

Jordbundsundersøgelser og Gødskningsvejledning.

I.

Af Professor, Dr. agro. P. Damsgaard-Sørensen.

Den rigtige Anvendelse af de til Landbrugets Raadighed staaende Gødningsmidler — saavel de hjemlige som de indkøbte — har altid været en Sag af den allerstørste økonomiske Betydning. Anvendelsen af de stadigt stigende Mængder af Gødning har gennem Tiden især været baseret paa to Ting, nemlig Landmandens praktiske Erfaring og Resultaterne af de udførte Gødningsforsøg. I den sidste Menneskealder har man imidlertid i stigende Grad som Støtte for Gødskningsvejledningen taget et nyt Middel i Brug, nemlig de kemiske Jordbundsundersøgelser.

Antallet af disse er de allersidste Aar steget kolossalt, og kun tekniske Vanskeligheder foraarsaget af Krigen har forhindret en endnu voldsommere Stigning. Mange Spørgsmaal m. H. t. Analysernes Anvendelse er imidlertid stadig kun delvis afklarede, og da dette Emne ikke tidligere har været Genstand for nærmere Omtale i „Tidsskrift for Landøkonomi“, skal jeg efter Redaktionens Opfordring i denne og en følgende Artikel omtale en Række af de Problemer, som i Tidens Løb har meldt sig, og som melder sig, naar den enkelte Landmand overvejer at tage det nye Middel i sin Tjeneste. Jeg skal ikke her beskæftige mig saa meget med de rent tekniske Problemer, men mere med Spørgsmaalet om selve Analyseresultaternes Anvendelse.

Jordbundsanalyserne blev indtil omkring 1940 her i Landet udført hovedsagelig med „diagnostiske“ Formaal. Prøverne blev udtaget for at faa Bekræftelse eller Afkræftelse af en i Forvejen fattet Mistanke om en Mangel eller — som man udtrykte sig — „for eventuelt at hitte ud af, hvad der er i Vejen“. Prøveudtagningerne blev derved spredte og tilfældige, og med

deres forholdsvis ringe Antal vilde de næppe have faaet nogen større Betydning, saafremt man havde fortsat efter denne Linie. En Undtagelse herfra dannede dog de allerede i 1915 paa-begyndte systematiske Kalktrangsundersøgelser.

I de senere Aar har Bestemmelserne af Fosforsyre- og Kaliumtal imidlertid ogsaa i stadigt stigende Grad faaet en systematisk Karakter paa den Maade, at man lader større sammenhængende Arealer, i Reglen hele Ejendomme, undersøge, og Undersøgelserne er yderligere systematiseret derigennem, at man nu ikke nøjes med at undersøge Jordens Tilstand m. H. t. en enkelt Produktionsfaktor, men lader Bestemmelsen udføre for flere samtidig. Benyttet er især den saakaldte *Standardanalyse*, der omfatter en samtidig Bestemmelse af Reaktionalstal, Fosforsyretal og Kaliumtal i Prøver udtaget og kortlagt efter nærmere angivne Regler.

I de sidste Aar nærmer Antallet af disse Standardanalyser sig stærkt til 100 000 aarligt. De forskellige Prøver repræsenterer hver for sig et ret varierende Areal, idet Antallet af Prøver pr. Arealenhed efter de givne Regler varierer i omvendt Forhold til Markstørrelsen saadan, at der paa de smaa Brug tages 1 à 2 Prøver pr. ha, medens de større Brug nøjes med en Prøve for hver 2—3 ha. Nu har man ikke Indtrykket af, at de givne Regler og især ikke Minimumsreglerne for Prøveantallet overholdes særlig nøje, saa hvis man anslaaer, at hver Prøve i Gennemsnit repræsenterer ca. 2 ha, bliver det næppe helt galt, og det vil igen sige, at 150—200 000 ha aarligt underkastes en — mere eller mindre god — systematisk Undersøgelse.

Benyttet i denne Udstrækning er Jordbundsanalyserne fra at være et Diagnostikum, brugt af nogle enkelte Konsulenter og Landmænd nærmest af Nysgerrighed, gaet over til at blive en virkelig Faktor af økonomisk Betydning i dansk Landbrug, idet Gødningsanvendelsen i stadig højere Grad sker efter de Direktiver, som faas gennem Analyserne. Disse overstiger derved efterhaanden i Betydning den, Gødningsforsøgene — især de lokale — har haft paa dette Omraade. Dermed er ikke sagt, at de gør Gødningsforsøgene overflødige, for det er langt fra

Tilfældet, men det medfører en Ændring af Gødningsforsøgets Formaal. For at være anvendelig til Vejledning m. H. t. Gødningsanvendelsen maa Analyserne til Stadighed verificeres gennem Forsøg. Selv om de anvendte Metoder eventuelt var de teoretisk rigtigste, siger Analysetallet jo ikke noget, førend man gennem en Sammenligning mellem Analysetal og Forsøg har fundet ud af de forskellige Afgrøders Krav til det Næringsstof i Jorden, hvis Mængde er udtrykt gennem Analysen. Men Analysemetoderne er ikke ideelle, og derfor bliver Gødningsforsøgene heller ikke i det lange Løb overflødige, for jo flere Sammenligninger mellem Forsøg og Analyse, der findes, desto sikrere kan man bruge Tallene. Desuden maa Verifikationerne stadig holdes à jour, idet de under Landbrugets fortsatte Udvikling ændrede Dyrkningsvilkaar (nye Sorter og Stammer, nye Bearbejdningsmetoder og højere Udbyttensniveau) ogsaa maa forventes at ændre de Grænsetal, som maa regnes at give den — økonomisk set — fordelagtigste Udnyttelse af Jorden.

De udførte Gødningsforsøg faar ved dette Samarbejde med Analyserne — om man saa maa sige — et større Ansvar. Et fejlagtigt lokalt Gødningsforsøg kunde før højst medføre uheldige Konsekvenser for den Landmand, paa hvis Ejendom Forsøget laa, idet man ikke med Rette fandt paa at benytte dets Resultat andre Steder. Eventuelt i Form af dets Andel i Forsøgsberetningens Middeltal kunde det have en vis Indflydelse paa den almene Vejledning, men her ophævedes dets Virkning i Reglen af andre Forsøg med Fejl i modsat Retning og gjorde derfor ikke større Skade. Men i samme Øjeblik, Forsøget bruges i Forbindelse med en Jordbundsanalyse, faar det straks gennem denne mere end blot lokal Betydning og vil i større eller mindre Grad kunne paavirke den Vejledning, som skal tjene de mange, der har faaet Jorden undersøgt systematisk. Udførelsen af Forsøgene maa derfor ske med større Omhu og efter nogenlunde ensartede Planer egnede til Formaalet, og der kan som Følge heraf ikke i samme Grad tages Hensyn til Forsøgslederens og -værtens personlige Ønsker, som naar Forsøget er rent lokalt. I det hele taget maa Kravet til Forsøgenes *Kvalitet* gaa forud for deres *Kvantitet*.

Efter at saa meget er sagt om Gødningsforsøgenes Medansvar for Jordbundsanalysernes Anvendelighed, kan man imidlertid vende tilbage til selve Analyserne. Det, der er det afgørende for, om en Analysemetode er anvendelig til Formaalet, er jo, at der eksisterer en vis Sammenhæng mellem Analyseresultatet og det Udbytte, man faar af at anvende en vis Mængde Gødning paa den paagældende Jord. Den ideelle Analysemetode vilde jo være den, som kunde betinge en Forudsigelse af den Gødningsmængde, som ved Afgrødens Høst vilde give det bedste økonomiske Resultat, altsaa den saakaldte *optimale* Gødningsmængde. En saadan Metode vil aldrig kunne fremskaffes, fordi Analysen kun kan give et Tal, der siger, at der findes saa eller saa meget af et bestemt Næringsstof i en nærmere bestemt kemisk eller biologisk Tilstandsform i en vis Jordmasse. Planteproduktionens Størrelse er imidlertid ikke alene bestemt af den Mængde, der findes af et enkelt Næringsstof, men derimod af Virkningen af og *Vekselvirkningen* mellem alle de Produktionsfaktorer, som betinger denne Produktion. En bestemt Næringsstofmængde kan derfor frembringe en højst varierende Produktion, alt eftersom Konstellationen af alle de øvrige Vækstfaktorer er mere eller mindre gunstig.

En ideel Analysemetode faas derfor aldrig. Selv de mest forfinede tekniske Metoder vil — naar det drejer sig om Landbrug — altid efterlade et vist Maal af Usikkerhed, fordi Landbruget nu engang arbejder med levende Organismer og under Indflydelse af Vejr og Vind. Det kan derfor aldrig blive som paa en Fabrik, hvor Fabrikanten, naar han har puttet en vis Mængde Raastoffer i en Maskine, med næsten 100 pCt. Sikkerhed kan beregne, hvor meget færdigt Produkt der kommer ud af den igen.

Men i det Lotteri, som Landbrug nu engang er, kan en mindre fuldkommen Analysemetode ogsaa have sin Berettigelse. En Analysemetode — set fra Samfundets Synspunkt — er *brugbar*, hvis blot man ved Hjælp af den vil være i Stand til at forøge *Sandsynligheden* for, at man ved Anvendelse af en vis Gødningsmængde opnaar et bestemt Resultat, hvilket i Praksis som Regel betyder Sandsynligheden for, at Merudbyttet

ved Gødningstilførslen er saa stort, at det kan betale Omkostningerne ved denne. Til nærmere Belysning heraf skal gives et Eksempel.

Vi tænker os stillet den Opgave at afgøre, om en given Mark, hvori der skal saas Byg, forinden bør tilføres Superfosfat eller ej. Man prøver paa Grundlag af tidligere Aars Erfaringer at skønne sig til det, men forudsætter vi nu, at der ingen særlige Oplysninger foreligger, som kan give Støtte for at gøde eller at lade være, saa har man den Udvej at se paa, hvilke Resultater Gødningsforsøgene er kommet til. Disse viser, at man i Gennemsnit har opnaaet 0,9—1,0 hkg Kærne pr. 200 kg Superfosfat pr. ha, og antager vi, at der skal ca. 100 kg Kærne til at betale Udgifterne ved Gødningsanvendelsen, saa vil man ved at betragte Spredningen af Merudbyttetalene for de enkelte Forsøg muligvis komme til det Resultat, at ca. 45 pCt. af samtlige Forsøg har givet 100 kg Kærne eller derover. Chancen for, at det kan betale sig at anvende de 200 kg Superfosfat, er altsaa, hvor ingen andre Oplysninger foreligger, 45 imod 55.

Foreligger der nu yderligere en Bestemmelse af Jordens Fosforsyretal, saa er dette, saalænge Sammenhængen mellem Fosforsyretal og Gødningsvirkning er ukendt, ikke til nogen Hjælp. Sandsynligheden for, at Gødningen bliver betalt, er stadig 45 : 55 uanset Fosforsyretallets Størrelse. Dette er i Fig. 1 angivet ved en vandret Linie i en Højde svarende til 45 pCt. Nu har det imidlertid vist sig, at hvis man deler Forsøg med Superfosfat paa Jorder med forskellige Fosforsyretal op i Grupper efter Tallets Størrelse, er der i Gennemsnit for disse Grupper et betydeligt højere Merudbytte i Jorder med lave Ft end i Jorder med høje Ft. Efter en Opgørelse af Professor Bondorff i 1938 var Virkningen af 200 kg Superfosfat til Byg maalt i kg Kærne pr. ha følgende:

	Ft:	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14
Merudbytte		176	136	104	80	64	57	53
% Forsøg med over								
100 kg (ber.)		67,4	58,5	51,0	45,2	41,5	40,0	39,0

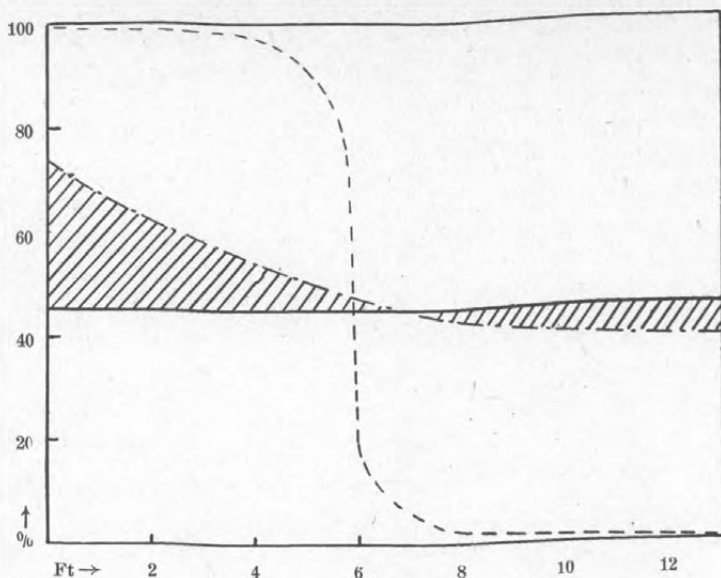


Fig. 1.

Naturligvis gav ikke alle Forsøgene inden for Gruppen 0—2 176 kg. Der var endog betydelige Afvigelser fra dette Gennemsnit, og Spredningen af Resultaterne inden for Gruppen blev beregnet til ± 168 kg Kærne. Under Forudsætning af en *normal* Fordeling*) kan det nu beregnes, at 67,4 pCt. af Forsøgene med Ft 0—2 har givet mere end 100 kg, medens kun 39 pCt. af Forsøgene med Ft 12—14 har givet dette Resultat. Tallene for de øvrige Grupper findes i foranstaaende Tabel.

Dette vil igen sige, at ved Hjælp af Fosforsyretalsbestemmelsen er Sandsynligheden for, at det kan betale sig at give 200 kg Superfosfat til Byg for de Jorder, hvis Ft ligger mel-

*) Denne Forudsætning holder ikke helt Stik, idet der i Markforsøg som oftest findes en mere eller mindre *skæv* Fordeling, hvilket bl. a. vil sige, at der ikke er lige mange Forsøgsresultater over og under Gennemsnittet. Men da det samme gør sig gældende over for Fordelingen af de lokale Forsøg, som blev benyttet til Beregning af de 45 pCt. Sandsynlighed, er Forholdet sikkert ikke af større Betydning for Sammenligningen.

lem 0 og 2, forøget fra 45:55 til 67:33, altsaa mere end fordoblet. For Jorderne med Ft 12—14 er Sandsynligheden for, at en saadan Gødningstilførsel *ikke* kan betale sig, forhøjet fra 55:45 til 61:39.

Man ser altsaa, at Muligheden for en rigtig Afgørelse af vort Gødningsspørgsmaal er forøget gennem Fosforsyretalsbestemmelsen paa Trods af, at denne ikke er nogen ideel Analysemetode, hvilket den heller ikke nogensinde er givet ud for at være. Hvis Jorderne er fordelt jævnt over hele Analyseskalaen, vil det Areal (skraveret), der ligger mellem de to Linier, være et Udtryk for den paagældende Analysemetodes Godhed, men ogsaa kun, hvis det er Tilfældet. Hvis alle Jorderne f. Eks. havde et Fosforsyretal i Omegnen af Skæringspunktet, altsaa omkring 6, vilde man jo ikke have nogen Gavn af Bestemmelsen.

Det fremgaar af Figuren, at der endnu synes at være Plads for en betydelig Forbedring af Fosforsyreanalysen. En virkelig god Metode vilde jo være en, der har en Sandsynlighedskurve som den punkterede, d. v. s., at Sandsynligheden for rentabel Anvendelse ved smaa Tal er praktisk talt 100 pCt. og ved store Tal 0 pCt. Derudover gælder det om at gøre det Omraade, hvor Afgørelsen er tvivlsom (Omslagsomraadet) saa snævert som muligt.

Det skal først senere diskuteres, om der er Mulighed for at forbedre netop Fosforsyrebestemmelsen, idet den her blot er valgt som Eksempel. Derimod er der Grund til her at gøre opmærksom paa den Rolle, Forsøgenes Usikkerhed spiller for Bedømmelsen af en Analysemetodes Godhed. Vi er jo i næsten alle Tilfælde tvunget til at basere vor Vejledning paa Sammenligninger mellem Forsøg og Analyser, og Markforsøgenes Resultater er altid behæftet med en vis Usikkerhed. Det Billede, man danner sig af Analysemetodens Godhed ved en grafisk Gengivelse af den forøgede Sandsynlighed som den, der er vist i Fig. 1, vil derfor altid være i Analysemetodens Disfavør, fordi den Spredning, Forsøgsresultaterne udviser, nedsætter Sandsynligheden, hvor denne ligger over Markforsøgenes Gennemsnit, og forøger den, hvor den ligger under dette. I

vort Tilfælde med Fosforsyretallene er den fundne Spredning ± 168 kg, d. v. s., at ca. $\frac{1}{3}$ ligger med Afvigelser paa mere end 168 kg fra Gennemsnittet, men de Markforsøg, der er brugt til Bestemmelse af den, er antagelig behæftet med en Forsøgsfejl paa ca. 120 kg (3 pCt. af Udbyttet), og kun Resten af Spredningen er foraarsaget af Uoverensstemmelser mellem Analysemetoden og Markforsøget i Bedømmelsen af Merudbyttet. Den Spredning, der er foraarsaget heraf, kan skønnes at være lig $\sqrt{168^2 \div 120^2} = 118$ kg Kærne, og bruger man dette Maal for Usikkerheden af Analysen, kommer vi f. Eks. op paa en Sandsynlighed for rentabelt Merudbytte paa 75 pCt. i Gruppen Ft 0—2 i Stedet for 67.

Det vil derfor heller ikke være at vente, at man kan finde en Analysemetode, der giver 100 pCt. Sikkerhed, fordi de Markforsøg, der skal bruges til dens Verifikation, ikke er 100 pCt. sikre, og selv om man havde en helt rigtig Analysemetode, vil det ikke være muligt at faa den til at passe helt med Forsøgene. Man kan ganske vist prøve paa, om man ikke ved statistiske Metoder, som det er gjort ovenfor, kan forsøge paa at korrigere for Markforsøgenes Usikkerhed, men der kræves et uhyre stort Antal Forsøg med nøje Angivelse af hvert enkelt Forsøgs Variation, for at det kan lade sig gøre. Det gælder især, hvor de Udslag, der kan opnaas, er smaa i Forhold til Forsøgsfejlene, hvilket f. Eks. er Tilfældet med Superfosfatforsøgene, hvorfor man er gaaet over til at anvende Forsøgsgødninger, hvis Mængder er betydeligt større end de i Praksis anvendte, selv om man derved faar Forsøg, hvis Resultater ikke direkte kan anvendes i Praksis. (S. M. S.-Forsøg).

Det er dog næppe almindeligt, at man nøjes med at se paa de lokale Forsøgs Gennemsnitstal og Resultatet af en eventuel Jordbundsanalyse, naar Gødningsplanen skal lægges. Man tager desuden en hel Del personlige Erfaringer af forskellig Art i Brug, idet man ved deres Hjælp modificerer det af de to Hovedfaktorer angivne Gødningsforbrug. Derfor er det ogsaa saadan, at jo mere benyttet en Analysemetode bliver, desto mere Nytte faar man af den, idet Erfaringerne efterhaanden lærer en, under hvilke Forhold man tør benytte den uden Skrupler, og

hvilke Korrektioner der er nødvendige. Jo flere Analyser og Forsøg, man har, desto større Erfaringer faar man i Retning af at vurdere denne Vekselvirkning mellem Næringsstofferne, som bl. a. er Aarsagen til, at den samme Jord kan give forskellige Udslag for den samme Behandling til forskellige Tider.

Hvor stor den Forbedring, der opnaas gennem Analysen, skal være, for at man kan acceptere denne som brugbar, afhænger af, hvordan man ser paa det. Rent *samfundsmæssigt* set er det jo nok, hvis blot det gennem den forøgede Sandsynlighed opnaaede gennemsnitlige Merudbytte for den i hele Landet anvendte Gødningsmængde er i Stand til at betale Analyseomkostningerne. Set under denne Synsvinkel kan der altsaa f. Eks. ingen Tvivl være om Fosforsyretalsbestemmelsens Brugbarhed. Ser man Sagen fra et *privatøkonomisk* Synspunkt, bliver det derimod noget anderledes. Man kan nemlig sige, at det for den enkelte kan være ligegyldigt, hvordan Analysemetoden arter sig *gennemsnitlig* set. Det, det for ham kommer an paa, er jo, at den kommer til et rigtigt Resultat netop *paa hans Jord*. Det bliver derfor noget af en Temperamentssag for den enkelte, hvor stor Sikkerhed, der skal kræves af Analysemetoden, for at han mener at kunne tage de med Fremskaffelsen af Analysen forbundne Omkostninger. Nogle tager Risikoen, blot der er en hæderlig Chance, andre kræver Gevinst hver Gang for at ville være med.

Den enkelte Landmand vil derfor være særligt interesseret i, om der foreligger saadanne Iagttagelser og Erfaringer, som netop er brugbare i hans Tilfælde, og det bliver derfor ofte saadanne Ting og ikke mere sandsynlighedsteoretiske Overvejelser, der bliver bestemmende for, om Analyserne bliver udført eller ej. I det følgende skal derfor gennemgaaes de her i Landet benyttede Analysemetoder og nævnes nogle af de Erfaringer, man har gjort i den Tid, Metoderne har været brugt, for bedre at kunne skønne over, om det nu er forsvarligt at basere den vigtige økonomiske Disposition, det jo er at lægge Gødningsplanen, paa disse *Tal*, eller om man eventuelt maa søge dem forbedrede.

Reaktionstallet.

Bestemmelsen af Jordens Brintionkoncentration, hvis Resultat (pH) Dr. *Hasselbalch* har givet Navnet Reaktionstallet, er den ældste af vore Jordbundsanalyser. Reaktionstallet er jo ikke Udtryk for Forekomsten af et bestemt Næringsstof, men for det, vi med et kort Udtryk kalder for Jordens *Kalktrang*. Et lavt Reaktionstal i Jorden betyder, at der er et Overskud af frie Brintioner, eller, som vi populært siger, at Jorden er sur, og denne Surhed fjernes — neutraliseres — ved Anvendelse af basiske Kalciumforbindelser, især Kulsur Kalk*). Rent principielt kunde man vel nok tænke sig andet end Kalciumforbindelser brugt til at neutralisere Jordsyren, men rent bortset fra, at ikke-kalciumholdige Baser, f. Eks. Soda, vil være dyrere at anvende end Kalk, saa vil en Anvendelse af saadanne Midler i større Stil meget hurtigt medføre en fuldstændig Ødelæggelse af Jordens Struktur og Ionbytningskompleks og derved gøre den helt ufrugtbar.

Den kemiske Kalktrangsbestemmelse her i Landet er vel ca. 40 Aar gammel, idet afdøde Dr. *Harald R. Christensen* i Samarbejde med Professor *O. H. Larsen* paabegyndte dette Arbejde med meget primitive Hjælpemidler omkring 1906. Reaktionstallet som saadan er derimod ikke mere end 25 Aar gammelt, idet det indførtes som Karakteristikum for Jordens Surhedsgrad i Begyndelsen af Tyverne, fordi der da var fremkommet lette og paalidelige Metoder til dets Bestemmelse, bl. a. *Biilmanns* Kinhydronelektrode. Siden da er disse Bestemmelser jo brugt i udstrakt Grad, og det samlede Antal af Reaktionsbestemmelser i dansk Jord er forlængst passeret Millionen.

Reaktionstallet afgiver et typisk Eksempel paa, hvordan en Analysemetode først anvendes paa et mangelfuldt teoretisk Grundlag og derfor giver Anledning til mange Fejlvurderinger, men som saa senere gennem de vundne Erfaringer anvendes med stadig stigende Sikkerhed. Det forsøgsmæssige Grundlag

*) Kulsur Kalk bruges her som *Varebetegnelse* og ikke som kemisk Betegnelse. *Kulsur Kalk* er altsaa et Grundforbedringsmiddel, der indeholder *Kalciumkarbonat* som virksom Bestanddel.

for Anvendelsen af Reaktionstallene har i Betragtning af Sagens Betydning været meget spinkelt, men ikke desto mindre hører man næsten aldrig udtalt Tvivl om Metodens Egnethed, naar det gælder Bestemmelsen af Kalktrang. Hvis man til at begynde med havde forlangt samme Overensstemmelse mellem Forsøg og Analyse, som man nu gør det for Fosforsyretal og Kaliumtal, saa vilde Reaktionsbestemmelsen næppe have overlevet det.

Det saare spinkle, teoretiske Grundlag, man oprindeligt havde at gaa ud fra, var, at rent Vand har *neutral* Reaktion, d. v. s. Reaktionstallet 7. Deraf sluttede man, at ogsaa Planterne vilde foretrække et Reaktionstal omkring 7. Det viste sig tilfældigvis at passe paa de sjællandske Lerjorder, hvor Metoden først blev prøvet, men det viste sig at være helt galt paa de lette Sandjorder og især paa de stærkt humusholdige Jorder. Med Støtte i de spredte Forsøg erfarede man sig efterhaanden til de Reaktionstal, som nu i Vejledningerne anføres som passende for de forskellige Jordtyper, og som varierer fra omkring 5,0 for Humusjorderne og helt op til 7,5 paa de svære Lerjorder. Men inden dette skete, har Anvisningen paa at kalke til Reaktionstallet 7 sikkert gjort uhyre Skade. Man ser den Dag i Dag ovre i Jyllands Hedeegne Lyspletsygen florere paa Steder, hvor man efter Ejernes Udsagn for omkring 20 Aar siden forsøgte at følge denne Parole.

Forsøg paa at verificere Reaktionstallet paa den Maade, at man har prøvet paa gennem Markforsøg at bestemme, hvor stort et Merudbytte der i Gennemsnit opnaas ved at tilføre en given Mængde Kalk til Jord med et givet Reaktionstal, er — mig bekendt — ikke gjort. Man har ved Statens Forsøgsstationer og under Hedeselskabet udført et begrænset Antal fleraarige Kalkningsforsøg, men lokale Forsøg til Sammenligning mellem Reaktionstal og Merudbytte for Kalkning i Hundredetal svarende til det, der er sket ved Verifikationen af Fosforsyre- og Kaliumtal, foreligger ikke. De førnævnte „Normaltal“ passende for de forskellige Jordtyper er derfor ikke fremgaaet af Beregninger over Kalkningens Økonomi ved forskellige Reaktionstal, men som Resultat af en skønsmæssig

Vurdering af de i Tidens Løb gjorte Erfaringer, heri inkluderet de nævnte fleraarige Forsøg.

Reaktionstalsbestemmelsen er ikke en Analyse „opfundet“ med det bestemte Formaal at finde et Udtryk for Mængden i Jorden af „tilgængeligt Kalk“, „skadelig Syre“ e. lign. Den giver en ganske bestemt kemisk Størrelse ved Jorden, som ved Sammenholdning med Erfaringerne giver os værdifulde Oplysninger om den paagældende Jords Dyrkningstilstand. Det er altsaa ikke et „Tal“, der uden videre kan sættes ind i en simpel Beregning af Kalkningens Økonomi, tværtimod ved vi, at det samme Reaktionstal betyder noget helt forskelligt under forskellige Omstændigheder, f. Eks. betyder et Rt paa 6 paa en lollandsk Lerjord, at Jorden er næsten katastrofalt kalktrængende, medens det paa sortsandede Hedejorder kan betyde, at man bør søge det sænket, hvis man vil undgaa Lyspletsyge eller andre Skader, der følger med for høj Reaktion.

Dette, at Reaktionsbestemmelsen har faaet Lov til gradvis at vinde Udbredelse samtidig med, at Erfaringsgrundlaget for dens Benyttelse stadig voksende, har vist sig at være overmaade heldigt, for det har bevirket, at man ikke stiller større Krav til Metoden, end den kan honorere. Man hører ikke Folk forlange Metoden kasseret og en bedre indført, tværtimod er der vel næppe en moderne Planteavlskonsulent eller en i Planteavlssarbejdet interesseret Landmand, der kunde tænke sig at undvære de Oplysninger, Reaktionstallet giver.

Dermed er ikke sagt, at den Nytte, Reaktionsbestemmelsen gør, ikke kan forøges med *supplerende* Bestemmelser. Det vil jo blot være at give de Erfaringer, der bruges, naar Reaktions-tallet skal bedømmes, talmæssige Udtryk. En saadan supplerende Bestemmelse har vi allerede i *Kalkbehovbestemmelsen*, der siger os, hvor megen Kalk der skal til for at fremkalde en vis Ændring af Reaktionstallet. Selv om denne Bestemmelse, der indførtes i 1926 af Professor *Tovborg Jensen*, egentlig set fra et kemisk Synspunkt er den mest fuldkomne Analysemetode, vi har, saa er heller ikke den ufejlbarlig og kan ikke anvendes uden med en vis Kritik. Det, der her volder Vanskeligheder, er Overførslen fra Laboratoriet, hvor alle ydre

Faktorer er under nøje Kontrol, til Marken, hvor mange Tilfældigheder paavirker Kalkens Virkning. Det rent forsøgsmæssige Grundlag for Kalkbehovbestemmelsen er, som for Reaktionstallet, meget spinkelt, og der er ingen Tvivl om, at de Reaktionsændringer, man opnaar i Marken, i visse Tilfælde kan afvige ret væsentligt fra de af Analysen forudsagte. Ikke desto mindre har denne Analysemetode haft overmaade stor Betydning, fordi vi igennem den ret hurtigt fik fat i den rigtige *Størrelsesorden* for de Kalkmængder, som skal bruges paa de forskellige Jordtyper. Det er en Analysemetode, som efterhaanden gør sig selv overflødig, for naar den først er anvendt nogle Gange i et bestemt Omraade, opnaar man tilstrækkelig Erfaring m. H. t. Kalkanvendelsen, saa at en ny Bestemmelse er overflødig, naar Nabojorderne skal kalkes.

Kalkbehovbestemmelsen har imidlertid den Skavank, at den — selv om den af og til fejler — nok med en for Praxis tilstrækkelig Nøjagtighed kan sige, hvor megen Kalk der gaar med til at hæve Reaktionstallet til en given Størrelse, men ikke hvilket Reaktionstal der er det rigtige. Selv om man til en vis Grad i Henhold til Vejledningen kan skønne sig til det ud fra Jordens Habitus, saa kan det jo slaa fejl, og er man i Tvivl — og det bør man vist være i flere Tilfælde, end man faktisk er det — saa maa man hellere kalke for lidt end for meget. Derfor tilraader mange at give en mindre Portion Kalk først, f. Eks. Halvdelen af det tiltænkte, og saa se Tiden an, inden man giver den næste Dosis. Det er sikkert en udmærket Fremgangsmaade, thi det aftagende Merudbyttes Lov gælder ogsaa for Kalkning, saa for Halvdelen af den Kalkmængde, der skal til for at give det bedste Resultat, opnaar man maa-ske allerede 80—90 pCt. af Virkningen, medens en Overskridelse paa f. Eks. blot 20 pCt. af den optimale Mængde paa visse Jorder kan give en kedelig Udbyttenedgang.

Da Reaktionstallet er en logaritmisk Størrelse, er det meget tolerant over for en mindre omhyggelig Prøveudtagning. Prøveudtagningsdybde, Gødningspletter, mindre Uensartethed i Jorden o. lign. paavirker kun Rt i forholdsvis ringe Grad, og Tallet varierer derfor i Almindelighed kun lidt inden for et

mindre Omraade. Dette har imidlertid ført til, at man gør sig overdrevne Forestillinger om den Nøjagtighed, hvormed Rt kan bestemmes, ja, man ser endog Rt i Jord angivet med 2 Decimaler. Det er fuldstændig malplaceret at bestemme Rt med en saadan Nøjagtighed. Rt i Jorden er ikke nogen særlig skarpt defineret Størrelse. Det kan, selv om man bruger Kaliumkloridopslemning, godt svinge tilsyneladende ret tilfældigt ved to paa hinanden følgende Prøveudtagninger paa samme Sted. Forskelle paa 0,2 Enheder er almindelige og paa 0,3 Enheder ingenlunde sjældne, saa Rt-Ændringer af denne Størrelsesorden skal man ikke tage for højtideligt, især ikke hvis Prøveudtagningerne er sket med et halvt eller maaske et helt Aars Mellemlum. Værst er det paa lette, stødpudefattige Sandjorder, hvor Rt kan være temmelig vanskeligt at reproducere saa godt, som man kunde ønske det.

Rent teknisk set er Bestemmelsen af Rt jo saa let og sikker, at man næppe kan vente større Fremskridt paa dette Omraade. Man fristes næsten til at sige, at den er for let. Enhver kan nu købe sig et Apparat, paa hvilket man efter 10 Minutters Instruktion vil være i Stand til at udføre 50—100 Bestemmelser om Dagen. Saalænge Apparatet fungerer, som det skal, er alt godt, men Bestemmelsen har en Achilleshæl i Elektroderne, der undertiden ganske umotiveret pludselig begynder at maale forkert, selv om de iøvrigt viser rigtigt ved Anvendelse paa den til Apparatet hørende Standardvædske. Bestemmelsen burde derfor egentlig kun udføres, hvor man har Midler til en effektiv Kontrol, og det bedste er i den Henseende at maale den samme Prøve paa to af hinanden uafhængige Apparater eller i hvert Fald med to forskellige Elektrodesæt. Rt bestemt paa Apparater, der kun nu og da er i Brug og uden anden Kontrol end en enkelt Maaling over for en — maaske overgemt — Standardopløsning, kan ofte blive temmelig misvisende.

Fosforsyretallet.

Bondorffs og *Steenbjergs* Fosforsyretalsbestemmelse blev første Gang anvendt offentlig paa Statens Planteavlslaboratorium i 1930 og har altsaa nu været brugt i 15 Aar. Den blev ud-

arbejdet paa et rent *empirisk* Grundlag, d. v. s. uden at støtte sig til nogen egentlig Teori m. H. t. Fosforsyrens Binding i Jorden, men efter forudgaaende, omfattende Studier af Jordfosforsyrens Forhold over for forskellige Opløsningsmidler, som Dr. Steenbjerg udførte under sit Specialkursus paa Landbohøjskolen. Fordelen ved Fosforsyretalsbestemmelsen frem for andre da eksisterende kemiske Metoder er, at Opløsningens pH-Værdi fikseres, idet Ft jo er defineret som det Antal Milligram PO_4 , der gaar i Opløsning, naar 40 g Jord rystes i 3 Timer med 1 Liter Vand tilsat saa megen Salpetersyre, at pH til Slut bliver 2,50.

Undersøgelser før Metodens Offentliggørelse viste meget lovende Resultater, idet den paa tilfredsstillende Maade var i Stand til at markere Variationer i Fosforsyreindholdet i Jordgødet med forskellige Mængder Fosforsyre, og desuden gav de Analyser, der blev foretaget paa Forsøgsjorder, Tal, som stemte ret godt overens med den ved Forsøgene konstaterede Fosforsyretræng. Naar dertil saa kommer, at de da lige fremkomne kolorimetriske Metoder til Fosforsyrebestemmelse muliggjorde en Analyseteknik, som var udmærket egnet for Masseundersøgelser og tillige billige, forstaar man, at der stilledes store Forventninger til Metoden. Den er ogsaa blevet anvendt i stor Stil. Antallet af Analyser i de 15 Aar nærmer sig antagelig til 400 000.

Trods dette relativt store Antal er Fosforsyretalsbestemmelsen imidlertid den af de herhjemme anvendte Analysemetoder, der har været udsat for mest Kritik, og denne Kritik er ingenlunde aftaget med Aarene. En Del af denne Kritik er, som det vil ses af det følgende, i nogen Maade berettiget, men en stor Del af den skyldes efter min Mening Misforstaaelser forarsaget af, at man anvendte en forkert Fremgangsmaade, da man til at begynde med skulde udarbejde den Vejledning, der nødvendigvis maatte til for at bedømme Analysens Resultater.

Da Ft-Bestemmelsen blev taget i Brug, forelaa der kun et ringe Antal Sammenligninger mellem Forsøg og Analyse. I Stedet for saa at afvente flere Resultater, inden Vejledningen blev udarbejdet, forsøgte man en Genvej. Man lavede for hver

af de vigtigste Afgrøder en Fordelingskurve for Variationen af de Merudbytter, der i lokale Forsøg 1918—29 blev opnaaet for Tilskud af 200 kg Superfosfat pr. ha. Dernæst en Kurve for Variationen af Fosforsyretallene i et Materiale af Jordprøver, der mentes at repræsentere hele Landet tilstrækkelig godt. Disse to saakaldte Sumfunktioner regnedes nu under Anvendelse af megen statistisk Regnekunst sammen, og ud af det hele kom der som Resultat de saakaldte *Normalvirkninger* af Superfosfat givet til den paagældende Afgrøde ved forskellige Fosforsyretal.

Normalvirkningerne skulde altsaa være et Udtryk for, hvor stort et Merudbytte man ifølge de lokale Forsøg *gennemsnitlig* kunde vente at opnaa for 200 kg Superfosfat paa Jorder med et givet Fosforsyretal, fuldstændig svarende til, at de lokale Forsøgs Gennemsnitstal repræsenterer det gennemsnitlig forventede Merudbytte paa Jorder, hvis Ft ikke kendes. De oprindelig beregnede Normalvirkninger var vel nok fremkommet paa et noget letsindigt Grundlag, men det har mindre Betydning, for de blev jo efterhaanden afløst af nye beregnede paa et meget stort Materiale af virkelige Sammenligninger mellem Forsøg og Analyser. Men disse Tabeller for Normalvirkning, som alle, der har beskæftiget sig med Jordbundsanalyser, kender saa godt fra Bagsiden af Planteavlslaboratoriets Analyseblanketter, hvor de fandtes helt til 1944, og fra gentagne Artikler og Foredrag, bevirkede, *at man fra Starten i alt for høj Grad kom ind paa at identificere et givet Fosforsyretal med en bestemt Virkning*. Ganske vist blev det i enhver Vejledning og Beretning understreget, at det *kun* var Gennemsnitstal, og at de varierende Dyrkningsforhold kunde forskyde Virkningen op- eller nedad, men dette Forbehold var desværre af forholdsvis ringe Virkning. Folk var fra de aarlige Planteavls møder, hvor de lokale Gennemsnitstal af nidkære Konsulenter terpedes ind i Tilhørerne, vant til at tage saadanne Normaltal forholdsvis raa. Retfærdigvis skal det indrømmes, at ogsaa Konsulenterne sjældent sluttede deres Beretning uden at gøre opmærksom paa, at det jo kun var Gennemsnitstal, som kunde variere op eller ned, men det blev alligevel Gennemsnitstallene, der blev

staaende i Folks Bevidsthed, medens de for Vejledningens Anvendelse saa generende Forbehold havde en stærk Tilbøjelighed til at gaa i Glemmebogen.

At saaledes selv Folk, der burde vide bedre Besked, tog disse Normaltal alt for rigoristisk fremgaar f. Eks. af Jydske Landboforeningers Planteavlsberetning for 1932, hvor Konsulent M. K. Kristensen i en Omtale af Forholdet mellem de i Forsøg konstaterede Virkninger og Normalvirkningen skriver:

„Selvfølgelig vil man ikke paa Forhaand kunne vente, at de enkelte Forsøgsresultater helt stemmer overens med Normaludbyttet, men der skulde dog helst i sikre Forsøg kunne findes nogenlunde samme Virkning.“

Efter at den omtalte Beregning af Normalvirkningerne var blevet bekendt, gav Konsulenterne sig straks til at undersøge, om Resultaterne af disse Forsøg nu ogsaa stemte overens med Normalerne. I Planteavlsberetningerne for 1932—34 findes en Række saadanne Sammenligninger, og — man fristes *nu* til at sige selvfølgelig — var de meget lidt opmuntrende. Gennem Omtalen i Beretningerne spores en stærk Skuffelse, og selv om Konsulenternes Omtale gennemgaaende holdtes i en Lad-os-nu-vente-og-se-Tone, faldt der paa Planteavlsmøderne Landet over adskillige haarde Ord om Fosforsyretallene. Der skabtes derved en Mistillid til Fosforsyretallene, som de endnu ikke har kunnet unddrage sig, men som sandsynligvis ikke vilde være opstaaet, hvis man havde ladet dem „starte“ noget forsigtigere, saadan at deres Anvendelse ligesom Reaktions-tallenes mere var blevet baseret paa praktiske Erfaringer end paa et færdigset Sæt teoretisk beregnede Tal.

Senere er Normalvirkningerne jo blevet bestemt gennem virkelige Sammenligninger mellem Forsøg og Analysetal i Tusindvis, og Sammenhængen mellem Fosforsyretal og Merudbytte er forlængst fastslaaet som værende en Realitet, men de store Svingninger i Merudbyttet for Jorder med samme Fosforsyretal er stadigvæk ogsaa en Realitet. Til at begynde med søgte Analysetilhængerne at bortforklare Afvigelserne som foraarsagede af Forsøgsfejl, og det er som allerede omtalt utvivlsomt, at en meget stor Del af Variationen maa skri-

ves paa denne Konto. Taktisk set er Argumentet imidlertid temmelig værdiløst, for selv om enhver Forsøgsleder ved, at Forsøgsfejl er uundgaaelige og undertiden ogsaa, uden at det skyldes Forsømmelighed fra hans Side, endda kan være temmelig store, saa er den enkelte — forstaaeligt nok — ofte tilbøjelig til at tillægge sine egne Forsøg en særlig Grad af Sikkerhed, og da hans Kritik af Fosforsyretallene i Reglen vil være baseret paa Iagttagelse fra egne „særligt sikre“ Forsøg, vil en Henvisning til Forsøgsfejl i al Almindelighed ikke virke særlig overbevisende.

Men selv om man ser bort fra Forsøgsfejlene som Forklaring paa manglende Overensstemmelse mellem Analysetallene og det Merudbytte, man faar for Tilførsel af Superfosfat, er der stadig Forhold, der kan forklare, hvorfor man ikke ved samme Ft faar samme eller blot tilnærmelsesvis samme Udslag for Superfosfat. En væsentlig Rolle spiller *Vekselvirkningen* mellem Fosforet paa den ene Side og de andre Produktionsfaktorer paa den anden Side. Det vil altid være saaledes, at ved et givet Ft vil det Merudbytte, man faar, være desto større, jo gunstigere Konstellationen af de øvrige Vækstfaktorer er. Som Maal for denne Konstellation kan man i Praksis i Reglen bruge det Totaludbytte, det ikke fosforgødede Forsøgsled giver, saa man kan i Almindelighed sige, at jo større Udbyttet er i de grundgødede Parceller, desto større Merudbytte maa man forvente ved samme Ft, eller med andre Ord: Merudbyttet for Fosfortilførsel til Jorder med samme Ft afhænger af Jordens almindelige *Udbyttensiveau*. Hvorledes det tager sig ud paa samme Jord, men med forskellig Grundgødskning (Udbyttensiveau) fremgaar af Fig. 2, der viser et Eksempel paa Merudbyttet for Tilførsel af en Ft-Enhed (ca. 250 kg Superfosfat pr. ha) ved forskellig Fosformængde i Jorden og ved lavt (40 hkg/ha), middel (70) og højt (100) Udbyttensiveau. Desuden viser den, at man end ikke tør vente det største Merudbytte ved det laveste Fosforsyretal.

Fig. 3 viser Kurven for Merudbyttets gennemsnitlige Afhængighed af Fosforsyretallet i lokale Forsøg med 200 kg Superfosfat pr. ha til Vaarsæd. Denne Kurve er fremkommet ved, at

hkg Tørstof pr. Ft-E (250 kg S.)

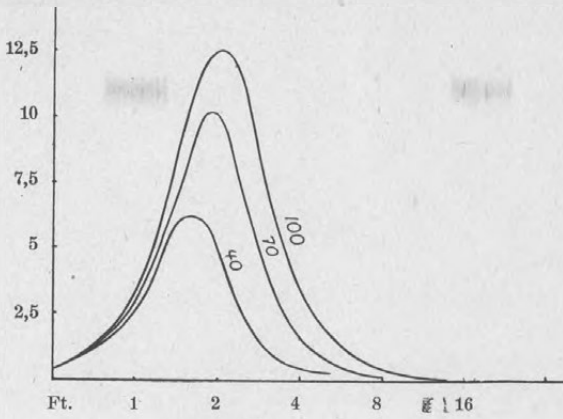


Fig. 2.

kg Kærne

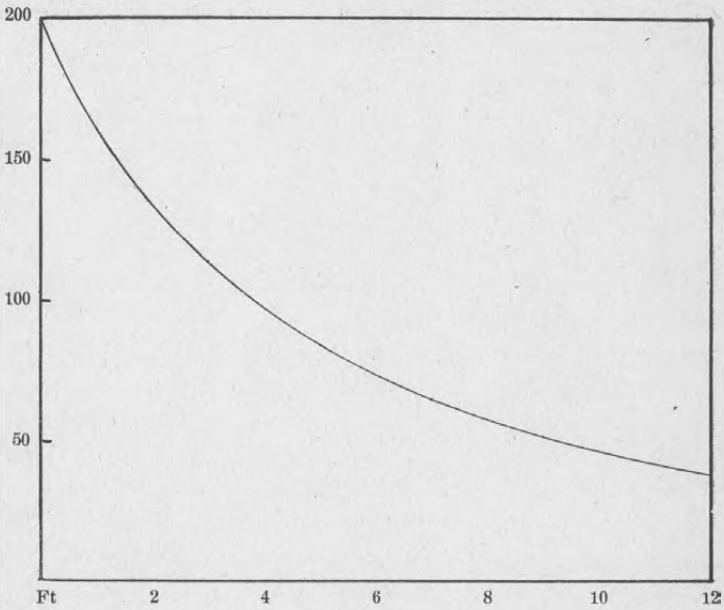


Fig. 3.

man har delt Forsøgene op i Grupper efter Ft's Størrelse og beregnet det gennemsnitlige Merudbytte i disse Grupper. Paa Grund af Vekselvirkningen og den i Fig. 2 viste Form af Merudbyttekurven er denne Kurve imidlertid for flad, d. v. s., at Variationen i Udbyttet ved Forandring af Fosforsyretallet er mindre, end den vilde have været, hvis alle Forsøgene var udført paa samme Jord eller paa Jord med samme Udbyttensiveau. Sagen er nemlig den, at der er en vis Kobling mellem Fosforsyretallet og Udbyttensiveauet, saadan at forstaa, at de Jorder, der har lave Fosforsyretal, ogsaa gennemsnitligt har et lavt Udbyttensiveau, hvilket er umiddelbart forstaaeligt, naar man betænker, at en Jord, der er forsømt i een Henseende, ogsaa ofte vil være forsømt i andre Henseender. Det er f. Eks. almindeligt kendt, at Jorder med lave Reaktionstal ofte ogsaa har lave Fosforsyretal. Hvad der er mindre kendt er, at Jorder med lave Ft ogsaa ofte har lave Kalital. Omvendt vil Jorder, der er velforsynede med et Næringsstof, meget ofte ogsaa være det med et andet. Hvor Husdyrholdet er stort, vil f. Eks. den store Staldgødningsmængde, der staar til Raadighed, bevirke, at Jorderne samtidig bliver velforsynede med baade Kvælstof, Fosfor og Kalium.

Ved en Korrelationsberegning udført paa samtlige lokale Forsøg med Analysetal udført paa Sjælland og i Jylland i Aarene 1940—44 var Korrelationskoefficienten for Reaktionstal: Fosforsyretal tydeligt positiv ($r = +0,38$), og gennemsnitligt viste Rt en Stigning paa 0,084 pH-Enheder for hver Gang, Ft steg med een Enhed. Særlig stærk er Sammenhængen paa de jyske Lerjorder, hvor Korrelationskoefficienten var $+0,48$ og Reaktionstallets Stigning 0,14 pH-Enheder pr. Ft-Enheder.

For Korrelationen mellem Fosforsyretal og Kaliumtal fandtes $r = +0,24$, og Kaliumtallet stiger 0,27 T_K -Enheder for hver Ft-Enheder. Sammenligner vi nu f. Eks. den Gruppe Jorder, hvor Ft i Gennemsnit er 1, med den, hvis Gennemsnit er 10, maa disse sidste tillige ventes at have et Reaktionstal, der er 0,7—0,8 Enheder, og et Kaliumtal, der er ca. 2,4 Enheder højere end de første. Den første Gruppe havde i Gennemsnit $Rt = 6,0$ og $T_K = 3,0$ og den anden $Rt = 6,8$ og $T_K = 5,7$.

Enhver, der har beskæftiget sig med Analysetal, vil være klar over, at dette betyder en meget væsentlig Forskel i de paa-gældende Jorders Produktivitet.

Sammenhængen mellem Ft og Merudbyttet for Superfosfat maa altsaa paa den *enkelt* Jord være kraftigere udtalt, end Gennemsnittene viser. Naar engang Resultaterne af de nu anlagte Forsøg med forskellige Fosforsyretal paa *samme* Jord foreligger, vil de sikkert vise sig at være en kraftig Støtte for Tallene.

En Skavank ved Fosforsyretallene er det, at samme Fosforsyretal ikke paa forskellige Jorder er Udtryk for samme Mængde tilgængelig Fosforsyre i Jorden. Selv om vi helt ser bort fra de okkerholdige Humusjorder, hvor Fosforsyretallene *helt* svigter, er der ogsaa for normale Markjorder Forskelligheder, som man ikke undgaar at skulle tage Hensyn til. Vanskelighederne er af rent teknisk Oprindelse. Naar man i Laboratoriet skal frigøre alt det tilgængelige Fosfor, maa man samtidig gøre et meget alvorligt Indgreb i hele Jordens kemiske Tilstand, og dette Indgreb virker ikke paa samme Maade paa alle Jorder. Resultatet af de Processer, der finder Sted, er imidlertid, at der ikke i de forskellige Jorder frigøres en lige stor Procentdel af de tilstedeværende Fosfater, saa det samme Fosforsyretal bliver ikke paa forskellige Jorder Udtryk for lige meget tilgængeligt Fosfor. Fosforsyretallene maa altsaa ligesom Reaktionstallene vurderes forskelligt paa forskellige Jordtyper.

Medens vi saaledes paa Flertallet af vore Jorder maa anse et Fosforsyretal paa omkring 4 for passende, vil visse Jorder, f. Eks. i det østjydske Lerjordsomraade, antagelig være tilstrækkeligt forsynede ved et Ft paa 2, medens til Gengæld visse i Reglen stærkt alkaliske Lerjorder paa Sjælland og Lolland-Falster ikke kan forventes at klare sig med Tal under 5—6. Medens man, naar det gælder Reaktionstallenes Vurdering, saa nogenlunde kan se sig til Rette med, hvilket Rt der maa anses for passende, er det desværre ikke Tilfældet for Fosforsyretallenes Vedkommende. Vidt forskelligt udseende Jorder, som f. Eks. sortsandede Jorder i Jylland og lyse Lerjorder paa

Fyn, opfører sig begge „normalt“ m. H. t. Fosforsyretallet, medens man ofte kun ved en indgaaende mineralogisk Undersøgelse vil være i Stand til at afgøre, om en Lerjord er af den Type, som giver „for lave“ eller „for høje“ Fosforsyretal.

Der er imidlertid ingen Grund til, at man af den Aarsag kasserer Fosforsyretallene som ubrugelige. Efterhaanden som man faar tilstrækkelig mange Analyser, vil man erfare sig til den rette Vurdering af Tallene i de forskellige Omraader. Fremtiden vil muligvis bringe en ændret Analysemetodik, der fritager for dette Skøn, men indtil da bør man bruge, hvad man har, og saa godt, som det lader sig gøre, tage Hensyn til de uundgaaelige Svagheder.
