

Om Bestemmelse af Jords Kulstofindhold ved Forbrænding i komprimeret Ilt.

Ved S. Tovborg Jensen.

I Jordbundsanalysen er det ofte vigtigt at finde Udtryk for Humus- eller Muldindholdet i en forelagt Jordprøve. Dette gøres i Reglen ved at bortbrænde de organiske Stoffer og bestemme deres Mængde kvanlitativt, enten ved Vejning af den uforbrændelige Del eller ved at bestemme den Mængde CO_2 , der er dannet ved Forbrændingen. Den sidstnævnte Fremgangsmaade, som er ensbetydende med en Bestemmelse af Kulstofindholdet, er den, der benyttes mest. Ved at multiplicere Kulstofmængden med Faktoren 1.724 kommer man til et ofte benyttet Udtryk for Humusmængden.

Waksmann og Stevens (1)¹⁾ har nylig givet en Oversigt over de hidtil anvendte Metoder og angiver, at man ved den sidstnævnte Fremgangsmaade faar det mest paalidelige Udtryk for en Jords Indhold af organisk Stof.

Da den CO_2 -Mængde, der dannes ved Forbrændingen, tages som Udtryk for Kulstofindholdet, er det nødvendigt at sørge for en fuldstændig Iltning, saaledes at der ikke bliver Kulstof tilbage i uforbrændt Tilstand eller dannes ufuldstændigt iltede Forbrændingsprodukter som Kulilte eller organiske Syrer. »Humus« er imidlertid ingenlunde let forbrændeligt, og Processen maa ledes med Omhu, hvis Resultatet af Analysen skal blive tilfredsstillende. Der stilles i de fleste Tilfælde ogsaa ret store Krav til Kulsyrebestemmelsens Nøjagtighed, idet der i Almindelighed vanskeligt kan arbejdes med mere Jord end 1—1.5 g, hvorved der i de fleste danske Jorder vil dannes fra 30 til 75 mg CO_2 , som da helst skal kunne bestemmes med større Nøjagtighed end 1 mg.

¹⁾ Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen, Side 162.

Forbrændingen kan foretages dels ad »vaad Vej« ved Behandling af Jorden med Opløsninger af kraftige Iltningsmidler, dels ved Ophedning af Jorden enten i en Iltatmosfære eller med Tilsætning af faste Iltningsmidler som Dikromater eller Permanganater. Den dannede Kulsyre optages altid i et Absorptionsmiddel og kan bestemmes gravimetrisk, ved Titring, eller gasvolumetrisk efter Syretilsætning. Nogle af de Metoder, der hidtil har været brugt, skal kort omtales.

Ved *Knopps* Metode (2) behandles Jorden under Opvarmning med Dikromat-Svovlsyre, og den dannede CO_2 suges igennem et Absorptionssystem, hvor den renses og absorberes til gravimetrisk Bestemmelse. Lignende Fremgangsmaade er foreslaaet, hvor man i Stedet for Kromsyre anvender Permanganat-Svovlsyre eller Brintoverilte. Man kan ved disse Metoder bestemme Kulstofindholdet i en Jord ret nøjagtigt, men Analysen er langvarig, og man maa for at faa helt sikre Resultater lede den dannede Kulsyre over glødende Kobberilte eller lignende, hvad der gør Apparaturet ret kompliceret.

Loges (3) har foretaget Forbrændingen paa lignende Maade som ved Elementæranalyse af organiske Stoffer. Jorden blandes med pulveriseret Kobberoxyd og anbringes i et Forbrændingsrør, som ophedes. Foran Blandingen i Røret anbringes en Kobberspiral til Reduktion af de dannede Kvælstofilter. Kulsyren opfanges i et Kaliabsorptionsrør og vejes.

A. Vesterberg (4) og *Tamm* (5) har udarbejdet en Metode, som oprindelig er foreslaaet af *Pouget* og *Chouschak* (6). Jordprøven, som højest bør indeholde 0.03 g C., blandes med Blykromat og Kaliumdikromat og anbringes i Forbrændingsrøret paa en almindelig Elementærovn. Røret forbindes med et Forlag, som indeholder en afmaalt Mængde titreret Barytvand. Forlaget og Forbrændingsrøret evakueres, og Røret ophedes paa sædvanlig Maade. Den dannede Kulsyre absorberes i Barytvandet, og Mængden bestemmes ved Tilbagetitrering. Metoden har tidligere været anvendt ved Statens Planteavlslaboratorium (7). Analysen er ret nøjagtig, men kræver temmelig lang Tid til Udførelsen. Det er vanskeligt at opnaa absolut Tæthed i Systemet, og det evakuerede Forbrændingsrør brister let.

Hendrik, Carpiaux og *Germain* (8) og *Dennstedt* (9) har glødet Jorden i en Iltstrøm og derved bestemt saavel Gløde-

tabet som den dannede CO_2 -Mængde. Fremgangsmaaden er i Hovedsagen analog med den sædvanlige Elementæranalyse, og er som denne ret omstændelig.

Flere amerikanske Forskere har benyttet samme Princip, som anvendes ved Bestemmelse af Brændselsmidlers Brændværdi i det saakaldte Parrske Kalorimeter. Det brændbare Stof, i dette Tilfælde Jorden, blandes med Natriumoverilte og Blandingen antændes. Der foregaar en momentan og fuldstændig Forbrænding, og hele Kulstofmængden omdannes til Natriumkarbonat, hvori CO_2 -Mængden kan bestemmes efter Uddrivning med Syre. Det angives fra forskellige Steder, at Metoden er mindre nøjagtig, idet Natriumoverilte altid indeholder større eller mindre Mængder Natriumkarbonat, som man maa korrigere for.

I Reglen anvendes til Brændværdibestemmelse og Elementæranalyse af Brændselsmidler det saakaldte Berthelot-Mahlers Bombekalorimeter. Stoffet, som skal undersøges, pulveriseres og formes i en Staalskruepresse til en lille Briket omkring en ganske fin Jærtraad paa nogle Centimeters Længde. Briketten ophænges ved Traadens frie Ender mellem to Elektroder, som er fastgjorte til Staalbombens Laag. Dette skrues fast, hvorved Bomben lukkes gastæt. Den fyldes dernæst med komprimeret Ilt fra en Staalflaske, saaledes at Overtrykket i Bomben bliver ca. 20 Atmosfærer. Efter at Bombens Fyldningsventil er lukket, forbinder man Elektroderne med en Strømkilde. Derved bringes Jærtraaden til at gløde. Briketten antændes og forbrænder momentant. Paa Grund af det høje Ilttryk er Forbrændingen fuldstændig, saa hele Kulstofmængden omdannes til CO_2 . Arrangementet fremgaar af Skitsen i Fig. 1.

Vil man bestemme Mængden af CO_2 , som er dannet ved Forbrændingen, slippes Bombens Luftindhold langsomt ud gennem Fyldningsventilen, der forbindes med et Absorptions-system, til Optagelse af Kulsyren. Naar Overtrykket i Bomben har udlignet sig, maa man i nogen Tid suge en Luftstrøm igennem denne og Absorptionssystemet for at faa hele den Mængde CO_2 , som er dannet, over i Absorptionsrørene.

Dette Princip, Forbrænding af Jordens organiske Stoffer i komprimeret Ilt, blev anvendt ved de Analyser, her skal omtales. Dog var det nødvendigt at ændre Metoden i nogen Grad. Humusindholdet i de fleste Agerjorder er saa ringe, at

den Varmemængde, der udvikles ved Forbrænding efter Antænding, ikke er tilstrækkelig til at bibringe Jorden saa høj Temperatur, at Forbrændingsprocessen kan fortsættes og løbe til Ende, saadan som det finder Sted, naar Kul eller Tørv antændes i en Iltatmosfære. Man maa derfor blande Jorden med en passende Mængde af et brændbart Stof, saaledes at Forbrændingen kan fuldføres, naar den een Gang er indledet. Stoffet maa helst ikke indeholde Kulstof, da det er det ubekendte Kulstofindhold i Jorden, man ved Analysen søger at bestemme.

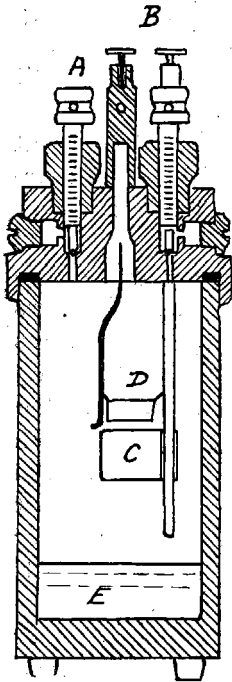


Fig. 1. Forbrændingsbombe.

- A Fyldningsventil.
 B Polskruer.
 C Kvartsdigel.
 D Briket af Jord og Svovl.
 E 3 n NaOH-Opløsning.

gen kan foretages.

Den endelige Fremgangsmaade ved Analysens Udførelse blev følgende: Der afvejedes fra 0.3 til 1.5 g Finjord — alt efter Humusindholdets Størrelse — paa en analytisk Vægt. Den afvejede Jordportion blandedes omhyggeligt i en Porcelænsskaal med 0.5—1.0 g pulveriseret Svovl og overførtes kvantitativt i Briketpressens Presse-cylinder. For at undgaa Spild

Som Indblandingsmateriale blev det først forsøgt at anvende Magniumpulver. Man faar derved let og fuldstændig Forbrænding af de organiske Stoffer ved meget høj Temperatur, men en Del af Kulstoffet omdannes til Magniumkarbonat, der forstøves og afsætter sig paa Bombens Vægge. Det bliver derved vanskeligt at bestemme den dannede Kulsyremængde helt nøjagtigt, og det viste sig, at de Resultater, man fik frem, gennemgaaende var en Smule for lave.

Bedre end Magnium er det at anvende pulveriseret Svovl. Dette brænder i Ilt til en Blanding af SO_2 og SO_3 , medens hele Kulstofmængden omdannes til luftformig Kuldioxyd. I denne Blanding kan CO_2 -Mængden forholdsvis let bestemmes kvantitativt. Bestemmelsen kan foretages ved at anbringe en Opløsning af NaOH i Bunden af Bomben før Iltpaafyldningen. Forbrændingsprodukterne CO_2 , SO_2 og SO_3 absorberes i Løbet af kort Tid, hvorefter Analyse af Opløsningen kan foretages.

ved Presningen, blev de to smaa Gennemboringer i Matricen lukkede med Vatpropper, efter at Jærntraaden var trukket igennem. Blandingen briketteredes, og Briketten ophængtes ved Jærntraadens Ender mellem Bombens Elektroder over en Kvartsdigel af den Slags, der sædvanlig anvendes ved Brændværdibestemmelse. I Diglens Bund var anbragt en lille Trefod af Kvartsstænger, som, naar Jærntraaden brænder over, forhindrer Briketten i at falde ned og hvile paa Bundfladen, hvorved den afgiver Varme til Diglen, og Ilttilgangen vanskeliggøres. Paa Bombens Bund anbragtes 25 cm^3 $3n$ Natriumhydroxyd, Laaget paaskruedes og spændtes fast. Bomben fyldtes langsomt med Ilt af 20 Atmosfærers Tryk, og Fyldningsventilen lukkedes. Derefter forbandtes Polskruerne med Stærkstrømsledningen, saaledes at der i Serie med Jærntraaden i Briketten var indsat en Skydemodstand paa 450 Ohm. Ved at slutte Strømmen og skyde en Del af Modstanden ud, antændtes Briketten i Bomben.

Efter ca. $\frac{1}{2}$ Times Henstand, naar Bomben var afkølet, var Kulsyren og Svovlsyrlingen fuldstændig absorberet. Den overskydende Iltmængde blev sluppet ud, og Bomben aabnedes. Absorptionsvædsken førtes hurtigt over i en Erlenmeyerkolbe, og Bomben skylledes efter med kulsyrefrit, destilleret Vand. Der tilsattes 5 cm^3 30 pCt. Brintoverilte for at ilte Sulfit til Sulfat. Kolben lukkedes med en gennemboret Prop, forsynet med et Glasrør, som var trukket ud i en Spids med en fin Aabning. Vædsken varmedes op og kogtes indtil Iltudviklingen var ophørt. Den tilbageblevne Vædske førtes over i en 50 cm^3 Maalekolbe, og et afmaalt Rumfang anvendtes til Karbonatbestemmelsen. Da Absorptionsvædsken i Bomben vanskeligt kunde faas helt karbonatfri, og da den under Analysens Gang altid vil optage en vis Mængde CO_2 fra Luften, foretoges Blindbestemmelse — uden Anvendelse af Jord — til Korrektion af Analyseresultaterne.

Efter denne Metode udførtes først en Serie Analyser. En let Lerjord fra Forsøgsstationen ved Askov blev blandet med stigende Mængder Tørvemel, og Kulstofindholdet bestemtes i hvert enkelt Blandingsforhold. Karbonatbestemmelsen udførtes gravimetrisk efter *Fresenius'* Metode (10). Analyseresultaterne er samlede i Tabel 1 og anførte grafisk i Fig. 2.

Tabel 1. Bestemmelse af Kulstofmængden i Agerjord, tilsat stigende Mængder Tørvemel.

g Tørvemel, tilsat 1 g Jord	g CO ₂ dannet ved Forbrænding
0	0.0644
0.0449	0.1128
0.1008	0.1745
0.1485	0.2341
0.2047	0.2803
0.2465	0.3467
0.3011	0.3943

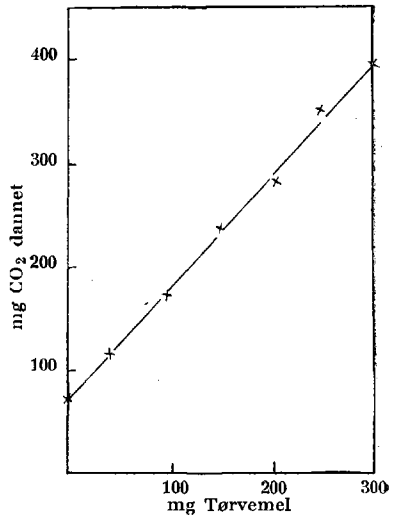


Fig. 2. Kulstofbest. i 1.00 g Jord, tilsat stigende Mængder Tørvemel.

Det fremgaar af Diagrammet (Fig. 2), at den Mængde CO₂, som dannes ved Forbrændingen, stiger lineært med den tilsatte Mængde af Tørvemel. Punkternes Afvigelser fra den rette Linie er smaa og gaar ikke i nogen bestemt Retning. Kun i to Tilfælde er Afvigelsen fra Gennemsnitsværdien over 2 pCt. af den fundne Mængde. Da Tørvemel ikke er noget helt ensartet Produkt, maa Analysenøjagtigheden siges at være god. Der kunde ikke i noget Tilfælde paavises uforbrændt Kulstof i den tilbageblevne Del ved Behandling med Dikromat-Svovlsyre og paafølgende Ophedning. Det maa derfor antages, at den fundne CO₂-Mængde er et paalideligt Udtryk for Kulstofindholdet i den Jordportion, som er taget i Arbejde.

I en Serie Humusjorder, som var indsendte til Kalktrangsundersøgelser ved Laboratoriet, foretoges nu Kulstofbestemmelse paa samme Maade. Resultaterne er anførte i Tabel 2.

Det fremgaar af Tallene i Tabellen, at Overensstemmelsen mellem Fællesanalyserne er saa gode, som man kan vente her, hvor det analyserede Materiale jo ikke er absolut ensartet; og Metoden synes velegnet til Kulstofbestemmelse i den Slags Jorder.

I Jorder med lavere Humusindhold, 1—3 pCt., viste det sig i nogle Tilfælde vanskeligt at opnaa tilfredsstillende Over-

ensstemmelse mellem Enkeltbestemmelserne ved denne Fremgangsmaade. Der kunde dog ikke paavises uforbrændt Kulstof i den tilbageblevne Rest, og det laa derfor nær at antage, at Uoverensstemmelserne skyldtes Unøjagtigheder ved Karbonatbestemmelsen. Kulsyremængden, som skal bestemmes, udgør ved Jorder af den Art fra 0.030 til 0.075 g i en Analyse. Da Absorptionsrørene, som optager Kulsyren, vejer fra 60 til 120 g, stilles der ved saa smaa CO₂-Mængder meget store Krav til Vejningens relative Nøjagtighed, saafremt Analyseresultatet skal blive tilfredsstillende.

Tabel 2. Kulstofbestemmelse
i Humusjorder ved Forbrænding i komprimeret III.

Prøvens Mærke	g Jord forbrændt	g Svovl tilsat	g CO ₂ dannet	pCt. CO ₂ af Jord- vægten	pCt. »Humus« i Jorden
Fedgaarden, Fakse	1.0037	0.5	0.1928	19.2	9.07
	0.9908	0.5	0.1866	18.9	8.92
3576	0.9778	0.5	0.4075	41.5	19.5
	0.9945	0.5	0.3889	39.4	18.6
12374	0.4820	0.5	0.2224	46.1	21.7
	0.4945	0.5	0.2298	46.4	21.8
4528	0.4770	0.5	0.2373	49.8	23.4
	0.5151	0.5	0.2472	48.0	22.6
4525	0.4951	0.5	0.2528	51.2	24.1
	0.4782	0.5	0.2469	51.8	24.3
4526	0.4997	0.5	0.2711	54.3	25.6
	0.4739	0.5	0.2596	54.9	25.8
4848	0.4871	0.5	0.3640	74.8	35.2
	0.4956	0.5	0.3725	75.2	35.4
5136	0.3992	0.5	0.3256	81.6	38.4
	0.3933	0.5	0.3156	80.4	37.9
4850	0.2992	0.5	0.2424	91.1	42.9
	0.2867	0.5	0.2628	91.7	43.2
12375	0.3060	0.5	0.3859	126	59.5
	0.2955	0.5	0.3657	124	58.4

Det blev derfor forsøgt at bestemme den dannede Kulsyre ved at absorbere den i Barytvand af bekendt Styrke ($\frac{1}{10}$ n) og titrere Overskudet tilbage med $\frac{n}{10}$ HCl. Vanskeligheden ved saadanne Analyser ligger i, at Bariumhydroxyd ikke er noget særlig effektivt Absorptionsmiddel over for Kulsyre. Det er af den Grund nødvendigt at træffe særlige Anordninger for at opnaa fuldstændig Absorption og at lede den kulsyreholdige Luft meget langsomt igennem, hvorved Analysen bliver langvarig at udføre.

For at komme uden om disse Ulemper sammensættes Apparatet, som det er vist i Fig. 3.

Vædsken, hvis Kulsyreindhold skal bestemmes, anbringes i Cylinderglasset A, som lukkes tæt med en dobbeltboret Kautschukprop. I den ene Gennemboring er der indsat en Skilletragt, B, som gaar omtrent til Bunden i Cylinderglasset. I den anden et ombøjet Glasrør, E, blæst ud i en lille Kugle, som er fyldt med Bomuld. I Skilletragten B fyldes fortyndet Svovlsyre i en Mængde, tilstrækkelig til at frigøre Kulsyren af Karbonaterne. I Erlenmeyerkolben D afmaales en passende Mængde titreret $Ba(OH)_2$, og den lukkes tæt ved Hjælp af en dobbeltboret Prop med to Glasrør, saaledes som det fremgaar

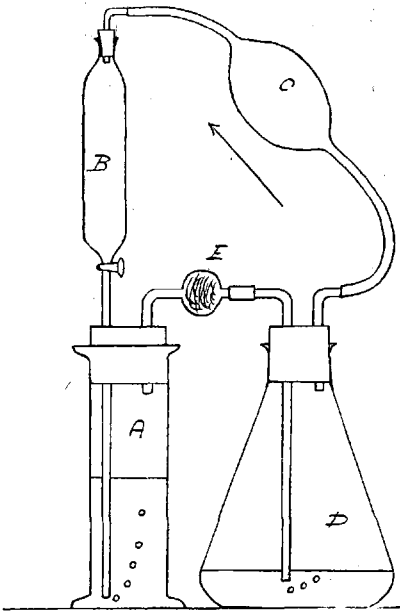


Fig. 3. Apparat til CO_2 -Bestemmelse i karbonatholdige Vædsker.

af Figuren. Kolben forbindes ved et lille Stykke Gummislange med E, og der indsættes en Blæsebælg, C, mellem Skilletragten og Kolben, som vist paa Tegningen. For at bestemme Kulsyren aabnes Skilletragstens Hane, og Syren bringes ved et Tryk paa Blæsebælgen til at flyde ned i Karbonatopløsningen og blande sig med denne. Man lader nu ved Hjælp af Blæsebælgen (den sædvanlige Type, der anvendes ved Buretter) Luften cirkulere i Systemet. For hvert andet Pumpeslag standses der, og Kolben D rystes. Største Delen af Kulsyren absorberes straks i Barytvandet under Karbonatudfældning. Resten føres gennem Blæsebælgen tilbage i Systemet, hvor den

paany kommer i Berøring med Absorptionsvædsken. Naar der ikke mere kan iagttages Kulsyreudvikling i Cylinderglasset, forstærkes Pumpningen, saaledes at Luftstrømmen, der passerer gennem A, bliver kraftigere, hvorved den sidste Rest af CO_2 hurtigt vil uddrives.

Metodens Tilforladelighed blev prøvet ved at opløse 5.300 g vandfrit Natriumkarbonat i kulsyrefrit, destilleret Vand og fylde Opløsningen op til et Rumfang af 500 cm^3 . Der udtoges nu med Pipette Portioner paa 10 m^3 af denne Opløsning til Kulsyrebestemmelse, saaledes som det er omtalt foran. Analyse-resultaterne gengives i Tabel 3.

Tabel 3. Kulsyrebestemmelser i 10 cm^3 Opløsning ved Syretilsætning, Gennemluftning og Absorption af Kulsyren i $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Best. Nr.	Gennemluftningstid	I Forlaget cm^3 0.1010 n $\text{Ba}(\text{OH})_2$	Titr. cm^3 $\frac{n}{10}$ HCl	mg CO_2 i 10 cm^3	
				Fundet	Beregnet
1	5 Min.	40.0	20.9	43.0	44.0
2	10 »	40.0	20.4	44.0	44.0
3	15 »	40.0	20.4	44.0	44.0
4	10 »	40.0	20.4	44.0	44.0
5	10 »	40.0	20.6	43.6	44.0
6	10 »	40.0	20.4	44.0	44.0
7	10 »	40.0	20.4	44.0	44.0
8	10 »	40.0	20.4	44.0	44.0
9	10 »	30.0	10.5	43.6	44.0
10	10 »	30.0	10.5	43.6	44.0

Det fremgaar af denne, at Kulsyren uddrives fuldstændigt i Løbet af 10 Minutter, og at Karbonatmængden i Opløsningerne bestemmes med ret stor Nøjagtighed. Analysen er meget let at gennemføre og vil formentlig ogsaa kunne finde Anvendelse paa en Række andre Omraader.

Det blev forsøgt at bestemme Kulsyreindholdet i Kalciumkarbonat paa samme Maade. Det viste sig, at man fik alt for lave Værdier, saafremt der anvendtes fortyndet Svovlsyre til Uddrivning af Kulsyren. Dette beror antagelig paa, at det dannede Kalciumsulfat absorberer CO_2 , eller at det udfældes som et beskyttende Lag paa Overfladen af Karbonatpartiklerne og forhindrer, at disse gaar fuldstændig i Opløsning under

Paavirkning af Syren. Lignende Iagttagelser er gjort af *Jacobson* og *Hought* (11).

Ved Uddrivning af CO_2 med ca. 1 n HCl opnaaedes følgende Analyseresultater:

Analyse Nr.	Afvejet g CaCO_3	g CO_2 dannet	pCt. CO_2 i Kalciumkarbonat
1	0.1022	0.0446	43.6
2	0.1005	0.0440	43.8
3	0.1016	0.0445	43.8

Overensstemmelsen mellem Fællesanalyserne er ogsaa her god. De fundne Tal for CO_2 -Indholdet i Kalciumkarbonat er lidt lavere end det teoretiske 44.0. Afgangen er dog mindre end 1 pCt. Karbonatet, som analyseredes, blev ikke underkastet nogen Fortørring, men taget lige fra Pulverglasset.

Naar Kulsyren bestemtes paa den Maade, var der ingen Vanskelighed ved at opnaa god Overensstemmelse mellem Fællesanalyserne. Som Eksempel herpaa anføres Resultaterne af en Serie Analyser i Tabel 4. I en Del af Jordprøverne var Humusindholdet i Forvejen bestemt som »Glødetab« med Korrektion for den Vandmængde, der findes bundet til Humus- og Lerkolloiderne. Bestemmelsen var udført paa Dr. *Hissinks* jordbundskemiske Laboratorium i Groningen, Holland, og Resultaterne er anførte i Tabellens sidste Kolonne.

Fremgangsmaaden har ikke svigtet ved nogen af Jorderne, og Fællesanalyserne stemmer, som det fremgaar af Tabellen, godt overens. Afgangen mellem de Humusmængder, som findes i samme Jord ved Kulstof- og ved Glødetabsbestemmelse, er gennemgaaende ikke større, end det paa Forhaand maatte ventes.

De fundne Værdier for Kulstofindholdet stemmer godt overens med dem, der findes ved andre Fremgangsmaader. Eksempler herpaa er anførte i Tabel 5.

Kromsyreforbrændingen i de to sidste Jorder er foretaget paa Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles plantefysiologiske Laboratorium. Resten af Analyserne er udførte paa Statens Planteavlslaboratorium. Der synes i alle Tilfælde at være opnaaet fuldstændig Forbrænding af de organiske Stoffer.

Forbrændingsanalysen i den Form, der er angivet her, maa derfor anses som velegnet til at finde Udtryk for en Jords Indhold af organisk Stof.

Tabel 4. Humusbestemmelse i Jord ved Forbrænding
i komprimeret Ilt.
Karbonatbestemmelse ved Titrering i $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Jordprøven	g Jord for- brændt	g Svovl tilsat	g CO_2 dannet	pCt. CO_2 af Jord- vægten	pCt. »Hu- mus«	pCt. »Humus« bestemt som Glødetab
Groningen C. Svær Lerjord	1.0083	1.0	0.0310	3.08	1.45	1.6
	1.0071	1.0	0.0310	3.10	1.46	
Lyngby E. Humussandjord	1.5162	1.0	0.0658	4.35	2.05	2.4
	1.0014	1.0	0.0446	4.45	2.09	
Aarslev 300. Lermuld	0.9987	1.0	0.0584	5.85	2.75	
	1.5056	1.0	0.0880	5.86	2.76	
Aarslev 293. Lermuld	1.0000	1.0	0.0616	6.16	2.90	
	0.9980	1.0	0.0609	6.10	2.88	
Askov. Let Lerjord	1.4902	1.0	0.0960	6.44	3.04	
	1.0063	1.0	0.0645	6.43	3.02	
Rothamsted IV. Rød Lerjord	1.0158	1.0	0.0793	7.82	3.74	4.2
	1.5112	1.0	0.1230	8.14	3.83	
Groningen A. Meget svær Lerjord (Marskjord)	1.0112	1.0	0.0950	9.22	4.35	3.9
	1.5182	1.0	0.1430	9.40	4.42	
Budapest B. Skovjord.	1.0176	1.0	0.1420	14.00	6.60	7.5
	0.7478	1.0	0.1061	14.20	6.70	
Groningen F. Humussandjord	1.0035	1.0	0.1680	16.70	7.88	7.8
	0.7316	1.0	0.1230	16.80	7.92	
Berlin III. Humussandjord	1.2780	1.0	0.3467	27.20	12.80	13.3
	1.0251	1.0	0.2800	27.30	12.90	
Groningen E. Humussandjord	0.5113	1.0	0.2051	40.50	19.10	21.6
	0.3363	1.0	0.1311	39.20	18.50	

De Jorder, som her er omtalte, var alle karbonatfrie. Ved karbonatholdige Jorder maa der indføres en Korrektion for den Del af Kulsyren, der hidrører fra de kulsure Salte. Dette gælder, hvilken af de omtalte Metoder man end anvender. En saadan Korrektion kan indføres ved at man i en særlig Prøve bestemmer den Kulsyremængde, der dannes, naar en

Tabel 5. Humusindholdet i forskellige Jorder, bestemt ved Forbrænding i komprimeret Ilt og ad anden Vej.

Jordart	pCt. Humus, fundet ved forsk. Analysemetoder					
	Forbr. i kompr. Ilt		Vesterberg og Tamm		Kromsyreforbrænding	
	Enkeltbestemm.	Middel	Enkeltbestemm.	Middel		
Let Lermuld, Askov	2.40	2.40	2.26	2.41		
	2.39		2.52			2.43
do.	2.79	2.82	2.62	2.82		
	2.85		2.92			2.92
Humussand	16.5	16.6	—	—	16.8	
	16.8					
Hedejord, alholdig	4.85	4.82	—	—	4.76	
	4.80					

afvejet Jordportion behandles med Syre. Analysen kan foretages i det Apparat, der er beskrevet foran. Der afvejes fra 1 til 5 g Jord, alt efter Jordens Karbonatindhold. Jorden anbringes i Cylinderglasset og slemmes op i 15—20 cm³ kulsyre-frit Vand. Dernæst gaes der frem som beskrevet. Man maa sørge for, at hele Jordmængden holdes opslemmet under Gennemluftningen, der bør fortsættes i ca. $\frac{1}{2}$ Time.

Det synes, som om man paa denne Maade ret let kan bestemme Karbonatindholdet i en Jord med en Nøjagtighed, som er tilstrækkelig for Formaalet.

Eksempelvis skal anføres saadanne CO₂-Bestemmelser i en kalkholdig Jord fra Statens plantepatologiske Forsøg.

Tabel 6. Bestemmelse af Karbonatindholdet i en kalkrig Jord ved Syretilsætning og Luftgennemledning.

Afvejet g Jord	Forbrugt cm ³ $\frac{n}{10}$ Ba(OH) ₂	mg CO ₂ dannet	pCt. CO ₂ af Jordvægten
5.3648	5.00	11.0	0.205
5.5582	4.95	10.9	0.195
4.9780	4.30	9.45	0.191

I denne Jordprøve foretoges en Bestemmelse af Karbonatindholdet ved elektrometrisk Titration, saaledes som det er angivet af Bjerrum og Gjaldbæk (12). Det fremgik af Titreringskurven, at 20 g Jord kræver $19.1 \text{ cm}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl}$ til Opløsning af Karbonaterne, hvad der svarer til et Indhold af 0.210 pCt. Karbonatkulsyre i Jorden.

Kalken var til Stede i Jorden som ret grove Partikler, og man vil næppe finde bedre Overensstemmelse mellem Fællesanalyserne ved andre Metoder.

Endnu stod tilbage at undersøge, hvorvidt Karbonatkulsyren i en Jord uddrives fuldstændigt ved Forbrændingen i Bomben, eller om man maa bestemme en eventuel Rest af den i Asken.

I dette Øjemed foretoges Humusbestemmelse i en karbonatfri Jord paa den Maade, at der blandedes en afvejet Mængde Kalciumkarbonat i Jordprøven, hvis Kulstofindhold i Forvejen var bestemt. Resultaterne af denne Undersøgelse er anførte i Tabel 7.

Tabel 7. Humusbestemmelse i karbonatfri Jord med Tilsætning af Kalciumkarbonat.

Prøvens Mærke	Afvejet g Jord	Iblandet g CaCO ₃	g CO ₂ fundet	g CO ₂ beregnet
Aarstev 293, Lermuld	1.0000	0	0.0616	
do.	1.4842	0.0400	0.1110	0.1093
do.	1.4930	0.0814	0.1312	0.1292

Det fremgaar af Tabellen, at den fundne Mængde CO₂ stemmer ret godt overens med den beregnede Mængde. Kulsyren i den iblandede Kalciumkarbonat er altsaa her blevet fuldstændig uddrevet under Forbrændingen. Der kunde da heller ikke paavises Karbonat i den uforbrændte Rest.

Kalken, som anvendtes til Iblanding, var fædet Kalciumkarbonat, men selv i Jorder, der indeholder ret grove Kalkpartikler, som f. Eks. den Jord, som er omtalt i Tabel 6, uddrives hele Kulsyremængden ved Forbrænding i Bomben.

Ved Jorder, der er meget kalkrige eller indeholder meget haarde og grove Kalkpartikler, er det muligt, at Karbonat-

kulsyren ikke vil uddrives fuldstændigt under Forbrændingen. I saadanne Tilfælde vil Korrektionen formentlig kunne udføres ved at medtage Forbrændingsresten ved Karbonatbestemmelsen.

Litteraturfortegnelse.

1. *S. A. Waksman and Kenneth R. Stevens*: A critical Study of the Methods for Determining the Nature and Abundance of Soil Organic Matter. Soil Science, Vol. XXX, 1930.
2. *Wahnshaffe und Schucht*: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. Berlin 1924.
3. *G. Loges*: Landw. Versuchs-Station 28, 229 (1883).
Dette og Citaterne 6, 8 og 9 efter *Stoklasa & Dorrel*: Biophysikalische und biochemische Durchforschung des Bodens.
4. *A. Vesterberg*: Verh. d. II intern. agrogeol. Konferens. Stockholm 1911.
5. *Olof Tamm*: Om skogjordsanalyse. Meddelelser från Statens Skogsforsöksanstalt, 4.
6. *Pouget og Chouschack*: Bull. de la Soc. chim., 4. Ser. § 4, 1909.
7. *Harald R. Christensen*: Jordbundsundersøgelser i Forbindelse med fastliggende Gødningsforsøg paa Mineraljorder. Tidsskr. f. Planteavl, 33. Bind, 1927.
8. *Hendrik, Cappiaux og Germain*: Ann. Chim. analyt. appl. 1913.
9. *Dennstedt*: Anleitung zur vereinfachten Elementäranalyse. Verlag O. Mässner, Hamburg.
10. *F. P. Treadwell*: Lehrbuch der analytischen Chemie, II. 1919.
11. *C. A. Jacobsen og John W. Hought*: Method for Determining Carbon Dioxide in Carbonates. Industrial and Engineering Chem. Vol 2, No. 3, 1930.
12. *N. Bjerrum og J. K. Gjaldbæk*: Undersøgelser over de Faktorer, som bestemmer Jordbundens Reaktion. Landbohøjskolens Aarsskrift, 1919.