler selv tidligere havde bemærket, den kunde endogsaa kulminere og efter kortere eller længere Tids Forløb aftage i Godhed. De foreslaede Kontrolprøver vilde efter Talerens Overbevisning næppe have synderlig større Betydning end den praktiske Mursvendeprøve, man i Reglen anvender ved Byggearbejder, idet man blander en Skefuld Sand og Cement, lader det staa et Par Timer i Vand og saa ser, hvorledes Mørtelen hærder. Man havde et Exempel i en bekjendt offentlig Bygning, som blev pudset med Cement, der holdt fortræffeligt i et Par Maaneder, hvorpaa det hele faldt af. Noget lignende, mente Taleren, kunde man godt udsætte sig for med den Cement, man kun havde prøvet paa den af Premierlieutenant Andersen foreslaede Maade.

Premierlieutenant Andersen var ved sin Bemærkning om, at en enkelt Kontrolprøve var tilstrækkelig, ikke gaet ud fra, at man ved mindre Byggearbejder, hvor Prøver i stor Udstrækning ikke kunde foretages, vilde anvende Cement, hvorfor der ingen Erfaringer forelaa. Havde en Cement i en længere Aarrække vist sig paalidelig, gjaldt det blot om at faa konstateret, at den paagjældende Levering nogenlunde havde den samme Godhed som hidtil, og til dette Resultat kunde man sikkert komme ved en Kontrolprøve. En saadan ansaa Taleren derfor under den anførte Forudsætning for tilstrækkelig ved et mindre Byggearbejde.

Formanden henlede Opmærksomheden paa, at

Premierlieutenant Andersen havde anbefalet, at der vedtoges en bestemt Fremgangsmaade for Cementundersøgelser, og at den tekniske Forening søgte at virke til dette Maal. Om Hensigtsmæssigheden af bestemte Regler mente Formanden, at alle vilde være enige — det var jo indlysende, at bedre Resultater vilde opnaas, naar Prøverne overalt bleve udførte paa samme Maade, end naar enhver fulgte sin Vej —, og han betvivlede heller ikke, at de tilstedeværende delte den Anskuelse, at den

tekniske Forenings Virksomhed i dette Øjemed var ønskelig. Det forekom dog Formanden, at man ikke i det stedfindende Møde burde foretage videre. Derimod foreslog han, at Diskussionen nu sluttedes, men at det i et følgende Møde blev overvejet, hvorledes Sagen burde fremmes. Efter hans Formening vilde det være hensigtsmæssigt, at den behandlede i et Udvalg. — Da ingen ytrede sig her imod, sluttede Formanden Diskussionen.

Anvendelse af en Sætning af Maxwell til at finde de billigste Bygningskonstruktioner.

Af Docent, Dr. phil. H. G. Zeuthen.

De Bygningskonstruktioner, hvormed vi her skulle beskæftige os, ere saadanne, hvor kun Delenes Modstand mod Strækning og Sammentrykning, ikke deres Modstand mod Bøjning spiller en Rolle. Ved disse Konstruktioner have vi at gjøre med et System af Punkter, til hvilke alle ydre Kræfter maa tænkes henførte, og prismatiske Stænger, der forbinde disse Punkter og ere sammenføjede i dem. Hver Stang antages kun at forbinde to Punkter; forbinder en enkelt Stang i Virkeligheden flere, kan den tænkes delt i flere, i Delingspunkterne sammenføjede, Stykker.

(Stift Stangsystem). Vi skulle her kun beskæftige os med Systemer, som ligge i eller kunne henføres til samme Plan. Vi ville antage, at Stængerne netop ere til Stede i tilstrækkeligt Antal til at gjøre Systemet stift. Er der to Punkter, opnaas dette ved én Stang, er der tre, ved tre Stænger; er der flere, kan hvert nyt Punkt tænkes bestemt ved sine Afstande fra to forud bestemte Punkter. Er der n Punkter, vil der altsaa kræves $1 + 2(n - 2) = 2n - 3$ Stænger til at gjøre Systemet stift. Disse ere, som forudsat i denne Udledning af deres Antal, sædvanligvis anbragte saaledes, at hvert nyt Punkt bestemmes ved Stænger, der forbinde det med to tidligere bestemte Punkter; men de kunne ogsaa være anbragte paa enkelte derfra afvigende Maader. (Se f. Ex. *Holmberg og Steen*: De mekaniske Grundlove for Bygningsvæsenet Fig. 51 S. 139, eller *Tidsskrift for Matematik 1877 S. 50 ff.*) Naar vi i det følgende tale om et *stift Stangsystem*, ville vi stedse forudsætte, at det netop indeholder det til Stivheden nødvendige Antal Stænger.

(Kraftdiagram). De ydre Kræfter, nemlig de givne Kræfter og de derved opstaaede Modtryk af Underlag

o. s. v., antages at holde hverandre i Ligevægt. Denne Ligevægt tilvejebringes igjennem *indre Spændinger* i Stængerne. I de Exempler, jeg kommer til at behandle, ville disse ydre og indre Kræfter blive fremstillede ved de rette Linjer i et saakaldt *Kraftdiagram*. Selve de Undersøgelser, som skulle udføres, ere imidlertid ikke nødvendigvis knyttede til denne Fremstillingsmaade, som jeg blot benytter, fordi den er den simpleste og overskueligste.

(En Stangs Spændingsmængde). Den Fordring, der stilles til en Stang, er, at den skal flytte en Kraft lige stor med dens Spænding et Stykke lige stort med Stangens Længde. Er Stangen af et givet Stof, vil Størrelsen af den Kraft, den paa denne Maade kan flytte, være proportional med Tværsnittets Areal — i det mindste saa længe Stangen enten alene er strakt eller alene trykket —, og Produktet af Kraften og Stangens Længde bliver altsaa proportionalt med Stangens Rumfang. Det er derfor naturligt som Maal paa den Fordring, der stilles til en Stang, at tage *Stangens Længde Gange Spændingens Størrelse*. Dette Produkt ville vi kalde *Stangens Spændingsmængde*. Som Enhed for denne Størrelse maa man tage Spændingsmængden af en Stang, hvis Længde er Længdeenheden (Fod), og som spændes med en Kraftenhed (\bar{H} eller Centner). Spændingsmængde kan altsaa, ligesom Arbejds mængde eller statiske Momenter, udtrykkes ved et Antal af „Pundfod“. En Spændingsmængde kan derfor ogsaa siges at være „ligestor“ med et statisk Moment.

(Et Systems algebraiske Spændingsmængde). Naar et af givne Kræfter paavirket stift Stangsystem baade indeholder strakte og trykkede Stænger, kan man be-