

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*

BIDRAG TIL DE DANSKE FARVANDES HYDROGRAFI

AF

J. P. JACOBSEN

MED 47 TABELLER, 17 FIGURER I TEKSTEN OG 14 TAVLER



KØBENHAVN

I KOMMISSION HOS V. PIOS BOGHANDEL

— POVL BRANNER —

1913

G. A.
Kollegium.

J. P. JACOBSEN: BIDRAG TIL DE DANSKE FARVANDES HYDROGRAFI

BIDRAG TIL DE DANSKE FARVANDES HYDROGRAFI

*Forsvaret finder Sted Torsdag den 3. April
1913 Kl. 12 i Universitetets Annex (Studie-
stræde Nr. 6).*

BIDRAG TIL DE DANSKE FARVANDES HYDROGRAFI

AF

J. P. JACOBSEN

MED 47 TABELLER, 17 FIGURER I TEKSTEN OG 14 TAVLER



KØBENHAVN

I KOMMISSION HOS V. PIOS BOGHANDEL

— POVL BRANNER —

1913.

G. A. Hagemann
Kollegium.

*Denne Afhandling er af det matematisk-natur-
videnskabelige Fakultet antaget til at forsvares for den
filosofiske Doktorgrad.*

14. December 1912.

*J. N. Brönsted,
d. A. Dekanus.*

INDLEDNING

DE Farvande, som omgiver Danmark, er og har tidligt været stærkt besejlet af saa vel danske som fremmede Skibe, og det har derfor været nødvendigt allerede tidligt at have et temmelig nøje Kendskab til Dybdeforholdene, særlig i Kattegat og Bælterne, da der paa mange Steder findes Grunde, der lægger Hindringer i Vejen for Sejladsen.

Ved Siden af Kendskab til Dybdeforholdene er det naturligt, at der i Tidens Løb tillige er erhvervet en Del Kendskab til Overfladevandets Bevægelse ved Skibenes Forsætninger under Sejladsen.

I den danske Lods, som udgives af det danske Søkortarkiv, findes en kortfattet Fremstilling af Strømforholdene i vore Farvande med flere gode Oplysninger om de lokale Forhold ved Strømmen.

I de ældre Udgaver af denne Vejledning til Besejling af de danske Farvande findes ogsaa Angivelser om Strømforholdene, der i Hovedtrækkene vel er rigtige, men som dog i hvert Fald i een Henseende, nemlig hvad Strømmen i Dybet angaar, maa anses for fejlagtige. Om Strømmen i Kattegat anføres i den første Udgave 1843 Side 5: ¹⁾

»Erfaring har paa det allerbestemteste godtgjort, at Strømmen i Reglen retter sig efter Vinden, dog ei altid efter den som blæser, men ofte efter den som kommer til at blæse, stundom endog efter den som hersker andensteds, om den end ei altid blæser igiennem«.

Senere tilføjes, at man af Strømmen ved den bohuslenske Kyst med »temmelig Paalidelighed« kan forudsige Vindforandringer.

Endvidere siges der sammesteds (S. 5):

»Hvor de (Strømmene) passere hinanden, sees Strømskiæringer eller saakaldte Nirer, der som oftest danne Linier i NO. og SV., undertiden i Ost og Vest, og er der da paa Sydsiden Søndenvande, paa Nord- og Vestsiden derimod Nordenvande, hvilket Skibe ofte, især krydsende, kunne benytte med Fordeel. Faaer Nordenvande Overhaand er dette som oftest ikkun nær Overfladen, og Søndenvande gaaer da derunder ofte med end større Kraft, dels som Følge af Atmosfærens Tryk, dels formedelst det af Østersøen udstrømmende Vand«.

Denne Anskuelse, at der i de underliggende Lag findes Strøm fra Syd, selv om Strømmen i Overfladen er fra Nord, er atter fremsat ved Behandlingen af Sundet S. 104.

Medens Anskuelserne om Overfladestrømmens Retning og Styrke, efter hvad der i det hele taget anføres derom, i Hovedsagen er rigtige, har man aabenbart forestillet sig, at Bundstrømmen i Kattegat kom fra Syd, selv om Overfladestrømmen kom fra Nord; dette er ikke rigtigt; det rette Forhold fremgaar klart af de senere Aars Maalinger, som dels er taget fra Fyrskibene af »det danske meteorologiske Institut«, dels paa bestemte Stationer i Farvandene ved særlige Undersøgelsesskibe af »Kommissionen for Havundersøgelser«.

¹⁾ Optrøkt i senere Udgaver 1850 og 1866.

Medens der af meteorologisk Institut¹⁾ er udført direkte Observationer af Strømmens Styrke og Retning i Overfladen fra de forskellige Fyrskibe siden 1880, er den Metode, hvorved Strømmen i de underliggende Lag er bestemt, oftest indirekte, idet man ved Betragtning af Temperatur- og Saltholdighedsfordelingen til forskellige Tider har sluttet sig til Vandets Bevægelse.

De første Bidrag, der ad denne Vej er ydet til Forstaaelse af Vandomsætningen i Farvandene omkring Danmark, skyldes de svenske Hydrografer. Begyndelsen blev gjort af F. L. EKMAN, som allerede i 1868 foretog hydrografiske Undersøgelser ved den bohuslenske Kyst, men hvis Hovedekspedition udførtes i 1877 i Skagerak, Kattegat og Østersøen.

Det store Materiale, der blev indsamlet paa denne Ekspedition, naaede han ikke at faa bearbejdet før sin Død, men i 1893 er en Bearbejdelse deraf udgivet af OTTO PETTERSSON²⁾.

Sammen med GUSTAV EKMAN udgav Otto Pettersson i Aaret 1891 en Beretning³⁾ om den svenske Vinterekspedition 1890. I dette Arbejde findes en Undersøgelse af Saltholdighedens og Temperaturens Fordeling i Skagerak og Kattegat, og det er vist, hvorledes man paa Grundlag deraf kan bestemme, hvorfra de forefundne Vandmasser stammer.

En lignende Metode har MARTIN KNUDSEN⁴⁾ anvendt til Bestemmelse af Bundstrømmens Hastighed i Kattegat. Den Tid, Bundvandet ved Schultz's Grund har været om at naa dertil fra Skagen, angives til ca. 7 Uger.

I samme Arbejde har Martin Knudsen paa Grundlag af Observationer, der er udført af meteorologisk Institut, undersøgt, hvorledes Udstømningen fra Østersøen afhænger af Lufttrykket over Østersøen og Vinden.

Medens Vandets Bevægelse i alle disse Arbejder er bestemt ad indirekte Vej, har A. W. CRONANDER⁵⁾ i to Arbejder offentliggjort en Række Maalinger af Strømmen fra enkelte Fyrskibe i Kattegat, hvoraf navnlig Maalingerne fra Fladens Fyrskib er af Interesse, idet de viser, at Strømmen her som Regel er ensrettet fra Overflade til Bund.

Efter at de internationale Havundersøgelser er kommet i Stand, er der fra forskellige Sider lagt et væsentlig større Arbejde ind paa Undersøgelsen ogsaa af Farvandene omkring Danmark, end der blev tidligere, og flere Afhandlinger er offentliggjort omhandlende disse Haves Hydrografi. Undersøgelser baserede paa direkte Strømmaalinger har derimod været faa, bortset fra de Maalinger af Overfladestrømmen ved Fyrskibene, der er foretaget af det danske meteorologiske Institut, og som stadig fortsættes.

HELLAND-HANSEN⁶⁾ har i 1906 foretaget Strømmaalinger paa 4 Stationer i Skagerak; i Øresund, Store Bælt og Lille Bælt er der i 1907 foretaget Strømmaalinger i Dybet af PETTERSSON⁷⁾.

Disse Strømmaalinger har væsentligst været beregnet paa Studier af Tidevandsbølgen, dels i Overlaget, dels i Underlaget, men de har kun været udstrakt over faa Dage.

En Behandling af de danske Strømobservationer fra Fyrskibene er foretaget af Deutsche Seewarte⁸⁾. I denne Afhandling er Strømstyrker, der er maalt ved de forskellige Fyrskibe, tabellarisk sammenstillet med Vinden ved Skagens Rev, naar dennes Styrke efter Beauforts Skala (0—12) har været større end 6; der er herved fundet de Strømretninger og de Ydergrænser for Strømmens Styrke, som svarer til Vind af Styrke over 6 fra en bestemt Retning (NØ, SØ, SV eller NV).

¹⁾ Nautisk-meteorologisk Aarbog udgivet af det danske meteorologiske Institut.

²⁾ F. L. Ekman og O. Pettersson: Den svenska hydrografiska Ekspeditionen 1877. Kongl. svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar Bd. 25 No. 1, Stockholm 1893.

³⁾ Otto Pettersson och Gustav Ekman: Grunddragen af Skageracks og Kattegats Hydrografi. Kongl. svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar Bd. 24 Nr. 11, Stockh. 1891. I denne Afhandling findes omtalt de tidligere Ekspeditioner i Farvandene omkring Danmark, hvorfor jeg angaaende disse nøjes med at henvise hertil.

⁴⁾ Martin Knudsen: De hydrografiske Forhold i de danske Farvande indenfor Skagen i 1894—1898. Beretning fra Kom. for vid. Unders. af de danske Farvande 2. Bd. 2. Hæfte, København 1899.

⁵⁾ A. W. Cronander: On the laws of movement of sea-currents and rivers, Norrköping 1898 og A. W. Cronander: Om Ytstrøm och Bottenstrøm i Kattegat. Kungl. svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar Bandet 38 No. 2, Stockholm 1904.

⁶⁾ B. Helland-Hansen: Current measurements in 1906. Bergens Museums Aarbog 1907 Nr. 15.

⁷⁾ O. Pettersson: Strømstudier vid Østersjøns portar. Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter III.

⁸⁾ Oberflächenströmungen im Kattegat, Sund und in der westlichen Ostsee. Ann. d. Hydrographie 1906, S. 265.

I Juni Maaned 1909 foretoges Strømmaalinger i Langelandsbæltet fra det danske Undersøgelseskib Thor; der maalttes for hver 5te Meter; Maalingerne foretoges sædvanlig ca. 20 Gange i Døgnet i hver Dybde; af disse Maalinger har det været muligt, dels at bestemme de vigtigste Tidevandsperioder for Strømmen, dels at bestemme Middelstrømmen i de forskellige Dybder for dette Farvand ¹⁾.

En Del af Strømmaalingerne fra Langelandsbæltet udførtes ved Libellestrømmaaleren ²⁾, og da det efter de indvundne Resultater maatte formodes, at denne kunde anvendes fra Fyrskibene, er der i de senere Aar for Kommissionen for Havundersøgelser foretaget Maalinger dermed i Dybet fra Fyrskibene Lappegrunden, Schultz's Grund og Anholt Knob. En Del af disse Maalinger vil blive behandlet i det følgende.

I Tilslutning til dette Arbejde vil jeg gerne rette en Tak til Professor MARTIN KNUDSEN, fordi jeg ved Hydrografisk Laboratorium har kunnet faa Lejlighed til at lægge dette Arbejde til Rette og til at udføre de ofte vidtløftige Beregninger med Assistance af Laboratoriets Personale.

OVERFLADESTRØMMENS PROCENTISKE HYPPIGHED OG MIDDELSTYRKE FRA DE FORSKELLIGE RETNINGER VED DANSKE FYRSKIBE

Som nævnt i Indledningen har det danske meteorologiske Institut i en længere Aarrække indsamlet et stort Observationsmateriale fra de danske Fyrskibe. Observationerne er offentliggjort i »nautisk meteorologisk Aarbog«, der udgives af Institutet; sin nuværende Form har Aarbogen haft siden 1897, og det er Observationer fra dette og senere Aar, der er benyttet i dette Arbejde. Observationsmateriale

Observationerne af Overfladestrømmen ved de danske Fyrskibe er anstillet hver fjerde Time i Døgnet. Maalingerne er udført dels ved Log ³⁾, dels ved Skøn ⁴⁾. Styrken er angivet i Kvartmil/Time; Retningen, hvorfra Strømmen kom, er betegnet efter de 16 Hovedretninger paa Kompasrosen (misvisende).

Det her benyttede Observationsmateriale strækker sig over Aarene 1897—1908 for 11 Fyrskibe, hvilket giver nær ved 300,000 Enkeltobservationer. Bearbejdelsen af Materialet er i betydelig Grad lettet ved en delvis Bearbejdelse, der er foretaget i Aarbogen, idet det der er opgivet, hvad Strømmens Hyppighed og Middelhastighed har været for de forskellige Fyrskibe i hver Maaned.

For at faa en Oversigt over Strømmens Hyppighed fra de forskellige Retninger har jeg for hver Retning dannet Middeltal af alle de for denne Retning opgivne maanedlige Middelhyppigheder i Tidsrummet 1897—1907. Ved Middeltalsdannelsen er der derfor som Regel divideret med 132. Har der i enkelte Maaneder ingen Strømobservationer været anstillet, hvad undertiden er hændet om Vinteren, naar Fyrskibene har været inddraget paa Grund af Is, bliver der naturligvis færre Maaneder til Brug ved Middeltalsdannelsen, men det er sket saa sjældent, at man kan regne, at alle Middeltallene er lige gode, og at de repræsenterer den procentiske Middelhyppighed for hele Aaret. Strømmens relative Hyppighed fra de forskellige Retninger

I Tabel 1 a er de saaledes beregnede Hyppigheder angivet i pro Cent tillige med Stilleprocenten. I Tabellen er tillige opført Beliggenheden for de forskellige Fyrskibe.

¹⁾ J. P. Jacobsen: Gezeitenströme und resultierende Ströme im Grossen Belt in verschiedenen Tiefen im Monat Juni 1909. Medd. fra Kom. for Havunders. Bd. I, Nr. 14, København 1910.

²⁾ J. P. Jacobsen: Der Libellenstrommesser. Publications de Circonstance No. 51, København 1909.

³⁾ Nautisk-meteorologisk Aarbog 1906 Side VII.

⁴⁾ » » » 1908 » L.

Tabel 1 a. Middelhyppigheden i pro Cent for Overfladestrømme ved danske Fyrskibe
(beregnet for 1897—1907).

De angivne Retninger er efter det misvisende Kompas, og Strømmen betegnes ved den Retning, hvorfra den kommer.

Fyrskib		Horns Rev	Vyl	Skagens Rev	Læsø Rende	Læsø Trindel	Kobber- grunden	Anholt Knob	Schultz's Grund	Lappe- grunden	Drogden	Gjedser Rev
Beliggen- hed	{ N. Br. Ø. L.	55° 34' 7° 20'	55° 24' 7° 45'	57° 46' 10° 43'	57° 13' 10° 42'	57° 26' 11° 16'	57° 09' 11° 23'	56° 46' 11° 52'	56° 09' 11° 11'	56° 04' 12° 37'	55° 33' 12° 43'	54° 28' 12° 10'
N		2,8	0,0	0,2	15,9	5,3	8,1	6,5	0,6	0,0	0,0	0,2
NNØ		1,2	0,0	0,0	5,5	2,4	3,7	2,3	0,4	0,0	0,0	0,4
NØ		1,6	0,0	0,1	0,1	6,5	5,8	2,2	3,7	0,0	33,4	35,7
ØNØ		0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,5	3,1	0,0	0,4	10,4
Ø		0,1	0,0	0,1	0,0	6,1	2,4	0,2	28,6	0,0	0,4	0,6
ØSØ		0,4	0,0	0,0	0,0	3,4	3,0	0,6	6,4	0,0	0,0	0,0
SØ		2,8	56,3	1,2	0,0	10,4	4,8	1,5	7,7	0,0	0,1	0,1
SSØ		51,6	0,2	1,6	0,0	9,0	3,1	1,6	1,4	65,6	0,0	0,0
S		4,7	0,0	22,7	6,1	24,9	7,2	3,4	4,6	0,0	0,1	0,1
SSV		1,2	0,0	8,3	59,8	7,1	8,1	6,2	4,3	0,0	0,1	0,0
SV		1,3	0,0	21,5	6,6	6,8	16,8	16,4	33,6	0,0	53,4	0,5
VSV		0,0	0,0	0,6	0,0	1,7	6,1	9,5	3,2	0,0	1,2	1,9
V		0,1	0,0	31,4	0,0	2,5	4,3	5,0	1,4	0,0	0,1	17,4
VNV		0,6	0,0	8,8	0,0	1,6	2,5	9,8	0,2	0,0	0,0	1,8
NV		2,9	41,3	2,1	0,0	5,1	4,3	20,8	0,5	0,0	0,0	0,3
NNV		28,7	0,0	0,1	0,0	2,6	3,8	9,8	0,1	31,0	0,0	0,0
Stille		0,1	2,2	1,1	6,1	1,9	13,1	3,9	0,0	3,4	10,8	30,5

Tabel 1 b. Middelhastighed i cm/sec for Overfladestrømme ved danske Fyrskibe
(beregnet for 1897—1907).

De angivne Retninger er efter det misvisende Kompas, og Strømmen betegnes ved den Retning, hvorfra den kommer.

Fyrskib		Horns Rev	Vyl	Skagens Rev	Læsø Rende	Læsø Trindel	Kobber- grunden	Anholt Knob	Schultz's Grund	Lappe- grunden	Drogden	Gjedser- Rev
Beliggen- hed	{ N. Br. Ø. L.	55° 34' 7° 20'	55° 24' 7° 45'	57° 46' 10° 43'	57° 13' 10° 42'	57° 26' 11° 16'	57° 09' 11° 23'	56° 46' 11° 52'	56° 09' 11° 11'	56° 04' 12° 37'	55° 33' 12° 43'	54° 28' 12° 10'
N		36	15	28	41	32	33	39	28	—	16	25
NNØ		34	—	26	47	33	27	35	28	—	72	30
NØ		27	—	30	26	27	23	31	33	—	56	36
ØNØ		27	—	—	—	29	21	30	42	—	49	34
Ø		19	—	23	—	27	20	30	53	—	33	25
ØSØ		28	21	38	—	30	21	30	42	—	22	29
SØ		27	52	40	—	32	22	29	36	—	28	25
SSØ		66	39	51	49	40	23	35	32	81	36	26
S		36	16	56	36	43	24	35	32	—	27	26
SSV		34	—	57	42	41	29	44	40	—	42	41
SV		23	15	49	36	33	31	47	54	—	46	37
VSV		18	—	42	33	33	29	43	42	—	55	46
V		22	—	53	31	26	26	35	35	—	44	41
VNV		23	23	69	—	33	26	38	35	—	—	42
NV		27	48	46	15	32	27	43	33	—	12	35
NNV		57	29	29	64	37	31	45	36	54	—	31

En grafisk Fremstilling af Hyppigheden for de forskellige Strømretninger findes paa Tavle 1. Paa Abscisseaksen er med æquidistante Mellenrum afsat Punkter markeret ved N, NNØ, NØ o. s. v., der er de 16 i Aarbogen benyttede Retninger. Over disse Punkter er som Ordinator afsat de beregnede Middelværdier for de procentiske Hyppigheder. Afstanden mellem to vandrette Linier paa Tavlen svarer til Hyppigheden 10 %.

Man har saaledes en grafisk Fremstilling bestaaende af enkelte isolerede Punkter i Koordinat-systemet, og idet f. Eks. Ordinaten for Retningen N antages at angive den procentiske Hyppighed for Strømme indenfor Vinklen N t V—N t Ø, vil man deraf kunne se, hvorledes Hyppigheden varierer for de forskellige Vinkler, der betegnes ved de 16 Hovedretninger.

For imidlertid at kunne fremstille Hyppigheden ved en kontinuert Kurve vil jeg tænke mig Abscisseaksen som en udfoldet Kompascirkel, hvorpaa alle Retninger kan afsættes. Et Stykke ds paa Abscisseaksen betyder da en vis Vinkel, og betegnes den procentiske Hyppighed for Strømmen indenfor denne Vinkel ved dn , tegnes Kurven saaledes, at dens Ordinater h svarende til Midtpunktet af ds bestemmes ved $h = \frac{dn}{ds}$, idet Enheden for ds er Afstanden mellem Punkterne mærket med N, NNØ, o. s. v.

Skrives Ligningen $dn = h \cdot ds$, er den procentiske Hyppighed indenfor en vis Vinkel lig det Areal-element, som til Grundlinie har ds og foroven begrænses af Kurven. Den relative Hyppighed f. Eks. for Vinklen N t V—N t Ø vil herefter ikke betegnes ved en enkelt Ordinater (NP se Fig. 1), men ved et Areal-element, der begrænses af det til Vinklen svarende Stykke af Abscisseaksen, de to Ordinater gennem dets Endepunkter og Kurven; dette Areal skal være lig Hyppigheden, der kan betegnes ved Arealet af Rektanglet, med det omtalte Stykke af Abscisseaksen til Grundlinie og Ordinaten, der angav Hyppigheden til Højde. Sættes som antaget Rektanglets Grundlinie lig 1, bliver Hyppigheden udtrykt ved samme Tal paa begge Maader.

Ved den grafiske Udjævning maa denne Betingelse saa vidt muligt søges opfyldt, idet man samtidig sørger for, at Kurven bliver saa jævn og smuk som mulig.

Det vil ses, at man som en Tilnærmelse til Kurven kan benytte den brudte Linie, der bestaar af de øverste Sider i de omtalte Rektangler og Stykker af Ordinaterne, som danner Grænserne mellem dem. I Figuren er denne Kurve betegnet ved ABCDEF.

Forbindes Endepunkterne af Ordinaterne, der angiver Hyppighederne (PQR...), faar man et System af Trapezer, hvis samlede Areal er lig Summen af Rektanglernes Areal, og som ligeledes kan bruges som en Tilnærmelse for Kurven.

Hvorledes end Udjævningen foretages, maa Kurven tilfredsstille den Betingelse, at Arealet mellem den og Abscisseaksen og de to Ordinater til Punkterne N bliver lig med det tilsvarende Areal for de brudte Kurver ABC... eller PQR..., der begge er lig Summen af de relative Hyppigheder, d. v. s. 100 % minus Stilleprocenten.

I de foreliggende Tilfælde vil man som Regel kunne tegne Kurven for de relative Hyppigheders Fordeling paa Grundlag af det her udviklede. Et Par særlige Forhold maa dog omtales nærmere.

Undertiden forekommer Strømmen kun fra een bestemt Retning, og det er i saa Tilfælde ikke efter Observationerne muligt at sige noget om deres Fordeling indenfor den Vinkel, der kendetegnes ved den bestemte Hovedretning. Paa Tavle 1 er derfor i disse Tilfælde blot angivet det Rektangel, som repræsenterer Hyppigheden.

Ser man paa de afsatte Punkters Beliggenhed, navnlig for Skagens Rev og for Læsø Trindel, vil man lægge Mærke til, at den relative Hyppighed ofte veksler i Størrelse, saaledes at den er mindst for de Punkter, der svarer til NNØ, ØNØ o. s. v.

Dette kan næppe have sin Grund i de faktiske Forhold, men forklares simpelt derved, at Observatorerne er mest tilbøjelige til at benytte Hovedretningerne ved Angivelse af Strømmens Retning.

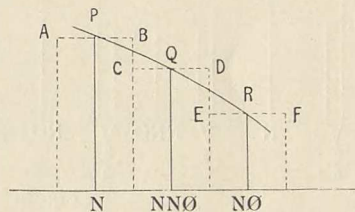


Fig. 1

Grafisk Fremstilling af Strømmens relative Hyppighed for de forsk. Retninger

Den iagttagne relative Hyppighed for Strømmen fra de forskellige Retninger maa korrigeres som Følge af fejlagtigt Skøn ved Bestemmelse af Strømmens Retning

Man kunde maaske synes, at det simpleste vilde være at behandle Iagttagelsesmaterialet saaledes, at Hyppighederne for Retningerne NNØ, ØNØ o. s. v. blev fordelt paa de andre Retninger, saa man kun behøvede at regne med disse.

Dette har imidlertid for det første den Vanskelighed, at man ikke paa Forhaand ved, hvorledes Fordelingen bør foretages, og for det andet kan der, som det vil ses af Strømhyppighederne for Skagens Rev, gaa værdifulde Oplysninger tabt ved en saadan Fremgangsmaade; man er nemlig berettiget til at sammenligne Hyppighederne for Retningerne NNØ, ØNØ o. s. v. indbyrdes, selv om man ikke er berettiget til direkte at sammenligne dem med Hyppighederne for N, NØ o. s. v.

Da imidlertid Observatorerne altid plejer at regne med alle de 16 Retninger, der er opført i Tabel 1, kan man gaa ud fra, at de Strømme, som bliver betegnet ved NNØ o. s. v. blot ligger indenfor en mindre Vinkel end de, der betegnes ved N, NØ o. s. v.

For ved den grafiske Udjævning at kunne tage Hensyn hertil paa passende Maade, vil jeg undersøge, hvorledes Kurven bør tegnes, naar det er givet, at de Hyppigheder, som er angivet for Retningerne N, NØ, Ø. o. s. v., i Virkeligheden gælder for Strømme, der kommer fra Retninger indenfor Vinkler paa $\frac{1}{16} \times 360^\circ \times (1+k)$ med Retningerne N, NØ o. s. v. som Halveringslinier, medens paa den anden Side Hyppigheder, der er angivet for Retningerne NNØ, ØNØ o. s. v., kun gælder for Strømme, der kommer fra Vinkler paa $\frac{1}{16} \times 360^\circ \times (1-k)$ med Retningerne NNØ o. s. v. som Halveringslinier.

Fremgangsmaade ved den grafiske Udjævning, naar der tages Hensyn til de Fejl, der er begaaet ved Angivelsen af Strømmens Retning

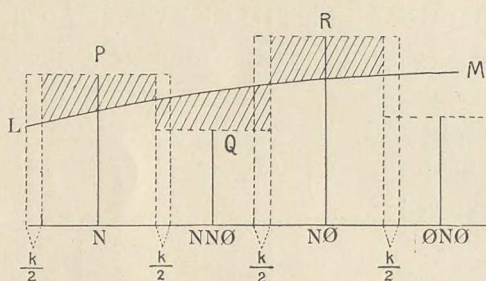


Fig. 2.

I Figur 2 betegner LM den udjævnede Kurve. Ordinaten til et løbende Punkt paa denne kaldes h ; regnes som tidligere Enheden for Vinklerne at være $\frac{1}{16} \times 360^\circ$, betegner $NNV + \frac{1-k}{2} = N - \frac{1+k}{2}$, $N + \frac{1+k}{2} = NNØ - \frac{1-k}{2}$, $NNØ + \frac{1-k}{2} = NØ - \frac{1+k}{2}$ o. s. v. Grænserne for de ved Observationerne benyttede Vinkler; de tilsvarende Ordinater kaldes henholdsvis h_0 , h_1 , h_2 o. s. v.

Ordinaterne, der betegner de beregnede Hyppigheder, er i Figuren angivet ved N—P, NNØ—Q, NØ—R og kaldes p , q , r .

I Følge de gjorte Forudsætninger har man da:

$$p = \int_{N - \frac{1+k}{2}}^{N + \frac{1+k}{2}} h \cdot ds; \quad q = \int_{NNØ - \frac{1-k}{2}}^{NNØ + \frac{1-k}{2}} h \cdot ds; \quad r = \int_{NØ - \frac{1+k}{2}}^{NØ + \frac{1+k}{2}} h \cdot ds,$$

idet ds betyder et Længdeelement af Abscisseaksen.

Under Forudsætning af, at k er tilstrækkelig lille, til at man kan regne Ordinater for den udjævnede Kurve, som svarer dertil, for at være konstante, har man:

$$p = \int_{N - \frac{1}{2}}^{N + \frac{1}{2}} h \cdot ds = \frac{k}{2} (h_0 + h_1),$$

$$\int_{NNØ - \frac{1}{2}}^{NNØ + \frac{1}{2}} h \cdot ds - q = \frac{k}{2} (h_1 + h_2),$$

$$r = \int_{NØ - \frac{1}{2}}^{NØ + \frac{1}{2}} h \cdot ds = \frac{k}{2} (h_2 + h_3),$$

o. s. v.

Det ses, at venstre Side af disse Ligninger er de i Fig. 2 skraverede Arealer; kaldes disse henholdsvis Δ_N , $\Delta_{NNØ}$, $\Delta_{NØ}$ o. s. v., finder man at:

$$\Delta_N : \Delta_{NNØ} : \Delta_{NØ} = (h_0 + h_1) : (h_1 + h_2) : (h_2 + h_3).$$

Hvis den udjævnede Kurve forløber retlinet, kan man sætte:

$$\Delta_N : \Delta_{NNØ} : \Delta_{NØ} = h_N : h_{NNØ} : h_{NØ},$$

hvor h_N , $h_{NNØ}$ o. s. v. betegner de til Punkterne N, NNØ o. s. v. svarende Ordinater paa den udjævnede Kurve.

Ved at tegne den udjævnede Kurve i Overensstemmelse med det her udviklede, vil man være i Stand til at drage fuld Nytte af de funde Middelhyppigheder.

I Tabel 1b er opført Middelverdier for Strømmens Styrke; Beregningen af disse er kun foretaget med Tilnærmelse, idet der simpelt hen er taget Middeltal af alle de i Aarbogen opførte Middeltal fra den paagældende Retning. Eksakt vilde dette være, hvis de benyttede Maanedsmiddeltal enten for Strømstyrke eller for Strømhyppighed var ens for alle Maaneder.

Beregning af Middelverdier for Strømmens Styrke fra forskellige Retninger

Ingen af Delene er naturligvis Tilfældet, men for samme Retning er Maanedsmiddeltallene for Strømmens Styrke dog kun lidt forskellige, og Hyppighederne varierer endelig heller ikke meget, saa at Tilnærmelsen rimeligvis ikke træffer langt fra de virkelige Forhold.

Paa Tavle 1 er givet en grafisk Fremstilling af Strømmens Styrke sammen med Hyppighederne. Afstanden mellem to vandrette Linier svarer til en Strømhastighed paa 20 cm/sec.

Grafisk Fremstilling af Strømmens Middeltstyrke fra de forskellige Retninger

Man ser, at Kurverne, der fremstiller Strømhyppighederne og Strømhastighederne for de forskellige Retninger, følges nogenlunde ad, saa at Maxima og Minima for de to Kurver falder paa samme Sted; dette tjener til Støtte for den Antagelse, at de Strømme, som er de betydende, naar det gælder Vandets ind- eller udgaaende Bevægelse i vore Farvande, er de, hvis Retninger ligger i de Vinkler, hvor Hyppigheden er størst; Strømme fra de øvrige Retninger skyldes derimod snarere lokale Forhold og naar derfor ikke saa stærk en Udvikling.

Betydningen af Variationen for Strømhyppighed og Strømstyrke med Retningen

Ved de fundne Middelverdier for Strømmens Styrke bør det bemærkes, at de naturligvis langt fra har samme Vægt, da Hyppighederne for de forskellige Retninger er saa ulige fordelt.

Man vil paa Tavle 1 lægge Mærke til, at de afsatte Strømhastigheder, der er betegnet ved o, ofte veksler med Retningen paa lignende Maade som Hyppighederne, dog langt fra saa stærkt, og saaledes, at Strømhastighederne er størst for Retningerne NNØ, ØNØ o. s. v.; det synes altsaa, som om Utilbøjeligheden hos Observatorerne til at vælge disse Retninger er mindre, naar Strømmen er stærkere.

Ved Siden af, at den grafiske Fremstilling i Tavle 1 giver et orienterende Overblik over Hyppigheden og Styrken af de forskellige Strømme, vil jeg tillige benytte den til at skelne mellem de to Arter af Strømme i vore Farvande, der i Almindelighed betegnes som indgaaende og udgaaende, d. v. s. med Vandbevægelsen rettet henholdsvis mod Østersøen eller bort fra denne.

Definition af »udgaaende« og »indgaaende« Strøm

Det ses af Tabel 1a, at der sædvanlig findes to Maxima og to Minima for Hyppighed af Strøm, og det vil da være naturligt at dele de paa hvert Sted optrædende Strømme i to Grupper, der hver hovedsagelig repræsenteres af de Strømme, som falder i Nærheden af de to Maxima.

I Almindelighed vil det ogsaa være let at sige, hvilken af de to Grupper der da repræsenterer den udgaaende og hvilken den indgaaende Vandbevægelse. Grænseskellene mellem de to Grupper sættes ved de Retninger, for hvilke Strømmens Hyppighed er mindst.

Man maa dog ved en saadan Definition af udgaaende og indgaaende Strøm erindre, at Bevægelserne f. Eks. i Kattegat ikke svarer til et skematisk Billede med Bevægelser til og fra Østersøen alene;

der findes sandsynligvis roterende Bevægelser indenfor de enkelte Havomraader, og der var i og for sig intet i Vejen for, at disse kunde yde det væsentligste Bidrag til Strømmen paa et bestemt Sted; antagelig vil dog Retningerne af de Strømme, som optræder ved Fyrskibene og de fleste andre Steder, i saa høj Grad være bestemt ved Farvandeis Form, enten de hører til det ene eller det andet Strømsystem, at man kan gaa ud fra, at de Vandbevægelser, som virkelig foregaar fra eller til Østersøen, hovedsagelig følger de Retninger, som angives ved de omtalte Maxima.

I det følgende vil Betegnelserne udgaaende og indgaaende Strømme derfor betyde de paa Stedet forekommende Strømme delt i de to Grupper paa den angivne Maade.

Grænserne mellem de ind- og udgaaende Strømretninger er paa Tavle 1 betegnet ved }. I enkelte Tilfælde har det voldet nogen Vanskelighed at bestemme denne Grænse, saaledes for Læsø Trindel, hvor der i Virkeligheden kun findes eet tydeligt Minimum for Hyppigheden nemlig for Retningen VtS. Den anden Grænse mellem Strømmene er sat til Ø, hvilket dels begrundes med, at dette efter Fyrskibets Beliggenhed maa antages at være den sandsynligste, dels med, at Minimet for Strømstyrken ligger her.

En Vandpartikels Bevægelse i Løbet af 3 Døgn paa Grund af Middelstrømmen

Paa Grundlag af de ved den grafiske Udjævning, Tavle I, fundne Værdier for Middelstrømmens Styrke og Hyppighed er det udregnet, hvor langt en Vandpartikel i Løbet af 3 Døgn vilde bevæges af hver især af de i de forskellige Retninger optrædende Strømme under Forudsætning af, at Bevægelsens Retning ikke forandrede.

Paa Tavle II er afsat Linier fra Fyrskibene til det Sted, hvortil en saadan Vandpartikel vilde være naaet, hvis den i 3 Døgn med uforandret Retning bevægede sig med den Middelhastighed, som findes i den ved Linien bestemte Retning; der regnes kun med de 16 Hovedretninger. Endepunkterne af Linierne er forbundet ved en punkteret Kurve, hvorved man ser, at Strømmene som Regel naturligt deles i ud- og indgaaende Strømme med vel definerede Grænser.

Paa Tavle II er desuden afsat Resultanterne af alle de udgaaende Vandbevægelser og af alle de indgaaende Vandbevægelser hver for sig; disse Resultanter repræsenterer derfor, hvor langt en Vandpartikel i Løbet af 3 Døgn vilde have bevæget sig, naar den var paavirket, henholdsvis af de udgaaende Strømme alene og af de indgaaende Strømme alene, under Forudsætning af, at alle Strømmene i de tre Døgn forekom med deres Middelhyppighed og Middelhastighed.

Trækkes endelig de to Resultanter for den udgaaende og den indgaaende Vandbevægelse fra hinanden, faas den resulterende Vandbevægelse.

Grunden til at Vandbevægelsen er henført til Tidsrummet 3 Døgn er kun den, at Linierne, som repræsenterer den resulterende Bevægelse paa Tavle II, derved har faaet passende Længder.

Tabel 2.

Fyrskib	Grænser for ud- og indgaaende Strøm. Retn. misvis. ¹⁾	Resultant af udgaaende Strømme		Resultant af indgaaende Strømme		Differens
		Retning misvis. ¹⁾	Styrke cm/sec	Retning misvis. ¹⁾	Styrke cm/sec	
Horns Rev	S 79 V — N 79 Ø	N 21 V	18	S 22 Ø	37	—19
Vyl	S 45 V — N 45 Ø	N 45 V	21	S 45 Ø	29	— 8
Skagens Rev	N 68 Ø — S 68 V	S 19 V	28	N 76 V	26	2
Læsø Rende	S 79 Ø — N 79 V	S 22 V	29	N 4 Ø	11	18
Læsø Trindel	Ø — S 79 V	S 5 Ø	21	N 8 Ø	6	15
Kobbergrunden	N 79 Ø — N 79 V	S 31 V	11	N 1 Ø	6	5
Anholt Knob	Ø — V	S 41 V	16	N 37 V	18	— 2
Schultz's Grund	S 11 Ø — N 11 V	S 44 V	19	S 84 Ø	22	— 3
Lappegrunden	N 68 Ø — S 68 V	S 22 Ø	53	N 22 V	16	37
Drogden	S 45 Ø — N 45 V	S 46 V	24	N 45 Ø	19	5
Gjedser Rev	N 11 V — S 11 Ø	N 51 Ø	17	S 88 V	9	8

¹⁾ Retningerne angiver, hvorfra Strømmen kommer.

I Tabel 2 er Vandbevægelsen henført paa sædvanlig Maade til Sekundet og udtrykt i cm. Betegnelsen ud- og indgaaende Vandbevægelse er at opfatte som ovenfor. Tillige er i Tabellen angivet Grænserne for ud- og indgaaende Strøm. Strømmen er angivet med den misvisende Retning, hvorfra den kommer.

BEREGNING AF DEN RESULTERENDE MIDDELSTRØM FOR ENKELTE MAANEDER.

Det Begreb, som jeg i det følgende vil anvende, er »den resulterende Middelstrøm for en Maaned«, Definition af Udtrykket »resulterende Middelstrøm for en Maaned« hvorved skal forstås den Størrelse, man faar for et bestemt Sted ved at behandle de Strømobservationer, som er foretaget i en Maaned (ca. 180), paa følgende Maade:

- 1) Strømmene, som er opført efter 16 Retninger, deles i de udgaaende og de indgaaende.
- 2) Resultanten af de udgaaende Strømme findes og divideres med det hele Antal Strømobservationer.
- 3) Resultanten af de indgaaende Strømme findes og divideres med det hele Antal Strømobservationer.
- 4) De under 2) og 3) fundne Resultanter subtraheres fra hinanden uden Hensyn til Retningen.

Denne sidste Subtraktion af de to Strømme uden Hensyn til deres Retninger begrundes dermed, at selv om lokale Forhold virker saaledes paa Strømmene, at deres Retninger ikke falder i Forlængelse af hinanden, saa er dog den udgaaende Strøm for sig Repræsentant for de Vandmasser, der bevæger sig den ene Vej og den indgaaende Strøm Repræsentant for de Vandmasser, der bevæger sig den anden Vej; naar man derfor ønsker at finde et Udtryk for den Vandmængde, der er ført til den ene eller den anden Side, faar man sandsynligvis dette bedst ved simpelthen at trække dem fra hinanden i Stedet for f. Eks. at danne deres geometriske Differens.

Til Udregning af Middelstrømmen for Maanederne er benyttet den foreløbige Bearbejdelse, som er foretaget i nautisk-meteorologisk Aarbog. I denne er der for hver Maaned udregnet Hyppigheden i $\%$ for Strømme fra Retningerne N, NNØ, NØ o. s. v., samt Middelhastigheden i Kvml/Time for de i disse Retninger i den paagældende Maaned optrædende Strømme. Disse procentiske Hyppigheder og Middelværdier for Strømmen multipliceredes for hver enkelt Retning med hinanden og divideredes med 100, hvorved man fik Middelværdierne for Strømmen fra de forskellige Retninger i den paagældende Maaned. Derpaa bestemtes Resultanten for alle Middelværdierne, der laa indenfor Vinklen for udgaaende Strømme ved geometrisk Addition og ligesaa for de indgaaende Strømme.

De saaledes udregnede maanedlige Middelværdier for den udgaaende og den indgaaende Strøm samt deres aritmetiske Differens er efter at være omsat i cm/sec opført i Tabellerne 5—15.

Det vil være af Interesse at danne sig et Skøn over den Nøjagtighed, hvormed disse Middelværdier er bestemt.

Selve Observationerne er foretaget hver 4de Time, altsaa i et Antal af ca. 180 pr. Maaned. Strømmens Styrke er opført i Kvml/Time med 1 Decimal. Observationerne er som anført taget dels ved Log, dels ved Skøn af Officerer paa Fyrskibene.

Den absolute Nøjagtighed er rimeligvis noget afhængig af Strømmens Styrke, men for Strømme i Nærheden af 1 Kvml/Time kan man maaske sætte Middelfejlen for en enkelt Observation til 0,1 à 0,2 Kvml/Time. Hvis man antager, at der ved Retningsbestemmelsen ikke indføres Fejl, som i væsentlig Grad gør sig gældende i Beregningen af Resultanterne, og at Retningerne derfor kan betragtes som rigtige, vil Middelfejlen paa Middelværdien for en enkelt Retning blive ovennævnte Middelfejl divideret med Kvadratroden af Antallet af Observationer for en bestemt Retning, idet Observationerne betragtes som Gentagelser, og der kun tages Hensyn til de Forskelle mellem dem, som skyldes Observationsfejl.

Antallet af Observationer fra de forskellige Retninger er meget forskelligt. For Horns Rev f. Eks. findes omtrent Halvdelen, for Læsø Trindel omtrent Fjerdedelen og for Kobbergrunden omtrent Sjettedelen af Strømmene fra een Retning. Man kan altsaa i disse Tilfælde regne med henholdsvis 90, 45 og 30 Observationer fra den Retning, for hvilken der er flest. Hvis man regner med Middelfejlen 0,2 Kvml/Time for den enkelte Observation, bliver Middelfejlen for disse Middeltal henholdsvis 0,02, 0,03 og 0,04 Kvml/Time paa Grund af Observationsfejlene.

Da Middeltallene i Aarbogen er angivet med en Nøjagtighed af 0,1 Kvml/Time, bliver der herved indført en Afrundingsfejl, som giver en Middelfejl for det her beregnede Middeltal af $\frac{0,05}{\sqrt{3}} = 0,03$, som altsaa i de nævnte Eksempler er af samme Størrelsesorden som Middelfejlen hidrørende fra Observationsfejlene. Tilsammen vil de frembringe en Middelfejl i Middeltallet, som kan sættes til

$$\sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = 0,04 \text{ Kvml/Time.}$$

For de Steder, hvor Strømobservationerne falder i to bestemte Hovedretninger, og hvor der kun findes faa Observationer udenfor disse, vil man altsaa for hver Resultant have en Middelfejl af denne Størrelsesorden 0,04 Kvml/Time, og paa Differensen mellem dem bliver Middelfejlen $0,04 \times 1,4$ Kvml/Time, hvilket er 3 cm/sec.

Efter denne Betragtning stiller Forholdene sig noget gunstigere, hvor Observationerne er spredt over flere Retninger, idet Middelfejlen, som opstaar ved Afrundingsfejlene, bliver formindsket ved Sammensætningen af Strømkomposanterne for de forskellige Retninger; Middelfejlen for Resultanten hidrørende fra Observationsfejlene maa derimod blive af samme Størrelsesorden, som naar Strømmene er samlet paa faa Retninger, og den samlede Middelfejl bliver vel derfor ogsaa omtrent den samme som ovenfor.

Hvor Strømmene gennemgaaende er svage, og hvor man derfor sandsynligvis maa forudsætte en større absolut Nøjagtighed for Observationerne, kan Middelfejlen maaske af den Grund blive reduceret noget. Til Gengæld har man saa ved svage Strømme mindre udprægede Grænser for ud- og indgaaende Strømme som f. Eks. ved Kobbergrunden; i det hele taget er de svage Strømme som Regel spredt over saa mange Retninger, at metodiske Fejl kan fremkomme ved, at der kun regnes med en enkelt Hovedretning, og ved at den i denne Retning fundne Resultant betragtes som et Maal for Vandbevægelsen paa dette Sted.

DEN RESULTERENDE MIDDELSTRØMS AFHÆNGIGHED AF VINDEN.

De udregnede faktiske Maanedsmiddelværdier for den ud- og indgaaende Overfladestrøm giver et sammentrængt Udtryk for, hvorledes Vandbevægelsen i store Træk foregaar i vore Farvande og for, hvorledes den til bestemte Tider har været.

Ved Siden af den Betydning, det kan have at kende disse faktiske Forhold, vil det være af Vigtighed at finde en Sammenhæng mellem Middelværdierne for Strømmen og andre optrædende Fænomener, der kan betinge deres Størrelse.

Nærliggende er det at søge en Aarsag til Vandbevægelsen i Vinden, og som nævnt i Indledningen er der ogsaa tidligere gjort Undersøgelser angaaende denne Sammenhæng for de danske Farvande.

I et Arbejde af ROLF WITTING¹⁾ er det paa Grundlag af en Række (ialt 5693) Observationer vist, at man for flere Stationer i Østersøen, en Station i Ladoga Søen og for Kobbergrunden i Kattegat har, at Strømmen, som fremkaldes af Vinden, med en ikke ringe Tilnærmelse kan sættes proportional med Kvadratrod af den Vindstyrke, som i Øjeblikket findes paa det paagældende Sted, idet Vindstyrken udtrykkes i halve Beauforts Enheder (0—12).

Wittings Under-
søgelse af Sam-
menhængen
mellem Strøm
og Vind.

Da Loven er fundet at gælde for Kobbergrunden, er det naturligt at forsøge at anvende den ogsaa for de andre Steder, men medens Kobbergrunden ligger forholdsvis frit, maa man være forberedt paa, at Farvandenens ofte meget indviklede Form kan øve en forstyrrende Indflydelse.

Ved Anholt Knob Fyrskib bevirker f. Eks. Anholt Rev, at Strømmens Retning omtrent altid er mod den østlige Side af Kompasrosen.

I Wittings Arbejde er forudsat, at Strømstyrken for de forskellige Azimuther kan fremstilles ved Radiani vectores i en Ellipse, hvor Hovedretningerne for udgaaende og indgaaende Strøm ligger i Forlængelse af hinanden.

Dette lader sig aabenbart ikke umiddelbart overføre paa saadanne Strømforhold, som man f. Eks. har ved Anholt Knob, hvor de ud- og indgaaende Strømmes Hovedretninger henholdsvis er fra S 41 V og N 37 V (se Tabel 2). Da imidlertid Strømmen de fleste Steder væsentlig holder sig til de to Hovedretninger »udgaaende« og »indgaaende«, som blot ikke altid ligger i Forlængelse af hinanden, er Differensen mellem de udgaaende og de indgaaende Strømmes Komposanter i disse Retninger alene betragtet som Maal for Vandbevægelsen paa de forskellige Steder, og foretager man en Drejning af den ene af Retningerne, saa at de kommer til at ligge i hinandens Forlængelse, vil man have en Analogi til de Strømretninger, som fremstilles ved den store Akse i Strøme ellipsen i Wittings Arbejde; da der desuden paa flere af de Steder, hvor Strømobservationerne er anstillet, kun findes to Retninger, som ligger i hinandens Forlængelse, vil det være rimeligt at antage, at den af Witting fundne Sammenhæng mellem Vind og Strøm i Overfladen ogsaa er til Stede her, selv om man nok kan vente større Afvigelser i saa indviklede Farvande som de danske i Sammenligning med de Steder, hvorfra Witting i det væsentlige har hentet sit Observationsmateriale.

At Retningerne for de under 2) og 3) Side 9 bestemte Resultanter ikke er helt de samme for hver Maaned, faar ingen nævneværdig Betydning i denne Henseende; Projektionen af de fundne Resultanter paa faste Retninger bestemte ved Hovedretningernes Beliggenhed vil være lig selve Resultanterne indenfor de Fejlgrænser, man af andre Grunde maa regne med.

Det er Opgaven i det følgende at finde, hvilken Indflydelse enhver Vindretning i den 8-delte Kompasrose har paa den foran definerede Middelstrøm.

Fremgangs-
maaden ved
Undersøgelsen
af Sammen-
hængen mellem
Vind og Strøm

Antager vi med Witting, at en Vind af bestemt Styrke og Retning giver en Strøm af bestemt Styrke og Retning, og at Strømmens Styrke er proportional med Kvadratrod af Vindens Styrke efter Beaufort (0—12), kan vi altsaa sætte:

$$S = K \cdot \sqrt{v},$$

hvor S er Strømstyrken, v Vindstyrken og K en Konstant.

Af Hensyn til den Bearbejdelse, som Meteorologisk Institut har foretaget af Vindobservationerne fra Fyrskibene, vil det være bekvemt i Stedet for Funktionen $\sqrt{v}$ at have en lineær Funktion for Strømmens Afhængighed af Vinden.

Vi sætter derfor:

$$s = k(v + m),$$

idet k og m er Konstanter.

Forlanges, at S og s skal være lige store for Vindstyrkerne 2 og 4, faas $m = 2,83$; afrundes dette til 3, har man Strømstyrken udtrykt ved:

$$S = K\sqrt{v} \text{ eller } s = k(v + 3).$$

¹⁾ Zur Kenntnis des vom Winde erzeugten Oberflächenstromes. Ann. d. Hydrographie 1909 Side 193.

Forlanges, at S og s skal være ens for Vindstyrken 4, bliver $K = 3,5 \cdot k$, altsaa:

$$S = k \cdot 3,5 \sqrt{v},$$

$$s = k \cdot (v + 3).$$

De to Størrelser $3,5 \sqrt{v}$ og $v + 3$ er i Virkeligheden ikke meget forskellige, naar undtages de stærkeste Vindstyrker; dette ses af Tabel 3.

Tabel 3. Vindstyrke efter Beaufort (0—12).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$3,5 \sqrt{v}$	3,5	4,9	6,1	7,0	7,8	8,6	9,3	9,9	10,5	11,1	11,6	12,1
$v + 3$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0

Overensstemmelsen mellem de to Funktioner er for de lavere Vindstyrkers Vedkommende saa stor, at man sikkert i det foreliggende Tilfælde for disse ligesaa vel kan anvende den ene som den anden Funktion. Funktionen $\sqrt{v}$ er af Witting kun vist at gælde til Vindstyrken 6.

Størrelsen k i Ligningen $s = k(v + 3)$ maa antages at være forskellig for de forskellige Vindretninger og skal ved Udjævning bestemmes for hver enkelt af disse.

Foreløbig betragtes kun Vinde fra en bestemt Retning, og Styrken af de Vinde, som i Løbet af en Maaned er observeret at blæse fra denne Retning, kaldes $v_1, v_2, v_3 \dots v_n$; de tilsvarende Strømstyrker kaldes $s_1, s_2, s_3 \dots s_n$, og man skal da efter Teorien have:

$$s_1 = k(v_1 + 3)$$

$$s_2 = k(v_2 + 3)$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$s_n = k(v_n + 3),$$

altsaa:

$$s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n = k(v_1 + v_2 + \dots + v_n + 3n).$$

I nautisk-meteorologisk Aarbog er opgivet Middelværdien af Vindstyrken for de forskellige Retninger; kaldes Middelstyrken V_m , er altsaa:

$$\frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n}{n} = V_m.$$

Endvidere er opgivet denne Vinds procentiske Hyppighed p ; er der i det hele N Observationer i en Maaned, er $p = \frac{n}{N} \cdot 100$.

Man faar da:

$$s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n = k \cdot p \cdot \frac{N}{100} (V_m + 3);$$

for en anden Vindretning haves:

$$s'_1 + s'_2 + s'_3 + \dots + s'_t = k' \cdot p' \cdot \frac{N}{100} \cdot (V'_m + 3)$$

og saaledes for ialt 8 Vindretninger.

Lægges disse Ligninger sammen og divideres paa begge Sider med N , faas den resulterende Middelstrømstyrke for en Maaned S_m udtrykt ved:

$$S_m = k \frac{p(V_m + 3)}{100} + k' \frac{p'(V'_m + 3)}{100} + \dots \text{(ialt 8 Led)},$$

forsaavidt man tænker sig S_m afhængig af Vinden alene.

Da der foruden Vinden findes flere Aarsager til Strømmen og blandt disse den ved Ferskvands-tilførslen til Østersøen fremkaldte Udstrømning, vil jeg delvis tage denne i Betragtning ved et konstant Led C.

Skrives endvidere i Stedet for k, k', k'' o. s. v. n, nø, ø, sø, s, sv, v og nv, for ved disse Betegnelser at antyde, til hvilke Vindretninger Konstanterne hører, bliver Formlen:

$$S_m = C + n\varphi_n + n\varphi_{n\varphi} + \dots \text{ (ialt 9 Led),}$$

idet

$$\varphi = \frac{P}{100} \cdot (V_m + 3),$$

og Index for φ angiver den Vindretning, hvortil den hører.

I disse Ligninger er der altsaa 9 ubekendte Konstanter, og idet der i Ligningerne regnes med Maanedsmiddeltal, faas 12 Ligninger for hvert Aar, altsaa for det behandlede Tidsrum 1897—1908 ialt 144 Ligninger for hvert Fyrskib; ofte var der dog et Par Ligninger mindre paa Grund af manglende Observationer.

Konstanterne fandtes ved Udjævning og er opført i Tabel 4.

Tabel 4.

Fyrskib	C	n	nø	ø	sø	s	sv	v	nv
Horns Rev.	10,0	— 1,4	—10,4	1,9	—4,8	— 9,7	— 5,0	— 6,2	— 1,9
Vyl	18,1	— 6,3	— 4,0	—1,2	—2,4	— 6,3	— 5,8	— 5,8	— 2,9
Skagens Rev	69,4	—17,3	1,4	5,8	—4,3	—15,3	—15,4	—17,1	—14,6
Læsø Rende	42,8	— 6,3	— 2,3	4,5	3,2	2,7	— 4,0	— 9,0	—12,0
Læsø Trindel	13,1	— 2,7	4,3	3,3	7,0	7,6	— 6,3	— 3,3	— 1,4
Kobbergrunden	—12,6	3,5	4,4	4,8	7,4	6,3	2,5	1,2	— 1,0
Anholt Knob	—38,6	7,7	15,4	13,1	9,5	5,3	2,0	2,5	— 0,7
Schultz's Grund	44,7	— 4,3	0,8	—1,6	2,1	— 8,1	—11,9	—13,1	—12,3
Lappegrunden	43,1	2,4	8,3	2,1	8,2	7,6	— 5,2	—12,8	— 8,0
Drogden	18,7	3,9	1,2	—0,7	3,6	— 0,8	— 3,9	—10,1	0,6

Ved Hjælp af ovenstaaende Formel og Konstanterne i Tabel 4 er det nu muligt at finde en beregnet Værdi for den resulterende Middelstrøm for en Maaned, naar Middelstyrken af Vindene fra de forskellige Retninger og deres Hyppigheder kendes. Disse beregnede Værdier er i Tabellerne 5—14 opført i Kolonnen »Resulterende Strøm beregnet» for de i Tabellerne angivne Fyrskibe for Tidsrummet 1897—1908. Den ved Udjævning beregnede resulterende Middelstrøm

I Tabellerne er tillige opført den resulterende udgaaende Middelstrøm for hver Maaned, den resulterende indgaaende Middelstrøm samt Differensen mellem disse, som jeg har kaldt den resulterende Middelstrøm for Maaneden, og som altsaa skal sammenlignes med den af Vinden beregnede Værdi. Differensen mellem disse sidste er ligeledes opført i Tabellerne.

I Tabel 15 er for Gjeds Rev opført de samme Størrelser som for de andre Fyrskibe med Undtagelse af den af Vinden beregnede Værdi for Strømmen, idet Metoden for dette Fyrskib viste sig ubrugelig rimeligvis paa Grund af, at Vandmasser kan opmagasineres i Østersøen og Strømmen blive afhængig deraf.

En grafisk Fremstilling svarende til Tabellerne 5—14 findes paa Tavlerne III—VII, hvor den resulterende Middelstrøm for hver Maaned og dens beregnede Værdi er afsat som Ordinat med Tiden som Abscisse. Punkterne er forbundet henholdsvis med optrukne og med punkterede Linier. Grafisk Fremstilling af den beregnede resulterende Middelstrøm

Tabel 5. **HORNS REV.** 55° 34',1 N. Br. 7° 19',5 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 10,0 - 1,4 N - 10,4 N\bar{O} + 1,9 \bar{O} - 4,8 S\bar{O} - 9,7 S - 5,0 SV - 6,2 V - 1,9 NV,$$

hvor N , $N\bar{O}$... betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	19	35	—16	—19	3	1901 J	16	39	—23	—26	3	1905 J	20	40	—20	—21	1
F	18	42	—24	—17	7	F	21	34	—13	—19	6	F	19	37	—18	—20	2
M	10	46	—36	—25	11	M	17	35	—18	—19	1	M	17	45	—28	—26	2
A	20	35	—15	—10	5	A	18	35	—17	—15	2	A	19	40	—21	—12	9
M	19	37	—18	—18	0	M	24	30	—6	—6	0	M	23	34	—11	—16	5
J	23	31	—8	—14	6	J	22	31	—9	—16	7	J	25	34	—9	—16	7
J	19	36	—17	—13	4	J	23	31	—8	—5	3	J	23	32	—9	—9	0
A	15	54	—39	—23	16	A	22	34	—12	—14	2	A	17	39	—22	—20	2
S	17	48	—31	—21	10	S	21	29	—8	—18	10	S	21	37	—16	—11	5
O	16	36	—20	—18	2	O	18	36	—18	—17	1	O	17	40	—23	—16	7
N	21	36	—15	—22	7	N	18	40	—22	—14	8	N	21	38	—17	—19	2
D	15	50	—35	—26	9	D	11	47	—36	—32	4	D	23	31	—8	—18	10
1898 J	16	34	—18	—24	6	1902 J	17	39	—22	—24	2	1906 J	15	43	—28	—28	0
F	12	44	—32	—29	3	F	25	30	—5	—15	10	F	18	41	—23	—27	4
M	23	34	—11	—19	8	M	15	42	—27	—21	6	M	19	41	—22	—21	1
A	21	30	—9	—14	5	A	17	37	—20	—18	2	A	21	31	—10	—15	5
M	23	33	—10	—17	7	M	20	38	—18	—15	3	M	20	35	—15	—16	1
J	19	40	—21	—13	8	J	17	36	—19	—12	7	J	24	30	—6	—7	1
J	26	28	—2	—12	10	J	20	34	—14	—16	2	J	23	30	—7	—14	7
A	17	34	—17	—20	3	A	20	34	—14	—12	2	A	20	32	—12	—15	3
S	19	34	—15	—16	1	S	19	34	—15	—15	0	S	26	31	—5	—8	3
O	24	31	—7	—15	8	O	20	34	—14	—16	2	O	14	40	—26	—30	4
N	14	45	—31	—26	5	N	19	35	—16	—20	4	N	17	42	—25	—23	2
D	17	38	—21	—32	11	D	21	30	—9	—16	7	D	15	39	—24	—25	1
1899 J	17	43	—26	—23	3	1903 J	15	37	—22	—30	8	1907 J	18	34	—16	—19	3
F	17	29	—12	—22	10	F	15	41	—26	—31	5	F	18	37	—19	—25	6
M	17	35	—18	—20	2	M	14	42	—28	—37	9	M	19	36	—17	—16	1
A	18	43	—25	—17	8	A	19	38	—19	—16	3	A	22	36	—14	—8	6
M	21	37	—16	—20	4	M	19	34	—15	—11	4	M	20	35	—15	—12	3
J	25	28	—3	—7	4	J	26	33	—7	—8	1	J	14	40	—26	—21	5
J	22	32	—10	—13	3	J	17	48	—31	—16	15	J	21	30	—9	—9	0
A	27	26	1	—7	8	A	14	45	—31	—21	10	A	16	41	—25	—20	5
S	11	42	—31	—21	10	S	18	31	—13	—21	8	S	24	28	—4	—10	6
O	23	35	—12	—20	8	O	9	59	—50	—30	20	O	17	42	—25	—21	4
N	21	35	—14	—23	9	N	18	35	—17	—17	0	N	18	44	—26	—27	1
D	18	40	—22	—20	2	D	16	36	—20	—27	7	D	19	38	—19	—22	3
1900 J	15	38	—23	—21	2	1904 J	12	45	—33	—30	3	1908 J	22	35	—13	—22	9
F	13	43	—30	—17	13	F	13	47	—34	—16	18	F	18	42	—24	—21	3
M	24	28	—4	—13	9	M	18	32	—14	—13	1	M	15	56	—41	—23	18
A	18	35	—17	—18	1	A	14	37	—23	—21	2	A	20	35	—15	—15	0
M	22	32	—10	—13	3	M	17	47	—30	—20	10	M	20	37	—17	—12	5
J	19	33	—14	—16	2	J	20	34	—14	—11	3	J	27	31	—5	—9	4
J	18	37	—19	—14	5	J	25	31	—6	—12	6	J	21	30	—9	—10	1
A	20	38	—18	—16	2	A	19	38	—19	—13	6	A	17	32	—15	—15	0
S	18	33	—15	—15	0	S	23	29	—6	—14	8	S	18	35	—17	—21	4
O	13	47	—34	—22	12	O	18	37	—19	—15	4	O	24	23	1	—14	15
N	16	38	—22	—22	0	N	18	39	—21	—16	5	N	21	32	—11	—22	11
D	14	47	—33	—29	4	D	18	43	—25	—21	4	D	21	29	—8	—20	12

Resultanten af Strømme fra Retningerne S 79 V—N—N 79 Ø er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » N 79 Ø—S—S 79 V » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 6. **VYL.** 55° 23',6 N. Br. 7° 45',0 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 18,1 - 6,3 N - 4,0 N\bar{O} - 1,2 \bar{O} - 2,4 S\bar{O} - 6,3 S - 5,8 S\bar{V} - 5,8 V - 2,9 N\bar{V},$$

hvor N, NØ ... betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm					Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm					Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm				
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm	de bereg- net	Diffe- rens a—b		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm	de bereg- net	Diffe- rens a—b		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm	de bereg- net	Diffe- rens a—b
1897 J	21	23	— 2	— 3	1	1901 J	18	27	— 9	— 12	3	1905 J	23	31	— 8	— 13	5
F	20	28	— 8	— 11	3	F	19	26	— 7	— 8	1	F	20	33	— 13	— 13	0
M	16	30	— 14	— 11	— 3	M	19	25	— 6	— 6	0	M	24	30	— 6	— 10	4
A	19	28	— 9	— 7	— 2	A	19	26	— 7	— 6	— 1	A	23	33	— 10	— 8	— 2
M	18	29	— 11	— 9	— 2	M	22	23	— 1	— 3	2	M	24	31	— 7	— 9	2
J	22	23	— 1	— 8	7	J	19	25	— 6	— 7	1	J	25	30	— 5	— 4	— 1
J	18	27	— 9	— 11	2	J	23	28	— 5	— 1	— 4	J	24	29	— 5	— 8	3
A	17	29	— 12	— 12	0	A	18	29	— 11	— 11	0	A	19	33	— 14	— 12	— 2
S	16	33	— 17	— 13	— 4	S	24	24	0	— 2	2	S	22	33	— 11	— 8	— 3
O	20	27	— 7	— 6	— 1	O	19	27	— 8	— 8	0	O	17	36	— 19	— 12	— 7
N	20	25	— 5	— 11	6	N	16	31	— 15	— 12	— 3	N	22	30	— 8	— 9	1
D	18	28	— 10	— 14	4	D	14	34	— 20	— 18	— 2	D	20	29	— 9	— 13	4
1898 J	18	31	— 13	— 15	2	1902 J	15	35	— 20	— 20	0	1906 J	18	32	— 14	— 15	1
F	14	29	— 15	— 17	2	F	25	23	2	— 4	6	F	17	36	— 19	— 13	— 6
M	22	25	— 3	— 7	4	M	19	29	— 10	— 11	1	M	18	35	— 17	— 16	— 1
A	20	24	— 4	— 4	0	A	23	27	— 4	— 3	— 1	A	22	30	— 8	— 7	— 1
M	22	24	— 2	— 9	7	M	20	30	— 10	— 9	— 1	M	20	29	— 9	— 4	— 5
J	19	28	— 9	— 9	0	J	20	28	— 8	— 2	— 6	J	22	27	— 5	— 7	2
J	19	28	— 9	— 11	2	J	19	31	— 12	— 11	— 1	J	21	31	— 10	— 8	— 2
A	19	29	— 10	— 12	2	A	19	27	— 8	— 7	— 1	A	21	31	— 10	— 9	— 1
S	22	25	— 3	— 10	7	S	22	27	— 5	— 8	3	S	25	26	— 1	— 3	2
O	23	23	0	— 6	6	O	20	33	— 13	— 11	— 2	O	18	31	— 13	— 12	— 1
N	19	26	— 7	— 11	4	N	23	30	— 7	— 6	— 1	N	18	34	— 16	— 12	— 4
D	12	37	— 25	— 22	— 3	D	27	28	— 1	— 10	9	D	20	35	— 15	— 10	— 5
1899 J	14	31	— 17	— 14	— 3	1903 J	21	32	— 11	— 14	3	1907 J	20	32	— 12	— 11	— 1
F	16	24	— 8	— 10	2	F	15	41	— 26	— 23	— 3	F	19	30	— 11	— 12	1
M	16	26	— 10	— 13	3	M	18	41	— 23	— 17	— 6	M	21	30	— 9	— 11	2
A	19	26	— 7	— 9	2	A	21	31	— 10	— 12	2	A	21	29	— 8	— 2	— 6
M	19	26	— 7	— 8	1	M	21	32	— 11	— 6	— 5	M	22	30	— 8	— 5	— 3
J	20	25	— 5	— 4	— 1	J	25	28	— 3	— 7	4	J	19	33	— 14	— 12	— 2
J	19	26	— 7	— 8	1	J	21	32	— 11	— 9	— 2	J	21	28	— 7	— 11	4
A	21	27	— 6	— 7	1	A	18	34	— 16	— 17	1	A	17	36	— 19	— 16	— 3
S	15	31	— 16	— 12	— 4	S	24	29	— 5	— 4	— 1	S	21	28	— 7	— 6	— 1
O	16	27	— 11	— 15	4	O	17	38	— 21	— 16	— 5	O	22	29	— 7	— 8	1
N	16	29	— 13	— 17	4	N	20	34	— 14	— 12	— 2	N	19	30	— 11	— 8	— 3
D	21	24	— 3	— 6	3	D	22	29	— 7	— 8	1	D	23	30	— 7	— 9	2
1900 J	19	25	— 6	— 8	2	1904 J	17	31	— 14	— 15	1	1908 J	19	33	— 14	— 14	0
F	18	26	— 8	— 5	— 3	F	19	35	— 16	— 9	— 7	F	18	33	— 15	— 15	0
M	20	24	— 4	— 6	2	M	25	27	— 2	— 3	1	M	22	32	— 10	— 5	— 5
A	17	24	— 7	— 10	3	A	19	32	— 13	— 9	— 4	A	22	27	— 5	— 6	1
M	20	25	— 5	— 6	1	M	20	32	— 12	— 9	— 3	M	24	28	— 4	— 4	0
J	20	24	— 4	— 5	1	J	24	29	— 5	— 8	3	J	23	28	— 5	— 6	1
J	18	27	— 9	— 6	— 3	J	25	27	— 2	— 5	3	J	21	30	— 9	— 8	— 1
A	20	28	— 8	— 7	— 1	A	18	32	— 14	— 9	— 5	A	17	32	— 15	— 11	— 4
S	16	29	— 13	— 10	— 3	S	25	25	0	— 2	2	S	21	30	— 9	— 11	2
O	13	32	— 19	— 14	— 5	O	20	32	— 12	— 11	— 1	O	25	26	— 1	— 2	1
N	18	25	— 7	— 7	0	N	19	34	— 15	— 12	— 3	N	23	29	— 6	— 14	8
D	15	31	— 16	— 17	1	D	20	37	— 17	— 14	— 3	D	21	30	— 9	— 11	2

Resultanten af Strømme fra Retningerne S 45 V—N—N 45 Ø er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » N 45 Ø—S—S 45 V » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 7. **SKAGENS REV.** 57° 46',0 N. Br. 10° 43',3 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 69,4 - 17,3 N + 1,4 N\bar{O} + 5,8 \bar{O} - 4,3 S\bar{O} - 15,3 S - 15,4 SV - 17,1 V - 14,6 NV,$$

hvor $N, N\bar{O} \dots$ betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	55	5	50	54	— 4	1901 J	32	17	15	— 3	18	1905 J	20	41	— 21	— 10	— 11
F	11	32	— 21	— 20	— 1	F	17	23	— 6	10	— 16	F	14	35	— 21	— 9	— 12
M	43	18	25	32	— 7	M	50	8	42	43	— 1	M	38	19	19	16	3
A	37	8	29	32	— 3	A	37	20	17	22	— 5	A	41	20	21	16	5
M	43	25	18	14	4	M	49	10	39	26	13	M	32	22	10	7	3
J	42	29	13	2	11	J	26	24	2	— 2	4	J	44	20	24	19	5
J	31	30	1	6	— 5	J	31	21	10	11	— 1	J	15	39	— 24	— 20	— 4
A	26	25	1	4	— 3	A	22	28	— 6	— 7	1	A	32	29	3	2	1
S	10	40	— 30	— 26	— 4	S	57	2	55	35	20	S	40	26	14	6	8
O	28	14	14	— 4	18	O	17	23	— 6	8	— 14	O	44	15	29	19	10
N	36	34	2	— 16	18	N	18	33	— 15	— 13	— 2	N	47	22	25	26	— 1
D	26	21	5	5	0	D	23	18	5	22	— 17	D	12	33	— 21	— 24	3
1898 J	8	48	— 40	— 30	— 10	1902 J	12	44	— 32	— 25	— 7	1906 J	20	32	— 12	— 15	3
F	29	20	9	8	1	F	29	11	18	18	0	F	23	23	0	— 2	2
M	39	17	22	27	— 5	M	30	19	11	16	— 5	M	25	34	— 9	— 21	12
A	58	5	53	50	3	A	54	3	51	42	9	A	40	14	26	10	16
M	42	26	16	6	10	M	31	22	9	25	— 16	M	38	18	20	27	— 7
J	27	23	4	6	— 2	J	26	28	— 2	25	— 27	J	30	25	5	7	— 2
J	14	33	— 19	— 23	4	J	16	35	— 19	— 21	2	J	20	32	— 12	— 3	— 9
A	23	26	— 3	— 11	8	A	11	26	— 15	— 9	— 6	A	12	23	— 11	— 9	— 2
S	12	25	— 13	— 11	— 2	S	9	20	— 11	8	— 19	S	36	19	17	24	— 7
O	49	12	37	23	14	O	50	13	37	11	26	O	28	19	9	10	— 1
N	28	17	11	6	5	N	35	12	23	18	5	N	39	21	18	8	10
D	8	50	— 42	— 38	— 4	D	38	25	13	24	— 11	D	14	23	— 9	8	— 17
1899 J	16	24	— 8	3	— 11	1903 J	28	32	— 4	— 5	1	1907 J	15	28	— 13	— 10	— 3
F	21	24	— 3	— 4	1	F	7	54	— 47	— 50	3	F	19	32	— 13	— 11	— 2
M	13	34	— 21	— 12	— 9	M	9	42	— 33	— 15	— 18	M	9	38	— 29	— 19	— 10
A	14	35	— 21	— 13	— 8	A	36	17	19	24	— 5	A	48	11	37	34	3
M	47	15	32	24	8	M	31	21	10	26	— 16	M	32	20	12	26	— 14
J	40	16	24	17	7	J	47	14	33	26	7	J	19	22	— 3	10	— 13
J	35	29	6	0	6	J	20	34	— 14	— 13	— 1	J	27	19	8	5	13
A	33	18	15	12	3	A	9	40	— 31	— 38	7	A	7	29	— 22	— 27	5
S	13	26	— 13	— 9	— 4	S	35	12	23	18	5	S	10	22	— 12	— 12	0
O	14	32	— 18	— 38	20	O	32	22	10	18	— 8	O	39	13	26	30	— 4
N	10	44	— 34	— 48	14	N	13	34	— 21	— 14	— 7	N	36	17	19	25	— 6
D	52	5	47	42	5	D	52	16	36	31	5	D	45	13	32	35	— 3
1900 J	40	19	21	24	— 3	1904 J	19	44	— 25	— 8	— 17	1908 J	19	34	— 15	— 22	7
F	52	7	45	47	— 2	F	59	9	50	49	1	F	7	41	— 34	— 21	— 13
M	35	19	16	22	— 6	M	58	10	48	49	— 1	M	66	4	62	57	5
A	35	26	9	3	6	A	28	29	— 1	— 2	1	A	54	8	46	37	9
M	29	13	16	8	8	M	26	29	— 3	11	— 14	M	23	24	— 1	16	— 17
J	39	16	23	12	11	J	25	30	— 5	— 6	1	J	22	28	— 6	2	— 8
J	22	27	— 5	— 9	4	J	11	36	— 25	— 16	— 9	J	38	16	22	12	10
A	31	18	13	0	13	A	16	26	— 10	— 10	0	A	15	30	— 15	— 4	— 11
S	8	39	— 31	— 18	— 13	S	45	13	32	32	0	S	17	20	— 3	2	— 5
O	25	15	10	— 2	12	O	22	33	— 11	— 6	— 5	O	58	9	49	30	19
N	59	8	51	26	25	N	20	31	— 11	— 14	3	N	32	26	6	— 10	16
D	30	36	— 6	— 12	6	D	20	37	— 17	— 11	— 6	D	31	25	6	12	— 6

Resultanten af Strømme fra Retningerne N 68 Ø—S—S 68 V er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

S 68 V—V—N 68 Ø » » » indgaaende » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 8. **LÆSØ RENDE.** 57° 12',8 N. Br. 10° 41',7 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 42,8 - 6,3 N - 2,3 N\bar{O} + 4,5 O + 3,2 S\bar{O} + 2,7 S - 4,0 S\bar{V} - 9,0 V - 12,0 N\bar{V},$$

hvor N, NØ ... betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	42	5	37	37	0	1901 J	36	7	29	29	0	1905 J	28	18	10	15	— 5
F						F	34	4	30	24	6	F	23	9	14	13	1
M	37	10	27	40	— 13	M	44	4	40	41	— 1	M	45	1	44	46	— 2
A	30	2	28	33	— 5	A	41	6	35	36	— 1	A	28	10	18	21	— 3
M	30	4	26	25	1	M	37	2	35	31	4	M	30	4	26	21	5
J	29	8	21	22	— 1	J	23	13	10	22	— 12	J	35	1	34	28	6
J	18	13	5	12	— 7	J	29	4	25	25	0	J	14	19	— 5	— 3	— 2
A	36	3	33	30	3	A	25	11	14	12	2	A	38	7	31	20	11
S	18	15	3	8	— 5	S	49	1	48	44	4	S	34	9	25	19	6
O	27	4	23	23	0	O	29	4	25	29	— 4	O	27	11	16	20	— 4
N	24	12	12	13	— 1	N	18	21	— 3	— 2	— 1	N	44	3	41	34	7
D	32	8	24	26	— 2	D	37	6	31	36	— 5	D	22	16	6	3	3
1898 J	19	14	5	4	1	1902 J	14	22	— 8	— 11	3	1906 J	31	6	25	17	8
F	25	11	14	22	— 8	F	31	3	28	29	— 1	F	32	7	25	28	— 3
M	34	6	28	21	7	M	27	3	24	30	— 6	M	21	18	3	1	2
A	39	4	35	38	— 3	A	49	1	48	46	2	A	38	1	37	27	10
M	29	5	24	22	2	M	22	10	12	21	— 9	M	38	1	37	32	5
J	24	16	8	19	— 11	J	30	6	24	23	1	J	21	6	15	12	3
J	11	28	— 17	— 7	— 10	J	12	25	— 13	— 4	— 9	J	22	9	13	8	5
A	24	14	10	15	— 5	A	16	15	1	11	— 10	A	24	8	16	10	6
S	23	11	12	7	5	S	25	7	18	16	2	S	30	11	19	25	— 6
O	52	1	51	37	14	O	38	4	34	29	5	O	49	1	48	41	7
N	34	4	30	25	5	N	42	6	36	39	— 3	N	26	14	12	21	— 9
D	15	22	— 7	— 6	— 1	D	26	9	17	27	— 10	D	27	9	18	24	— 6
1899 J	32	12	20	18	2	1903 J	25	8	17	18	— 1	1907 J	20	16	4	9	— 5
F	29	9	20	18	2	F	14	22	— 8	— 13	5	F	28	13	15	19	— 4
M	48	15	33	5	28	M	30	4	26	32	— 6	M	17	14	3	9	— 6
A	21	13	8	13	— 5	A	27	7	20	23	— 3	A	34	6	28	28	0
M	38	2	36	23	13	M	34	1	33	28	5	M	36	3	33	29	4
J	21	7	14	20	— 6	J	22	9	13	26	— 13	J	31	6	25	27	— 2
J	35	9	26	15	11	J	18	11	7	12	— 5	J	27	5	22	9	13
A	22	8	14	19	— 5	A	15	25	— 10	— 7	— 3	A	10	21	— 11	0	— 11
S	21	13	8	9	— 1	S	42	5	37	30	7	S	21	12	9	6	3
O	18	11	7	— 2	9	O	37	4	33	38	— 5	O	57	0	57	49	8
N	19	17	2	— 7	9	N	32	13	19	7	12	N	48	1	47	48	— 1
D	54	4	50	44	6	D	51	0	51	49	2	D	40	3	37	44	— 7
1900 J	46	6	40	34	6	1904 J	41	5	36	26	10	1908 J	17	19	— 2	5	— 7
F						F	45	9	36	44	— 8	F	22	24	— 2	4	— 6
M	32	9	23	24	— 1	M	48	1	47	49	— 2	M	52	1	51	53	— 2
A	33	7	26	24	2	A	30	7	23	20	3	A	36	6	30	33	— 3
M	28	9	19	23	— 4	M	29	9	20	27	— 7	M	33	8	25	21	4
J	36	2	34	26	8	J	27	9	18	4	14	J	27	4	23	21	2
J	27	9	18	19	— 1	J	20	12	8	4	4	J	24	8	16	22	— 6
A	33	3	30	27	3	A	16	20	— 4	2	— 6	A	22	16	6	9	— 3
S	12	20	— 8	9	— 17	S	38	2	36	39	— 3	S	26	13	13	21	— 8
O	23	10	13	18	— 5	O	36	6	30	22	8	O	49	2	47	41	6
N	57	1	56	49	7	N	21	17	4	7	— 3	N	41	10	31	18	13
D	26	14	12	17	— 5	D	23	13	10	9	1	D	39	4	35	34	1

Resultanten af Strømme fra Retningerne S 79 Ø—S—N 79 V er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » N 79 V—N—S 79 Ø » » » indgaaende » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 9. **LÆSØ TRINDEL.** $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{1} 1897 - \frac{1}{9} 1902 \quad 57^{\circ} 25',8 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 16',0 \text{ Ø. L.} \\ \frac{1}{9} 1902 - \frac{31}{12} 1908 \quad 57^{\circ} 26',3 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 16',5 \text{ Ø. L.} \end{array} \right.$

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 13,1 - 2,7 N + 4,3 N\bar{O} + 3,3 \bar{O} + 7,0 S\bar{O} + 7,6 S - 6,3 SV - 3,3 V - 1,4 NV,$$

hvor $N, N\bar{O} \dots$ betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0 12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	28	3	25	34	— 9	1901 J	27	5	22	17	5	1905 J	19	10	9	13	— 4
F	4	11	— 7	— 2	— 5	F						F	23	6	17	10	7
M	32	3	29	34	— 5	M						M	42	3	39	34	5
A	33	1	32	25	7	A	19	6	13	23	— 10	A	19	11	8	20	— 12
M	30	2	28	20	8	M	24	1	23	20	3	M	23	5	18	14	4
J	13	8	5	12	— 7	J	14	6	8	14	— 6	J	21	4	17	14	3
J	14	7	7	7	0	J	14	5	9	14	— 5	J	2	21	— 19	1	— 20
A	16	5	11	19	— 8	A	9	11	— 2	9	— 11	A	34	5	29	16	13
S	14	6	8	5	3	S	32	2	30	36	— 6	S	26	12	14	12	2
O	13	6	7	11	— 4	O	18	8	10	21	— 11	O	30	6	24	19	5
N	15	6	9	11	— 2	N	16	6	10	6	4	N	28	13	15	22	— 7
D	16	7	9	21	— 12	D	29	5	24	29	— 5	D	10	11	— 1	3	— 4
1898 J	8	7	1	2	— 1	1902 J	16	7	9	3	6	1906 J	27	6	21	11	10
F	18	4	14	26	— 12	F	32	5	27	20	7	F	35	9	26	20	6
M	22	3	19	26	— 7	M	35	6	29	22	7	M	23	9	14	8	6
A	30	1	29	30	— 1	A	32	2	30	33	— 3	A	37	3	34	14	20
M	22	3	19	17	2	M	20	8	12	18	— 6	M	28	3	25	25	0
J	19	4	15	14	1	J	16	8	8	18	— 10	J	13	10	3	6	— 3
J	14	6	8	5	3	J	19	11	8	2	6	J	20	8	12	5	7
A	19	6	13	15	— 2	A	22	7	15	10	5	A	15	6	9	10	— 1
S	11	5	6	9	— 3	S	17	12	5	14	— 9	S	29	2	27	22	5
O	32	3	29	25	4	O	30	8	22	18	4	O	35	6	29	32	— 3
N	17	11	6	10	— 4	N	34	5	29	26	3	N	19	14	5	17	— 12
D	7	11	— 4	— 4	0	D	17	11	6	21	— 15	D	13	7	6	8	— 2
1899 J	19	7	12	14	— 2	1903 J	31	6	25	16	9	1907 J	23	6	17	11	6
F	25	5	20	13	7	F	8	14	— 6	— 4	— 2	F	27	10	17	22	— 5
M	20	5	15	10	5	M	27	7	20	25	— 5	M	15	10	5	9	— 4
A	13	5	8	13	— 5	A	37	3	34	17	17	A	23	8	15	22	— 7
M	31	2	29	20	9	M	21	4	17	18	— 1	M	29	5	24	22	2
J	16	7	9	15	— 6	J	25	7	18	21	— 3	J	35	2	33	15	18
J	16	8	8	12	— 4	J	8	15	— 7	10	— 17	J	27	12	15	5	10
A	18	6	12	12	0	A	16	13	3	1	2	A	11	9	2	— 1	3
S	10	9	1	8	— 7	S	38	5	33	20	13	S	30	5	25	13	12
O	13	6	7	— 1	8	O	37	6	31	31	0	O	45	1	44	30	14
N	11	9	2	3	— 1	N	15	10	5	9	— 4	N	47	5	42	40	2
D	44	1	43	39	4	D	34	7	27	38	— 11	D	54	6	48	37	11
1900 J	25	5	20	29	— 9	1904 J	15	13	2	20	— 18	1908 J	17	18	— 1	— 3	2
F	32	3	29	33	— 4	F	39	6	33	33	0	F	21	7	14	5	9
M	16	6	10	16	— 6	M	35	2	33	36	— 3	M	58	2	56	42	14
A	17	6	11	15	— 4	A	22	8	14	16	— 2	A	35	8	27	21	6
M	19	4	15	21	— 6	M	24	5	19	20	— 1	M	38	4	34	20	14
J	25	3	22	11	11	J	17	6	11	7	4	J	22	9	13	17	— 4
J	8	11	— 3	10	— 13	J	15	7	8	7	1	J	18	21	— 3	14	— 17
A	27	4	23	19	4	A	15	8	7	5	2	A	17	15	2	8	— 6
S	7	11	— 4	7	— 11	S	29	3	26	22	4	S	37	9	28	15	13
O	17	8	9	9	0	O	18	11	7	14	— 7	O	48	6	42	24	18
N	45	2	43	34	9	N	13	9	4	7	— 3	N	21	21	0	10	— 10
D	14	8	6	3	3	D	23	5	18	9	9	D	30	12	18	21	— 3

Resultanten af Strømme fra Retningerne $\bar{O} - S - S 79 V$ er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » $S 79 V - N - \bar{O}$ » » » » indgaaende » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 10. **KOBBERGRUNDEN.** $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{11} 1897 - \frac{1}{9} 1902 \quad 57^{\circ} 08',9 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 22',8 \text{ Ø. L.} \\ \frac{1}{9} 1902 - \frac{20}{6} 1908 \quad 57^{\circ} 08',4 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 22',7 \text{ Ø. L.} \end{array} \right.$

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = -12,6 + 3,5 N + 4,4 N\text{Ø} + 4,8 \text{Ø} + 7,4 S\text{Ø} + 6,3 S + 2,5 SV + 1,2 V - 1,0 NV,$$

hvor N , $N\text{Ø}$. . . betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm					Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm					Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm				
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm bereg- net a	de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm bereg- net a	de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm bereg- net a	de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
1897 J	15	5	10	16	—6	1901 J	13	3	10	8	2	1905 J	11	4	7	7	0
F	3	11	—8	—5	—3	F						F	12	3	9	7	2
M	28	8	20	18	2	M						M	21	6	15	15	0
A	17	5	12	9	3	A	14	6	8	5	3	A	13	6	7	7	0
M	11	7	4	3	1	M	11	6	5	5	0	M	7	6	1	—1	2
J	8	13	—5	2	—7	J	7	11	—4	0	—4	J	7	8	—1	4	—5
J	14	9	5	—1	6	J	6	9	—3	0	—3	J	3	16	—13	—6	—7
A	16	6	10	7	3	A	8	13	—5	—1	—4	A	12	11	1	5	—4
S	10	10	0	0	0	S	17	1	16	14	2	S	11	4	7	2	5
O	14	4	10	0	10	O	14	5	9	7	2	O	13	6	7	6	1
N	12	11	1	3	—2	N	10	7	3	—2	5	N	18	7	11	13	—2
D	21	5	16	13	3	D	15	3	12	17	—5	D	6	7	—1	0	—1
1898 J	10	6	4	—1	5	1902 J	8	6	2	—1	3	1906 J	12	3	9	7	2
F	16	8	8	11	—3	F	14	4	10	6	4	F	13	4	9	9	0
M	21	8	13	9	4	M	13	7	6	8	—2	M	12	5	7	2	5
A	24	5	19	12	7	A	18	7	11	12	—1	A	10	3	7	3	4
M	17	11	6	7	—1	M	12	8	4	6	—2	M	8	9	—1	5	—6
J	9	10	—1	0	—1	J	10	10	0	2	—2	J	6	12	—6	—3	—3
J	7	19	—12	—5	—7	J	5	14	—9	—4	—5	J	7	13	—6	—3	—3
A	15	10	5	4	1	A	10	4	6	—2	8	A	8	8	0	0	0
S	13	6	7	0	7	S	12	5	7	3	4	S	15	5	10	7	3
O	17	7	10	11	—1	O	13	8	5	6	—1	O	23	4	19	17	2
N	13	8	5	6	—1	N	14	6	8	12	—4	N	13	10	3	8	—5
D	9	10	—1	1	—2	D	11	8	3	8	—5	D	6	6	0	5	—5
1899 J	18	8	10	6	4	1903 J	11	3	8	9	—1	1907 J	9	6	3	4	—1
F	13	5	8	4	4	F	9	5	4	3	1	F	14	5	9	8	1
M	12	8	4	2	2	M	18	3	15	16	—1	M	8	5	3	3	0
A	12	7	5	3	2	A	9	7	2	8	—6	A	16	4	12	6	6
M	14	4	10	7	3	M	9	7	2	3	—1	M	9	5	4	6	—2
J	10	10	0	2	—2	J	12	8	4	7	—3	J	9	8	1	3	—2
J	5	13	—8	—1	—7	J	8	14	—6	—1	—5	J	3	9	—6	—1	—5
A	9	6	3	—1	4	A	7	9	—2	—1	—1	A	5	8	—3	—4	1
S	11	9	2	1	1	S	11	5	6	4	2	S	5	5	0	—2	2
O	11	4	7	—1	8	O	18	6	12	16	—4	O	9	7	2	11	—9
N	8	6	2	—1	3	N	10	8	2	2	0	N	26	7	19	18	1
D	21	3	18	20	—2	D	20	1	19	19	0	D	15	5	10	17	—7
1900 J	15	9	6	10	—4	1904 J	22	6	16	12	4	1908 J	5	9	—4	0	—4
F						F	23	5	18	15	3	F	10	6	4	3	1
M						M	20	2	18	15	3	M	24	3	21	17	4
A	14	8	6	6	0	A	11	7	4	5	—1	A	8	7	1	6	—5
M	7	6	1	2	—1	M	12	6	6	7	—1	M	12	8	4	3	1
J	5	10	—5	—3	—2	J	7	8	—1	—1	0	J	6	12	—6	3	—9
J	7	12	—5	0	—5	J	6	9	—3	—4	1	J					
A	14	3	11	4	7	A	4	12	—8	—4	—4	A					
S	7	11	—4	—2	—2	S	16	4	12	5	7	S					
O	11	6	5	3	2	O	12	9	3	7	—4	O					
N	17	1	16	16	0	N	6	8	—2	2	—4	N					
D	11	11	0	4	—4	D	9	6	3	2	1	D					

Resultanten af Strømme fra Retningerne $N 79 \text{Ø} - S - N 79 \text{V}$ er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » $N 79 \text{V} - N - N 79 \text{Ø}$ » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 11. **ANHOLT KNOB.** $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{1} 1897 - \frac{1}{9} 1902 \quad 56^{\circ} 45',7 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 51',4 \text{ Ø. L.} \\ \frac{1}{9} 1902 - \frac{31}{12} 1908 \quad 56^{\circ} 46',0 \text{ N. Br. } 11^{\circ} 51',8 \text{ Ø. L.} \end{array} \right.$

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = -38,6 + 7,7 N + 15,4 N\bar{O} + 13,1 \bar{O} + 9,5 S\bar{O} + 5,3 S + 2,0 S\bar{V} + 2,5 V - 0,7 NV,$$

hvor $N, N\bar{O}, \dots$ betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0–12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net a	Diffe- rens b	a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net a	Diffe- rens b	a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net a	Diffe- rens b	a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm					Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm					Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm			
1897 J	39	10	29	29	0		1901 J	18	25	— 7	— 3	— 4		1905 J	29	20	9	1	8	
F							F							F	24	20	4	— 4	8	
M	24	20	4	15	— 11		M							M	19	18	1	1	0	
A	19	9	10	3	7		A	17	14	3	4	— 1		A	22	21	1	7	— 6	
M	12	16	— 4	— 4	0		M	14	10	4	— 3	7		M	15	14	1	— 8	9	
J	6	26	— 20	— 12	— 8		J	7	26	— 19	— 16	— 3		J	9	24	— 15	3	— 18	
J	13	18	— 5	— 9	4		J	12	18	— 6	— 10	4		J	1	45	— 44	— 25	— 19	
A	6	27	— 21	— 7	— 14		A	3	38	— 35	— 14	— 21		A	18	23	— 5	— 1	— 4	
S	4	26	— 22	— 14	— 8		S	26	13	13	18	— 5		S	19	18	1	— 4	5	
O	10	15	— 5	— 9	4		O	13	20	— 7	0	— 7		O	26	17	9	6	3	
N	13	29	— 16	— 3	— 13		N	21	24	— 3	— 4	1		N	27	22	5	21	— 16	
D	21	19	2	5	— 3		D	36	14	22	22	0		D	18	26	— 8	— 13	5	
1898 J	6	19	— 13	— 18	5		1902 J	19	30	— 11	— 10	— 1		1906 J	20	12	8	— 5	13	
F	32	13	19	5	14		F	22	12	10	3	7		F	22	13	9	— 5	14	
M	36	17	19	18	1		M	14	17	— 3	— 3	0		M	23	18	5	3	2	
A	31	13	18	13	5		A	28	8	20	11	9		A	19	13	6	— 7	13	
M	9	21	— 12	— 3	— 9		M	15	11	4	4	0		M	10	14	— 4	— 5	1	
J	7	20	— 13	— 15	2		J	15	12	3	— 4	7		J	10	22	— 12	— 10	— 2	
J	8	29	— 21	— 21	0		J	8	36	— 28	— 22	— 6		J	1	28	— 27	— 18	— 9	
A	17	16	1	— 11	12		A	6	31	— 25	— 21	— 4		A	10	27	— 17	— 18	1	
S	14	23	— 9	— 14	5		S	9	20	— 11	— 10	— 1		S	25	10	15	11	4	
O	31	16	15	11	4		O	14	21	— 7	— 3	— 4		O	21	20	1	7	— 6	
N	16	15	1	— 5	6		N	25	15	10	8	2		N	16	20	— 4	1	— 5	
D	16	25	— 9	— 13	4		D	20	22	— 2	9	— 11		D	20	17	3	1	2	
1899 J	27	13	14	— 1	15		1903 J	25	18	7	0	7		1907 J	19	13	6	— 8	14	
F	10	18	— 8	— 9	1		F	15	25	— 10	— 13	3		F	10	17	— 7	— 4	— 3	
M	18	27	— 9	— 9	0		M	19	21	— 2	— 5	3		M	13	11	2	— 13	15	
A	17	24	— 7	— 10	3		A	15	14	1	3	— 2		A	11	18	— 7	1	— 8	
M	17	15	2	3	— 1		M	18	14	4	— 6	10		M	18	18	0	— 1	1	
J	21	11	10	— 6	16		J	12	14	— 2	0	— 2		J	9	21	— 12	— 11	— 1	
J	6	29	— 23	— 16	— 7		J	3	35	— 32	— 16	— 16		J	5	23	— 18	— 13	— 5	
A	11	29	— 18	— 10	— 8		A	5	30	— 25	— 20	— 5		A	3	28	— 25	— 23	— 2	
S	8	29	— 21	— 10	— 11		S	20	19	1	— 4	5		S	16	20	— 4	— 17	13	
O	18	26	— 8	— 15	7		O	22	13	9	8	1		O	16	17	— 1	4	— 5	
N	13	21	— 8	— 17	9		N	16	25	— 9	— 9	0		N	17	18	— 1	9	— 10	
D	47	6	41	30	11		D	32	6	26	17	9		D	24	12	12	16	— 4	
1900 J	21	19	2	10	— 8		1904 J	11	26	— 15	— 4	— 11		1908 J	11	26	— 15	— 12	— 3	
F	41	11	30	23	7		F	33	12	21	26	— 5		F	19	12	7	— 11	18	
M	23	21	2	9	— 7		M	32	13	19	24	— 5		M	29	12	17	18	— 1	
A	21	21	0	— 2	2		A	14	20	— 6	— 10	4		A	11	19	— 8	7	— 15	
M	10	18	— 8	— 8	0		M	12	25	— 13	— 6	— 7		M	13	13	0	— 8	8	
J	13	23	— 10	— 13	3		J	8	23	— 15	— 15	0		J	4	25	— 21	— 12	— 9	
J	6	24	— 18	— 17	1		J	8	21	— 13	— 23	10		J	5	24	— 19	— 9	— 10	
A	13	14	— 1	— 2	1		A	6	30	— 24	— 22	— 2		A	7	26	— 19	— 15	— 4	
S	7	27	— 20	— 20	0		S	20	13	7	6	1		S	10	23	— 13	— 12	— 1	
O	15	20	— 5	— 7	2		O	12	27	— 15	— 3	— 12		O	28	12	16	11	5	
N	32	6	26	16	10		N	13	24	— 11	— 6	— 5		N	15	28	— 13	— 3	— 10	
D	15	31	— 16	— 4	— 12		D	21	15	6	— 8	14		D	26	11	15	4	11	

Resultanten af Strømme fra Retningerne Ø—S—V er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » V—N—E » » » indgaaende » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 12. **SCHULTZ's GRUND.** 56° 08',9 N. Br. 11° 11',2 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 44,7 - 4,3 N + 0,8 N\bar{O} - 1,6 \bar{O} + 2,1 S\bar{O} - 8,1 S - 11,9 SV - 13,1 V - 12,3 NV,$$

hvor N , $N\bar{O}$, . . . betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens	a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens	a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens	a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a					Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a					Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a			
1897	J	29	15	14	25	— 11	1901	J	22	23	— 1	0	— 1	1905	J	28	33	— 5	— 10	5
	F							F							F	26	26	0	— 10	10
	M	40	11	29	12	17		M							M	35	9	26	15	11
	A	27	9	18	19	— 1		A	31	15	16	14	2		A	28	27	1	2	— 1
	M	26	11	15	12	3		M	43	14	29	20	9		M	32	11	21	10	11
	J	11	18	— 7	4	— 11		J	14	23	— 9	— 3	— 6		J	32	13	19	17	2
	J	17	27	— 10	— 4	— 6		J	29	15	14	12	2		J	5	39	— 34	— 16	— 18
	A	21	19	2	5	— 3		A	16	36	— 20	— 13	— 7		A	27	21	6	— 5	11
	S	11	30	— 19	— 20	1		S	37	12	25	32	— 7		S	25	33	— 8	— 10	2
	O	25	18	7	6	1		O	16	23	— 7	6	— 13		O	22	33	— 11	— 7	— 4
	N	14	38	— 24	— 13	— 11		N	10	36	— 26	— 21	— 5		N	24	25	— 1	8	— 9
	D	20	19	1	— 8	9		D	32	15	17	1	16		D	15	38	— 23	— 22	— 1
1898	J	7	37	— 30	— 27	— 3	1902	J	13	42	— 29	— 28	— 1	1906	J	15	32	— 17	— 13	— 4
	F	34	17	17	— 3	20		F	29	9	20	14	6		F	22	23	— 1	— 3	2
	M	32	13	19	9	10		M	23	19	4	6	— 2		M	23	33	— 10	— 15	5
	A	37	9	28	22	6		A	39	11	28	31	— 3		A	24	13	11	14	— 3
	M	27	23	4	3	1		M	12	23	— 11	11	— 22		M	31	7	24	19	5
	J	24	17	7	— 5	12		J	28	15	13	12	1		J	23	24	— 1	3	— 4
	J	14	26	— 12	— 27	15		J	16	25	— 9	— 27	18		J	22	25	— 3	— 6	3
	A	19	17	2	— 3	5		A	16	25	— 9	— 16	7		A	14	34	— 20	— 12	— 8
	S	15	33	— 18	— 10	— 8		S	25	22	3	— 5	8		S	35	22	13	9	4
	O	24	21	3	13	— 10		O	17	24	— 7	— 2	— 5		O	24	26	— 2	8	— 10
	N	19	27	— 8	— 1	— 7		N	25	24	1	13	— 12		N	18	41	— 23	— 8	— 15
	D	6	44	— 38	— 41	3		D	15	34	— 19	3	— 22		D	33	20	13	— 4	17
1899	J	26	15	11	— 11	22	1903	J	27	27	0	0	0	1907	J	22	40	— 18	— 12	— 6
	F	27	10	17	4	13		F	7	40	— 33	— 36	3		F	14	35	— 21	— 8	— 13
	M	22	28	— 6	— 9	3		M	30	17	13	— 2	15		M	18	22	— 4	— 10	6
	A	24	21	3	— 7	10		A	27	11	16	10	6		A	31	17	14	15	— 1
	M	32	15	17	17	0		M	35	14	21	13	8		M	29	20	9	10	— 1
	J	24	13	11	4	7		J	29	13	16	13	3		J	16	21	— 5	— 8	3
	J	20	26	— 6	0	— 6		J	18	25	— 7	— 5	— 2		J	9	21	— 12	— 11	— 1
	A	27	21	6	1	5		A	8	43	— 35	— 38	3		A	6	45	— 39	— 36	— 3
	S	12	39	— 27	— 18	— 9		S	33	14	19	14	5		S	22	25	— 3	— 12	9
	O	12	40	— 28	— 23	— 5		O	22	21	1	0	1		O	24	9	15	20	— 5
	N	11	41	— 30	— 31	1		N	14	35	— 21	— 15	— 6		N	18	18	0	14	— 14
	D	52	8	44	22	22		D	30	6	24	29	— 5		D	18	17	1	8	— 7
1900	J	21	26	— 5	16	— 21	1904	J	11	26	— 15	— 7	— 8	1908	J	6	40	— 34	— 30	— 4
	F	36	12	24	17	7		F	36	16	20	20	0		F	9	27	— 18	— 22	4
	M	29	22	7	11	— 4		M	48	14	34	28	6		M	43	6	37	34	3
	A	21	24	— 3	2	— 5		A	24	26	— 2	— 3	1		A	26	12	14	24	— 10
	M	38	10	28	11	17		M	33	15	18	4	14		M	21	17	4	4	0
	J	21	16	5	10	— 5		J	14	32	— 18	— 4	— 14		J	18	21	— 3	8	— 11
	J	22	21	1	— 4	5		J	21	18	3	— 6	9		J	19	16	3	5	— 2
	A	26	15	11	8	3		A	13	31	— 18	— 21	3		A	8	33	— 25	— 17	— 8
	S	9	41	— 32	— 14	— 18		S	30	11	19	19	0		S	16	21	— 5	— 6	1
	O	13	28	— 15	— 18	3		O	13	31	— 18	— 4	— 14		O	27	19	8	18	— 10
	N	36	10	26	18	8		N	9	37	— 28	— 23	— 5		N	10	40	— 30	— 14	— 16
	D	17	44	— 27	— 21	— 6		D	16	30	— 14	— 18	4		D	30	20	10	1	9

Resultanten af Strømme fra Retningerne S 11 Ø—V—N 11 V er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.
 » » » » » N 11 V—Ø—S 11 Ø » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 13. **LAPPEGRUNDEN.** 56° 04',1 N. Br. 12° 37',1 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 43,1 + 2,4 N + 8,3 NO + 2,1 Ø + 8,2 SO + 7,6 S - 5,2 SV - 12,8 V - 8,0 NV,$$

hvor N , NO ... betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	63	18	45	60	— 15	1901 J	58	22	36	39	— 3	1905 J	51	25	26	23	3
F						F						F	56	16	40	25	15
M	89	20	69	50	19	M	82	9	73	62	11	M	58	7	51	65	— 14
A	74	10	64	50	14	A	68	16	52	47	5	A	51	21	30	33	— 3
M	69	8	61	50	11	M	57	11	46	45	1	M	46	6	40	37	3
J	40	13	27	34	— 7	J	43	22	21	31	— 10	J	40	12	28	46	— 18
J	46	22	24	25	— 1	J	58	9	49	36	13	J	27	18	9	6	3
A	58	14	44	46	— 2	A	34	31	3	24	— 21	A	49	12	37	29	8
S	36	37	— 1	21	— 22	S	75	7	68	71	— 3	S	57	16	41	29	12
O	64	10	54	43	11	O	52	23	29	49	— 20	O	47	18	29	42	— 13
N	38	37	1	29	— 28	N	34	31	3	14	— 11	N	56	14	42	51	— 9
D	73	13	60	47	13	D	78	10	68	56	12	D	40	24	16	17	— 1
1898 J	31	28	3	12	— 9	1902 J	38	44	— 6	4	— 10	1906 J	40	17	23	33	— 10
F	87	12	75	44	31	F	80	3	77	55	22	F	62	7	55	50	5
M	80	17	63	47	16	M	42	20	22	48	— 26	M	34	21	13	10	3
A	81	10	71	53	18	A	71	10	61	60	1	A	53	5	48	43	5
M	51	20	31	42	— 11	M	59	15	44	45	— 1	M	48	9	39	52	— 13
J	48	15	33	32	1	J	58	12	46	38	8	J	29	16	13	20	— 7
J	34	19	15	2	13	J	42	22	20	8	12	J	43	12	31	21	10
A	62	9	53	33	20	A	52	10	42	13	29	A	34	13	21	16	5
S	43	25	18	23	— 5	S	56	15	41	31	10	S	58	13	45	41	4
O	68	15	53	44	9	O	52	18	34	39	— 5	O	64	16	48	58	— 10
N	61	18	43	41	2	N	63	13	50	53	— 3	N	30	32	— 2	30	— 32
D	30	35	— 5	— 2	— 3	D	39	32	7	39	— 32	D	57	9	48	46	2
1899 J	80	12	68	32	36	1903 J	57	29	28	32	— 4	1907 J	40	27	13	21	— 8
F	68	10	58	37	21	F	36	32	4	— 3	7	F	45	26	19	38	— 19
M	48	32	16	17	— 1	M	76	17	59	46	13	M	52	17	35	24	11
A	63	17	46	32	14	A	61	11	50	43	7	A	46	21	25	44	— 19
M	56	9	47	47	0	M	56	10	46	39	7	M	50	8	42	43	— 1
J	48	11	37	36	1	J	52	7	45	49	— 4	J	41	12	29	34	— 5
J	39	22	17	31	— 14	J	40	24	16	27	— 11	J	39	9	30	25	5
A	59	11	48	31	17	A	29	32	— 3	— 2	— 1	A	29	17	12	0	12
S	42	19	23	23	0	S	74	6	68	48	20	S	44	14	30	23	7
O	37	23	14	15	— 1	O	67	12	55	53	2	O	51	5	46	68	— 22
N	42	20	22	11	11	N	42	35	7	30	— 23	N	56	14	42	63	— 21
D	107	8	99	65	34	D	89	2	87	78	9	D	60	10	50	61	— 11
1900 J	55	25	30	52	— 22	1904 J	55	23	32	43	— 11	1908 J	21	31	— 10	3	— 13
F	90	11	79	59	20	F	76	18	58	59	— 1	F	59	15	44	22	22
M	58	21	37	46	— 9	M	79	15	64	66	— 2	M	76	3	73	78	— 5
A	48	24	24	29	— 5	A	45	24	21	33	— 12	A	39	9	30	53	— 23
M	73	12	61	39	22	M	66	15	51	41	10	M	47	11	36	36	0
J	50	8	42	38	4	J	27	27	0	16	— 16	J	44	9	35	44	— 9
J	45	14	31	26	5	J	55	10	45	22	23	J	44	7	37	41	— 4
A	56	11	45	45	0	A	36	22	14	9	5	A	28	18	10	19	— 9
S	28	29	— 1	22	— 23	S	61	7	54	55	— 1	S	54	8	46	31	15
O	53	16	37	25	12	O	43	27	16	43	— 27	O	52	8	44	52	— 8
N	93	3	90	65	25	N	35	22	13	22	— 9	N	24	37	13	30	— 43
D	39	40	— 1	11	— 12	D	40	17	23	21	2	D	73	5	68	58	10

Resultanten af Strømme fra Retningen S 22 Ø er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » N 22 V » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 14. **DROGDEN.** 55° 33',2 N. Br. 12° 43',0 Ø. L.

Maanedsmiddeltal for de iagttagne Strømme og dertil svarende beregnede Værdier.

Til Beregning af Strømstyrken s i cm/sec er benyttet Formlen:

$$s = 18,7 + 3,9 N + 1,2 N\bar{O} - 0,7 \bar{O} + 3,6 S\bar{O} - 0,8 S - 3,9 S\bar{V} - 10,1 V + 0,6 N\bar{V},$$

hvor N , $N\bar{O}$, . . . betyder Produktet af den relative Hyppighed og Middelstyrken forøget med 3 Enheder for Vinden efter Beauforts Skala (0—12); Bogstaverne angiver Vindens Retning.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b	Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Resul- teren- de Strøm bereg- net b	Diffe- rens a—b
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a				Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm a		
1897 J	28	18	10	17	— 7	1901 J	20	20	0	6	— 6	1905 J	32	30	2	1	1
F						F						F	29	19	10	0	10
M	37	16	21	12	9	M						M	22	13	9	16	— 7
A	31	9	22	19	3	A	27	19	8	10	— 2	A	25	24	1	4	— 3
M	19	10	9	14	— 5	M	24	14	10	16	— 6	M	20	6	14	10	4
J	20	15	5	7	— 2	J	21	21	0	4	— 4	J	24	16	8	12	— 4
J	18	19	— 1	8	— 9	J	18	10	8	13	— 5	J	19	17	2	0	2
A	22	18	4	10	— 6	A	20	25	— 5	7	— 12	A	28	16	12	3	9
S	22	30	— 8	— 5	— 3	S	29	12	17	21	— 4	S	37	18	19	2	17
O	25	13	12	9	3	O	26	28	— 2	12	— 14	O	23	18	5	6	— 1
N	14	32	— 18	— 1	— 17	N	23	29	— 6	— 3	— 3	N	24	22	2	9	— 7
D	24	18	6	6	0	D	36	16	20	7	13	D	28	27	1	— 4	5
1898 J	19	29	— 10	— 6	— 4	1902 J	21	37	— 16	— 8	— 8	1906 J	24	25	— 1	0	— 1
F	32	14	18	7	11	F	26	6	20	12	8	F	27	13	14	7	7
M	29	16	13	12	1	M	20	18	2	12	— 10	M	32	32	0	— 6	6
A	29	8	21	15	6	A	29	9	20	16	4	A	25	9	16	14	2
M	18	22	— 4	10	— 14	M	24	16	8	13	— 5	M	19	12	7	16	— 9
J	19	12	7	5	2	J	22	9	13	17	— 4	J	18	21	— 3	7	— 10
J	18	20	— 2	— 9	7	J	15	19	— 4	— 7	3	J	35	23	12	2	10
A	17	11	6	6	0	A	17	8	9	— 2	11	A	21	19	2	— 1	3
S	30	19	11	9	2	S	24	12	12	6	6	S	39	18	21	10	11
O	29	22	7	11	— 4	O	27	22	5	6	— 1	O	35	27	8	14	— 6
N	26	24	2	4	— 2	N	31	14	17	11	6	N	15	38	— 23	— 3	— 20
D	17	45	— 28	— 15	— 13	D	21	36	— 15	7	— 22	D	42	17	25	8	17
1899 J	30	13	17	0	17	1903 J	25	29	— 4	2	— 6	1907 J	35	32	3	3	0
F	22	9	13	7	6	F	24	30	— 6	— 12	6	F	24	29	— 5	4	— 9
M	21	27	— 6	2	— 8	M	31	20	11	10	1	M	28	20	8	7	1
A	27	18	9	5	4	A	28	10	18	10	8	A	24	27	— 3	10	— 13
M	25	9	16	16	0	M	23	10	13	8	5	M	32	12	20	10	10
J	22	8	14	10	4	J	23	8	15	16	— 1	J	19	21	— 2	4	— 6
J	14	22	— 8	11	— 19	J	20	19	1	7	— 6	J	22	9	13	7	6
A	32	12	20	11	9	A	21	36	— 15	— 17	2	A	27	30	— 3	— 15	12
S	21	20	1	— 4	5	S	38	8	30	12	18	S	26	18	8	3	5
O	22	31	— 9	— 7	— 2	O	32	19	13	7	6	O	26	12	14	16	— 17
N	20	26	— 6	— 9	3	N	28	31	— 3	4	— 7	N	24	26	— 2	15	— 1
D	44	7	37	19	18	D	29	3	26	21	5	D	36	22	14	15	— 1
1900 J	27	29	— 2	11	— 13	1904 J	29	30	— 1	6	— 7	1908 J	22	49	— 27	— 13	— 14
F	30	13	17	13	4	F	42	16	26	14	12	F	41	22	19	1	18
M	25	13	12	16	— 4	M	35	21	14	20	— 6	M	36	8	28	21	7
A	20	25	— 5	6	— 11	A	19	32	— 13	2	— 15	A	31	13	18	16	2
M	23	11	12	12	0	M	32	15	17	7	10	M	31	21	10	8	2
J	18	10	8	6	2	J	20	30	— 10	2	— 12	J	24	17	7	13	— 6
J	19	18	1	2	— 1	J	19	11	8	6	2	J	19	10	9	11	— 2
A	21	11	10	10	0	A	27	22	5	— 6	11	A	21	23	— 2	— 2	0
S	18	25	— 7	0	— 7	S	29	10	19	16	3	S	34	13	21	4	17
O	23	18	5	0	5	O	32	30	2	11	— 9	O	31	17	14	12	2
N	31	8	23	15	8	N	24	28	— 4	— 5	1	N	22	48	— 26	— 2	— 24
D	18	41	— 23	— 9	— 14	D	24	27	— 3	— 5	2	D	41	15	26	13	13

Resultanten af Strømme fra Retningerne S 45 Ø—S—N 45 V er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » N 45 V—N—S 45 Ø » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Tabel 15. GJEDSER REV. 54° 27,9 N. Br. 12° 09,7 Ø. L.

Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm			Aar og Maaned	Maanedsmiddeltal for den iagttagne Strøm		
	Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm		Ud- gaa- ende Strøm	Ind- gaa- ende Strøm	Resul- teren- de Strøm
1897 J	18	11	7	1901 J	17	5	12	1905 J	20	16	4
F				F	26	9	17	F	23	9	14
M	21	7	14	M	17	7	10	M	20	6	14
A	23	8	15	A	11	9	2	A	13	16	— 3
M	16	6	10	M	11	6	5	M	17	2	15
J	14	5	9	J	9	15	— 6	J	21	9	12
J	19	8	11	J	14	3	11	J	15	13	2
A	18	7	11	A	14	14	0	A	20	10	10
S	23	16	7	S	20	7	13	S	14	12	2
O	22	3	19	O	18	15	3	O	18	19	— 1
N	15	17	— 2	N	14	18	— 4	N	17	12	5
D	22	6	16	D	18	5	13	D	18	12	6
1898 J	12	10	2	1902 J	15	15	0	1906 J	12	11	1
F	37	4	33	F	22	2	20	F	24	4	20
M	15	4	11	M	16	8	8	M	18	12	6
A	13	1	12	A	18	7	11	A	15	4	11
M	9	12	— 3	M	9	13	— 4	M	19	10	9
J	15	5	10	J	17	1	16	J	13	9	4
J	18	10	8	J	22	12	10	J	12	10	2
A	23	5	18	A	21	5	16	A	16	9	7
S	13	8	5	S	23	6	17	S	18	6	12
O	11	8	3	O	8	12	— 4	O	14	11	3
N	13	10	3	N	20	7	13	N	5	17	— 12
D	12	13	— 1	D	9	19	— 10	D	23	5	18
1899 J	23	6	17	1903 J	18	15	3	1907 J	21	6	15
F	19	10	9	F	23	11	12	F	12	9	3
M	22	14	8	M	32	12	20	M	19	4	15
A	18	5	13	A	22	7	15	A	11	7	4
M	8	8	0	M	12	4	8	M	14	7	7
J	15	6	9	J	20	4	16	J	20	2	18
J	10	12	— 2	J	17	9	8	J	14	7	7
A	21	7	14	A	22	11	11	A	19	5	14
S	18	5	13	S	24	1	23	S	21	6	15
O	12	9	3	O	15	12	3	O	20	2	18
N	22	10	12	N	15	13	2	N	14	16	— 2
D	31	2	29	D	18	3	15	D	12	7	5
1900 J	10	18	— 8	1904 J	11	14	— 3	1908 J	9	17	— 8
F	20	9	11	F	18	15	3	F	23	3	20
M	15	12	3	M	16	12	4	M	27	2	25
A	8	11	— 3	A	12	15	— 3	A	12	12	0
M	16	8	8	M	23	10	13	M	14	7	7
J	6	5	1	J	15	16	— 1	J	16	6	10
J	11	8	3	J	19	3	16	J	12	3	9
A	17	4	13	A	15	9	6	A	12	16	— 4
S	15	15	0	S	16	7	9	S	26	8	18
O	15	4	11	O	7	20	— 13	O	18	5	13
N	17	2	15	N	16	15	1	N	5	21	— 16
D	14	13	1	D	17	14	3	D	20	6	14

Resultanten af Strømme fra Retningerne N 11 V—Ø—S 11 Ø er betegnet som udgaaende Strøm og regnet positiv.

» » » » » S 11 Ø—V—N 11 V » » » » » indgaaende » » » » » negativ.

Retningerne for Vind og Strøm er angivet misvisende.

Den fundne Overensstemmelse mellem de iagttagne og de beregnede Middelstrømme er saa stor, at man deraf tør slutte, at den Variation, som findes i Maanedsmiddeltallene for den resulterende Overfladestrøm ved de danske Fyrskibe — Gjedsers undtagen — for Størstedelen skyldes Vinden.

Det maa erindres, at ved Horns Rev og Vyl Fyrskibe er Strømmen, som kommer fra henholdsvis SSØ og SØ, regnet negativ, idet den som »indgaaende« Strøm antages at bevirke, at en Del af dens Vandmasser sendes ned gennem Kattegat; den diametralt modsatte Strøm ved de nævnte Fyrskibe er regnet positiv (»udgaaende«).

Tabel 16.

Fyrskib	Middelværdien M af den resulterende Strøm for hele Tidsrummet 1897—1908	Middelfejlen f for Maanedsmiddeltallet for den resulterende Strøm beregnet ved Udjævningen	Middelfejlen F for Maanedsmiddeltallet for den resulterende Strøm, naar denne teoretisk antages konstant lig Middelværdien M for hele Tidsrummet 1897—1908	$Q = \frac{f}{F}$
1	2	3	4	5
Horns Rev.	— 18,0	6,8	9,1	0,75
Vyl	— 9,6	3,3	5,4	0,61
Skagens Rev	5,6	9,9	23,4	0,42
Læsø Rende	21,4	6,9	15,7	0,44
Læsø Trindel	16,1	8,1	12,8	0,63
Kobbergrunden . .	5,0	4,0	7,1	0,56
Anholt Knob	— 3,1	8,2	14,2	0,58
Schultz's Grund . .	— 0,6	9,3	18,1	0,51
Lappegrunden . . .	36,3	14,7	22,5	0,65
Drogden	6,1	9,0	12,0	0,75
Gjedsers Rev.	7,7	8,1	8,3	0,98

Middelværdierne M i 2den Kolonne i Tabel 16 er ikke helt overensstemmende med de i Tabel 2 under »Differens« opførte Værdier, skønt Tallene begge Steder væsentlig er Udtryk for det samme; den Maade, hvorpaa de er fundet, er noget forskellig, idet M er fundet ved simpel Middeltalsdannelse af de i Tabellerne 5—15 under a opførte Værdier.

Da det vil være af Interesse at have et talmæssigt Udtryk for den Overensstemmelse, som findes mellem de af Strømobservationerne fundne (de »iagttagne«) Maanedsmiddeltal og de af Vinden beregnede Værdier, som svarer dertil, har jeg beregnet forskellige Størrelser til at vise dette.

Middelfejlen for de iagttagne Strømmes Maanedsmiddeltal

I tredje Kolonne, Tabel 16, findes opført Middelfejlen f for det enkelte Maanedsmiddeltal af de iagttagne Strømme; denne Middelfejl er fundet efter Formlen:

$$f = \sqrt{\frac{\sum (a - b)^2}{N - 9}},$$

hvor f betegner Middelfejlen paa det iagttagne Maanedsmiddeltal, a det iagttagne og b det beregnede Maanedsmiddeltal. N er Antallet af de ved Udjævningen benyttede Maanedsmiddeltal, hvoraf der var ca. 144 for hvert Fyrskib; de teoretiske Betingelser, som er givet ved Normalligningerne, er ialt 9, hvorfor Kvadratsummen er divideret med N — 9.

Det ses, at Middelfejlen, som hidrører fra andre Omstændigheder end de, der er taget Hensyn til ved Teorien om Vindens Indflydelse, er meget forskellig for de forskellige Fyrskibe.

Det er tidligere (Side 10) antaget, at den Middel fejl, som maa komme i det iagttagne Maanedsmiddeltal paa Grund af Iagttagelsesfejl ved selve Strømbobservationerne, kan sættes til 3 cm/sec.

Middel fejl for
de beregnede
Maanedsmiddel-
tal, hidrørende
fra Fejl i
Observationen
af Vindstyrken
samt Af-
rundingsfejl

Nu er imidlertid ogsaa Observationerne af Vindens Styrke behæftet med Fejl, medens Hyppighederne for de forskellige Retninger kan anses for fejlfri.

Under Forudsætning af, at de ved Udjævningen bestemte Konstanter er fejlfri, vil jeg derfor undersøge, hvor stor en Middel fejl man maa vente paa Grund af Iagttagelsesfejl ved Observation af Vindstyrken og paa Grund af de ved Beregningen af b anvendte Afkortninger af Cifrenes Antal.

Ved Beregningen af Konstanterne i Formlen for Middelstrømmen, Side 13, er Størrelsen $\varphi = \frac{p}{100} \cdot (V_m + 3)$ udregnet med 1 Decimal; Størrelsen fik derved højst 2 betydende Cifre. Middel fejlskvadratet $\sigma^2_{(\varphi)}$ for det beregnede Tal φ er udtrykt ved

$$\sigma^2_{(\varphi)} = \left(\frac{p}{100} \right)^2 \cdot \sigma^2_{(V_m)};$$

da V_m er fremgaaet som Middeltal af ca. $\frac{p}{100} \cdot 180$ Observationer, er altsaa

$$\sigma^2_{(V_m)} = \frac{100}{p \cdot 180} \cdot \sigma^2_{(v)},$$

idet $\sigma^2_{(v)}$ betegner Middel fejlskvadratet paa den enkelte Observation af Vindstyrken.

Antages det, at Middel fejlen for en Vindobservation er 1,5 Enheder efter Skala (0—12), faar man heraf

$$\sigma^2_{(\varphi)} = \frac{1}{80} \cdot \frac{p}{100},$$

hvoraf:

$$\sigma^2_{(\varphi)} = \frac{1}{80} \cdot \frac{\varphi}{V_m + 3}.$$

Betegner vi det beregnede Maanedsmiddeltal for Strømmen ved S_m , idet:

$$S_m = C + n \cdot \varphi_n + n\emptyset \cdot \varphi_{n\emptyset} + \dots,$$

sættes:

$$\sigma^2_{(S_m)} = n^2 \cdot \left(\frac{1}{80} \cdot \frac{\varphi_n}{V_{m,n} + 3} \right) + (n\emptyset)^2 \cdot \left(\frac{1}{80} \cdot \frac{\varphi_{n\emptyset}}{V_{m,n\emptyset} + 3} \right) + \dots,$$

hvor n , $n\emptyset$, $\emptyset \dots$ betyder Konstanterne, der findes i Tabel 4, og hvor φ_n , $\varphi_{n\emptyset} \dots$ og $V_{m,n}$, $V_{m,n\emptyset} \dots$ betegner Værdierne for φ og V_m svarende til de forskellige Retninger.

Værdierne for φ er meget forskellige for de forskellige Maaneder, og $\sigma^2_{(S_m)}$ vil derfor ogsaa faa forskellige Værdier; for at faa et Begreb om Størrelsen vil jeg for φ_n , $\varphi_{n\emptyset} \dots$ benytte deres Middelværdier, som er opført i Tabel 17, idet der til Middeltalsdannelsen er benyttet de 144 Værdier for φ , som findes for hver Retning i Tiden 1897—1908.

Tabel 17.

Fyrskib	φ_n	$\varphi_{n\emptyset}$	$\varphi_\emptyset$	$\varphi_{s\emptyset}$	φ_s	φ_{sv}	φ_v	φ_{nv}	α	β	r
Horns Rev	0,68	0,42	0,53	0,76	0,64	0,90	1,14	1,24	0,40	0,23	0,8
Vyl	0,60	0,45	0,55	0,75	0,63	0,98	1,15	1,18	0,29	0,15	0,7
Skagens Rev.	0,41	0,63	0,71	0,65	0,75	0,93	1,47	0,55	2,25	1,10	1,8
Læsø Rende	0,41	0,59	0,54	0,66	0,73	0,82	1,23	0,81	0,56	0,27	0,9
Læsø Trindel	0,47	0,55	0,58	0,67	0,83	0,93	1,22	0,69	0,31	0,16	0,7
Kobbergrunden	0,48	0,48	0,52	0,63	0,64	0,75	1,14	0,71	0,19	0,13	0,6
Anholt Knob	0,53	0,46	0,60	0,87	0,73	0,95	1,22	0,90	0,72	0,50	1,1
Schultz's Grund	0,44	0,45	0,61	0,80	0,61	1,02	1,25	0,90	1,14	0,46	1,3
Lappegrunden	0,47	0,35	0,55	0,88	0,86	0,69	1,02	1,12	0,81	0,38	1,1
Drogden	0,37	0,40	0,65	0,69	0,59	0,98	1,23	0,70	0,32	0,12	0,7

I Modsætning til φ varierer V_m ikke meget, og i Formlen for $\sigma^2_{(S_m)}$ vil jeg sætte $V_m = 3$ for alle Retninger, idet 3 rimeligvis ikke falder langt fra Middelværdien for Vindstyrken, efter hvad man kan skønne af de maanedlige Værdier, der er opført i nautisk-meteorologisk Aarbog.

Beregnet paa denne Maade faar $\sigma^2_{(S_m)}$ de under α i Tabel 17 opførte Værdier; $\sqrt{\alpha} = \sigma_{(S_m)}$ angiver altsaa den Middelfejl paa S_m , som alene skyldes Iagttagelsesfejl ved Bedømmelse af Vindens Styrke.

Sammen hermed vil jeg tage den Middelfejl, som indføres for S_m ved, at Størrelsen φ ved Udjævningsregningen er afrundet til kun at have 1 Decimal.

Middelfejlen for φ , som hidrører herfra, er $\frac{0,05}{\sqrt{3}}$, Middelfejlskvadratet $0,01 \cdot \frac{1}{12}$.

Indsættes dette i Stedet for $\frac{1}{80} \cdot \frac{\varphi}{V_m + 3}$ i Formlen for $\sigma^2_{(S_m)}$, faas Kvadratet paa Middelfejlen hidrørende fra Afrundingen; dette Middelfejlskvadrat er opført under β i Tabel 17.

Under r er endelig opført Størrelsen $\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$, som altsaa repræsenterer Middelfejlen i S_m hidrørende saavel fra Iagttagelsesfejl i Vindens Styrke som fra Afrundingen i φ .

De Fejl, der fremkommer i den beregnede Værdi for Strømmen ved de nævnte Usikkerheder, viser sig altsaa af mindre Betydning i Forhold til den Usikkerhed, som findes i selve den iagttagne Strøms Maanedsmiddeltal.

Selv for Skagens Rev, hvor r er lig 1,8, vilde denne Usikkerhed kun sætte Middelfejlen for det iagttagne Maanedsmiddeltal lidt op fra, hvad den vilde være, naar Vindobservationerne og Regningerne var helt korrekte. Usikkerheden ved selve de iagttagne Maanedsmiddeltal og den Usikkerhed, man faar, naar desuden den Usikkerhed, som fremkaldes ved Fejlen i Vindstyrken og Regningernes Unøjagtighed, lægges til, kan i de to Tilfælde repræsenteres henholdsvis ved 3 cm/sec og $\sqrt{3^2 + 1,8^2} = 3,5$ cm/sec.

Ser man paa de i Kolonne 3, Tabel 16, opførte Middelfejl, som er fundet ved den Side 25 anførte Formel, ses det, at de saa at sige alle er større end denne Værdi 3,5 cm/sec; dette vil altsaa sige, at andre Omstændigheder end selve Observationsfejlene maa gaa ind under Begrebet tilfældige. For Vyl og Kobbergrunden har vi de mindste Middelfejl, omtrent som man maatte vente dem paa Grund af Observationsfejlene.

Det ses altsaa heraf, at den benyttede Teori for Vindens Indflydelse paa Overfladestrømmen ikke kan have medtaget alt. For at sammenligne den Middelfejl for Maanedsmiddeltallet, som er opført i Kolonne 3, Tabel 16, med den Variation, der i det hele taget findes i Maanedsmiddeltallene, er den Middelfejl udregnet, som man maatte tillægge et Maanedsmiddeltal for Strømmen, hvis man opstillede den Teori, at Maanedsmiddeltallene skulde have en konstant Værdi; dette betyder altsaa, at vi betragter disse Middeltal som Gentagelser og beregner Middelfejlen F efter Formlen

$$F = \sqrt{\frac{\sum (a - M)^2}{N - 1}},$$

hvor a betyder Maanedsmiddeltallet, M Middeltallet af N saadanne Middeltal ($N = \text{ca. } 144$).

Herved faas de i Kolonne 4, Tabel 16, opførte Værdier. Det ses, at der er en vis Overensstemmelse mellem den her beregnede Middelfejl og den under Kolonne 3 opførte. Forholdet mellem dem er opført i Kolonne 5; dette Forhold varierer langt mindre end Middelfejlen, og endvidere er der en vis Gang i Variationen; Horns Rev og Vyl indtager en Særstilling; for Fyrskibene i Kattegat vokser Forholdet temmelig jævnt, jo længere man kommer syd paa; dog er Forholdet for Schultz's Grund mindre end for Fyrskibene Anholt Knob, Kobbergrunden og Læsø Trindel, af hvilke navnlig Læsø Trindel har en høj Værdi for dette Forhold.

I Sammenhæng hermed skal anføres tre Grunde, som blandt andre bidrager til, at den benyttede Teori for Vindens Virkning ikke helt kan dække de faktiske Forhold.

Naar en bestemt Vind begynder at blæse og holder sig konstant i længere Tid, vil den Strømtilstand, som svarer dertil, ikke indtræde øjeblikkelig; den Tid, der hengaar, før Strømforholdene har naaet den til Vinden svarende Værdi, er forskellig paa de forskellige Steder. I

Middelfejlen paa Maanedsmiddeltallet for Strømmen, hvis Strømmen teoretisk forudsættes konstant

Teorien for Vindens Indvirken paa Strømmen er i visse Henseender ufuldstændig

Kattegat er den rimeligvis kun af Størrelsesordenen 1 Døgn; for Gjedser Rev ved Indgangen til Østersøen er længere Tid nødvendig, før den konstante Tilstand naas; maaske drejer det sig her om et Tidsrum af Størrelsesordenen 14 Døgn.

Da man imidlertid ikke kan vente, at der efter en bestemt Vinds Ophør vil komme netop den Forøgelse i Overfladestrømmen, som manglede i den konstante Tilstand ved Vindens Begyndelse, vil der herved komme en Afvigelse mellem Teorien og de virkelige Forhold, og denne Afvigelse vil være afhængig af Vindperiodernes Varighed; det er rimeligt at antage, at den i Middelværdi udgør en vis Brøkdel af de Strømvariationer, der faktisk forekommer, hvilket stemmer med, at Q i Tabel 16 har en nogenlunde konstant Værdi; endvidere er det rimeligt at antage, at Afvigelsen mellem de fundne og de beregnede Forhold bliver større, jo længere vi kommer ind i de snævrere Farvande for endelig ved Gjedser Rev at blive saa stor, at den umuliggør Teoriens Anvendelse i den her benyttede Form.

Ved Gjedser Rev
Fyrskib er den
fremsatte Teori
for Vindens
Virkning paa
Strømmen
u anvendelig

Det ses af Tabel 16, at Q for Gjedser Rev er 0,98, hvilket altsaa vil sige, at man lige saa godt kan benytte den simple Teori, at Strømmen ved Gjedser Rev skal have en konstant Værdi.

Forskellen a—b paa de af Strømmen beregnede Maanedsmiddeltal og de ved Udjævning fundne er for Gjedser Rev opført i Tabel 18 analogt med Differenserne, som for de andre Fyrskibe er opført i Tabellerne 5—14.

I grafisk Fremstilling er Middelværdierne a og b givet i Fig. 3 analogt med Tavlerne III—VII for de andre Fyrskibe.

Den ved Udregning af b benyttede Formel for Gjedser Rev analog med Betegnelserne i Formlerne paa Tabellerne 5—14 er

$$s = 17,2 - 1,9 N - 1,4 N\bar{O} - 1,9 \bar{O} - 1,1 S\bar{O} + 3,7 S - 4,0 SV - 1,5 V - 2,2 NV.$$

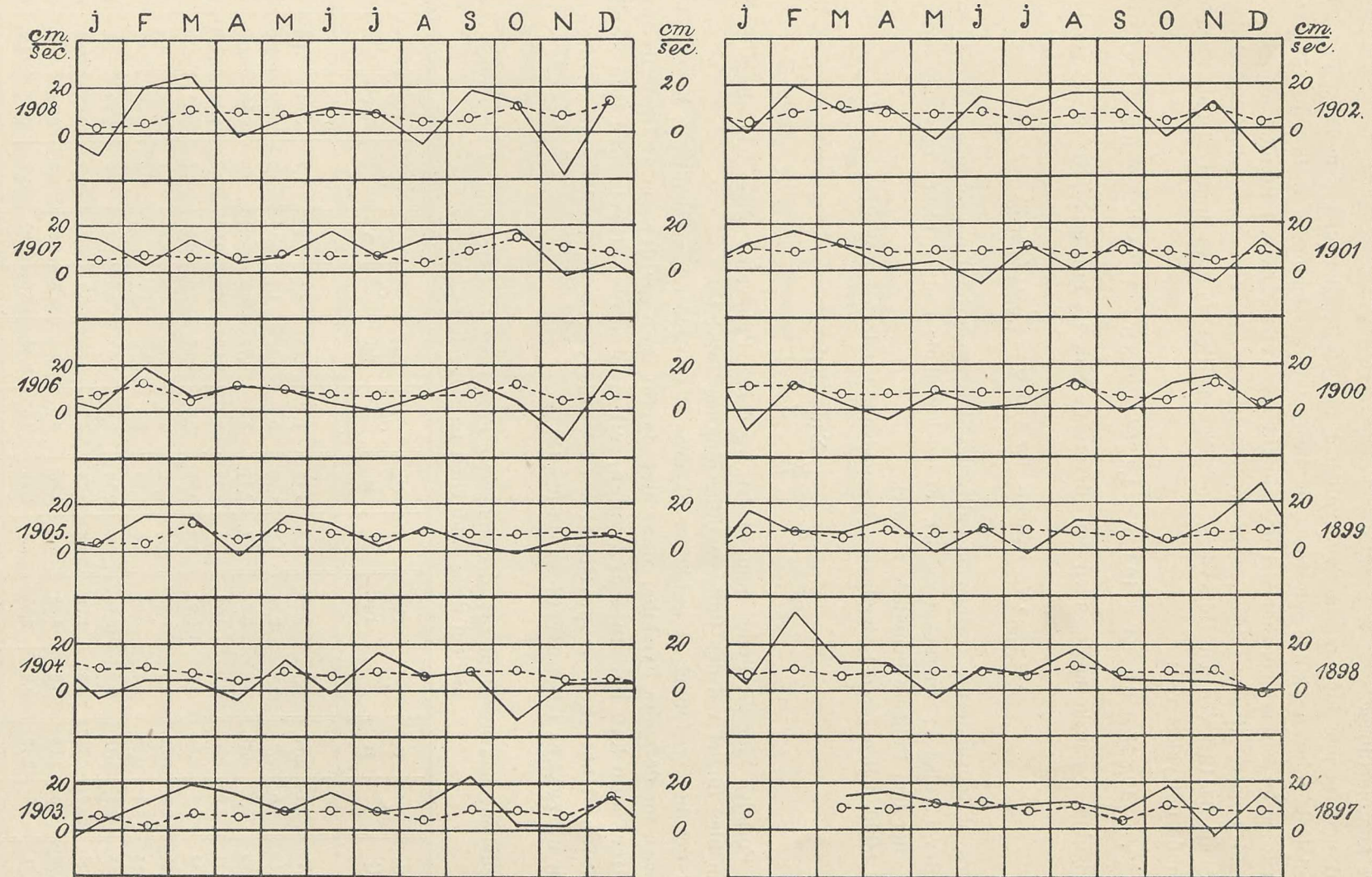
Tabel 18. Differens a—b for Gjedser Rev.

	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908
J	0	— 4	10	—18	2	— 2	— 3	—13	1	— 7	10	—11
F		25	1	1	8	11	10	— 7	10	7	— 5	15
M	5	5	2	— 4	— 2	— 3	11	— 4	2	1	8	15
A	5	4	4	—10	— 7	3	10	— 8	— 8	0	— 3	— 9
M	— 1	—11	— 8	— 1	— 4	—12	0	5	5	— 1	— 1	— 1
J	— 2	3	0	— 7	—15	7	8	— 7	4	— 4	11	1
J	3	2	—11	— 5	1	5	0	8	— 4	— 5	0	1
A	1	8	6	2	— 7	9	6	0	2	0	11	— 9
S	2	— 3	7	— 6	4	10	15	1	— 5	5	6	12
O	9	— 5	— 2	7	— 6	— 9	— 5	—22	— 8	— 9	4	2
N	—10	— 6	5	3	— 8	3	— 4	— 4	— 3	—17	—13	—23
D	9	0	20	— 2	4	—14	1	— 2	— 1	12	— 4	1

En anden Omstændighed, som gør, at den benyttede Teori ikke kan være tilstrækkelig, er den, at det aabenbart ikke er tilladeligt at betragte den lokale Vind paa et Sted som den ene bestemmende for Strømmen der; i Virkeligheden vilde sikkert den anvendte Metode give ganske utilfredsstillende Resultater, hvis man ikke som Regel kunde betragte den lokale Vind som Repræsentant for Vindforholdene over et større Omraade, og da dette kun er tilladt med Tilnærmelse, maa der herved indtræde en Usikkerhed i den beregnede Værdi for Strømmen.

En tredje Aarsag til Uoverensstemmelsen mellem de fundne og de beregnede Maanedsmiddeltal har vi i den Indflydelse, som de regelmæssige Perioder i Strømmen har paa Afvigelsernes Størrelse.

Gjedser Rev.



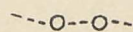
 Maanedsmiddeltal for de observerede Strømme.
 » beregnet af Vinden

Fig. 3.

At saadanne Perioder findes, er utvivlsomt ogsaa for Overfladelagets Vedkommende, men hertil vil jeg senere komme tilbage.

Vindens Virk-
ning paa
Strømmen sat
proportional
med Vind-
styrken i Beau-
forts Enheder
(0—12)

Skønt man næppe med nogen Sandsynlighed tør vente, at man ved at lægge en anden Formel til Grund ved Udjævningen skulde faa væsentlig bedre Overensstemmelse mellem de observerede og de beregnede Værdier for Strømmen, har det dog sin Interesse at se, hvilket Resultat man kommer til ved simpelt hen at antage, at den Strøm, som fremkaldes af Vinden, er proportional med dennes Styrke maalt efter Skala 0—12. Ved en Udjævning for Skagens Rev fandtes under denne Forudsætning, at Strømmen kunde udtrykkes ved:

$$s' = 40,6 - 19,8 N' + 8,9 N\theta' + 16,1 \theta' + 1,2 S\theta' - 21,3 S' - 17,7 S\theta' - 22,6 V' - 18,3 N\theta',$$

idet denne Ligning er ganske analog med den tilsvarende Side 16, kun at N' , $N\theta'$ o. s. v. er beregnet ved

$$\varphi = \frac{P}{100} \cdot V_m \text{ i Stedet for ved } \varphi = \frac{P}{100} \cdot (V_m + 3).$$

Det ses, at Konstanternes Fortegn og indbyrdes Størrelsesforhold nogenlunde svarer til Konstanterne for Skagens Rev i Tabel 4; mærkeligt er det, at det konstante Led er blevet betydelig mindre end ved Udjævningen efter den tidligere benyttede Formel.

Søges Middelfejlen for det »iagttagne« Maanedsmiddeltal efter Formlen:

$$\sigma_{(a)} = \sqrt{\frac{\sum (a - b')^2}{N - 9}}$$

analogt med Formlen Side 25, finder man, at den for denne Udjævning bliver 9,9, altsaa ganske samme Størrelse, som blev fundet ved den tidligere Udjævning (se Tabel 16).

Hvad der her er fundet at gælde for Skagens Rev, gælder formodentlig, i hvert Fald med Tilnærmelse, ogsaa for de andre Fyrskibe; naar det derfor kun gælder om at finde de maanedlige Middelværdier, som kan beregnes af Vinden, vil man sandsynligvis med lige Fordel kunne sætte Strømmens Hastighed proportional med Vindstyrken og med Kvadratroden af denne, naar Vinden udtrykkes i Beauforts Skala (0—12).

Tabel 19. Middelfejlene paa Konstanterne, der indgaar i Formlerne til Beregning af Strømmen, samt Forholdet mellem disse Middelfejl og selve Konstanterne.

	σ_c	$\frac{\sigma_c}{C}$	σ_n	$\frac{\sigma_n}{n}$	$\sigma_{n\theta}$	$\frac{\sigma_{n\theta}}{n\theta}$	σ_θ	$\frac{\sigma_\theta}{\theta}$	$\sigma_{s\theta}$	$\frac{\sigma_{s\theta}}{s\theta}$	σ_s	$\frac{\sigma_s}{s}$	σ_{sv}	$\frac{\sigma_{sv}}{sv}$	σ_v	$\frac{\sigma_v}{v}$	σ_{nv}	$\frac{\sigma_{nv}}{nv}$
Horns Rev . . .	4,2	0,42	2,7	1,93	2,7	0,26	2,2	1,16	1,6	0,33	2,1	0,22	1,7	0,34	1,4	0,23	1,4	0,74
Vyl	2,2	0,12	1,5	0,24	1,4	0,35	1,2	1,00	0,9	0,37	1,1	0,17	0,9	0,16	0,8	0,14	0,7	0,24
Skagens Rev . .	6,5	0,09	5,1	0,29	4,2	3,00	2,7	0,47	3,3	0,77	3,1	0,20	2,0	0,13	2,0	0,12	3,1	0,21
Læsø Rende . .	4,6	0,11	3,6	0,57	2,9	1,26	2,4	0,53	2,2	0,69	2,6	0,96	1,8	0,45	1,8	0,20	1,5	0,12
Læsø Trindel .	5,8	0,44	4,3	1,59	4,1	0,95	2,8	0,85	2,6	0,37	2,6	0,34	1,7	0,27	2,3	0,70	2,6	1,86
Kobbergrunden	2,8	0,22	2,0	0,57	2,1	0,48	1,4	0,29	1,5	0,20	1,6	0,25	1,1	0,44	1,3	1,09	1,1	1,10
Anholt Knob .	5,9	0,15	3,7	0,48	4,7	0,31	2,9	0,22	2,5	0,26	3,1	0,58	1,9	0,95	2,1	0,84	2,0	2,86
Schultz's Grund	6,8	0,15	5,1	1,19	5,3	6,62	3,4	2,12	3,0	1,43	3,5	0,43	2,3	0,19	2,4	0,18	2,5	0,20
Lappegrunden .	10,7	0,25	8,0	3,33	8,3	1,00	5,8	2,76	4,5	0,55	5,7	0,75	4,8	0,92	3,6	0,28	3,6	0,45
Drogden	6,7	0,36	5,0	1,28	5,2	4,33	3,4	4,86	3,6	1,00	4,3	5,38	2,3	0,59	2,5	0,25	3,0	5,00
Gjedser Rev . .	5,4	0,31	4,6	2,42	3,6	2,57	2,3	1,21	2,6	2,36	3,5	0,95	1,9	0,48	1,8	1,20	2,5	1,14
Skagens Rev Strømmen pro- portional med Vindstyrken	5,1	0,13	7,9	0,40	6,1	0,69	4,1	0,25	5,3	4,42	4,8	0,23	3,4	0,19	2,9	0,13	5,4	0,30

I Tabel 4 er som nævnt opført de ved Udjævningen fundne Konstanter, der svarer til de forskellige Vindretninger, og det ses let, at der er en vis Lovmæssighed i disse Konstanter Størrelse og For- tegn. Før vi gaar nærmere ind paa Betydningen af Konstanterne, vil det være af Interesse at undersøge, hvor stor Middelfejlen for dem er.

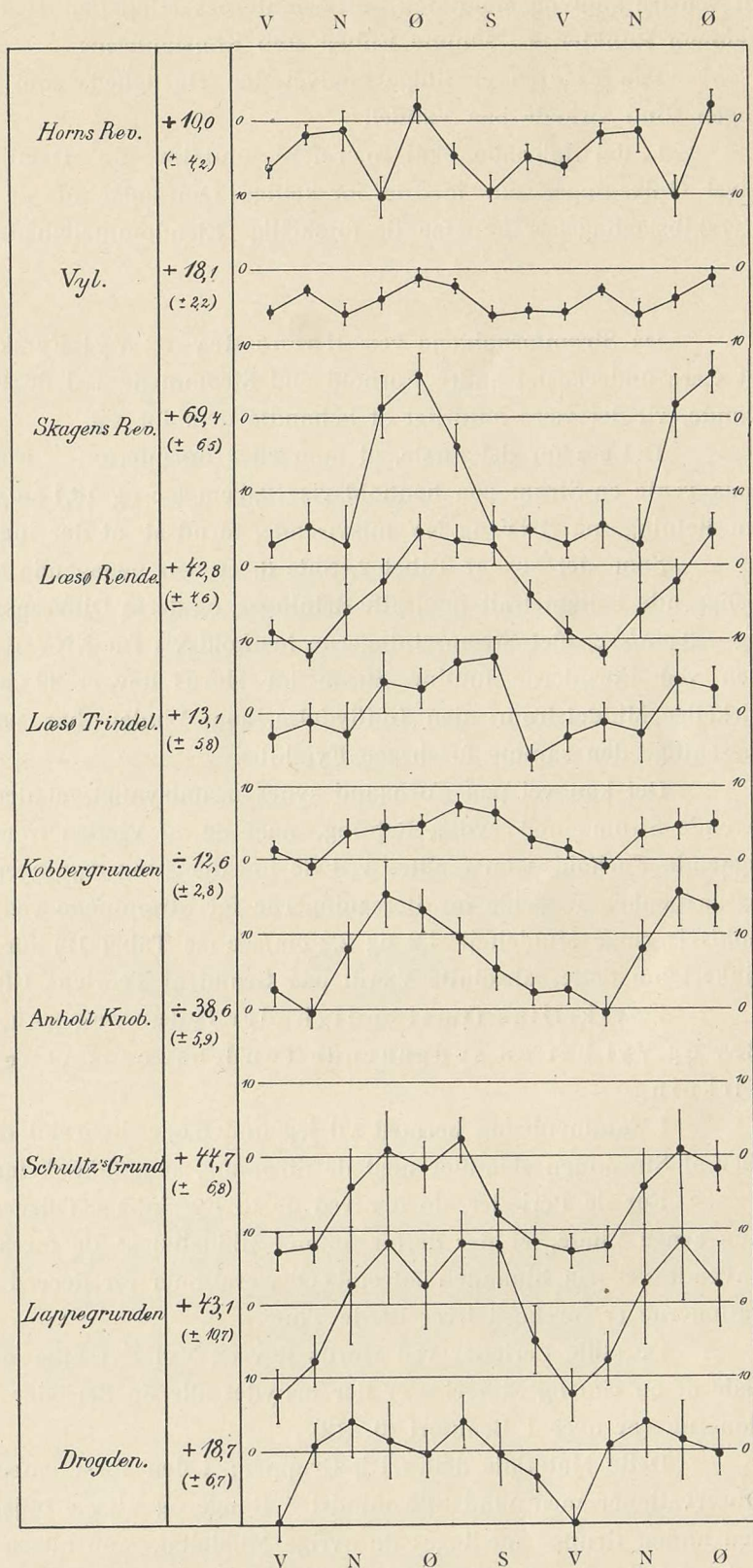
Med Benyttelse af den Middelfejl for Maanedsmiddeltallet, som er opført i Tabel 16 for hvert Fyrskib, er de i Tabel 19 opførte Middelfejl for de forskellige Konstanter beregnet; det er forudsat, at Middelfejlene paa alle Middeltallene er lige store for samme Fyrskib. I Tabel 19 er foruden Middelfejlen opført Forholdet mellem Middelfejlen og den Konstant, hvortil den hører.

Dette Forhold er i mange Tilfælde større end 1, og i saa Fald har Bestemmelsen af Konstanten naturligvis kun ringe Betydning; til Gengæld er den i mange Tilfælde ret sikker.

For de vestlige Vinde er Middelfejlen paa Konstanterne mindst, og da disse Konstanter gennemgaaende er de største, tør vi slutte, at Virkningen af de vestlige Vinde er sikrest bestemt.

Middelfejlen paa det konstante Led C er gennemgaaende lille i Forhold til dette Led; dette har dog ikke forhindret, at de to konstante Led, som er fundet ved de to forskellige Udjævninger for Skagens Rev, er ret forskellige, nemlig 69,4 og 40,6 cm/sec, medens deres Middelfejl er henholdsvis 6,5 og 5,1 cm/sec; dette viser altsaa en Uoverensstemmelse, men det maa erindres, at man aldrig har Vindstille en hel Maaned igennem, saa at de beregnede Maanedsmiddeltal 69,4 og 40,6 er at betragte som ekstrapolerede Værdier fra de normale Værdier for Vind og Strøm.

For Gjedser Rev har den foretagne Udjævning ikke ført til en tilforladelig Bestemmelse af Formlens Konstanter; dette ses af de her beregnede Middelfejl, idet Forholdet mellem Middelfejlene og de Konstanter, hvortil de hører, er større end 1 undtagen for det konstante Led og for Konstanterne, der svarer til sydlig og sydvestlig Vind.



Middelfejlene paa de ved Udjævningen fundne Konstanter for de forskellige Vindretninger

Fig. 4. Grafisk Fremstilling af Konstanterne i Formlerne for Strømmens Afhængighed af Vinden.

Længderne af de lodrette Linier gennem de afsatte Punkter angiver Konstanternes Middelfejl. Tallene til venstre for Kurverne angiver de konstante Led i Formlerne og deres Middelfejl.

Grafisk Oversigt
over de ved
Udjævningen
fundne Kon-
stanter og deres
Middelfejl

En grafisk Oversigt over Konstanterne og deres Middelfejl findes i Fig. 4, hvor de Konstanter, som svarer til Vindene fra de forskellige Retninger, er betegnet ved de sorte Punkter og afsat efter den til venstre angivne Maalestok. Konstanternes Middelfejl er betegnet ved Længden af de lodrette Streger gennem Punkterne i samme Enhed som Konstanterne.

Paa Figuren er tillige angivet den Hastighed, som Strømmen vilde have efter Formlen, hvis ingen Vind virkede paa Vandet.

I det følgende skal nærmere omtales de Detaljer, som den foretagne Undersøgelse har givet Oplysninger om for de forskellige Omraader af de danske Farvande, for saa vidt man ved Fyrskibiagttagelser kan faa de forskellige Ejendommeligheder i Farvandenens Strømforhold repræsenteret.

Strømforhol-
dene ved Horns
Rev og Vyl ved
Vindstille

Da Strømforholdene ved Horns Rev og Vyl Fyrskibe i Følge disses Beliggenhed kan antages at være underkastet andre Forhold end Strømmene ved de Fyrskibe, som ligger i de indre danske Farvande, vil det være naturligt at behandle dem for sig.

Det ses for det første, at man efter Formlerne — Konstanterne Tabel 4 — ved disse to Fyrskibe maa vente en Strøm paa henholdsvis 10,0 cm/sec og 18,1 cm/sec i udgaaende Retning d. v. s. henholdsvis fra Retningerne NNV og NV misvisende, forudsat, at der ingen Vind blæser.

Som det ses af Tabel 2, Side 8, er den udgaaende og indgaaende Strøm ved Horns Rev og Vyl beliggende i diametralt modsatte Retninger, og deres Differens er for de to Fyrskibe henholdsvis -19 cm/sec og -8 cm/sec, idet Strømretningerne henholdsvis fra NNV og NV regnes for positive; det ses altsaa, at den ved Formlerne fundne Strøm for Horns Rev er 29 cm/sec og for Vyl 26 cm/sec større end den virkelige Middelstrøm; den Indflydelse, som Vinden har paa Strømmens Middelværdi, er altsaa i det væsentlige den samme for begge Fyrskibe.

Det kan vel paa Forhaand synes usandsynligt, at der ved de to Fyrskibe skulde findes en resulterende Strøm med sydlig Retning, naar de af Vinden frembragte Strømme lades ude af Betragtning; lignende Forhold, som fandtes ved de to Udjævningsregninger for Skagens Rev (se Side 30), kunde maaske ogsaa tænkes at gælde for Beregningerne for Strømmene ved Horns Rev og Vyl, saa at man af den forholdsvis ringe Middelfejl 4,2 og 2,2 cm/sec (se Tabel 19) for det konstante Led alligevel ikke tør slutte sikkert om dettes absolutte Værdi paa Grund af Teoriens Ufuldkommenhed.

Forskellige Omstændigheder tyder dog paa, at Vandet ved de to Fyrskibe Horns Rev og Vyl har en sydgaaende Tendens, naar vi ser bort fra den ved Vinden fremkaldte Virkning.

I Sammenhæng hermed vil jeg undersøge, hvorvidt de af Formlerne for Vindstille beregnede Værdier af Strømmen stemmer med de Strømme, som faktisk forekommer ved Vindstille.

For de Perioder, da der ved de to Fyrskibe i Tidsrummet 1897—1908 har hersket Vindstille eller kun svage Vinde, er der derfor dannet Middeltal af de forekommende Strømme; til Middeltalsdannelsen anvendtes 6 paa hinanden følgende Observationer for derved at eliminere Tidevandsstrømmen, idet Observationerne er foretaget hver fjerde Time.

De stille Perioder ved Horns Rev og Vyl Fyrskibe er imidlertid sjældne, og for at faa et Materiale af en rimelig Størrelse er der benyttet alle de Perioder paa 24 Timer, for hvilke ingen af Observationerne var over 1 Beaufort (0—12).

Dette Materiale deltes i 2 Grupper; i den første medtoges alle de Middeltal, som var dannet af Observationer med Vindstille mindst 4 Gange og altsaa højst 2 Gange Observationer med Styrken 1; i den anden Gruppe medtoges de øvrige Middeltal, som altsaa var dannet af Observationer med Vindstille højst 3 Gange og Vindstyrken 1 mindst 3 Gange.

Antallet af de i det hele Materiale fra 1897—1908 udtagne Observationer og deres Middeltal ses af følgende Sammenstilling.

	Horns Rev		Vyl	
	Antal Døgn	Middelværdi for Strømmen cm/sec	Antal Døgn	Middelværdi for Strømmen cm/sec
Vindstyrke $\begin{Bmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \end{Bmatrix} \times 0 + \begin{Bmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \times 1 \dots\dots\dots$	28	— 4,8	22	— 2,3
Vindstyrke $\begin{Bmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{Bmatrix} \times 1 + \begin{Bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \times 0 \dots\dots\dots$	150	— 10,6	67	— 4,6
Beregnet Middelværdi for Vindstyrken 0		10,0		18,1
Middelværdi af faktisk forekommende Strømme		— 19		— 8

De ad denne Vej beregnede Middeltal er vel betydelig mindre i numerisk Værdi end Middeltallene af alle de faktisk forekommende Strømme, men de naar dog ikke at blive positive som de af Formlerne beregnede Middelværdier.

Imidlertid gælder de her fundne Middeltal jo ikke for virkelig Vindstille, og det ses af de to Grupper, at der er stærk Aftagen med Vindstyrken. Vi tør altsaa slutte, at i Perioder med Vindstille er Mittelstrømmen ved Horns Rev og Vyl Fyrskibe betydelig mindre stærkt nordgaaende end under normale Forhold.

Da vestlige Vinde paa disse Steder er de hyppigste, og disse ved Samvirken med Afbøjningen ved Jordrotationen sikkert vil give Overfladestrømmen en nordgaaende Retning, kunde ovenstaaende Resultat tænkes at være en umiddelbar Følge heraf; mærkelig bliver dog den stærke Aftagen i Strømmens Styrke, naar de svage Vinde med Styrke mindre end 1 yderligere aftager mod Vindstille.

J. P. VAN DER STOK¹⁾ har for et Tidsrum af to Aar (1898 og 1899) undersøgt Strømforholdene ved de hollandske Fyrskibe og fundet følgende Værdier for den resulterende Strøms Retning og Hastighed:

Fyrskib	Strømretning »hvorfra«	Strømhastighed cm/sec
Noord-Hinder	S 20 V	2,24
Schouwenbank	S 33 V	4,92
Maas	S 11 V	6,20
Haaks	S 2 V	7,00
Terschellingerbank	S 54 V	5,84

Om disse Strømme siger van der Stok²⁾: »La direction du déplacement de l'eau près de Haaks et l'amoindrissement de la vitesse moyenne près de Terschellingerbank sont autant d'indications qu'à cette station le courant ne saurait être regardé comme une continuation directe du courant près de Haaks, mais que quelque part entre Haaks et Terschellingerbank le courant se recourbe, au moins partiellement, à gauche, de sorte que dans la partie méridionale de la Mer du Nord il s'établit une circulation permanente, aussi bien que dans la partie boréale«.

Selv om Strømmen ved Terschellingerbank har Retning fra S 54 V, taler dette ikke imod, at der ved Horns Rev og Vyl findes en sydgaende Mittelstrøm, naar Vindens Virkning regnes fra; derimod synes det naturligt at antage, at den af van der Stok beskrevne Hvirvel vilde medføre en Kompensationsstrøm i sydlig Retning i det sydøstlige Omraade af Nordsøen, hvis ikke Vindens Virkning ganske skjulte dette Fænomen

¹⁾ Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut No. 90, Études des Phénomènes de marée II, 1905.

²⁾ l. c. S. 59.

En anden Omstændighed, som ogsaa taler til Gunst for en sydgaaende Vandbevægelse ved Horns Rev og Vyl, naar man ser bort fra Vindens Virkning, er følgende:

Det er en bekendt Sag, at Materialvandringen langs Jyllands Vestkyst fra Hanstholm til Blaavandshuk foregaar fra Nord mod Syd, hvad der navnlig viser sig ved, at Fjordmundingerne Nymindégab, Thorsminde og Thyborøn vandrer syd paa. En Beskrivelse af denne Vandring findes i et Arbejde om Ringkøbing Fjord af Distriktslæge RAMBUSCH¹⁾, og om dens Realitet kan der ikke tvivles, selv om man derfor ikke tør slutte, at Tilstedeværelsen af en Kyststrøm med sydlig Retning dermed er bevist; Bølgeslaget orienteret paa en bestemt Maade ved de optrædende stærke Storme kunde f. Eks. ogsaa tænkes at være af Betydning. Rambusch anfører:

»Det sydlige Stryg« — saaledes benævnes Strømmen, som kommer fra Syd — »synes at være det almindeligste, men det nordlige er det, der spiller den største Rolle. Det kan naa en Hastighed af 1 dansk Mil i Timen og standses (slægges) ikke af Tidevandsstrømmen«.

Antager man, at der findes en saadan Kyststrøm, sydgaaende langs Jyllands Vestkyst, er dette i Overensstemmelse med, at man for Vyl faar en større Værdi for det konstante Led, som repræsenterer Strømmen uafhængig af den lokale Vind, end man faar for Horns Rev, idet dette ligger længere borte fra Kysten end Vyl.

Strømforholdene
ved Horns Rev
og Vyl under
Vindens Ind-
flydelse

Gaar vi ud fra, at den af Vinden uafhængige Strøm har de Værdier, som er givet ved Formlerne, ses det, at man for de to Fyrskibe har den Ejendommelighed, at saa at sige alle Vinde vil give Strøm med nordlig Retning. Svagest virker for Horns Rev nordlige, nordvestlige og østlige Vinde; de sidste giver en ringe sydgaaende Strøm; for Vyl er Virkningen svagest omtrent for de samme Vindretninger, nemlig de nordvestlige, østlige og sydøstlige. At Vinde fra Retningerne SØ, S, SV og V giver nordgaaende Strøm er vel ret naturligt efter Farvandets Art, men det falder vanskeligere at indse, at Vinde fra N og NØ ogsaa kan give nordgaaende Strøm; for de nordøstlige Vinde er Strømmene endda særlig kraftige, og da denne Vindretning falder omtrent lodret paa Strømretningen ved Horns Rev og Vyl, maa man tænke sig, at den bevirker, at Vand føres ud af Nordsøen, idet den ved Vinden fremkaldte Driftstrøm bøjer til højre med Retning mod NV. Ved NØ-lige Vinde maa der samtidig optræde en Opstemning af Vandet ved den engelske Kyst, særlig i den sydlige Del af Nordsøen, hvor Vandet paa Grund af den mindre Dybde kan tænkes at blive ført mere direkte i Vindens Retning; denne Opstemning vil da understøtte den kendte Bevægelse med sydgaaende Retning langs den engelske Kyst, nordgaaende langs Jyllands Vestkyst.

Til en nærmere Undersøgelse af dette Spørgsmaal vilde det dog være ønskeligt nøjere at kende Strømforholdene i Nordsøen og deres Afhængighed af de meteorologiske Forhold m. m.

Strømforholdene
ved Fyrskibene
i Kattegat ved
Vindstille

For Fyrskibene i Kattegat ses det, at den konstante Strøm, som skulde findes, naar Vindens Virkning lades ude af Betragtning, er meget forskellig for de forskellige Skibe. For Anholt Knob og Kobbergrunden er fundet en indgaaende Strøm, for alle de andre en udgaaende.

Man vilde vel nok være mest tilbøjelig til at vente en udgaaende Strøm ved alle Fyrskibene, men da man maa antage, at der ved Kobbergrunden og ved Anholt Knob findes nogenlunde ensartede Strømforhold paa Grund af deres Beliggenhed ved den vestlige Side af den dybe Rende, og da det viser sig, at Strømmen begge Steder er indgaaende, taler dette for Rigtigheden af, at der virkelig findes en indgaaende Strøm ved disse Skibe; som det ses af Tabel 19, udgør Middelfejlen paa det konstante Led henholdsvis 22% og 15%, men dog maa det stadig erindres, at disse Angivelser af, hvad Strømmen er, naar der ingen Vind findes, beror paa en Ekstrapolation, idet de til Udjævningen benyttede Tal for Forekomst og Styrke af Vinde fra de forskellige Retninger aldrig naar Værdien 0.

Efter det tidligere nævnte Arbejde af WITTING²⁾, hvor ogsaa Observationerne fra Kobbergrunden er benyttet, skulde den her benyttede Teori imidlertid være den, som tilfredsstillede Observationerne bedst, ogsaa for smaa Værdier af Vindstyrken.

¹⁾ Studier over Ringkøbing Fjord, København 1900, Side 146.

²⁾ Ann. d. Hydrographie 1909, S. 201.

Tænker vi os altsaa Strømmen indgaaende ved Anholt Knob og Kobbergrunden, danner den sammen med Strømmen ved den svenske Kyst, som sikkert maa være udgaaende, antagelig en Hvirvel over den dybe Del af Kattegat mellem Anholt—Læsø og Sveriges Kyst.

Strømhvirvel
over den dybe
Del af Kattegat
mellem Anholt
og Læsø

Af de andre Fyrskibe, ved hvilke den af Vinden uafhængige Strøm er udgaaende, har Læsø Trindel den svageste, 13,1 cm/sec, Skagens Rev den stærkeste, 69,4 cm/sec; for de andre Fyrskibe i Kattegat Læsø Rende, Schultz's Grund og Lappegrunden er den udgaaende Strøm omtrent ens, ca. 43—45 cm/sec.

Endelig er for Drogden fundet den af Vinden uafhængige Strøm = 18,7 cm/sec i udgaaende Retning.

Disse Strømme, uafhængige af Vinden, findes grafisk fremstillet paa det midterste Kort, Tavle VIII og IX.

Den Virkning, som Vinden fra forskellige Retninger har paa Strømmen, er repræsenteret ved Konstanterne i Tabel 4, S. 13, og er grafisk fremstillet i Fig. 4, S. 31. I Hovedsagen kan man sige, at østlige Vinde giver udgaaende Strøm, vestlige Vinde indgaaende Strøm. Ser man nøjere til, er der dog forskellige Enkeltheder at mærke.

Strømforholdene
ved Fyrskibene
i Kattegat under
Vindens Ind-
flydelse.

Kurvernes Beliggenhed i Forhold til Nullinien er saaledes overmaade forskellig. For Skagens Rev, Læsø Rende og Schultz's Grund skulde saaledes langt de fleste Vindretninger give indgaaende Strømme; kun Vindretningerne i Nærheden af Ø eller SØ skulde give svage udgaaende Strømme.

Man kan jo tænke sig, at dette er en Fejl, der klæber ved Metoden, og at Konstanterne er fundet af Ligningerne, saaledes at det konstante Led er blevet taget noget for stort, samtidig med at de forskellige Vindretningers Konstanter er blevet noget for meget negative, saa at begge Dele tilsammen paa bedst mulig Maade efter den valgte Teori gengiver Observationerne (Maanedsmiddeltallene) i det Omraade, hvor disse ligger; dette er muligt, og man kunde maaske se en Bekræftelse derpaa i den Omstændighed, at for Schultz's Grund skulde de fleste Vindretninger give indgaaende Strøm, medens man for Lappegrunden finder, at de ved Vinden frembragte Strømme omtrent ligeligt er fordelt mellem udgaaende og indgaaende.

Ser vi bort fra Fyrskibene Anholt Knob og Kobbergrunden, maa man dog lægge Mærke til, at de indgaaende Strømme, som fremkaldes af Vinden, er stærkest for de vestlige Fyrskibe, medens ved de østlige, Lappegrunden og Læsø Trindel, ud- og indgaaende Strømme fremkaldte ved Vinden er lige betydelige; dette Forhold tyder paa Rigtigheden af de fundne Konstanter.

For Kobbergrunden og Anholt Knob, hvor det konstante Led repræsenterer en indgaaende Strøm, skal de forskellige Vinde give udgaaende Strømme. Hvis der findes en Strømhvirvel i denne Del af Farvandet, som omtalt foran, er en saadan Virkning af Vinden i og for sig vel forstaaelig, idet Strømhvirvlen vil forstyrres af Vinden, saa at det udstrømmende Vand føres hen forbi disse Fyrskibe. Vestlige og nordvestlige Vinde skulde dog ikke influere paa Strømmen i nogen synderlig Grad.

Selv om det kan siges, at østlige Vinde i Hovedsagen giver udgaaende Strømme, vestlige Vinde indgaaende Strømme, falder Maximum for disse Strømme dog ikke netop for samme Vindretning.

Efter Kurverne, Fig 4, kan man opstille følgende Tabel:

	Maximum for udgaaende Strøm	Maximum for indgaaende Strøm
Skagens Rev	Ø	V
Læsø Rende	SØ ¹⁾	NV
Læsø Trindel	S	SV
Kobbergrunden	SØ	NV
Anholt Knob	NØ	NV
Schultz's-Grund	Ø ¹⁾	V
Lappegrunden	Ø ¹⁾	V
Drogden	Ø ¹⁾	V

¹⁾ Kurverne er underkastet en grafisk Udjævning.

At gøre Rede for disse Forskydninger af den Vindretning, som giver Maximum for ud- eller indgaaende Strøm, lader sig næppe gøre paa Grundlag af det foreliggende Materiale.

Den særlige Form, Kurven har for Læsø Trindel med de to Maxima saa tæt ved hinanden, maa sagtens ligge i de lokale Forhold.

I den »danske Lods«¹⁾ findes en Angivelse af, at den nordgaaende Strøm langs Læsø Østside frembringer sydgaaende Idvande. Muligvis kan dette Idvande slægges ved Vinde fra Syd og den udgaaende Strøm for disse Vinde derved blive særlig stærk ved Trindelen.

For Anholt Knob ses det, at nordøstlige Vinde giver Maximum for udgaaende Strøm; dette kan maaske forklares ved, at de nordøstlige Vinde, der blæser nogenlunde lodret paa den svenske Kyst, tvinger den udgaaende Strøm, som vi har forudsat findes der, over mod den vestlige Del af den dybe Rende, saa at den cykloniske Vandbevægelse, som antagelig finder Sted under rolige Vejrforhold, bliver forstyrret, hvorved Strømmen bliver særlig stærk udgaaende ved Anholt Knob.

Ved Schultz's Grund har man, at den udgaaende Strøm ved Østenvinde er noget svagere end ved nordøstlige og sydøstlige Vinde; dette kunde ganske naturligt forklares ved, at Strømme kommende fra Øst regnes for indgaaende ved Schultz's Grund, og at derfor østlige Vinde kunde frembringe indgaaende Strømme, som i de benyttede Middeltal havde formindsket den resulterende udgaaende Strøm; Kurverne for Lappegrunden og Drogden viser imidlertid det samme Forhold, og her kan Forklaringen ikke bruges, saa det er vel tvivlsomt, om den er rigtig for Schultz's Grunds Vedkommende.

Iøvrigt ses det af Fig. 4, at Forskellen paa Konstanterne for de østlige og sydøstlige Vinde omtrent er af samme Størrelse som deres Middelfejl. Detaljer af denne Art kræver nærmere Undersøgelse, for at der skal kunne siges noget afgørende derom.

Oversigtskort
for Strømmens
Afhængighed
af Vinden

For at give en bekvem Oversigt over, hvorledes Strømmens Styrke ved de forskellige Fyrskibe varierer med Vindens Styrke og Retning, er dennes Sammenhæng fremstillet paa Kortene, Tavle VIII og IX, for Vindstyrkerne 0, 3 og 6 (Skala 0—12); det midterste Kort paa Tavlerne gælder for Vindstille, de 8 Kort udenom dette for Vindene fra de forskellige 8 Hovedretninger efter de paa Kortene vedføjede Betegnelser.

Tabel 20. Strømme (cm/sec), som af Formlerne er fundet for Vindstyrkerne 3 og 6 Beaufort for de forskellige Vindretninger.

Vindens Retning misvis.	Vindens Styrke (0—12)	Horns Rev	Vyl	Skagens Rev	Læsø Rende	Læsø Trindel	Kobber- grunden	Anholt Knob	Schultz's Grund	Lappe- grunden	Drogden
Stille	0	10	18	69	43	13	— 13	— 39	45	43	19
N	3	2	— 20	— 34	5	— 3	8	7	19	58	42
NØ	3	— 52	— 6	78	29	39	14	54	50	93	26
Ø	3	21	11	104	70	33	16	40	35	56	15
SØ	3	— 19	4	44	62	55	32	18	57	92	40
S	3	— 48	— 20	— 22	59	59	25	— 7	— 4	89	14
SV	3	— 20	— 17	— 23	19	— 25	2	— 27	— 27	12	— 5
V	3	— 27	— 17	— 33	— 11	— 7	— 5	— 24	— 34	— 34	— 42
NV	3	— 1	1	— 18	— 29	5	— 19	— 43	— 29	— 5	22
N	6	— 3	— 39	— 86	— 14	— 11	19	31	6	65	54
NØ	6	— 84	— 18	82	22	52	27	100	52	118	30
Ø	6	27	7	122	83	43	31	79	30	62	12
SØ	6	— 33	— 4	31	72	76	54	47	64	117	51
S	6	— 77	— 39	— 68	67	82	44	9	— 28	112	12
SV	6	— 35	— 34	— 69	7	— 44	10	— 21	— 62	— 4	— 16
V	6	— 46	— 34	— 85	— 38	— 17	— 2	— 16	— 73	— 72	— 72
NV	6	— 7	— 8	— 62	— 65	1	— 22	— 45	— 66	— 29	24

¹⁾ Den danske Lods Side 146, Udg. 1910.

Strømmen er antaget at løbe i den ene af de for hvert Fyrskib karakteristiske Hovedretninger og er angivet i Størrelse ved en optrukken Linie med Pil; den anden Hovedretning er punkteret. I Tabel 20 findes opført de Talværdier, paa Grundlag af hvilke Kortene er tegnet. Tabellerne er udregnet efter den Side 13 angivne Formel.

Til nærmere Forstaaelse af Kortene, Tavle VIII og IX, bemærkes, at vel er alle Konstanterne i Udjævningsformlerne beregnet ud fra Maanedsmiddeltal, men som det fremgaar af Udviklingen af Formlen Side 13, vil man faa ganske de samme Konstanter for andre Tidsrum, idet det dog forudsættes, at Teorien er rigtig med samme Tilnærmelse for disse Tidsrum som for Maanederne; navnlig maa det fremhæves, at Tidsrummene ikke maa blive saa korte, at Faseforskydningen for Strømmen med Hensyn til Tiden griber forstyrrende ind. Kortene er derfor at forstaa saaledes, at hvis en Vind en vis Tid blæser, vil man hele Tiden have den til denne Vind svarende Strømstyrke.

Anvender man den ved Kortene, Tavle VIII og IX og ved Tabel 20 fremstillede Relation mellem Vind og Strøm, vil man derved sandsynligvis komme Virkeligheden saa nær, som Overensstemmelsen mellem de iagttagne og de beregnede Maanedsmiddeltal i Tabellerne 5—14 og Tavlerne III—VII viser, dog under Forudsætning af at det Tidsrum, man vælger, har en passende Længde, d. v. s. er af Størrelsesordenen 1 Maaned, og at Vindforholdene i dette Tidsrum ikke har haft en abnorm Karakter med Vindstille eller særlig stærke Vinde i længere Tid; det vil da ingen Rolle spille, om den Teori for Sammenhængen mellem Vind og Strøm, paa Grundlag af hvilken Kortene er tegnet, er rigtig eller kun tilnærmet; den anvendte Formel er en Interpolationsformel, som er tilstrækkelig nøjagtig indenfor det betragtede Omraade.

Det kunde være af Interesse at se, hvorledes Overensstemmelsen mellem observeret og beregnet Strømstyrke er, naar man gaar over til at gøre Periodernes Længde til kun eet Døgn.

En saadan Undersøgelse er foretaget for Strømobservationerne ved Skagens Rev, Anholt Knob og Schultz's Grund Fyrskibe for Aarene 1905, 1906 og 1907.

Hertil er benyttet de Strøm- og Vindobservationer, som findes opført i nautisk-meteorologisk Aarbog for hver 4de Time i Døgnet.

De 6 Strømobservationer, som er foretaget i Døgnet, er behandlet paa lignende Maade som Strømobservationerne ved Beregningen af de maanedlige Middeltal (se Side 9); ved geometrisk Addition af de indgaaende Strømme for sig og de udgaaende for sig fandtes to Resultanter, som blev trukket aritmetisk fra hinanden, hvorefter deres Differens divideredes med 6.

Naturligvis vil Retningerne for de saaledes fundne Resultanter for et enkelt Døgn variere mere end Retningerne for Resultanterne udregnede for en hel Maaned, men Afvigelserne fra Hovedretningerne er dog sjælden saa store, at Resultanternes Projektion ind paa Hovedretningerne bliver væsentlig mindre end Resultanterne selv.

Den af Vinden beregnede Middelstrøm for et Døgn fandtes paa lignende Maade som Middelstrømmen for en Maaned efter Formlerne Side 13 med de i Tabel 4 opførte Konstanter.

Paa Tavlerne X—XII er for de nævnte tre Fyrskibe afsat saavel de observerede som de beregnede Værdier for hver Dag 1905—1907. Til venstre paa hver Tavle er angivet Maalestokken i cm/sec; Punkterne for den iagttagne Strøm er forbundet med optrukne Linier; Punkterne for den beregnede Strøm ved punkterede Linier.

Det ses, at der for alle tre Fyrskibe er en vis Overensstemmelse mellem de iagttagne og de beregnede Værdier, selv om den ikke er saa god som for de iagttagne og de beregnede Maanedsmiddeltal.

Det fremgaar af Kurverne for den observerede og den beregnede Strøm, at selv om der er en Faseforskydning paa et Døgn eller to, hvad der i enkelte Tilfælde utvivlsomt er, saa er det paa den anden Side langt fra altid, at det kan paavises, og man tør derfor paastaa, at Overfladestømmene i Kattegat i det væsentlige er bestemt ved Vinden + en konstant Strøm, og at de som Regel hurtigt følger Vindens Variation, undertiden dog med en Forsinkelse af et Døgn eller to.

Benyttelse af de fundne Relationer mellem Vind og Strøm for kortere Tidsrum end en Maaned

Tabel 22.

	Januar			Februar			Marts			April			Maj			Juni			Juli			August			September			Oktober			November			December			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
1	23	—	7	5	84	—66	—73	104	—86	—102	63	2	13	—26	—47	—50	—22	14	24	—112	—85	—100	33	26	28	—46	—18	—9	—16	—19	—12	97	102	107	28	31	31
2	55	6	8		—65	—68	—77	—16	—24	—22	59	—3	11	27	37	35	—50	—4	9	—25	—30	—26	—15	—12	—3	—30	45	28	54	14	10	120	83	105	—35	—22	—12
3	133	38	45		20	24	27	30	—30	—22	—43	—9	4	36	23	28	—20	—5	5	—4	—18	—9	18	20	21	19	28	24	22	36	36	88	89	81	—80	—67	—75
4	66	—22	—29		38	78	75	—83	—87	—104	—24	—13	—5	67	16	14	58	19	20	20	4	19	—18	—19	—11	18	7	13	22	22	21	102	110	119	45	43	48
5	58	—2	—3		38	42	38	—76	—56	—60	58	17	17	—24	12	17	8	25	23	1	33	35	—73	—88	—101	—67	—43	—44	—30	3	8	99	33	42	—5	—42	—53
6	7	38	38		15	—35	—25	—94	—67	—76	92	27	31	—46	30	27	14	13	21	79	91	71	—12	20	18	—67	—78	—91	—15	—16	—14	79	4	1	35	59	64
7	59	93	70		—56	—62	—67	—91	—70	—77	88	53	36	30	22	17	—25	—6	6	65	47	41	3	37	35	—57	—73	—85	—21	4	2	99	97	90	—22	—63	—71
8	—3	48	34		5	—79	—76	—54	—77	—87	0	—6	6	23	71	45	—40	27	29	—32	—9	3	—47	—35	—32	—27	—50	—53	69	76	71	97	93	96	—81	—48	—42
9	—13	—6	0		—81	—35	—37	—47	—84	—99	45	15	20	23	28	26	—28	0	12	—51	—23	—16	—7	—3	10	—37	—83	—98	95	38	46	99	90	101	—36	—26	—25
10	—7	—4	5		—61	—47	—53	9	—40	—31	42	7	20	4	—14	—9	6	4	16	—60	—21	—12	1	28	19	3	—13	—4	53	40	38	110	0	13	16	—2	7
11	—50	—27	—23		50	—68	—89	27	—52	—63	45	7	12	—119	—54	—58	43	44	37	—54	—27	—20	—62	—20	—8	15	31	29	55	33	33	15	—74	—84	38	79	66
12	—55	—44	—45		—7	—19	—25	—29	—60	—62	49	32	29	—26	35	31	93	14	20	38	37	33	—59	—36	—33	27	45	34	20	—46	—53	—29	—29	—26	22	56	48
13	—50	—20	—14		10	—11	—8	—68	—48	—42	—1	15	20	58	70	48	—5	—2	5	65	34	33	8	10	14	—19	75	58	—23	14	12	21	11	12	40	81	81
14	—34	—33	—32		28	35	31	—69	—29	—31	—45	—18	—12	63	56	42	100	44	50	—47	1	15	57	26	32	34	63	57	15	—5	0	—7	—2	11	27	64	60
15	—51	—41	—38		26	34	30	27	—35	—40	—79	—59	—68	70	75	54	92	71	62	—2	—30	—25	4	—12	—12	—17	—6	—9	—57	—61	—64	—9	—32	—31	—3	23	26
16	—42	—63	—68		42	—68	—89	—84	—61	—67	—92	—56	—59	37	9	12	86	90	75	—114	—79	—92	—4	9	14	—6	87	92	—10	—34	—28	3	—26	—24	—5	95	69
17	—69	—75	—83		—9	—32	—34	—87	—47	—49	—16	—5	7	24	39	35	67	33	30	—74	—35	—33	—11	27	23	52	102	95	—44	—31	—24	2	46	48	—19	22	21
18	—49	—3	0		—43	—7	4	—58	—31	—46	112	87	78	126	79	71	79	7	21	—54	—30	—25	10	15	23	90	115	116	—16	23	11	9	9	17	—49	—19	—16
19	85	—38	—30		2	18	20	12	18	18	117	86	100	110	83	82	18	24	26	—21	—14	—9	—23	—4	4	85	110	106	28	68	57	38	47	52	—53	—18	—8
20	18	58	39		46	70	63	23	50	46	76	13	24	92	85	91	—69	—46	—47	—75	—40	—35	49	—51	—53	88	98	90	—1	—15	—5	—21	—1	5	—66	—27	—16
21	—11	41	40		10	43	39	54	71	65	—6	—35	—25	58	93	57	—103	—66	—75	—86	—101	—123	—44	—102	—124	94	71	63	—20	12	17	—27	—26	—18	—63	—29	—21
22	30	53	49		30	24	23	30	52	40	39	—21	—13	42	49	41	—45	—12	—6	—42	—57	—62	—3	3	3	106	96	91	8	64	53	—49	—35	—38	—5	—27	—19
23	—27	—6	7		59	93	85	34	45	34	—7	12	15	51	21	24	24	55	41	10	—2	10	13	—57	—62	112	86	76	46	61	68	—56	—43	—41	9	—22	—17
24	—41	—50	—43		72	94	86	81	88	88	30	13	21	51	14	24	66	49	38	—3	17	24	6	9	8	112	59	52	23	35	47	—63	—53	—56	33	—36	—38
25	—62	—90	—97		70	53	57	101	82	105	46	56	48	42	5	17	19	—7	4	1	—25	—20	23	56	58	40	—13	—9	32	41	45	—74	—88	—103	—54	—91	—114
26	—68	—51	—53		—10	—29	—21	86	48	59	49	73	56	11	10	15	—89	—48	—48	9	3	14	27	23	27	90	56	48	18	44	44	—39	—69	—78	—45	—71	—85
27	—93	—99	—119		—45	—28	—20	58	—17	—10	49	50	44	26	30	37	—22	—26	—17	41	22	23	7	14	16	—28	—23	—18	41	—6	—12	—38	—38	—42	—20	15	12
28	—79	—83	—98		—43	—25	—17	58	—39	—42	45	—16	—18	—67	—5	1	—53	—37	—34	60	80	56	2	7	17	5	—58	—64	—12	—58	—75	—2	—5	—9	10	72	50
29	—37	—19	—14					52	—58	—50	5	5	9	—72	—65	—73	—25	—14	—7	68	81	53	—51	—40	—40	—56	58	55	—3	—45	—53	—59	—87	—104	6	—13	—2
30	—45	—1	2					51	—1	7	19	68	52	—47	—5	2	—32	—66	—76	37	21	27	—66	—59	—66	—7	—22	—17	—45	11	17	—15	—36	—37	32	73	57
31	2	20	25					—40	—11	—4				—19	14	24				38	57	41	—4	0	13				29	89	99				56	93	77

I Middeltal for Døgnet i Aaret 1906 ved Skagens Rev iagttaget.

II	»	»	»	»	»	»	»	»	beregnet efter Formel	$S_m = 69,4 - 17,3 N + 1,4 N\bar{O} + 5,8 \bar{O} - 4,3 S\bar{O} - 15,3 S - 15,4 SV - 17,1 V - 14,6 NV$
III	»	»	»	»	»	»	»	»	»	$S'_m = 40,6 - 19,8 N' + 8,9 N\bar{O}' + 16,1 \bar{O}' + 1,2 S\bar{O}' - 21,3 S' - 17,7 SV' - 22,6 V' - 18,3 NV'$

hvor N, NØ ... betyder Middelværdien i Døgnet for Vindstyrken + 3 Enheder fra den paagældende Retning

og N', NØ'...	»	»	»	»	»	»	alene	»	»	»	»
---------------	---	---	---	---	---	---	-------	---	---	---	---

For at kunne sammenligne den Overensstemmelse, der findes mellem de observerede og de beregnede Middeltal for de enkelte Døgn med den Overensstemmelse, der findes mellem de observerede og de beregnede Middeltal for en Maaned, er for Middeltallene for de enkelte Døgn udregnet Middelfejlen paa de observerede Værdier svarende til de i Tabel 16 opførte Middelfejl for de maanedlige Middeltal. Regningerne er gennemført for begge de tidligere omtalte Udjævninger for Skagens Rev; Middelfejlen er opført i Tabel 21 for hvert Aars Observationer.

For Anholt Knob og Schultz's Grund er udregnet Middelfejlen paa Grundlag af Observationerne i 1906. Endvidere er i Tabel 21 opført de tilsvarende Middelfejl for Maanedsmiddeltallene, taget fra Tabel 16 og fra Side 30, samt Forholdet mellem Middelfejlen for Døgnets Middeltal og Maanedens Middeltal.

Tabel 21.

Fyrskib			Middelfejl (i) paa Døgnets Middeltal cm/sec	Middelfejl (f) paa Maanedens Middeltal be- regnet for 1897—1908 cm/sec	$\frac{i}{f}$
Skagens Rev	1905		37	9,9	3,6
	—	1906	37		
	—	1907	34		
Strømmen proportional med Vind- styrken	Skagens Rev	1905	33	9,9	3,5
	—	1906	37		
	—	1907	36		
Anholt Knob			28	8,2	3,4
Schultz's Grund			33	9,3	3,5

Det ses, at Middelfejlen for Døgnets Middeltal er betydelig større end Middelfejlen for Maanedens Middeltal. Forholdet mellem dem er for alle tre Fyrskibe 3,5; da Maanedens Middeltal er fremgaaet af ca. 180 Observationer, medens der til Døgnets Middeltal kun er benyttet 6 Observationer, kunde man vente, at Forholdet mellem de to Middelfejl var $\sqrt{30} = 5,5$; naar det i Virkeligheden er blevet saa meget mindre, er Grunden rimeligvis den, at Middelfejlen paa Maanedsmiddeltallet er fundet for stor, idet en vis periodisk Gang i Strømstyrken i Løbet af Aaret eller i Løbet af det halve Aar har gjort Afvigelserne mellem Iagttagelse og Beregning forholdsvis større ved Maanedsmiddeltallene end ved Middeltallene for de enkelte Døgn.

Muligvis kan ogsaa andre systematiske Afvigelser fra Teorien gøre sig gældende. Med de aarlige og halvaarlige Perioder for Overfladestrømmen skal vi beskæftige os i det følgende Afsnit.

Til Slut skal blot anføres (Tabel 22) de observerede Middeltal for Døgnet og de af Vinden beregnede efter de to forskellige Teorier for Skagens Rev i Aaret 1906.

Som ogsaa Middelfejlsberegningen Tabel 21 viste, er begge Teorier omtrent lige gode.

Middelfejl paa
den beregnede
Strømstyrke
for et Døgn

Teorien om
Strømmens
Proportionalitet
med Vind-
styrken i Beau-
fort anvendt
paa de enkelte
Døgn

AARLIG OG HALVAARLIG PERIODE I OVERFLADESTRØMMEN.

Ved den i forrige Afsnit foretagne Undersøgelse af Sammenhængen mellem Vinden og Overfladestrømmen viste det sig, at Vinden for de betragtede Havomraader tør anses for den væsentlige Aarsag til de paa et givet Tidspunkt forekommende Overfladestrømme.

Det viste sig endvidere, at den til en bestemt Vind svarende Overfladestrøm indtraadte relativt hurtigt efter Vindens Opstaaen, idet der højst var Tale om en Forsinkelse paa en Dag eller to.

Vi skal nu undersøge, om der i de Differenser, som er fundet mellem de iagttagne og de beregnede Maanedsmiddeltal, og som er opført i Tabellerne 5—15, findes en saadan »Gang«, at der kan paavises andre Aarsager til Strømmen end netop Vinden.

Udskillelse af halv- og helaarlige Perioder i Materialet af Overfladestrøm-maalinger

For at se, om der i Differenserne findes en helaarlig og en halvaarlig Periode og for at faa saadanne Perioder bestemt, er der dannet Middeltal af Differenserne for Januar Maaned, Februar Maaned o. s. v. for flere Aar, idet det hele Materiale deltes i to Grupper, I og II; Gruppe I omfattede Aarene 1897—1902, Gruppe II Aarene 1903—1908. De derved fremkomne Middeltal underkastedes harmonisk Analyse, hvorved fandtes de i Tabellerne 23 og 24 opførte Konstanter.

Ligeledes er opført i Tabellerne de paa Grundlag af alle Observationerne fundne harmoniske Konstanter.

Middeltallene for alle Observationerne og de derved fundne udjævnede Kurver er grafisk gengivet paa Tavle XIII og XIV.

Som det fremgaar af Tabellerne, er det ikke store Amplituder, det drejer sig om, i Sammenligning med den Middelfejl, som vi antog fandtes i Middeltallene alene paa Grund af Observationsfejlene; denne blev tidligere (S. 27) anslaaet til 3,5 cm/sec. Ved Middeltalsdannelse for den hele Aarrække 1897—1908 maa man da formode, at Middelfejlen paa Middeltallet for hver Maaned bliver 1 cm/sec, og set i Forhold hertil er flere af de fundne Perioder saa udprægede, at der næppe kan være Tvivl om deres Eksistens.

Tabel 23. Aarlig Periode for Strømmen i Overfladen ved danske Fyrskibe.

De i Tabellen opførte Værdier for de harmoniske Konstanter er fundet af Maanedsmiddeltallene for de anførte Tidsrum, efter at den Strøm, som var forarsaget af Vinden, var trukket fra de enkelte Maanedsmiddeltal for de observerede Strømstyrker.

Idet S er den udgaende Strøms Styrke i cm/sec, s den maximale Strøm, ζ det Antal Maaneder efter 1. Januar, da denne indtræder, samt t Tiden udtrykt i Maaneder, udtrykkes S ved

$$S = s \cos(30t - 30\zeta).$$

Fyrskib	Amplituden s cm/sec			Antal Maaneder ζ efter 1. Januar, da Maximum for udgaende Strøm indtræder		
	1897—1902	1903—1908	1897—1908	1897—1902	1903—1908	1897—1908
Horns Rev.	0,5	2,0	1,1	0,9	10,3	10,7
Vyl	0,8	0,3	0,4	0,1	9,1	11,5
Skagens Rev.	3,8	1,8	2,8	8,1	8,6	8,2
Læsø Rende	1,7	1,3	0,6	11,6	7,3	9,9
Læsø Trindel	0,5	0,6	0,4	1,6	4,3	3,0
Kobbergrunden	0,6	1,1	0,7	10,1	0,7	11,7
Anholt Knob	2,4	4,1	3,2	1,4	0,5	0,8
Schultz's Grund	4,0	3,6	3,7	2,4	3,1	2,8
Lappegrunden	2,8	3,6	3,2	4,0	4,7	3,6
Drogden	1,0	1,4	0,2	0,8	6,9	7,0

Tabel 24. Halvaarlig Periode for Strømmen i Overfladen ved danske Fyrskibe.

De i Tabellen opførte Værdier for de harmoniske Konstanter er fundet af Maanedsmiddeltallene for de anførte Tidsrum, efter at den Strøm, som var forårsaget af Vinden, var trukket fra de enkelte Maanedsmiddeltal for de observerede Strømstyrker.

Idet S' er den udgaaende Strøms Styrke i cm/sec , s' den maximale Strøm, ζ' det Antal Maaneder efter 1. Januar, da denne indtræder, samt t Tiden udtrykt i Maaneder, udtrykkes S' ved

$$S' = s' \cos (60 t - 60 \zeta').$$

Fyrskib	Amplituden s' cm/sec			Antal Maaneder ζ' efter 1. Januar, da Maximum for udgaaende Strøm indtræder		
	1897—1902	1903—1908	1897—1908	1897—1902	1903—1908	1897—1908
Horns Rev	0,9	1,7	1,3	5,0	5,5	5,3
Vyl	0,3	1,2	0,7	4,4	5,5	5,3
Skagens Rev.	4,4	2,1	2,6	3,8	2,4	3,4
Læsø Rende	1,5	2,1	1,5	3,0	4,1	3,7
Læsø Trindel	1,2	3,2	1,7	3,8	2,3	2,6
Kobbergrunden	2,6	2,3	2,5	2,3	1,9	2,1
Anholt Knob	1,2	1,9	0,4	4,3	1,4	1,6
Schultz's Grund.	3,2	2,5	2,3	0,6	1,5	1,0
Lappegrunden	0,2	8,0	5,5	3,5	1,0	1,0
Drogden	2,1	5,1	3,6	1,5	1,3	1,3

For nærmere at undersøge Sammenhængen mellem disse Perioder for de forskellige Fyrskibe, vil jeg søge at faa Rede paa, hvorledes der kan opstaa en aarlig og en halvaarlig Periode i Strømmen.

I Formlerne, hvorved Strømmen er fundet som Funktion af Vinden, er opstillet et konstant Led uafhængigt af Vinden, som skal repræsentere den konstante Vandbevægelse, der i de fleste Tilfælde er udgaaende, og som i hvert Fald til Dels tænkes opstaaet ved, at Vand fra Østersøen finder Afløb gennem Bælterne og gennem Kattegat, idet ganske vist de udstrømmende Vandmasser efterhaanden antager større og større Mægtighed ved, at Vand fra Kattegat og Bælterne strømmer med ud¹⁾.

Hel- og halvaarlig Periode i Overfladestrømmen sammenlignet med Udstømningen fra Østersøen

Spørgsmaalet er da, hvorvidt man er berettiget til at udtrykke den udstrømmende Vandmængde, som er uafhængig af Vinden, ved et konstant Tal.

For den botniske Bugt har WITTING²⁾ for Aarene 1904 og 1905 fundet de nedenfor angivne maanedlige Værdier for Ferskvandstilførslen og for den af Vandstanden beregnede Forandring i Vandmængden, som foregaar fra Maaned til Maaned, udtrykt i ckm.

Den botniske Bugt

	1904:	Jan.	Febr.	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Decbr.
Vandtilførsel.	6,6	4,6	4,3	19,6	46,4	34,1	20,8	22,7	14,1	13,2	7,0	8,4	
Forandring i Vandmængde. .	— 18,6	— 12,0	15,2	10,9	1,1	17,1	0,1	— 20,1	4,3	14,3	13,1	— 3,4	
1905:													
Vandtilførsel.	7,7	5,6	6,9	18,0	51,4	26,4	20,1	25,0	21,1	16,5	13,1	10,1	
Forandring i Vandmængde. .	7,0	— 8,3	2,0	7,0	— 7,4	22,8	6,9	1,3	— 7,3	— 16,4	31,4		

Lader man Middelværdierne af to og to af Tallene for »Forandring i Vandmængde« gælde for Maanederne, faas følgende Tal for Forskellen paa Ferskvandstilførslen og de Forandringer, som er foregaaet i Vandmængden for hver Maaned i de to Aar,

	Jan.	Febr.	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Decbr.
1904	—	19,9	2,7	6,6	40,4	25,0	12,2	32,7	22,0	3,9	— 6,7	3,6
1905	5,9	6,2	10,0	13,5	51,6	18,7	5,3	20,9	24,1	28,3	5,6	—

¹⁾ Denne Forøgelse af de udstrømmende Vandmassers Mægtighed er paavist af Martin Knudsen, der har fundet den kvantitative Størrelse derfor paa forskellige Steder i de indre danske Farvande. Beretning fra Kom. for vid. Unders. af danske Farvande 2 Bd. 2. Hefte, København 1899.

²⁾ Finnländische Hydrographische-biologische Untersuchungen Nr. 2, S. 217, Helsingfors 1908.

Selv om disse Tal kun giver et tilnærmet Udtryk for Udstrømningen, og denne skyldes flere Aarsager foruden Ferskvandstilførslen, viser de dog en saa karakteristisk Stigning for Maj Maaned, at denne sikkert i det væsentlige maa skyldes Ferskvandstilførslen i Foraaret, og ser vi paa den Vandmængde, som er tilført den botniske Bugt i hver Maaned, giver den omtrent samme Billede af Variationen i Foraarsmaanederne.

Man maa derfor formode, at den Ophobning af Vandet, som finder Sted i den botniske Bugt i Foraarsmaanederne kun er ringe i Forhold til de Vandmasser, som tilføres og afgives. Udstrømningen i Maj Maaned kan rundt regnes at være 1 ckm pr. Døgn mere end i April.

For den sydlige Østersø foreligger ikke mig bekendt Beregninger over Størrelsen af den tilførte Mængde fersk Vand; for at faa et Begreb derom vil jeg antage, at Arealet af den sydlige Østersø og de Landstrækninger, hvorfra Vand føres til den, er ca. $2\frac{1}{2}$ Gang saa stort som den botniske Bugt og de Landstrækninger, hvorfra Vand føres til den.

Efter et af SUPAN¹⁾ udarbejdet Kort over Nedbøren i Løbet af Aaret er denne noget større for Egnene over den sydlige Østersø end omkring den botniske Bugt. Fordampningen, som ved Tallene for den botniske Bugt er trukket fra, er vel noget større for de sydligere Omraader, men har ingen væsentlig Indflydelse i de Maaneder, vi betragter.

Sætter vi for de to Omraader Forholdet mellem Summen af Nedbørsmængderne i de sidste Vintermaaneder, hvor Nedbøren bindes i Form af Is og Sne, og Nedbørsmængden i Foraarsmaanederne til $\frac{3}{2}$, maa altsaa Ferskvandstilførslen til den sydlige Østersø være ca. 4 Gange saa stor som til den botniske Bugt.

For at faa et Begreb om det Tidspunkt, da Tilførslen er størst, er i Tabel 25 sammenstillet nogle Middeltal af Vandstandsmaalinger fra tyske Floder.

Tabel 25²⁾. Den maanedlige Middelvandstand for de anførte Steder paa Grundlag af dagligt Observationsmateriale i Aarene 1896—1905. Tallene angiver cm.

Flodens Navn	Observationsstedets Navn	Observationsstedets Afstand fra Flodmundingen i Kilometer	Vandstandens Middelværdi cm	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Memel	Tilsit	52	252	+55	+107	+156	+189	0	-72	-89	-100	-106	-102	-60	+18
Pregel	Tapiau	47	204	+21	+64	+79	+57	0	-33	-30	-37	-43	-49	-32	+4
Weichsel	Kürzebrack	71	181	-10	+37	+105	+132	+42	-27	-1	-49	-75	-69	-54	-34
Oder	Hohensaathen	87	324	+40	+62	+74	+79	+81	-28	-55	-58	-70	-67	-58	+2

Det ses, at Maximum for Vandstanden paa de i Tabel 25 anførte Steder i Floderne falder i Maanederne Marts—April, altsaa noget tidligere end Maximet for Tilførsel af Vand til den botniske Bugt.

Vandstandsforandringerne i den sydlige Del af Østersøen er mindre end i den nordlige³⁾. Ved den svenske Kyst falder Vandstanden i Tiden fra Februar til April i Middelværdi 12,3 cm, medens den i samme Tid ved den tyske Kyst falder 3,8 cm.

En Forskel i Vandstanden paa $\frac{12,3 + 3,8}{2} = 8$ cm i den sydlige Østersø svarer omtrent til en Vandmængde paa 30 ckm; denne Variation fordelt over 2 Maaneder giver altsaa en gennemsnitlig For mindskelse af Vandmængden paa 0,5 ckm pr. Døgn.

¹⁾ Gengivet i Hann.: Lehrbuch der Meteorologie Leipzig 1906, S. 264.

²⁾ Tallene er taget fra Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands herausgegeben von der Preussischen Landesanstalt für Gewässerkunde, Abflussjahr 1906. Allgemeiner Teil. Berlin 1910.

³⁾ Krümmel: Handbuch der Oceanographie I, S. 58.

Da Forøgelsen i Tilstrømningen af fersk Vand til den sydlige Østersø sandsynligvis maa regnes at strække sig over dobbelt saa lang Tid som Forøgelsen i Tilstrømningen til den botniske Bugt, og jeg endvidere antog, at Tilførslen af Ferskvand til den sydlige Østersø var 4 Gange saa stor som Tilførslen til den botniske Bugt, vil jeg regne, at der til den sydlige Østersø i Maanederne Marts og April tilføres ca. 2 ckm Vand mere pr. Døgn end i Maanederne forud. Paa Grund af den stærkere Tilførsel fra den botniske Bugt i Maj Maaned kunde man dernæst antage den stærkere Tilførsel til den sydlige Østersø udstrakt ogsaa til denne Maaned.

Den saaledes rent overslagsmæssigt fundne Tilførsel af fersk Vand til Østersøen er stor i Forhold til Forandringen i Østersøens Vandmængde, og det vil derfor være rimeligt at antage, at den forøgede Udstrømning paa Grund af Ferskvandstilførslen maa give sig særlig til Kende i Maanederne Marts, April, og Maj i Store Bælt og Sundet.

Hvis man nu kendte Forholdet mellem Strømmens Styrke paa de forskellige Steder i et Tværsnit over Store Bælt ved Schultz's Grund og et Tværsnit over Sundet ved Lappegrunden, var det muligt at se, om Summen af alle Tilvæksterne for de forskellige Strømme svarede til den beregnede Vandmængde.

Sammenligning
mellem Ud-
strømningen
fra Østersøen
og Strømmen
ved Schultz's
Grund

Skønt Materialet i denne Henseende lader meget tilbage at ønske, er der dog for Schultz's Grund gennemført Maalinger af Strømmen i forskellige Dybder i Løbet af et Aar 6 Gange i Døgnet, og paa Grundlag af disse Maalinger maa vi danne os et Begreb om Strømmens Variation med Dybden og lade disse Maalinger repræsentere Forholdene i hele Tværsnittets Bredde samt tillige lade dem gælde for Sundet, som forøvrigt paa Grund af sin Snæverhed kun spiller en ringe Rolle ved disse Overslagsregninger.

Af Tabel 37, Side 61, ses, at Strømmen i Middelværdi for hele Aaret er udgaaende i $2\frac{1}{2}$ og 5 Meters Dybde og indgaaende ved Bunden. Grænsen, hvor Vandbevægelsen hverken er ud- eller indgaaende, falder omtrent i 7 Meters Dybde. Af Tabel 36, Side 60, ses imidlertid, at for de Maaneder, hvor Overfladestrømmen har været stærk, er den resulterende Strøm ogsaa udgaaende til en større Dybde; den resulterende Strøm er saaledes udgaaende i 10 Meters Dybde i Maj og August, hvor den ellers plejer at være indgaaende, og i Overfladen har vi i disse Maaneder særlig stærk Strøm. Naar man derfor skal fordele den udgaaende Vandmængde paa Tværsnittets forskellige Dybder, maa man rimeligvis gaa længere ned end til de 7 Meter, der danner Grænsen for den udgaaende Strøm regnet efter Middelværdier, og da man sædvanlig har Grænsen mellem det salte Bundvand og det mindre salte Overfladevand mellem 10 og 15 Meters Dybde, vil jeg sætte 10 Meter som Grænse for Tværsnittet, gennem hvilket Forøgelsen i Udstrømningen findes.

Efter Udmaaling paa et Søkort er Arealet af Tværsnittet fra Sjællands Odde til Hasenøre i det hele rundt regnet $3 \cdot 10^9$ cm² for et Tværsnit fra Overfladen til 10 Meters Dybde. Arealet af et Tværsnit over Sundet ved Drogden er ca. $6 \cdot 10^8$ cm²; altsaa kun lille i Forhold til Tværsnittet over Store Bælt.

Skal der gennem et Tværsnit paa $3 \cdot 10^9$ cm² hvert Døgn løbe 2 ckm mere Vand end ellers, maa Strømstyrken forøges med 8 cm/sec.

Vi maatte altsaa vente, at Strømmen ved Schultz's Grund i Maanederne Marts og April var ca. 8 cm/sec stærkere end i Januar og Februar. Som det ses af Tavle XIII, er Stigningen i Strømmens Styrke indtraadt allerede tidligere, og selv om den fra Østersøen stammende Tilvækst i Strømmen sandsynligvis gør sig gældende i Marts, maa dog ogsaa andre Aarsager være medvirkende, og disse Aarsager maa formodes at virke ens paa Strømmene ved de tre Fyrskibe, Schultz's Grund, Lappegrunden og Drogden, idet Kurverne viser omtrent samme Forløb, kun at den stærkere Udstrømning, som er begyndt i Februar, allerede er forbi i Marts ved Drogden og Lappegrunden, medens den vedvarer i Marts Maaned ved Schultz's Grund.

Hel- og halv-
aarlig Periode
i Overflade-
strømmen
sammenlignet
med Afvigelse
mellem den
anvendte Teori
og Forholdene
i Naturen

Faseforskyd-
ningen mellem
Vind og Strøm

Jeg vil herefter gaa over til at undersøge, om Teorien for Strømmens Afhængighed af Vinden i visse Henseender er saa ufuldstændig, at Afvigelserne mellem de iagttagne og de beregnede Maanedsmiddeltal kan tænkes at fremkomme derved. I bekræftende Fald kan man tænke sig dette ske paa to Maader, enten ved at der under visse Omstændigheder findes direkte systematiske Afvigelser mellem de iagttagne og de beregnede Maanedsmiddeltal, eller ved at de ved Vinden fremkaldte Strømme frembringer sekundære Virkninger, som atter foraarsager Strømme, der giver de periodiske Afvigelser.

De Virkninger, som vi hidtil har set af Vinden, har saa nogenlunde fulgt den i Varighed, men da dette jo kun gælder med Tilnærmelse, og der i det hele taget ikke er gjort Rede for den nærmere Aarsagssammenhæng mellem Vind og Strøm, maa man forudsætte det muligt, at der kan komme en systematisk Afvigelse mellem de iagttagne og de beregnede Værdier paa Grund af, at enten Vindens Styrke eller dens Varighed er forskellig fra det normale, og saadanne Afvigelser maa jo findes. Om de imidlertid i kvantitativ Henseende spiller nogen Rolle, er dog tvivlsomt.

Vindforholdene over et Omraade saa stort som Danmark er nogenlunde ens, og de forskellige Vindes Virkning til at fremkalde ud- eller indgaaende Strøm er, som vi har set, ogsaa nogenlunde ens. Skulde der da ved Vinden fremkaldes en Afvigelse mellem de iagttagne og de beregnede Tal, maatte denne Afvigelse følge den Periode, som Vinden er underkastet; man kunde f. Eks. faa stærkere indgaaende Strøm end beregnet om Efteraaret med de da fremherskende Vestenvinde, eller stærkere udgaaende Strømme end beregnet i April med de da fremherskende Østenvinde eller maaske omvendt.

Nu ses det paa Tavle XIII, at de fundne periodiske Afvigelser mellem de iagttagne og de beregnede Strømme langt fra har deres Maximum paa samme Tid af Aaret. Snarere er det saaledes, at Perioderne nogenlunde følges i det nordlige Kattegat for Fyrskibene Skagens Rev, Læsø Rende og Læsø Trindel, og at de ligeledes følges i det sydlige Kattegat for Fyrskibene Schultz's Grund og Lappegrunden, medens Maximum indtræder 4 à 5 Maaneder senere for de sydlige end for de nordlige Fyrskibe.

Forklaringen paa de periodiske Variationer af de beregnede Differenser kan derfor næppe antages at hidrøre fra en direkte Virkning af Vinden, hvortil der ikke er taget Hensyn ved Udjævningen.

Skyldes de periodiske Variationer indirekte Vinden, maa de af Hensyn til den nævnte Faseforskel for Perioderne i det nordlige og sydlige Kattegat fremkomme ved, at Virkningen af Vinden paa en eller anden Maade opspares for saa til andre Tider at gøre sig gældende.

Opmagasiner-
ing af Vand i
Østersøen ved
Vindens Virk-
ning

Den simpleste Maade, hvorpaa dette kunde ske, var den, at Vinden til visse Tider førte Vandet fra Kattegat ind i Østersøen, saa at Vandstanden der blev højere, og at denne højere Vandstand i den paafølgende Tid forstærkede de udgaaende Strømme og svækkede de indgaaende.

Der vilde paa denne Maade være Mulighed for, at Vindens Virkning kunde ytre sig længe efter, at den var ophørt at blæse, og at de periodiske Forandringer i Middelværdien af Vindens Styrke og Retning kunde give aarlige periodiske Forandringer af Overfladestrømmen. Saadanne Forandringer er muligvis ikke medtaget af den ved Udjævningen fundne Funktion for Strømmens Afhængighed af Vinden, fordi der ikke er taget Hensyn til, at Tilstanden kan være afhængig af Vinden, der har blæst for længere Tid tilbage.

Skulde der findes en saadan Opmagasinerings af Vand i Østersøen, maatte dette vise sig i de Forandringer, som Vandstanden i Aarets Løb undergaar. Efter Krümmel¹⁾ tør vi regne med, at Forskellen mellem Middelværdien for den højeste og den laveste Vandstand ved den tyske Kyst er 12,5 cm og ved den svenske Kyst 21,3; den højeste Vandstand indtræffer ca. 1ste September, den laveste ca. 1ste Maj.

¹⁾ Krümmel: Handbuch der Oceanographie Bd. 1, S. 58.

Ved Gjedser haves en lignende Periode i Vandstanden; Forskellen paa den højeste og laveste Vandstand er efter en Bearbejdelse af Adam Paulsen¹⁾ ca. 12 cm; den højeste Vandstand indtræffer i September, den laveste i April.

For Stationen ved Gjedser og forøvrigt for alle de øvrige danske Stationer er i den nævnte Bearbejdelse Forandringen i Vandstanden sammenlignet med Forholdet mellem Summen af Vindene fra den vestlige Halvdel og fra den østlige Halvdel af Vindrosen; det har derved vist sig, at Vandstanden i Hovedsagen varierer paa samme Maade som dette Forhold.

Som anført Side 42 vil en Forandring paa 8 cm i Vandstanden i den sydlige Østersø i Løbet af 2 Maaneder kunne udjævnes, naar der i hvert Døgn transporteres 0,5 ckm Vand efter Omstændighederne til eller fra Østersøen, og efter hvad der er udviklet i det foregaaende, tør vi maaske regne, at dette vil give en Strøm af ca. 2 cm/sec ved Schultz's Grund. Efter Krümmels Tabel har vi den største Stigning i Vandstand i Juni—Juli, da den i Middelværdi af Angivelserne for den tyske og den svenske Kyst udgør 7,8 cm for 1 Maaned; det stærkeste Fald i Vandstanden findes i December—Januar og er efter en lignende Beregning 7,5 cm. Den stærke Stigning af Vandstanden i Juni—Juli maa sikkert henføres til, at de østlige Vinde om Foraaret er ophørt og til Dels afløst af vestlige Vinde, som bevirker, at Udstrømningen forsinkes noget; paa lignende Maade maa det stærke Fald i Vandstanden forklares ved en Kombination af Vindens Virkning og Ferskvandstilførsels Formindskelse paa Grund af Vinterens Indtræden, hvorved Nedbøren bindes i Form af Is og Sne.

Hvorledes dette nu end hænger sammen, kan vi kun vente en ringe Variation i Strømmen ved Schultz's Grund paa Grund af Vandstandsforandringer i Østersøen efter det ganske vist kun løse Skøn, som det er muligt at danne sig. Hertil kommer endelig den Omstændighed, at i Hovedsagen er Kurven for Forskellen mellem den iagttagne og den beregnede Strøm ved Schultz's Grund i modsat Svingning, af hvad man maatte vente, hvis de fremstillede Strømdifferenser skulde skyldes Forandringer i Vandstanden i Østersøen; derimod kunde en mindre Stigning i Juni—Juli og et Fald i December—Januar, som forøvrigt er særligt udpræget for baade Schultz's Grund, Lappegrunden og Drogden, passe godt sammen med Vandstandsforandringen i Østersøen.

Vi ser altsaa, at om det end ikke er udelukket, at Vandstandsforandringerne i Østersøen til Dels kan skyldes Vinden, saa kan de ved Vandstandsforandringerne foraarsagede Strømme ikke gøre deres Indflydelse gældende i selve Kattegat, men muligvis nok mærkes ved Schultz's Grund, Lappegrunden og Drogden.

Da Vinden som bekendt har en aarlig Periode med fremherskende østlige Vinde i April og fremherskende vestlige Vinde om Efteraaret, er der forøvrigt en Mulighed for, at der ved Udjævningen kan være taget noget Hensyn til de ved Vandstandsforandringerne i Østersøen fremkaldte Strømme, for saa vidt Vandstandsforandringerne selv skyldes Vinden; muligvis er f. Eks. Konstanten, hvormed Vindstyrken for de vestlige Vinde skal multipliceres, ved Udjævningen blevet noget mindre, end den vilde være blevet, hvis der ikke til de vestlige Vinde netop hørte en »Modkraft« hidrørende fra den paa den bestemte Aarstid herskende Vandstand i Østersøen, der til Dels er fremkaldt ved selve de vestlige Vinde.

Vandstandsforandringer i Kattegat og Nordsøen kan vel ogsaa frembringes af Vinden, men de derved foraarsagede Strømninger vil saa nær følge Vinden, at man ved Maanedsmiddeltallet for Strømmen tør se bort fra de Virkninger, der ligger forud for den betragtede Maaned.

En anden Maade, hvorpaa Vindens Virkning kan opmagasineres, haves i den Forandring, som paa Grund af Vindens Virkning foregaar i Vandlagenes Beliggenhed; de ved Vinden fremkaldte Strømme vil kunne forandre det Solenoidefelt, som findes mellem to Steder, og det er rimeligt at antage, at den

Forandring af Solenoidefeltet i Kattegat ved Vindens Virkning

¹⁾ Nautisk-meteorologisk Aarbog 1906 udgivet af det danske meteorologiske Institut. København 1907. S. XXXVII.

Strøm, som fremkaldes ved Solenoidefeltet, ikke er saa stærk som de Strømme, der i Overfladen fremkaldes dels direkte dels ved Opstemning af Vandet mod Kysterne.

Er der derfor indtraadt en Forandring i Solenoidefeltets Intensitet, vil de Udjævningsstrømme, der fremkaldes derved, formodentlig være af forholdsvis lang Varighed.

At Vinden spiller en Rolle med Hensyn til Forandring i Solenoidefelterne kan ikke betvivles, men iøvrigt vil en Samvirken mellem den til forskellige Tider forskellige Vægtfyldefordeling og de faktisk forekommende Strømme hidføre Forandringer i Solenoidefeltet, hvad enten Strømmene er foraarsaget af Vinden eller ikke.

Fuldt ud kvantitativt at faa Rede paa alle de Forhold, der er bestemmende for Overfladestrømmen, lader sig med det for Haanden værende Materiale næppe gøre; i det følgende skal det vises at:

- 1) der er en vis Overensstemmelse mellem de aarlige Svingninger i Differenserne mellem iagttaget og beregnet Strøm og de aarlige Svingninger i Solenoidefeltet, hvor Strømmen maales.
- 2) der er en Sammenhæng mellem de aperiodiske Forandringer i Solenoidefeltet og i Overfladestrømmen.

Beregning af
Solenoidefelter

For at illustrere Fremgangsmaaden ved Beregningen af Solenoidefelterne skal nærmere omtales et enkelt Tilfælde, nemlig Beregningen af Solenoidefeltet begrænset af to lodrette Linier fra 0 til 21 Meters Dybde ved Fyrskibene Skagens Rev og Læsø Rende samt to vandrette Linier mellem de to Fyrskibe, den ene i Overfladen, den anden i 21 Meters Dybde.

Paa Grundlag af de i nautisk-meteorologisk Aarbog opførte maanedlige Middelværdier for Temperatur og Saltholdighed for de nævnte Fyrskibe beregnedes for hvert Par Middeltal af Temperatur og Saltholdighed en Størrelse $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0}$, der betyder 1000 Gange Forskellen paa de specifikke Rumfang af to Havvandsprøver, den ene af Saltholdigheden S og Temperaturen T, den anden af Saltholdigheden $35^0/00$ og Temperaturen 0^0 . Enheden, hvori $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0}$ udtrykkes, er $\frac{\text{cm}^3}{1000 \text{ gr}}$, og idet Vægtfylden af en Havvandsprøve paa sædvanlig Maade udtrykkes ved $1 + \frac{\sigma_t}{1000}$, har man:

$$V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0} = \left[\frac{1}{1 + \frac{\sigma_t}{1000}} - \frac{1}{1 + \frac{28,13}{1000}} \right] \cdot 1000.$$

Da man for en bestemt Havvandsprøve (S, T) ved Hjælp af Martin Knudsens Tabeller kender σ_t , kan Størrelsen $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0}$ udregnes af Formlen.

Til den praktiske Udførelse af Regningen benyttedes en Tavle med et Kurvesystem, som i formindsket Maalestok og med kun enkelte Kurver er gengivet i Fig. 5.

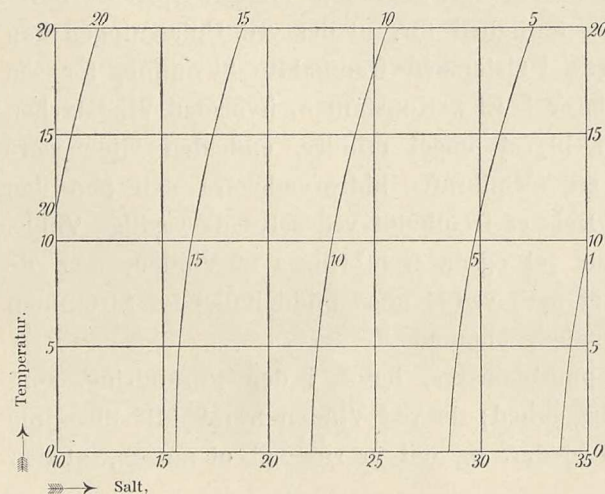


Fig. 5. $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0}$ udtrykt i 10^{-3} cgs Enheder.

Tallene forneden paa Figuren angiver Saltholdigheden, Tallene til venstre Temperaturen og de ved Kurverne anførte Tal de hele Værdier for $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0}$, for hvilke Kurverne gælder.

Til Konstruktionen af Kurvesystemet benyttedes ovenstaaende Formel; sættes $V_{S,T} - V_{35^0/00, 0^0} = k$, faas:

$$\sigma_t = \frac{27,36 - k}{1 - \frac{27,36 - k}{1000}}$$

eller tilnærmet

$$\sigma_t = (27,36 - k) + \frac{(27,36 - k)^2}{1000} + \frac{(27,36 - k)^3}{1000000}.$$

Herved bestemtes de til forskellige hele Værdier af k svarende σ_t ; for disse Værdier af σ_t fandtes derpaa sammenhørende Værdier af S og T af de hydrografiske Tabeller, saaledes at de Punkter, paa Grundlag

af hvilke Kurverne tegnedes, laa med æquidistante Mellemrum saa tæt, at Kurverne kunde tegnes fuldstændig sikkert; Afstanden mellem to Kurver, der svarede til hele Værdier af k , var ca. 2 cm, saa at Størrelsen $V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$ aflæstes fuldkommen sikkert med en Decimals Nøjagtighed.

De paa denne Maade fundne Værdier for $V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$ svarer til dem, som kan beregnes efter Sandstrøm og Helland-Hansens¹⁾ Tabeller 5 og 6, kun at Enheden her er 100 Gange større.

Efter at Størrelsen $V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$ var fundet for de forskellige sammenhørende maanedlige Middel-værdier af Temperaturen og Saltholdigheden, beregnedes for hvert af de to Fyrskibe Integralet

$$E - E_0 = \int (V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}) dp,$$

hvor p betyder Trykket. Integrationen udstræktes fra Overfladen indtil 21 Meters Dybde.

Trykket kan angives i Dyn pr. Kvadratcentimeter, hvorved Enheden derfor bliver: $\frac{\text{gr}}{\text{cm} \cdot \text{sec}^2}$.

Af BJERKNES er indført Udtrykket dynamisk Meter, hvorved forstås den Tilvækst i Dybden, for hvilken Trykket tiltager med $10^5 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2}$.

I det foreliggende Tilfælde vil det være tilstrækkeligt at sætte den dynamiske Meter lig 1 Meter, altsaa at regne Tryktilvæksten pr. Meter til $10^5 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2}$, særlig da det i Virkeligheden gælder om at finde Differensen mellem de to Integraler for hvert af Fyrskibene, og Afgivelserne fra de rigtige Værdier derfor i det væsentlige hæver hinanden. Naar derfor $V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$ beregnes som anført, og p udtrykkes i Meter, bliver Enheden for $E - E_0$

$$\frac{\text{cm}^3}{10^3 \text{ gr}} \cdot 10^5 \cdot \frac{\text{gr}}{\text{cm} \cdot \text{sec}^2} = \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2} \cdot 100.$$

I nedenstaaende Eksempel findes for Juli Maaned 1906 Talværdierne til Bestemmelse af Integralerne for de to nævnte Fyrskibe.

Skagens Rev, Juli 1906.				
Dybde	Temp.	Salth.	$V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$	$(V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}) dp$
0	15,1	28,4	6,9	30,5
5	14,4	30,4	5,3	25,0
10	13,6	31,0	4,7	22,5
15	13,1	31,4	4,3	20,5
20	12,7	31,9	3,9	3,9
21	(interpoleret)		3,8	
30	11,4	32,6	3,1	
				$E - E_0 = 102,4$

Læsø Rende, Juli 1906.				
Dybde	Temp.	Salth.	$V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}$	$(V_{S,T} - V_{35^{\circ}/00,0^{\circ}}) dp$
0	15,4	22,6	11,2	48,2
5	14,5	26,6	8,1	35,0
10	13,4	29,3	5,9	26,5
15	12,6	30,7	4,7	26,4
21	11,9	31,4	4,1	
				$E - E_0 = 136,1$

$$\text{altsaa: } (E - E_0)_{\text{Læsø Rende}} - (E - E_0)_{\text{Skagens Rev}} = 33,7 \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2} \cdot 100 \right].$$

¹⁾ J. W. Sandstrøm und B. Helland-Hansen: Ueber die Berechnung von Meeresströmungen. Report on Norwegian Fishery- and Marine-Investigations Vol II 1902 Nr. 4, Bergen 1903.

Middeltallet af de paa denne Maade udregnede Værdier for Solenoidefeltet mellem Læsø Rende og Skagens Rev indtil 21 Meters Dybde fandtes for alle Maaneder fra Januar 1897 indtil December 1908 at være 37,1. Middelværdien for Solenoidefelterne i Juli Maaned i Aarrækken 1897—1908 fandtes at være 20,8, der altsaa er 16,3 mindre end Middelværdien for Aaret; den i Eksemplet for Juli Maaned 1906 fundne Værdi for Solenoidefeltet er 12,9 større end den normale Værdi i Juli Maaned.

I Tabel 26 findes opført Middelværdierne af Solenoidefelterne for Aaret samt Forskellen mellem Værdierne for de enkelte Maaneder og Aarets Middelværdi.

I Tabel 28 er endelig opført Forskellen mellem Solenoidefelterne for de enkelte Maaneder 1897—1908 og de for Maanederne for samme Tidsrum fundne Middelværdier.

Tabel 26. Middelværdier af Solenoidefelter paa Grundlag af daglige Observationer 1897—1908.

Enheden er $100 \times \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2}$; den positive Omløbsretning er i Overfladen ensrettet med Retningen fra Station I til Station II.

Stationer		Dybder	Aarlig Mid-del-værdi	Differenser mellem Middelværdien for de enkelte Maaneder og Aarets Middelværdi											
I	II			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Læsø Rende . .	Skagens Rev . .	{ 1897—1902 0—11 1902—1908 0—10	30	— 4	— 6	1	7	14	6	— 8	— 6	— 3	10	— 1	—10
Læsø Rende . .	Skagens Rev . .	0—21	37	0	— 2	5	8	10	— 3	—16	— 9	— 1	13	1	— 8
Læsø Trindel . .	Skagens Rev . .	{ 1897—1902 0—11 1902—1908 0—10	35	—10	—11	4	8	22	12	— 3	— 4	— 8	9	— 4	—15
Anholt Knob . .	Kobbergrunden	0—17	42	— 2	2	6	—11	2	— 6	— 9	5	11	1	0	2
Schultz's Grund	Anholt Knob . .	{ 1897—1902 0—11 1902—1908 0—10	17	0	4	7	— 3	— 2	— 1	4	2	— 1	— 4	— 4	— 2
Schultz's Grund	Anholt Knob . .	0—25	34	— 1	20	24	3	— 3	— 8	—13	— 8	3	— 4	—11	0

De i Tabel 26 opførte Værdier for Solenoidefeltets Afvigelse fra det normale i de enkelte af Aarets Maaneder er grafisk fremstillet i Fig. 6.

Sammenligning mellem Solenoidefelternes og Strømmens Afvigelse fra det normale, idet Vindens direkte Virkning er bortelemineret

Vi skal nu se, om de i Tabel 26 opførte Tal viser en Sammenhæng med de maanedlige Middeltal, som kan beregnes af de i Tabellerne 5—14 opførte Differenser a—b.

Man ser straks paa den grafiske Fremstilling, Tavle XIII, for disse sidste, at der er en vis Lighed med Differenserne for Solenoidefelterne fremstillet i Fig. 6; det er dog ikke i alle Tilfælde, at Ligheden er særlig iøjnefaldende, og for at have en af det subjektive Skøn mere uafhængig Vurdering er i Tabel 27 opført de Størrelser, som karakteriserer Korrelationen mellem Strømdifferenserne x, der er gengivet grafisk i Tavle XIII og Differenserne y for Solenoidefelterne, der er fremstillet grafisk i Fig. 6.

Korrelationerne er beregnet efter PEARSONS¹⁾ Methode, hvorefter Korrelationsfaktoren r bestemmes ved Formlen:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}},$$

idet x og y er til hinanden svarende Værdipar.

Størrelsen r kan ligge mellem Værdierne — 1 og + 1 og vil være henholdsvis — 1 eller + 1, naar $y = \mp \alpha x$, hvor α er et konstant positivt Tal for alle sammenhørende Værdipar af x og y; har Størrelserne x og y intet med hinanden at gøre, vil r kun afvige saa meget fra 0, som kan ventes efter dens Middelfejl.

¹⁾ Se f. Eks. Davenport: Statistical Methods New York 1899 og R. Hooker: An elementary explanation of correlation Quarterly Journal 1908 p. 277 Royal Met. Soc. London 1908.

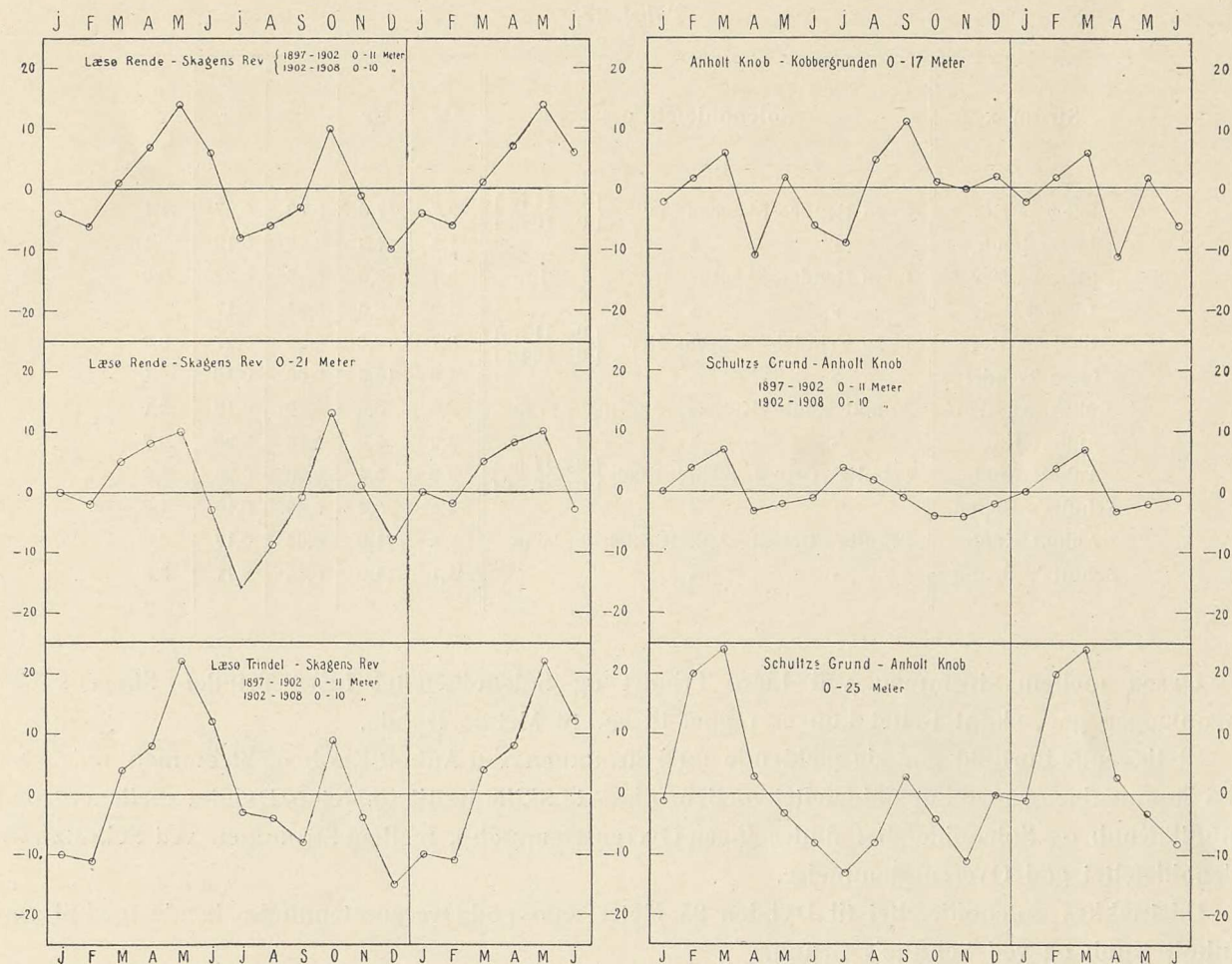


Fig. 6. Solenoidefelters Variation i Løbet af Aaret. Grafisk Fremstilling af Tabel 26.

Middelfejlen paa r , som vi betegner ved σ_r , er bestemt af Pearson og Filon¹⁾ til at være

$$\sigma_r = (1 - r^2) \frac{1}{\sqrt{n}},$$

hvor n er Antallet af Værdipar x og y .

I Tabel 27 er opført Stedet, hvor Strømmen er maalt, Beliggenheden af Solenoidefeltet y , Middelfælgelserne σ_x og σ_y henholdsvis for Størrelserne x og y samt endelig Korrelationsfaktoren r , dens Middelfejl og Forholdet mellem disse.

Man ser, at Forholdet mellem Korrelationsfaktorerne og deres Middelfejl falder i to Grupper, i den ene er Forholdet ca. 3—4, i den anden ca. 1 eller mindre end 1. Jeg vil nu gaa ud fra, at Sammenhængen mellem de to Rækker Størrelser er sikkert paavist, naar Forholdet mellem Korrelationsfaktoren og Middelfejlen er 3 eller derover, medens dens Tilstedeværelse kun i ringe Grad er sandsynliggjort, naar Forholdet er 1.

Solenoidefeltets Variation i de betragtede Omraader kan i saa Fald ikke siges at have nævneværdig Indflydelse paa Strømmen ved Skagens Rev; dette skyldes dog rimeligvis den Omstændighed, at Solenoidefeltet kun er beregnet til forholdsvis ringe Dybder.

Derimod ses Sammenhængen mellem Strømmen ved Læsø Rende og Solenoidefeltet Læsø Rende—Skagens Rev at være god, hvad enten man regner med Feltet til en Dybde af ca. 10 Meter eller til 21 Meter; dog bliver Faktoren r lidt større i sidste Tilfælde.

¹⁾ Pearson and Filon: Mathematical contributions to the theory of evolution. Phil. Transact. Vol. 191 1898 A. p. 229.

Tabel 27.

Strøm x	Solenoidefelt y	σ_x	σ_y	r	σ_r	$\frac{r}{\sigma_r}$
Skagens Rev	Læsø Rende—Skagens Rev $\begin{cases} 0-11 \text{ m} \\ 0-10 \text{ m} \end{cases}$	3,7	7,3	0,29	0,27	1,1
Læsø Rende	» »	1,8	7,3	0,59	0,19	3,1
Skagens Rev	Læsø Rende—Skagens Rev 0—21 m	3,7	8,0	0,25	0,27	0,9
Læsø Rende	» »	1,8	8,0	0,64	0,17	3,8
Skagens Rev	Læsø Trindel—Skagens Rev $\begin{cases} 0-11 \text{ m} \\ 0-10 \text{ m} \end{cases}$	3,7	10,6	0,22	0,27	0,8
Læsø Trindel	» »	1,8	10,6	0,66	0,16	4,1
Kobbergrunden	Anholt Knob—Kobbergrunden 0—17 m	2,0	6,0	0,59	0,19	3,1
Anholt Knob	» »	2,9	6,0	0,16	0,28	0,6
Anholt Knob	Schultz's Grund—Anholt Knob $\begin{cases} 0-11 \text{ m} \\ 0-10 \text{ m} \end{cases}$	2,9	3,4	0,00	0,29	0,0
Schultz's Grund	» »	4,1	3,4	0,69	0,15	4,6
Anholt Knob	Schultz's Grund—Anholt Knob 0—25 m	2,9	11,0	0,64	0,17	3,8
Schultz's Grund	» »	4,1	11,0	0,64	0,17	3,8

Ogsaa mellem Strømmen ved Læsø Trindel og Solenoidefeltet Læsø Trindel—Skagens Rev er Sammenhængen god, skønt Feltet kun er regnet til ca. 10 Meters Dybde.

Et lignende Forhold gør sig gældende med Strømmen ved Anholt Knob og Strømmen ved Schultz's Grund i Sammenhæng med Solenoidefeltet mellem disse to Skibe indtil 10 Meters Dybde; mellem Strømmen ved Anholt Knob og Solenoidefeltet findes ingen Overensstemmelse, mellem Strømmen ved Schultz's Grund og Solenoidefeltet god Overensstemmelse.

Udstrækkes Solenoidfeltet til Dybden 25 Meter, faas god Overensstemmelse baade med Strømmen ved Anholt Knob og ved Schultz's Grund.

Solenoidfeltet Anholt Knob—Kobbergrunden indtil 17 Meters Dybde viser god Overensstemmelse med Strømmen ved Kobbergrunden, men ingen Overensstemmelse med Strømmen ved Anholt Knob.

Det vil efter de fundne Værdier for r være naturligt at antage, at de Variationer, som fremkommer i Solenoidefelterne paa de forskellige Steder, betinger lignende Forandringer i Strømmene, og det bliver herved forstaaeligt, at Perioderne har forskellig Fase i det nordlige og i det sydlige Kattegat; der er nemlig intet unaturligt i, at Forandringen i Fordelingen af Temperaturen og Saltholdigheden, som maa foregaa, for at Solenoidefeltet kan forandres, tager Tid; man kan maaske tænke sig, at den Tid, som medgaar fra det Øjeblik, en Forandring i Solenoidefeltet viser sig ved Skagens Rev, indtil den tilsvarende Forandring viser sig i det sydlige Kattegat, er af samme Størrelsesorden som den Tid, et Temperaturmaximum i de dybere Vandlag bruger for at passere den samme Strækning. Tiden for Temperaturmaximumets Bevægelse i de dybere Vandlag er tidligere fundet at være ca 2 Maaneder¹⁾.

Endelig faar vi ved at antage Forandringen i Solenoidefeltet som Aarsag til de fundne halv- og helaarlige Perioder i Strømmen en Mulighed for at forklare, at disse optræder saa uensartet paa de forskellige Steder, som det f. Eks. er Tilfældet for Kobbergrunden og Anholt Knob. Ved Anholt Knob er den helaarlige Periode den fuldstændig dominerende i Forhold til den halvaarlige, medens det omvendte er Tilfældet for Kobbergrunden; den forskellige Fordeling af Saltholdigheden paa de forskellige Steder maa nemlig uden Tvivl fremkalde ganske forskellige Forandringer af Solenoidefelterne, selv om ogsaa Forskydningerne af Vandlagene over større Omraader er de samme.

¹⁾ Se Martin Knudsen: De hydrografiske Forhold i de danske Farvande indenfor Skagen (S. 51) Beretning fra Kom. for vid. Unders. af danske Farvande Bd. 2 Hefte 2 København 1899 og J. P. Jacobsen: Mittelwerte von Temperatur und Salzgehalt S. 24 Medd. fra Kom. for Havunders. B. I Nr. 10.

Tabel 28. Forskellen mellem Solenoidefelterne for de enkelte Maaneder 1897—1908 og de for Maanederne i samme Tidsrum fundne Middelværdier.

Enheden er $100 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2}$; den positive Omløbsretning er i Overfladen ensrettet med Retningen fra det førstnævnte til det sidstnævnte Fyrskib.

Læsø Rende — Skagens Rev 1897—1902 0—11 Meter 1902—1908 0—10 »													Anholt Knob — Kobbergrunden 0—17 Meter													
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1897	1			3	4	11	7	2	13	11	13	12	0	1897	21		9	8	3	24	19	12	8	8	15	12
1898	5	3	5	3	3	9	13	7	8	6	4	9	1898	1	12	4	9	2	3	28	1	13	13	7	4	
1899	2	4	3	3	16	1	13	3	4	12	11	5	1899	9	3	8	34	89	10	3	16	11	4	2	4	
1900	26		4	10	5	11	15	13	9	9	6	5	1900	14			5	16	5	2	14	14	11	6	4	
1901	7	18	16	13	6	4	5	6	4	4	16	0	1901	4			3	26	10	11	12	24	3	6	7	
1902	17	7	15	10	4	4	14	20	1	1	15	6	1902	4	18	9	2	26	14	15	8	4	16	2	28	
1903	4	17	5	12	4	2	13	13	1	6	6	6	1903	8	6	10	14	28	11	4	5	4	10	6	2	
1904	4	12	5	9	14	3	8	2	12	11	3	2	1904	27	11	20	5	2	4	24	5	6	1	4	8	
1905	6	5	10	8	6	15	5	13	10	1	8	0	1905	1	2	22	1	12	4	7	1	9	11	9	15	
1906	3	9	8	4	17	6	6	13	3	2	7	2	1906	5	4	3	6	0	17	26	0	1	4	6	10	
1907	6	9	21	10	4	9	10	15	6	21	6	4	1907	7	6	19	6	9	2	8	22	8	18	10	4	
1908	8	15	3	10	5	4	6	4	9	2	7	6	1908	13	9	19	21	24								

Læsø Rende — Skagens Rev 0—21 Meter													Schultz's Grund — Anholt Knob 1897—1902 0—11 Meter 1902—1908 0—10 »												
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1897	11		9	1	10	8	0	8	16	14	16	1	1897	2		19	0	7	0	9	9	4	1	10	12
1898	9	5	1	9	0	14	10	6	12	8	3	16	1898	6	0	10	6	14	2	14	6	7	1	5	0
1899	4	2	4	4	20	7	6	12	3	12	2	16	1899	1	11	1	5	4	1	10	6	6	0	0	18
1900	25		2	16	3	13	14	14	18	4	15	2	1900	6	3	0	8	8	6	4	13	0	0	16	2
1901	8	20	18	17	8	6	5	4	2	0	19	2	1901	5			5	1	8	6	2	1	1	7	19
1902	26	4	4	11	15	4	20	24	7	1	21	10	1902	13	14	20	8	3	3	19	7	13	1	1	5
1903	4	28	10	14	8	2	26	22	8	15	11	5	1903	7	4	10	14	3	7	15		5	10	2	0
1904	4	8	9	18	7	3	0	0	16	9	9	1	1904	14	23	9	4	1	14	1	12	9	5	3	16
1905	1	5	9	11	8	21	1	20	12	3	18	2	1905	8	20	4	13	1	2	15	2	3	1	2	9
1906	2	13	1	8	21	5	13	14	15	4	9	1	1906	4	2	10	12	1	2	8	4	9	2	10	14
1907	1	14	24	12	6	19	16	12	9	28	8	14	1907	10	5	21	16	2	7	16	5	2	5	12	33
1908	7	18	5	6	9	4	3	0	7	1	5	10	1908	18	12	18	3	6	4	2	0	0	2	5	1

Læsø Trindel — Skagens Rev 1897—1902 0—11 Meter 1902—1908 0—10 »													Schultz's Grund — Anholt Knob 0—25 Meter												
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1897	8		7	3	7	2	1	23	1	16	2	2	1897	9		28	10	26	21	9	17	28	5	21	29
1898	11	5	5	8	13	5	3	10	13	2	2	11	1898	28	5	23	17	29	20	19	25	42	9	19	10
1899	6	22	6	1	15	9	31	9	4	23	6	4	1899	21	24	4	9	8	35	15	14	22	5	4	44
1900	34	8	22	9	24	17	4	24	12	25	8	2	1900	18	8	8	9	5	5	4	27	3	0	34	15
1901	8	26		3	2	9	3	13	3	2	18	4	1901	7			30	5	23	9	19	11	21	19	47
1902	14	23	35	16	25	22	5	13	8	3	7	2	1902	19	23	40	11	1	10	35	13	11	11	4	11
1903	1	2	9	2	5	14	21	20	6	8	6	17	1903	8	28	5	14	27	38	3		34	13	15	0
1904	8	11	2	0	24	14	9	2	19	6	14	5	1904	38	35	1	29	21	23	20	38	37	14	6	30
1905	12	4	51	16	10	17	17	7	4	4	13	6	1905	31	52	3	12	2	11	11	0	0	28	21	34
1906	8		19	12	45	14	8	5	6	11	11	8	1906	9	2	25	47	14	7	45	10	0	14	47	22
1907	9	7	29	7	5	23	12	13	9	42	31	16	1907	24	18	46	36	13	13	26	24	4	11	22	58
1908	10	21	13	14	8	10	8	3	3	2	4	12	1908	25	27	48	5	8	11	16	6	8	9	2	6

Tabel 29. Forskellen mellem Overfladestrømmene for de enkelte Maaneder 1897—1908 og de for Maanederne for samme Tidsrum fundne Middelværdier.

Skagens Rev													Kobbergrunden												
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1897	57	-19	12	5	3	4	7	8	-32	-2	-4	1	1897	3	-15	8	4	0	-3	11	8	-6	2	-5	9
1898	-33	11	9	29	1	-5	-13	4	-15	21	5	-46	1898	-3	1	1	11	2	1	-6	3	1	2	-1	-8
1899	-1	-1	-34	-45	17	15	12	22	-15	-34	-40	43	1899	3	1	-8	-3	6	2	-2	1	-4	-1	-4	11
1900	28	47	3	-15	1	14	1	20	-33	-6	45	-10	1900	-1			-2	-3	-3	1	9	-10	-3	10	-7
1901	22	-4	29	-7	24	-7	16	1	53	-22	-21	1	1901	3			0	1	-2	3	-7	10	1	-3	5
1902	-25	20	-2	27	-6	-11	-13	-8	-13	21	17	9	1902	-5	3	-6	3	0	2	-3	4	1	-3	2	-4
1903	3	-45	-46	-5	-5	24	-8	-24	21	-6	-27	32	1903	1	-3	3	-6	-2	6	0	-4	0	4	-4	12
1904	-18	52	35	-25	-18	-14	-19	-3	30	-27	-17	-21	1904	9	11	6	-4	2	1	3	-10	6	-5	-8	-4
1905	-14	-19	6	-3	-5	15	-18	10	12	13	19	-25	1905	0	2	3	-1	-3	1	-7	-1	1	-1	5	-8
1906	-5	2	-22	2	5	-4	-6	-4	15	-7	12	-13	1906	2	2	-5	-1	-5	-4	0	-2	4	11	-3	-7
1907	-6	-11	-42	13	-3	-12	14	-15	-14	10	13	28	1907	-4	2	-9	4	0	3	0	-5	-6	-6	13	3
1908	-8	-32	49	22	-16	-15	28	-8	-5	33	0	2	1908	-11	-3	9	-7	0	-4						
Maanedl. Middelværdi	-7	-2	13	24	15	9	-6	-7	2	16	6	4	Maanedl. Middelværdi	7	7	12	8	4	-2	-6	2	6	8	6	7
Læsø Rende													Anholt Knob												
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1897	19		-2	0	-1	1	-4	22	-15	-9	-12	0	1897	28		-1	7	-2	-9	16	-3	-17	-5	-14	-6
1898	-13	-3	-1	7	-3	-12	-26	-1	-6	19	6	-31	1898	-14	11	14	15	-10	-2	0	19	-4	15	3	-17
1899	2	3	4	-20	9	-6	17	3	-10	-25	-22	26	1899	13	-16	-14	-10	4	21	-2	0	-16	-8	-6	33
1900	22		-6	-2	-8	14	9	19	-26	-19	32	-12	1900	1	22	-3	-3	-6	1	3	17	-15	-5	28	-24
1901	11	13	11	7	8	-10	16	3	30	-7	-27	7	1901	-8			0	6	-8	15	-17	18	-7	-1	14
1902	-26	11	-5	20	-15	4	-22	-10	0	2	12	-7	1902	-12	2	-8	17	6	14	-7	-7	-6	7	12	-10
1903	-1	-25	-3	-8	6	-7	-2	-21	19	1	-5	27	1903	6	-18	-7	-2	6	9	-11	-7	6	9	-7	18
1904	18	19	18	-5	-7	-2	-1	-15	18	-2	-20	-14	1904	-16	13	14	-9	-11	-4	8	-6	12	-15	-9	-2
1905	-8	-3	15	-10	-1	14	-14	20	7	-16	17	-18	1905	8	-4	-4	-2	3	-4	-23	13	6	9	7	-16
1906	7	8	-26	9	10	-5	4	5	1	16	-12	-6	1906	7	1	0	3	-2	-1	-6	1	20	1	-2	-5
1907	-14	-2	-26	0	6	5	13	-22	-9	25	23	13	1907	5	-15	-3	-10	2	-1	3	-7	1	-1	1	4
1908	-20	-19	22	2	-2	3	7	-5	-5	15	7	11	1908	-16	-1	12	-11	2	-10	2	-1	-8	16	-11	7
Maanedl. Middelværdi	18	17	29	28	27	20	9	11	18	32	24	24	Maanedl. Middelværdi	1	8	5	3	-2	-11	-21	-18	-5	0	-2	8
Læsø Trindel													Schultz's Grund												
Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Aar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1897	11	-24	5	11	6	-9	3	1	-9	-15	-5	-8	1897	25		15	6	0	-9	-4	14	-14	12	-6	2
1898	-13	-3	-5	8	-3	1	4	3	-11	7	-8	-21	1898	-19	14	5	16	-11	5	-6	-14	-13	8	10	-37
1899	-2	3	-9	-13	7	-5	4	2	-16	-15	-12	26	1899	22	14	-20	-9	2	9	0	18	-22	-23	-12	45
1900	6	12	-14	-10	-7	8	-7	13	-21	-13	29	-11	1900	6	21	-7	-15	13	3	7	23	-27	-10	-8	-26
1901	8		-8	1	-6	5	-12	13	-12	-4	7		1901	10			4	14	-11	20	-8	30	-2	-8	18
1902	-5	10	5	9	-10	-6	4	5	-12	0	15	-11	1902	-18	17	-10	16	-26	11	-3	3	8	-2	19	-18
1903	11	-23	-4	13	-5	4	-11	-7	16	9	-9	10	1903	11	-36	-1	4	6	14	-1	-23	24	6	-3	25
1904	-12	16	9	-7	-3	-3	4	-3	9	-15	-10	1	1904	-4	17	20	-14	3	-20	9	-6	24	-13	-10	-13
1905	-5	0	15	-13	-4	3	-23	19	-3	2	1	-18	1905	6	-3	12	-11	6	17	-28	18	-3	-6	17	-22
1906	7	9	-10	13	3	-11	8	-1	10	7	-9	-11	1906	-6	-4	-24	-1	9	-3	3	-8	-8	3	-5	14
1907	3	0	-19	-6	2	19	11	8	8	22	28	31	1907	-7	-24	-18	2	-6	-7	-6	-27	2	20	18	2
1908	-15	-3	32	6	12	-1	-7	-8	11	20	-14	1	1908	-23	-21	23	2	-11	-5	9	-13	0	13	-12	11
Maanedl. Middelværdi	14	17	24	21	22	14	4	10	17	22	14	17	Maanedl. Middelværdi	-11	3	14	12	15	2	-6	-12	-5	-5	-18	-1

Det fremgaar af det foregaaende, at der sikkert er en Sammenhæng mellem Periodiciteten i Strømmene og Periodiciteten i Solenoidefelterne, og efter al Sandsynlighed er det saaledes, at den første i hvert Fald delvis er frembragt af den sidste.

Jeg vil nu undersøge, hvorledes Forandringerne i Solenoidefelterne opstaar.

Foreløbig vil jeg indskrænke mig til at undersøge, om der findes en Sammenhæng mellem de faktisk forekommende Overfladestrømme og Forandringerne i Solenoidefelterne.

Jeg vil dertil benytte de i Tabel 28 opførte Værdier for Solenoidefelternes Afvigelse fra det normale i hver af de betragtede Maaneder. Tallene i denne Tabel er paa Forhaand befriede for en aarlig Periode, og jeg vil derfor sammenligne dem med tilsvarende Tal, der er dannet af de resulterende Strømme (a) i Tabellerne 5—14 ved fra disse at subtrahere Middeltallene for Maanederne Januar, Februar o. s. v.

De herved fundne Tal for den resulterende maanedlige Strøms Afvigelse fra det normale findes opført i Tabel 29 for Tidsrummet 1897—1908.

Ved at søge Korrelationsfaktoren for Sammenhængen mellem Tallene i Tabel 28 og Tabel 29 vil man altsaa kunne se bort fra de aarlige Perioder, som findes baade i Solenoidefeltet og den maanedlige Middelstrøm; hvad der sammenlignes, er de aperiodiske Forandringer, der er uafhængige af den periodiske Forandring, som eventuelt kan frembringes i Solenoidefeltet ved Forandring i de isodense Fladers Beliggenhed med Aarstiden; ligeledes er Sammenligningen for Strømmens Vedkommende uafhængig af den aarlige Periode, som dels kan skyldes kosmiske Aarsager, dels Vindens aarlige Periode.

At der virkelig findes en Sammenhæng mellem de aperiodiske Forandringer i Overfladestrøm u og Solenoidefelt v, viser de i nedenstaaende Tabel 30 beregnede Værdier for Korrelationsfaktoren r og dens Middelfejl for de forskellige Solenoidefelter og Strømme. I Tabellen er tillige opført Middelafrigelserne σ_u og σ_v for Strøm og Solenoidefelt samt

Forholdet $\frac{r}{\sigma_r}$.

Tabel 30.

Strøm u	Solenoidefelt v	σ_u	σ_v	r	σ_r	$\frac{r}{\sigma_r}$
Skagens Rev	Læsø Rende—Skagens Rev { 0—11 m }	22	9	0,40	0,07	6
Læsø Rende	» » { 0—10 m }	14	9	0,60	0,05	12
Skagens Rev	Læsø Rende—Skagens Rev 0—21 m	22	12	0,49	0,06	8
Læsø Rende	» »	14	12	0,60	0,05	12
Skagens Rev	Læsø Trindel—Skagens Rev { 0—11 m }	22	15	0,36	0,07	5
Læsø Trindel	» » { 0—10 m }	12	15	0,51	0,06	8
Kobbergrunden	Anholt Knob—Kobbergrunden 0—17 m	5	15	—0,05	0,09	— 1
Anholt Knob	» »	11	15	—0,21	0,08	— 3
Anholt Knob	Schultz's Grund—Anholt Knob { 0—11 m }	11	9	0,08	0,08	1
Schultz's Grund	» » { 0—10 m }	15	9	0,23	0,08	3
Anholt Knob	Schultz's Grund—Anholt Knob 0—25 m	11	22	0,35	0,07	5
Schultz's Grund	» »	15	22	0,36	0,07	5

Den fundne Overensstemmelse gælder dog ikke Strømmen ved Anholt Knob og Kobbergrunden sammenlignet med Solenoidefeltet mellem disse Fyrskibe indtil 17 Meters Dybde.

Som det vil erindres, fandtes Strømforholdene tidligere (S. 34) at være af en særegen Karakter ved disse to Fyrskibe. Lader man Vindens Virkning ude af Betragtning, fandtes Strømmene at danne en Hvirvel med nordgaaende Retning ved den svenske Kyst og sydgaende Retning for Strømmen ved Kobbergrunden—Anholt Knob.

Selv om man ikke kan tillægge det negative Fortegn for Korrelationsfaktoren afgørende Betydning, tør man maaske dog formode en Sammenhæng mellem dette og den omtalte Strømhvirvel.

Sammenligning
mellem Sole-
noidefelternes
og Overflade-
strømmens
aperiodiske
Forandringer

Ser vi endelig bort fra den ringe Betydning, som Solenoidefeltet Schultz's Grund—Anholt Knob indtil 10 à 11 Meters Dybde har, er den fundne Sammenhæng god, naar man til dens Konstatering forlanger, at Forholdet mellem r og σ_r blot skal være større end 3.

Stærkest ses Sammenhængen at være mellem Strømmen ved Læsø Rende og Solenoidefeltet Læsø Rende—Skagens Rev, hvad enten man regner til Dybden 10 à 11 Meter eller til 21 Meter.

Et lignende Forhold fandtes ved Sammenligningen mellem de periodiske Variationer i Strømmen ved Læsø Rende og de periodiske Variationer i Solenoidefeltet Læsø Rende—Skagens Rev saa vel til 10 à 11 Meter som til 21 Meter (Tabel 27).

Tør man nu betragte den fundne Sammenhæng mellem de aperiodiske Forandringer af Strøm og Solenoidefelt for fastslaaet for de fleste Steder i Kattegat, kan man forklare denne Sammenhæng ved, at Strømningerne — eventuelt sammen med andre Aarsager — forandrer Solenoidefelterne, og dette maa antages at være den naturligste Forklaring netop paa Grund af Forandringerne aperiodiske Karakter; men da Strømningerne i saa høj Grad skylder Vinden deres Oprindelse, maa Vinden i sidste Instans i hvert Fald være væsentlig medvirkende Faktor til Forandring af Solenoidefelterne i Kattegat.

Da vi endvidere har set, at den Del af Overfladestrømmen, som ikke direkte kan antages at skyldes Vinden, i hvert Fald for en væsentlig Del finder sin Forklaring ved Virkningen af Solenoidefeltet, ligger det nær at antage, at Vindens Virkning paa Strømmen foruden den tidligere omtalte, den primære, tillige er af sekundær Art, idet der i Havet ved dens Virkning skabes Kraftfelter, for hvilke Udløsningen af Energien strækker sig over længere Tid og der ved komplicerer den simple Sammenhæng mellem Vind og Strøm.

Den saaledes fundne Sammenhæng mellem Solenoidefelt og Strøm viser altsaa en Samtidighed for begges Variation, men den egentlige Aarsagssammenhæng er ikke dermed givet; af væsentlig Betydning til nærmere Forklaring af denne er det, at Korrelationsfaktoren er positiv i langt de fleste Tilfælde for Sammenhængen mellem Overfladestrømmen og det Solenoidefelt, som vil give Overfladestrøm samme Vej.

Man kan derfor tænke sig, at det er en Del af den ved Vinden frembragte Strøm, der i det fremkaldte Solenoidefelt bliver opsparet for senere at udløses, medens der altsaa ikke ved Feltet dannes en Modkraft, som kan svække den af Vinden fremkaldte Strøm; en saadan Modkraft vilde nemlig udløses i en Strøm modsat den, som frembragte den, og hvis dette var Tilfældet, maatte vi vente at finde Korrelationsfaktoren negativ.

Man maa saaledes antage, at f. Eks. østlige Vinde over Danmark og de tilgrænsende Hav- og Landomraader dels direkte vil fremkalde en udgaaende Strøm og dels sætte Overfladesaltholdigheden i det sydlige Kattegat ned, hvad der atter vil give en Strøm i samme Retning.

Omvendt vil vestlige Vinde dels give en direkte indgaaende Strøm, dels vil Vandet af ringere Saltholdighed i Kattegat drives tilbage, saa at det Solenoidefelt, som giver udgaaende Strøm, bliver mindre kraftigt.

Sammenhæng
mellem Strøm
og Solenoidefelt
for to efter
hinanden føl-
gende Maaneder

Interessant er det i denne Sammenhæng at se Sammenstillingen analog med Tabel 30, dels for den maanedlige Værdi for Strømmen i Forhold til Solenoidefeltet for den foregaaende Maaned, dels den omvendte Kombination med den maanedlige Værdi for Solenoidefeltet i Forhold til Strømmen for den foregaaende Maaned.

I Tabel 31 a og 31 b er Sammenstillingen foretaget for nogle enkelte Strømme og Felter. Der er i de fleste Tilfælde ingen Sammenhæng til Stede; den største Værdi for Korrelationsfaktoren i de betragtede Tilfælde findes for Solenoidefeltet Schultz's Grund—Anholt Knob 0—25 Meter og Strømmen ved Schultz's Grund fra den foregaaende Maaned. Korrelationsfaktoren er her negativ, saa hvis man i det hele vil tillægge den nogen Betydning, maa det være den, at Strømmen i dette Havomraade har Tilbøjelighed til at skabe et Kraftfelt, som er i Stand til at modvirke Strømmen, der fremkalder det.

Det andet Tilfælde, hvor Korrelationsfaktoren ikke er helt forsvindende, er for Strømmen ved Anholt Knob og Solenoidefeltet Anholt Knob—Kobbergrunden 0—17 Meter fra den foregaaende Maaned.

Tabel 31 a. Strømmens Afvigelse fra det normale i en Maaned sammenlignet med Solenoidefeltets Afvigelse fra det normale i den foregaaende Maaned.

Strøm u	Solenoidefelt v	$\sqrt{\lambda_2(u)}$	$\sqrt{\lambda_2(v)}$	r	$\sqrt{\lambda_2(r)}$	$\frac{r}{\sqrt{\lambda_2(r)}}$
Læsø Rende	Læsø Rende—Skagens Rev 0—21	14	12	0,02	0,08	0
Schultz's Grund	Schultz's Grund—Anholt Knob 0—25	15	22	-0,02	0,08	0
Anholt Knob	Anholt Knob—Kobbergrunden 0—17	11	15	0,16	0,09	2

Tabel 31 b. Solenoidefeltets Afvigelse fra det normale i en Maaned sammenlignet med Strømmens Afvigelse fra det normale i den foregaaende Maaned.

Strøm u	Solenoidefelt v	$\sqrt{\lambda_2(u)}$	$\sqrt{\lambda_2(v)}$	r	$\sqrt{\lambda_2(r)}$	$\frac{r}{\sqrt{\lambda_2(r)}}$
Læsø Rende	Læsø Rende—Skagens Rev 0—21	14	12	-0,01	0,08	0
Schultz's Grund	Schultz's Grund—Anholt Knob 0—25	15	22	-0,19	0,08	-2
Anholt Knob	Anholt Knob—Kobbergrunden 0—17	11	15	-0,01	0,09	0

Korrelationsfaktoren er positiv, hvilket altsaa tyder paa, at i dette Havomraade vil det en Gang frembragte Solenoidefelt i længere Tid virke til at frembringe en Overfladestrøm overensstemmende med Feltets Retning.

Hvor stor eller hvor ringe Betydning man end vil tillægge en saadan Sammenhæng, saa er det utvivlsomt, at Sammenhængen mellem Strøm og Solenoidefelt for samme Maaned er langt større end Sammenhængen mellem Strøm og Solenoidefelt, hvor den ene af de to Faktorer gælder Maaneden forud.

STRØMME I DYBET.

De hidtil behandlede Maalinger fra de danske Fyrskibe giver, som vi har set, god Oplysning om Strømmen i Overfladen i vore Farvande, saa længe man ikke vil gaa ind paa de mere lokale Forhold. For Dybets Vedkommende er vi derimod uheldigere stillet; som omtalt i Indledningen er de Maalinger, der hidtil er foretaget af Strømmen i de dybere Lag kun faa, og vort Kendskab til disse Vandlags Bevægelse er derfor saa at sige udelukkende fundet ad indirekte Vej ved Studiet af Temperatur og Salt-holdighedsfordelingen til de forskellige Aarstider.

I visse Henseender kan denne indirekte Metode ikke alene yde god Tjeneste, men ogsaa være at foretrække for direkte Strømmaalinger, idet der ved den er Mulighed for straks at faa de Middeltal, som man ellers maa danne af de mange enkelte Strømiagttagelser.

For Farvande som de danske, men forøvrigt vel ogsaa for de fleste andre Farvande, er det en Nødvendighed, at Antallet af Strømiagttagelser er stort, for at der skal kunne komme noget ordentligt ud deraf. Middelfejlen, der hidrører fra de Omstændigheder i Naturen, som man ikke kan skaffe sig Op-

lysning om, maa sættes ned ved mange Observationer, idet der dannes Middeltal; en Del kan sikkert ogsaa naas ved forbedrede Metoder, men herigennem bødes kun paa den Del af Middelfejlen, der hidrører fra Metodens Ufuldkommenhed; hvad man vil forstaa ved »mange« Observationer afhænger af Forholdene, men for at nævne noget, vil det antagelig ikke være formaalstjenligt at indskrænke Strømundersøgelser til Tidsrum mindre end 8 à 14 Dage, inden for hvilket Tidsrum Maalingerne bør udføres hyppigt f. Eks. 6—24 Gange i Døgnet.

Det vil efter dette være forstaaeligt, at man ved Svingninger i Temperatur og Saltholdighed har Mulighed for at bestemme Vandets Bevægelse med langt mindre Arbejde end ved direkte Strømmaalinger, men paa den anden Side faar man saa til Gengæld som Regel Oplysningerne om Strømforholdene i en generaliseret Form, og den Usikkerhed, som hidrører fra de tilfældige Omstændigheder, bliver man heller ingenlunde fri for ved denne Metode.

De Resultater, som er fundet ved Studiet af Strømforholdene efter den indirekte Metode, er omtalt i Indledningen. Ligeledes er omtalt de direkte Maalinger af Strømmen, der i 1909 foretoges i Store Bælt fra det danske Havundersøgelsesskib »Thor« samt de Maalinger, der er udført fra svensk Side.

Direkte Maalinger af Strømmen ved Lappegrunden, Schultz's Grund og Anholt Knob

I de senere Aar er der anstillet Undersøgelser af Strømmen i Dybet fra Fyrskibene ved Lappegrunden, Schultz's Grund og Anholt Knob som et Led i de Undersøgelser, der udføres af den hydrografiske Afdeling af de danske Havundersøgelser.

Maalingerne er foretaget med Libellestrømmaaleren hver fjerde Time i Dybderne $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 15, 20 og 23 Meter fra Lappegrundens Fyrskib, fra Schultz's Grund og Anholt Knob i de samme Dybder, kun at Maalingen i 23 Meters Dybde er erstattet med en Maaling i 25 Meters Dybde.

Maalingerne fra Lappegrunden og Anholt Knob strækker sig henholdsvis over Tiden $\frac{1}{9}$ — $\frac{22}{11}$ 1909 og $\frac{17}{6}$ — $\frac{17}{9}$ 1910.

Maalingerne fra Schultz's Grund blev paabegyndt den $\frac{3}{3}$ 1910 og har været fortsat uafbrudt siden.

Libellestrømmaaleren

Til Forklaring af Fremgangsmaaden ved disse Maalinger vil jeg her give en kort Beskrivelse af Libellestrømmaaleren og dens Anvendelse. En udførligere Beskrivelse har jeg tidligere offentliggjort¹⁾.

Apparatet er afbildet i Fig. 7. Det kan fastspændes paa Skibets Lønning ved Hjælp af Skruevingerne cc. De to Daaselibeller aa er anbragt paa en Plade, der i cardansk Ophængning er forbundet med de faste Dele af Apparatet. Af Ophængningens to Akser er den ene parallel med Skibets Symmetriplan, den anden ligger i en Plan vinkelret derpaa. Fra Haandvinden d gaar en tynd Staalwire over Meterhjulet e og derefter ned gennem et Rør b, der er fastgjort vinkelret paa Daaselibellernes Plade. I Staalwiren kan fastgøres en Cylinder f, belastet med et Lod g.

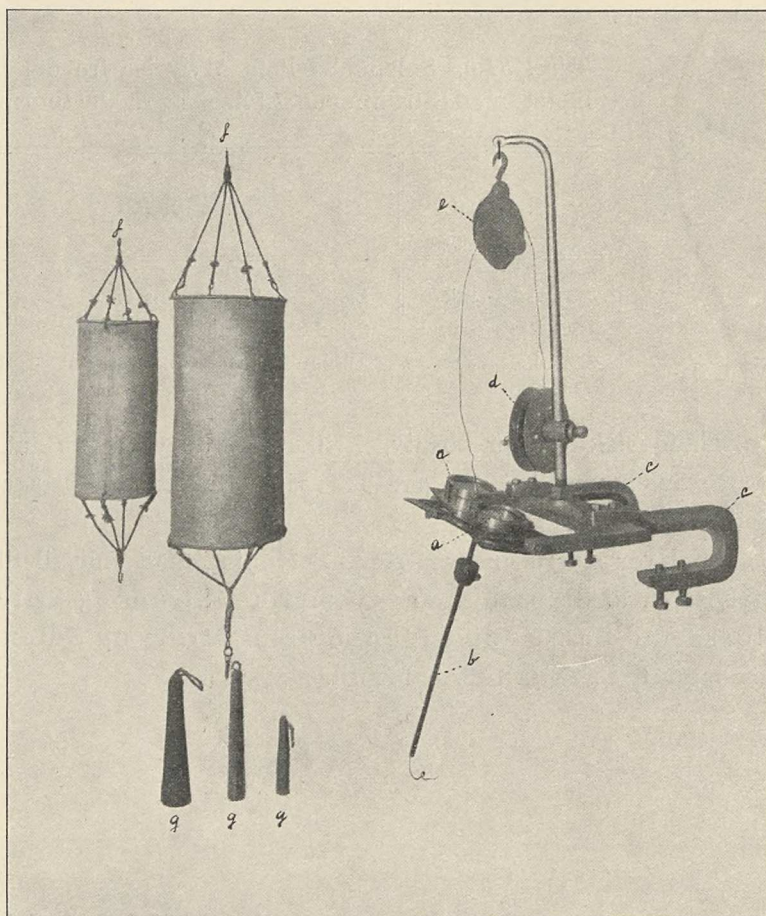


Fig. 7.

¹⁾ Publications de Circonstance No. 51. København 1910.

Paa Daaselibellernes Glas er tegnet koncentriske Cirkler, hvorved kan maales Hældninger paa 5° , 10° o. s. v. Inddelingerne paa den ene Daase gaar til 30° , paa den anden til 20° . Foruden de koncentriske Cirkler er der paa Glassene anbragt Delestreger, der angiver Vinklen, som en Vertikalplan gennem Centrum og Boblen danner med Skibets Symmetriplan. Bestemmelsen af denne Vinkel er gjort lettere ved, at der over Libellens Glas findes et plant Glas og mellem dette og Libellens buede Glas Vædske og Luftboble; det plane Glas er vandret, naar Libelleboblen staar paa 0, og en nok saa ringe Hældning vil derfor bringe Boblen under det plane Glas ud til Siden. Ved Skibets Kompas kan Retningen for Skibets Symmetriplan bestemmes, og det vil indses, at man saaledes er i Stand til at bestemme saa vel Libelledaasernes Hældning som den Azimuth, i hvilken Hældningen findes. Fremgangsmaaden ved Apparatets Brug er da den, at en af Cylindrene med passende Belastning sænkes ned til den Dybde, hvor Strømmen skal maales; Strømmen vil da bevirke, at Linen stiller sig skraat, og dens Afvigelse fra Vertikalen og den Azimuth, i hvilken Afvigelsen finder Sted, bestemmes ved Boblernes Stillinger i Libelledaaserne; de to Daaser er beregnet henholdsvis til Maaling af store og smaa Afvigelser fra Vertikalen.

For at faa Cylinderen ned til den rette Dybde, maa man tage Hensyn til Linens skraa Stilling og beregne hvilken Længde af Linen, der skal gives ud.

For at benytte Apparatets Angivelser til at finde Strømmen, maa man ad empirisk Vej bestemme sammenhørende Værdier for Strøm og Udslag paa Libellerne og deraf danne Tabeller. En Række saadanne Konstantbestemmelser blev foretaget under S/S Thors Ophold i Langelandsbæltet i Juni Maaned 1909, idet Strømmen bestemtes ved Ekmans Strømmaalere, hvis Angivelser var kontrolleret ad anden Vej. Det er paa Grundlag af disse Maalinger, at Tabellerne i den citerede Afhandling er beregnet.

Ved Opstillingen af saadanne Tabeller er der imidlertid særlig to Omstændigheder, der komplicerer Sagen betydelig. Den ene er, at det ikke er muligt at tage Linen saa tynd, at man helt kan se bort fra den Indvirkning, som Strømmen i de øvre Lag har paa denne; den anden, at man ikke, bortset fra Strømmens Virkning paa Linen, kan gaa ud fra, at samme Strøm altid vil give samme skraa Stilling for denne; den Kraft, hvormed Strømmen virker paa Cylindren, vil nemlig afhænge af Vandets Vægtfylde og den indre Gnidning i Vandet, og medens den første er omtrent konstant, kan den indre Gnidning variere stærkt med Saltholdighed og Temperatur.

Bøjningen af Linen ved Strømmen i de overliggende Lag har jeg udførlig diskuteret i den foran anførte Afhandling, og jeg har der angivet en grafisk Metode, hvorved man er i Stand til at korrigere Apparatets Angivelser med tilstrækkelig Nøjagtighed og dog med saa ringe Arbejde, at Behandlingen af et større Materiale ikke bliver særlig vidtløftig af denne Grund; derimod er de Tabeller, som er opstillet for Sammenhængen mellem Apparatets Angivelser og Strømmens Styrke, noget ufuldkomne af Hensyn til den indre Gnidnings Indflydelse, idet jeg ikke havde Lejlighed til at kontrollere denne ved Konstantbestemmelserne i Juni 1909. Siden har jeg ad to forskellige Veje søgt at komme til Kundskab om, af hvilken Størrelsesorden den indre Gnidnings Indflydelse er.

Den ene Fremgangsmaade var at bestemme Sammenhængen mellem Apparatets Angivelser og Strømmens Styrke under forskellige Forhold, navnlig ved forskellige Temperaturer. De herhen hørende Forsøg blev anstillet paa Orlogsværftet, og jeg er Chefen for Orlogsværftet Kontreadmiral ZACHARIAE samt Ledelsen af Søminekorpsets 1ste Afdeling særlig Kaptajn ROTHE og Lieutenant ULRICHSEN megen Tak skyldig, idet der ved Henvendelse fra Lederen af Hydrografisk Laboratorium Professor MARTIN KNUDSEN stilledes saavel Materiel som Mandskab til min Disposition.

Forsøgene udførtes ved at trække en Baad gennem Vandet med konstant Hastighed, idet saavel denne som Apparatets Angivelse iagttoges; det var Hensigten ikke alene at komme til Klarhed over, hvilken Indflydelse den indre Gnidning i Vandet havde, men ogsaa at opstille Tabeller for ny Cylindre, der var bedre egnede til den praktiske Anvendelse end de gamle.

Forsøgene foretoges paa 3 forskellige Tider af Aaret, da Temperaturerne i Vandet var henholdsvis ca. 3° , 12° og 19° . Resultaterne er endnu ikke offentliggjort, da jeg ikke har ment at kunne betragte dem som endelige til Opstilling af Tabellerne for de ny Cylindre; men med Hensyn til Spørgsmaalet om

den indre Gnidnings Indflydelse, har det vist sig, at Variationen i Strømmens Styrke for samme Udslag paa Apparatet under de forskellige Forhold var omtrent 10 %, men iøvrigt viste der sig Uregelmæssigheder, som det i Øjeblikket er vanskeligt at forklare.

Den anden Vej, ad hvilken jeg har søgt at komme til Kundskab om den indre Gnidnings Indflydelse, er paa Grundlag af de Strømmaalinger, som i Løbet af den foran anførte Tid er foretaget med Libellestrømmaaleren fra Schultz's Grund, og som er beregnet efter de i Juni fundne Konstanter. Af disse Maalinger er udskilt Tidevandsperioden M_2 for 4 Dele af Aaret, saaledes som det fremgaar af Tabel 32. Det ses, at hverken Amplitude eller Fase er meget forskellig for de forskellige Tider af Aaret. At den indre Gnidning skulde have nogen kendelig Indflydelse paa Strømmens Amplitude i Overfladen, er lidet rimeligt, efter hvad der siden skal vises om dette Forhold, og naar Amplitude og Fase er saa nær ens, tør man deraf slutte, at Apparatet har forholdt sig meget nær ens over for samme Strøm paa de forskellige Aarstider.

Med Hensyn til den Nøjagtighed, som kan opnaas ved Libellestrømmaaleren, skal endnu blot bemærkes, at denne vokser stærkt med Strømmens Styrke, som det let vil ses af de i det citerede Arbejde meddelte Tabeller.

Ved de meget svage Strømme er Energien i Vandet kun ringe, og man kunde næppe faa en Amplitude paa ca. 10 cm/sec bestemt med en Nøjagtighed som den, hvormed Amplituderne i Tabel 32 er bestemt, hvis man stadig skulde maale Strømme af denne Størrelsesorden. Da imidlertid Strømstille saare sjældent indtræder, vil man faa Tidevandsstrømmens Amplitude bestemt som Differens mellem Strømme med numerisk større Værdier.

Tabel 32. Amplitude og Fase for Hovedkomponenterne af Strømmen ved Fyrskibet Schultz's Grund for Maaneperioden M_2 . Det hele Materiale for et Aar er delt i 4 Dele efter de angivne Maaneder, og Konstanterne beregnet for hver enkelt Afdeling for sig; Den positive Retning for Strømmen er regnet mod Kattegat.

Dybde Meter	Marts, April, Maj		Juni, Juli, August		September, Oktober, November		December, Januar, Februar		Middel	
	R	κ	R	κ	R	κ	R	κ	R	κ
2½	11,1	107	10,6	89	11,9	91	10,7	85	11,1	93
5	10,6	100	10,8	78	11,0	83	12,9	88	11,3	87
10	9,5	90	12,0	82	11,3	75	10,9	76	10,9	81
15	7,1	72	11,2	87	10,0	72	7,9	72	9,0	76
20	9,1	75	11,4	86	7,4	71	6,7	59	8,6	73
25	8,1	79	10,2	80	5,6	68	5,4	45	7,3	68

I det følgende vil jeg behandle de med Libellestrømmaalere foretagne Maalinger fra Lappegrunden og Anholt Knob samt de Maalinger fra Schultz's Grund, som er foretaget i Tiden $\frac{1}{3}$ 1910— $\frac{28}{2}$ 1911.

Maalingerne fra Lappegrundens Fyrskib blev til Dels anstillet for at prøve, hvorvidt Libellestrømmaaleren lod sig anvende fra Fyrskibe, og da Farvandet, hvori Fyrskibet er beliggende, er saaledes beskaffet, at der saa at sige kun findes to Strømretninger, nemlig enten N 30 V eller S 30 Ø, er der i den følgende Undersøgelse kun regnet med de iagttagne Strømmes Projektioner paa disse Retninger.

Middelværdierne for de saaledes beregnede Strømme i det anførte Tidsrum er opført i Tabel 33 for de forskellige Dybder, idet den positive Retning er regnet mod Kattegat.

Tabel 33. Strøm ved Lappegrundens Fyrskib i cm/sec; Strømme med Retning mod Kattegat er regnet positive.

Dybde i Meter . . .	2½	5	10	15	20	23
Strøm cm/sec	29,9	19,0	— 11,5	— 15,4	— 13,6	— 11,0

For de to Fyrskibe Schultz's Grund og Anholt Knob kan en saa simpel Behandlingsmaade ikke anvendes, idet Strømretningerne er mere forskellige end ved Lappegrunden.

I de to Tabeller 34 og 35 er for henholdsvis Schultz's Grund og Anholt Knob givet en Oversigt over Middelværdien af Strømmens Hyppighed og Strømmens Styrke fra forskellige Retninger, idet den

Strømmens
relative Hyp-
pighed og Styrke
fra forskellige
Retninger ved
Anholt Knob
og Schultz's
Grund

Tabel 34. Relativ Hyppighed og Middelstyrke for Strømme fra forskellige Retninger ved Schultz's Grund Fyrskib.

Maalingerne er udtørt i Tiden fra $\frac{1}{8}$ 1910 til $\frac{1}{8}$ 1911 i de anførte Dybder hver fjerde Time i Døgnet.

Relativ Hyppighed i $\frac{0}{100}$.

Dybde Meter	N	10	20	30	40	50	60	70	80	Ø	80	70	60	50	40	30	20	10	S	10	20	30	40	50	60	70	80	V	80	70	60	50	40	30	20	10	N
$2\frac{1}{2}$	7	9	13	16	29	32	34	44	51		47	33	36	37	23	34	32	38	36	39	66	81	76	68	40	22	14	6	4	5	5	3	2	2	6	5	5
5	7	6	10	15	23	29	44	51	60		55	38	43	39	30	34	30	32	30	47	54	74	70	65	44	23	10	7	5	3	3	2	2	0	4	7	4
10	4	3	7	16	20	42	55	78	83		68	60	51	43	29	26	24	25	17	30	37	42	54	55	43	27	16	12	5	3	3	2	3	2	5	3	3
15	4	7	7	21	32	74	127	133	105		76	48	28	15	11	13	10	9	9	15	10	15	38	36	50	34	27	17	8	2	3	2	0	4	3	2	3
20	7	9	17	20	55	106	168	149	94		45	26	16	12	7	7	8	7	6	11	11	11	25	22	44	44	27	8	11	3	4	3	1	3	4	4	5
25	10	13	26	35	63	109	153	134	92		37	21	17	12	6	7	8	8	5	9	9	13	16	26	35	36	28	14	13	6	5	3	6	4	4	3	6

Middelstyrke i cm/sec.

Dybde Meter	N	10	20	30	40	50	60	70	80	Ø	80	70	60	50	40	30	20	10	S	10	20	30	40	50	60	70	80	V	80	70	60	50	40	30	20	10	N
$2\frac{1}{2}$	22	27	26	30	34	31	37	36	35		36	36	33	30	33	29	30	34	36	41	44	47	48	44	38	37	31	25	20	22	27	25	33	24	22	26	33
5	21	19	26	27	32	34	36	37	37		38	35	32	31	28	28	30	32	32	36	39	43	49	45	42	41	37	33	23	15	18	17	27	43	24	31	22
10	25	20	23	30	33	35	35	37	38		37	34	32	29	27	27	26	23	25	25	27	31	36	34	34	36	30	24	33	21	12	16	26	11	23	22	16
15	22	17	24	29	32	36	38	39	39		34	29	28	25	22	16	15	17	21	18	19	17	23	24	29	33	25	25	25	16	12	19	8	15	14	14	21
20	33	18	19	23	28	32	36	34	35		32	24	20	18	20	16	20	15	15	16	16	14	19	20	25	27	26	20	20	15	12	16	16	14	16	11	16
25	18	16	18	20	24	27	29	28	28		23	16	17	17	19	17	24	14	16	15	15	17	14	19	18	21	20	17	17	14	14	15	12	12	21	11	14

Tabel 35. Relativ Hyppighed og Middelstyrke for Strømme fra forskellige Retninger ved Anholt Knob Fyrskib.

Maalingerne er udført i Tiden fra $\frac{21}{6}$ til $\frac{10}{9}$ 1910 i de anførte Dybder hver fjerde Time i Døgnet.

Relativ Hyppighed i $\frac{0}{100}$.

Dybde Meter	N	10	20	30	40	50	60	70	80	Ø	80	70	60	50	40	30	20	10	S	10	20	30	40	50	60	70	80	V	80	70	60	50	40	30	20	10	N
$2\frac{1}{2}$	6	4	17	15	4	4	6	4	6		8	2	10	10	17	11	21	21	42	67	34	52	63	59	44	54	55	55	55	42	44	46	50	33	19	10	11
5	8	6	17	8	6	8	8	6	2		2	6	11	8	10	6	21	19	42	48	38	63	48	46	51	46	61	57	46	44	40	40	40	51	51	25	17
10	15	13	15	6	4	2	0	4	4		4	23	11	6	15	11	19	15	30	32	32	36	50	42	34	61	57	51	48	48	40	65	55	51	34	40	25
15	15	10	10	10	4	0	10	4	6		4	4	6	0	2	13	19	19	25	23	25	40	40	46	44	40	46	44	67	67	61	59	68	70	49	25	30
20	34	15	13	8	6	4	6	2	2		9	0	8	8	9	8	17	13	30	42	36	40	44	47	38	36	36	32	28	40	59	70	57	68	42	57	36
25	27	27	6	13	10	10	6	6	2		8	13	10	4	11	19	17	11	38	38	30	34	32	38	44	44	38	25	36	38	48	65	48	55	63	49	40

Middelstyrke i cm/sec.

Dybde Meter	N	10	20	30	40	50	60	70	80	Ø	80	70	60	50	40	30	20	10	S	10	20	30	40	50	60	70	80	V	80	70	60	50	40	30	20	10	N
$2\frac{1}{2}$	21	27	34	17	31	13	12	33	32		21	6	13	24	23	21	21	23	28	31	27	25	23	28	22	27	28	23	31	31	31	33	37	27	24	37	15
5	38	21	30	24	18	20	21	17	7		19	27	13	22	25	24	32	19	21	24	22	27	30	28	26	24	26	28	25	28	33	31	40	38	45	36	34
10	30	37	23	10	21	23		32	15		15	15	19	13	18	18	21	24	26	20	24	22	22	20	19	17	24	26	21	22	27	25	31	35	36	28	27
15	22	28	16	16	13		24	11	11		11	13	14		11	14	24	14	18	19	16	18	18	17	20	23	19	21	23	20	21	27	21	24	23	30	19
20	19	26	25	28	6	11	11	13	27		10		9	10	13	8	13	18	15	15	18	20	14	18	18	17	20	19	16	21	20	20	21	22	21	25	19
25	16	16	21	9	16	15	13	12	6		12	10	6	6	7	11	15	28	20	17	13	14	18	12	13	12	15	17	14	17	18	19	17	21	23	22	20

hele Kompassrose er delt i 36 Sektorer, for hvilke den relative Hyppighed af Strømmen er angivet i ‰ og Middelværdien af de optrædende Strømmes Styrke i cm/sec; Middeltallene hviler for Schultz's Grund paa Observationer fra et helt Aar ialt ca. 13000 Maalinger; for Anholt Knob er det samlede Antal Maalinger ca. 3000. Fyrskibene er beliggende paa henholdsvis 26 Meter Vand og 28 Meter Vand.

For Schultz's Grund Fyrskib er i Tabel 34 de Hyppigheder, der for en Sektor paa 10° er $40^{\circ}/_{00}$ eller derover, trykt med fede Typer, og de Mittelstrømsstyrker for en Sektor, som er 35 cm/sec eller derover, ligeledes trykt med fede Typer; man ser deraf straks, at selv om Strømme forekommer i alle Sektorer, og man i Almindelighed ikke tør kalde Strømmen i nogen Retning helt forsvindende, saa deler de sig dog i to Hovedgrupper: de indgaaende Strømme, som kommer fra Retninger i Nærheden af Øst, og de udgaaende kommende fra Retninger i Nærheden af SV.

Tabel 36. Middelværdier for den udgaaende og den indgaaende Vandbevægelse pr. Sekund ved Schultz's Grund.

Retningerne er retvisende; Bevægelsen er udtrykt i cm.

For hver Maaned er alle udgaaende Strømme geometrisk adderet og deres geometriske Sum divideret med det samlede Antal Observationer; derved er fundet de under Udg. opførte Middeltal for den udgaaende Vandbevægelse.

Paa lignende Maade er de under Indg. opførte Tal for den indgaaende Vandbevægelse fundet.

Grænserne mellem ud- og indgaaende Strøm er sat til S 20 Ø og N 30 V retvisende.

Dybde i Meter	Marts 1910			April 1910			Maj 1910			Juni 1910			Juli 1910			August 1910		
	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.
2½	S 31 V 22,2	N 89 Ø 8,1	14,1	S 32 V 16,7	N 88 Ø 10,7	6,0	S 31 V 29,1	S 85 Ø 7,5	21,6	S 14 V 19,0	Ø 10,9	8,1	S 26 V 18,8	S 80 Ø 11,2	7,6	S 23 V 29,2	S 87 Ø 6,2	23,0
5	S 27 V 19,7	N 80 Ø 9,9	9,8	S 36 V 15,9	S 87 Ø 14,4	1,5	S 35 V 26,2	S 78 Ø 7,3	18,9	S 19 V 17,5	S 86 Ø 13,1	4,4	S 24 V 17,0	S 76 Ø 12,3	4,7	S 25 V 30,3	S 88 Ø 7,1	23,2
10	S 35 V 9,6	S 87 Ø 18,0	÷ 8,4	S 32 V 10,3	Ø 17,0	÷ 6,7	S 43 V 17,3	S 86 Ø 10,3	7,0	S 32 V 7,3	N 87 Ø 15,6	÷ 8,3	S 32 V 11,2	S 76 Ø 13,0	÷ 1,8	S 34 V 14,2	S 86 Ø 9,3	4,9
15	S 56 V 4,9	N 77 Ø 21,4	÷ 16,5	S 50 V 3,2	N 72 Ø 23,8	÷ 20,6	S 54 V 6,7	N 82 Ø 17,0	÷ 10,3	S 53 V 5,7	N 72 Ø 20,6	÷ 14,9	S 52 V 8,5	N 75 Ø 14,2	÷ 5,7	S 49 V 5,7	N 71 Ø 16,6	÷ 10,9
20	S 56 V 3,3	N 69 Ø 21,2	÷ 17,9	S 63 V 2,3	N 68 Ø 22,8	÷ 20,5	S 56 V 5,1	N 73 Ø 17,6	÷ 12,5	S 52 V 4,2	N 68 Ø 19,1	÷ 14,9	S 60 V 6,6	N 70 Ø 14,7	÷ 8,1	S 53 V 5,2	N 67 Ø 16,4	÷ 11,2
25	S 59 V 2,4	N 69 Ø 16,7	÷ 14,3	S 60 V 2,4	N 68 Ø 19,1	÷ 16,7	S 59 V 4,1	N 69 Ø 15,5	÷ 11,4	S 58 V 3,5	N 66 Ø 15,6	÷ 12,1	S 55 V 5,4	N 65 Ø 12,6	÷ 7,2	S 58 V 4,0	N 65 Ø 13,5	÷ 9,5

Dybde i Meter	September 1910			Oktober 1910			November 1910			December 1910			Januar 1911			Februar 1911		
	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.
2½	S 25 V 11,4	N 89 Ø 15,9	÷ 4,5	S 35 V 19,0	S 89 Ø 15,0	4,0	S 28 V 14,8	S 75 Ø 20,3	÷ 5,5	S 32 V 17,7	N 82 Ø 14,6	3,1	S 33 V 17,1	N 82 Ø 15,1	2,0	S 44 V 13,9	N 76 Ø 17,5	÷ 3,6
5	S 29 V 9,2	S 86 Ø 17,0	÷ 7,8	S 40 V 17,8	S 89 Ø 16,5	1,3	S 31 V 14,8	S 74 Ø 22,2	÷ 7,4	S 34 V 12,1	N 85 Ø 17,5	÷ 5,4	S 32 V 17,5	N 80 Ø 15,9	1,6	S 44 V 11,7	N 73 Ø 19,9	÷ 8,2
10	S 40 V 5,8	S 86 Ø 18,3	÷ 12,5	S 43 V 8,4	S 85 Ø 22,2	÷ 13,8	S 40 V 11,4	S 84 Ø 24,9	÷ 13,5	S 49 V 4,5	N 76 Ø 26,2	÷ 21,7	S 36 V 13,5	N 83 Ø 18,1	÷ 4,6	S 43 V 8,6	N 79 Ø 22,2	÷ 13,6
15	S 58 V 8,5	N 73 Ø 20,7	÷ 12,2	S 55 V 3,9	N 86 Ø 26,8	÷ 22,9	S 48 V 8,8	N 85 Ø 28,5	÷ 19,7	S 69 V 1,7	N 71 Ø 33,5	÷ 31,8	S 46 V 10,1	N 78 Ø 23,6	÷ 13,5	S 50 V 5,4	N 75 Ø 25,6	÷ 20,2
20	S 55 V 8,1	N 70 Ø 19,6	÷ 11,5	S 60 V 2,1	N 74 Ø 24,9	÷ 22,8	S 55 V 5,0	N 75 Ø 26,8	÷ 21,8	S 57 V 1,1	N 67 Ø 31,8	÷ 30,7	S 58 V 7,6	N 72 Ø 23,9	÷ 16,3	S 53 V 4,2	N 68 Ø 23,9	÷ 19,7
25	S 54 V 6,2	N 71 Ø 15,4	÷ 9,2	S 51 V 2,0	N 71 Ø 19,4	÷ 17,4	S 64 V 3,3	N 70 Ø 22,2	÷ 18,9	S 75 V 0,9	N 66 Ø 22,2	÷ 21,3	S 66 V 5,1	N 64 Ø 19,2	÷ 14,1	S 62 V 2,7	N 66 Ø 20,3	÷ 17,6

Man ser tillige, at Hovedretningerne forandrer sig noget med Dybden; i de dybere Lag er de indgaaende Strømme mere nordlige, de udgaaende mere vestlige end i Overfladen.

De to Maxima for Strømhyppighed og Strømstyrke er tydeligt adskilt ved to Minima, hvis Beliggenhed er sat til S 20 Ø og N 30 V retvisende; ved disse Retninger defineres Grænserne mellem de ud- og indgaaende Strømme; de er sat til samme Værdi for alle Dybder, da en lille Forskydning af Minimumsværdiernes Beliggenhed ingen Rolle spiller paa Grund af de ringe Hyppigheder og svage Strømme i deres Nærhed.

Ved den tidligere Behandling af Overfladestrømmen blev Grænserne sat til S 11 Ø og N 11 V misvisende (Tabel 2), altsaa til omtrent de samme, som her er fundet.

For Anholt Knob Fyrskib er der ligeledes en udpræget Fordeling af Strømmens relative Hyppighed og dens Middelstyrke fra de forskellige Retninger, hvilket fremgaar af Tabel 35, der er opstillet analog med Tabellen for Schultz's Grund, men Hovedretningerne for de ud- og indgaaende Strømme falder her saa nær sammen, at den ene af Grænserne udviskes, medens Variationen for Hyppighed og Strømstyrke ved den anden kun er ringe paa et længere Stykke.

En god Hjælp til Bedømmelsen af Grænsen, hvor Strømmene gaar stærkest over i hinanden, haves i Bundforholdene, idet Anholt Rev maa være den væsentligste Faktor, der har Indflydelse paa

Tabel 37. Middelværdier for den udgaaende og den indgaaende Vandbevægelse pr. Sekund ved Schultz's Grund.

Retningerne er retvisende; Bevægelsen udtrykt i cm.

For Tiden fra 1ste Marts 1910 til 1ste Marts 1911 er alle udgaaende Strømme i samme Dybde geometrisk adderet og deres geometriske Sum divideret med det samlede Antal Observationer; derved er fundet de under Udg. opførte Middeltal for den udgaaende Vandbevægelse. Paa lignende Maade er de under Indg. opførte Tal for den indgaaende Vandbevægelse fundet.

Grænserne mellem ud- og indgaaende Strøm er sat til S 20 Ø og N 30 V retvisende.

Dybde. Meter	Udg.	Ind.	Diff.	Dybde Meter	Udg.	Ind.	Diff.
2½	S 30 V 19,1	S 88 Ø 12,7	6,4	15	S 54 V 6,2	N 77 Ø 22,8	÷16,6
5	S 32 V 17,5	S 89 Ø 14,3	3,2	20	S 59 V 4,7	N 70 Ø 22,1	÷17,4
10	S 40 V 10,3	N 89 Ø 17,9	÷7,6	25	S 61 V 3,6	N 68 Ø 17,8	÷14,2

deltet i Sektorer hver paa 10°; Strømmene, der faldt indenfor samme Sektor, adderedes algebraisk, hvorefter disse Summer indenfor hver af de to Grupper atter adderedes geometrisk. I Tabel 38 er dannet Middeltal af to Brudstykker af Maaneder 21/6—30/6 1910 og 1/9—16/9 1910.

Paa lignende Maade som ved Behandlingen af Overfladestrømmen er Maanedsmiddeltallene for de ud- og indgaaende Strømme trukket aritmetisk fra hinanden; den fundne Differens er at betragte som Middelværdien af Strømmen for den paagældende Maaned.

Analogt med Middeltallene for Strømmen i de enkelte Maaneder er der ogsaa dannet Middeltal af Strømmen i hele det betragtede Tidsrum, for Schultz's Grund fra 1. Marts 1910 til 1. Marts 1911 og for Anholt Knob fra 21. Juni 1910 til 16. September 1910 (Tabel 37 og 38).

Man ser her særlig tydeligt, hvorledes Retningerne af de ud- og indgaaende Strømme

Strømmens Retning. Revets Retning er misvisende V—Ø. Paa Grundlag af det foreliggende Materiale og denne Omstændighed er Grænserne sat til N 80 Ø og S 80 V retvisende.

De tidligere fundne Grænser (Tabel 2) var de samme.

I Tabellerne 36 og 38 er der for de forskellige Maaneder dannet Middeltal for hver Dybde af de ud- og indgaaende Strømme henholdsvis ved Schultz's Grund og Anholt Knob.

Maanedsmiddeltal for Strømme i forskellige Dybder ved Schultz's Grund og Anholt Knob

Behandlingen har været analog med den tidligere omtalte Behandling af Overfladestrømmen, idet de i en Maaned observerede Strømme deltes efter de foran bestemte Grænser i de udgaaende og de indgaaende. Strømmene i hver af de to Dele for sig sammensattes derpaa ved geometrisk Addition; de saaledes fundne Resultater divideredes derpaa med det samlede Antal Strømiagttagelser, hvorved fandtes de i Tabellerne opførte Middeltal. Beregningen foretoges ved, at Strømmene alle for-

Tabel 38. Middelverdier for den udgaaende og den indgaaende Vandbevægelse pr. Sekund ved *Anholt Knob*.

Retningerne er retvisende; Bevægelsen er udtrykt i cm.

For de anførte Tidsrum er alle udgaaende Strømme geometrisk adderet og deres geometriske Sum divideret med det samlede Antal Observationer; derved er fundet de under Udg. opførte Middeltal for den udgaaende Vandbevægelse.

Paa lignende Maade er de under Indg. opførte Tal for den indgaaende Vandbevægelse fundet.

Grænsen mellem udgaaende og indgaaende Strøm er sat til N 80 Ø og S 80 V retvisende.

1910

Dybde i Meter	21. Juni—30. Juni			Juli			August			1. Septbr.—16. Septbr.			21. Juni—16. Septbr.		
	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.	Udg.	Indg.	Diff.
2½	S 48 V 9,3	N 73 V 23,0	÷13,7	S 18 V 9,8	N 46 V 6,4	+3,4	S 28 V 15,6	N 52 V 11,9	+3,7	S 26 V 11,6	N 38 V 6,2	+5,4	S 27 V 11,9	N 54 V 9,9	+2,0
5	S 52 V 7,1	N 53 V 28,5	÷21,4	S 21 V 10,3	N 40 V 8,5	+1,8	S 34 V 12,3	N 41 V 14,7	÷2,4	S 30 V 11,7	N 41 V 6,7	+5,0	S 29 V 10,8	N 45 V 12,5	÷1,7
10	S 36 V 3,9	N 47 V 21,7	÷17,8	S 19 V 8,4	N 39 V 8,4	0,0	S 34 V 8,6	N 41 V 14,8	÷6,2	S 23 V 7,2	N 58 V 6,9	+0,3	S 26 V 7,7	N 43 V 11,9	÷4,2
15	S 40 V 5,8	N 41 V 9,8	÷4,0	S 32 V 5,7	N 54 V 11,3	÷5,6	S 32 V 5,6	N 44 V 14,9	÷9,3	S 32 V 7,4	N 41 V 5,1	+2,3	S 34 V 5,9	N 47 V 11,2	÷5,3
20	S 36 V 4,1	N 33 V 8,8	÷4,7	S 30 V 6,0	N 43 V 10,0	÷4,0	S 31 V 5,3	N 34 V 13,7	÷8,4	S 24 V 7,3	N 21 V 4,7	+2,6	S 30 V 5,8	N 36 V 10,2	÷4,4
25	S 32 V 4,3	N 33 V 7,0	÷2,7	S 19 V 5,2	N 38 V 8,8	÷3,6	S 25 V 4,1	N 32 V 11,5	÷7,4	S 21 V 6,2	N 17 V 4,6	+1,6	S 21 V 4,9	N 33 V 8,7	÷3,8

ved Schultz's Grund forandrer sig med Dybden; medens de i 2½ Meters Dybde danner en Vinkel paa 118° med hinanden, nærmer de sig ved Bunden til at blive modsat rettet med Retningerne S 61 V og N 68 Ø, hvilket svarer temmelig godt til Farvandets Form; et lignende Forhold viser sig ved Anholt Knob for det betragtede Tidsrum, men Drejningsretningerne for de ud- og indgaaende Strømme er her modsat Omdrejningsretningerne ved Schultz's Grund; dette tjener til Bevis for, at disse Drejninger af Strømmen med tiltagende Dybde er betinget af de lokale Forhold.

Forandringen af Strømmens Retning med Dybden ved Schultz's Grund er stærkest fra 10 til 15 Meters

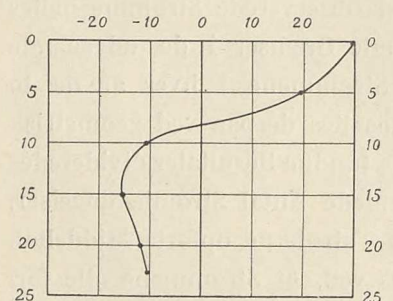


Fig 8. Middelverdier af Strømmen ved Lappegrundens Fyrskib for Tiden 1. Sept. 1909—22 Novbr. 1909 i Dybderne 2½, 5, 10, 15, 20 og 23 Meter. Tallene over Figurerne angiver Strømmen i cm/sec; de positive Tal betegner udgaaende Strøm (mod Nordsøen), de negative Tal indgaaende Strøm (mod Østersøen).

Dybde, saa at Forholdet sikkert maa opfattes saaledes, at Retningerne for Strømmene i Overfladen er bestemt paa en Maade ved de lokale Forhold, Retningerne for Strømmene i Underlaget paa en anden Maade. Overgangen mellem Strømmene i Overlaget og Underlaget ligger for de enkelte Maaneder noget nær paa samme Sted.

Som nævnt vil jeg betragte de i Tabellerne opførte Differenser som en Middelverdi af de Strømme, der overhovedet har været i den paagældende Maaned; de negative Fortegn betegner, at Strømmen har været indgaaende mod Store Bælt. Det ses, at Strømmen i Dybder større end ca. 11 Meter altid i Middelverdierne for de enkelte Maaneder har været indgaaende ved Schultz's Grund, medens der ved Anholt Knob er fundet udgaaende Strøm i Middelverdi til 25 Meters Dybde i Tidsrummet 1.—16. September 1910; de udgaaende Strømme i Dybet er her dog meget svage.

Grafisk Fremstilling af Strømmens Variation med Dybden

Paa Fig. 8, 9, 10, 11 og 12 er fremstillet Diagrammer for de i Tabellerne 33, 36, 37 og 38 opførte Tal.

Det ses heraf, hvorledes Middelstrømmen varierer med Dybden. Den er udgaaende i Overfladen, indgaaende i Dybet; for Lappegrunden er Overgangen mellem udgaaende og indgaaende Middelstrøm ved

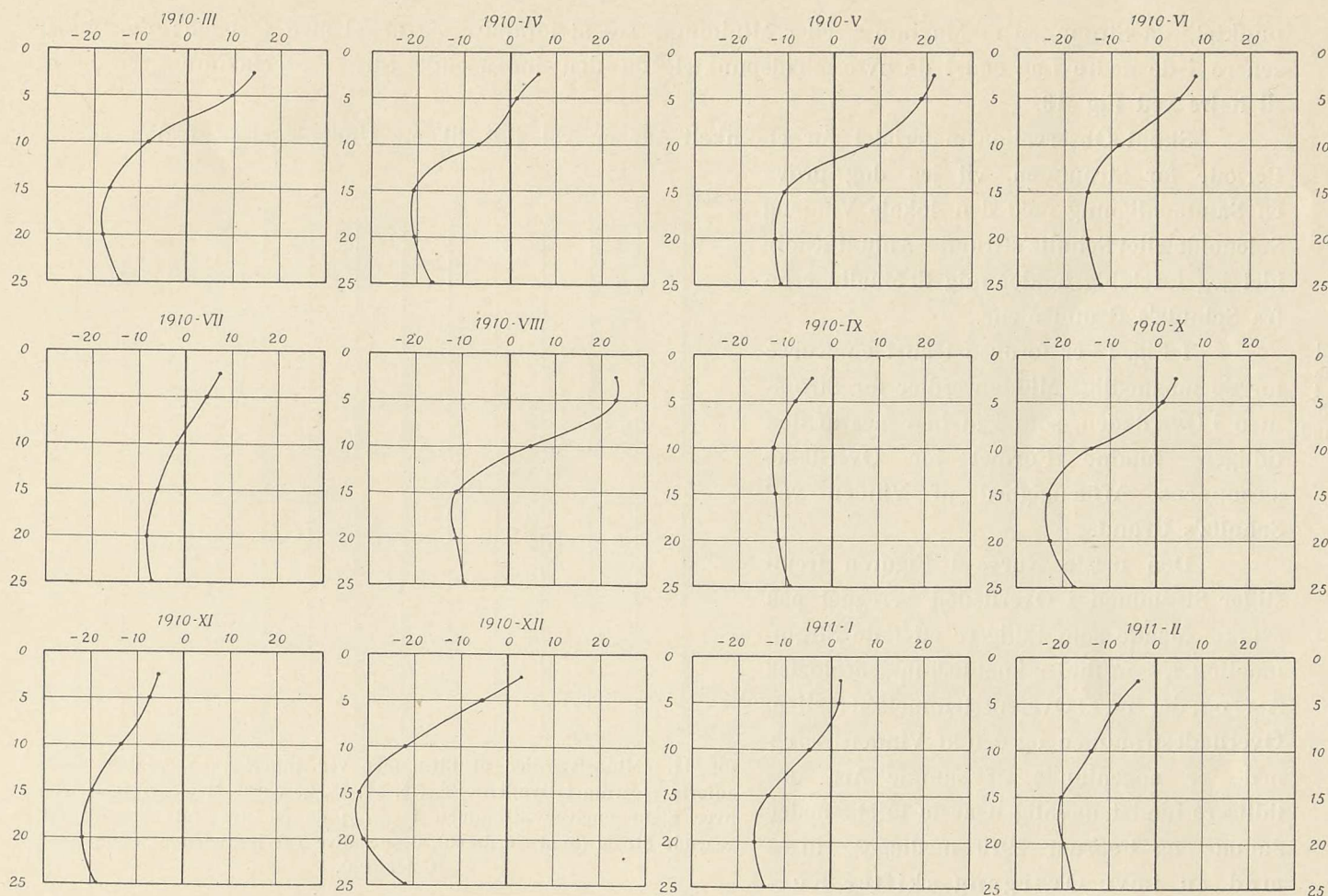


Fig. 9. Maanedlige Middelverdier for Strømmen ved Schultz's Grund Fyrskib i Dybderne $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 15 og 20 og 25 Meter. Tallene over hver Figur angiver Strømmen i cm/sec; de positive Tal betegner udgaaende Strøm (mod Nordsøen), de negative Tal indgaaende Strøm (mod Østersøen).

Dybden 9 Meter; for Schultz's Grund findes Overgangen ved 7 Meter og for Anholt Knob ved 4 Meter, regnet efter Middelverdierne for hele Tidsrummet.

Beliggenheden for det neutrale Punkt er noget forskelligt for de forskellige Maaneder; for Schultz's Grund gælder, at naar de udgaaende Strømme i Overfladen i en Maaned har været særlig stærke, ligger Overgangen mellem de ud- og indgaaende Strømme dybere end normalt, og omvendt, naar de indgaaende Strømme i en Maaned har været stærkere end normalt; det ser derfor ud, som om til visse Tider Vandmasserne i alle Lag faar en Tilvækst i deres Bevægelse udad eller indad, hvorved Overgangspunktet mellem de ud- og indgaaende Strømme forrykkes.

Medens Iagttagelsesmaterialet for Anholt Knob er temmelig kort til at give Oplysning om den aarlige Variation for Strømmen, kan man ved at se paa Tallene fra Schultz's Grund straks se en udpræget aarlig Periode.

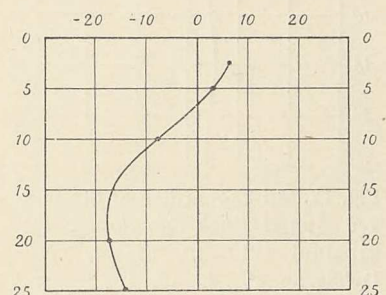


Fig. 10. Middelverdier af Strømmen ved Schultz's Grund Fyrskib for Tiden 1. Marts 1910 til 1. Marts 1911 i Dybderne $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 15, 20 og 25 Meter. Tallene over Figuren angiver Strømmen i cm/sec; de positive Tal betegner udgaaende Strøm (mod Nordsøen), de negative Tal indgaaende Strøm (mod Østersøen)

For at undersøge denne Periode nærmere er i Fig. 13 givet en grafisk Fremstilling af saavel selve Middeltallene, som af den ved Udjævning fundne Sinuskurve for hver Dybde, der slutter sig nærmest til dem; det ses, at de beregnede Sinuskurver temmelig nær slutter sig til Iagttagelserne for de dybere Lags Vedkommende; Udsvinget er gennemgaaende noget mindre for de dybere Lag end for de øverste og Tids-

Den aarlige Periode for Strømmen i Dybet ved Schultz's Grund

punktet, da Strømmen er Maximum eller Minimum, ses at forandre sig noget med Dybden; det falder senere i de nedre Lag end i de øvre. Tidspunktet, da den indgaaende Strøm er Maximum, er opført til højre ved Fig. 13.

Skønt Observationsmaterialet for et enkelt Aar er vel lidt til en Undersøgelse af den aarlige Periode for Strømmen, vil jeg dog prøve en Sammenligning med den lokale Vind og Solenoidefeltet Schultz's Grund—Anholt Knob idet jeg foreløbig holder mig til Maalingerne fra Schultz's Grund alene.

Vindens Indflydelse paa Strømmen i Dybet ved Schultz's Grund

I Fig. 13 er foroven tegnet en Kurve for de maanedlige Middelværdier for Strømmen i Overfladen, som kan beregnes af den tidligere fundne Formel for Overfladestrømmens Afhængighed af Vinden ved Schultz's Grund.

Den næste Kurve i Figuren fremstiller Strømmen i Overfladen beregnet paa samme Maade som tidligere efter de Strømmaalinger, som findes i nautisk-meteorologisk Aarbog; det ses, at Overensstemmelsen mellem Overfladestrømmen og den af Vinden beregnede er nogenlunde af samme Art som tidligere fundet, navnlig naar de to Maaneder Januar og Februar 1910 medtages, men med en jævn Overgang skifter Kurverne for Strømmene Karakter, efterhaanden som man kommer længere ned, og den Indflydelse, som Vinden beregnet efter den anførte Formel kan have i Dybet, synes at være ringe.

Strømmen i Dybet og Solenoidefeltet

For at se, om der for de fundne Perioder for Strømmen i Dybet findes en Sammenhæng med Solenoidefeltet, er dette udregnet paa lignende Maade som tidligere for Schultz's Grund—Anholt Knob indtil 26 Meters Dybde. Idet Enheden er $100 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}^2}$, fandtes følgende Værdier for Feltet:

1910											1911		
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
25	42	26	11	6	—13	9	6	36	31	27	18	44	58

Feltkræfternes Retninger er saaledes, at de positive Værdier vil fremkalde udgaaende Strøm i Overfladen, indgaaende Strøm i Dybet.

Det ses, at Solenoidefeltet er kraftigst paa den Aarstid, da Strømmen er stærkest indgaaende, men det er kun i store Træk, at Overensstemmelsen gælder.

Strømmen i Dybet ved Schultz's Grund og Niveauforskellen mellem Østersøen og Nordsøen

Muligvis vil man finde en Sammenhæng mellem den aarlige Periode i Strømmen og den aarlige Periode, som findes i Niveauforskellen mellem Østersøen og Nordsøen. I Fig 14 er gengivet en grafisk Fremstilling af Vandstanden efter Krümmel¹⁾

¹⁾ Krümmel: Handbuch der Oceanographie I S. 56.

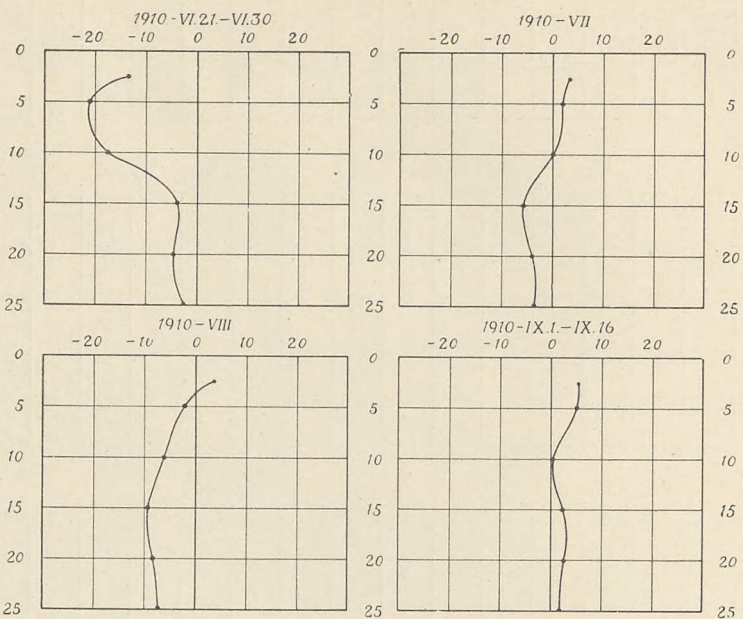


Fig. 11. Middelværdier af Strømmen ved Anholt Knob Fyrskib for de anførte Tidsrum i Dybderne $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 15, 20 og 25 Meter. Tallene over hver Figur angiver Strømmen i cm/sec; de positive Tal betegner udgaaende Strøm (mod Nordsøen), de negative Tal indgaaende Strøm (mod Østersøen).

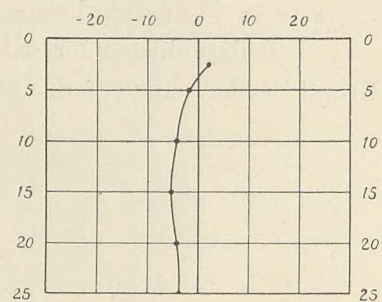


Fig. 12. Middelværdier af Strømmen ved Anholt Knob Fyrskib for Tiden 21. Juni 1910—16. Septbr. 1910 i Dybderne $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 15, 20 og 25 Meter. Tallene over Figuren angiver Strømmen i cm/sec; de positive Tal betegner udgaaende Strøm (mod Nordsøen), de negative Tal indgaaende Strøm (mod Østersøen).

Fremstilling af Vandstanden

- 1) ved den tyske Østersøkyst
- 2) - - svenske —
- 3) - - hollandske Nordsøkyst.

Kurverne i Figuren er tegnet paa Grundlag af Middeltal fra flere Aars Observationer; det ses heraf, at der i Maanederne September-Januar findes forholdsvis højere Vandstand i Nordsøen end i Østersøen, begge Steder maalt i Forhold til Middelvandstanden.

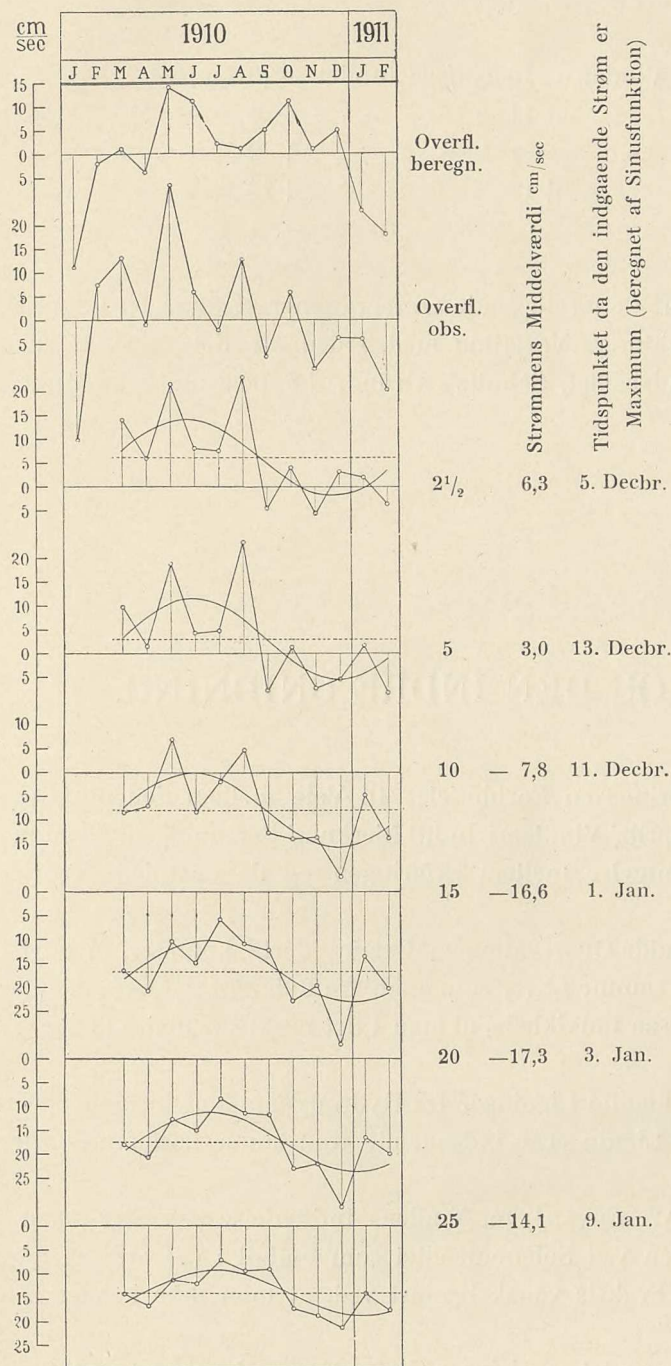


Fig. 13. Grafisk Fremstilling af Maanedsmiddeltallene for de ved Schultz's Grund maalte Strømme samt for de af Vinden beregnede Maanedsmiddeltal for Overfladestømmen. For Observationerne i Dybet er desuden tegnet en ved Udjævning bestemt Sinuskurve.

Skønt Forskellen paa Vandstandens Afvigelse fra det normale for Nordsøen og Østersøen efter den anførte Figur ikke er stor, idet Ordinaterne er tegnet i $\frac{1}{5}$ naturlig Størrelse, er der dog Mulighed for, at dette Fænomen i sig selv kan have nogen Betydning, men rimeligst bliver det at antage, at saa vel Strømmens som Vandstandens Afvigelse fra det normale i Hovedsagen afhænger af andre fælles Aarsager af meteorologisk eller kosmisk Art eller maaske af en Samvirken mellem saadanne; at periodiske Strømninger findes i det atlantiske Vand, som trænger ind i Skagerak og i opblandet Tilstand videre gennem de danske Farvande, er ved flere Lejligheder hævdet af PETTERSSON¹⁾; den stærke Tilstrømning, som efter Pettersson skal finde Sted af Atlanterhavsvand om

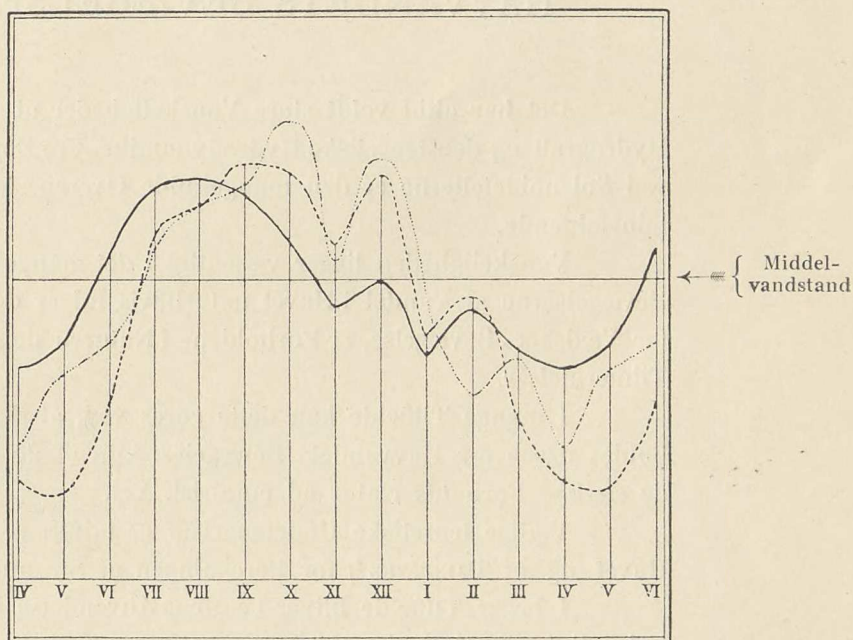


Fig. 14. Aarlig Periode for Vandstanden.

— ved den tyske Østersøkyst
 - - - svenske —
 hollandske Nordsøkyst
 (Efter Krümmel: Handbuch der Oceanographie I, S. 56)

Efteraaret, passer med Hensyn til Tiden godt med den forøgede Indstrømning ved Schultz's Grund, men til Spørgsmaalet, hvorvidt denne Indstrømning virkelig skyldes kosmiske Aarsager, eller om Vinden

¹⁾ Se f. Eks. Pettersson: Ueber die Wahrscheinlichkeit von periodischen Schwankungen in dem Atlantischen Strome und seinen Randgewässern. Ann d. Hydrographie etc. 1906, S. 1.

udenfor de lokale Omraader i Forbindelse med Vandets Vægtfyldefordeling vil være tilstrækkelig Forklaringsgrund, yder Resultaterne af de foreliggende Maalinger intet Bidrag.

Til Sammenligning med Tallene for den resulterende Strøm ved Anholt Knob i Tabel 38 skal endelig anføres de Værdier, som faas ved Beregning af Overfladestrømmen af Vinden og de, som faas ved Middeltalsdannelse af Observationerne fra nautisk-meteorologisk Aarbog ganske analogt med Beregningerne for Schultz's Grund.

Overfladestrøm ved Anholt Knob for

Tidsrummet 21/6—30/6 1910 beregnet af Vinden —15 cm/sec fundet —20 cm/sec

—	1/7—31/7	—	—	—	—	—11	—	—	+ 4	—
—	1/8—31/8	—	—	—	—	— 1	—	—	+ 2	—
—	1/9—16/9	—	—	—	—	+12	—	—	+14	—

I det foregaaende har jeg søgt paa Grundlag af de foreliggende Observationer at finde en empirisk Sammenhæng mellem de forskellige hydrografiske Faktorer's Variation med Tiden. I det følgende skal paa Grundlag af Observationsmaterialet fra Langelandsbæltet, Schultz's Grund, Lappegrunden og Anholt Knob Havvandets Bevægelse nærmere undersøges.

HAVVANDETS BEVÆGELSE OG DEN INDRE GNIDNING.

Det har altid voldt store Vanskeligheder at bringe en Forbindelse til Veje mellem den praktiske Hydrografi og den teoretiske Hydrodynamik. Fra Zöppritz' Vindteori indtil Bjerknes' Beregning af Strømme ved Solenoidefelterne er den mangelfulde Overensstemmelse mellem Erfaringen og de opstillede Teorier iøjnefaldende.

Vanskeligheden ligger væsentlig i det mangelfulde Observationsmateriale; dertil kommer, at uagtet Bevægelserne af Vandet i Havet naturligvis følger de samme Love, som man fra Laboratorieforsøg kender for Vædskers Bevægelse, er Forholdene i Naturen dog saa indviklede, at man i det praktiske nødes til at gøre Tilnærmelser.

I mange Tilfælde kan dette gøres ved, at de kendte Ligninger fra Hydrodynamiken formelt oprettholdes ogsaa for Havvandets Bevægelse, kun at de i Ligningerne indgaaende Konstanter bestemmes efter de særlige Forholds Natur ad empirisk Vej.

Vigtige teoretiske Undersøgelser er udført af W. EKMAN¹⁾ for Vindens Indflydelse paa Strømmen i Havet og af BJERKNES²⁾ for Beregningen af Strømmen ved Solenoidefeltet som omtalt i det foregaaende.

I begge Tilfælde bliver Teoriens Anvendelse i Praksis vanskeliggjort ved, at man ikke kender den indre Gnidning i Havvandet.

Ganske vist kendes den indre Gnidning i Havvandet særdeles godt fra Forsøg i Laboratoriet, hvor man har haft en Bevægelse af Vandpartiklerne i parallelle Baner, men regner vi, at Vandlagene i Havet forskyder sig parallelt over hinanden under Paavirkning af Kræfter af forskellig Art, maa vi samtidig

¹⁾ W. Ekman: On the influence of the earth's rotation on ocean-currents. Arkiv för matematik astronomi och fysik, Bd. 2 Nr. 11, Kungl. svenska vet. Akad. Stockholm 1905 og

W. Ekman: Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen Ann. der Hydrographie. 1906, S. 423.

²⁾ Se f. Eks, V. Bjerknes: Cirkulation relativ zu der Erde. Öfversigt af kongl. vetensk. Akad. Förhandl. 1901 Nr. 10, Stockholm.

regne med, at Hvirvelbevægelsen i Vandet er i Stand til at overføre en vis Bevægelsesmængde fra et Vandlag til et nærliggende, saa at dette faar samme Virkning som en Forøgelse af den indre Gnidning.

Denne indre Gnidning, som antages at være til Stede i Havet, naar Bevægelsen betragtes analog med f. Eks. Strømningen ved Poiseuilles Forsøg, vil jeg med W. Ekman kalde den virtuelle indre Gnidning til Forskel fra den Poiseuilleske.

Forskellen mellem disse to Arter af indre Gnidning har W. EKMAN¹⁾ gjort indlysende ved et Forsøg i Laboratoriet, hvor han dels undersøgte Gnidningen i homogent Vand, dels i Saltopløsninger af forskellig Vægtfylde beliggende lagvis over hinanden; under iøvrigt ens Omstændigheder fandt han langt den største Værdi i første Tilfælde.

Ogsaa paa Grundlag af Betragtninger af Beliggenheden af de isohaline Flader i Havet har W. EKMAN²⁾ i visse Tilfælde kunnet bedømme Størrelsesordenen for den virtuelle indre Gnidning, men disse Angivelser hviler dog kun paa et usikkert Grundlag, og trods Sagens fundamentale Betydning er der saa vidt mig bekendt ikke hidtil foretaget Undersøgelser til denne Konstants Bestemmelse.

Før jeg imidlertid paa Grundlag af de foretagne Maalinger gaar over til den numeriske Bestemmelse af den indre Gnidning, vil det være nødvendigt at udvikle dens Sammenhæng med andre hydrografiske Elementer.

BESTEMMELSE AF DEN INDRE GNIDNING VED HJÆLP AF STRØMMEN OG DEN HORIZONTAL TÆTHEDSGRADIENT.

Jeg tænker mig et Farvand, hvor Strømmen kun har een Retning, positiv eller negativ i Farvandets Længderetning. Paa et Sted i et saadant Farvand lægges et Koordinatsystem (XZ) med Z-Aksen lodret nedad og X-Aksen vandret i Farvandets Længderetning igennem Z-Aksens Skæringspunkt med Vandoverfladen.

Trykket i en Linie vinkelret paa XZ-Planen antages at være overalt det samme; det betegnes ved p . Betegnes dernæst Vægtfylden ved ρ , har man, at Tilvæksten i den horizontale Trykgradient $\frac{dp}{dx}$ med Dybden kan udtrykkes ved

$$\frac{d}{dz} \frac{dp}{dx} = g \cdot \frac{d\rho}{dx} \quad (1)$$

For at faa et Udtryk for den Bevægelsesmængde, som tilføres en bestemt Rumfangsenhed, der tænkes at følge med Strømmen, vil jeg dernæst benytte det af JOHAN GEHRKE³⁾ definerede Udtryk for Blandingsintensiteten. Gehrke har defineret Blandingsintensiteten ved Hjælp af de Variationer, som opstaar i Temperaturen paa Grund af Vanddelenes indbyrdes Omflytning; anvendes en lignende Betragtningssmaade paa Saltmængde, Masse, Bevægelsesmængde o. s. v., vil man ogsaa derved kunne definere en »Blandingsintensitet«, men selv om de Bevægelser i Vandet, hvorved disse hydrografiske Elementer overføres fra Lag til Lag er de samme, kan den »Ledning« af de forskellige Elementer, som fremkommer, godt være meget forskellig.

Betragtes Saltets Diffusion og Varmens molekulære Ledning som forsvindende i Forhold til de Saltholdigheds- og Temperaturomsætninger, som opstaar ved Blandingerne, vil den Blandingsintensitet,

¹⁾ W. Ekman: Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Hydrographie 1906, S. 428.

²⁾ ibd. S. 539.

³⁾ Johan Gehrke: Om vertikale Varmestrømme i Havet, København 1912, S. 25.

som kan beregnes af Temperatur og Saltholdighedsfordelingen til forskellige Tider i Forbindelse med de forekommende Strømninger, blive den samme, hvis man kan forudsætte, at Temperatur og Saltholdighed er lineært afhængige af hinanden indenfor det Omraade, hvor Blandingen foregaar.

Anderledes bliver Forholdet med den Blandingsintensitet, man maa regne med, naar Talen er om Overførelsen af Bevægelsesmængder fra Lag til Lag. Vanddelenes Hastighed kan vel meddeles fra Lag til Lag paa samme Maade som Saltholdigheden, men det er muligt, at en Vandmængde fra et Lag kan trænge ind i et andet og meddele dette noget af sin Bevægelsesmængde, uden at en egentlig Opblanding foregaar, og at derefter denne Vandmængde atter kan gaa tilbage.

Man maa derfor vente, at Hastighederne lettere meddeler sig fra Lag til Lag end Temperatur og Saltholdighed.

Paa Forhaand tør man ikke vente, at Forholdet mellem Blandingsintensitet bestemt ved Saltholdighed og Blandingsintensitet bestemt ved Bevægelsesmængde altid er det samme; det maa afhænge af Blandingsprocessernes Natur. Paa den anden Side er det de samme Bevægelser i Vandet, som betinger begge, saa at man tør vente Forholdet mellem dem mindre variabelt end Blandingsintensiteterne selv; og naar Talen er om at finde almindelige Udtryk for Bevægelsen i Havet, vil det sikkert være af Betydning til forskellige Tider og paa forskellige Steder at bestemme dette Forhold.

I det følgende skal Blandingsintensiteten i Almindelighed betegnes ved μ og i de specielle Tilfælde forsynes med Index, som angiver, om den f. Eks. refererer sig til Saltholdighed (μ_s) eller til Bevægelsesmængden (μ_u).

Betegnes en af Størrelserne, Varmemængde, Saltmængde, Bevægelsesmængde o. s. v. for Rumfangsenheden ved P, bliver den Tilvækst, som P faar i Tidsenheden i et Vandlag af Tykkelse dz, naar Blandingsintensiteten er μ ,

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d\mu}{dz} \frac{dP}{dz}. \quad (2)$$

Tallet, hvorved μ angives, afhænger af de Enheder, som anvendes, og idet jeg her vil benytte cm, gr og sec, bliver Enheden for μ 8,6 Gange saa stor som den af Gehrke anvendte.

Sættes i (2) P = Bevægelsesmængden i horizontal Retning efter X-Aksen for 1 ccm Havvand og betegnes denne ved $\rho \cdot u$, idet ρ er Vægtfylden og u Hastigheden, faas altsaa et Udtryk for den Bevægelsesmængde, som i Tidsenheden tilføres 1 ccm af Vandlaget. For den stationære Bevægelse har man derfor

$$\frac{dp}{dx} = \frac{d\mu_u}{dz} \frac{d\rho u}{dz}. \quad (3)$$

μ_u skal i Overensstemmelse med, hvad tidligere er anført, betegnes som den virtuelle indre Gnidning eller, hvor det ikke kan misforstaas, blot som indre Gnidning.

Ved Differentiation med Hensyn til z og ved Benyttelse af Ligning (1) faas da:

$$\frac{d^2\mu_u}{dz^2} \frac{d\rho u}{dz} = g \cdot \frac{d\rho}{dx}, \quad (4)$$

hvoraf μ_u kan bestemmes, naar Strømmen og den horizontale Tæthedsgradient i de forskellige Dybder kendes.

Er μ_u konstant mellem Dybderne z_1 og z_2 , faas for dette Omraade:

$$\mu_u \cdot \frac{d^3\rho u}{dz^3} = g \cdot \frac{d\rho}{dx} \quad (5)$$

eller

$$\mu_u \left[\left(\frac{d^3\rho u}{dz^3} \right)_{z_2} - \left(\frac{d^3\rho u}{dz^3} \right)_{z_1} \right] = g \int_{z_1}^{z_2} \frac{d\rho}{dx} \cdot dz. \quad (6)$$

Almindeligt kan Ligning (4) benyttes til Bestemmelse af μ_u . Ved Integration faas:

$$\frac{d\mu_u}{dz} \frac{d\rho_u}{dz} = \int_0^z g \cdot \frac{d\rho}{dx} \cdot dz + C.$$

Værdien af $\frac{d\mu_u}{dz} \frac{d\rho_u}{dz}$ for $z = 0$ til Bestemmelse af Konstanten C findes af (3) at være Trykgradienten i Overfladen $\frac{dp}{dx}$; kaldes denne η og integreres atter, faas

$$\mu_u = \frac{\int_0^z dz \int_0^z g \cdot \frac{d\rho}{dx} dz + \eta z + C'}{\frac{d\rho_u}{dz}}.$$

Den arbitrære Konstant, som indgaar i dette Udtryk, lader sig bestemme ved Grænsebetingelsen, som findes for Bevægelsen ved Vandoverfladen.

Tænker vi os et Vandlag begrænset af Overfladen og en Niveauflade, der ligger d cm under denne, vil en Del af dette Vandlag med Længden l cm i Strømmens Retning og Bredden b cm vinkelret derpaa være paavirket af en Kraft $= -l \cdot b \cdot d \cdot \frac{dp}{dx} + T \cdot l \cdot b$, idet T betyder en Tangentialkraft, der virker paa 1 cm^2 af selve Overfladen, og den ringe Hældning lades ude af Betragtning. Paavirkningen af Gnidningen mod Underlaget kan udtrykkes ved Kraften $\mu_u \cdot \frac{d\rho_u}{dz} \cdot l \cdot b$, saa at man for den stationære Bevægelse har:

$$-l \cdot b \cdot d \cdot \frac{dp}{dx} + T \cdot l \cdot b + \mu_u \cdot l \cdot b \left(\frac{d\rho_u}{dz} \right)_d = 0$$

eller

$$-\frac{dp}{dx} d + T + \mu_u \left(\frac{d\rho_u}{dz} \right)_d = 0.$$

Vi ser altsaa, at naar d aftager mod 0, faas:

$$\mu_{u_0} \cdot \left(\frac{d\rho_u}{dz} \right)_0 = -T,$$

idet Index 0 angiver, at Størrelserne μ_u og $\frac{d\rho_u}{dz}$ skal regnes for Overfladen.

Man finder derfor almindeligt:

$$\mu_u = \frac{\int_0^z dz \int_0^z g \cdot \frac{d\rho}{dx} \cdot dz + \eta z - T}{\frac{d\rho_u}{dz}}. \quad (7)$$

Sættes

$$g \cdot \int_0^z dz \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz = Q, \quad (8)$$

bliver

$$\mu_u = \frac{Q + \eta z - T}{\frac{d\rho_u}{dz}}. \quad (9)$$

Jeg vil nu antage, at man ved Maaling af Temperatur og Saltholdighed kan bestemme Leddet Q .

Kendes tillige Konstanterne η og T samt $\frac{d\rho_u}{dz}$, kan μ_u findes.

Er μ_u konstant og $\frac{d\rho}{dx} = 0$, bliver $Q = 0$, og man faar u udtrykt ved Ligningen

$$\mu_u \cdot \rho u = \frac{1}{2} \eta z^2 - Tz + C''.$$

C'' kan bestemmes ved den Forudsætning, at Vanddelene ved Bunden ligger stille, idet z sættes lig Dybden, eller naar Strømmen i en bestemt Dybde er kendt. Er Strømmen u_0 i Overfladen, bliver $C'' = \mu_u \rho_0 u_0$.

Da ρ i Forhold til Variationerne af u kan regnes konstant $= 1$, kan Ligningen skrives paa følgende Form:

$$u = u_0 - \frac{T^2}{2\mu_u \cdot \eta} + \frac{\eta}{2\mu_u} \left(z - \frac{T}{\eta} \right)^2, \quad (10)$$

hvoraf ses, at Hastighedsdiagrammet bliver en Parabel med vandret Akse.

Gælder Betingelsen $\frac{d\rho}{dx} = 0$ og μ_u konstant kun for et Omraade begrænset af to horizontale Planer, kan Ligning (10) ogsaa anvendes paa et saadant Omraade, idet u_0 da betyder Strømmen i Omraadets øverste Lag, η Trykgradienten, som skyldes det ovenfor liggende Vand og endelig T den Tangentialkraft, som virker paa Vandomraadets øverste Begrænsningsflade hidrørende fra de overliggende Lags Bevægelse.

BESTEMMELSE AF VANDOVERFLADENS HÆLDNING MELLE STORE BÆLT OG KATTEGAT.

Er Temperaturens og Saltholdighedens Variation med Dybden bekendt paa to Stationer, der ligger i Strømmens Retning og med en saadan Afstand, at $\frac{d\rho}{dx}$ kan bestemmes, fremgaar det af det foregaaende, at man vil være i Stand til ved Maalinger af Strømmen at bestemme Konstanterne T og η .

Er μ_u konstant for de øverste Lag, hvad ofte vil være Tilfældet, kan man faa en simpel Bestemmelse af η ved Hjælp af Ligning (1) og Ligning (3).

Integration af (1) giver:

$$\frac{dp}{dx} = \eta + g \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz;$$

indsættes her Værdien af $\frac{dp}{dx}$ fra (3), idet μ_u antages konstant fra 0 til z , faas:

$$\eta = -g \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz + \mu_u \cdot \frac{d^2 \rho u}{dz^2}. \quad (11)$$

Hvis man derfor for z vælger den Dybde, i hvilken $\frac{d^2 u}{dz^2}$ er 0, bestemmes η alene ved første Led, idet ρ med tilstrækkelig Tilnærmelse kan sættes konstant i sidste Led.

Til Bestemmelse af Differentialkvotienterne af u med Hensyn til Dybden har jeg benyttet de ved Kurven Fig. 10 fremstillede Middelverdier af Strømmens Styrke ved Fyrskibet Schultz's Grund. Paa Kurven aflæstes Strømmen for Dybderne $1\frac{1}{4}$ Meter (ekstrapol.), $3\frac{3}{4}$, $6\frac{1}{4}$, $8\frac{3}{4}$, $11\frac{1}{4}$, $13\frac{3}{4}$, $16\frac{1}{4}$, $18\frac{3}{4}$, $21\frac{1}{4}$, $23\frac{3}{4}$ samt $26\frac{1}{4}$ Meter (ekstrapol.).

De aflæste Strømstyrker og deres Differentialkvotienter findes opført i Tabel 39.

For at finde de tilsvarende Værdier for $\frac{d\rho}{dx}$ benyttedes de i Aarene 1902—1907 udførte Maalinger af Temperaturer og Saltholdigheder paa Stationerne Da 20 og Da 21¹⁾. For hver Dybde dannedes Middeltal af Differenserne for σ_t paa de to Stationer. Middeltallene er opført i Tabel 39.

Sættes Afstanden mellem de to Stationer til 47 Kilometer, faas de i Tabel 39 opførte Værdier for $\frac{d\rho}{dx}$.

Af Tabel 39 ses, at $\frac{d^2u}{dz^2}$ er 0 for Dybden ca. 9 Meter, og af Ligning (11) faas altsaa:

$$\eta = -g \cdot \int_0^{9 \text{ Meter}} \frac{d\rho}{dx} dz.$$

Ved grafisk Interpolation og Integration med Benyttelse af de i Tabel 39 opførte Værdier for $\frac{d\rho}{dx}$ findes:

$$\eta = -1,8 \times 10^{-4} \cdot \text{Dyn/cm}^3.$$

Efter nautisk-meteorologisk Aarbog 1906 kan Forskellen i Vandstanden mellem Aarhus og Frederikshavn sættes til 1,8 cm. Regnes Afstanden til ca. 170 Kilometer, bliver den horizontale Trykgradient

$$-\frac{1,8 \times 1000}{1,7 \times 10^7} = -1,1 \times 10^{-4} \text{ Dyn/cm}^3;$$

altsaa saa god Overensstemmelse, som man vel turde vente.

Tabel 39.

Dybde	u	$1000 \cdot \frac{du}{dz}$	$10^6 \cdot \frac{d^2u}{dz^2}$	$10^8 \cdot \frac{d^3u}{dz^3}$	$\sigma_t, \text{ Da } 20$ — $\sigma_t, \text{ Da } 21$	$10^{11} \times \frac{d\rho}{dx}$	$10^9 \int_0^z \frac{d\rho}{dx} dz$	$10^6 \int_0^z dz \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz$	$10^3 \int_0^z dz \int_0^z dz \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz$
0					0,53	11	0	0	0
2,5	7,4	— 10				17	35	4	0
5,0	5,0	— 17	— 29	3	1,02	22	84	18	3
7,5	0,8	— 22	— 22	7		23	140	47	11
10,0	— 4,8	— 24	— 5	9	0,89	18	196	89	28
12,5	— 10,7	— 19	18	11		— 17	210	141	56
15,0	— 15,5	— 8	45	— 6	— 2,23	— 47	116	184	97
17,5	— 17,5	0	30	— 6		— 43	0	197	145
20,0	— 17,6	4	16	— 1	— 1,28	— 27	— 93	185	194
22,5	— 16,7	7	13	— 1					
25,0	— 15,0	9	10						
	— 12,7								

Ogsaa ved Hjælp af Ligning (9) lader η sig bestemme; her er det imidlertid nødvendigt at kende T, men for Farvandet omkring Schultz's Grund vil det efter al Sandsynlighed være tilladeligt at sætte denne Størrelse lig 0, idet vi gaar ud fra, at den direkte Indflydelse, som Vinden har paa Strømmens Middelværdi, kun er ringe for dette Farvand; en anden Sag er, at Vinden ved Indvirkning paa Vandet i Skagerak og Østersøen og maaske ogsaa i Kattegat kan danne Opstuvninger, som frembringer Strømme, hvis Middelværdi ikke er forsvindende, men denne Middelværdi af Opstuvningerne indgaar i η .

Iøvrigt tyder ogsaa de i Tabel 39 opførte Værdier for $\frac{du}{dz}$ paa, at T er 0. Da Vægtfylden ρ i

¹⁾ Bulletin trimestriel etc.

Formel (9) ved disse Betragtninger kan sættes $\text{lig} = 1$, medfører $\frac{du}{dz} = 0$ for Overfladen nemlig, at T er 0, og ekstrapoleres i Tabel 39 til Værdien af $\frac{du}{dz}$ for Overfladen, bliver denne i hvert Fald meget lille.

Sættes altsaa $T = 0$ og interpoleres til den Dybde z' , for hvilken $\frac{du}{dz} = 0$, faas i Følge (9)

$$\eta = -\frac{Q_{z'}}{z'}.$$

Til Bestemmelse af Q for Dybden z' tjener de i Tabel 39 opførte Integraller, som er fundet ved grafisk Interpolation og Integration paa Grundlag af de i Tabel 39 opførte Værdier for $\frac{d\rho}{dx}$, hvis Beregning tidligere er omtalt.

I det foreliggende Tilfælde er $\frac{du}{dz} = 0$ for Dybden 17,5 Meter, altsaa $z' = 1750$ cm. For denne Dybde findes

$$\int_0^z dz \int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz = 197 \times 10^{-6},$$

hvoraf faas $Q = 0,193$.

Efter foranstaaende Formel findes heraf,

$$\eta = -1,1 \times 10^{-4} \text{ Dyn/cm}^3,$$

altsaa i god Overensstemmelse med den foran fundne Værdi.

BESTEMMELSE AF DEN INDRE GNIDNING I FARVANDET VED SCHULTZ'S GRUND.

Gaar vi ud fra, at Gnidningens Variation med Dybden kun er ringe, kan Ligning (5) benyttes til dens Bestemmelse.

Ved denne og følgende Anvendelser af de udviklede Ligninger, i hvilke Produktet $\rho \cdot u$ indgaar, vil jeg sætte $\rho = 1$, idet Variationen i ρ er forsvindende i Sammenligning med Variationen i u .

I Tabel 39 er opført $\frac{d^3u}{dz^3}$ og $\frac{d\rho}{dx}$ udregnet paa den foran angivne Maade; de ved Hjælp af disse Størrelser beregnede Værdier af μ_u er opført i Tabel 40.

Under Forudsætning af, at μ_u er konstant for Intervallet fra $3\frac{1}{4}$ Meter til $11\frac{1}{4}$ Meters Dybde, faas ved Hjælp af Ligning (6) og de i Tabel 39 opførte Værdier for $\frac{d^2u}{dz^2}$ og $\int_0^z \frac{d\rho}{dx} \cdot dz$

$$\mu_u = 3,0.$$

Ogsaa efter den almindelige Formel (9) kan μ bestemmes. Gaar vi ud fra, at $\eta = -1,1 \times 10^{-4}$ i Overensstemmelse med, hvad vi fandt i forrige Afsnit, samt at $T = 0$, faas ad denne Vej Værdier for den indre Gnidning, som ligeledes er opført i Tabel 40. Tages for η i Stedet for Værdien $-1,1 \times 10^{-4}$ Middelværdien af de i forrige Afsnit fundne $-1,4 \times 10^{-4}$, findes de ligeledes nedenfor i Tabel 40 angivne Værdier for μ_u .

De til disse Beregninger nødvendige Værdier for Q og $\frac{du}{dz}$ er taget fra Tabel 39.

Skønt de saaledes fundne Værdier for μ_u er flere Hundrede Gange større end de Værdier for den indre Gnidning, som er fundet¹⁾, naar der ingen Opblanding finder Sted, er de dog ikke usandsynlige og

Tabel 40.

Dybde (Meter) $\Rightarrow$	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0
$\mu_u \cdot \frac{d^3u}{dz^3} = g \cdot \frac{d\rho}{dx} \quad (\mu_u \text{ konst.})$		7		2		8		27
$\mu_u \left[\left(\frac{d^2u}{dz^2} \right)_{z_2} - \left(\frac{d^2u}{dz^2} \right)_{z_1} \right] = g \int_{z_1}^{z_2} \frac{d\rho}{dx} \cdot dz; \quad (\mu_u \text{ konst.})$	Fra Dybden 3,25—11,25 Meter $\mu_u = 3,0$.							
$\mu_u \cdot \frac{du}{dz} = Q + \eta z - T; \quad (T=0, \eta = -1,1 \times 10^{-4})$	2,3	2,2	1,6	1,0	— 0,1	— 1,9	ubestemt	— 9,8
do. ; $(T=0, \eta = -1,4 \times 10^{-4})$	3,1	3,1	2,7	2,2	1,9	3,8	∞	— 24,8

viser, at i Havet spiller den ved Hvirveldannelsen fremkaldte Opblanding den afgørende Rolle. Heller ikke er det usandsynligt, at Gnidningen i Bundvandet er større end i de øverste Lag, da dette er mere homogent end det ovenfor liggende; dog tør man ikke tillægge de for 17,5 og 20 Meter fundne Værdier nogen Betydning, da en lille Fejl i Bestemmelsen af Strømmens Styrke for disse Dybder gør Bestemmelsen af μ_u illusorisk. Derimod fremstiller de i Tabellen opførte Tal sandsynligvis ganske godt den indre Gnidning i de øverste Lag og Overgangslaget. Værdierne beregnet paa Grundlag af $\eta = -1,4 \times 10^{-4}$ er vel de sandsynligste, men baade for denne Værdi og for $\eta = -1,1 \times 10^{-4}$ viser Variationen af μ , at der i Overgangslaget findes et Minimum i den indre Gnidning, som naturligt forklares som hidrørende fra, at Opblandingen i dette Vandlag er forholdsvis ringe paa Grund af den stærke Tiltagen af Vægtfylden med Dybden.

BESTEMMELSE AF BLANDINGSINTENSITETEN μ_s .

Analogt med Ligning (2) haves for Saltholdigheden af en Vandpartikel, der følger med Strømmen,

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d\mu_s}{dz} \frac{dS}{dz},$$

idet Havvandets Vægtfylde sættes lig 1; men da man tillige har:

$$\frac{dS}{dt} = u \cdot \frac{dS}{dx},$$

faas altsaa:

$$\frac{d\mu_s}{dz} \frac{dS}{dz} = u \cdot \frac{dS}{dx}. \quad (12)$$

¹⁾ Se Krümmel: Handbuch der Ozeanographie, Bd. 1, S. 282.

Integreres denne Ligning, faas:

$$\mu_s \cdot \frac{dS}{dz} = \int_0^z u \cdot \frac{dS}{dx} \cdot dz + C'''.$$

Da $\mu_s \cdot \frac{dS}{dz}$ betegner den Forøgelse i Saltmængden, som fremkommer over et Lag i Dybden z pr. Sekund, maa denne Forøgelse altsaa være 0 for $z = 0$; man har da:

$$\mu_s \cdot \frac{dS}{dz} = \int_0^z u \cdot \frac{dS}{dx} \cdot dz. \quad (13)$$

Kendes baade den vandrette og den lodrette Saltholdighedsfordeling, tjener denne Ligning til Bestemmelse af μ_s .

De til Beregningen nødvendige Størrelser for Farvandet ved Schultz's Grund er opført i Tabel 41.

Tabel 41.

Dybde	Saltholdighed S fra Da 21	Saltholdighed S fra Schultz's Grund	$\frac{dS}{dz} \cdot 10^4$	$\frac{dS}{dx} \cdot 10^8$	u	$u \cdot \frac{dS}{dx} \cdot 10^7$	$10^4 \int_0^z u \cdot \frac{dS}{dx} \cdot dz$	μ_s	μ_u
0	18,23	18,1	00	15	7,8	12	0		
2,5			10	24	6,4	15	3	0,3	3,1
5,0	19,11	18,6	15	28	3,2	9	6	0,4	3,1
7,5			38	29	— 1,7	— 5	7	0,18	2,7
10,0	19,99	20,5	80	23	— 7,6	— 17	4	0,05	2,2
12,5			140	— 25	— 13,3	33	6	0,04	1,9
15,0	26,81	26,7	110	— 59	— 16,6	98	22	0,20	3,8
17,5			62	— 52	— 17,8	93	46	0,74	—
20,0	31,26	29,8	30	— 30	— 17,4	52	64	2,1	—
22,5			12						
25,0			00						
26		30,5							
30	32,29								

Til Bestemmelse af den lodrette Saltholdighedsfordeling er benyttet Middeltal for hver Dybde (0, 5, 10 o. s. v. Meter) af alle de daglige Saltholdighedsiaagttagelser, som er udført af Meteorologisk Institut fra Schultz's Grund Fyrskib i Tiden fra $\frac{1}{3}$ 1910 til $\frac{28}{2}$ 1911. Disse Middeltal er opført i Tabel 41; desuden er opført Middeltal dannede af Saltholdighederne fra Kvartalsmaalingerne paa Station Da 21, idet der først er dannet Middeltal for de enkelte Kvartaler og dernæst Middeltal af disse Middeltal; Afvigelserne mellem de to Rækker Middeltal er ikke særlig store; men da Maalingerne paa Stat. Da 21 er saa faa i Forhold til Maalingerne fra Schultz's Grund Fyrskib, og disse netop kan tages for det Tidsrum, i hvilket Strømmaalingerne er foretaget, er Maalingerne fra Fyrskibet lagt til Grund ved Beregningen af $\frac{dS}{dz}$, idet der er interpoleret grafisk.

Værdierne for $\frac{dS}{dx}$, som er opført i Tabellen, er udregnet paa Grundlag af Kvartalsmaalingerne fra Stationerne Da 20 og Da 21 paa ganske lignende Maade som $\frac{dp}{dx}$ i Tabel 39. Endelig er Strømmen u opført for Dybderne 0, $2\frac{1}{2}$, 5 o. s. v. Meter beregnet analogt med de i Tabel 39 opførte Værdier.

I de to sidste Kolonner af Tabel 41 er opført de beregnede Værdier for μ_s og til Sammenligning med disse de i Tabel 40 opførte Værdier for μ_u .

Det ses, at de to Størrelser μ_s og μ_u viser nogenlunde ensartet Variation med Dybden med forholdsvis smaa Værdier i Springlaget, men μ_u er betydelig større end μ_s (ca. 10—15 Gange).

Det Iagttagelsesmateriale, der ligger til Grund for disse Bestemmelser er kun af ringe Sikkerhed, og dette skyldes væsentlig den Omstændighed, at Maalingerne af Temperatur og Saltholdighed dels kun er taget faa Gange, dels paa saadanne Tider, at man kun ved en første Tilnærmelse kan benytte dem til Sammenligning med Middelværdierne af Strømmaalingerne. Et Forsøg paa at gennemføre de samme Regninger for de enkelte Kvartaler viste, at det ikke lod sig gøre at dele Materialet; dertil var det for usikkert.

Da jeg derfor har været henvist til at benytte Middelværdien af alt det foreliggende Materiale, har det været naturligt at lægge Vægten paa Bestemmelsen af μ_s , idet den aarlige Middelttemperaturs Variation med Stedet og Dybden kun er ringe og derfor ikke egner sig saa godt til Bestemmelsen af μ_T .

METODE TIL BESTEMMELSE AF STRØMMEN I DYBET.

Jeg har forudsat, at det er de samme Bevægelser i Vandet, hvorved saavel Bevægelsesmængde som Saltmængde overføres fra Lag til Lag, og at Forskellen kun er den, at Bevægelsesmængden saa at sige absorberes hurtigere end Saltmængden ved, at Lagene griber ind i hinanden. Hvor man derfor har med nogenlunde ensartede Bevægelser at gøre til de forskellige Tider, tør man maaske vente, at de to Tal μ_u og μ_s , som udtrykker disse »Absorptioner«, maa vise et saa konstant Forhold, at man bedre kan lægge dette til Grund for almene Beregninger end selve Størrelserne μ_u og μ_s . Særlig kan dette antages at gælde, hvor der foreligger et større Materiale til Middeltalsdannelse.

Sættes Forholdet $\frac{\mu_u}{\mu_s} = \alpha$, faas ved Ligning (9) og (13), idet ρu sættes lig u :

$$\frac{du}{dz} \int_0^z u \cdot \frac{dS}{dx} \cdot dz = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{dS}{dz} (Q + \eta z - T). \quad (14)$$

Den ovenfor definerede Størrelse α vil jeg forudsætte bekendt for det Omraade, for hvilket Ligning (14) tænkes anvendt; den kan enten være bestemt ved tidligere Maalinger, eller man kan muligvis slutte sig til dens Størrelse fra analoge Tilstande andre Steder i Havet.

I Ligning (14) indgaar dernæst foruden den ubekendte u Størrelser, der lader sig beregne af Temperatur og Saltholdighedsfordelingen samt endvidere de to Konstanter η og T , der refererer sig til Overfladen. Disse Konstanter forudsættes bekendte tillige med Temperatur og Saltholdighedsfordelingen.

Da $\frac{dS}{dz}$ og $\int_0^z \frac{dS}{dx} \cdot dz$ begge er 0 for Overfladen, kan Ligningen ikke tjene til Bestemmelse af $\frac{du}{dz}$

for Overfladen; forudsættes Strømmen bekendt f. Eks. i $2\frac{1}{2}$ Meters Dybde, kan $\frac{du}{dz}$ bestemmes for denne Dybde ved Ligningen og derved u i 5 Meters Dybde; dernæst kan $\frac{du}{dz}$ bestemmes for denne Dybde og derved u i Dybden 7,5 Meter o. s. v.; de Differenser i Dybde, som i de enkelte Tilfælde maa anvendes af praktiske Hensyn, afhænger naturligvis af Forholdenes Natur, men det ses, at der ad denne Vej er Mulighed for en Bestemmelse af Strømmen i Dybet.

Gaar vi endelig ud fra, at saavel μ_u som μ_s er konstante, faas af Ligningerne (9) og (12):

$$u \cdot \frac{d\rho u}{dz} = \frac{1}{\alpha} \frac{d^2 S}{dS \frac{dx}{dz}} \cdot (Q + \eta z - T),$$

hvoraf ved Integration, idet $\rho = 1$:

$$u^2 - u_0^2 = \frac{2}{\alpha} \cdot \int_0^z \frac{d^2 S}{dS \frac{dx}{dz}} (Q + \eta z - T) \cdot dz.$$

TIDEVANDSBØLGEN I KATTEGAT.

I de foregaaende Afsnit er Middelværdien af de iagttagne Strømme behandlede; da imidlertid Observationerne er anstillet hver 4de Time i Døgnet, er der derved Midler til at undersøge Tidevandsperioden i Strømmen.

Dette skal gøres i det følgende, idet jeg dog vil begrænse mig til Hovedkomposanterne og nøjes med Undersøgelse af Hovedperioden M_2 . Angaaende de i Langelandsbæltet fundne Perioder for Strømmen henvises til den derom offentliggjorte Beretning¹⁾.

I efterfølgende Tabel 42 er under u_0 og κ opført Amplituden og κ -Tallet for Tidevandsperioden M_2 , idet Strømmen er regnet positiv mod Kattegat og udtrykt ved Formlen $u = u_0 \cos(kt - \kappa)$, hvor t er regnet ud fra det Tidspunkt, da den fingerede Maane kulminerer. u_0 er udtrykt i cm/sec, κ i Grader.

Harmoniske
Konstanter for
Tidevands-
strømmen i
Kattegat og
Store Bælt

Tabel 42.

Dybde	Anholt Knob 17/6—17/9 1910		Schultz's Grund 1/3 1910—28/2 1911		Lappegrunden 1/9—22/11 1909		Langelandsbæltet 1/6—27/6 1909	
	u_0	κ	u_0	κ	u_0	κ	u_0	κ
0							19,0	297
$2\frac{1}{2}$	11,8	51	11,2	92	3,1	47		
5	11,8	48	11,2	86	5,6	60	18,4	279
10	7,9	64	10,8	81	6,4	67	15,7	276
15	7,8	54	8,9	76	5,5	69	13,6	267
20	8,2	48	8,6	74	3,1	58	13,2	249
25	6,9	33	7,1	70	{ 3,7 50 i Dybd. 23 M. }		11,0	225
30							8,9	213
35							7,2	213

Ved Beregningen af de i Tabel 42 opførte Konstanter er de observerede Strømme delt i udgaaende og indgaaende, d. v. s. Strømme, hvis Hovedretning falder henholdsvis mod Skagerak og mod Østersøen; indenfor hver Gruppe er de enkelte Strømme projiceret paa en Middelretning, og kun med disse Projektioner er der regnet ved Opstillingen af Tabel 42.

¹⁾ Meddelelser fra Kom. for Havunders. Bd. I, Nr. 14.

Selv om Hovedretningerne ikke falder i Forlængelse af hinanden, hvad der ikke er Tilfældet ved Schultz's Grund og Anholt Knob, er dog Projektionerne paa disse Retninger regnet, som om de var modsat rettede Strømme ved Middeltalsdannelsen til den harmoniske Analyse.

Angaaende Grænserne for udgaaende og indgaaende Strømme ved Schultz's Grund og Anholt Knob og Hovedretningernes Beliggenhed henvises til Side 61.

For Lappegrunden er Retningerne for de ind- og udgaaende Strømme antaget at være modsatte og at ligge i N 30 V—S 30 Ø; paa disse Retninger er de observerede Strømme projiceret.

Ved Middeltalsdannelsen til den harmoniske Analyse blev Projektionerne af Strømmene paa Hovedretningerne — Hovedkomposanterne — ordnet i 12 Rubrikker efter de hele Klokkeslæt efter Maanetid, som de laa nærmest, og Middeltal blev dannet af Observationerne indenfor hver Rubrik.

Da Retningen for Strømmene paa de Steder, hvor Maalingerne er foretaget, er ret godt bestemt ved Farvandets Retning, kan man se bort fra den Virkning, Jordrotationen har paa Strømmen, idet denne kun vil bevirke, at Vandspejlet tværs paa Hovedstrømmen stiller sig lidt skraat i Forhold til Niveaufladen.

Det ligger nær at antage, at Tidevandsbevægelsen ned gennem Kattegat forplanter sig som en fri Bølge, idet Impulsen dertil kommer fra Tidevandsbevægelsen i Skagerak; i saa Tilfælde vil man have, at Maximum for Strømhastighed og Vandstand falder samtidig; endvidere kan man, naar Dybden (d) er kendt, af Maximumsværdien for Strømhastigheden beregne Maximum for Vandstanden¹⁾; kaldes Strømmen u , Vandstanden h , begge regnet ud fra Middelværdien som Nulpunkt, har man

$$h = \sqrt{\frac{d}{g}} \cdot u;$$

g er Accelerationen 9,81 Meter.

C. CRONE²⁾ har udført en harmonisk Analyse af Vandstandsobservationerne fra en Række Stationer i de danske Farvande, og idet jeg her udelukkende holder mig til Maanens Hovedperiode M_2 , er i Tabel 43 opført de af Crone fundne Værdier h_0 for Vandstanden samt dens κ -Tal for de Stationer, som kan sammenlignes med de Stationer, hvor Strømmaalingerne er foretaget.

Maximalvandstanden paa de Stationer, hvor Strømmaalingerne er udført, er beregnet af Middeltallet for Maximalstrømmen i Dybderne 0—20 Meter efter foranstaaende Formel og ligeledes opført i Tabel 43, idet Middeldybden er sat til den i Tabellen opførte Værdi d .

Sandsynligvis faar man det bedste Udtryk til Beregning af Maximalhøjden ved at danne Middeltal paa den angivne Maade af Hensyn til optrædende Undervandsbølger, hvorom mere siden.

Tabel 43.

Station	h_0 cm	κ	d Meter	Anmærkning
Frederikshavn	12,2	161		Efter C. Crone
Varberg	3,8	229		—
Anholt Knob	19,2	233	40	Beregnet af Strømmen
Schultz's Grund	14,5	262	20	—
Lappegrunden	6,8	240	20	—
Aarhus	13,6	305		Efter C. Crone
Hornbæk	6,8	260		—
Fredericia	11,6	335		—
Korsør	10,7	10		—
Slipshavn	12,0	2		—
Langelandsbæltet	22,9	94	20	Beregnet af Strømmen

¹⁾ Se f. Eks. van der Stok — Herman: Elementare Theorie der Gezeiten u. s. w. Ann. d. Hydrographie 1911, S. 306.

²⁾ C. Crone: Flux et reflux des mers, qui environnent le Danemark etc. Rapport sur les travaux du service maréographique. Institut météorologique de Danemark Copenhague, 1906.

Amplitude og κ -Tal for Vandstanden beregnet af de tilsvarende Størrelser for Tidevandsstrømmen

κ -Tallene for Strømmen i Tabel 43 er Middeltallene af κ -Tallene i Tabel 42 for Dybderne 0—20 Meter + 180°, idet Tidspunktet for Maximalvandstanden skal sammenlignes med Tidspunktet, da den indgaaende Strøm er Maximum; de stemmer ret godt med κ -Tallene for Vandstanden for de nærliggende Stationer; derimod er den af Strømmen beregnede Maximalvandstand større, end man vel vilde vente det; dog tør man maaske regne, at Uoverensstemmelsen skyldes Farvandets uregelmæssige Form. Angivelserne af Dybden er desuden kun en tilnærmet Middelværdi, saa at den beregnede Værdi ogsaa derved bliver usikker.

For de lange Bølger, der bevæger sig frit, er som bekendt Hastigheden u udtrykt ved Formlen:

$$u = \sqrt{g \cdot d},$$

naar d er Dybden og g Accelerationen.

For Strækningerne Anholt Knob—Schultz's Grund, Anholt Knob—Lappegrunden samt Schultz's Grund—Langelandsbæltet er i Tabel 44 foretaget en Sammenstilling af den ved Formlen fundne Hastighed og den paa Grundlag af Faseforskellen fundne.

Afstandene mellem de nævnte Steder er udmaalt efter de buede Linier, som Tidevandsbølgen maa anlages at følge; Middeldybderne paa de nævnte Strækninger er taget paa Skøn efter et Søkort.

Tabel 44.

Strækning	Længde i Kilometer	Middeldybde Meter	Hastighed i cm/sec fundet af Faseforskellen	Hastighed i cm/sec beregnet af $u = \sqrt{gd}$
Anholt Knob—Schultz's Grund . .	85	30	2360	1720
Anholt Knob—Lappegrunden . . .	95	30	10930	1720
Schultz's Grund—Langelandsbælt .	150	20	630	1400

Af Tabel 44 ses, at den iagttagne og den beregnede Hastighed for Strækningen Anholt Knob—Schultz's Grund stemmer ret godt overens. Paa Vejen ned igennem Store Bælt er Tidevandsbølgen derimod blevet forsinket, saa at dens Hastighed kun er blevet ca. det halve af den beregnede. Forsinkelsen har dog sikkert væsentligst fundet Sted paa Strækningen fra Korsør-Slipshavn til Spodsbjerg; regner man nemlig med Faseforskellen for Schultz's Grund og Korsør-Slipshavn, idet Vandstandsmaalingerne for de sidste Steder benyttes, faas Hastigheden paa denne Strækning at være c. 800 cm/sec.

Ret meningsløs synes den fundne Hastighed for Strækningen Anholt Knob—Lappegrunden at være, hvad man ogsaa umiddelbart ser paa den ringe Faseforskel, der er imellem de to Steder. Benyttes κ -Tallet for Vandstandsmaalingerne ved Hornbæk til Sammenligning med κ -Tallet for Maximalstrømmen ved Anholt Knob, ses det, at Faseforskellen efter Tabel 43 bliver 27°, hvad der vil give en Hastighed for Bølgen, der meget nær er lig den for Anholt Knob—Schultz's Grund fundne. Det bør ogsaa bemærkes, at Middeltallene for Strømmene ved Lappegrunden, der anvendtes ved den harmoniske Analyse, viste for de øvre Lag større Afvigelser fra de udjævnede Værdier, end Tilfældet var ved de andre Fyrskibe.

Selv om det ikke er muligt at give et enkelt matematisk Udtryk for Tidevandsbevægelsen i de danske Farvande, idet de af Naturen givne Forhold, ligesom i de store Have, griber forstyrrende ind, mener jeg dog, at man med Tilnærmelse tør gaa ud fra, at Tidevandsbevægelsen gennem Kattegat og Store Bælt er en fri Bølgebevægelse.

Imidlertid er der, som det ses af Tabel 42, Forskel paa Amplitude og κ -Tal i Overfladen og ved Bunden, medens den fri Bølgebevægelse for lange Bølger i en ideal Vædske med ensartet Dybde forlanger, at Amplituden og Fasen er den samme for alle Dybder.

Paa alle Steder, hvor Maalingerne er foretaget, er Amplituden for Vanddelenes Bevægelse mindre ved Bunden end ved Overfladen (5 Meters Dybde), samtidig med at Strømmen naar sit Maximum tidligere i Dybet end i Overfladen.

Tidevands-
bølgers
Hastighed

Tidevandsstrøm-
mens Maximum
indtræder
tidligere ved
Bunden end ved
Overfladen

At Tidevandsbølgen i Dybet kommer før end i Overfladen er ogsaa fundet at være Tilfældet andre Steder. Helland-Hansen¹⁾ har saaledes ved Maalingen paa Ling Banken ($58^{\circ} 17' N.$ Br. $2^{\circ} 27' \text{Ø.}$ Lgd.) i Nord-søen, hvor Dybden er 78 Meter, fundet, at Strømmen i 50 og 75 Meters Dybde naar sin Maximalhastighed omtr. 1 Time før end i Dybderne 2—20 Meter.

Lignende Resultater er PETTERSSON²⁾ kommen til ved Strømmaalinger i Store Bælt. I et Resumé til den nedenfor citerede Afhandling findes bl. a. følgende om Tidevandsstrømmene i Store Bælt:

Dieses Wachsen des Unterstroms, welches von der Flutwelle hervorgebracht wird, staut und hemmt zweimal täglich einen Teil der Wassermassen des ausfliessenden Baltischen Stroms, vermag jedoch nur die tieferen Schichten (10 M. Tiefe) rückwärts zu treiben, während dies mit den oberen Schichten nicht immer der Fall ist.

Pettersson tillægger Strømmen i Dybet den største Betydning. I Virkeligheden er, som det fremgaar af Tabel 42, Amplituden for Strømmen størst i de øvre Lag, og naar Strømmen i disse Lag dog ikke skifter Retning paa Grund af Tidevandsstrømmen, skyldes det, at Strømmen i disse Lag har været forholdsvis stor i den korte Tid, hvorover Petterssons Maalinger strækker sig.

I Tabel 45 er opført Middelværdien for Strømmen i forskellige Dybder for de tidligere nævnte Steder. Middelværdierne er dannet af Hovedkomposanterne og udtrykt i cm/sec med positiv Retning fra Østersøen.

For Schultz's Grund strækker Maalingerne sig over et helt Aar, og det ses, at Middelværdien for Strømmen i $2\frac{1}{2}$ Meters Dybde her er mindre end Amplituden for Tidevandsstrømmen (Tabel 42), derimod har den indgaaende Strøm i Dybet en ret betydelig Værdi.

Lignende Forhold findes ved Lappegrunden og i Langelandsbæltet; her er dog den udgaaende Strøm i Overfladelaget stærkere.

Tabel 45.

Dybde	Anholt Knob 17,6—16/9 1910	Schultz's Grund 1/3 1910—28/2 1911	Lappegrunden 1/9—22/11 1909	Langelandsbæltet 1/6—27/6 1909
0				35,5
$2\frac{1}{2}$	1,7	6,7	29,9	
5	—2,3	3,2	19,0	27,6
10	—4,3	— 7,7	—11,5	11,8
15	—5,1	—16,5	—15,4	— 2,3
20	—4,3	—17,3	—13,6	—15,3
25	—3,9	—13,7	{ —11,0 }	—13,9
30			{ i 23 Meters Dybde }	—12,8
35				— 9,1

I Sammenhæng med Strømmaalingerne har Pettersson paavist, at der i Store Bælt findes Hævninger og Sænkninger i Isohalinfladernes Beliggenhed særlig for 32 ‰ Isohalinfladens Vedkommende (ved Refsnæs), og om disse Hævninger og Sænkninger hedder det (l. c.):

Isohalinflader-
nes Hævning
og Sænkning

»Man könnte diese Erscheinung als den wirklichen Umfang der Flut im Gr. Belt bezeichnen, denn der Oberstrom hat in dieser Meerenge, wie wir es gesehen, nur sehr wenig mit Ebbe und Flut zu thun. Ebbe und Flut beruht einzig und allein auf der Einwirkung des Ozeans und beherrscht den Unterstrom, aber nicht das Mischwasser des Baltischen Oberflächenstroms, welch letzteres nur von der vom Kattegat hereinstürzenden Flutwelle emporgehoben und aufgestaut wird.

¹⁾ B. Helland-Hansen: Current-measurements in 1906. Bergens Musæums Aarbog 1907. Nr. 15 S. 18.

²⁾ O. Pettersson: Strömstudier ved Østersjöns Portar. Stockholm 1907. Resumé S. V. Svenska hydr. biol. Komm. Skrifter III.

Efter at det er paavist, at Tidevandsstrømmen er nogenlunde den samme for alle Dybder og kun i Nærheden af Bunden bliver svagere, lader den i foranstaaende Citat givne Forklaring paa Isohalin-fladernes Hævninger og Sænkninger sig ikke opretholde.

Imidlertid er det utvivlsomt, at der findes saadanne Niveauforandringer for Isohalinfladerne med samme Periode som Tidevandsbølgen som paavist af Pettersson. Ved Maalingerne i Langelandsbæltet i Juni 1909 fandtes de i Tabel 46 opførte Amplituder og κ -Tal for Isohalinfladernes Højde over Middel-niveauet gældende for Solperioden S_2 og Maaneperioden M_2 . De angivne κ -Tal svarer til Isohalinfladernes Maximalhøjde.

De i Tabel 46 opførte Værdier er fundet ved, at der for hver Række Observationer fra de forskellige Dybder blev tegnet en Kurve, som fremstillede Saltholdighedens Afhængighed af Dybden. Paa saadanne Kurver aflæstes derpaa de Dybder, i hvilke de bestemte Saltholdigheder til forskellige Tider fandtes; der blev taget 6 Observationsserier i Døgnet, og ved hver enkelt Observationsserie sørgedes for, at nogle af Iagttagelserne faldt i Nærheden af de Isohalinflader, hvis Beliggenhed ønskedes bestemt; Saltholdigheds-

Tabel 46.

Isohalin-fladens Salth. i ‰	Middel-Dybde i Meter	S_2		M_2	
		Ampli-tude i cm	κ -Tal	Ampli-tude i cm	κ Tal
20	12,7	37	266	22	311
24	15,6	24	292	16	316
26	17,0	39	300	33	323
28	19,0	34	295	30	293

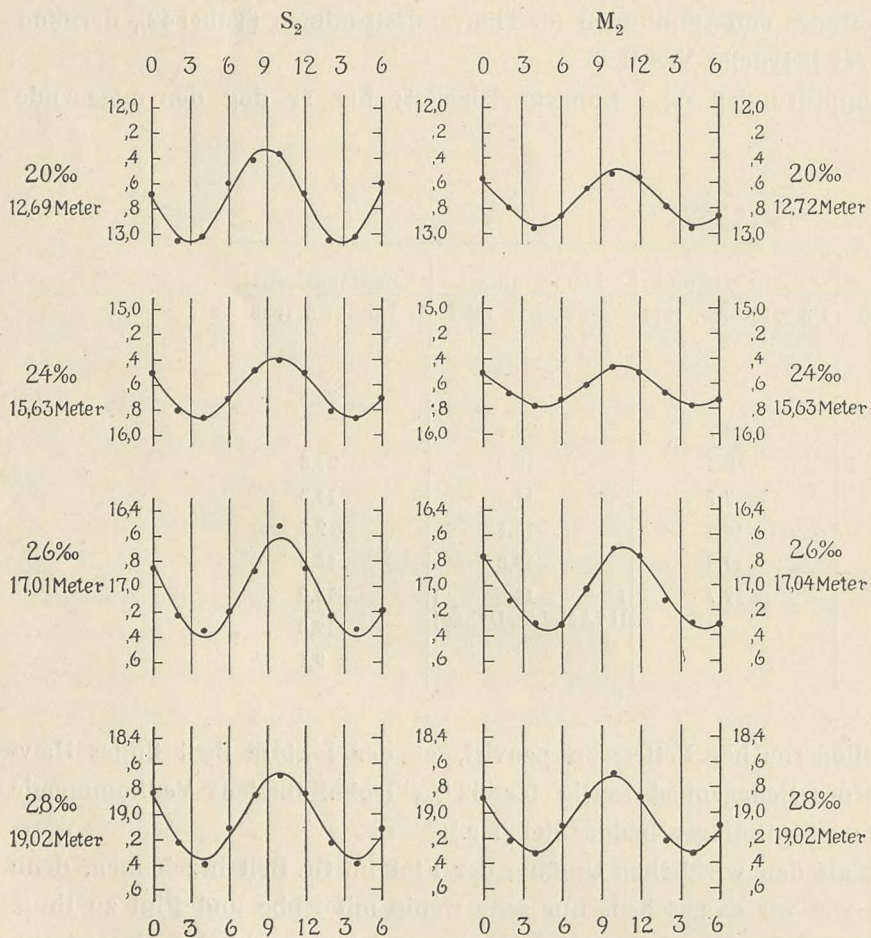


Fig. 15. Hævningen og Sænkningen af Isohalinfladerne i Langelandsbæltet. Tallene ved Maalestokkene angiver Meter.

eventuelt i Sammenhæng med de der observerede Strømme, har jeg for Aarene 1903—1910 ordnet nogle af de af meteorologisk Institut udførte Observationer af Saltholdighederne ved Fyrskibene efter Maanetid.

bestemmelserne foretoges dels ved Aræometermaaling, dels ved Titring. De paa Kurverne aflæste Dybder afsattes derpaa som Ordinator paa Millimeterpapir med Tiden som Abscisse; gennem Punkterne tegnedes udjævnede Kurver, paa hvilke endelig Isohalinfladernes Beliggenhed for Klokkelættene 12, 2, 4, 6 ... aflæstes dels efter Soltid dels efter Maanetid. Af Aflæsningerne dannedes Middeltal til harmonisk Analyse paa sædvanlig Maade. Middeltallene og de udjævnede Kurver er grafisk fremstillet i Fig. 15, som derved tillige giver en grafisk Fremstilling af Tabel 46.

Det fortjener at bemærkes, at Amplituden for S_2 er større end Amplituden for M_2 , medens κ -Tallene omtrent er ens for begge Perioder.

Det var mig ikke muligt at bringe disse Niveauforandringer for Isohalinfladerne i nogen Sammenhæng med de samtidig observerede Strømme, og for nærmere at undersøge om saadanne Niveauforandringer kan forekomme ogsaa i Kattegat

Fremgangsmaaden var den, at Observationerne fra en bestemt Dybde (10 eller 15 Meter) opførtes i Rubrikker for det Maaneklokkeslæt, paa hvilket de var udført, og der dannedes et Middeltal for Saltholdigheden i den bestemte Dybde for hvert Maaneklokkeslæt 12, 1, 2, o. s. v. Observationerne var alle udført Kl. 8 Fm. efter Soltid og fordelte sig derfor jævnt for de forskellige Maaneklokkeslæt. Af de udregnede Middeltal fandtes paa sædvanlig Maade Amplitude og κ -Tal for Saltholdighedens Variation. Beregningen udførtes for Observationerne fra ialt 6 Fyrskibe i det anførte Tidsrum.

Tabel 47.

	Læsø Rende 10 Meter			Læsø Trindel 10 Meter			Kobbergrunden 10 Meter			Anholt Knob 15 Meter			Schultz's Grund 15 Meter			Lappegrunden 15 Meter		
	R		κ	R		κ	R		κ	R		κ	R		κ	R		κ
	‰	cm		‰	cm		‰	cm		‰	cm		‰	cm		‰	cm	
Januar . . .	0,23	60	167	0,37	180	67	0,57	100	90	0,56	100	147	0,73	120	16	0,26	40	229
Februar . .	0,39	140	246	0,57	260	17	0,38	80	213	0,25	40	264	0,26	50	224	0,38	80	219
Marts . . .	0,42	70	232	0,92	130	317	1,98	200	184	0,72	60	220	1,06	110	70	0,10	10	41
April . . .	1,43	140	180	1,14	130	314	1,70	120	179	0,73	60	249	0,81	60	73	0,64	80	87
Maj	0,80	90	218	1,29	120	330	2,16	150	201	0,59	40	170	1,65	120	97	0,13	10	276
Juni	0,66	70	208	1,44	130	331	2,13	130	193	0,44	40	259	0,91	70	105	0,55	30	162
Juli	0,27	40	251	0,85	170	339	1,50	240	245	0,26	30	157	1,17	70	105	0,78	50	206
August . . .	0,51	130	274	0,60	170	98	0,41	90	170	0,07	10	242	1,35	80	130	0,47	50	68
September .	0,43	60	331	1,48	300	12	0,47	80	297	0,29	30	216	1,02	140	130	1,06	130	246
Oktober . .	1,27	130	234	0,73	90	14	1,52	140	215	0,55	40	110	1,25	100	75	1,25	170	77
November .	0,24	40	183	0,68	110	26	1,53	140	202	1,42	110	185	0,72	50	140	0,40	60	214
December .	0,24	60	217	0,10	30	202	1,27	200	175	0,42	80	101	0,16	20	115	0,33	70	65
Aaret . . .	0,45	70	221	0,64	100	351	1,15	120	198	0,36	40	188	0,78	50	100	0,15	20	155

For at faa et Begreb om Materialets Brugbarhed og for tillige at se, om der fandtes en Afhængighed af Aarstiden, deltes Materialet efter Maaneder, for hvilke Amplituder og κ -Tal beregnedes; den hertil hørende Tabel 47 og den grafiske Fremstilling Fig. 16 vil kunne forstås uden særlig Forklaring. I Tabel 47 er foruden Amplituden for Saltholdigheden opført en Amplitude for Isohalinfladens Hævning udtrykt i cm; denne Værdi er fundet ved Benyttelse af en grafisk Interpolation for Saltholdighedsfordelingen i Middelværdi for det paagældende Tidsrum og kan kun betragtes som et tilnærmet Udtryk.

Af Tabellen ses, at Amplituden for Saltholdighedsvariationen gennemgaaende er størst i de Maaneder, for hvilke Grænsen mellem Over- og Underlag er skarpest.

Sammenligner man κ -Tallene fra Tabel 47 med κ -Tallene for Strømmens eller Vandstandens Maximalværdi, Tabel 43, synes der ikke at være nogen simpel Sammenhæng til Stede. Amplituderne for Saltholdighederne er meget forskellige; for Kobbergrunden er Niveauforandringen særlig stor; Forandringen $2 \times 1,15 \text{ ‰}$ svarer til en Forskel paa Isohalinfladens højeste og laveste Stilling af ca. 2,4 Meter.

Det laa jo nær at antage, at de fundne Hævninger og Sænkninger af Isohalinfladerne skyldtes disses skraa Stilling i Forbindelse med Vandets frem- og tilbagegaaende Bevægelse ved Tidevandsstrømmen.

I Kattegat er dog Maximalstrømmen for Maaneperioden M_2 ikke stort mere end 10 cm/sec, hvilket betyder, at Vanddelene i det højeste fjerner sig 0,7 Kilometer fra Ligevægtsstillingen, og selv om Strøamplituden for M_2 , som Tilfældet er i Langelandsbæltet, naar omtrent det dobbelte, vil man i Almindelighed ikke kunne forklare Hævningerne og Sænkningerne ad denne Vej; dertil er Isohalinfladernes Hældning i Almindelighed for ringe.

Isohalinflader-
nes Niveaufor-
andring og Tide-
vandsstrømmen

Ved Kobbergrunden er Hældningen af Isohalinfladerne¹⁾ dog forholdsvis stor og Niveauforandringerne for Isohalinfladerne ligeledes store; deres Hældning gaar i samme Retning som Skraaningen af den nærliggende Banke, og da Tidevandsbevægelsen paa dette Sted paa Grund af den friere Beliggenhed muligvis har

en anden Karakter end paa de Steder, hvor Strømmaalingerne er foretaget, er der Mulighed for en nøjere Sammenhæng mellem Fasen for Tidevandsstrømmen og Fasen for Isohalinfladernes Niveauforandring.

En saadan Sammenhæng synes derimod ikke at eksistere paa de Steder, hvor Strømmaalingerne er udført. Man maatte nemlig vente, at den indgaaende Strøm bragte Isohalinfladerne til at hæve sig, og Tidspunktet for deres Maximalhøjde maatte da falde 90° senere end Strømmens Maximalværdi.

I Stedet derfor finder vi for:

Anholt Knob		315°
Schultz's Grund	..	198°
Lappegrunden	...	275°
Spodsbjerg		217°

α -Tallene for den indgaaende Maximalstrøm er

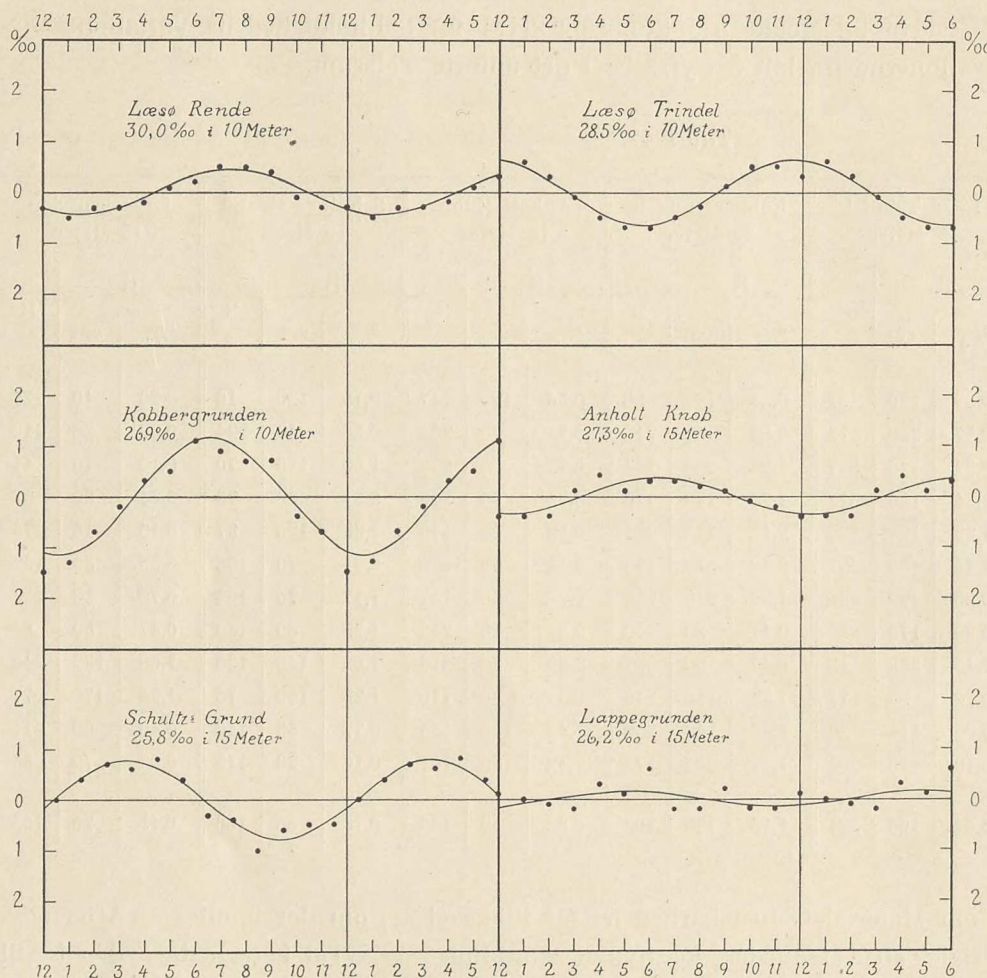


Fig. 16. Saltholdighedens Variation med Maaneperioden M_2 .

taget fra Tabel 43 og α -Tallene for Isohalinfladernes Maximalhøjde fra Tabellerne 46 og 47.

Disse Tal viser kun ringe indbyrdes Overensstemmelse og ligger i hvert Fald ikke i Nærheden af den antagne Værdi 90°. Værdien 275 for Lappegrunden er dog usikker.

Da der imidlertid ikke kan være nogen Tvivl om, at Isohalinfladernes Hævning og Sænkning staar i Forbindelse med Tidevandsbevægelsen, maa man antage, at de vel er frembragt ved denne, men paa forskellig Maade efter de lokale Forhold.

Naar Tidevandsbølgen støder paa Forhindringer i Form af Grunde eller Forsnævninger i Farvandet, vil der fremkomme Forstyrrelser i Tidevandets Hovedbevægelser, som paa samme Sted altid maa foregaa paa samme Maade. Fra dette Sted udgaar da en Undervandsbølge, og naar denne forplanter sig videre med en Hastighed, der er langt ringere end Hovedbevægelsens Forplantningshastighed, er der intet mærkeligt i, at Variationen i Strømmen, som tilhører Hovedbevægelsen, og Variationen i Isohalinfladernes Højde viser en bestemt Faseforskel paa det Sted, hvor Maalingerne foretages, men denne Faseforskel maa være forskellig for de forskellige Steder.

Ud fra denne Opfattelse bliver det ogsaa mindre uforstaaeligt, at Solperioden S_2 ved Spodsbjerg har en større Amplitude end Maaneperioden M_2 .

¹⁾ Se J. P. Jacobsen: Mittelwerthe von Temperatur und Salzgehalt. Medd. fra Kom. for Havunders. Bd. I Nr. 10, Taf. II, III, IV, og V.

Isohalinflader-
nes Hævning og
Sænkning frem-
kaldt ved
Undervands-
bølger

Det vil være af Vigtighed at afgøre, hvorvidt de Strømme, som kan fremkaldes ved Undervandsbølgerne, er af nogen Betydning i Forhold til de Strømme, som virkelig er fundet. Bølgebevægelsen i Grænsefladen mellem to Vædske er behandlet af STOKES og flere senere Forfattere, blandt hvilke W. EKMAN¹⁾ har anvendt Teorien for de specielle Tilfælde, der fremkommer ved det saakaldte »Dødvande«.

Vanddelenes
Hastighed i
Undervands-
bølgen

Ved Løsningen af de forskellige praktisk forekommende Opgaver benytter man de Tilnærmelser, som det foreliggende Tilfælde berettiger til, saa at Løsningen faar et noget forskelligt Udseende efter de forskellige Omstændigheder.

I det her foreliggende Tilfælde ved Undervandsbølgerne i Kattegat tør man gaa ud fra, at de to Vandlags Tykkelse er af samme Størrelsesorden og lille i Forhold til Bølgebredden, og at Bevægelsen derfor har samme Karakter som de »lange Bølger«, saa at Vanddelenes Bevægelse i horizontal Retning indenfor hvert Vandlag er ens for alle Dybder.

Gaar man dernæst ud fra, at Bevægelsen er saaledes, at der paa Vædskeoverfladen dannes Bølger med samme Hastighed som Bølgebevægelsen i Overgangslaget og med Vanddelene i Ligevægtsstilling samtidig med, at Vanddelene er i Ligevægtsstilling i Grænsefladen mellem Vandlagene, kan Udledelsen af Hastigheden, hvormed Undervandsbølgen skrider frem, findes ved et Kunstgreb, som er angivet af RAYLEIGH og benyttet i LAMBS Hydrodynamik²⁾ paa lignende Maade som her.

Man tænker sig hele Vandmassen tildelt en Bevægelse med jævn Hastighed lig Bølgens, men med modsat Retning. Alle Bevægelserne kan derved behandles som stationære. Vi benytter følgende Betegnelser:

Overlagets Tykkelse.....	d_1
— Vægtfylde.....	ρ_1
Overfladens Hævning over Middelstillingen	Δ_1
Trykket i Overfladen	p_1
Hastigheden i Overlaget	q_1
Trykket umiddelbart over Grænselaget	P_1
Underlagets Tykkelse	d_2
— Vægtfylde	ρ_2
Grænselagets Hævning over Middelstillingen	Δ_2
Trykket umiddelbart under Grænselaget	P_2
Hastigheden i Underlaget	q_2
Bølgebevægelsens Hastighed (den tildelte Hastighed)	c

Man har da:

$$\frac{p_1}{\rho_1} = \text{konst.} - g\Delta_1 - \frac{1}{2} q_1^2, \quad (1)$$

$$\frac{P_1}{\rho_1} = \text{konst.} - g\Delta_2 - \frac{1}{2} q_1^2, \quad (2)$$

$$\frac{P_2}{\rho_2} = \text{konst.} - g\Delta_2 - \frac{1}{2} q_2^2. \quad (3)$$

Kontinuitetsbetingelsen giver dernæst:

$$cd_1 = q_1 (d_1 + \Delta_1 - \Delta_2), \quad (4)$$

$$cd_2 = q_2 (d_2 + \Delta_2). \quad (5)$$

¹⁾ W. Ekman: On dead water in »The Norwegian North Polar Expedition«, Christiania 1904.

²⁾ Horace Lamb: Lehrbuch der Hydrodynamik § 174. Oversat til Tysk af Johannes Friedel, Leipzig 1907.

Idet p_1 sættes lig en Konstant, og $P_1 = P_2$, faar man, naar højere Potenser af Δ_1 og Δ_2 end første bortkastes, af (1) og (4)

$$(gd_1 - c^2) \cdot \Delta_1 + c^2 \cdot \Delta_2 = \text{konst.} \quad (6)$$

af (2), (3), (4) og (5)

$$c^2 \cdot \rho_1 \cdot d_2 \cdot \Delta_1 + [g \cdot d_1 \cdot d_2 (\rho_2 - \rho_1) - c^2 (\rho_2 \cdot d_1 + \rho_1 d_2)] \cdot \Delta_2 = \text{konst.} \quad (7)$$

Elimineres Δ_1 af disse to Ligninger og sættes Koefficienten til Δ_2 lig 0, faas til Bestemmelse af c :

$$c^4 - c^2 g (d_2 + d_1) + g^2 \cdot d_1 \cdot d_2 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right) = 0,$$

hvoraf

$$c^2 = g \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} \left[1 \pm \left(1 - \frac{4d_1 d_2}{(d_1 + d_2)^2} \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \right].$$

Forudsættes det, at ρ_1 og ρ_2 er omtrent lige store, har man med Tilnærmelse:

$$c = \sqrt{g \cdot \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}}}. \quad (8)$$

Af Ligning (6) bestemmes Forholdet mellem Δ_1 og Δ_2 , idet Δ_1 og Δ_2 kan nærme sig saa meget til 0, som man ønsker

$$\Delta_1 + \frac{c^2}{gd_1 - c^2} \cdot \Delta_2 = 0.$$

Indsættes heri den fundne Værdi for c^2 , faas:

$$\Delta_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \frac{d_1}{d_2} \cdot \rho_2} \cdot \Delta_2 = 0, \quad (9)$$

hvoraf ses, at Δ_1 og Δ_2 har modsat Tegn. Forholdet mellem dem er bestemt ved den angivne Størrelse.

Idet Størrelserne Δ_1 og Δ_2 er antaget smaa i Forhold til d_1 og d_2 , faar man af (4) og (5)

$$(q_1 - c) = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{d_1} \cdot c \quad (10)$$

og

$$(q_2 - c) = -\frac{\Delta_2}{d_2} \cdot c, \quad (11)$$

som udtrykker Vanddelens virkelige Hastighed ved den Højde, Overfladen og Grænselaget paa det betragtede Sted er hævet over Middelstillingen; den sidste Ligning er analog med Ligningen for Vanddelens Hastighed ved lange Bølger¹⁾.

For Δ_2 positiv bliver $q_2 - c$ modsat rettet den tilføjede Hastighed c , hvad ogsaa var forudsat.

Er $\rho_2 - \rho_1$ en lille Størrelse i Forhold til ρ_1 og ρ_2 , bliver Δ_1 lille i Forhold til Δ_2 , og man faar da af (10) og (11):

$$\frac{q_1 - c}{q_2 - c} = -\frac{d_2}{d_1}. \quad (12)$$

For at faa et Begreb om Vanddelens Maximalhastighed i Undervandsbølgen vil jeg for de Steder, Talen er om, antage, at $d_1 = d_2 = 15$ Meter samt at Vægtfyldeforskellen mellem Overlag og Underlag $\rho_2 - \rho_1 = 0,01$; at Overgangen ikke er helt skarp, men finder Sted paa f. Eks. 1 à 2 Meter, vil formentlig ikke forandre Forholdene synderligt. Bølgens Forplantningshastighed c findes da at være = 86 cm/sec.

¹⁾ Se f. Eks. van der Stok—Hermann: Elementare Theorie der Gezeiten u. s. w. Ann. d. Hydrographie 1911, S. 306.

Da Δ_1 er lille i Forhold til Δ_2 , og Vandlagenes Tykkelse er forudsat at være ens, vil i Følge (12) Vanddelenes Hastighed i Over- og Underlag være numerisk lige store men modsat rettede.

Benyttes de Amplituder for Isohalinfladernes Flytning, som i Tabel 47 er opført for Fyrskibene Anholt Knob, Schultz's Grund og Lappegrunden, og sættes Amplituden ved Spodsbjerg efter Tabel 46 til 25 cm, faas følgende Værdier for Vanddelenes Maximalhastighed i Undervandsbølgen.

For Anholt Knob	2,3 cm/sec
- Schultz's Grund	2,8 —
- Lappegrunden	1,1 —
- Spodsbjerg	1,4 —

De Tidevandsstrømme, som fremkommer ved Undervandsbølgerne, er altsaa svagere end de Strømme, som er fundet ved direkte Iagttagelse, og i Virkeligheden burde de formodentlig ansættes til noget mindre Værdier for Anholt Knob og Schultz's Grunds Vedkommende, da de i Tabel 47 anførte Niveauforandringer for Isohalinfladerne rimeligvis er større end de, som virkelig findes i Naturen. De Observationer af Saltholdigheden, for hvilke den harmoniske Analyse er foretaget, er nemlig med Forsæt valgt i den Dybde, hvor Springlaget sædvanlig findes, og om Variationen i dette giver Saltholdighedsbestemmelserne 5 Meter over og 5 Meter under dette Lag kun ringe Oplysning.

I Overensstemmelse hermed er Niveauforandringerne ved Spodsbjerg fundet forholdsvis smaa, idet Saltholdighedens Variation med Dybden her blev bestemt ved Observationer, der laa tæt ved hinanden, men da Springlagets Beliggenhed ikke er konstant, vil f. Eks. Middelvariationen i 15 Meters Dybde dog være nogenlunde bestemt ved Iagttagelserne fra 10, 15 og 20 Meters Dybde.

En anden Omstændighed, som ogsaa maa tages i Betragtning ved Bedømmelsen af den Betydning, de ved Undervandsbølger fremkaldte Strømme kan have, er den, at det ingenlunde er givet, at Undervandsbølgenes Forplantningsretning falder sammen med den Retning, i hvilken Hovedbølgen skrider frem; efter hvad vi har antaget om deres Fremkomst, kan man tænke sig Retningen ganske forskellig paa de forskellige Steder, og Sandsynligheden for, at de i væsentlig Grad skal influere paa Hovedbevægelsen, bliver derved mindre.

Imidlertid findes der i den Dybde, hvor Springlaget sædvanlig ligger, ved Anholt Knob, Schultz's Grund og Spodsbjerg en Variation i Tidevandsbølgens Maximalhastighed, som maaske kan skyldes Undervandsbølgenes Indflydelse.

Ved Schultz's Grund og Spodsbjerg er Fasen for Undervandsbølgen snarest modsat Tidevandsbølgens, og under Forudsætning af, at Retningen for Undervandsbølgen delvis falder sammen med Retningen for Hovedbølgen, vil den fundne Aftagen af Strømamplituden mellem 5 og 15 Meters Dybde kunne forklares ved Undervandsbølgenes Indflydelse.

Ved Anholt Knob er ligeledes en Aftagen af Strømmen med Dybden fra 5 til 10 Meter; her har imidlertid Tidevandsbølgen og Undervandsbølgen kun ringe Faseforskel, navnlig naar Niveauforandringerne regnes for de samme Maaneder (dog for flere Aar) som de, hvori Strømmaalingerne er foretaget. Skal Undervandsbølgen derfor antages at være Aarsag til Forandringen i Tidevandsbølgens Amplitude fra 5 til 10 Meter, maa dens Retning antages delvis at falde modsat Tidevandsbølgens Hovedretning.

Hvorledes dette nu end forholder sig, viser den Omstændighed, at de ved Tidevandsbølgen opstaaede Strømme har saa nær samme Amplitude i Overlag og Underlag, at Undervandsbølgenes Indflydelse paa Strømmene kun er ringe.

Efter hvad der er vist, maa det endvidere antages, at Undervandsbølgerne vel kan bevirke saadanne Forandringer i Amplitude og Fase for Tidevandsstrømmen for Overlag og Underlag, som virkelig er fundet; derimod kan Strømamplitudens Aftagen mod Bunden og Maximalstrømmens tidligere Indtræden der end i de øvre Lag ikke forklares ved Undervandsbølgenes Indflydelse.

Forklaring af
Amplitudens
og λ -Tallets
Værdi ved
Bunden

For at undersøge hvilke Forhold i Havet, der kan bidrage til at forandre Amplitude og Fase for Tidevandsstrømmen, vil jeg tænke mig, at Havet tilfredsstiller visse ideelle Fordringer paa de Steder, hvor Strømmaalingerne er foretaget. Dybden antages saaledes at være den samme overalt, og Vandet antages at være homogent og uden Gnidning. Den horizontale Bevægelse, som da vil fremkaldes ved Hævninger og Sænkninger af Overfladen, maa være ens for alle Dybder under de sædvanlige Forudsætninger om Bevægelsernes Dimensioner. Naar der derfor findes Afvigelser fra Bevægelsens Ensartethed i alle Dybder, maa de fremkomme ved, at de nævnte Forudsætninger ikke er til Stede.

Jeg vil først betragte den skraa Bund; det er klart, at ved Bølgenes Bevægelse op ad en Skraaning vil Forholdene ikke længere være saa simple som ved et Hav med ensformig Dybde, men alligevel maa den horizontale Bevægelse af Vanddelene paa samme Sted være den samme, idet de vandrette Trykgradienter i alle Dybder vil være de samme, naar de lodrette Forskydninger ere saa smaa, at man kan se bort fra Accelerationerne for disse. Fra Sted til Sted vil derimod Bølgen undergaa Forandringer, naar Vandets Dybde forandres.

Paa Grund af Vandets Heterogenitet kunde man tænke sig, at der ved den horizontale Forskydning af Vandpartiklerne opstod en Modkraft, ved at Solenoidefeltet forandredes for det bestemte Sted, Talen er om.

Antages Feltets Variation med Stedet at være lineær, og sættes den stationære Strøm, som fremkaldes derved, naar Vandpartiklerne er i deres Ligevægtsstilling, lig a , kan Strømmen, som hidrører fra Feltet efter Forskydningen ved Tidevandsstrømmen, f. Eks. vokse til $a + k$ og aftage til $a - k$. Regnes Tiden fra det Øjeblik, da Vanddelene er i deres Ligevægtsstilling, kan man derfor sætte denne Strøm til $a + k \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$ for det bestemte Sted, idet T er 12,4 Timer for Perioden M_2 . Den ved Tidevandsbølgen fremkaldte Strøm bliver, naar Tiden regnes ud fra samme Øjeblik, $R \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t$, hvor R er Amplituden; det ses, at der ved den frem- og tilbagegaaende Bevægelse af Solenoidefeltet er Mulighed for en Forandring af Amplitude og Fase for Strømmen. Imidlertid maa det erindres, at det, som betinger Størrelsen k , er Forskellen paa Solenoidefeltets Middelværdi paa en Strækning, der bestemmes ved Forskydningen af Vanddelene ved Tidevandsbølgen; da denne Forskydning som tidligere anført beløber sig til ca. 0,7 Kilometer fra Ligevægtsstillingen, er det næppe rimeligt, at Variationen i Feltet paa en saadan Strækning kan være af nogen Betydning; navnlig kan Variationen af Feltet i det nederste Vandlag ikke være ret stor, da Feltet indenfor dette i sig selv er ringe.

Tilbage staar da at undersøge den ved Gnidningen fremkaldte Virkning paa Tidevandsstrømmen.

GNIDNINGENS INDFLYDELSE PAA TIDEVANDSBEVÆGELSEN VED BUNDEN.

Ved Behandlingen af dette Problem vil jeg gaa ud fra de samme Forudsætninger, som tidligere er gjort om den virtuelle indre Gnidning; da det her ikke kan misforstaas, er Gnidningskoefficienten i det følgende betegnet alene ved μ .

For at udlede de teoretiske Betingelser, Tidevandsbevægelsen under disse Forudsætninger maa tilfredsstille, vil jeg antage, at Variationen for Trykket p i den Retning (X), i hvilken Tidevandsbølgen under fri Bevægelse gaar frem, er

$$\frac{dp}{dx} = g \cdot \frac{dh}{dx},$$

naar h er den Højde, Vandoverfladen er hævet over Middelniveauet og g Accelerationen. Vægtfylden sættes lig 1.

Det er en Forudsætning, at Accelerationerne i lodret Retning er forsvindende, som det almindeligt forudsættes ved »lange Bølger«.

Idet ξ betegner Vanddelenes Udsving fra Ligevægtsstillingen, har man for alle Dybder:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -g \cdot \frac{dh}{dx}. \quad (1)$$

Dette gælder dog kun for en gnidningsfri Vædske; antages det, at der findes en indre Gnidning i Vædsken, og at Vanddelene ved Bunden ligger stille, vil Ligning (1) ikke gælde ved Bunden, men Afvigelsen mellem den virkelige Værdi for $\frac{d^2\xi}{dt^2}$ og den ved Ligning (1) bestemte vil aftage med Afstanden fra Bunden og efterhaanden blive forsvindende.

For de øverste Lag er ved Maalinger fundet Strømmen

$$u_x = \frac{d\xi}{dt} = R_x \cos(\alpha t - \kappa_x), \quad (2)$$

hvor Konstanterne R_x og κ_x er empirisk bestemt ved harmonisk Analyse.

For Vanddele i stor Afstand fra Bunden har man derfor:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -g \cdot \frac{dh}{dx} = -\alpha \cdot R_x \sin(\alpha t - \kappa_x).$$

For Vanddele i Afstanden y fra Bunden har man under de sædvanlige Forudsætninger for den indre Gnidning i en Vædske med Gnidningskoefficienten μ , idet μ her antages konstant,

$$\frac{du}{dt} - \mu \cdot \frac{d^2u}{dy^2} + \alpha \cdot R_x \sin(\alpha t - \kappa_x) = 0. \quad (3)$$

Integreres denne Ligning under Forudsætning af, at $u = 0$ for $y = 0$, og $u = R_x \cos(\alpha t - \kappa_x)$ for $y = \infty$, faas Strømmen u_y i Afstanden y fra Bunden udtrykt ved

$$u_y = R_x \cos(\alpha t - \kappa_x) - R_x e^{-\sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} \cdot y} \cos\left(\alpha t - \left(\kappa_x + \sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} y\right)\right), \quad (4)$$

og altsaa er:

$$u_x - u_y = R_x \cdot e^{-\sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} \cdot y} \cos\left(\alpha t - \left(\kappa_x + \sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} y\right)\right). \quad (5)$$

Analogt med (2) er:

$$u_y = R_y \cos(\alpha t - \kappa_y), \quad (6)$$

idet Størrelserne R_y og κ_y er empirisk bestemte Konstanter ligesom R_x og κ_x .

Sættes

$$R_x \cos \kappa_x - R_y \cos \kappa_y = A$$

og

$$R_x \sin \kappa_x - R_y \sin \kappa_y = B,$$

faas:

$$R_x \cdot e^{-\sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} \cdot y} = \sqrt{A^2 + B^2} \quad (7)$$

og

$$\operatorname{tg}\left(\kappa_x + \sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} \cdot y\right) = \frac{B}{A}. \quad (8)$$

Af hver af disse Ligninger kan Størrelsen $\sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} y$ bestemmes og dernæst μ ; sættes

$$\sqrt{\frac{\alpha}{2\mu}} \cdot y = m,$$

faas af Ligningerne (4) og (6):

$$R_y = R_\infty \sqrt{1 + e^{-2m} - 2e^{-m} \cos m} \quad (9)$$

og

$$\operatorname{tg}(\kappa_y - \kappa_\infty) = \frac{-\sin m}{e^m - \cos m}. \quad (10)$$

Af Formel (9) ses det, at Amplituden ved Bunden er 0, og at der til $y = \infty$ svarer Amplituden R_∞ , som det er forudsat.

Med voksende y vil Amplituden imidlertid ikke tiltage jævnt, men passere en Række Maxima og Minima, hvis Beliggenhed bestemmes ved Ligningen:

$$\sqrt{\frac{1}{2}} \cdot e^{-m} = \sin\left(\frac{\pi}{4} + m\right).$$

Det første Maximum er beliggende i en Afstand fra Bunden, for hvilken $m = 2,284$, og for denne Værdi faas $R_y = 1,069 R_\infty$.

Efter at denne Værdi for R er passeret, idet vi gaar ud fra Bunden, vil e^{-m} altid være en lille Størrelse, saa at Maximums- og Minimumsværdierne for R_y maa indtræffe nær ved de Steder, for hvilke $m = -\frac{\pi}{4} + N\pi$, idet N er et vilkaarligt helt, positivt Tal.

Af Ligning (10) ses det, at Størrelsen $\operatorname{tg}(\kappa_y - \kappa_\infty)$ bliver ubestemt for $y = 0$ svarende til, at Amplituden er 0 for $y = 0$; dens sande Værdi er -1 , hvoraf ses, at κ_y ved Bunden vil nærme sig til at være 45° mindre end κ_∞ ; dette vil sige, at Tidevandsstrømmens Maximum vil nærme sig til at indtræde $\frac{1}{8} \cdot 12$ Periodetimer tidligere ved Bunden end ved Overfladen paa Grund af Gnidningen.

Denne Faseforskel for Maximalstrømmens Indtræden vil blive mindre med voksende y , og for $y = \infty$ vil den blive 0, men den vil aftage og tiltage paa lignende Maade som R_y , kun at dens Maxima og Minima falder omtrent for $m = +\frac{\pi}{4} + N \cdot \pi$, hvor N er et vilkaarligt Tal; for $m = N\pi$ vil Faseforskellen være 0, saa at den med voksende y afvekslende vil være positiv og negativ for, naar y bliver ∞ , at blive forsvindende lille.

I Fig. 17 er Variationen af Amplitude og Faseforskel med Afstanden fra Bunden fremstillet grafisk.

Den optrukne Kurve angiver Forholdet $\frac{R_y}{R_\infty}$, den punkterede Faseforskellen $\kappa_\infty - \kappa_y$ i Grader.

Som allerede nævnt har Pettersson gjort den Iagttagelse ved Strømmaalinger i Store Bælt, at Tidevandsstrømmen naar sit Maximum tidligere ved Bunden end i de øvre Lag. En lignende Iagttagelse har JAMES

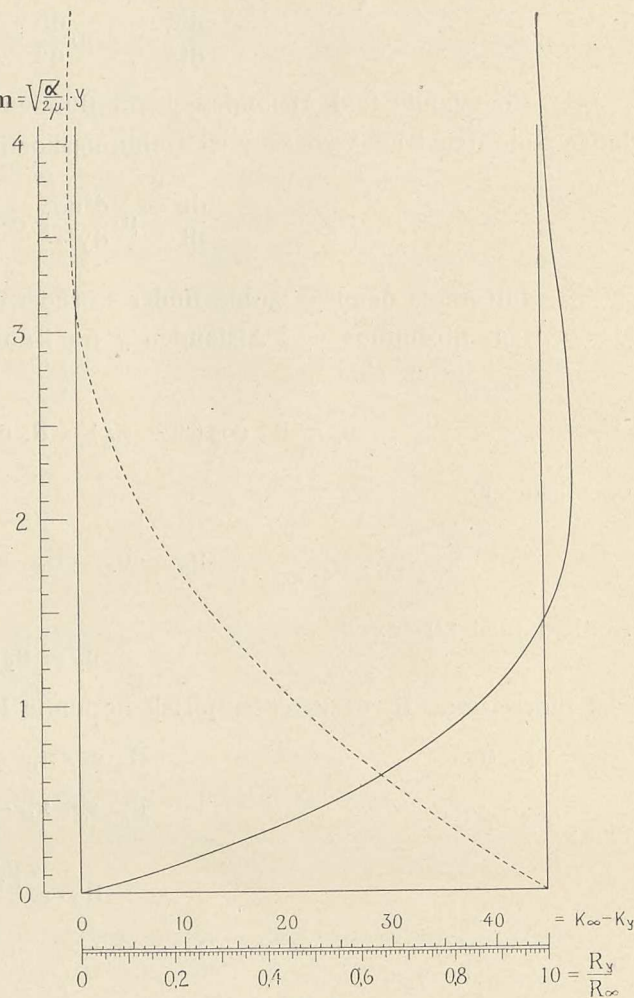


Fig. 17.

Numerisk Bestemmelse af Gnidningskoefficienten μ ved Bunden

¹⁾ Philos. Mag. 1888, Bd. 26 S. 382 refereret i Krümmels Handbuch der Ozeanographie II, S. 31.

THOMSON¹⁾ gjort under andre Forhold nemlig ved Vandbevægelsen i de store Dønninger, som fra Atlanterhavet kommer ind mod Irlands Nordkyst.

Vandpartiklerne i disse Dønninger havde en Svingningstid paa 10—20 Sek., og det viste sig ved Bevægelsen af opslemmede Smaadele, Tang og lignende, at Strømmen, som hidrørte fra Bølgebevægelsen, stadig forandrede Retning tidligere ved Bunden end i de øvre Lag. James Thomson forklarer dette Fænomen ved Gnidningen mod Bunden.

Ved de her foreliggende Resultater af Strømmaalinger, som er opført i Tabel 42 S. 76, stemmer Variationen af Amplitude og Fase i Nærheden af Bunden i Hovedsagen med, hvad man maatte vente efter den foran udviklede Teori.

For Langelandsbæltet er Fasen dog ca. 70° mindre ved Bunden end i de øvre Lag, altsaa mere, end Teorien giver; man maa vel tænke sig, at de snævre Render i Dybet frembyder særlige Forhold, saa at et saadant Resultat kan fremkomme.

Ved Lappegrunden er Strømforholdene ligeledes meget uregelmæssige, men Amplitude og Fase varierer dog i Overensstemmelse med Teorien.

For Anholt Knob og Schultz's Grund tør man maaske vente, at Forholdene er noget regelmæssigere, og for disse to Steder vil jeg derfor beregne den virtuelle Gnidningskoefficient for Vandet nær Bunden.

I Overensstemmelse med Betegnelserne i den udviklede Teori har vi:

For Anholt Knob	$R_{\infty} = 9,5 \text{ cm/sec}$	$\alpha_{\infty} = 53^{\circ}$,
	$R_y = 6,9$	$\alpha_y = 33^{\circ}$,
	$y = 300 \text{ cm.}$	
For Schultz's Grund	$R_{\infty} = 10,1 \text{ cm/sec}$	$\alpha_{\infty} = 82^{\circ}$,
	$R_y = 7,1$	$\alpha_y = 70^{\circ}$,
	$y = 100 \text{ cm.}$	

Amplituderne R_{∞} og Faserne α_{∞} er beregnet som Middeltal af Værdierne for 2½, 5, 10, 15 og 20 Meters Dybde af Hensyn til den Indvirkning, som Undervandsbølgerne har; Bunddybden er for Anholt Knob sat til 28 Meter, for Schultz's Grund til 26 Meter.

Paa Grundlag af disse Tal faas den virtuelle Gnidningskoefficient ved Hjælp af de i Fig. 17 tegnede Kurver; α er sat lig 0,0001405.

	Beregnet af $\frac{R_y}{R_{\infty}}$	Beregnet af $\alpha_{\infty} - \alpha_y$
For Anholt Knob	11,4	5,6
For Schultz's Grund	1,41	0,29.

Disse Værdier for den virtuelle Gnidningskoefficient er jo meget forskellige og kan kun give et Begreb om Størrelsesordenen; den store Forskel for de to Steder kan skyldes de lokale Forhold, men udelukket er det jo paa den anden Side ikke, at man maa regne med forskellige Værdier for den indre Gnidning efter Afstanden fra Bunden, fordi Hvirvelstrømmene ikke er lige stærkt udviklede lige ved Bunden og længere derfra.

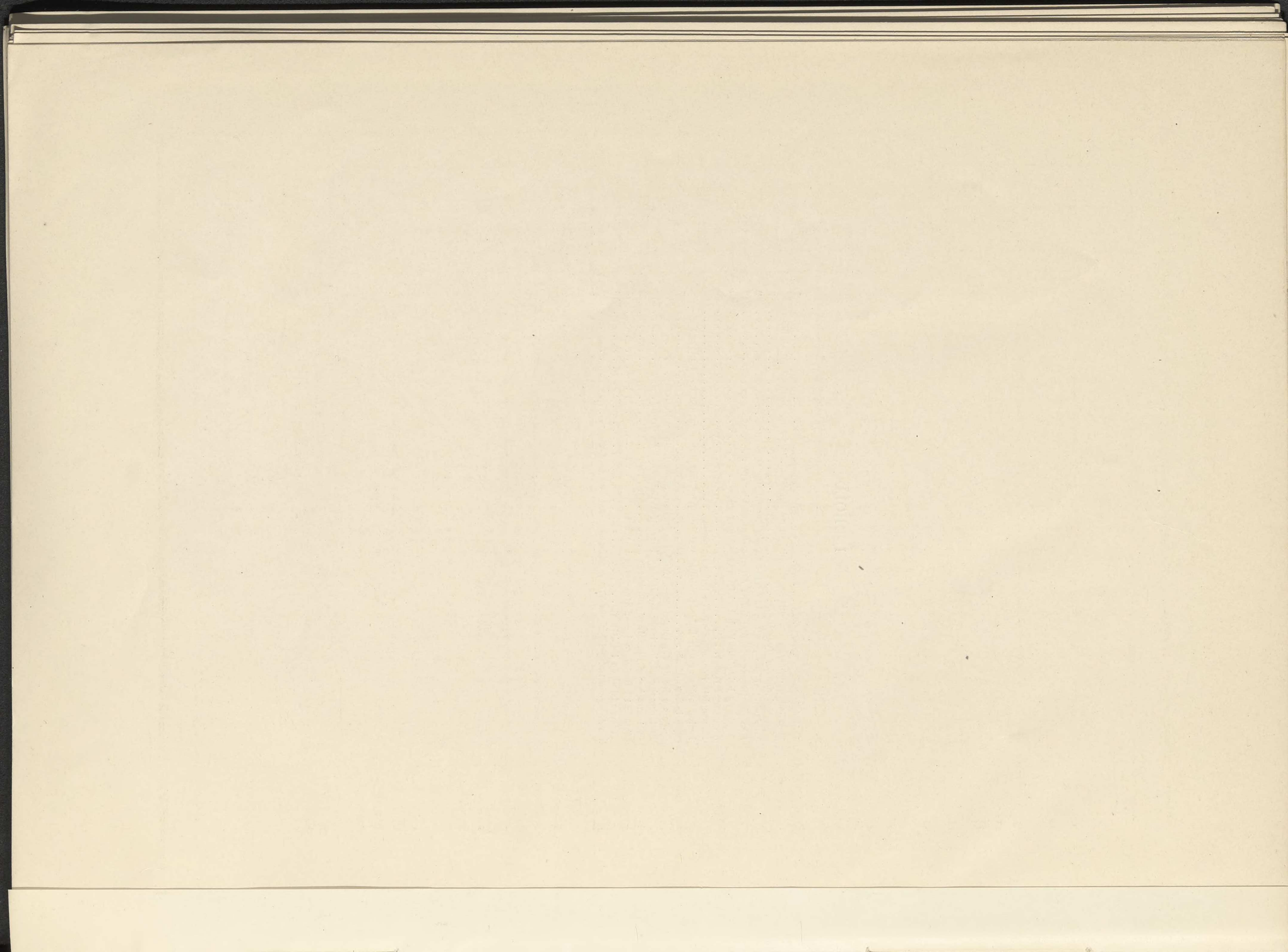
Hvad Størrelsesordenen angaar, synes den ikke urimelig i Forhold til de tidligere fundne Værdier, og det maa vel nok som Følge deraf antages, at Grunden til den ejendommelige Faseforskydning for Tidevandsbevægelsen ved Bunden skyldes Gnidningen.

THESES.

1. I Krümmels Handbuch der Ozeanographie Bd. II S. 618 omtales det af Brennecke fundne Iltminimum i den spanske Sø og Biskayabugten som hidrørende fra Middelhavsvandet. I Virkeligheden findes et Iltminimum i selve Atlanterhavsvandet, som er af langt større Udstrækning end det Minimum, som muligvis kan hidrøre fra det udstømmende Middelhavsvand.
 2. Ved Bestemmelse af de i Havvandet absorberede Luftmængder efter Udkogningsmetoden (Pettersson, Knudsen, Fox m. fl.) volder selve Udkogningen store Vanskeligheder for en bekvem Methodik. Naar derfor Bestemmelser af Luftmængden i Havvandet særlig af Iltmængden skal foretages i en saadan Udstrækning, at der kan drages den fulde Nytte af dem, vil det være nødvendigt at gaa over til lettere Metoder (Winkler, Krogh).
 3. Der bør ved hydrografiske Undersøgelser lægges større Vægt, end det hidtil er sket, paa Vandstandsmaalinger i Forbindelse med Strømmaalinger.
 4. Pelagiske Fiskeægs Vægtfylde tiltager med Udviklingsstadiet. Da det ved Bestemmelse af Vægtfylden ofte kan være vanskeligt at se Æggene, vil en Belysningsanordning i Analogi med den ved »Afskygningsmetoden« anvendte kunne yde god Tjeneste.
 5. Hvis der ved Löwes Apparat (Zeitschrift für Instrumentenkunde 1910 S. 321) til Bestemmelse af Forholdet mellem Brydningsforholdene for to Vandprøver kan opnaas den tilsigtede Nøjagtighed, og Metoden af denne og flere Grunde skulde være at foretrække for en Bestemmelse af Halogenmængden ved Mohr's Titration, vil Anvendelsen af Brydningsforholdet i Stedet for Halogenmængden til at karakterisere en Vandprøve forde en nøjagtig Sammenligning mellem Halogenmængde og Brydningsforhold for forskellige Slags Havvand. Men selv om en saadan Sammenligning blev gjort, vilde de Vægtfyldebestemmelser, man vilde kunne opnaa ved Bestemmelse af Brydningsforholdet kun indenfor en vis Fejlgrænse være sammenlignelige med de Vægtfyldebestemmelser, som er fundet gennem Bestemmelse af Halogenmængden, og denne Fejlgrænse vilde omfatte et større Spillerum end Fejlgrænsen, hvormed Vægtfyldebestemmelser kan sammenlignes, naar de er baserede alene paa Bestemmelse af Halogenmængden.
-

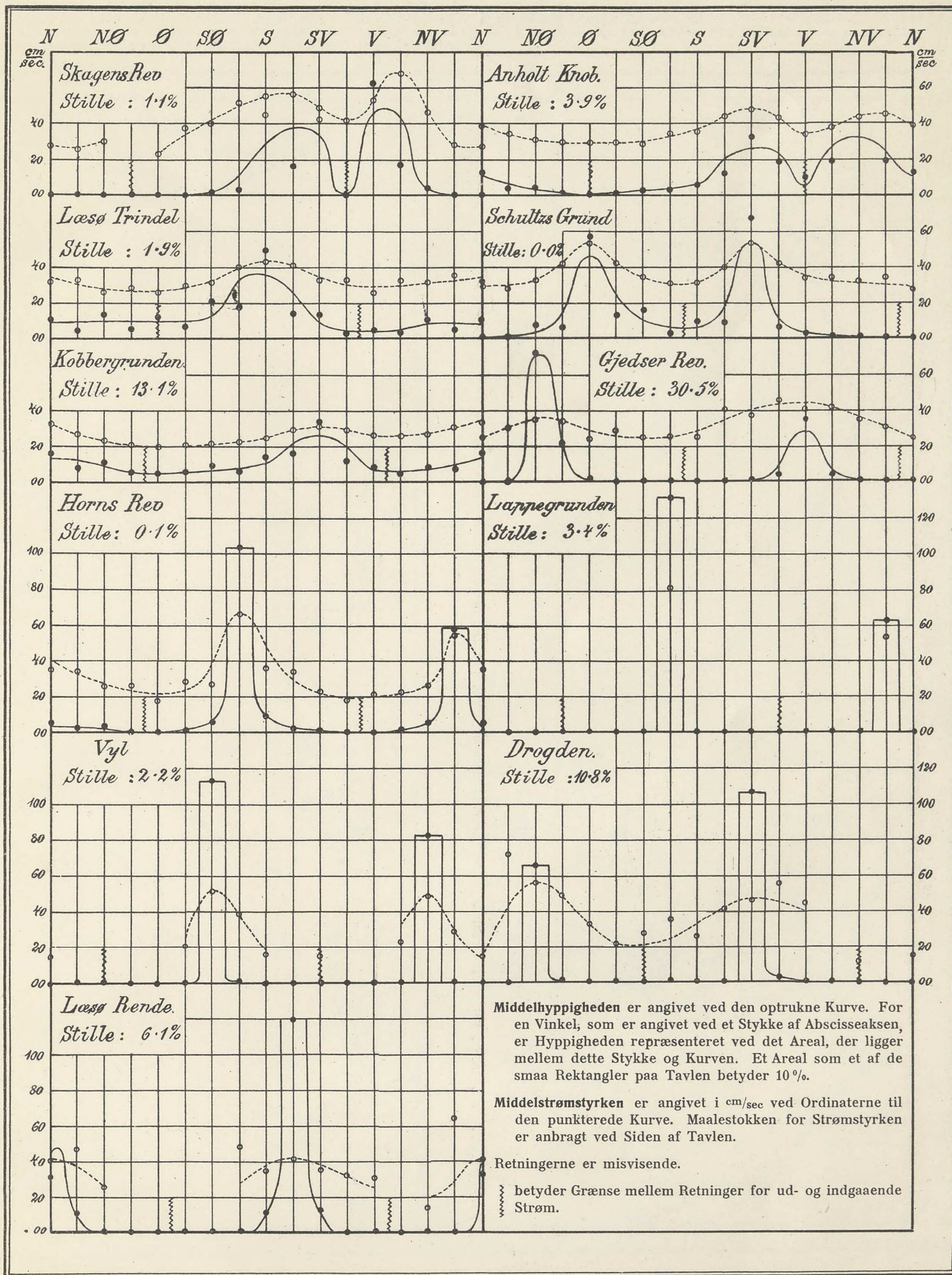
INDHOLD

Indledning	1
Overfladestrømmens procentiske Hyppighed og Middelstyrke fra de forskellige Retninger ved danske Fyrskibe	3
Beregning af den resulterende Middelstrøm for enkelte Maaneder	9
Den resulterende Middelstrøms Afhængighed af Vinden	10
Aarlig og halvaarlig Periode i Overfladestrømmen	40
Strømme i Dybet	55
Havvandets Bevægelse og den indre Gnidning	66
Bestemmelse af den indre Gnidning ved Hjælp af Strømmen og den horizontale Tæt- hedsgradient	67
Bestemmelse af Vandoverfladens Hældning mellem Store Bælt og Kattegat	70
Bestemmelse af den indre Gnidning i Farvandet ved Schultz's Grund	72
Bestemmelse af Blandingsintensiteten	73
Metode til Bestemmelse af Strømmen i Dybet	75
Tidevandsbølgen i Kattegat	76
Gnidningens Indflydelse paa Tidevandsbevægelsen ved Bunden	86



Middelhyppighed og Middelstyrke
for Strømmen fra forskellige Retninger ved danske Fyrskibe.

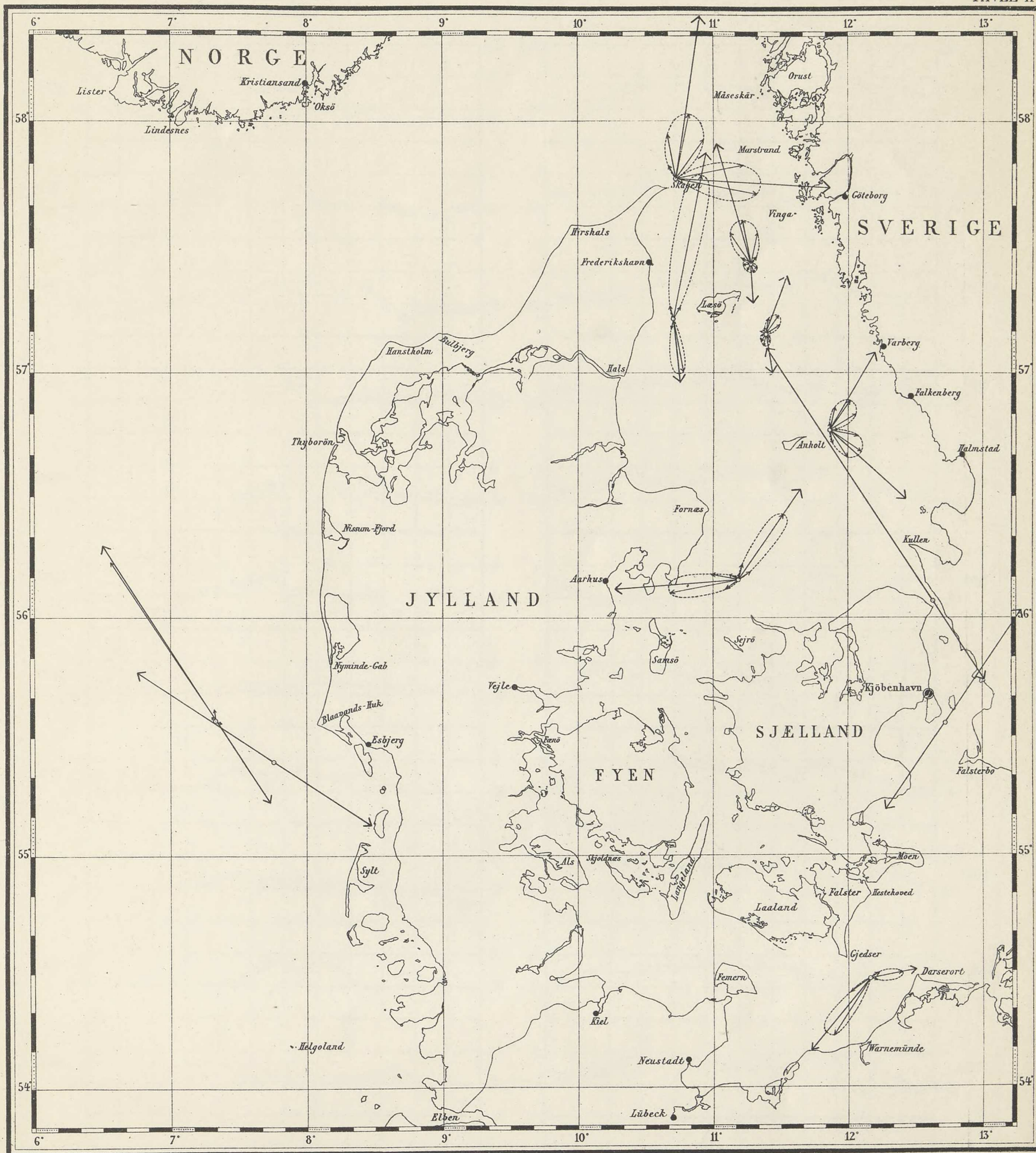
TAVLE I



Middelværdier for Vandets Bevægelse i Løbet af 3 Døgn.

De med smaa Pilespidser forsynede Linier angiver, hvor langt en Vandpartikel i Løbet af 3 Døgn vilde bevæge sig, naar den var paavirket af de Strømme, som gennemsnitlig findes indenfor en Vinkel paa $22\frac{1}{2}^{\circ}$ med Linien som Halveringslinie. Disse Linier falder sædvanlig i to Grupper svarende til de ud- og indgaaende Strømme. Endepunkterne af Linierne i hver Gruppe er forbundet ved en punkteret Linie. Ved geometrisk Addition af Linierne indenfor hver enkelt Gruppe faas de med en større Pilespids forsynede Linier, som derfor er det Stykke, en Vandpartikel vilde bevæge sig i Løbet af 3 Døgn henholdsvis under Paavirkning af de udgaaende eller de indgaaende Strømme, naar disse optraadte med deres Middelværdi.

TAVLE II



Abstracts of the Various Sessions of the Council of the American Association of Economic Geologists

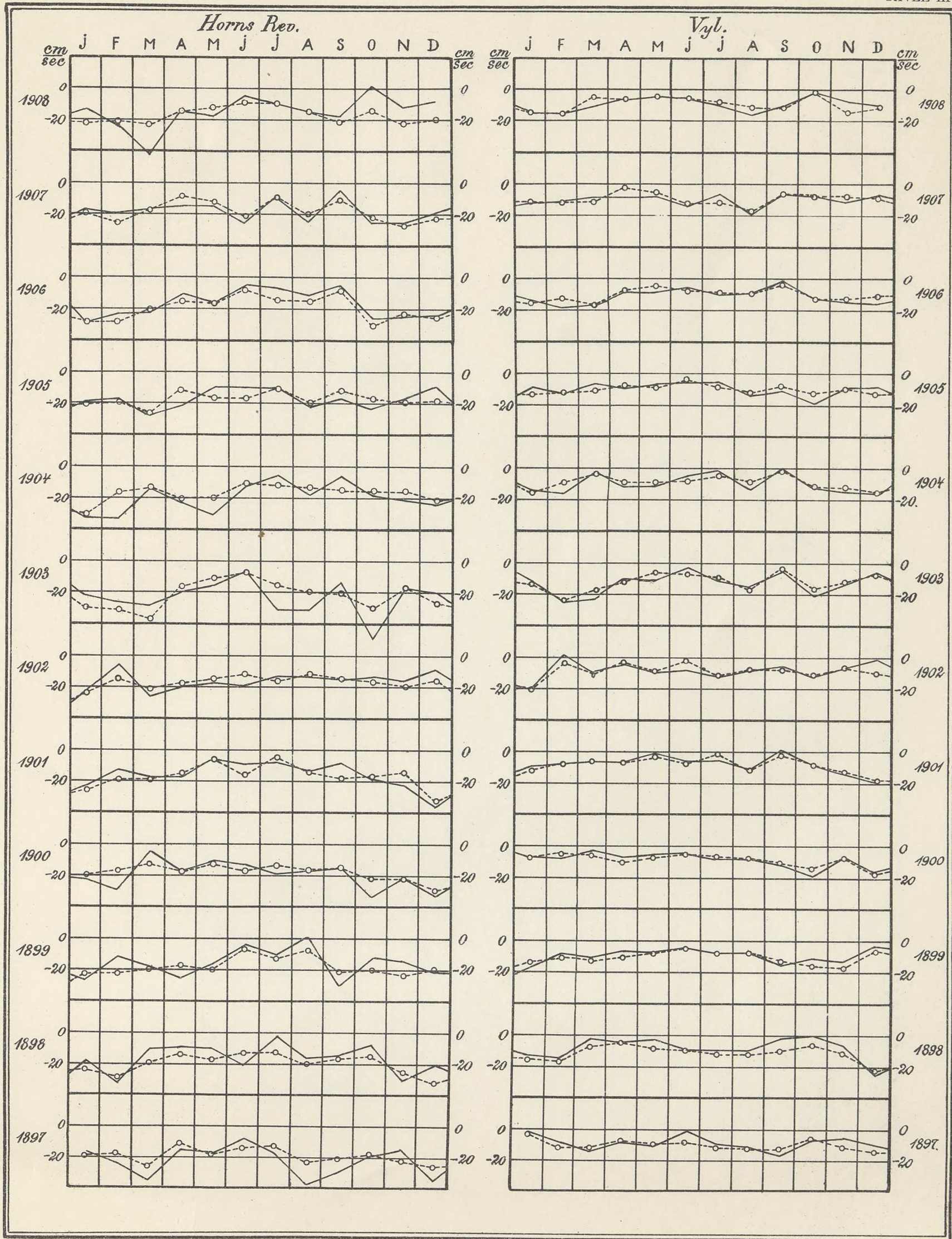
The following abstracts are taken from the reports of the various sessions of the Council of the American Association of Economic Geologists, held at the University of California, Berkeley, California, U.S.A., during the month of June, 1934.

Date	Session
June 1	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 2	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 3	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 4	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 5	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 6	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 7	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 8	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 9	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 10	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 11	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 12	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 13	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 14	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 15	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 16	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 17	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 18	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 19	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 20	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 21	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 22	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 23	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 24	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 25	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 26	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 27	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 28	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.
June 29	Morning Session - 9:00 A.M. to 12:00 Noon
June 30	Afternoon Session - 2:00 P.M. to 5:00 P.M.

Maanedlige Middelværdier af Strømme ved Fyrskibene Horns Rev og Vyl.

For Fyrskibet Horns Rev er Resultanten af Strømme fra Retningerne S79V-N-N79Ø (misvis.) betegnet som udgaaende Strøm.
 For Fyrskibet Vyl — — — — — N79Ø-S-S79V — — — — — indgaaende —
 — — — — — S45V-N-N45Ø — — — — — udgaaende —
 — — — — — N45Ø-S-S45V — — — — — indgaaende —
 Differensen u-i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven — — — — —
 Den af Vinden ved Fyrskibene beregnede Værdi for samme Størrelse er gengivet ved Kurven — — — — —

TAVLE III



Maanedlige Middelværdier af Strømme ved Fyrskibene Skagens Rev og Læsø Rende.

For Fyrskibet Skagens Rev er Resultanten af Strømme fra Retningerne N68Ø—S—S68V (misvis.) betegnet som udgaaende Strøm.

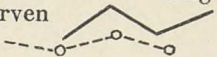
For Fyrskibet Læsø Rende — — — — — S68V—V—N68Ø — — — — — indgaaende —

— — — — — S79Ø—S—N79V — — — — — udgaaende —

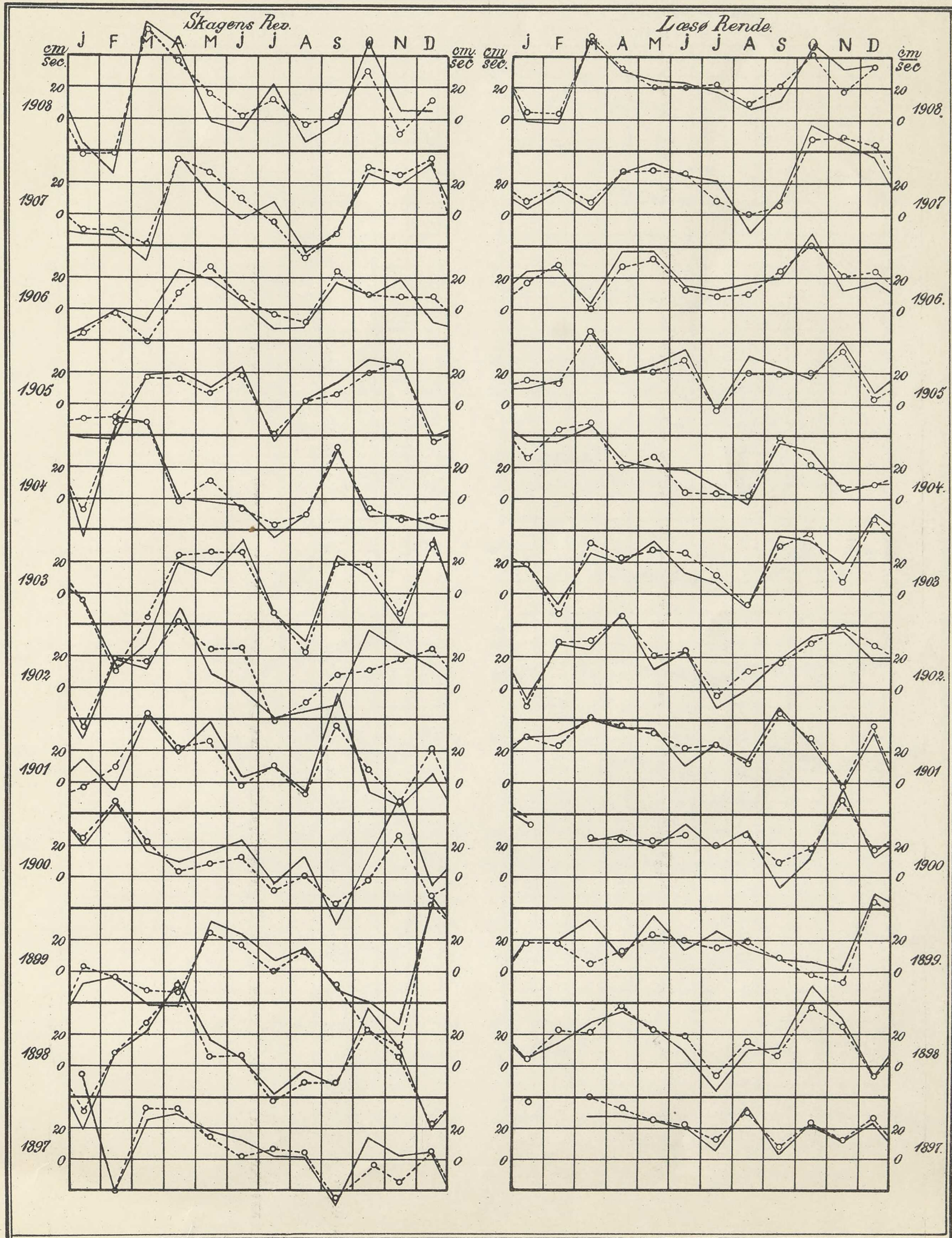
— — — — — N79V—N—S79Ø — — — — — indgaaende —

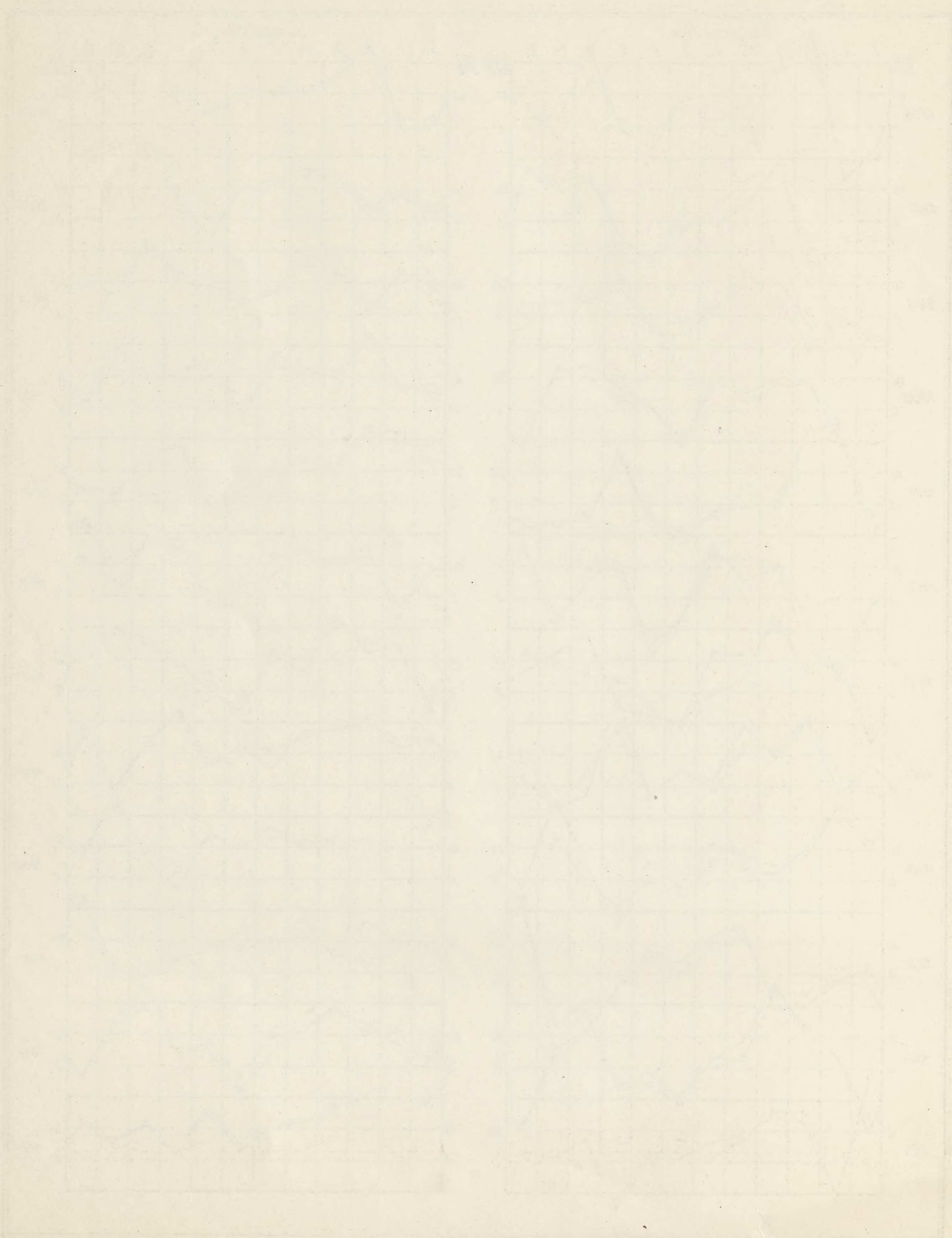
Differensen u—i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven

Den af Vinden ved Fyrskibene beregnede Værdi for samme Størrelse er gengivet ved Kurven



TAVLE IV





Maanedlige Middelverdier af Strømme ved Fyrskibene Læsø Trindel og Kobbergrunden.

For Fyrskibet Læsø Trindel er Resultanten af Strømme fra Retningerne Ø-S-S79V (misvis.) betegnet som udgaaende.

For Fyrskibet Kobbergrunden — — — — — S79V-N-Ø — — — — — indgaaende.

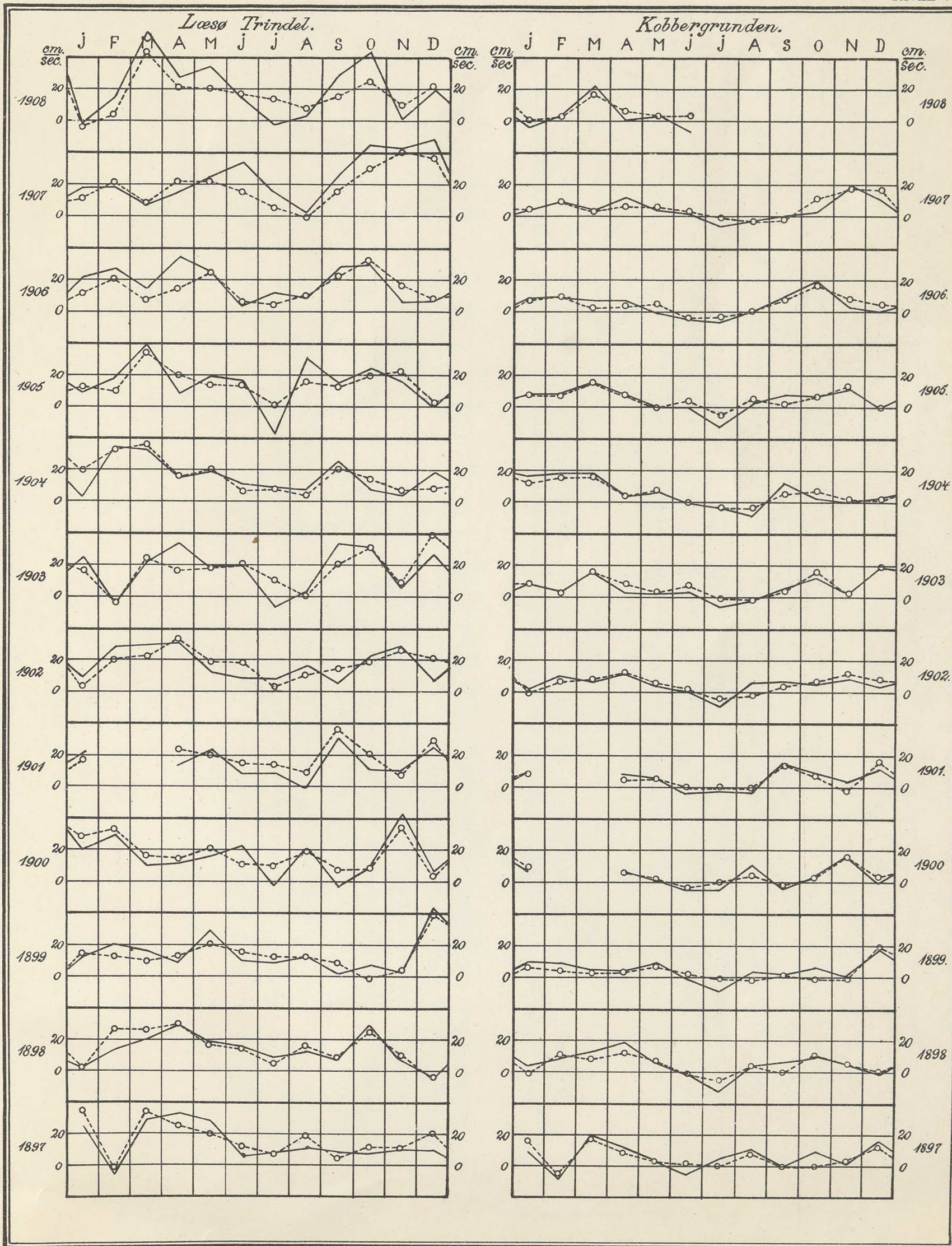
— — — — — N79Ø-S-N79V — — — — — udgaaende.

— — — — — N79V-N-N79Ø — — — — — indgaaende.

Differensen u-i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven

Den af Vinden ved Fyrskibene beregnede Værdi for samme Størrelse er gengivet ved Kurven

TAVLE V



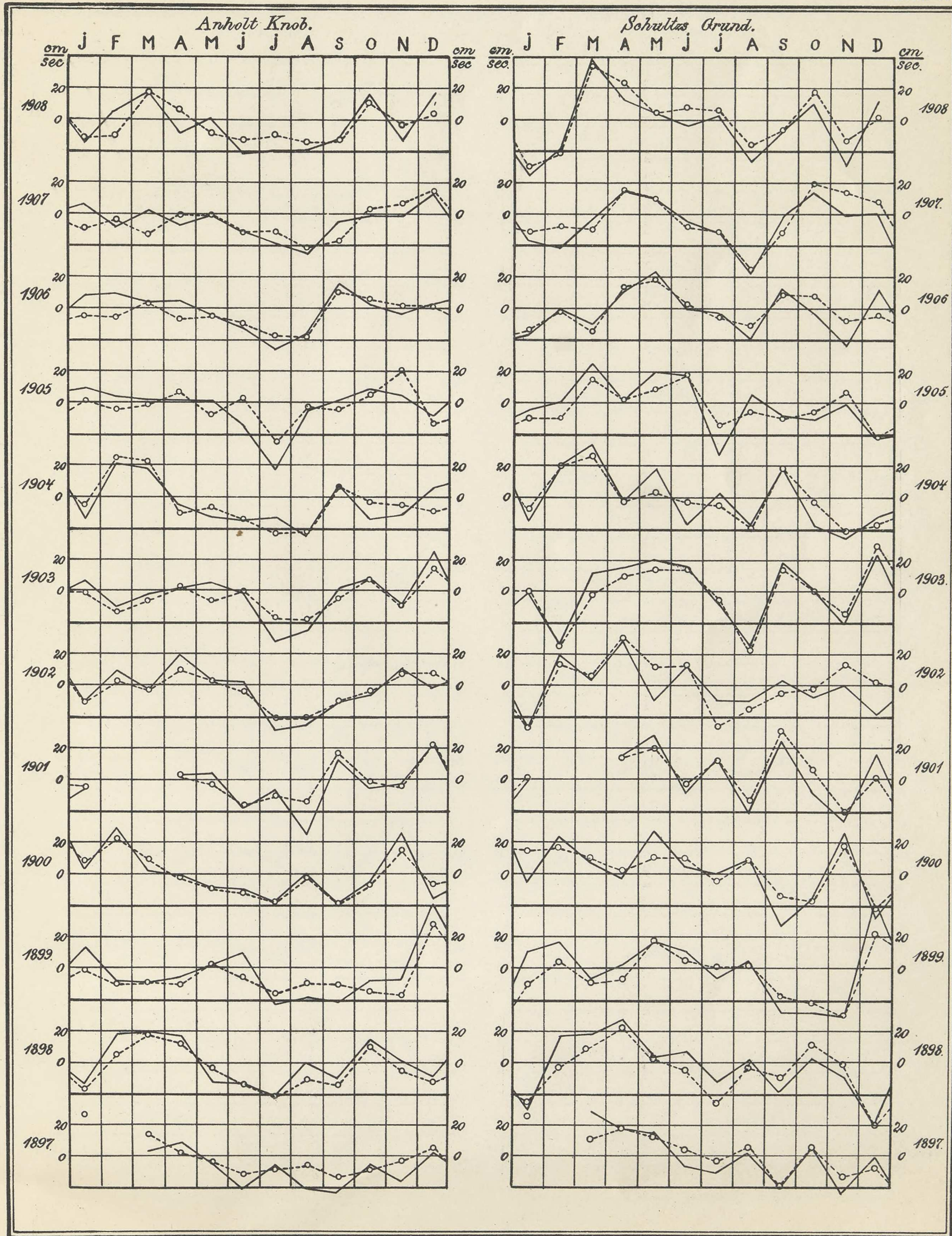
Maanedlige Middelværdier af Strømme ved Fyrskibene Anholt Knob og Schultz's Grund.

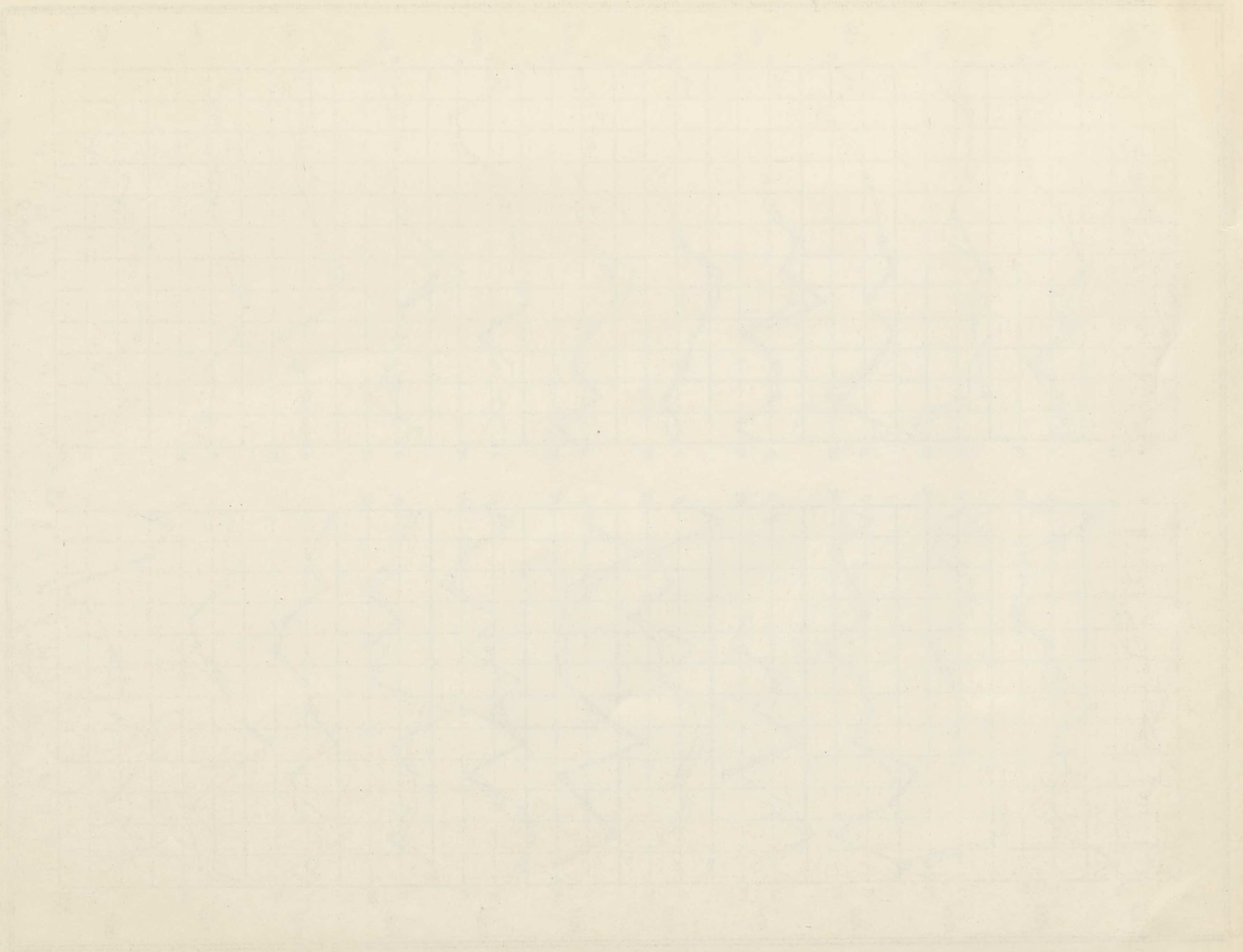
For Fyrskibet Anholt Knob er Resultanten af Strømme fra Retningerne Ø-S-V (misvis.) betegnet som udgaaende Strøm.

For Fyrskibet Schultz's Grund — — — — — V-N-Ø — — — — — indgaaende —
 S11Ø-V-N11V (misvis.) betegnet som udgaaende Strøm.
 N11V-Ø-S11Ø — — — — — indgaaende —

Differensen u-i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven — — — — —
 Den af Vinden ved Fyrskibene beregnede Værdi for samme Størrelse er gengivet ved Kurven — — — — —

TAVLE VI





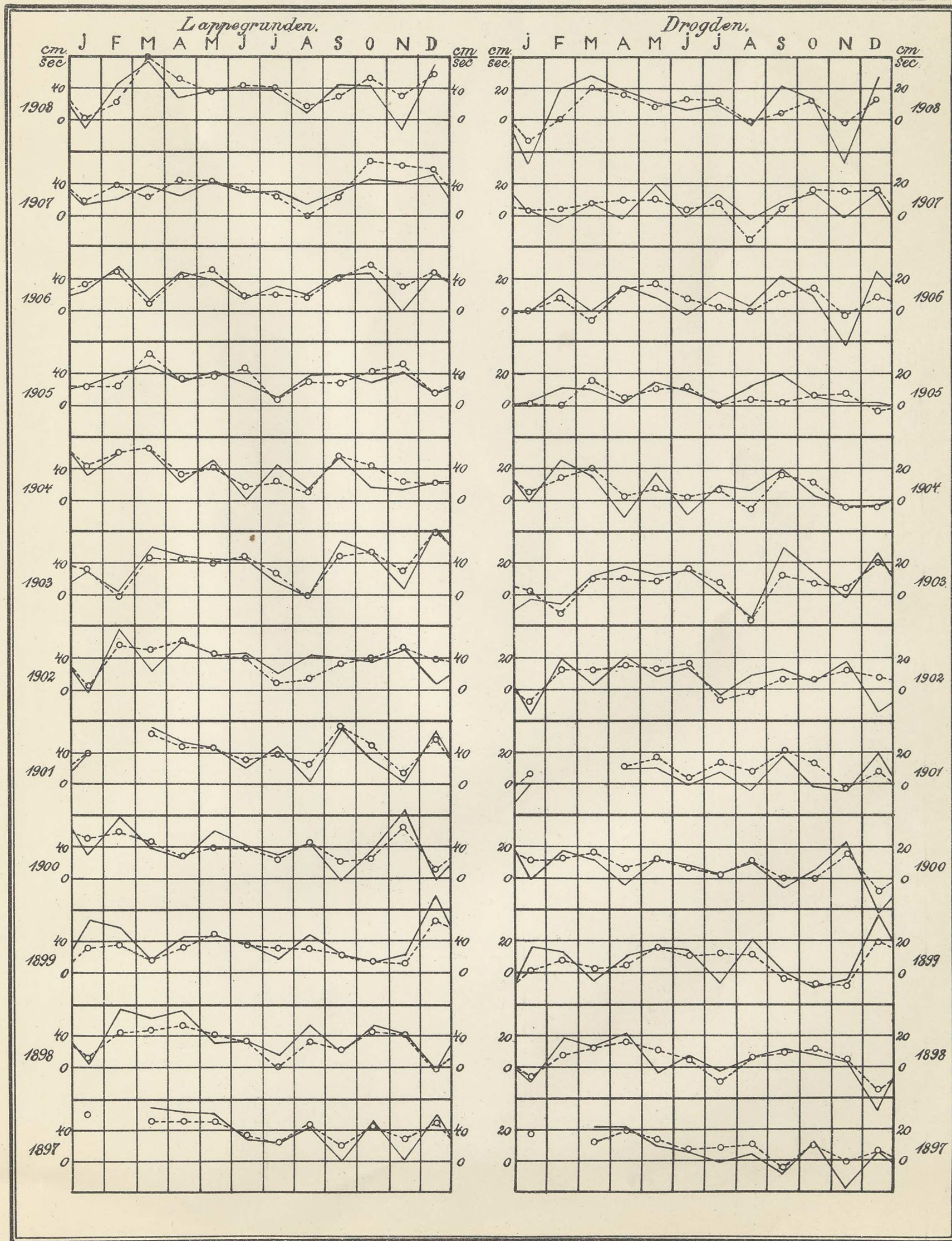
Maanedlige Middelværdier af Strømme ved *Fyrskibene Lappegrunden* og *Drogden*.

For Fyrskibet Lappegrunden er Resultanten af Strømme fra Retningen S22Ø (misvis.) betegnet som udgaaende.

						N22V				indgaaende.
For Fyrskibet Drogden er Resultanten af Strømme fra Retningerne	S45Ø—S—N45V	(misvis.)	betegnet som	udgaaende,						
						N45V—N—S45Ø				indgaaende.

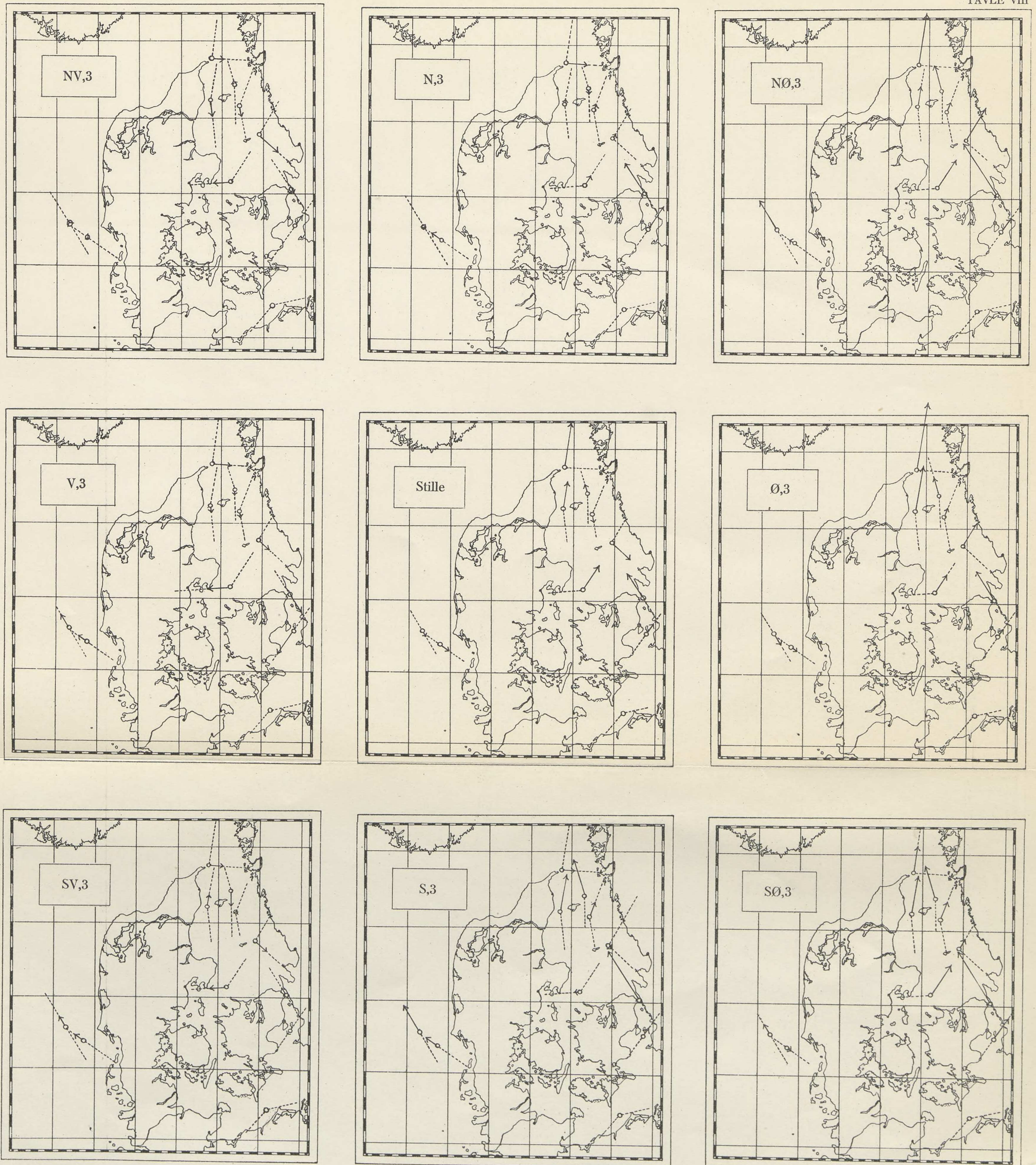
Differensen u-i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven
Den af Vinden ved Fyrskibene beregnede Værdi for samme Størrelse er gengivet ved Kurven

TAVLE VII



De resulterende Strømme ved danske Fyrskibe, naar den lokale Vind har den paa de smaa Kort angivne Retning og Styrke.
Kortene svarer til de Side 13 angivne Formler, idet Pilene angiver Strømmens Styrke efter nedenstaaende Maalestok. De punkterede Linier angiver Hovedretningerne for Strømmen. Retningerne for Vinden er angivet misvisende (Skala 0—12).

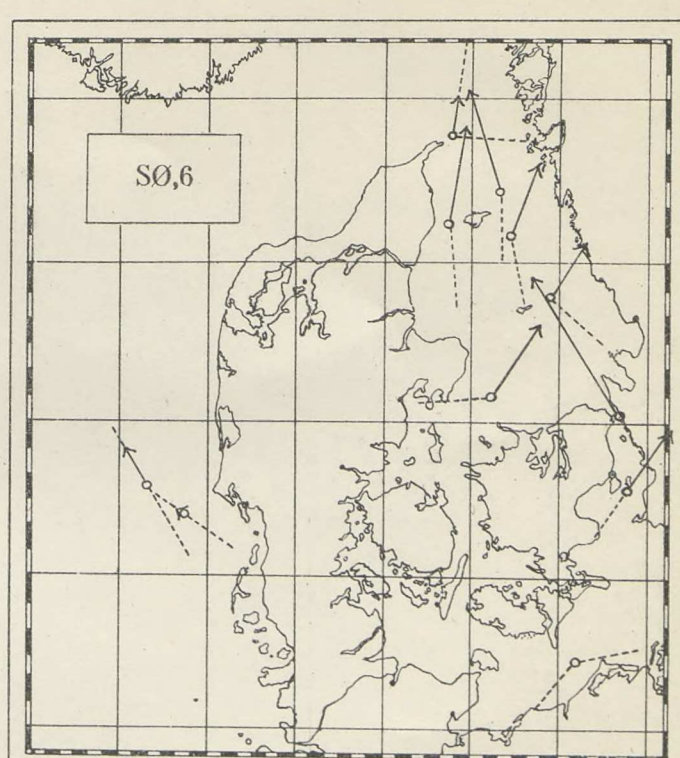
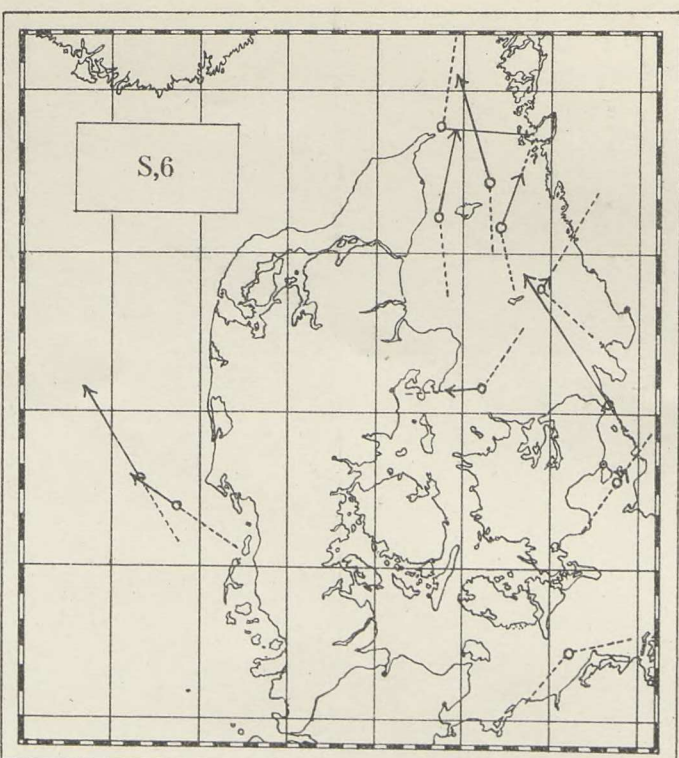
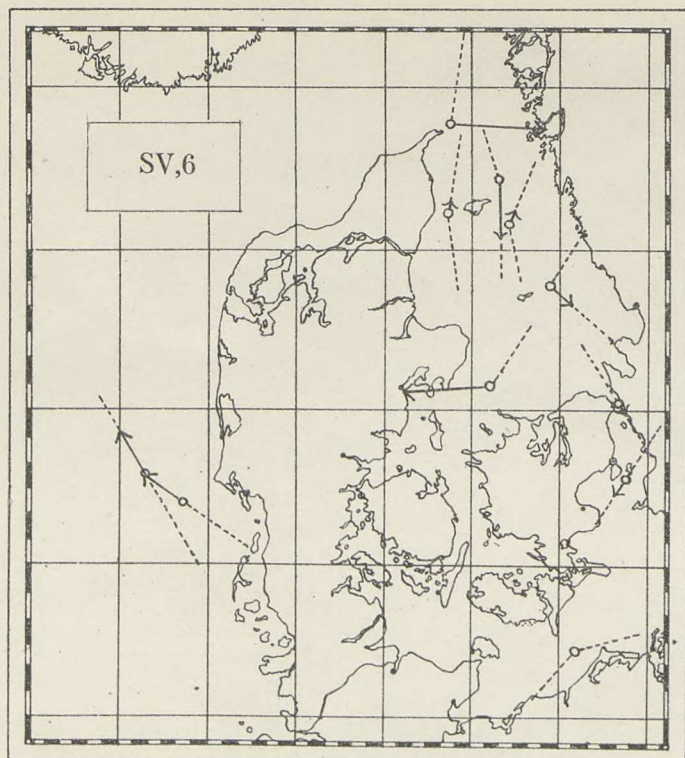
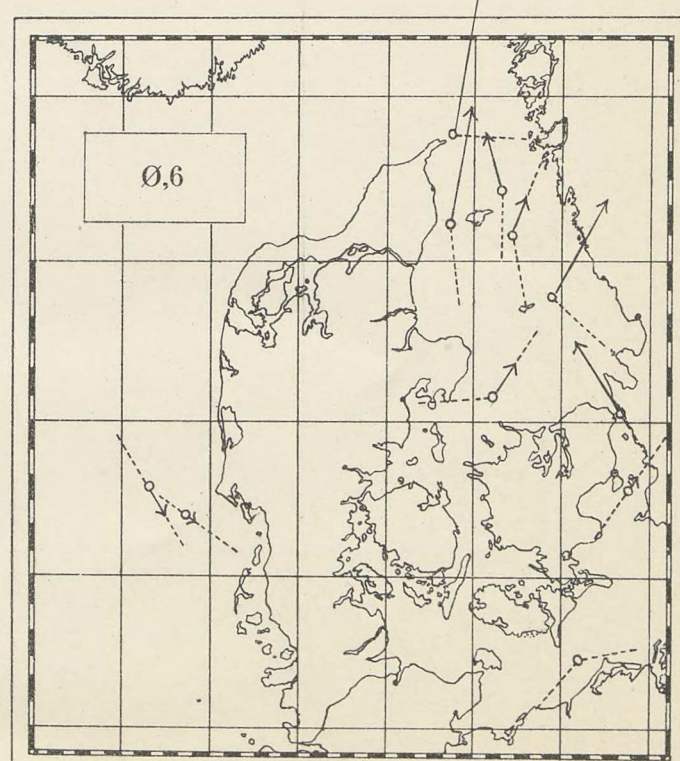
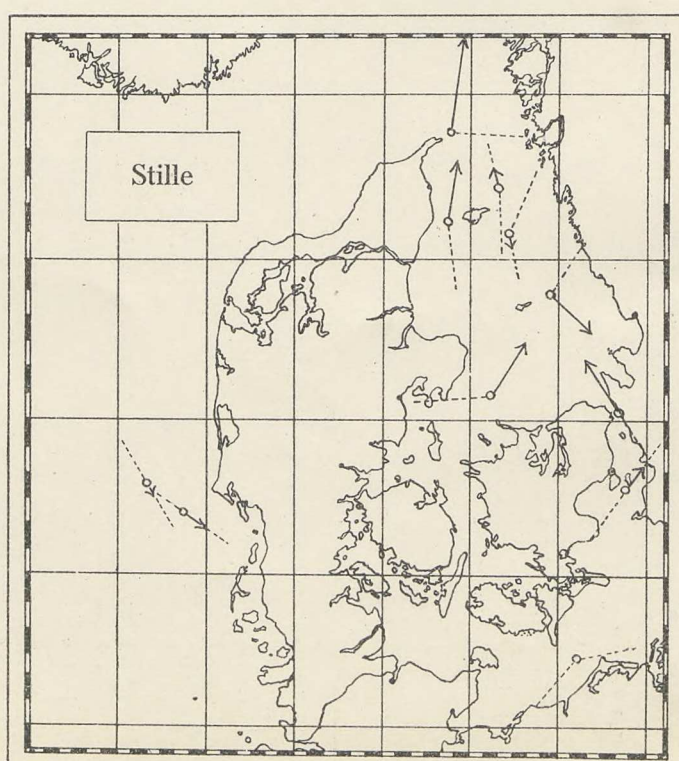
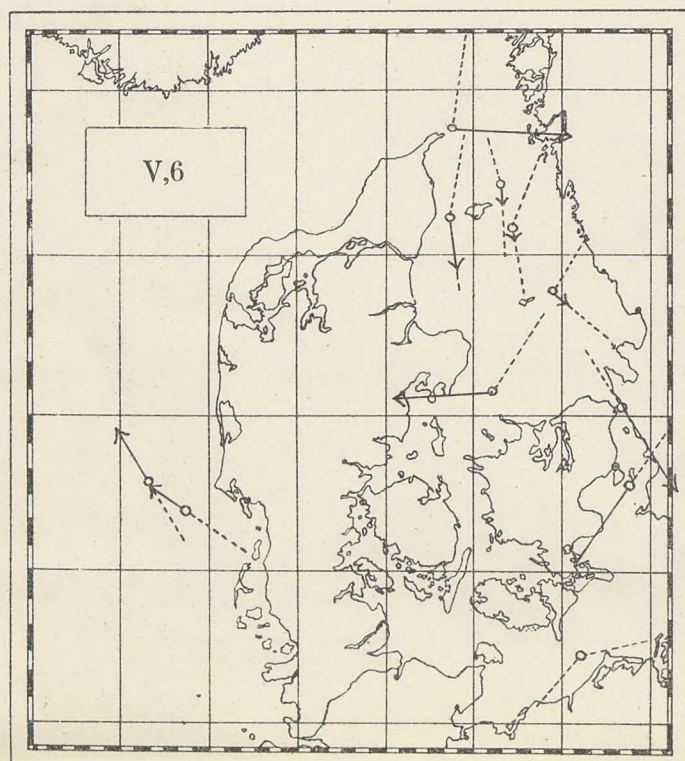
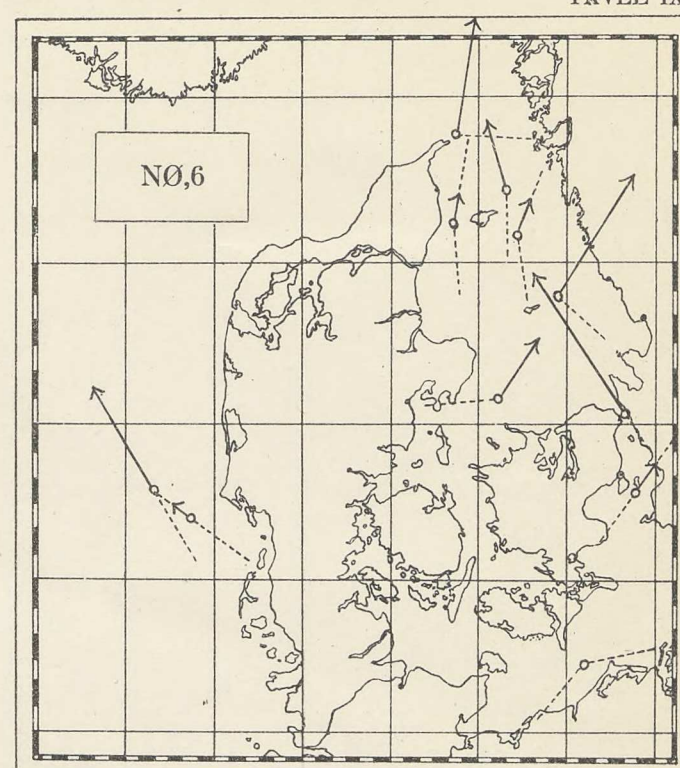
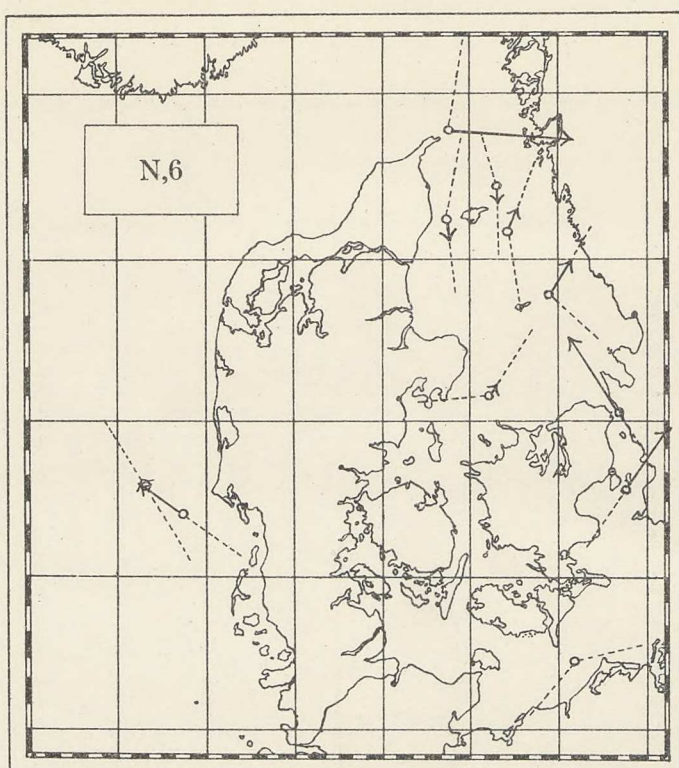
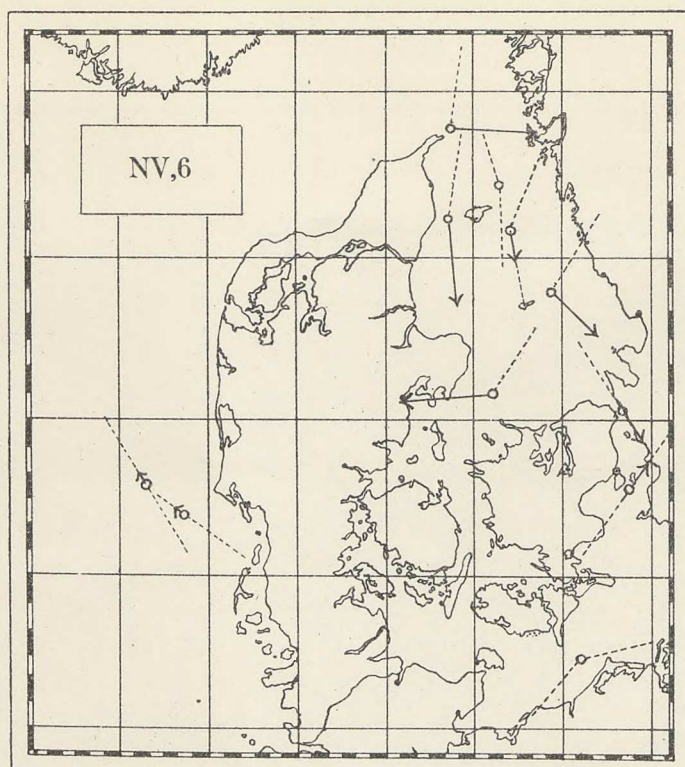
TAVLE VIII



100 50 0 100 cm/sec.

De resulterende Strømme ved danske Fyrskibe, naar den lokale Vind har den paa de smaa Kort angivne Retning og Styrke.
 Kortene svarer til de Side 13 angivne Formler, idet Pilene angiver Strømmens Styrke efter nedenstaaende Maalestok. De punkterede Linier angiver Hovedretningerne for Strømmen. Retningerne for Vinden er angivet misvisende (Skala 0—12).

TAVLE IX



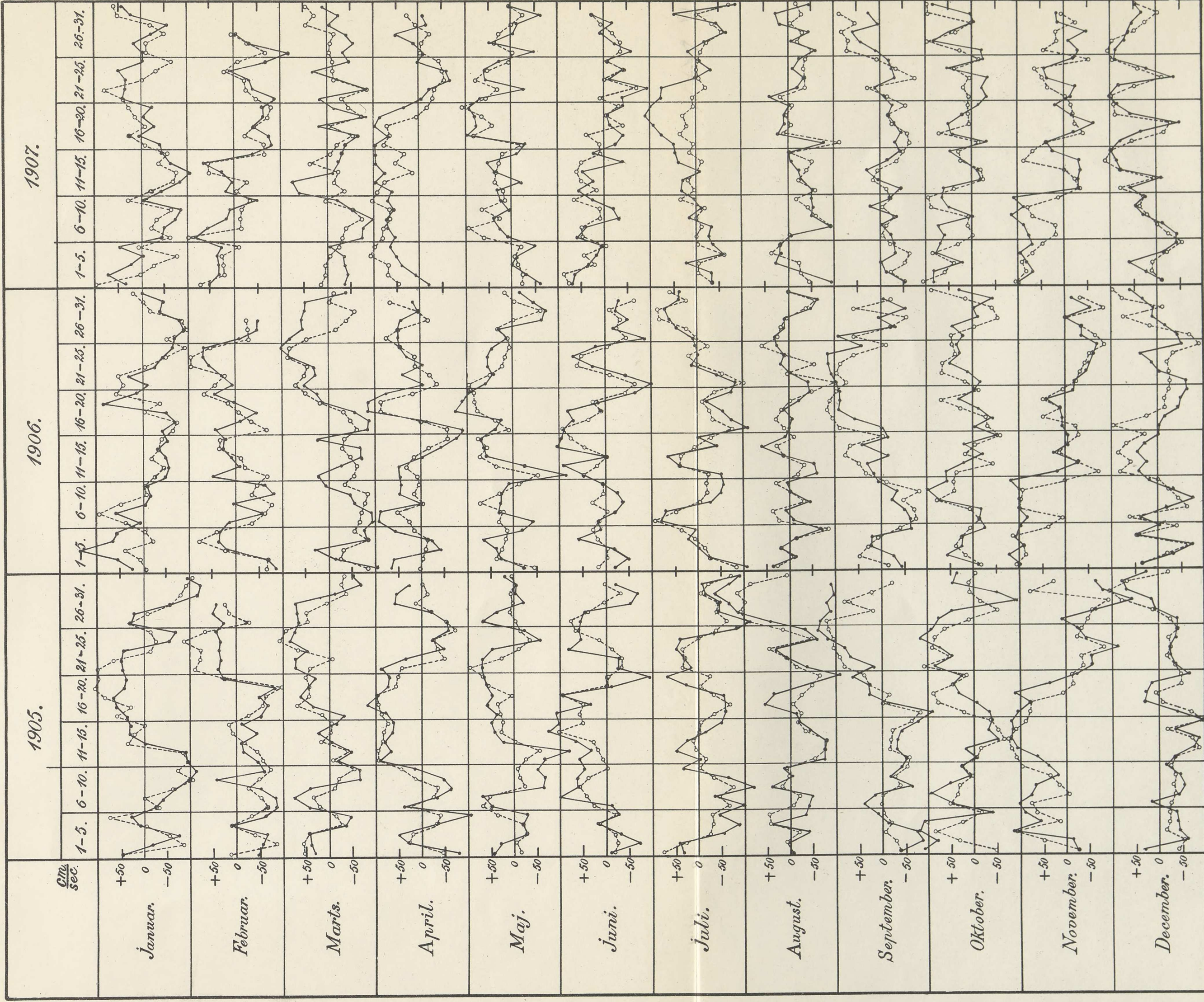
100 50 0 100 cm
 sec.

Daglige Middelverdier af Strømme ved Skagens Rev Fyrskib.

Resultanten af Strømme fra Retningerne N680—S—S68V (misvis.) er betegnet som udgaende Strøm.
S68V—V—N680 ————— indgaende

Differensen u—i mellem den udgaende Strøm u og den indgaende Strøm i er gengivet ved Kurven —
Den af Vinden ved Skagens Rev Fyrskib beregnede Værdi for den samme Størrelse er gengivet ved Kurven - - -

TAVLE X

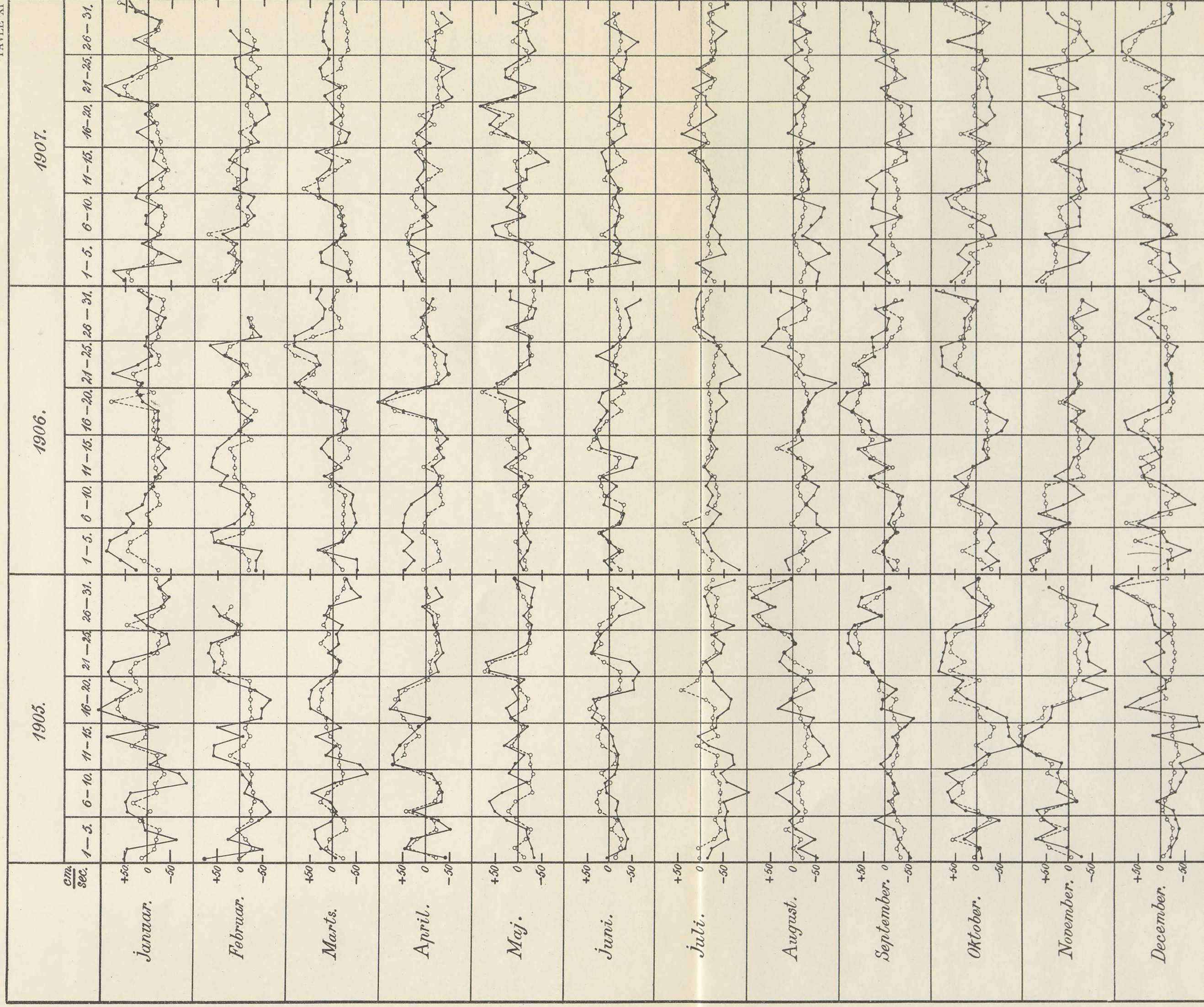


Daglige Middelverdier af Strømme ved Anholt Knob Fyrskib.

Resultanten af Strømme fra Retningerne Ø-S-V (misvis.) er betegnet som udgaende Strøm.
V-N-Ø — — — — — indgaende

Differensen u-i mellem den udgaende Strøm u og den indgaende Strøm i er gengivet ved Kurven —
Den af Vinden ved Anholt Knob Fyrskib beregnede Værdi for den samme Størrelse er gengivet ved Kurven - - - - -

TAVLE XI

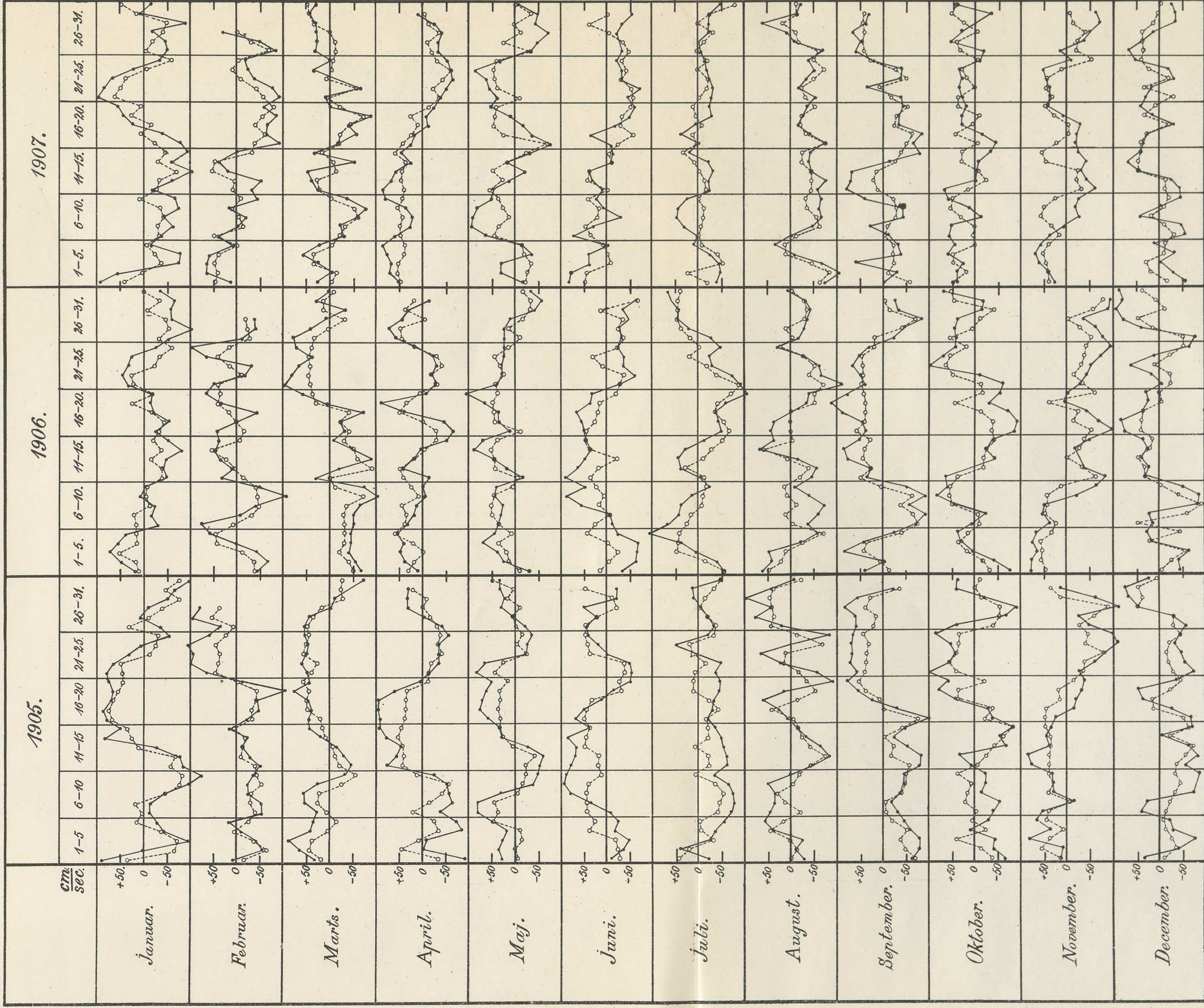


Daglige Middelværdier af Strømme ved Schultz's Grund Fyrskib.

Resultanten af Strømme fra Refningerne S110-V-N11V (misvis.) er betegnet som udgaaende Strøm.
 — — — — — N11V-Ø-S110 — — — — — indgaaende

Differensen u-i mellem den udgaaende Strøm u og den indgaaende Strøm i er gengivet ved Kurven
 Den af Vinden ved Schultz's Grund Fyrskib beregnede Værdi for den samme Størrelse er gengivet ved Kurven

TAVLE XII



Aarlig Periode i Overfladestrømmen.

Kurverne 

fremstiller Middeltal for Maanederne i Tiden 1897—1908 af Forskellen mellem Maanedsmiddeltal for de observerede Strømme og de af Vinden beregnede Værdier for samme.

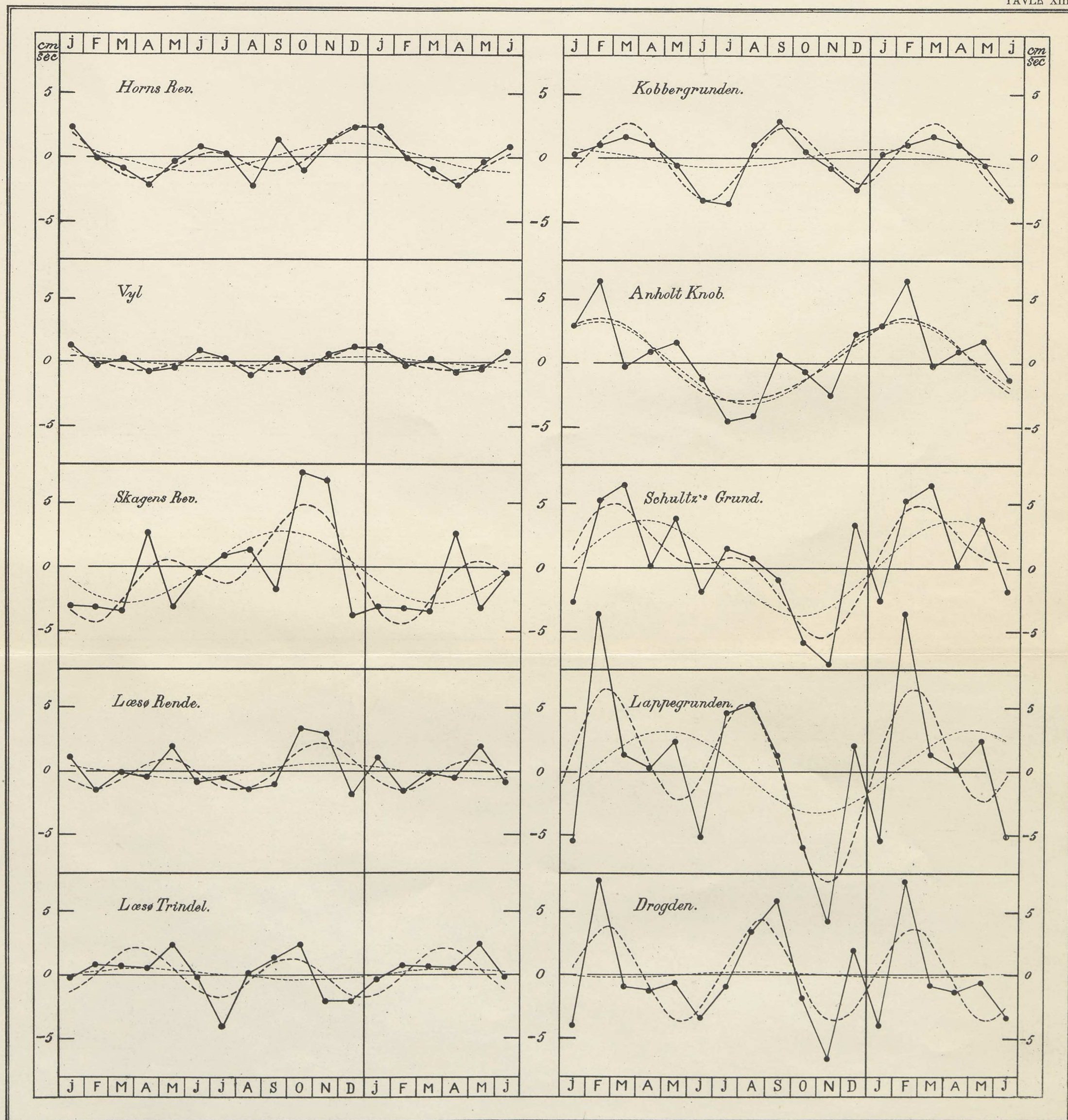
Kurverne 

fremstiller den paa Grundlag af ovennævnte Middeltal (Kurverne ) ved harmonisk Analyse fundne aarlige Periode.

Kurverne 

fremstiller den paa Grundlag af samme Middeltal ved harmonisk Analyse fundne Sum af en helaarlig og en halvaarlig Periode.

TAVLE XIII



Halvaarlig Periode i Overfladestrømmen.

Kurverne



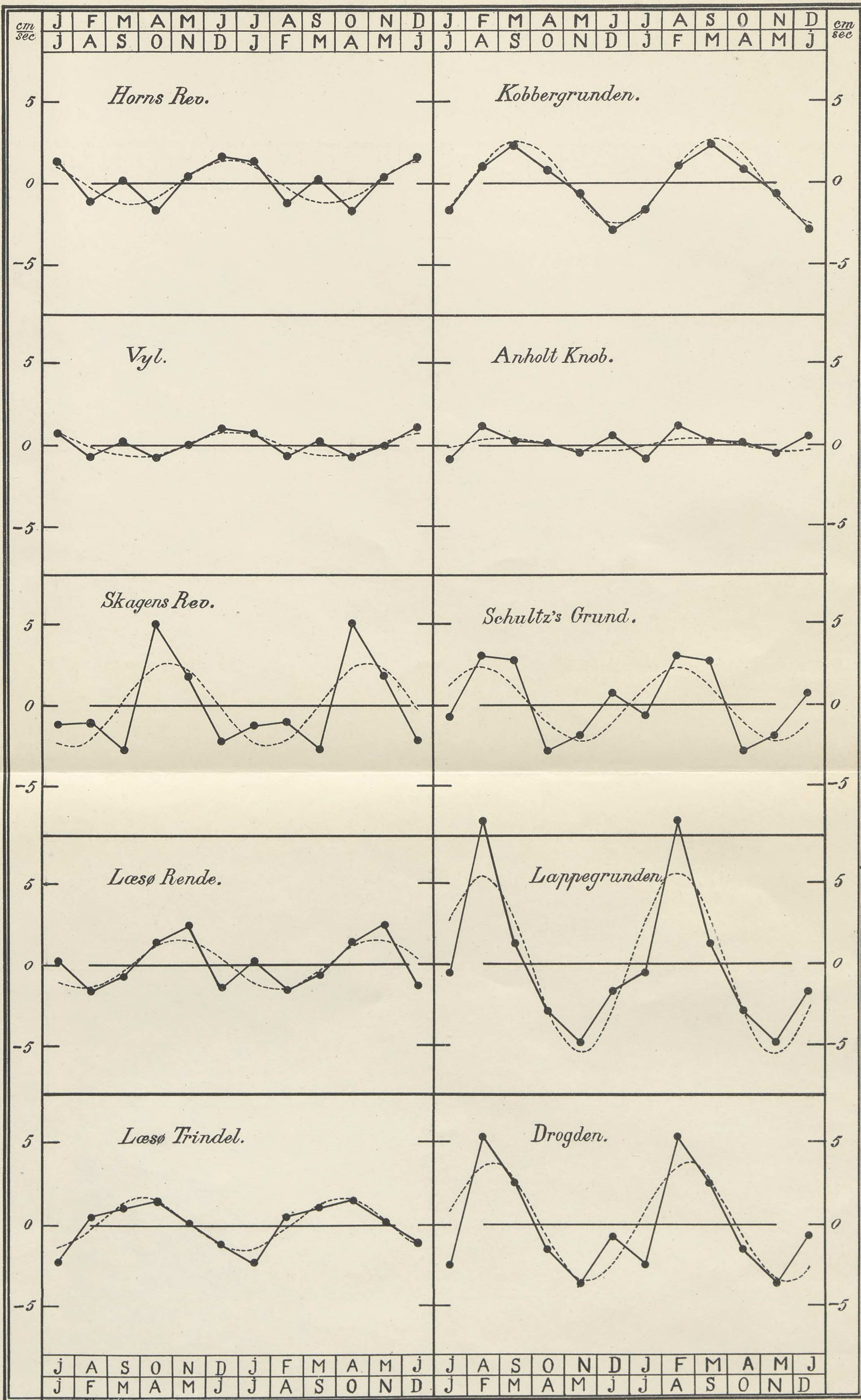
fremstiller Middeltal for alle Januar og Juli Maaneder, Februar og August Maaneder, Marts og September Maaneder o. s. v. i Tiden 1897—1908 af Forskellen mellem Maanedsmiddeltal for de observerede Strømme og de af Vinden beregnede Værdier for samme.

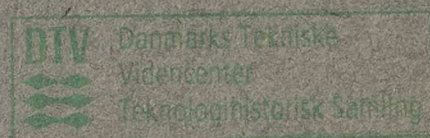
Kurverne



fremstiller den paa Grundlag af ovennævnte Middeltal (Kurverne) ved harmonisk Analyse fundne halvaarlige Periode.

TAVLE XIV





TEK
556.5
BID

449/28



300198047



19/3

