

Om Bestemmelse af Jordens Stødpudevirkning.

Ved S. Tovborg Jensen.

177. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

De i denne Beretning omhandlede Undersøgelser er et Led i det Arbejde, der nu gennem en længere Aarrække er udført paa *Statens Planteavls-Laboratorium* til Belysning af Spørgsmaalet om Jordbundens Reaktionstilstand og dennes Bestemmelse.

Undersøgelserne er udførte af Assistent, cand. polyt. S. *Tovborg Jensen* med Bistand af Frk. E. *Christensen*. Beretningen er udarbejdet af S. *Tovborg Jensen*.

Forsøgslederne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Siden Bestemmelse af Brintionkoncentrationen er blevet almindelig i Jordbundsundersøgelsen, har adskillige Forskere (1-6)¹⁾ søgt at bestemme Jordens Stødpudevirkning, d. v. s. den Styrke, hvormed den fastholder sin Reaktion ved Tilsætning af Syrer eller Baser. Dette er gjort ved Optagelse af Titreringskurver paa den Maade, at bestemte Jordmængder er blevet slemmede op med forskellige Mængder Syre og Base af bestemt Styrke i bestemte Vædskerumfang, hvorpaa disse Opslemningers Brintionkoncentration efter nogen Tids Henstand er bestemt ad elektrometrisk eller kolorimetrisk Vej.

¹⁾ Tallene i Parentes henviser her og senere til Litteraturfortegnelsen, Side 584.

Opføres Resultaterne af en saadan Række Bestemmelser for en Jord grafisk, saaledes at Opslemningernes Brintion-koncentration, udtrykt ved BrintionekspONENTEN p_H , afsættes som Ordinat og den tilsatte Syre- eller Basemængde som Abscisse, faar man den paagældende Jords Titreringskurve, som udtrykker Ændringen af Jordvædskestens Brintionkoncentration ved Tilsætning af forskellige Syre- og Basemængder.

I en Afhandling af *N. Bjerrum* og *J. K. Gjaldbæk* (1) anføres to saadanne Titreringskurver, idet de nævnte Forskere gør opmærksom paa, at man gennem disse Kurver faar et langt mere dybtgaaende Kendskab til en Jords sure og basiske Egenskaber end gennem en enkelt Reaktionsbestemmelse, og samtidig antydes Muligheden af, at Titreringskurver, optagne efter ganske bestemte Forskrifter, vil vise sig meget anvendelige til at karakterisere en Jords Reaktionsforhold. Endvidere præciseres det, at en Jords Titreringskurve ikke er noget fast; men at dens Form afhænger af Størrelsen af det Vædskerumfang, hvori der titreres, af de anvendte Syrers og Basers Art, de dannede Saltes Opløseligheds- og Hydrolyseforhold m. m., og at man, som Følge deraf, maa arbejde under bestemt fastlagte ydre Omstændigheder, hvis man ved den Art Undersøgelser skal opnaa Resultater, der er anvendelige til indbyrdes Sammenligning. Imidlertid er de fleste paa dette Omraade foreliggende Arbejder udførte under forskellige ydre Omstændigheder, hvad der gør det vanskeligt at faa en samlet Oversigt over de indvundne Resultater, ligesom der sjældent er gjort Forsøg paa at diskutere Kurverne nærmere og sætte dem i Relation til hverandre eller til en Grundkurve.

I det foreliggende Arbejde, hvis Hovedformaal har været at angive et fast Sammenligningsgrundlag og at indøve en hensigtsmæssig Metodik ved Optagelse af Titreringskurver, er dette sidste forsøgt.

I den foran nævnte Afhandling af *Bjerrum* og *Gjaldbæk*, der kan siges at have dannet Grundlaget for de her omtalte Undersøgelser, er undersøgt Brintionkoncentrationen i Opløsninger, som er mættede med Kalciumkarbonat ved forskellige Kuldioxidtryk og forskellige Kalciumionkoncentrationer, i Erkendelse af det nævnte Kalksalts vigtige Rolle som reaktionsregulerende Faktor i Jordbunden og af den Betydning, det ogsaa for Kalkanvendelsen i Praksis vil være at faa dette

Forhold grundig belyst. Teoretisk udleder de følgende Udtryk for Brintionkoncentrationen C_H i saadanne Opløsninger i Ligevægt med fast Kalciumkarbonat, d. v. s. Opslemninger:

$$C_H = k \sqrt{C_{Ca^{++}}} \sqrt{PCO_2}$$

hvor k er en konstant Størrelse, $C_{Ca^{++}}$ Opløsningens molære Koncentration med Hensyn til Calciumioner, og p_{CO_2} er Kuldioxydtrykket over Opløsningen i Ligevægt med denne. Ligningen gælder kun eksakt for meget fortyndede Opløsninger. Ved en lang Række Maalinger bestemmes k eksperimentelt til $10 \div 5.02$, og som yderligere Bevis for Teoriens Rigtighed fremføres det, at samme Værdi for k lader sig beregne af andre i den kemiske Litteratur foreliggende Data. Endvidere vises det, at Optagelse af en saadan Opslemnings Titreringskurve lader sig anvende til at bestemme Mængden af Kalciumkarbonat i Opslemningen.

Af Ligningen $C_H = k \sqrt{C_{Ca^{++}}} \sqrt{PCO_2}$ faas

$$\log C_H = \div p_H = \log k + \frac{1}{2} \log C_{Ca^{++}} + \frac{1}{2} \log PCO_2$$

og idet k er lig $10 \div 5.02$

$$\div p_H = \div 5.02 + \frac{1}{2} \log C_{Ca^{++}} + \frac{1}{2} \log PCO_2.$$

Af denne Ligning kan man beregne p_H for en Kalciumkarbonatopslemning i Ligevægt med et Kulsyretryk, svarende til den atmosfæriske Lufts, $p_{CO_2} = 0.00032$, idet jo Kalciumionkoncentrationen, $C_{Ca^{++}}$, i en saadan Opløsning kan bestemmes eksperimentelt¹⁾. Resultatet af Beregningen bliver $p_H = 8.38$. Heraf følger, at det højeste Reaktionstal, man kan vente at finde i en Jord, som er behandlet med et Overskud af Kalciumkarbonat, er 8.4, forudsat at den er bragt i Ligevægt med Atmosfærens normale Kulsyretryk, og at Jorden ikke indeholder kendelige Mængder af Alkalikarbonater eller andre stærkere Baser. Saadanne Tilfælde træffes dog formodentlig kun rent undtagelsesvis blandt danske Agerjorder.

Som det tidligere er vist (10), og som ogsaa det efterfølgende bekræfter, finder man netop Værdien ca. 8.4 som øvre Grænse for Reaktionstallet i de stærkest kalkholdige Jorder. Til samme Resultat kommer C. O. Swanson (7), uden at han tilsyneladende

¹⁾ Ved $18^\circ C.$ og et Kuldioxydtryk paa 0.00032 Atm. opløses 60 mg $CaCO_3$ pr. 1 Vand.

er kendt med den anførte Teori, idet han finder, at det højeste Reaktionstal, man kan opnaa i en Jord ved at tilføre den kul-sur Kalk, er 8.4.

Det fremgaar af Ligningen, at en Forøgelse saavel af Kuldioxyd-trykket som Kalciumionkoncentrationen for en Opløsning, som er mættet med Kalciumkarbonat, vil forøge dennes Brintionkoncentration. Heraf kan man slutte, at Jordvædskens Brintionkoncentration for en kalkholdig Jords Vedkommende rimeligvis vil være ret variabel, idet Jordluftens CO_2 -Indhold maa antages at svinge inden for ret vide Grænser. En p_{H} -Bestemmelse i en kalkholdig Jord, foretaget i Laboratoriet ved en Kulsyrespænding, som svarer til den atmosfæriske Lufts, vil altsaa ikke nøjagtig angive Jordvædskens Brintionkoncentration under de naturlige Forhold, og saafremt man søger Oplysninger herom, maa man sørge for, at p_{H} -Bestemmelserne foretages saaledes, at Jordvædskens ikke faar Lejlighed til at afgive Kulsyre, saaledes som det f. Eks. er fremhævet af *Carsten Olsen* (5).

Der synes da at være Mulighed for, at man ved Oplagelse af en Jords Titreringskurve vil kunne faa Oplysninger om, hvor store Mængder CaCO_3 , der forekommer i denne, eller hvor store Mængder af dette Stof, der maa tilføres for at naa dertil, at Jordvædskens Reaktion ikke mere ændres derved. Paa Forhaand maa man vente, at det Reaktionstal, man derved naar til, skal ligge i Nærheden af 8.4, naar man sørger for at bringe Opslemningen i Kulsyreligevægt med den atmosfæriske Luft.

Disse Problemer er søgt belyste i det følgende ved Oplagelse af Titreringskurver for forskellige Jorder, heriblandt nogle, som i Marken er tilført forskellige Kalkmængder i Til-knytning til Markforsøg. Undersøgelsen er foretaget paa den Maade, at der er afvejet Portioner paa 10 g af Jorden, som blev behandlet med forskellige Mængder af $n/10$ HCl og $\text{Ca}(\text{OH})_2$, afmaalt fra Buretteer i 100 cm^3 Maalekolber. Disse fyldtes op til Mærket med destilleret Vand, hvorpaa Kolbernes Indhold sattes til de afvejede Jordportioner i 300 cm^3 Erlenmeyerkolber. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Opløsningen fremstilledes i en Styrke saaledes, at 3 cm^3 af denne Opløsning svarede til 1 cm^3 $n/10$ HCl; de tilsatte Mængder er i Diagrammerne angivne som cm^3 $n/10$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Da Omsætningen mellem Jorden og de tilsatte Syre- eller Basemængder kræver en vis Tid til sit Forløb, kan Bestemmelsen af Opslemningernes Brintionkoncentration ikke foretages straks

efter Tilsætningen, men først naar Omsætningen er løbet til Ende. For nærmere at undersøge dette Forhold foretoges flere Bestemmelser paa samme Jord efter forskellig Tids Henstand. Resultaterne heraf fremgaar af Tabel 1.

Tabel 1. Bestemmelse af Opslemningernes Brintion-koncentration.

Prøvens Beteg- nelse	p_H i Jordopslemning ved Tilsætning af $cm^3 n/10$ Syre						p_H i Jordopslemning ved Tilsætning af $cm^3 n/10$ Base						p_H -Bestem- melse efter Henstand i
	10	4	2	1	0.5	0	0.5	1	2	4	10		
Borris a	2.57	3.36	4.36	5.00	5.56	5.28	6.55	6.96	7.54	8.16	9.50	1 Time	
do.	2.48	3.59	4.52	5.10	5.88	6.29	6.32	6.68	7.14	7.60	9.00	1 Døgn	
do.	2.58	3.64	4.56	5.22	5.76	6.30	6.36	6.70	7.10	7.54	8.30	2 —	
do.	2.60	3.70	4.62	5.24	5.84	6.28	6.38	6.82	7.10	7.48	8.36	3 —	
do.	2.64	3.76	4.68	5.28	5.84	6.30	6.46	6.80	7.14	7.52	8.26	4 —	

Det fremgaar tydeligt af Tabellen, at en Times Henstand ikke er tilstrækkelig til, at Omsætningen har kunnet løbe til Ende i de forskellige Kolber. Omsætningen med de tilsatte Syre- eller Basemængder foregaar ikke momentant, og i Overensstemmelse hermed finder man lavere p_H -Værdier i Tabellens øverste Linie end i de følgende for den Del af Tabellens Vedkommende, som repræsenterer Syretilsætningen, svarende til, at Brintionkoncentrationen formindskes ved Henstand. Tallene, som repræsenterer Basetilsætningen, udviser en Formindskelse, svarende til, at Brintionkoncentrationen her stiger ved Henstand. Da den almindelige Neutralisationsproces $H^+ + OH^- = H_2O$ forløber momentant, maa Jorden være i Stand til efterhaanden at afspalte Brint- og Hydroxylioner, som reagerer med de ved Titrationen tilførte. Allerede efter et Døgn Forløb er Omsætningen omtrent afsluttet, idet Tallene i Tabellens anden Linie, som det ses, ikke afviger meget fra de tilsvarende Tal i de tre efterfølgende.

Særlig Interesse frembyder Tallene, der fremkommer ved Tilsætning af de største Basemængder til Jorden. Tilsættes mere $Ca(OH)_2$, end der straks neutraliseres af Jorden, omdannes den overskydende Mængde efterhaanden til $CaCO_3$ ved Indvirkning af Luftens Kulsyre, hvorved Vædskens p_H falder, ind-

til Omdannelsen er fuldstændig, og p_H har antaget en Værdi, der, som nævnt, maa formodes at ligge i Nærheden af 8.4. Man ser af Tabellen, at denne Omsætning er tilendebragt efter 2 Døgns Forløb, da den største tilsatte Basemængde har meddelt Jordopslemningen Reaktionstallet 8.30, og denne Værdi bliver uforandret ved 3 og 4 Døgns Henstand.

Endvidere fremgaar det af Tabellen, at en Titreringskurve for vedkommende Jord reproduceres med ret stor Nøjagtighed. Om man ved andre Jorder stedse kan genfinde denne Nøjagtighed, kan kun fortsatte Forsøg afgøre. En Forudsætning herfor er selvfølgelig, at Jordprøven er aldeles ensartet.

Paa Grundlag af disse Tal er Forsøgsbetingelserne fastlagte. Angaaende disse og selve Arbejdsmetoden skal meddeles følgende:

De pulveriserede og lufttørrede Jordprøver afvejedes i Portioner paa 10 g, der førtes over i 300 cm³s Erlenmeyerkolber. Der tilsattes Portionerne $n/10$ HCl og $n/10$ Ca(OH)₂ i Mængder stigende fra 0 til 10 cm³, hvorefter der fortyndedes med kulsyreftit destilleret Vand til 100 cm³, og Kolberne omrystedes fra Tid til anden. Efter 1 Døgns Henstand bragtes Jordopslemningerne med Ca(OH)₂-Tilsætning i Kulsyreligevægt med den atmosfæriske Luft, hvorved muligt overskydende Ca(OH)₂ omdannedes til CaCO₃. Dette foregik paa den Maade, at Vædsken med hele Jordmængden bragtes fra Kolben over i et Cylinderglas, som lukkedes med en dobbeltgennemboret Kautschukprop, forsynet med to vinkelbøjede Glasrør, hvoraf det ene mundede ud ved Glassets Bund og det andet umiddelbart under Proppen. 10 saadanne Flasker forbandtes ved Hjælp af Gummislanger i Serie, og der sugedes Luft igennem med en Vandluftpumpe. Nærmest ved Pumpen var anbragt en Vædskeflaske med 100 cm³ Kalkvand, i hvilken Indholdet af Ca(OH)₂ svarede til den største Mængde, som var tilsat nogen af Jordportionerne. Til Opløsningen var sat et Par Draaber Fenolfthalein. Naar denne Opløsning efter 2 à 3 Timers Gennemluftning affarvedes, hvilket sker ved p_H -Ca 8.5, fortsattes denne i 1/2 Time, hvorefter Glassene toges ud af Serien enkeltvis, uden at Pumpen standsedes, for at undgaa Tilbagesugning.

Senere Undersøgelser har vist, at Kulsyreligevægten opnaas betydelig hurtigere, naar der i Stedet for atmosfærisk Luft først i kort Tid ledes en Strøm af CO₂ gennem Glassene, hvorefter den overskydende CO₂ uddrives ved Luftgennemledning, og Forsøg, foretaget med Anvendelse af saavel Kalkvand som Jord, viste, at man naar til samme Slutningsresultat, hvad enten man gaar i den ene eller den anden Retning ved Fiksering af Kulsyrespændingen. Dog er alle Bestemmelser i nærværende Arbejde foretagne efter Gennemluftning med

atmosfærisk Luft; men ved fremtidige Undersøgelser vil det være hensigtsmæssigt at anvende Kulsyre gennemledning.

Kulsyregennemledningen for en Serie paa 10 Jordopslemninger foretoges ved at forbinde Serien med et Gasometer, fyldt med CO_2 , efter at Luftgennemledningen var paabegyndt.

Mellem Gasometret og den første Flaske i Serien var indskudt et T-Rør, hvis ene Gren forbandtes med Gasometrets Afgangshane, det andet med Gennemsugningsbatteriet og det tredje med en Vadskeflaske, fyldt med Vand. Der sugedes da en Blanding af CO_2 og Luft gennem Cylinderglassene. Dette Arrangement, som fremgaar af Fig. 1,

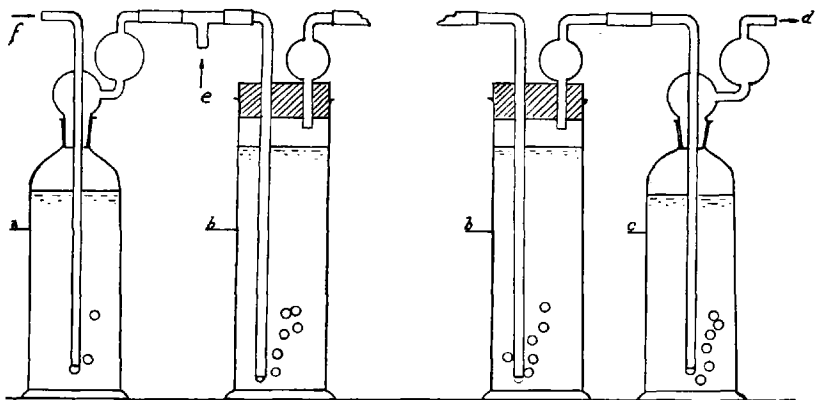


Fig. 1.

- a. Vadskeflaske med Vand. b. Glas med Jordopslemninger. c. Vadskeflaske med $\frac{n}{100}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, tilsat Fenolrødt. d. Forbindelse med Vandluftpumpe. e. Forbindelse med Gasometer. f. Luftindsugning.

er nødvendigt af Hensyn til, at Pumpens og Gasometrets Ydeevne ikke let afpasses efter hinanden. Mellem det sidste Cylinderglas og Pumpen var indskudt en Vadskeflaske med $\frac{n}{100}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, tilsat et Par Draaber Fenolrødt. Efter kort Tids Kulsyregennemledning farvedes denne Opløsning gul, og det udskilte Kalciumkarbonat gik i Opløsning som Bikarbonat, hvorefter Forbindelsen med Gasometret afbrødes og Gennemluftningen fortsattes med atmosfærisk Luft, som gennem en Udboring i Vinduesrammen toges ind udefra. Naar Vædsken i Vadskeflasken havde antaget rød Farve, svarende til $p_{\text{H}} = 8.4$, standsedes Gennemluftningen paa den foran omtalte Maade, og Brintionkoncentrationen i alle til en Serie hørende Jordopslemninger bestemtes ved Anvendelse af den Biilmanske Kinhydronelektrode, som tidligere er beskrevet (8 og 9). Som Elektrodekar for Jordopslemningerne anvendtes et Reagensglas. Arrangementet fremgaar af Fig 2. Spændingsmaalingerne udførtes ved Hjælp af et Kompensationsapparat, System Wolf, med Spejlgalvanometer som Nulinstrument. Maalingerne foretoges

ikke i Termostat, men der sørgedes ved Regulering af Værelsets Temperatur for, at denne blev holdt saa nær som muligt ved 18°C . Apparatet blev hver Dag kontrolleret ved

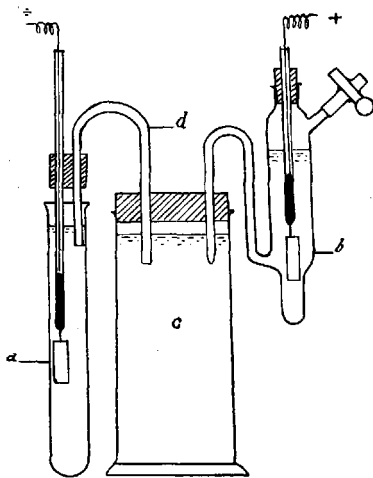


Fig. 2.

a. Platinelektrode i Jordopslemning + Kinhydron. b. Sammenligningselektrode. Platinelektrode i $0.01\text{ n HCl} + 0.00\text{ n KCl} + \text{Kinhydron}$. c. Forbindelsesvædske 3.5 m KCl . d. Rør med Forbindelsesvædske + Agar.

ratet blev hver Dag kontrolleret ved Hjælp af en Fosfatblanding af bekendt p_{H} 6.81, hvilket Tal med Kinhydron-elektroden reproduceres med overordentlig stor Sikkerhed. Angaaende Metodens Tilforladelighed ved p_{H} -Maalinger i alkaliske Opløsninger skal henvises til et tidligere Arbejde (10), af hvilket det fremgaar, at den i Jordopslemninger giver overensstemmende Resultater med den brintelektrometriske. Ved Undersøgelserne over $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Omdannelse til Karbonat er p_{H} -Bestemmelserne foretagne med Brintelektroden. For de mest alkaliske Jordopslemningers Vedkommende er der til Stadighed udført Sammenligningsbestemmelser mellem Kinhydron- og Brintelektroden, og da der aldrig er konstateret større Afvigelse end 0.15 i p_{H} , oftest langt mindre, maa Metoden siges i praktisk talt alle Tilfælde at være anvendelig ved Undersøgelse af danske Jorder.

Resultaterne af en Række paa den omtalte Maade udførte Titreringer er angivne i Tabel 2. Paa Grundlag af Tallene i denne Tabel er Titreringskurverne for de enkelte Jorder tegnede ind i et Koordinatsystem, saaledes at p_{H} er afsat som Ordinats og de tilsatte Syre- og Basemængder som Abscisse (Fig. 4—19). I Diagrammerne er den lodrette Linie, som svarer til Tilsætningen 0, og den vandrette Linie, svarende til $p_{\text{H}} = 7$, Neutralpunktet optrukne. Kurverne viser, hvorledes p_{H} varierer i Opslemninger af en bestemt Jordmængde, 10 g, i et bestemt Vædskerumfang, 100 cm^3 , naar der tilsættes forskellige Mængder af en bestemt Syre, HCl, og en bestemt Base, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, under bestemte ydre Omstændigheder.

For nu paa Grundlag af disse Kurver at faa det tydeligst mulige Billede af de enkelte Jorders Stødpudevirkning, er de hver især sat i Relation til den Kurve, man faar frem ved at behandle en fuldstændig stødpudefri Jord med de samme Syre- og Basemængder under de samme ydre Omstændigheder. Til

Tabel 2. Bestemmelse af Brintionkoncentrationen i Jordopslemninger, tilsat forskellige Syre- og Basemængder.

Jordprøvens Mærke	p _H i Opslemninger, tilsat cm ³ n/10 HCl pr. 10 g Jord, 100 cm ³ Vædske										p _H i Opslemninger, tilsat cm ³ n/10 Ca(OH) ₂ pr. 10 g Jord, 100 cm ³ Vædske								Stødpudeareal, cm ²
	10	8	6	5	4	3	2	1	0.5	0	1	2	4	6	8	10	Støpdetal	Ved Syretilsætning	
Havejord Taastrup . . .	8.08	8.22	8.30	8.35	8.33	8.33	8.30	8.36	8.38	8.38	8.30	8.40	8.40				9.9	112	0
Jord fra Løgstrup, udtørret Mølleadam					2.38	2.45	2.65	2.84	2.88	3.10	3.20	3.34	3.34	4.40	4.92	5.62	0	0	71.6
Borris a. ukalket	2.40	2.48	2.96	3.24	3.61	4.00	4.54	5.16	5.70	6.28	6.81	7.22	7.56	7.88	8.12	8.14	4.0	18.8	10.3
Borris b. 2000 kg Kalk	2.52	2.70	2.98	3.25	3.62	3.90	4.86	5.26	5.66	6.68	7.15	7.46	7.82	7.85	7.99	8.16	5.8	19.3	9.3
Borris c. 4000 kg Kalk	2.70	2.98	3.56	3.76	4.20	4.70	5.20	5.94	6.38	7.02	7.26	7.52	7.76	8.06	8.08	8.26	7.0	29.4	8.2
Borris d. 8000 kg Kalk	3.08	3.46	4.14	4.45	4.98	5.30	6.02	6.42	6.86	7.24	7.54	7.70	7.94	8.00	8.26	8.34	8.5	40.2	6.7
Borris e. 16000 kg Kalk	3.35	3.94	4.95	5.14	5.84	6.40	6.94	7.24	7.40	7.56	7.70	7.80	7.92	8.06	8.14	8.26	9.0	53.0	6.1
Borris f. 32000 kg Kalk	7.30	7.38	7.46	7.46	7.56	7.62	7.62	7.72	7.72	7.75	7.84	7.84	7.95	8.14	8.20	8.22	9.9	97.9	6.1
Tylstrup a. ukalket	2.30	2.42	2.64	2.78	2.90	3.12	3.40	3.98	4.66	5.34	5.90	6.22	6.78	7.30	7.56	7.86	3.8	8.26	24.2
Tylstrup b. 2000 kg Kalk	2.44	2.66	2.82	2.95	3.20	3.36	3.92	4.68	4.88	5.70	6.20	6.46	6.98	7.40	7.46	7.74	5.6	12.9	21.6
Tylstrup c. 4000 kg Kalk	2.60	2.84	3.10	3.32	3.48	3.96	4.35	5.20	5.54	5.90	6.46	6.75	7.18	7.50	7.68	7.84	7.7	19.5	17.0
Tylstrup d. 8000 kg Kalk	2.74	2.90	3.20	3.44	3.70	4.22	4.65	5.50	5.78	6.12	6.56	6.80	7.24	7.56	7.68	7.88	7.8	23.2	16.5
Tylstrup e. 16000 kg Kalk	3.34	3.95	4.38	5.35	5.95	6.50	6.94	7.28	7.32	7.32	7.60	7.76	7.76	7.82	7.88	8.00	9.1	55.3	9.5
Tylstrup f. 32000 kg Kalk	4.52	5.48	7.00	7.06	7.10	7.14	7.26	7.26	7.28	7.38	7.64	7.64	7.67	7.78	7.86	8.04	9.6	77.2	11.3
Havejord. Brønshøj . . .	5.80	6.02	6.64	6.92	7.10	7.18	7.28	7.42	7.58	7.60	7.80	7.92	8.10	8.28	8.32	8.36	9.3	82.0	4.12
Jord Nr. 459.	3.46	3.84	4.58	4.72	5.44	6.14	6.64	6.90	6.92	6.94	7.80	7.92	8.12	8.12	8.26	8.42	9.0	50.1	4.3

Optagelse af en saadan Kurve anvendtes rent Strandsand, som var behandlet med Saltsyre for at fjerne muligt tilstedeværende Kalkpartikler og derefter omhyggeligt udvasket med kulsyrefrit destilleret Vand. Kurven er angivet i Fig. 3, og

den følger for Syregrenenes Vedkommende, d. v. s. den Gren, som repræsenterer Syretilsætningen, meget nær den Kurve, man faar frem ved at fortynde forskellige Mængder $n/10$ HCl med Vand til 100 cm^3 (den teoretiske Kurve). Dette viser, at det anvendte Sand har været stødpudefrit. Kurven lader sig da ogsaa beregne, og naar den her er realiseret ved Hjælp af en »stødpudefri Jord« er det blot som illustrerende Eksempel.

For Basegrenens Vedkommende er der foretaget p_H -Bestemmelser dels straks efter Tilsætning af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og dels, efter at dette ved Gennemluftning var omdannet til CaCO_3 i Lige-

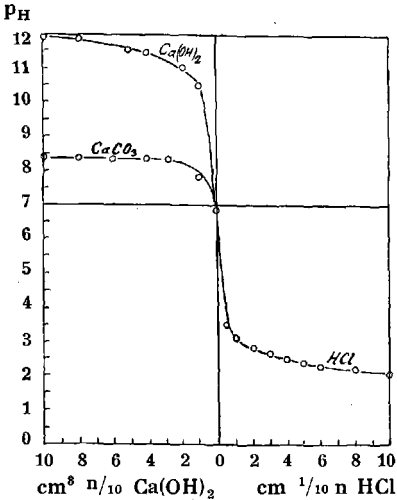


Fig. 3. Grundkurve. Strandsand.

vægt med Luftens Kulsyretryk. Man ser af Kurverne (Fig. 3), hvor vigtigt det er at sikre sig, at denne Omdannelse finder Sted, naar man vil undersøge den kulsure Kalks reaktionsændrende Virkning paa Jorden. Tilsættes ved Titringen et Overskud af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ til Jorden, vil en Del heraf altid ved Indvirkning af den atmosfæriske Kulsyre omdannes til CaCO_3 , og herved vil Brintionkoncentrationen forøges (p_H aftager), og denne Aftagen i p_H vil fortsættes, indtil hele den overskydende Mængde af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ er omdannet til CaCO_3 . Overført paa den grafiske Fremstilling betyder dette, at $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Kurven under denne Omdannelse forskydes, indtil den falder sammen med CaCO_3 -Kurven, hvor den bliver liggende fast, forudsat at Luftens Kulsyrespænding holdes konstant. Foretages p_H -Bestemmelserne inden denne Omdannelse er til Ende, er Kurvens Beliggenhed inden for det nævnte Interval afhængig af, hvor langt Omdannelsen er skredet frem, naar Bestemmelsen foretages, d. v. s. af Tidspunktet for denne, og af, om Kulsyren har mere eller mindre let Adgang til de forskellige Kolber m. m. Det ses, at man i saa Tilfælde faar forskellige Kurver til forskellige Tidspunkter for samme Jord.

Ved at tegne den saaledes optagne »Grundkurve« ind i

samme Koordinatsystem som Jordernes Titreringskurver, faar man god Oversigt over deres Stødpudevirkning. Er den paa-gældende Jord stødpudefri, vil de to Kurver falde sammen; er den ikke det, vil de fjerne sig fra hinanden paa begge Sider af Skæringspunktet og desto mere, jo større Stødpudevirkning Jorden er i Besiddelse af over for Syrer og Baser.

Naar Grundkurven ($\text{Ca}(\text{OH})_2\text{HCl}$) indtegnes i Diagrammet, parallelforskydes den i Retning af Abscisseaksen, indtil den i Nullinien skærer den for Jordprøven indtegnede Kurve. Syregrenen paa Normalkurven repræsenterer da den Kurve, man

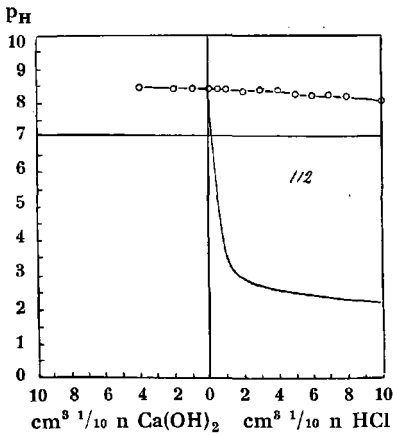


Fig. 4. Havejord, Taastrup.

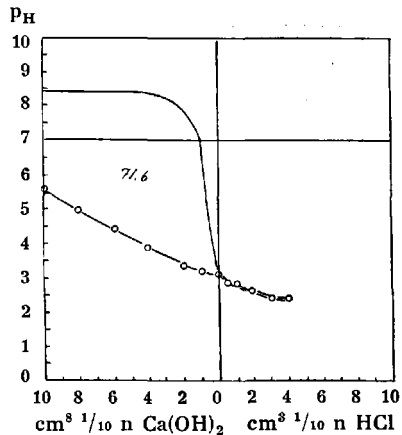


Fig. 5. Jord fra en udtørret Mølledam.

vilde faa frem ved at behandle en stødpudefri Jord med samme Brintionkoncentration, som den undersøgte Jord med stigende Mængder $n/10$ HCl. Syregrenen paa Titreringskurven for den undersøgte Jord vil praktisk talt altid ligge over Grundkurven i Koordinatsystemet, idet man kun i Undtagelsestilfælde vil finde Jorder, som slet ikke er i Besiddelse af nogen Stødpudevirkning over for Syre.

For ogsaa at faa et Sammenligningsgrundlag m. H. t. en Jords Stødpudevirkning over for Kalciumkarbonat indtegnes den Gren af Grundkurven, som i Fig. 3 er mærket CaCO_3 , idet den parallelforskydes paa tilsvarende Maade. Størrelsen af det Areal, som afgrænses af de to Kurvegrene til venstre for Nullinien, vil da give et Udtryk for Jordens Stødpudevirkning over for Tilførsel af Kalciumkarbonat. Titreringskurven ligger her under Grundkurven, hvis Jorden, hvad oftest er

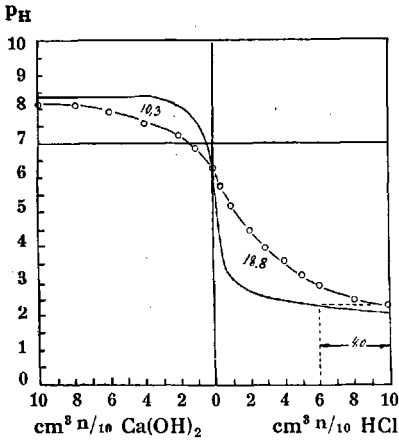


Fig. 6. Borris a. Ukalket.

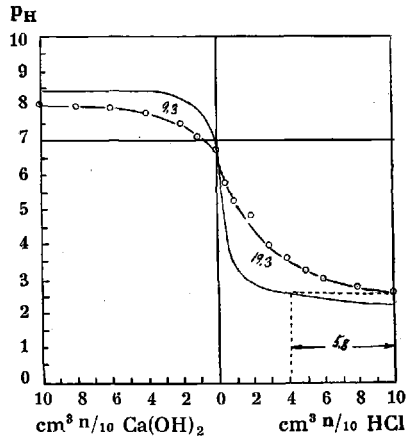


Fig. 7. Borris b. 2000 kg Kalk pr. ha.

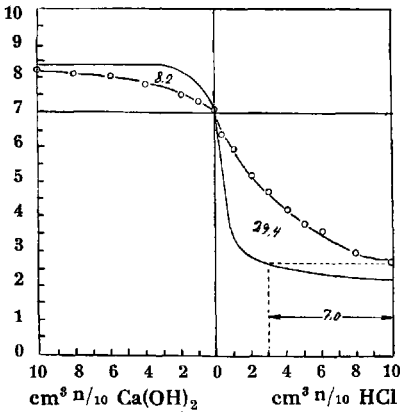


Fig. 8. Borris c. 4000 kg Kalk pr. ha.

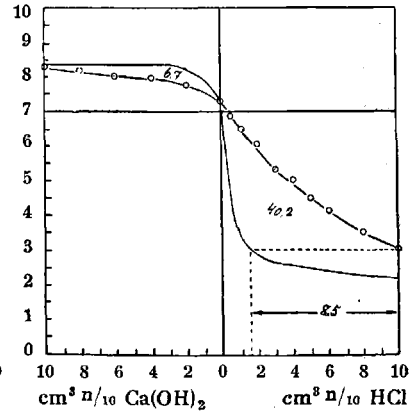


Fig. 9. Borris d. 8000 kg Kalk pr. ha.

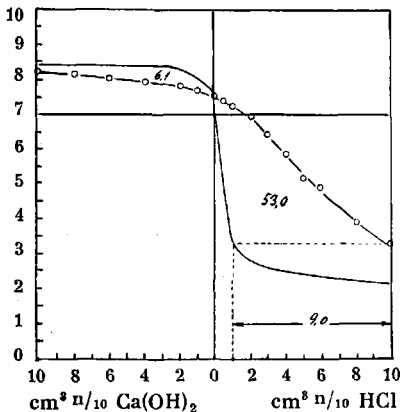


Fig. 10. Borris e. 16000 kg Kalk pr. ha.

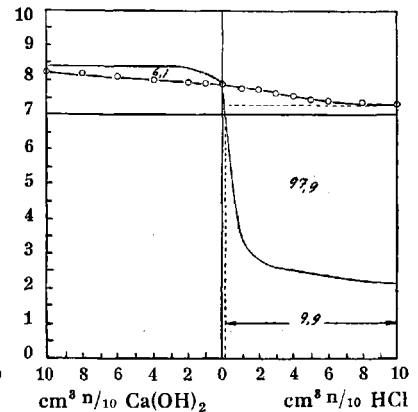


Fig. 11. Borris f. 32000 kg Kalk pr. ha.

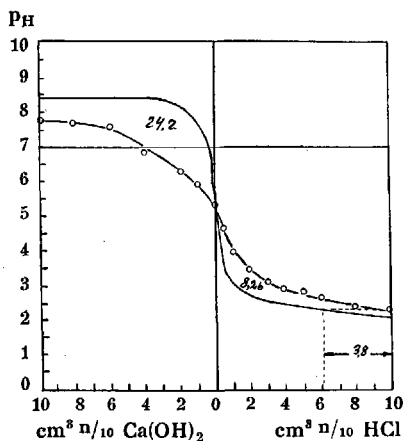


Fig. 12. Tylstrup a. Ukalket.

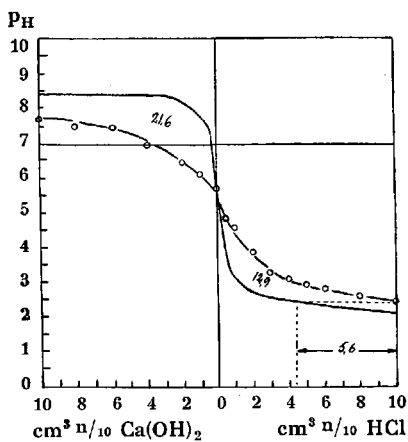


Fig. 13. Tylstrup b. 2000 kg Kalk pr. ha.

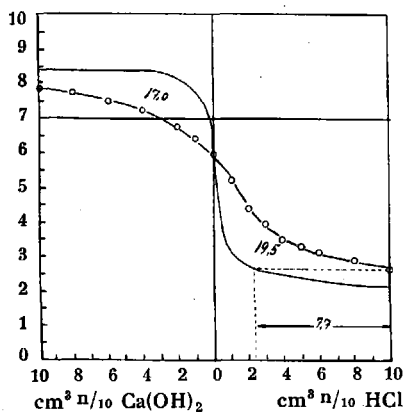


Fig. 14. Tylstrup c. 4000 kg Kalk pr. ha.

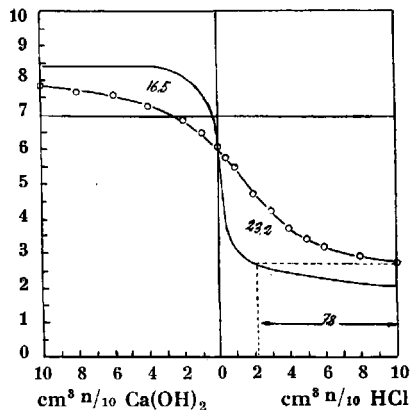


Fig. 15. Tylstrup d. 8000 kg Kalk pr. ha.

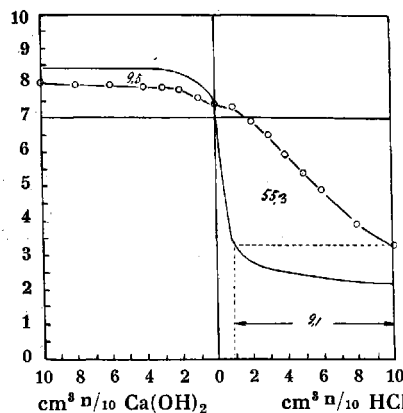


Fig. 16. Tylstrup e. 16000 kg Kalk pr. ha.

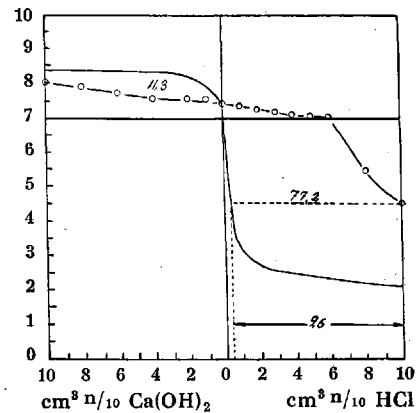


Fig. 17. Tylstrup f. 32000 kg Kalk pr. ha.

Tilfældet, er i Stand til at binde Kalciumkarbonat. Dog er det ikke sikkert, at de to Kurver vil falde sammen, selv om Jorden forud er mættet med Kalciumkarbonat. Er saaledes Kalciumionkoncentrationen i Jordvædsken større end den, som svarer til en mættet Opløsning af Kalciumkarbonat, hvad den vil være, hvis Jorden foruden Kalciumkarbonat indeholder opløselige Kalciumsalte, vil man ikke ved Tilsætning af Kalciumkarbonat kunne faa Jordvædsken til at antage Reaktions-tallet 8.4, saaledes som Vædsken i Opslemningen af det udvaskede Sand; men ved fortsat Tilsætning af Kalciumkarbonat vil de to Kurver nærme sig til at blive parallelle.

Efter dette maa man vente, at for en stærk kalkholdig Jord maa Arealet mellem de to Kurvegrene til venstre for Nullinien være meget lille, idet saadanne Jorder sædvanligvis ikke vil indeholde letopløselige Kalciumsalte i større Mængde, og for en stærkt sur Jord maa man vente, at Arealet mellem Kurverne til højre for Nullinien maa være meget lille. (De paagældende Arealer er i det følgende omtalte under Betegnelsen: *Stødpudearealer*).

Eksempler herpaa er Kurverne Fig. 4—5. Fig. 4 er »Stødpudediagram« for en stærkt kalket Havejord. Man ser, at Jorden næsten ikke forandrer sin Reaktion ved Syretilsætning. Stødpudearealet ved Syretilsætning er meget stort, hvorimod Stødpudearealet ved Basetilsætning forsvinder ganske, d. v. s. Jorden ændrer ikke sin Reaktion ved Tilsætning af Kalciumkarbonat¹⁾. Fig. 5 repræsenterer den modsatte Yderlighed, idet denne Jord i Begyndelsestilstanden har Reaktionstallet 3.9. Stødpudearealet ved Syretilsætning forsvinder helt, d. v. s. Jorden er ikke i Stand til at neutralisere nogen Syre. Stødpudearealet for Basetilsætning er meget stort, og en Tilsætning af $10 \text{ cm}^3 \text{ n}/10 \text{ Ca(OH)}_2$ har kun formaaet at bringe Reaktionstallet op til $5.5^2)$.

¹⁾ I Begyndelsestilstanden har Jordprøven ifølge Kurven Reaktionstallet 8.4. Dette Tal fremkom dog først, efter at Opslemningen var bragt i Kulsyre-ligevægt med Luften. Naar Reaktionstallet bestemtes, inden denne var tilvejet, var det 9.21 (Brintelektrode). Dette er et højere Reaktionstal, end Kalciumkarbonat kan meddele en Jord. Det oplystes da ogsaa, at Jorden var tilført Kalk i Form af brændt Kalk og i en saa stor Mængde, at den havde virket ødelæggende paa Plantevæksten.

²⁾ Jordprøven stammer fra en udtørret Mølledam, og den stærke Surhed, som har været ganske ødelæggende for Plantevæksten, hidrører fra Tilstedeværelsen af fri Svovlsyre.

De nævnte to Stødpudediagrammer repræsenterer de ekstreme Tilfælde. De afgrænsede Arealer til højre og til venstre for Nullinien forsvinder ved de henholdsvis stærkt sure og de stærkt alkaliske Jorder. Man maa da antage, at man ved Betragtning af disse Arealer for forskellige Jorder kan faa gode Oplysninger om disses sure og basiske Egenskaber og eventuelt drage Slutninger med Hensyn til deres Kalktrang.

Til Belysning af dette Spørgsmaal maa der udføres omfattende Undersøgelser i Tilknytning til Markforsøg med for-

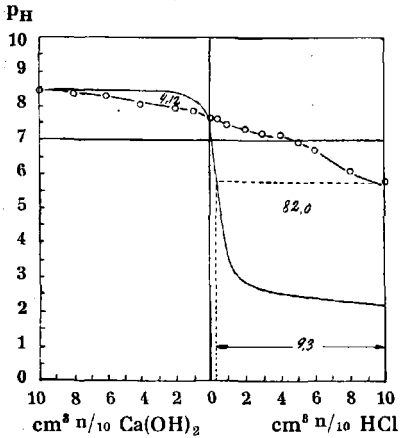


Fig. 18. Havejord. Brønshøj.

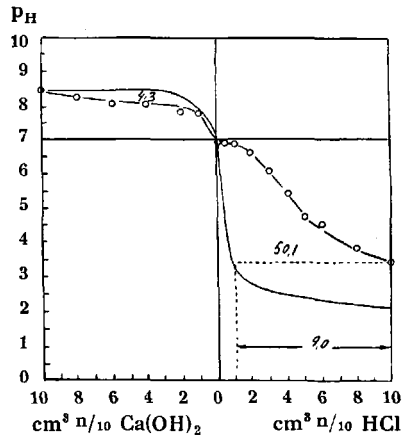


Fig. 19. Jord Nr. 459.

skellige Kalkmængder. I Fig. 6—11 er gengivet Stødpudediagrammer af forskelligt kalkede Parceller fra et Kalkforsøg ved Borris. Kurverne kræver ingen nærmere Forklaring. De illustrerer tydeligt, hvorledes Jordens Stødpudevirkning ændrer sig ved Kalkningen. Stødpudearealet for Syre stiger stærkt med stigende Kalkmængde, medens Stødpudearealet for Calciumkarbonat formindskes uden dog at forsvinde helt, saaledes som Tilfældet var ved den stærkt kalkede Havejord, og Jordens Begyndelsesreaktionstal stiger fra 6.2 til 7.8 ved den stærkeste Kalkning.

Tilsvarende Forhold udviser en Serie Jorder fra et Kalkforsøg ved Tylstrup, Fig. 12—17. Man lægger Mærke til, at Arealet mellem Basegrenene her er særlig stort, hvilket tyder paa, at Jorden kan optage store Mængder Kalk, hvad Markforsøgene da ogsaa har vist er Tilfældet.

Endelig er som Eksempel paa Jorder, hvor dette Areal er lille, medtaget en Havejord fra Brønshøj og Jord Nr. 459 (Fig. 18—19). Som det ses, er de begge i Besiddelse af ret stor Stødpudevirkning over for Syre, hvorimod Basegrensarealet er lille d. v. s. Jordens basiske Karakter vil ikke ændres synderligt ved Tilsætning af Kalciumkarbonat.

En talmæssig Oversigt over de forskellige Jorders Stødpudevirkning faar man ved at udmaale de Arealer, som afgrænses mellem Kurverne. Denne Udmaaling kan bekvemt foretages

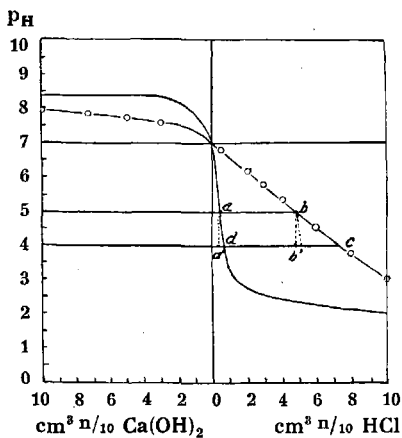


Fig. 20.

ved Hjælp af et Planimeter. De derved fremkomne Tal afhænger af de valgte Enheder i Koordinatsystemet, som derfor maa præciseres, naar man paa den Maade vil karakterisere en Jord ved dens Stødpudeareal. Udmaalingen her er foretaget paa Diagrammer, hvor 1 cm i Abscissen svarer til 1 cm³ n/10 Syre eller Base og 1 cm i Ordinaten til 0.5 Enheder paa p_H-Skalaen. Resultaterne af Arealmaalingerne er, som foran

udvist, opført i Tabel 2 under Betegnelsen »Stødpudeareal« og med Tal anført paa Figurerne. Dette Areal er karakteristisk for de forskellige Jorder og synes at give en god Oversigt over disses Reaktionsforhold. Det skal bemærkes, at Tallene kun er anvendelige til Sammenligning, naar man ved deres Realisation gaar frem efter bestemte Forskrifter: Man titrerer bestemte Jordmængder i et bestemt Rumfang med en bestemt Syre og Base under bestemte ydre Omstændigheder, sætter den derved fremkomne Kurve i Relation til en Grundkurve, som faas ved at titrere en stødpudefri Jord under de samme Omstændigheder (eventuelt ved Beregning) og udmaaler Arealerne paa Grundlag af de i Koordinatsystemet valgte Enheder. Metoden maa saaledes betegnes som rent empirisk.

Diagrammerne kan benyttes til en eksakt Bestemmelse af Stødpudevirkningen i forskellige Intervaller paa p_H-Skalaen. Vil man f. Eks. undersøge en Jords Stødpudevirkning over for Syre i intervallet

5.0—4.0, trækkes Linier parallelt med Abscisseaksen gennem Ordinaterne 5.0—4.0 (se Fig. 20), og man betragter det Areal, som begrænses af de to Linier og Kurvestykkerne ad og bc. Er de to Kurvestykker parallelle, hvilket Tilfælde er antydnet i Figuren ved det punkterede Kurvestykke, betyder dette, at p_H -Ændringen er den samme paa begge Kurver for samme Syretilsætning i Intervallet 5.0—4.0. Jorden har ingen Stødpudevirkning i det paagældende Interval. Liniestykket ab er et Maal for Stødpudevirkningen over for Syre fra Jordens naturlige Reaktion til $p_H = 5$, idet dets Længde angiver Forskellen i de Syremængder, som kræves for at bibringe Jorden og det stødpuddefri

$\text{cm}^3 \text{ n}/_{10} \text{ HCl}$

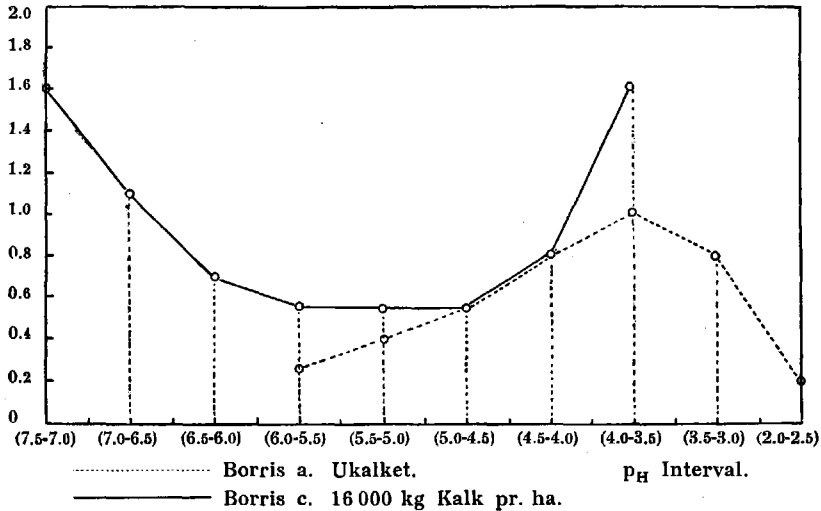


Fig. 21.

Sand samme Reaktionstal $p_H = 5.0$. Det bliver saaledes et direkte Udtryk for, hvor mange Brintioner de 10 g Jord binder ved Syretilsætning indtil Reaktionstallet 5.0. Er de to Kurvestykker ikke parallelle, som antydnet ved det fuldt optrukne Kurvestykke bc, udtrykkes Stødpudevirkningen i p_H -Intervallet 5.0—4.0 ved Forskellen i Længde af de to Liniestykker a'd og b'c, idet a' og b' er Projektionerne af Punkterne a og b paa Linien dc. Man ser saaledes, at saafremt Jorden er stødpuddefri i visse Intervaller paa p_H -Skalaen, udtrykkes dette ved Parallelisme mellem de to Kurvestykker, som afskæres af de vandrette Linier, der begrænser det paagældende Interval i Stødpudediagrammet. Ved de her undersøgte Jorder findes intet typisk Eksempel paa dette Forhold, men da disse kun repræsenterer et Faatal af Jordtyper, er det muligt, at det ved fortsatte Undersøgelser vil træde skarpere frem. Ved at dele en Jords Stødpudediagram op i Intervaller paa $\frac{1}{2}$ Enhed i p_H -Skalaen paa den foran nævnte Maade og udmaale Længden af

de Liniestykker, som angiver Stødpudevirkningen i hvert enkelt Interval, d. v. s. det Antal $\text{cm}^3 \text{ n}/10$ Saltsyre, som skal tilsættes 10 g Jord for at Reaktionstallet skal aftage med 0.5, faar man et Udtryk for, hvorledes Stødpudevirkningen er fordelt over den Del af Skalaen, som gennemløbes ved Tilsætning af $10 \text{ cm}^3 \text{ n}/10$ HCl. I Fig. 21 er Resultatet af en saadan Udmaaling opført grafisk for to af de undersøgte Jorders Vedkommende.

Af det foregaaende følger, at man faar et Udtryk for en Jords Stødpudevirkning i hele det Interval paa p_{H} -Skalaen, den gennemløber under Titring med $10 \text{ cm}^3 \text{ n}/10$ HCl, ved at trække en Linie parallel med Abscisseaksen gennem Titreringskurvens Endepunkt til højre. Denne Liniens Længde fra Kurvens Endepunkt til Skæringspunktet med Grundkurven er et Maal for hvor stor en Mængde Brintioner, der bindes af de 10 g Jord ved Titringen. Ved de her angivne Kurver er dette Liniestykke udmaalt og angivet som $\text{cm}^3 \text{ n}/10$ HCl under Betegnelsen Stødpudetal, der ligeledes maa betragtes som Tal, der er karakteristiske for de paagældende Jorder. Tallene er angivne saavel i Tabel 2 som paa de enkelte Kurver.

Medens Støpdudetallet saaledes er et kvantitativt Udtryk for Stødpudevirkningen, giver Stødpudearealet Oplysninger om, i hvilke Intervaller af den gennemløbne p_{H} -Skala denne Stødpudevirkning fortrinsvis findes. Af to Jorder med samme Stødpudetal, men forskelligt Stødpudeareal vil den have den største Del af Stødpudevirkningen højest paa p_{H} -Skalaen, som har det største Stødpudeareal. Jorder, som indeholder Overskud af Kalciumkarbonat, vil saaledes altid faa et forholdsvis stort Stødpudeareal, idet dette Stofs Stødpudevirkning ligger ved en høj p_{H} Værdi.

En lignende Analyse af Kurverne for Basegrenens Vedkommende lader sig ikke saa let gennemføre paa Grund af det foran omtalte Forhold, at man ikke her kan være vis paa, at Titreringskurven og Grundkurven falder sammen, selv om Jorden ingen Stødpudevirkning har over for Kalciumkarbonat. Teoretisk skulde dette kunne opnaas ved at fiksere Kalciumion-koncentrationen under Titringen ved Tilsætning af et letopløseligt Kalciumsalt, saaledes som det er angivet af Bjerrum og Gjaldbæk (1), men da man herved i betydelig Grad forandrer Opslemningens kemiske Karakter i Retning bort fra de naturlige Forhold og tillige udsætter sig for »Saltfejl« ved Maalinger efter Kinhydronmetoden, er dette ikke forsøgt.

Hvilke Konsekvenser, der kan drages af de her anførte Undersøgelser med Hensyn til Kalktrangsproblemet, skal ikke ved denne Lejlighed diskuteres nærmere. Det ligger jo ret nær at bringe Undersøgelser af denne Art i Anvendelse ved en kvantitativ Bestemmelse af Kalktrangen, men denne Side af Sagen kræver et fortsat Studium, ved hvilket Titreringsmetoden bør sættes i Relation til de hidtil anvendte Metoder eventuelt, og helst, til Markforsøg med forskellige Kalkmængder. Men allerede nu kan det siges, at Titreringskurver giver et langt sikrere Holdpunkt med Hensyn til Spørgsmaalet: Kalktrang eller ikke Kalktrang, end en enkelt Reaktionsbestemmelse, der, bortset fra de mere ekstreme Tilfælde, meget let kan give vildledende Oplysninger angaaende dette Spørgsmaal.

Naar Undersøgelserne efter det her omtalte Princip i Fremtiden kan ventes at blive af Betydning ogsaa for den praktiske Jordbundsundersøgelse, er Aarsagen først og fremmest den, at den af *E. Büllmann* indførte Kinhydronelektrode muliggør Udførelsen af et stort Antal elektrometriske Bestemmelser af Brintionkoncentrationer i Løbet af forholdsvis kort Tid. Den kolorimetriske Metode maa paa Grund af de i en tidligere Beretning fra Statens Planteavls-Laboratorium nærmere omtalte Mangler siges at være ret daarlig egnet for Jordbundsundersøgelser af denne Art. Men der er i denne Forbindelse ogsaa Anledning til at nævne de foran omtalte Undersøgelser af *N. Bjerrum* og *J. K. Gjaldbæk*, der har dannet det teoretiske Grundlag for det her foreliggende Arbejdes Planlægning, idet disse Undersøgelser, foruden at have ydet meget vigtige Bidrag til Belysning af Calciumkarbonatets reaktionsændrende Virkninger, har givet Forstaaelsen af, at Fremgangsmaaden til Bestemmelse af Jordens Stødpudevirkning foreløbig maa tilrettelægges rent empirisk, da Agerjordernes kemiske Tilstand er af saa kompliceret og varierende Art, at en Udredning af de enkelte Faktoreres Indflydelse paa Jordens Stødpudevirkning indtil videre maa anses for uigennemførlig. Den Betydning, som de nævnte danske Kemikeres Arbejde utvivlsomt vil faa paa Udviklingen af dette vigtige Omraade inden for Jordbunds-kemien, er der derfor ved denne Lejlighed al Grund til at fremhæve.

8. April 1924.

Litteraturfortegnelse.

1. *Niels Bjerrum og J. K. Gjaldbæk*: Undersøgelser over de Faktorer, som bestemmer Jordbundens Reaktion. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Aarsskrift 1919.
2. *O. Arrhenius*: Bodenreaktion und Pflanzenleben mit specieller Berücksichtigung des Kalkbedarfs für die Pflanzenproduktion. Verlag Gustav Fock Akademische Verlagsanstalt. G. m. b. H. Leipzig.
3. *O. Arrhenius*: Hydrogenionconcentration, soil properties and growth of higher plants. Arkiv för Botanik. Band. 18. Nr. 1. Stockholm.
4. *E. A. Fisher*: Studies on soil reaction 1 11. The Journal of Agricultural Science. Vol. XI. Part 1. January. 1921.
5. *Carsten Olsen*: Studier over Jordbundens Brintionkoncentration og dens Betydning for Vegetationen, særlig for Plantefordelingen i Naturen. Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet. Femtende Bind. Nr. 1.
6. *Thorbjørn Gaarder og Oskar Hagem*: Salpetersyredannelse i udyrket Jord. En orienterende Analyse. Meddelelse Nr. 4 fra Vestlandets forstlige Forsøgsstation. Bd. 2. Hefte 2. Bergen, 1921.
7. *C. O. Swanson*: Soil Reaction in Relation to Calcium Adsorption. Journal of Agricultural Research. Vol. XXVI, Oktober 20, 1923.
8. *E. Büllmann*: On the measurement of hydrogenionconcentrations in soil by means of the quinhydronelektrode. The Journal of Agricultural Science. Vol. XIV. Part 2. April 1924.
9. *E. Büllmann*: Om Kinhydroners Brintning. Københavns Universitets Festskrift 1920.
10. *Harald R. Christensen og S. Tovborg Jensen*: Undersøgelser vedrørende elektrometriske Metoder til Bestemmelse af Jordreaktionen. Tidsskrift for Planteavl, 29. Bind, 1923.

Summary.

On the Determination of the Buffer Effect of Soil.

The variation of p_H in a suspension (10 gm soil) in constant cubic content of liquid (100 cc) under the addition of increasing quantities of $n/10$ HCl and $n/10$ Ca(OH)₂ is tested. The results are presented graphically; the ordinate indicates the p_H of the suspension and the abscissa the amount of acid or base added.

In order to investigate the way in which calcium carbonate affects the reaction of the soil, the Ca(OH)₂ added is transformed to CaCO₃ in equilibrium with the CO₂ pressure of the atmosphere (about 0.0032 Atm.). This transformation is made by conducting carbonic acid through the suspensions and then ventilating them. According to *N. Bjerrum* and *J. K. Gjaldbæk* the p_H in a liquid saturated with CaCO₃ may be expressed by the following equation:

$$-p_H = -5.02 + \frac{1}{2} \log \cdot C_{Ca^{++}} + \frac{1}{2} \log \cdot p_{CO_2}$$

in which $C_{Ca^{++}}$ is the molar concentration of calcium ions and p_{CO_2} the pressure of carbon dioxide on the liquid. Of this, $p_H = 8.33$ is

computed for a liquid saturated with CaCO_3 at the normal carbon dioxide pressure of the atmosphere. From this we see that the outside limit for the p_{H} value in the soil suspensions under the addition of increasing quantities of CaCO_3 is 8.4, presupposing that the soil does not contain large quantities of alkali carbonates or other strong bases. If the soil is titrated with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ without subsequent complete transformation to CaCO_3 the CO_2 in the atmosphere will cause a partial transformation to CaCO_3 under which the p_{H} value will decrease and become dependent on the time at which the determination was made (Fig. 3).

The curves of titration are compared with a standard curve in which buffer-free soil (pure quartz sand, Fig. 3) is used.

When drawn in the diagram the $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -HCl curve is moved parallelly in the direction of the axis of the abscissa until it intersects the curve of titration for the soil sample with which it is to be compared at the zero line. The greater the buffer effect on acids and bases possessed by the soil, the more will the standard curve and the curve of titration deviate from each other on both sides of the point of intersection.

If the soil shows no buffer effect on acids the two curves on the right of the zero line will coincide (Fig. 5), if it shows no buffer effect on CaCO_3 the curves on the left side of the zero line will coincide (Fig. 4). A numerical summary of the buffer effect indicates the size of the areas between the lines of the curves on both sides of the zero line. The numbers are shown in the diagrams and given in Table 2 under the designation: buffer area.

An exact expression for the buffer effect of the soil on acid in a certain p_{H} interval is shown in the difference in length of the two distances which the standard curve and the curve of titration cut off on the horizontal lines confining the same interval in the buffer diagram — for this difference in length indicates how many cc $n/10$ HCl 10 gm soil is able to bind when the p_{H} value by adding acid is decreased as much as indicated by the limits of the interval. Fig. 21 shows graphically how the buffer reaction on acids of two of the soils tested is divided into intervals of $1/2$ unit in the p_{H} scale. The buffer action in the entire p_{H} interval traversed by the soil titrated with 10 cc $n/10$ HCl is expressed by the length of the horizontal line from the end of the curve of titration on the right to the point of intersection with the standard curve; see the diagrams. The figures are given in Table 2 under the designation: buffer figure.