

# 451. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

---

P. D. Møller og T. Hvelplund

## **Undersøgelser over mineralstofomsætningen i mave-tarmkanalen hos kvæg**

Investigations into the mineral metabolism in the  
gastro-intestinal tract of the bovine

With English summary and subtitles



---

I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,  
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1977



## Forord

Ved hjælp af re-entrant teknikken er det blevet muligt at undersøge stofomsætningen i drøvtyggernes fordøjelseskana1 langt mere detaljeret, end man hidtil har været i stand til med fordøjeligheds- og balanceforsøg.

Dette gælder også for mineralstofferne, hvor re-entrant teknikken gør det muligt at bestemme, hvor i fordøjelseskana1en de enkelte mineraler absorberes, og samtidig hvor der finder en recirkulering sted.

Denne beretning omhandler de resultater, der er opnået med hensyn til omsætningen af Ca, P, Mg, Na og Cl på re-entrantfistulerede køer i perioden 1972-75. Disse resultater er suppleret med tidligere undersøgelser over mineralstofomsætningen hos køer, der er publiceret i Forsøgslaboratoriets årbog 1972.

Udover beretningens forfattere har forsøgssassistenterne H.J. Handt, J. Bach-Laursen, B. Sørensen, Birgitte Larsen, Birgitte Koudal og Henny Jacobsen periodevis udført et stort arbejde i forbindelse med forsøgenes gennemførelse. Manuskriptet er renskrevet af Birgitte Hansen.

Fra Statens jordbrugs- og veterinærvidenskabelige Forskningsråd er der blevet ydet støtte til undersøgelsernes gennemførelse.

*A. Neimann-Sørensen*

## INDHOLDSFORTEGNELSE

### *Contents*

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>Indledning</b> .....          | 5  |
| <b>Materiale og metode</b> ..... | 6  |
| <b>Resultater</b> .....          | 7  |
| Ca-omsætningen .....             | 10 |
| P-omsætningen .....              | 13 |
| Mg-omsætningen .....             | 17 |
| Na og Cl-omsætningen .....       | 20 |
| <b>Diskussion</b> .....          | 22 |
| <b>Sammenfatning</b> .....       | 27 |
| <b>Summary</b> .....             | 28 |
| <b>Litteraturliste</b> .....     | 29 |

## Indledning

De højere ydelsesniveauer, der tilstræbes inden for kvægbruget, stiller stadig stigende krav til foderrationernes mineralstofsammensætning. Nogle af de væsentligste makromineraler i kvægets ernæring er Ca og P efterfulgt af Mg, Na, Cl m.fl. samt mikromineraler. Foruden at være væsentlige bestanddele i skelettets opbygning fungerer mineralerne i det intermediære stofskifte. Eksempelvis spiller de neutraliserende kationer ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) en rolle for neutralisationen af de i organismen dannede syrer (f.eks.  $\text{PO}_4^{---}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ), hvilket medfører, at syrerne udskilles som neutrale, opløselige salte gennem både tarmkanalen og nyrerne. Dette bevirker en betydelig cirkulation af mineraler fra vævsvæsker til tarmkanalen, hvor de kan reabsorberes og indgå i organismens mineralforsyning. Da der kun foreligger få undersøgelser over, hvor i mave-tarmkanalen de forskellige mineraler optages, og hvor stor en del

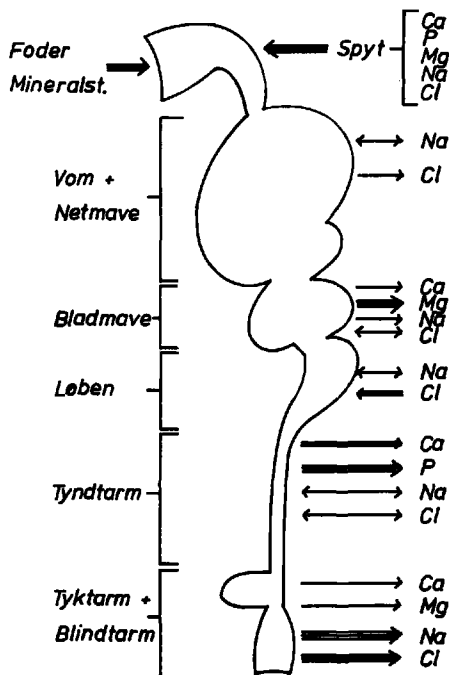


Fig. 1. Skematisk fremstilling af nettosekretion og absorption af Ca, P, Mg, Na og Cl i mave-tarmkanalen hos kvæg. (Pilenes retning og tykkelse skitserer den i de forskellige afsnit stedfindende nettobevægelse og relative mængde af mineralerne)

Diagrammatical illustration of netto secretion and absorption of Ca, P, Mg, Na and Cl in the gastro-intestinal tract of cattle

recirkulationen udgør af den samlede mineraloptagelse, skal denne undersøgelse bl.a. give et bidrag til en øget forståelse af mængdeforholdet for enkelte mineraler, der recirkulerer mellem dyrets celler og forskellige afsnit af mave-tarmkanalen.

Til støtte for resultaterne er i figur 1 skematisk fremstillet, hvor i mave-tarmkanalen de forskellige mineraler absorberes eller recirkuleres mellem fordøjelseskkanalen og vævsvæsker.

Af forsøgstabellerne samt de øvrige optegnede figurer vil fremgå, hvordan de enkelte rationer og mineralmængder i foderet kan påvirke absorptions- og sekretionsforholdene i mave-tarmafsnittet.

Resultaterne over mineraludskillelsen i gødningen og urinen samt udnyttelsen blev suppleret med værdier fra undersøgelser over mineralomsætningen hos malkekøer, Møller (1972), således at beregningernes sikkerhed og det betragtede variationsinterval øgedes.

## Materiale og metode

Undersøgelsen blev gennemført med 4 køer (3 SDM, 1 RDM), der var forsynet med en permanent kanyle i vommen og en re-entrant kanyle i duodenum indsat ca. 60 cm fra pylorus, som omtalt i Forsøgslaboratoriets årbog af Madsen, Møller og Hjort (1973). I nogle forsøgsperioder var køerne lakterende, medens de var gølge i andre. Køernes legemsvægt varierede fra 400–700 kg. Før indsættelsen i forsøget blev dyrene forsynet med mineralstoffer i henhold til gældende normer efter Neimann-Sørensen (1974).

Efter en forperiode på 21 dage blev tarmindeholdet opsamlet kvantitativt fra re-entrant kanylerne i 72 timer. Derefter blev mælken, gødningen og urinen opsamlet kvantitativt i de efterfølgende 7 dage.

De benyttede fodermidler og foderrationer, der blev anvendt ved undersøgelserne fremgår af tabel 1.

Foderrationerne 1, 2 og 5 bestod kun af græsensilage, medens ration 6 var dybfrosset græs fra samme græsparti som ration 5. Rationerne 3 og 4 repræsenterede blandede rationer med både græsensilage, fodersukkerroer, hør, halm og kraftfoder. Kløverandelen i den benyttede græsafgrøde var under 10%, og såvel ensilagen som det dybfrosne græs kan derfor betragtes som hovedsageligt bestående af alm. rajgræs.

Der blev gennemført fra 2–4 forsøgsperioder pr. foderration, og af appendix Tabellen fremgår, at ikke alle køer indgik på de 6 forskellige forsøgsrationer. Ligeledes fik køerne på de enkelte forsøgsrationer ikke de samme fodere og mineralmængder, hvilket ligeledes fremgår mere detaljeret af tabellen i

**Tabel 1. Køernes daglige foderoptagelse**  
*Daily intake of experimental feed*

|                                          | Ration 1          | Ration 2 <sup>1)</sup> | Ration 3          | Ration 4          | Ration 5 <sup>2)</sup> | Ration 6          |
|------------------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Antal forsøg (n) . . . . .               | 2                 | 2                      | 2                 | 4                 | 2                      | 2                 |
| <i>No. of experiments</i>                |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Kløvergræsensilage, kg tørstof . 3.7-5.5 | 4.1-5.0           | 4.6                    | 5.7               | 11.2              | -                      |                   |
| <i>Clovergrassilage, kg DM</i>           |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Kløvergræs, kg tørstof . . . . .         | -                 | -                      | -                 | -                 | -                      | 12.0              |
| <i>Clovergrass, kg DM</i>                |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Fodersukkerroer, kg . . . . .            | -                 | -                      | 15-22             | -                 | -                      | -                 |
| <i>Beets, kg</i>                         |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Hø, kg . . . . .                         | -                 | -                      | 2.0               | 2.0               | -                      | -                 |
| <i>Hay, kg</i>                           |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Byghalm, kg . . . . .                    | -                 | -                      | 1-2               | 1                 | -                      | -                 |
| <i>Barley straw, kg</i>                  |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Byg, kg . . . . .                        | -                 | -                      | 4.5               | 2.0               | -                      | -                 |
| <i>Barley, kg</i>                        |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Bomuldsfrøkager, kg . . . . .            | -                 | -                      | 1.0-1.1           | -                 | -                      | -                 |
| <i>Cottonseedcake, kg</i>                |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Sojaskrå, kg . . . . .                   | -                 | -                      | 1.0               | 2.0-3.0           | -                      | -                 |
| <i>Soybeanmeal, kg</i>                   |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Dicalciumfosfat, g . . . . .             | -                 | -                      | 50-100            | -                 | -                      | -                 |
| <i>Dicalciumphosphate, g</i>             |                   |                        |                   |                   |                        |                   |
| Mineralblanding, g . . . . .             | 200 <sup>3)</sup> | 200 <sup>3)</sup>      | 100 <sup>4)</sup> | 100 <sup>4)</sup> | -                      | 100 <sup>5)</sup> |
| <i>Mineralmixture, g</i>                 |                   |                        |                   |                   |                        |                   |

1) Tilsat 0.4% myresyre

2) Tilsat 0.4% formalin

|                             | Ca, % | P, % | Mg, % | Na, % | Cl, % |
|-----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| 3) 100 g mineralblanding 3: | 1.6   | 19.7 | 0.3   | 13.2  | 0.4   |
| 100 g mineralblanding 5:    | 1.9   | 13.8 | 5.2   | 7.3   | 9.5   |
| 4) 50 g mineralblanding 3:  | 1.6   | 19.7 | 0.3   | 13.2  | 0.4   |
| 50 g mineralblanding 6:     | 25.5  | 16.6 | 0.1   | 0.1   | 0.8   |
| 5) 100 g mineralblanding:   | 7.4   | 11.9 | 15.5  | -     | -     |

appendix. Med undtagelse af ration 5 blev der givet et mineraltilskud til de øvrige rationer. Til ration 6 med græs alene blev der givet en mineralblanding med et højt magnesiumindhold.

## Resultater

Køernes gennemsnitlige mineraloptagelse på de forskellige rationer samt mineralomsætningen i de enkelte fordøjelsesafsnit er for Ca, P og Mg vist i tabel 2, medens værdierne for Na og Cl er anført i tabel 3. Enkeltværdier er anført i appendix-tabellen.





der efter foreliggende undersøgelser i litteraturen ikke må være under 1 for drøvtyggere af hensyn til en optimal intermediær mineraludnyttelse, var derimod for lavt i ration 1 (Braithwaite 1975), medens det lå inden for det såkaldte toleranceområde (1.0–3.0) i de øvrige rationer. Det optimale Ca:P-forhold angives til omkring 2.0, men større forhold op til 3.0 synes at kunne tolereres af drøvtyggere.

|                                                        | Ration 4                     |       |       |  | Ration 5                           |       |       |  | Ration 6 |       |       |  |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|--|------------------------------------|-------|-------|--|----------|-------|-------|--|
|                                                        | Græsensilage<br>+ kraftfoder |       |       |  | Græsensilage<br>(0.4% formaldehyd) |       |       |  | Græs     |       |       |  |
|                                                        | Grassilage<br>+ concentrates |       |       |  | Grassilage<br>(0.4% formaldehyde)  |       |       |  | Grass    |       |       |  |
| Ca:P-forhold                                           | 1.44                         |       |       |  | 1.55                               |       |       |  | 1.60     |       |       |  |
| n                                                      | 4                            |       |       |  | 2                                  |       |       |  | 2        |       |       |  |
| I foder, in diet                                       | Ca                           | P     | Mg    |  | Ca                                 | P     | Mg    |  | Ca       | P     | Mg    |  |
| I duodenalindhold                                      | 57.4                         | 39.8  | 12.3  |  | 82.3                               | 53.0  | 14.7  |  | 81.1     | 50.7  | 29.4  |  |
| entering duodenum                                      | 73.9                         | 82.7  | 9.6   |  | 81.6                               | 64.7  | 8.3   |  | 64.2     | 85.6  | 13.0  |  |
| I gødning, in faeces                                   | 55.1                         | 33.8  | 11.6  |  | 107.8                              | 41.1  | 12.6  |  | 59.8     | 39.1  | 20.3  |  |
| I urin, in urine                                       | 1.7                          | 7.8   | 3.5   |  | 0.8                                | 1.3   | 2.2   |  | 1.6      | 2.1   | 4.9   |  |
| I mælk, in milk*)                                      | —                            | —     | —     |  | —                                  | —     | —     |  | 3.1      | 2.4   | 0.3   |  |
| Balance, balance                                       | 0.6                          | -1.8  | -2.8  |  | -26.3                              | 10.6  | -0.1  |  | 16.6     | 7.1   | 3.9   |  |
| Absorberet fra maverne                                 | -16.5                        | -42.9 | 2.7   |  | 0.7                                | -11.7 | 6.4   |  | 16.9     | -34.9 | 16.4  |  |
| absorbed from stomachs                                 |                              |       |       |  |                                    |       |       |  |          |       |       |  |
| Absorberet fra tarmen                                  | 18.8                         | 48.9  | -2.0  |  | -26.2                              | 23.6  | -4.3  |  | 4.4      | 46.5  | -7.3  |  |
| absorbed from intestines                               |                              |       |       |  |                                    |       |       |  |          |       |       |  |
| Absorberet fra tarmen,<br>% af duodenalindhold         | 25.4                         | 59.1  | -20.8 |  | -32.1                              | 36.5  | -51.8 |  | 6.9      | 54.3  | -56.2 |  |
| absorbed from intestines<br>of contents at duodenum, % |                              |       |       |  |                                    |       |       |  |          |       |       |  |

\*) n = 1, den ene ko på disse rationer var gold. For den aktuelle mineralmængde i mælken se appendix tabel 1.

### Ca-omsætningen

Den gennemsnitlige Ca-optagelse har været stigende fra ca. 28–82 g pr. dag fra ration 1 og 2 til ration 5 og 6. Afhængig af Ca-optagelsen er der i duodenalindholdet fundet større eller mindre mængder, end der er tilført med foderet. For rationerne 1–4 svarede dette til en Ca-sekretion med spyttet til formaverne fra 3.5–16.5 g pr. dag, medens der på ration 5 og 6 blev absorberet henholdsvis 0.7 og 16.9 g Ca pr. dag. Gennemsnitlig blev der tilført 3.8 g Ca med spyttet, hvilket er i god overensstemmelse med undersøgelser af Rogers og Van't Klooster (1969). Følgende sammenhæng blev beregnet mellem g Ca optaget (x) og g Ca i duodenalindholdet (y):

$$1. Ca_{\text{duod.}} = 15.91 + 0.775 Ca_{\text{opt.}}, s_b = 0.157, r = 0.82^{***}, n = 14$$

Det fremgår af ligningen, at sammenhængen mellem Ca i duodenum og foderet var signifikant ( $P < 0.001$ ), hvilket viser, at næsten alt Ca i foderet føres til duodenum, og at Ca-absorptionen fra formaverne gennemsnitlig er lav. Netto Ca-sekretionen eller absorptionen fra de undersøgte fordøjelsesafsnit fremgår for de forskellige rationer af figur 2.

Af figur 2 fremgår, at der fandtes en Ca-sekretion til formaverne fra 28.7–10.5% af Ca optaget for rationerne 1–4, der indeholdt ensilage, medens Ca-absorptionen på ration 5 med formalinbehandlet ensilage var svagt positiv på 0.8%. En nettoabsorption fra formaverne på 20.8% fandtes derimod for ration 6 med rent græs. Den ubehandlede ensilage i ration 1 viste desuden en netto Ca-sekretion til tarmafsnittet på 165.3% samt en negativ Ca-balance på  $\div 57.9$  g. Ligeledes fandtes en Ca-sekretion til tarmen samt negative balancer på ration 3 og ration 5, der var behandlet med formaldehyd. Det ser således ud til, at Ca i disse rationer har været mindre tilgængelig for absorption i tarmen. Samtidig viser resultaterne, at der på myresyrebehandlet ensilage er absorberet mere Ca end på de øvrige to ensilagerationer 1 og 5. For græsrationen fandtes ligeledes en netto Ca-absorption fra tarmen samt en positiv Ca-balance.

Det er bemærkelsesværdigt, at Ca-udskillelsen i gødningen på ensilagerationerne 1 og 5 med et Ca:P-forhold på henholdsvis 0.58 og 1.55 var større end Ca-optagelsen. Lignende resultater blev også fundet af Braithwaite (1975) med får, når der tildeltes lave Ca-mængder og et Ca:P-forhold på 0.3–0.4.

For at få et mere sikkert vurderingsgrundlag over sammenhængen mellem Ca-optagelsen og Ca-udskillelsen i gødningen blev værdierne for dette forsøg sammenlagt med de indvundne resultater fra mineralbalanceforsøgene med malkekøer af Møller (1972). Værdierne er grafisk fremstillet i figur 3.

Mellem g Ca optaget (x) og g Ca udskilt i gødningen (y) fandtes følgende sammenhæng:

$$2. Ca_{\text{gød.}} = 24.96 + 0.608 Ca_{\text{opt.}}, s_b = 0.058, r = 0.78^{***}, n = 71$$

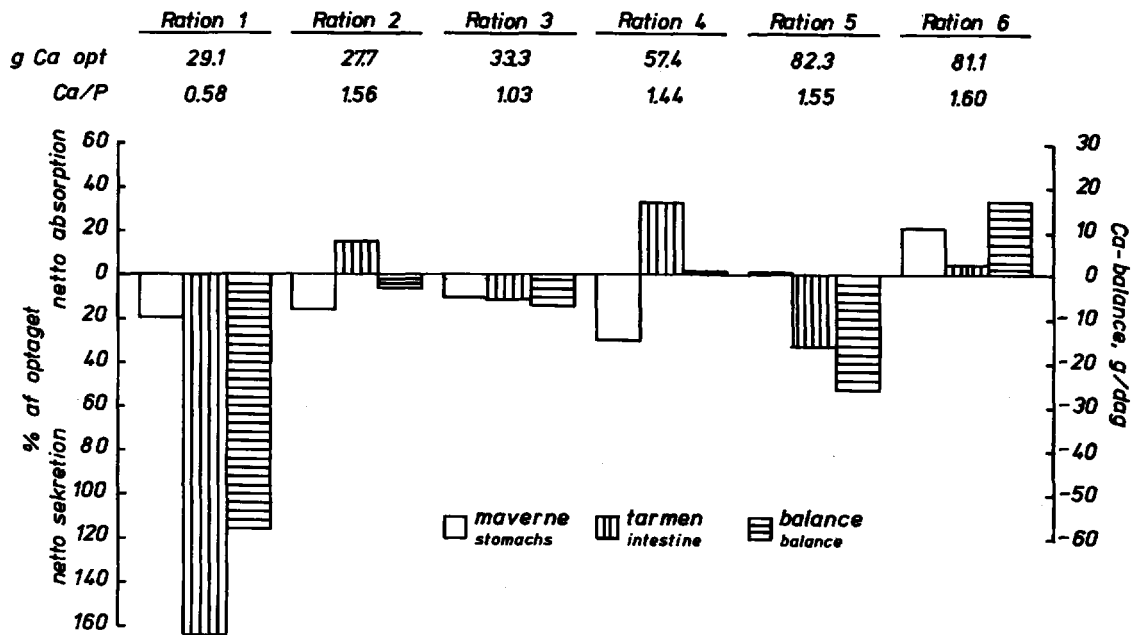


Fig. 2. Calciumomsætningen i mave-tarmkanalen (% af optaget)  
Metabolism of Calcium in the gastro-intestinal tract (% of intake)

Det fremgår af ligningen, at Ca-udskillelsen i gødningen i det betragtede interval fra 22-182 g Ca pr. dag er signifikant ( $P < 0.001$ ) afhængig af Ca-optagelsen. Ligningens intercepværdi angiver, at der i det betragtede interval

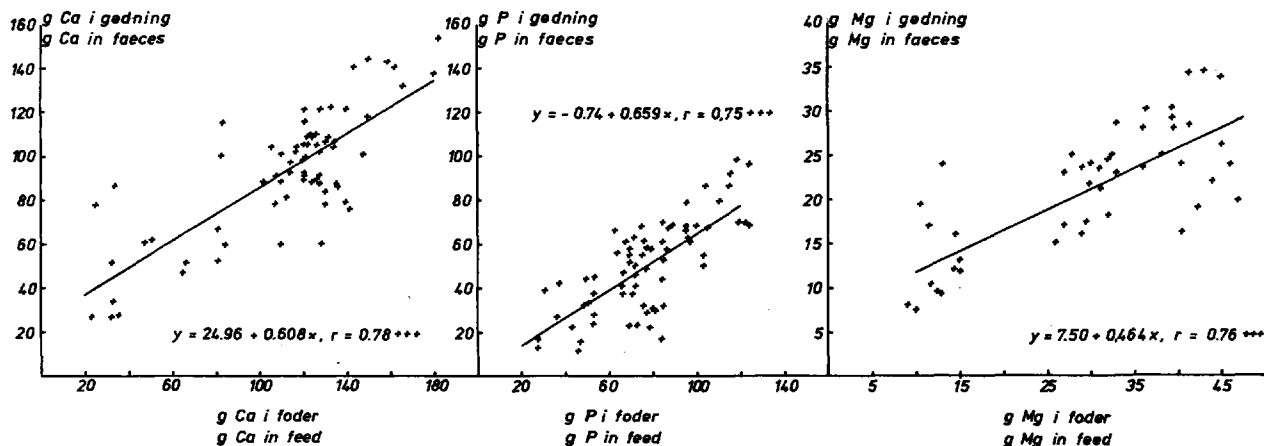


Fig. 3. Sammenhængen mellem Ca, P og Mg optagelsen og udskillelsen i gødningen  
*Relationship between intake of Ca, P and Mg and excretion in faeces*

bliver udskilt ca. 25 g Ca fra den intermediære Ca-omsætning, medens hældningskoefficienten angiver, at 60.8% af det med foderet tilførte Ca udskilles i gødningen. Den sande fordøjelighed af Ca i dette område svarer således til 39.2%.

I urinen udskiltes kun små mængder Ca svarende til 0.3–1.7 g/dag. Udskillelsen af Ca i mælken er afhængig af den daglige mælkeydelse og svarede til ca. 1.1–1.2 g pr. kg. Tilsvarende værdier blev også fundet af Møller (1972).

Da Ca-udskillelsen gennem urinen nærmest kan negligeres, betyder dette, at de fordøjede Ca-mængder kan ligestilles med den mængde Ca, der er til rådighed for udnyttelsen (Ca ford. = Ca udn.), hvilket blev bekræftet af korrelationen på 0.997 mellem de to parametre.

### **P-omsætningen**

Fosforomsætningen fremgår ligeledes af tabel 2. Forholdet mellem Ca:P i rationerne har varieret fra 0.56–1.60, og der er gennemsnitligt optaget fra 32.2–53.0 g P pr. dag. På alle rationer er der fundet større P-mængder i duodenalindholdet, end der var tilført med foderet. Dette viser en gennemsnitlig sekretion af fosfor til formaverne fra 5.3–42.9 g daglig, hvilket er i overensstemmelse med værdier for malkekøer af Rogers og Van't Klooster (1969). Ligesom for Ca blev sammenhængen mellem P-optagelsen og P i duodenalindholdet beregnet, men på grund af den stærkt varierende P-sekretion til formaverne var sammenhængen mellem de betragtede parametre ikke signifikant ( $P > 0.05$ ). I modsætning til Ca er der absorberet P fra tyndtarmen på alle rationer varierende fra 36.5–67.4% af den fosformængde, der fandtes ved duodenum.

Netto P-sekretionen eller absorptionen i de forskellige fordøjelsesafsnit fremgår af figur 4.

Det fremgår af figur 4, at der fandtes en netto P-sekretion til formaverne på alle rationer varierende fra 10.7–107.5% af P-optagelsen. I modsætning til Ca fandtes derimod en netto P-absorption i tarmafsnittet på alle rationer varierende fra 44.5–122.9% af P-optagelsen. Den gennemsnitlige fosforbalance var positiv eller svagt negativ varierende fra  $\div 1.8$  g på ration 4 til  $+10.6$  g pr. dag på ration 5.

Med stigende Ca:P-forhold i foderet fra 0.58–1.04 har der på rationerne 1–3 selv ved aftagende P-optagelse været en næsten konstant P-udskillelse i gødningen fra gennemsnitlig 19.5–22.1 g pr. dag, medens P-udskillelsen i urinen aftog fra 27.0–18.7 g pr. dag og til 1.3–2.1 g ved Ca:P-forhold på henholdsvis 1.55 og 1.60 på ration 5 og 6. Med de lave Ca:P-forhold udskiltes der således 50–58% af optaget P i urinen, medens der kun udskiltes 2.5–4.1% P i urinen på rationerne med de største Ca:P-forhold. Lignende forhold blev også fundet af Møller (1969). For at beregne en sammenhæng mellem P-optagelsen og udskillelsen i gødningen blev værdierne fra undersøgelserne med malkekøer (Møller

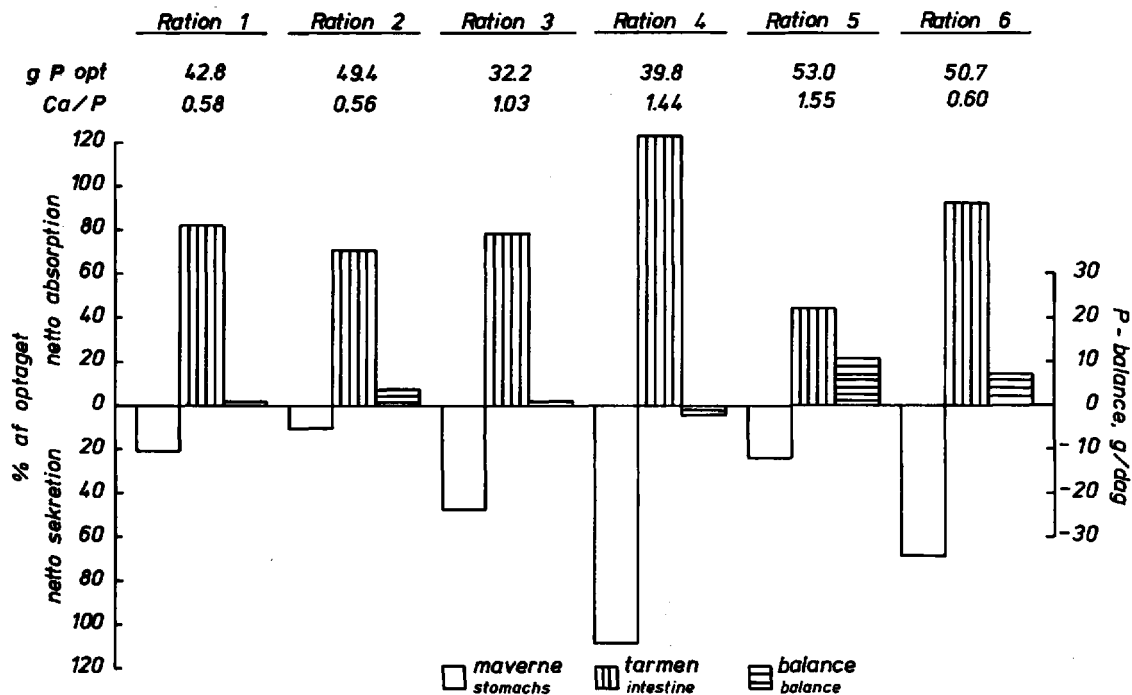


Fig. 4. Fosforomsætningen i mave-tarmkanalen (% af optaget)  
 Metabolism of phosphorus in the gastro-intestinal tract (% of intake)

1972) sammenlagt med resultaterne fra disse forsøg og fremstillet grafisk i figur 3. Der fandtes følgende afhængighed mellem g P optaget (x) og g P udskilt i gødningen (y):

$$3. P_{\text{gød.}} = -0.74 + 0.659 P_{\text{opt.}}, s_b = 0.070, r = 0.75^{***}, n = 71$$

Sammenhængen var signifikant ( $P < 0.001$ ). Den sande fordøjelighedskoefficient for P blev beregnet til 34.1%. Da fosforudnyttelsen er afhængig af Ca:P-forholdet i foderet samt fosforets anionbindingsform, blev afhængigheden mellem Ca- og P-udskillelsen i gødningen beregnet, når værdierne blev sammenlagt med resultaterne fra Møller (1972). Herved opnåedes, at Ca:P-forholdet i de benyttede rationer varierede fra 0.6–1.9. Der fandtes følgende sammenhæng for g P udskilt (y) i afhængighed af g Ca udskilt (x) i gødningen:

$$4. P_{\text{gød.}} = -6.70 + 0.613 Ca_{\text{gød.}}, s_b = 0.047, r = 0.84^{***}, n = 71$$

Sammenhængen mellem de to parametre, der er vist grafisk i figur 5, var signifikant ( $P < 0.001$ ).

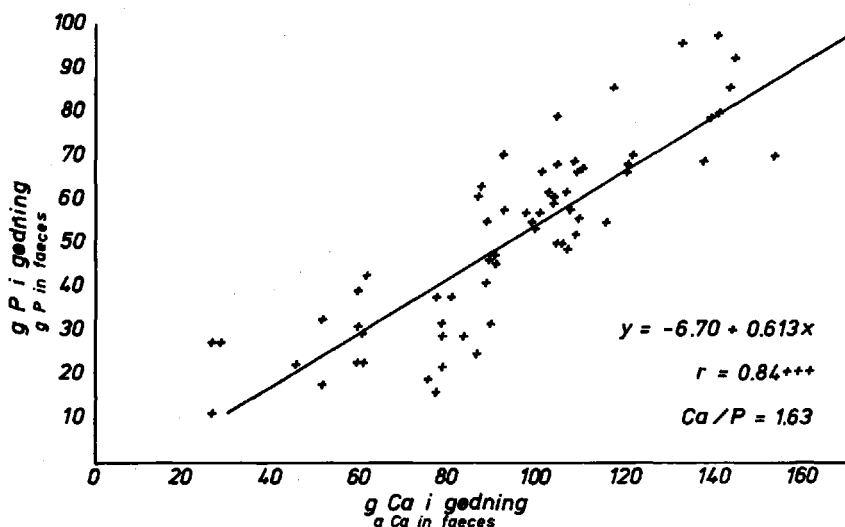


Fig. 5. Sammenhængen mellem fosfor og calciumudskillelsen i gødningen  
Relationship between phosphorus and calcium excretion in faeces

Spredningen på interceptværdien var 4.6, hvilket svarer til et 95% konfidensinterval fra  $\div 15.8$  til  $\div 2.4$ . Beregningerne tyder således på, at P-udskillelsen i gødningen næsten ikke forekommer, når der ikke samtidigt udskilles Ca. Hældningskoefficienten viser derimod, at ikke alt P i gødningen er bundet som

tertiært Ca-fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), der har et Ca:P-forhold som 2:1, men at P også udskilles i form af andre forbindelser som f.eks. Na- eller K-salte samt som endogent enzym-P eller mikrobielt-P. Ca:P-forholdet i gødningen var i disse beregninger 1.63 (1:0.613), hvilket ligeledes er lavere end forholdet i tertiært Ca-fosfat.

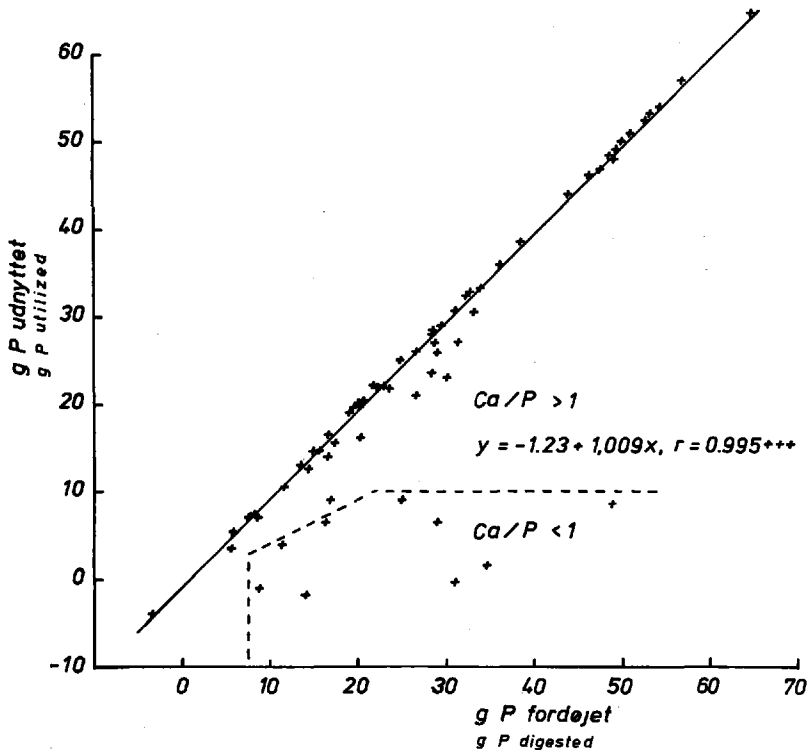


Fig. 6. Sammenhængen mellem fosfor udnyttet og fosfor fordøjet  
Relationship between apparent digested phosphorus and phosphorus utilized

Indflydelsen af Ca-optagelsen eller Ca:P-forholdet i foderet på P-udnyttelsen fremgår tydeligt af figur 6, der viser en stor sammenhæng mellem g P udnyttet og g P fordøjet for alle rationer med et Ca:P-forhold mellem 1.0–1.9.

$$5. P_{\text{udn.}} = -1.23 + 1.01 P_{\text{ford.}}, r = 0.995^{***}, n = 56$$

Denne sammenhæng svarer nøje til den snævre sammenhæng mellem g Ca udnyttet og g Ca fordøjet.

Det fremgår ligeledes af figur 6, at P-udnyttelsen for alle Ca:P-forhold lavere end 1.0 ikke når op på den retliniede punktsamling. Forklaringen herpå er



den større P-udskillelse i urinen fra 8–50 g P pr. dag mod 0.1–5.7 g P for Ca:P-forhold fra 1.1–1.9. På grund af Ca:P-forholdets variation inden for nævnte grænser har der med stigende P-optagelse også været en stigende Ca-optagelse og dermed Ca-udnyttelse. Resultaterne antyder således, at P-udskillelsen i urinen kan nedsættes, når Ca-optagelsen eller -udnyttelsen stiger. Tilsvarende fandt Lueker og Lofgreen (1961) en nedsættelse af endogent P med stigende Ca-absorption, hvor den mindste udskillelse af endogent P forekom ved et Ca:P-forhold på 6.0.

Fosforudskillelsen i urinen bekræfter ovennævnte resultater, idet denne var svagt negativt korreleret med Ca-udnyttelsen ( $r = -0.52$ ,  $P < 0.001$ ), hvilket også er fundet hos får af Braithwaite (1975). Da P-tabet i urinen derfor kan påvirkes af Ca-udnyttelsen, fandtes endvidere en signifikant sammenhæng ( $P < 0.001$ ) mellem g P udnyttet og g Ca udnyttet, hvilket fremgår af følgende ligning:

$$6. P_{\text{udn.}} = 12.88 + 0.544 Ca_{\text{udn.}}, s_b = 0.064, r = 0.71^{***}, n = 70$$

Af ligningen fremgår, at det optimale Ca:P-forhold for Ca- og P-udnyttelsen var som 1.84:1 (1:0.544). Dette forhold svarer til forholdet i dyrekroppen og er i god overensstemmelse med litteraturværdier fra ARC (1965), Günther (1966) samt Günther et al. (1975). Interceptværdien angiver den mængde P, der stammer fra den intermediære recirkulering og viser den nødvendige mængde P, der bør være til rådighed for de intermediære stofskifteprocesser for køer med en gennemsnitlig legemsvægt på ca. 500 kg, når organismen ikke kræver Ca til stofskiftefunktionerne.

### Mg-omsætningen

Den gennemsnitlige Mg-optagelse varierede ifølge tabel 2 fra 10.7–29.4 g pr. dag med den største optagelse på græsrationer, hvor der blev givet et tilskud af en mineralblanding med ekstra Mg. I duodenalindholdet fandtes gennemsnitlig fra 6.0–13.0 g Mg pr. dag, hvilket i modsætning til Ca og P er mindre, end der er optaget med foderet. Dette viser en Mg-absorption i formaverne fra 0.9–16.4 g pr. dag. En korrelationsberegning viste en signifikant indflydelse af Mg-optagelsen på Mg-absorptionen i formaverne ( $r = 0.89$ ,  $P < 0.001$ ) i det her betragtede interval.

Følgende sammenhæng mellem g Mg optaget (x) og g Mg i duodenalindholdet (y) blev beregnet:

$$7. Mg_{\text{duod.}} = 3.10 + 0.463 Mg_{\text{opt.}}, s_b = 0.085, r = 0.84^{***}, n = 14$$

Sammenhængen mellem de to parametre var signifikant ( $P < 0.001$ ). Hældningskoefficienten angiver, at 53.7% af det Mg, der optages med foderet, skulle være tilgængelig for absorption i formaverne. Desuden viser ligningen, at der tilføres formaverne 3.1 g endogent Mg daglig bl.a. gennem spyttet. For en

daglig Mg-optagelse på f.eks. 40 g udgør nettoabsorptionen fra formaverne således kun 18.4 g, idet der af 21.5 g tilgængeligt foder-Mg må fratrækkes de 3.1 g Mg, der tilføres fra den intermediære Mg-cyklus. Absorptionen i formaverne udgør således 46.0% af de tilførte 40 g Mg.

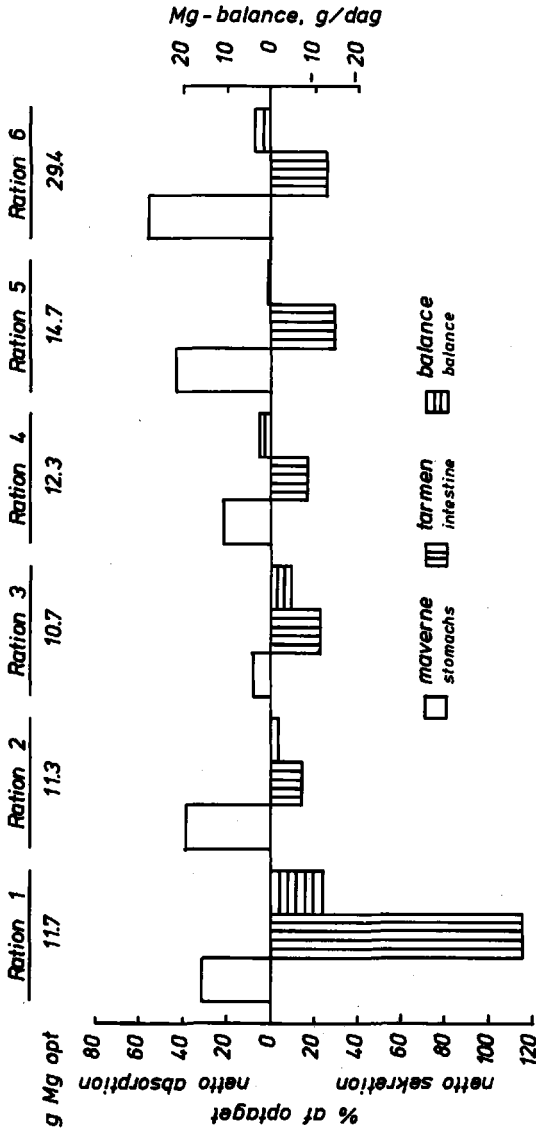


Fig. 7. Magnesiumomsætningen i mave-tarmkanalen (% af optaget)  
Metabolism of magnesium in the gastro-intestinal tract (% of intake)

I gødningen fandtes gennemsnitlig fra 1.6–13.5 g Mg mere end i duodenalindholdet svarende til, at der på ingen af de 5 rationer har fundet en nettoabsorption i tarmafsnittet sted. Dette er anskueliggjort i figur 7, der viser en nettoabsorption fra 8.4–55.8% Mg i formaverne, medens nettosekretionen til tarmen har varieret fra 14.2–115.4% af Mg-optagelsen.

Ved benyttelse af værdierne fra Møller (1972) blev følgende sammenhæng mellem g Mg optaget (x) og g Mg udskilt i gødningen (y) beregnet:

$$8. \text{ Mg}_{\text{gød.}} = 7.50 + 0.464 \text{ Mg}_{\text{opt.}}, s_b = 0.057, r = 0.76^{***}, n = 48$$

Resultaterne er grafisk fremstillet i figur 3.

Det fremgår af ligningen, at sammenhængen er signifikant ( $P < 0.001$ ). I gødningen fandtes en netto Mg-udskillelse på 46.4% svarende til en nettofordøjelighed på 53.6%. Fordøjeligheden er i overensstemmelse med absorptionsgraden på 46% fra formaverne samt med fordøjelighedsværdier for Mg hos får af Grace et al. (1974) på 46–48%. Ligeledes viser ligningen, at der udskilles 7.5 g Mg i gødningen fra den intermediære omsætning, således at der mindst skal tildeles 14.0 g Mg ( $7.5:53.6 \times 100$ ), for at en ko kan dække behovet til denne funktion over en længere periode. Da spredningen på intercept-værdien er 1.8, kan mængden variere fra 10.6–17.4 g Mg.

En sammenlægning af balanceværdierne fra Møller (1972) med resultaterne fra disse forsøg resulterede i følgende signifikante ( $P < 0.001$ ) sammenhæng mellem g Mg optaget (x) og Mg-balancen i g (y):

$$9. \text{ Mg}_{\text{bal.}} = -8.00 + 0.373 \text{ Mg}_{\text{opt.}}, s_b = 0.060, r = 0.67^{***}, n = 48$$

Ligningen viser, at Mg-balancen var negativ indtil en Mg-optagelse på 21.4 g pr. dag. Da spredningen på interceptværdien er 1.9, kan den gennemsnitlige Mg-optagelse på 21.4 g variere fra 16.4–26.5 g. Da variationsintervallet for den intermediære Mg-udskillelse i gødningen har punkter fælles med variationsintervallet for Mg-balancen, må det antages, at Mg-behovet til denne funktion ligger inden for grænserne af fællesintervallet for den her betragtede Mg-optagelse.

### Na- og Cl-omsætningen

Køernes Na- og Cl-omsætning på de enkelte rationer fremgår af tabel 3.

Det ses af tabellen, at den gennemsnitlige Na-optagelse har varieret fra 8.5–26.7 g pr. dag. I duodenalindholdet blev der på alle rationer fundet meget mere Na, end der blev optaget med foderet. Dette kan forklares ved, at der til

**Tabel 3. Køernes optagelse og omsætning af mineralstofferne Na og Cl (g/dag)**  
*Daily intake and metabolism of Na and Cl (g)*

| n .....                           | Ration 1                     |                               | Ration 2                           |                                   | Ration 3                                        |                                      |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                   | Græsensilage<br>(ubehandlet) | Grasssilage<br>(untreated)    | Græsensilage<br>(0.4% myresyre)    | Grasssilage<br>(0.4% formic acid) | Fodersukkerroer, græs-<br>ensilage + kraftfoder | Beets, grasssilage<br>+ concentrates |
|                                   | 2                            | 2                             | 2                                  | 2                                 | 2                                               | 2                                    |
|                                   | Na                           | Cl                            | Na                                 | Cl                                | Na                                              | Cl                                   |
| I foder, <i>in diet</i> .....     | 26.7                         | 42.5                          | 24.8                               | 35.0                              | 10.8                                            | 23.6                                 |
| I duodenalindhold .....           | 174.4                        | 305.9                         | 127.6                              | 350.6                             | 155.9                                           | 289.4                                |
| <i>entering duodenum</i>          |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| I gødning, <i>in faeces</i> ..... | 2.9                          | 6.8                           | 2.6                                | 5.9                               | 1.9                                             | 3.5                                  |
| I urin, <i>in urine</i> .....     | 21.0                         | 1.0                           | 13.9                               | 28.9                              | 3.3                                             | 7.4                                  |
| I mælk, <i>in milk</i> *) .....   | 1.9                          | 2.6                           | 1.7                                | 3.3                               | —                                               | —                                    |
| Balance, <i>balance</i> .....     | 0.9                          | 32.1                          | 6.6                                | -3.1                              | 5.6                                             | 12.7                                 |
| Absorberet fra maverne .....      | -147.7                       | -263.4                        | -102.8                             | -315.6                            | -145.1                                          | -265.8                               |
| <i>absorbed from stomachs</i>     |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| Absorberet fra tarmen .....       | 171.5                        | 299.1                         | 125.0                              | 344.7                             | 154.0                                           | 285.9                                |
| <i>absorbed from intestines</i>   |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| Absorberet fra tarmen             |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| % af duodenalindhold .....        | 98.3                         | 97.8                          | 98.0                               | 98.3                              | 98.9                                            | 98.8                                 |
| <i>absorbed from intestines</i>   |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| <i>of contents at duodenum, %</i> |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| n .....                           | Ration 4                     |                               | Ration 5                           |                                   | Ration 6                                        |                                      |
|                                   | Græsensilage<br>+ kraftfoder | Grasssilage<br>+ concentrates | Græsensilage<br>(0.4% formaldehyd) | Grasssilage<br>(0.4% formaldehyd) | Græs                                            | Grass                                |
|                                   | 4                            | 2                             | 2                                  | 2                                 | 2                                               | 2                                    |
|                                   | Na                           | Cl                            | Na                                 | Na                                | Na                                              | Na                                   |
| I foder, <i>in diet</i> .....     | 11.3                         | 106.8                         | 8.7                                | 8.7                               | 8.5                                             | 8.5                                  |
| I duodenalindhold .....           | 247.7                        | 538.5                         | 186.5                              | 186.5                             | 245.2                                           | 245.2                                |
| <i>entering duodenum</i>          |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| I gødning, <i>in faeces</i> ..... | 3.3                          | 9.8                           | 2.9                                | 2.9                               | 3.9                                             | 3.9                                  |
| I urin, <i>in urine</i> .....     | 6.0                          | 23.4                          | 0.8                                | 0.8                               | 1.8                                             | 1.8                                  |
| I mælk, <i>in milk</i> *) .....   | —                            | —                             | —                                  | —                                 | 1.9                                             | 1.9                                  |
| Balance, <i>balance</i> .....     | 2.0                          | 73.6                          | 5.0                                | 5.0                               | 0.9                                             | 0.9                                  |
| Absorberet fra maverne .....      | -236.4                       | -431.7                        | -177.8                             | -177.8                            | -236.7                                          | -236.7                               |
| <i>absorbed from stomachs</i>     |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| Absorberet fra tarmen .....       | 244.4                        | 528.7                         | 183.6                              | 183.6                             | 241.3                                           | 241.3                                |
| <i>absorbed from intestines</i>   |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| Absorberet fra tarmen             |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| % af duodenalindhold .....        | 98.7                         | 98.2                          | 98.4                               | 98.4                              | 98.4                                            | 98.4                                 |
| <i>absorbed from intestines</i>   |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |
| <i>of contents at duodenum, %</i> |                              |                               |                                    |                                   |                                                 |                                      |

\*) n = 1, den ene ko på disse rationer var gold. For den aktuelle mineralmængde i mælken se appendix tabel 1.

formaverne blev tilført fra 102.8–236.4 g Na fra den intermediære elektrolyt-cirkulation svarende til 4.1–27.8 gange den mængde Na, der blev tilført med foderet. Natriumsekretionen til formaverne og absorption fra tarmafsnittet er i gram pr. dag vist i figur 8.

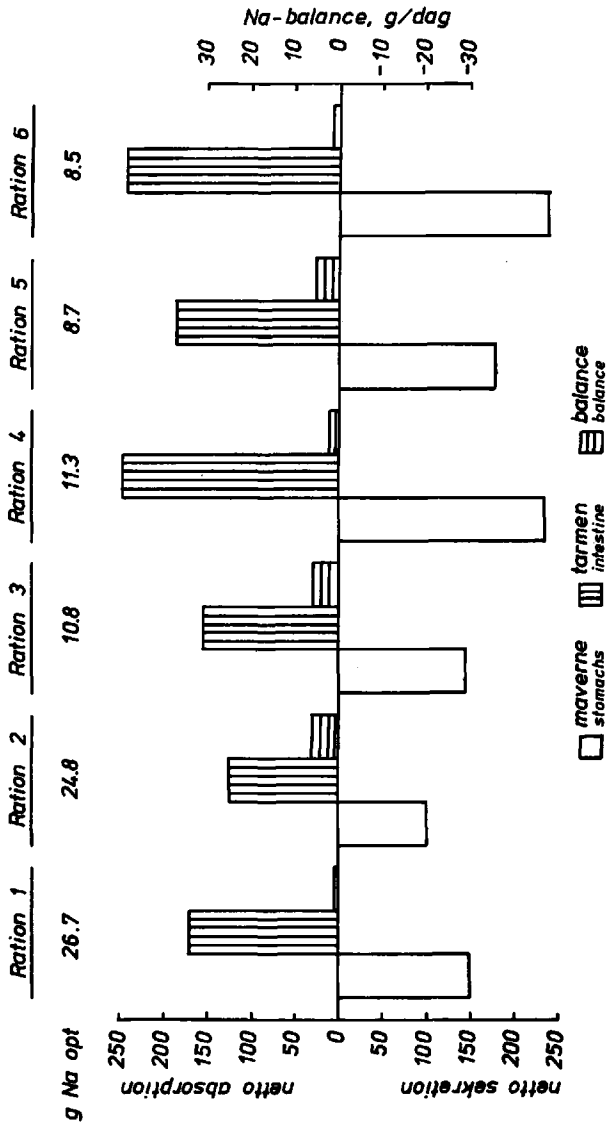


Fig. 8. Natriumomsætningen i mave-tarmkanalen (g/dag)  
Metabolism of sodium in the gastro-intestinal tract (g/day)

Det fremgår endvidere af figur 8, at den mindste Na-sekretion til formaverne fandtes for de rationer med den største Na-optagelse. Det antydes således, at den tilførte Na-mængde virker regulerende på den mængde, der bl.a. med spyttet tilføres formaverne for at der opnås en isotonisk status, før fodermassen passerer til duodenum. Efter Rogers og Van't Kloster (1969) tilføres Na ligeledes til duodenalafsnittet. I tarmafsnittet blev de Na-mængder, der tilførtes formaverne næsten totalt reabsorberet. I forhold til den mængde, der fandtes ved duodenum, blev der absorberet fra 98.0–98.9% Na i det samlede tarmafsnit (tabel 3).

Den største Na-udskillelse fra 30.5–78.7% af optagelsen med foderet fandtes i urinen på rationerne 1–4, medens der på rationerne 5 og 6 henholdsvis blev udskilt 9.2 og 21.2% Na med urinen. I gødningen blev der udskilt fra 10.5–29.2% og fra 33.3–45.9% for henholdsvis rationerne 1–4 og 5–6. Den gennemsnitlige natriumbalance var positiv på alle rationer (0.9–5.0 g/dag) svarende til, at en Na-optagelse på 9–11 g pr. dag vil være tilstrækkelig til at holde en udvokset ko i Na-balance (tabel 3).

I princippet svarer kloridomsætningen til Na-omsætningen, selv om, som det fremgår af tabel 3, der mængdemæssigt cirkulerer større Cl- end Na-mængder i den dyriske organisme. Den gennemsnitlige Cl-optagelse har varieret fra 23.6–106.8 g pr. dag. I duodenalindholdet fandtes større Cl-mængder, end der blev optaget med foderet, således at der blev tilført store mængder til formaverne som vist i figur 9.

Det kan ses af figur 9, at der gennemsnitligt tilførtes formaverne fra 263–432 g Cl pr. dag. Ifølge undersøgelser af v. Engelhardt og Hauffe (1975) foregår Cl-sekretionen i drøvtyggernes bladmave. I overensstemmelse med Cl-sekretionen til formaverne fandtes en stor Cl-absorption i tarmafsnittet varierende fra 285–529 g Cl pr. dag. I forhold til Cl-indholdet ved duodenum blev der absorberet fra 97.8–98.8% i hele tarmafsnittet.

I urinen blev der i forhold til optagelsen gennemsnitlig udskilt fra 2.3–56.0% Cl, medens udskillelsen i gødningen varierede fra 9.2–16.9%.

## Diskussion

Undersøgelserne over mineralomsætningen i kvægets fordøjelseskanal blev gennemført på forskellige rationer af græsensilage tilsat myresyre eller formaldehyd, rent græs samt blandede foderrationer. Resultaterne giver et indblik i, hvor i mave-tarmkanalen de her undersøgte mineraler absorberes eller re-cirkuleres mellem fordøjelseskanalen og vævsvæsker, samt hvordan de enkelte rationer og mineralmængder i foderet kan påvirke disse forhold.

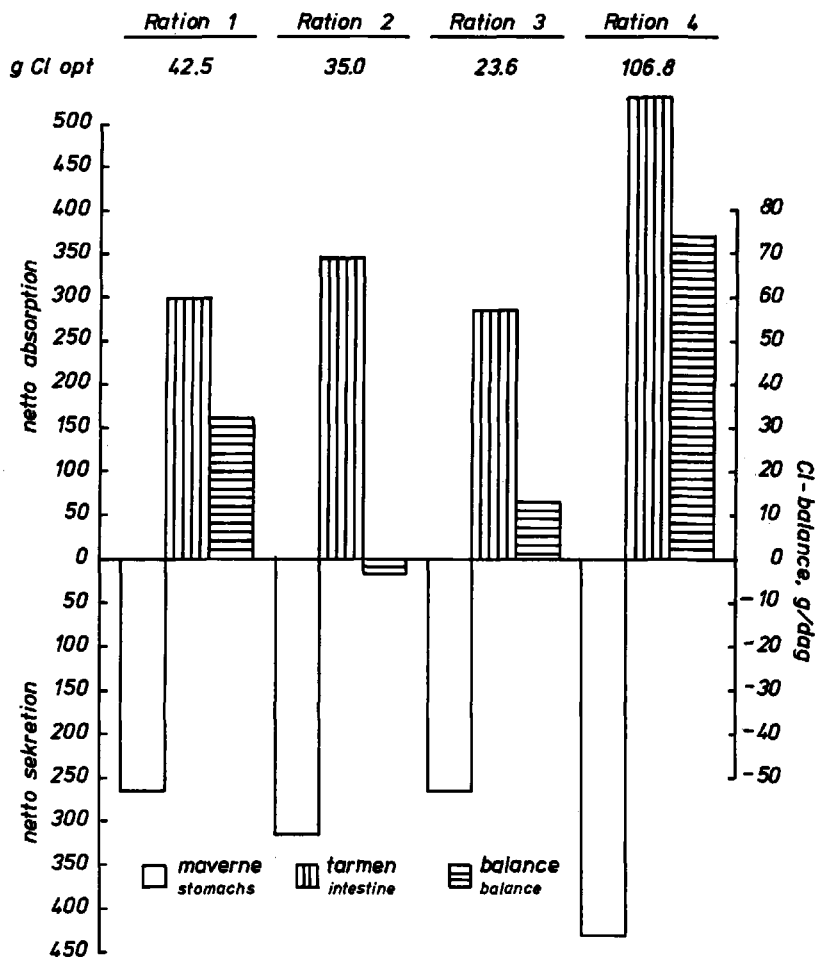


Fig. 9. Cloromsætningen i mave-tarmkanalen (g/dag)  
Metabolism of chloride in the gastro-intestinal tract (g/day)

#### Ca:P-forholdet

Forholdet mellem Ca:P har i de gennemførte re-entrant forsøg varieret fra 0.56 til 1.60, hvilket kunne tyde på en Ca-underforsyning på rationer med et lavt Ca-indhold, men Ca-behovet var dækket efter gældende normer (Nemmann-Sørensen 1974). I de citerede og i beregningerne benyttede balanceforsøg med malkekøer (Møller 1972) har Ca:P-forholdet varieret fra 1.1–2.0. Ifølge undersøgelser af Young et al. (1966) samt Braithwaite (1975) vil en variation i Ca:P-forholdet i foderet fra ca. 1.0–3.0 ikke påvirke absorptionen af

Ca og P fra fordøjelseskanaalen mærkbart. I forsøg med får fandt Braithwaite (1975), at P-udnyttelsen var påvirket i rationer med Ca-mangel, idet der ligesom i de her gennemførte undersøgelser fandtes en snæver sammenhæng mellem Ca- og P-udnyttelsen (fig. 5). Nærværende resultater antydede, at P-udnyttelsen steg med stigende Ca-mængder eller Ca:P-forhold i rationen, idet P-udskillelsen i urinen faldt fra 54% til 2.5% med et Ca:P-forhold på henholdsvis 0.56 og 1.55.

En sammenligning af Ca:P-forholdet i foder, duodenalindhold og gødning er foretaget i tabel 4.

**Tabel 4. Ca:P-forholdet i foder, duodenalindhold og gødning**  
*Ca:P-ratio in feed, duodenal content and faeces*

|                         | Ration |      |      |      |      |      |
|-------------------------|--------|------|------|------|------|------|
|                         | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Foder .....             | 0.58   | 0.56 | 1.03 | 1.44 | 1.55 | 1.60 |
| <i>feed</i>             |        |      |      |      |      |      |
| Duodenalindhold .....   | 0.57   | 0.58 | 0.78 | 0.89 | 1.26 | 0.75 |
| <i>duodenal content</i> |        |      |      |      |      |      |
| Gødning .....           | 4.20   | 1.41 | 1.82 | 1.63 | 2.44 | 1.53 |
| <i>faeces</i>           |        |      |      |      |      |      |

Med undtagelse af de første to rationer er Ca:P-forholdet i duodenalindholdet sammenlignet med foderet altid lavere. I gødningen stiger forholdet igen til værdier, der er større end forholdet i foderet. Variationerne i Ca:P-forholdet gennem tarmkanaalen antyder, at P i tyndtarmen på grund af det lave pH fra 2.3–4.8 i dette afsnit ikke er bundet til Ca og må foreligge og absorberes som primært fosfat. Tyndtarmens lave pH forhindrer desuden en dannelse af uopløseligt tertiært calciumfosfat, som tilfældet må være i den sidste del af tarmkanaalen, idet Ca:P-forholdet i gødningen med undtagelse af ration 1 nærmer sig forholdet i tertiært calciumfosfat.

### Ca-omsætningen

I de foreliggende undersøgelser fandtes en nær sammenhæng mellem Ca-optagelsen og Ca-udskillelsen i gødning samt mellem Ca- og P-udskillelsen i gødningen (fig. 4 og 5). D.v.s. at også den tilsyneladende fordøjelige mængde Ca eller P har en lineær afhængighed af mineraloptagelsen. På ensilageration 1 med den lave Ca-optagelse fandtes en større Ca-udskillelse i gødningen end den mængde, der var optaget med foderet. Sammenhængen mellem Ca- og P-udskillelsen i gødningen viste, at en del P udskilles i andre forbindelser end tertiært calciumfosfat, idet Ca:P-forholdet var lavere end 2:1 som i  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Efter Braithwaite (1975) synes P-udskillelsen i urinen, som i disse undersøgel-



ser, at være delvis afhængig af Ca-udnyttelsen, der igen er stigende med en stigende fordøjelighed.

Der synes at være forskel mellem rationerne for Ca-absorptionen eller sekretionen i de forskellige fordøjelsesaftnit (fig. 2). På myresyrebehandlet græsensilage (ration 2) med en gennemsnitlig Ca-optagelse på 28 g/dag har der ikke fundet en Ca-nettoabsorption sted fra formaverne men derimod fra tarmafsnittet. Ligeledes var Ca-balancen negativ. På formaldehydbehandlet græsensilage (ration 5) og en optagelse på 82 g Ca/dag fandtes en svag absorption af Ca fra formaverne men ingen absorption fra tarmafsnittet. Ca-balancen var ligeledes negativ. Derimod fandtes en positiv Ca-absorption fra formaverne og tarmafsnittet samt en positiv Ca-balance på græsration 6.

På de blandede rationer 3 og 4, der også indeholdt græsensilage, fandtes ligeledes en Ca-tilførsel til formaverne, medens der på græsration 6 fandtes en Ca-absorption fra formaverne. Bertoni et al. (1974) fandt ligledes en Ca-absorption fra formaverne hos køer. Ifølge v.Engelhardt og Hauffe (1975) kan mindre mængder Ca absorberes fra bladmaven.

### P-omsætningen

Fosforomsætningen i mave-tarmkanalen viste samme tendens på alle rationer, idet der til formaverne blev tilført gennemsnitlig ca. 46% af optaget fosfor, der igen blev absorberet i tarmafsnittene. Da fosfor tilføres vommen med spyttet, ser det ud til, at der på rationerne 4 og 6 har været en større spyttsekretion end på de andre rationer (fig. 4). I forhold til P-sekretionen til formaverne var P-absorptionen på gennemsnitlig ca. 54% fra tarmafsnittet imidlertid større. Ifølge undersøgelser af Ben Ghedalia et al. (1975) foregår P-absorptionen i hele tarmafsnittet, de største mængder absorberes dog fra 1–3 m efter pylorus.

Sammenhængen mellem P-udnyttelsen samt P-udskillelsen i urinen var lav. Derimod fandtes en signifikant sammenhæng mellem P-udnyttelsen og P-fordøjeligheden ( $r = 0.88^{***}$ ), P i urin og Ca-udnyttet ( $r = +0.52^{***}$ ) samt P-udnyttet og Ca-udnyttet ( $r = 0.71^{***}$ ). Dette viser, at P-udnyttelsen er signifikant påvirket af Ca-optagelsen, idet der også fandtes en signifikant sammenhæng mellem Ca-udnyttet og Ca optaget. Det optimale Ca:P-forhold for mineralernes udnyttelse var 1.84, hvilket svarer til forholdet i dyrekroppen samt til angivelser for får (ARC 1965, Braithwaite 1975, Günther et al. 1975). En forskydning i retning af et lavere Ca:P-forhold må medføre en stigende P-udskillelse i urinen. Da der imidlertid er en betydelig Ca- og P-reserve i skelettet, er kvæget tolerant over for afvigelser fra det optimale Ca:P-forhold. Med Ca:P-forhold fra 1.0–3.0 har man ikke kunnet påvise en negativ effekt på dyrenes livsyttringer.

### Mg-omsætningen

For Mg-omsætningen blev der på alle rationer fundet en nettoabsorption fra formaverne, medens der ikke fandtes en nettoabsorption fra tarmafsnittet (fig. 7). Dette er i overensstemmelse med Ben-Ghedalia et al. (1975), der fandt op til 80% opløseligt Mg i tarmindeholdet, uden at der absorberes Mg fra dette afsnit. Efter v.Engelhardt og Hauffe (1975) samt Ben-Ghedalia et al. (1975) foregår Mg-absorptionen fra bladmaven, medens vompepitelet er impermeabel for både P og Mg. Det blev beregnet, at 53.7% af det med foderet tilførte Mg kunne optages i formaverne, hvilket er i overensstemmelse med den beregnede fordøjelighed af Mg på 53.6%. Dette er ligeledes i god overensstemmelse med værdier fra Grace et al. (1974). Når Mg-absorptionen i tarmen ingen betydning har, kan teorien om en uopløselig forbindelse mellem Mg og  $\text{NH}_4\text{PO}_4$  fra ungt forårsgræs ikke have nogen betydning for Mg-udnyttelsen fra tarmafsnittene. Dette forhold kan derimod være af betydning for Mg-absorptionen fra formaverne.

Ligesom for Ca fandtes der relativt større Mg-mængder i gødningen, når Mg-optagelsen var lav. Regressionsberegningerne viste, at der skulle optages fra 16.4–17.4 g Mg, for at optagelsen modsvarer den endogene udskillelse i gødningen.

### Na- og Cl-omsætningen

Na- og Cl-omsætningen viste en betydelig recirkulation af disse elektrolytter, idet der henholdsvis tilførtes formaverne op til ca. 28 gange den Na-mængde, der blev tilført med foderet, og ca. op til 8 gange den mængde Cl, der tilførtes med foderet. Både Na og Cl blev reabsorberet fra 98–99% i tarmkanalen. Efter v.Engelhardt og Hauffe (1975) foregår over 50% af Cl-sekretionen til formaverne i bladmaven, medens Na hovedsageligt tilføres med spyttet, men samtidig foregår også en absorption af Na fra både vommen og bladmaven.

Resultaterne antyder således, at Na- og Cl-sekretionen til formaverne for opnåelse af en isotonisk status i tarmen overvejende reguleres af dyrets elektrolytstatus og i mindre udstrækning af indholdet i foderet. Af fig. 8 og 9 fremgår ligeledes, at Na- og Cl-absorptionen i tarmen er afhængig af sekretionen til formaverne.

De store ændringer, der finder sted i mineralsammensætningen fra foderet til tarmkanalen viser kvægets store evne til at korrigere en eventuel uheldig mineralafstemning i foderet via den betydelige sekretions/absorptionskapacitet i mave-tarmkanalen, således at der opnås en optimal ionfordeling i tarmen.

## Sammenfatning

Undersøgelser over omsætningen af de væsentligste makromineraler (Ca, P, Mg, Na, Cl) i forskellige afsnit af mave-tarmkanalen hos kvæg blev gennemført med 4 køer fordelt på forskellige foderrationer. Hver ko havde indopereret en permanent kanyle i vommen samt en re-entrantkanyle i det første afsnit af duodenum ca. 60 cm fra pylorus. Der blev tildelt 6 foderrationer, der både bestod af blandede og enkelte fodermidler (ensilage, græs). Mineralstofbehovet i g pr. dag søgtes dækket i henhold til gældende normer, selv om Ca:P-forholdet mellem rationerne blev varieret fra 0.56–1.60 (tabellerne 2 og 3). Der fandtes væsentlige forskelle i de undersøgte mineralers absorption/sekretionsafsnit gennem mave-tarmkanalen samt i reguleringen af mineraludskillelsen via urinen eller gødningen. For udskillelsen af fosfor synes der eksempelvis at eksistere en afhængighed af calciumomsætningen. Følgende væsentlige resultater blev opnået:

1. På såvel rene ensilagerationer som blandede rationer indeholdende ensilage fandtes en Ca-sekretion til formaverne fra 10.5–28.7% af Ca-optagelsen. Ligeledes var Ca-balancen negativ, og der fandtes ingen netto Ca-absorption fra tarmafsnittet på ensilagerationerne (1, 3 og 5). Resultaterne antydede, at en tilsætning af myresyre ved ensileringen delvis kunne ophæve den stærke Ca-sekretion til tarmafsnittet. På græsrationen fandtes derimod en Ca-absorption fra formaverne på 20.8% og en positiv Ca-balance.
2. Sammenhængen mellem optagelsen og udskillelsen af Ca, P og Mg i gødningen var lineær og signifikant ( $r = 0.78\text{--}0.84$ , fig. 3).
3. I modsætning til Ca fandtes en P-sekretion til formaverne på alle rationer varierende fra 10.7–107.8% af P-optagelsen. Ligeledes fandtes på alle rationer en P-absorption i tarmafsnittet fra 36.5–67.4% af indholdet ved duodenum.
4. Afhængig af Ca-optagelsen eller Ca:P-forholdet i rationen udskiltes gennemsnitlig fra 2.5–54.2% P i urinen. På de lavere Ca:P-forhold under 1.0 fandtes ingen sammenhæng mellem P-udnyttelsen og den tilsyneladende P-fordøjelighed, medens sammenhængen var signifikant ( $r = 0.995$ ) på rationer med et Ca:P-forhold fra 1.0–1.9 (fig. 6).
5. Ved hjælp af regressionsmetoden blev beregnet, at det optimale Ca:P-forhold i rationen for en maksimal udnyttelse af begge mineraler var 1.84:1.
6. En nettoabsorption af Mg fandtes kun fra formaverne varierende fra 0–72.4% af Mg-optagelsen. Ved hjælp af regressionsmetoden fandtes en netto Mg-absorption fra formaverne på gennemsnitlig 53.7%.
7. Der fandtes en betydelig nettosekretion af både Na og Cl til formaverne varierende fra henholdsvis 4.1–27.8 og fra 4.0–11.3 gange den mængde, der blev optaget med foderet. I tarmafsnittet fandtes en re-absorption af begge mineraler fra 98–99%.

## Summary

Investigations on the metabolism of the major minerals (Ca, P, Mg, Na, Cl) in the gastro-intestinal tract of cattle were carried out on 6 different rations with 4 dry or lactating cows. Each cow was fitted with a rumen cannula and a re-entrant cannula in the proximal duodenum about 60 cm behind the pylorus. The 6 rations consisted of 2 mixed rations and 4 single component feeds (silage untreated, formic acid and formaldehyde treated silage and grass). Minerals were added according to present requirements (Neimann-Sørensen 1974), and the Ca:P ratio varied between 0.56–1.60. Faeces, urine, and milk were collected for 7 day periods and analysed. Major differences in the absorption/secretion of the minerals along the gastro intestinal tract as well as in the regulation of excretion via urine or faeces were found. For phosphorus the excretion seems to depend on the calcium metabolism. The following major results were obtained:

1. On both silage rations as well as mixed rations containing silage a net secretion of Ca to the forestomachs from 10.5–28.7% of intake was found. The Ca-balance was negative and no net-absorption occurred from the intestines when silage rations 1, 3 and 5 were fed. The results indicated a decreased net Ca secretion to the intestines on formic acid treated silage. On the grass ration an absorption of 20.8% Ca from the forestomachs occurred, and the Ca balance was positive.
2. The relationship between intake and excretion of Ca, P and Mg in faeces was linear and significant ( $r = 0.78$ – $0.84$ , fig. 3). As the excretion of Ca in urine did not exceed 0.3–1.7 g per day the true digestibility of 39.2% is equal to the utilization of Ca.
3. For P a net secretion to the forestomachs of 10.7–107.8% of intake occurred. On all rations a net absorption from the intestines of 36.5–67.4% of content at duodenum was found.
4. Depending on the Ca intake or the Ca:P ratio in the ration a P excretion of 2.5–54.2% in urine occurred. On Ca:P ratios below 1.0 no relationship between P utilization and apparent P digestibility was found, whereas the relationship was significant ( $r = 0.995$ ) on Ca:P ratios between 1.0–1.9 (Fig. 6).
5. Based on regression equations an optimal Ca:P ratio of 1.84:1 was calculated.
6. A net absorption of Mg between 0–72.4% of intake occurred in the forestomachs. Regression calculations showed an average Mg absorption of 53.7% from the forestomachs.
7. Considerable net secretions of Na and Cl in the forestomachs of 4.1–27.8 and 4.0–11.3 times the amount in feed, respectively, occurred. Net absorptions of both minerals in the intestines between 98–99% of content at duodenum were found.

## Litteraturliste

- ARC (1965): The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 2 Ruminants. Agric. Res. Council London.
- Ben-Ghedalia, D., Tagari, H., Zamwel, S. and Bondi, R. (1975): Solubility and net exchange of calcium, magnesium and phosphorus in digesta flowing along the gut of the sheep. *Br. J. Nutr.* 33, 87.
- Bertoni, G., Watson, M.J., Savage, G.P. and Armstrong, D.G. (1974): The movements of minerals in the digestive tract of dry and lactating Jersey cows. IV International Symp. on Rum. Physiol. Sydney, Progr. Handbook, 63.
- Braithwaite, G.D. (1975): Studies on the absorption and retention of calcium and phosphorus by young and mature Ca-deficient sheep. *Br.J.Nutr.* 34, 311.
- v.Engelhardt, W. und Hauße, R. (1975): Funktion des Blättermagens bei kleinen Hauswiederkäuern. IV. Resorption und Sekretion von Elektrolyten. *Zbl. Vet. Med. A*, 22, 363.
- Grace, N.D., Ulyatt, M.J. and MacRae, J.C. (1974): Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. III. The movement of Mg, Ca, P, K and Na in the digestive tract. *J.agric.Sci., Camb.* 82, 321.
- Günther, K. (1966): Zur Frage der Mineralstoffverwertung bei monogastrischen Tieren. Untersuchungen über Skelettentwicklung und Ossifikation bei Jungratte, Küken und Ferkel. Habilitationsschrift der Landw. Fak. der Univ. Göttingen. pp 166.
- Günther, K., Tölle-Nolting, J. und Yücelen, Y. (1975): Untersuchungen zum Mineralstoffumsatz und -ansatz bei kleinen Wiederkäuern in der Wachstumsphase. 1. Mitt. *Z. Tierphysiol., Tierern. u. Futtermittelk.* 35, 76.
- Lueker, C.E. and Lofgreen, G.P. (1961): Effects of intake and calcium to phosphorus ratio on absorption of these elements by sheep. *J. Nutr.* 74, 233.
- Møller, P.D. (1969): Undersøgelser over fodringens indflydelse på vomgæring og mælkens fedtprocent. Køernes mineralstofomsætning. *Landøkonomisk Forsøgslaboratorium årbog*, 347.
- Møller, P.D. (1972): Undersøgelser over mineralstofomsætningen hos malkekøer. *Landøkonomisk Forsøgslaboratorium årbog*, 284.
- Neimann-Sørensen, A. (1974): Kvægets mineralstofbehov. Forelæsninger for landbrugsstuderende ved Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Cit. efter mineralstoffabel LIK 1974.
- Rogers, P.A.M. and Van't Klooster, A.Th. (1969): The fate of Na, K, Ca, Mg and P in the digesta. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*, 69.

**Appendix, tabel 1. Køernes mineralomsætning (g/dag)**  
*Mineralmetabolism of the cows (g/day)*

| Ko nr., cow No. ....        | Ration 1                     |       | Ration 2                         |      | Ration 3                                        |       | Ration 4                  |        |         |        | Ration 5                           |        | Ration 6 |        |
|-----------------------------|------------------------------|-------|----------------------------------|------|-------------------------------------------------|-------|---------------------------|--------|---------|--------|------------------------------------|--------|----------|--------|
|                             | Græsensilage<br>(ubehandlet) |       | Græsensilage<br>(0.4% myresyre)  |      | Fodersukkerroer, græs-<br>ensilage + kraftfoder |       | Græsensilage + kraftfoder |        |         |        | Græsensilage<br>(0.4% formaldehyd) |        | Græs     |        |
|                             | Græssilage<br>(untreated)    |       | Græssilage<br>(0.4% formic acid) |      | Beets, græssilage<br>+ concentrates             |       | Græssilage + concentrates |        |         |        | Græssilage<br>(0.4% formaldehyde)  |        | Grass    |        |
|                             | 162 U                        | R1 U  | 162 M                            | R1 M | R1 I                                            | 162 I | 157 I                     | 157 II | 157 III | 157 IV | 175 I                              | 175 II | 175 III  | 175 IV |
| <b>Calcium:</b>             |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| I foder, in diet .....      | 34.2                         | 24.0  | 32.5                             | 22.8 | 34.5                                            | 32.1  | 66.6                      | 50.3   | 47.6    | 65.2   | 82.9                               | 81.7   | 80.7     | 81.5   |
| Ved duodenum .....          | 41.5                         | 27.7  | 38.7                             | 24.6 | 38.3                                            | 35.3  | 60.7                      | 67.7   | 80.8    | 86.2   | 86.8                               | 76.5   | 60.7     | 67.7   |
| entering duodenum           |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| I gødning, in faeces .....  | 86.9                         | 78.4  | 27.5                             | 27.5 | 28.1                                            | 52.3  | 51.7                      | 62.2   | 60.1    | 46.5   | 115.6                              | 100.0  | 66.5     | 53.1   |
| I urin, in urine .....      | 0.2                          | 2.3   | 0.2                              | 1.8  | 0.2                                             | 0.0   | 3.9                       | 0.6    | 0.3     | 2.0    | 1.0                                | 0.5    | 2.1      | 1.1    |
| I mælk, in milk .....       | 6.1                          | —     | 4.9                              | —    | —                                               | —     | —                         | —      | —       | —      | —                                  | —      | 6.1      | —      |
| Balance, balance .....      | -59.0                        | -56.7 | -0.1                             | -6.5 | 6.2                                             | -20.1 | 11.0                      | -12.5  | -12.8   | 16.7   | -33.6                              | -18.8  | 6.0      | 27.3   |
| Absorberet fra maverne .... | -7.3                         | -3.7  | -6.2                             | -1.8 | -3.8                                            | -3.2  | 5.9                       | -17.5  | -33.2   | -21.0  | -3.9                               | 5.2    | 20.0     | 13.8   |
| absorbed from stomachs      |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| Absorberet fra tarmen ..... | -45.4                        | -50.8 | 11.2                             | -2.9 | 10.1                                            | -17.0 | 9.0                       | 5.5    | 20.8    | 39.7   | -28.8                              | -23.4  | -5.8     | 14.6   |
| absorbed from intestines    |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| <b>Fosfor:</b>              |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| I foder, in diet .....      | 53.0                         | 46.5  | 52.6                             | 46.2 | 35.9                                            | 28.4  | 48.5                      | 37.0   | 30.9    | 42.7   | 53.4                               | 52.6   | 50.5     | 50.9   |
| Ved duodenum .....          | 69.6                         | 51.3  | 66.8                             | 42.5 | 49.2                                            | 45.6  | 82.4                      | 82.6   | 72.8    | 93.0   | 69.8                               | 59.6   | 90.1     | 81.1   |
| entering duodenum           |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| I gødning, in faeces .....  | 23.9                         | 15.5  | 27.5                             | 11.5 | 27.2                                            | 17.0  | 31.9                      | 42.1   | 38.6    | 22.4   | 44.9                               | 37.2   | 44.9     | 33.3   |
| I urin, in urine .....      | 22.6                         | 31.3  | 16.2                             | 33.3 | 9.8                                             | 7.5   | 10.1                      | 9.0    | 7.7     | 4.3    | 1.5                                | 1.0    | 2.1      | 2.1    |
| I mælk, in milk .....       | 4.9                          | —     | 3.7                              | —    | —                                               | —     | —                         | —      | —       | —      | —                                  | —      | 4.8      | —      |
| Balance, balance .....      | 1.8                          | -0.3  | 5.2                              | 1.4  | -1.1                                            | 3.9   | 6.5                       | -14.1  | -15.4   | 16.0   | 6.9                                | 14.4   | -1.3     | 15.5   |
| Absorberet fra maverne .... | -16.6                        | -4.8  | -14.2                            | 4.2  | -13.4                                           | -17.2 | -33.9                     | -45.6  | -41.9   | -50.3  | -16.4                              | -6.9   | -39.6    | -30.2  |
| absorbed from stomachs      |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |
| Absorberet fra tarmen ..... | 45.7                         | 35.8  | 39.3                             | 30.6 | 22.1                                            | 28.6  | 50.5                      | 40.5   | 34.2    | 70.5   | 24.9                               | 22.3   | 45.2     | 47.8   |
| absorbed from intestines    |                              |       |                                  |      |                                                 |       |                           |        |         |        |                                    |        |          |        |

**Magnesium:**

|                                   |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|-----------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| I foder, <i>in diet</i> .....     | 12.9  | 10.4  | 12.4 | 10.1 | 10.0 | 11.3 | 8.9  | 14.4 | 11.7 | 14.3 | 14.8 | 14.6 | 29.4  | 29.5 |
| Ved duodenum .....                | 9.1   | 7.1   | 7.7  | 6.1  | 10.8 | 8.7  | 8.1  | 13.8 | 7.5  | 9.1  | 9.2  | 7.4  | 8.1   | 17.9 |
| <i>entering duodenum</i>          |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
| I gødning, <i>in faeces</i> ..... | 23.9  | 19.3  | 9.6  | 7.3  | 7.4  | 17.0 | 7.8  | 12.1 | 10.4 | 16.0 | 13.1 | 12.0 | 23.3  | 17.3 |
| I urin, <i>in urine</i> .....     | 1.5   | 1.0   | 1.1  | 1.0  | 1.8  | 2.7  | 9.0  | 1.7  | 1.4  | 2.0  | 2.6  | 1.9  | 5.6   | 4.1  |
| I mælk, <i>in milk</i> .....      | 0.6   | —     | 0.5  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 0.6   | —    |
| Balance, <i>balance</i> .....     | -13.1 | -9.9  | 1.2  | 1.8  | 0.8  | -8.4 | -7.9 | 0.6  | -0.1 | -3.7 | -0.8 | 0.7  | -0.1  | 8.2  |
| Absorberet fra maverne ....       | 3.8   | 3.3   | 4.7  | 3.9  | -0.8 | 2.6  | 0.8  | 0.6  | 4.2  | 5.2  | 5.6  | 7.2  | 21.3  | 11.6 |
| <i>absorbed from stomachs</i>     |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
| Absorberet fra tarmen .....       | -14.8 | -12.1 | -1.9 | -1.2 | 3.5  | -8.3 | 0.3  | 1.7  | -3.0 | -6.9 | -3.9 | -4.6 | -15.2 | 0.7  |
| <i>absorbed from intestines</i>   |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |

**Natrium:**

|                                   |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I foder, <i>in diet</i> .....     | 27.9   | 25.5   | 25.6   | 23.9   | 16.1   | 5.4   | 16.0   | 6.5    | 6.2    | 16.5   | 8.8    | 8.6    | 8.5    | 8.6    |
| Ved duodenum .....                | 168.8  | 180.0  | 128.4  | 126.8  | 206.9  | 104.8 | 169.7  | 246.0  | 291.3  | 283.8  | 196.0  | 177.0  | 255.7  | 234.8  |
| <i>entering duodenum</i>          |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |
| I gødning, <i>in faeces</i> ..... | 4.0    | 1.7    | 3.7    | 1.5    | 1.8    | 2.0   | 3.5    | 4.5    | 2.9    | 2.1    | 2.8    | 2.9    | 4.2    | 3.7    |
| I urin, <i>in urine</i> .....     | 18.8   | 23.1   | 12.2   | 15.6   | 5.1    | 1.5   | 14.8   | 4.9    | 2.2    | 2.2    | 0.8    | 0.7    | 2.4    | 1.2    |
| I mælk, <i>in milk</i> .....      | 3.7    | —      | 3.3    | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 3.7    | —      |
| Balance, <i>balance</i> .....     | 1.4    | 0.7    | 6.4    | 6.8    | 9.2    | 1.8   | -2.3   | -2.9   | 1.1    | 12.2   | 5.2    | 5.0    | -1.8   | 3.7    |
| Absorberet fra maverne ....       | -140.9 | -154.5 | -102.8 | -103.0 | -190.7 | -99.5 | -153.7 | -239.6 | -285.1 | -267.3 | -187.3 | -168.4 | -247.2 | -266.2 |
| <i>absorbed from stomachs</i>     |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Absorberet fra tarmen .....       | 164.8  | 178.3  | 124.6  | 125.4  | 205.0  | 102.8 | 166.2  | 241.5  | 288.5  | 281.7  | 193.2  | 174.1  | 251.5  | 231.1  |
| <i>absorbed from intestines</i>   |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |

**Clor:**

|                                   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |  |  |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|--|
| I foder, <i>in diet</i> .....     | 49.0   | 35.9   | 40.0   | 29.9   | 34.7   | 12.4   | 110.9  | 118.0  | 112.6  | 85.7   |  |  |  |  |
| Ved duodenum .....                | 306.0  | 305.8  | 375.9  | 325.2  | 421.1  | 157.6  | 385.8  | 608.7  | 569.8  | 589.6  |  |  |  |  |
| <i>entering duodenum</i>          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |  |  |
| I gødning, <i>in faeces</i> ..... | 10.0   | 3.5    | 6.9    | 4.8    | 3.6    | 3.4    | 4.6    | 12.6   | 9.3    | 12.5   |  |  |  |  |
| I urin, <i>in urine</i> .....     | 1.3    | 0.7    | 31.1   | 26.7   | 12.8   | 1.9    | 17.5   | 32.1   | 18.9   | 25.0   |  |  |  |  |
| I mælk, <i>in milk</i> .....      | 5.1    | —      | 6.6    | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |  |  |  |  |
| Balance, <i>balance</i> .....     | 32.6   | 31.7   | -4.8   | -1.6   | 18.3   | 7.1    | 88.8   | 73.3   | 84.4   | 48.2   |  |  |  |  |
| Absorberet fra maverne ....       | -257.0 | -269.9 | -336.0 | -295.3 | -386.4 | -145.2 | -274.9 | -490.7 | -457.2 | -503.9 |  |  |  |  |
| <i>absorbed from stomachs</i>     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |  |  |
| Absorberet fra tarmen .....       | 296.0  | 302.3  | 369.0  | 320.4  | 417.5  | 154.2  | 381.2  | 596.0  | 560.5  | 577.1  |  |  |  |  |
| <i>absorbed from intestines</i>   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |  |  |