

# 563

## Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

---

Grete Thorbek, A. Chwalibog  
og S. Henckel

### **Kvælstof- og energiomsætning hos svin af Dansk Landrace fra 20 til 120 kg legemsvægt Normer for protein- og energibehov til vedligehold og vækst**

Nitrogen and energy metabolism in pigs of Danish  
Landrace from 20 to 120 kg live weight  
Norm for protein and energy requirements for  
maintenance and growth

With English text



---

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

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1984



## Forord

Det forskningsarbejde, der er beskrevet i den foreliggende beretning, er udført i 1975/76 med henblik på at frembringe et grundlag for opstilling af normer for protein- og energibehov til vedligehold og vækst hos svin. Der er til dette formål udført 128 stofskifteforsøg med 28 svin af Dansk Landrace fodret på henholdsvis lavt og højt foderniveau gennem vækstperioden fra 20 til 120 kg.

Forsøgets resultater er endvidere benyttet til at udarbejde en tabel vedrørende varmeproduktionen hos stærkt fodrede svin til brug ved varmetekniske beregninger.

Endelig er forsøgsresultaterne benyttet til en vurdering af, hvorvidt foderniveau og alder influerer på fordøjelighed og omsættelighed af det anvendte foder.

Forsøgene er planlagt og ledet af Grete Thorbek med statistisk assistance af S. Henckel. Beregninger og statistisk behandling af talmaterialet samt udformning af manuskriptet er foretaget af Grete Thorbek, A. Chwalibog og S. Henckel. Prøveudtagninger og kemiske analyser m.v. er gennemført med hjælp af laboranterne Vibeke Nielsen, H. B. Keldmann Hansen og Inge Staffeldt. Energimålinger og kulstofanalyser er udført af assistent Bente Mathiasen og Lizzie Jarchow, medens laborant J. Lind har forestået de respiratoriske målinger og luftanalyserne.

København, august 1983.

*P. E. Jakobsen*



## INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord .....	3
<b>I. Indledning .....</b>	<b>7</b>
<b>II. Materialer og metoder .....</b>	<b>9</b>
2.1. Forsøgsoversigt .....	9
2.2. Forsøgsdyr og journaler .....	10
2.3. Forsøgsteknik .....	11
2.4. Forsøgsfoderet og dets sammensætning .....	11
2.5. Foderplan .....	12
<b>III. Fordøjelighed og omsættelighed .....</b>	<b>14</b>
3.1. Fordøjelighed af næringsstoffer og energi .....	14
3.2. Energitab i gødning, urin og metan samt omsættelig energi .....	17
3.3. Omsættelig energi i foderet .....	18
3.4. Diskussion .....	19
3.5. Konklusioner .....	23
<b>IV. Luftstofsifte og varmereproduktion .....</b>	<b>24</b>
4.1. Luftstofsifte og varmereproduktion hos svin fra 20–120 kg .....	24
4.2. Funktioner til beregning af luftstofsifte og varmereproduktion .....	27
4.3. Diskussion .....	29
4.4. Konklusioner .....	32
<b>V. Kvælstofomsætning .....</b>	<b>33</b>
5.1. Kvælstoftab i gødning og urin samt kvælstofaflejring .....	33
5.2. Kvælstofbehov til vedligehold .....	35
5.3. Maximal kvælstofaflejring .....	38
5.4. Proteinbehov til maximal proteinaflejring .....	39
5.5. Diskussion .....	40
5.6. Konklusioner .....	46
<b>VI. Energiomsætning .....</b>	<b>47</b>
6.1. Almindelige principper og terminologi .....	47
6.2. Samlet energitab i gødning, urin og metan samt i varme .....	49
6.3. Totalt aflejret energi .....	50
6.4. Aflejret energi i protein og fedt .....	51
6.5. Diskussion .....	53
6.6. Konklusioner .....	57

<b>VII. Energibehov til vedligehold og vækst</b> .....	58
7.1. Metoder til bestemmelse af energibehov til vedligehold .....	58
7.2. Energibehov til vedligehold og energetisk udnyttelsesgrad til vækst	60
7.3. Energinormer til vedligehold og vækst .....	65
7.4. Diskussion .....	66
7.5. Konklusioner .....	72
<b>VIII. English text</b> .....	74
8.1. Introduction .....	74
8.2. Materials and methods .....	74
8.3. Digestibility and metabolizability .....	76
8.4. Gas exchange and heat production .....	79
8.5. Nitrogen metabolism .....	81
8.6. Energy metabolism .....	85
8.7. Energy requirements for maintenance and growth .....	89
<b>IX. Litteratur</b> .....	96
Hovedtabeller .....	103

## II. Indledning

Resultaterne fra de senere års målinger af voksende husdyrs energiomsætning har medført, at spørgsmålet om energibehovet til vedligehold og vækst er taget op til ny vurdering med henblik på anvendelse i den praktiske fodring. Dyrenes energibehov til vedligehold står i relation til deres overflade og masse, men da disse størrelser er vanskelige at arbejde med, har man i stedet valgt at benytte den såkaldte metaboliske legemsvægt, udtrykt ved legemsvægten opløftet til en passende eksponent. Forskellige eksponenter har været i anvendelse, men efter en indgående drøftelse ved det »3. Symposium on Energy Metabolism, 1964« blev det efter forslag af *Kleiber* (1965) vedtaget at anvende størrelsen  $W, \text{kg}^{0.75}$  som udtryk for den metaboliske legemsvægt.

Behovet af omsættelig energi til vedligehold ( $ME_m$ ) kan udtrykkes ved  $ME_m = a W, \text{kg}^{0.75}$ , hvor  $a$ -værdien hos udvoksede pattedyr synes at være meget konstant, omkring 420 kJ (100 kcal). Det er imidlertid tvivlsomt, om dette gælder for unge voksende dyr, hvor stærkt energikrævende organer, som f.eks. leveren, udgør en langt større del af den metaboliske legemsvægt hos unge end hos ældre, udvoksede dyr, hvilket skulle medføre et større behov til vedligehold hos de unge dyr.

Ved de første målinger (1964–66) af energiomsætningen hos voksende svin med anvendelse af afdelingens nybyggede respirationsanlæg viste det sig, at behovet til vedligehold hos svin fra 20–90 kg legemsvægt ikke var proportionalt med den metaboliske legemsvægt igennem vækstperioden, men at en lineær funktion med et konstantled måtte foretrækkes, og en foreløbig funktion blev angivet af *Thorbek* (1970).

I et forsøg på at få etableret en bedre funktion blev der ved afdelingen i de følgende år udført en række hungerforsøg med svin fra 15–80 kg legemsvægt. Ved at måle varmeproduktionen (HE, RQ) efter 3–6 dages hunger hos svin af forskellige legemsvægte opnåedes flg. funktion:  $HE(RQ), \text{kJ} = (3235 + 167 W, \text{kg}^{0.75}) \pm 293$  med en stærk signifikant intercept. Forudsættes en udnyttelsesgrad ( $k_m$ ) på 80%, kan denne ligning transformeres til flg. funktion for vedligeholdelsesbehovet:  $ME_m, \text{kJ} = (4060 + 210 W, \text{kg}^{0.75}) \pm 368$ , som angivet af *Thorbek & Henckel* (1976). Ved at anvende denne funktion hos svin fra 20–90 kg legemsvægt ses det, at behovet til vedligehold vil aftage fra 640 til 350 kJ,  $ME_m/\text{kg}^{0.75}$  indenfor denne vægtklasse.

På dette tidspunkt forelå der i litteraturen en række stærkt varierende angivelser for energibehovet til vedligehold ( $ME_m$ ) og for den energetiske udnyttelsesgrad til vækst ( $k_{pf}$ ) og til aflejring af protein ( $k_p$ ) og fedt ( $k_f$ ). De fleste undersøgelser var foretaget med yngre svin og indenfor en kortere vækstperiode, samtidigt var forskellige beregningsmetoder taget i anvendelse, såsom lineære regressioner, *McCracken & Gray* (1972), *Fuller & Boyne* (1972), *Verstegen et al.* (1973) og *Holmes* (1974) eller multiple regressioner, *Kielanowski & Kotarbinska* (1970), *Close et al.* (1973), *Gädeken et al.* (1974) og *Kirchgessner & Müller* (1974).

På grund af de mange varierende angivelser i litteraturen og i forbindelse med at hungerfunktioner har visse svagheder forbundet med fastsættelse af behovet til vedligehold, såsom at  $k_m$  må være kendt, og at det må være en forudsætning, at dyrene ikke nedsætter deres stofskifte under hunger, blev det i 1975 besluttet at gennemføre en ny forsøgsserie med voksende svin. Forsøget skulle gennemføres med galte af Dansk Landrace, der indenfor vækstperioden 20–120 kg blev fodret dels på lavt og dels på højt foderniveau til bestemmelse af  $ME_m$ ,  $k_{pf}$ ,  $k_p$  og  $k_f$  beregnet efter forskellige modeller. En del af de opnåede resultater vedrørende disse spørgsmål er publiceret af *Thorbek et al.* 1982a og 1983).

Tidligere undersøgelser på afdelingen, *Just (Nielsen)* (1970) og *Thorbek* (1975) omfattede voksende svin fra 20–90 kg legemsvægt, hvorfor det i denne beretning fremlagte materiale, der omfatter voksende svin fra 20–120 kg legemsvægt, er benyttet til en yderligere vurdering af fordøjelighed, omsættelighed og luftstofskifte samt kvælstof- og energiomsætning hos svin i denne vækstperiode. Endelig er materialet anvendt til opstilling af normer vedrørende protein- og energibehov til vedligehold og vækst.

## II. Materialer og metoder

### 2.1. Forsøgsoversigt

Forsøget var planlagt til at omfatte 28 galte af Dansk Landrace fordelt indenfor 6 vægtklasser fra 20–120 kg legemsvægt. På grund af sygdom måtte et dyr (nr. 26) udskydes, således at det samlede materiale kom til at bestå af 27 galte, som det fremgår af tabel 2.1.

**Table 2.1 Forsøgsoversigt. Perioder udgået af beregningerne ( )**  
*Table 2.1 Survey of experiments. Periods excluded from calculations ( )*

LV-grupper ( <i>LW-groups</i> ) Foderniveau ( <i>Feed levels</i> )	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120		
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	
Dyr ( <i>Anim</i> )	Foder ( <i>Feed</i> )												
1	A	I	II	III	IV					VI	(V)	VIII	VII
2	A	(I)	II	III	IV								
3	B	(I)	II	III	IV								
4	B	(I)	II	III	IV				VI	V	VIII	VII	
5	A	(II)	I	IV	III								
6	A	(II)	(I)	IV	III				V	VI	VII	VIII	
7	B	(II)	I	IV	III				V	VI	VII	VIII	
8	B	(II)	I	IV	III								
9	A	I	II	III	IV								
10	A	I	II	III	IV								
11	B	II	I	IV	III								
12	B	II	I	IV	III								
13	A					II	I	IV	III				
14	A					I	II	III	IV				
15	B					II	I	(IV)	III				
16	B					I	II	III	IV				
17	A	II	I	IV	III								
18	B	II	I	IV	III								
19	A	I	II	III	IV								
20	B	I	II	III	IV								
21	A	II	I			IV	III						
22	B	II	I			(IV)	III						
23	A	(I)	II			III	IV						
24	B	I	II			III	IV						
25	A								II	I	(IV)	III	
26	B	Totalt udgået ( <i>Total excluded</i> )											
27	A								II	I	IV	III	
28	B								I	II	III	(IV)	
Perioder, ialt ( <i>Periods, total</i> )	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6	

Dyrenes fordeling i de forskellige vægtgrupper er vist i tabel 2.1., idet romertallene angiver rækkefølgen af de planlagte balanceperioder. De enkelte dyr indenfor hver vægtgruppe blev fodret såvel på lavt (L) som på højt (H) foderniveau med halvdelen gående fra lavt til højt og halvdelen fra højt til lavt foderniveau. Formålet hermed var at opnå den mindst mulige variation i legemsvægten indenfor de enkelte grupper uafhængigt af det anvendte foderniveau.

Forsøget startede med, at 20 galte blev målt i to balanceperioder i vægtklasse 20–25 kg, og derefter fortsatte 16 dyr med at blive målt i klasse 25–35 kg, medens de resterende 4 blev fodret på højt foderniveau i individuelle stier, indtil de kunne måles i klasse 50–60 kg, hvorefter de blev aflivede. Efter at målingerne med de 16 galte i klasse 25–35 kg var afsluttede, blev 12 dyr aflivede, medens de resterende 4 blev overført til individuelle stier og fodret på højt niveau, indtil de kunne måles i klasserne 90–100 og 100–120 kg. Medens disse målinger foregik, blev 8 nyleverede svin fodret individuelt i stalden på højt niveau, indtil 4 dyr kunne måles i klasserne 50–60 og 60–80 kg, medens de resterende 4 fortsatte i stalden, indtil de kunne måles i klasserne 90–100 og 100–120 kg. Det var i denne gruppe, at dyr nr. 26 havde spisevægring og fik diarré, da den skulle måles, hvorfor den måtte udgå af forsøget, og på grund af det sene tidspunkt i forsøgsserien kunne den ikke erstattes med et andet dyr. Forsøgsplanlægningen tog sigte på, at dyrene ikke måtte være for gamle ved målinger i de højere vægtklasser, da dette eventuelt kunne påvirke resultaterne.

## 2.2. Forsøgsdyr og journaler

Samtlige galte, der var af Dansk Landrace, stammede fra 10 forskellige kuld leveret fra en god sjællandsk brugsbesætning. Ved leveringen var den gennemsnitlige alder 65 dage og legemsvægten 17.5 kg. På laboratoriet blev dyrene behandlet i 8 døgn med 1 g piperazinhydroklorid dgl. inden de indgik i forsøget. En senere efterkontrol viste, at gødningen var fri for orme-æg.

Som omtalt var det nødvendigt at udskyde galt nr. 26 fra hele forsøget på grund af diarré og foderrester, ligesom dyr nr. 1 måtte udskydes af periode V på grund af foderrester. Bortset herfra viste ingen dyr sygdomstegn under forsøgets gang.

Ved forsøgsopgørelsen viste det sig, at den anvendte norm for lavt foderniveau i klasse 20–25 kg, beregnet på grundlag af en tidligere fastlagt norm, *Thorbek & Henckel* (1976), havde været utilstrækkelig overfor 8 dyr til at opnå en positiv energibalance. I forsøg af denne art må ernæringslignevægtsgrænsen ikke krydses, da den energetiske udnyttelsesgrad ikke er den samme over som under nul-balancen, hvorfor disse målinger er udeladt af beregningerne. På grund af atypisk luftstofskifte, muligvis grundet tekniske fejl, er følgende 5

balanceperioder ligeledes udeladte: 6-I, 15-IV, 22-IV, 25-IV samt 28-IV. Dette medførte, at det samlede forsøgsmateriale kom til at omfatte 27 galte i 110 balanceperioder, fordelt med 51 perioder på lavt og 59 perioder på højt foderniveau, således som det fremgår af tabel 2.1.

### 2.3. Forsøgsteknik

Samtlige balanceforsøg er gennemførte med en forperiode på 7–14 dage efterfulgt af en opsamlingsperiode på 7 døgn i overensstemmelse med afdelingens sædvanlige teknik, som beskrevet af *Thorbek* (1975). Den videre behandling af de udtagne prøver af foderstoffer, gødning og urin samt de kemiske analysers udførelse har ligeledes fulgt den sædvanlige teknik, som beskrevet af *Weidner & Jakobsen* (1962).

Luftstofskitet blev målt over en 24-timers periode placeret i midten af hver balanceperiode. Målingerne er foretaget ved hjælp af afdelingen respirationsanlæg for svin, nærmere beskrevet af *Thorbek* (1969b). Anlæggenes nøjagtighed blev jævnlige kontrolleret ved hjælp af CO<sub>2</sub>-kalibreringer, og de udviste en tilfredsstillende nøjagtighed på omkring 1.0–1.5%.

Beregningerne over energiomsætningen er foretaget med anvendelse af de vedtagne konstanter, som fremlagt af *Brouwer* (1965) og den statistiske behandling af materialet med hensyn til regressionsanalyser er udført, som beskrevet af *Henckel* (1973).

### 2.4. Forsøgsfoderet og dets sammensætning

Der er i forsøget anvendt 2 kommercielle foderblandinger (A og B), hvis sammensætning er vist i tabel 2.2. Blandingerne bestod af henholdsvis 83 og 80% kornprodukter, medens proteinfoderet udgjorde 15 og 18%, desuden var der ca. 2% mineral-vitamintilskud til dækning af dyrenes behov i henhold til gældende danske normer.

Tabel 2.2 Foderkomponenter i blanding A og B (g/kg)  
Table 2.2 Feed components in mixture A and B (g/kg)

		A	B
Byg	<i>Barley</i>	731	802
Havre	<i>Oats</i>	100	—
Soyaskrå	<i>Soyabeanmeal</i>	125	160
Kødbenmel	<i>Meatbonemeal</i>	25	20
Mineral-vitaminbl.	<i>Mineral-vitamin mix.</i>	19	18

Som tidligere omtalt var de to foderblandinger ligeligt fordelt mellem forsøgsdyrene, og under forsøgets gang blev der ved hver foderudvejning udtaget prøver til kemisk analyse. Ialt udtoges 22 prøver af hver blanding, men da analyserne kun viste små tilfældige variationer, er middelværdierne, som angivet i tabel 2.3., anvendt ved opgørelse af de enkelte balanceperioder.

**Tabel 2.3 Kemisk sammensætning af blanding A og B (g/kg)**  
*Table 2.3 Chemical composition of mixture A and B (g/kg)*

		A (n = 22)			B (n = 22)		
		Mean	SEM	CV%	Mean	SEM	CV%
Tørstof	DM	894	1.10	0.58	891	1.16	0.61
Råprotein	CPR	161	0.59	1.71	168	0.65	1.82
Aske	ASH	50	0.46	4.28	43	0.25	2.67
Energi	GE, MJ/kg	16.51	0.03	0.73	16.46	0.03	0.91
Energi/Kvælstof	GE/N, kJ/g	640			612		

Selv om de to blandinger havde forskellig sammensætning, var der kun ringe forskel i protein- og energi-indhold, idet blanding A indeholdt 16.1% råprotein mod 16.8% i blanding B, medens energiindholdet var 16.51 og 16.46 MJ/kg. Forholdet mellem energi- og proteinindholdet, udtrykt ved GE,kJ/g N, var således henholdsvis 640 og 612 for de to blandinger.

## 2.5. Foderplan

Foderplanen var baseret på, at dyrene på det høje foderniveau (H) skulle fodres nær ad lib. i de forskellige vægtklasser, men dog ikke så højt at der var risiko for foderrester. På det lave foderniveau (L) skulle tilførslen være tilstrækkelig stor til at sikre en passende tilvækst, men dog så lav at der med hensyn til energiomsætningen kunne forventes en rimelig kontrast til resultaterne opnået på højt niveau. Middelværdierne for tilført foder, bruttoenergi og råprotein indenfor de enkelte vægtklasser og foderniveau er vist i tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Foderplan. Middelværdier for indtag af foder (IF), brutto energi (GE) og råprotein (CPR) på lavt (L) eller højt (H) foderniveau**

*Tbale 2.4 Feeding plan. Mean values of feed intake (IF), gross energy (GE) and crude protein (CPR) on low (L) or high (H) feed levels*

Vægtkl. kg	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Niveau												
Balancer n	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6
IF, g	617	842	850	1250	1200	2000	1500	2300	1500	3000	2000	3000
GE, MJ	10.2	13.9	14.0	20.6	19.8	33.0	24.7	37.9	24.7	49.4	33.0	49.5
CPR, g	102	139	140	206	197	329	245	379	248	498	332	494

Det var planlagt at tilføre henholdsvis 800 og 1200 g foder på højt niveau i vægtklasserne 20–25 og 25–35 kg samt 500 og 800 g på lavt niveau. Ved forsøgsopgørelsen i den første serie med dyr nr. 1–12 viste det sig imidlertid, som tidligere omtalt, at 8 svin på lavt niveau havde haft en negativ energibalance i klasse 20–25 kg (jvf. tabel 2.1.). I de følgende serier blev rationen derfor i disse vægtklasser sat op til henholdsvis 900 og 1400 g på højt og til 700 og 1000 g på lavt foderniveau, hvorved den gennemsnitlige foderoptagelse blev henholdsvis 842 og 1250 på højt niveau imod 617 og 850 g på lavt niveau, som det vil fremgå af tabel 2.4. I de følgende vægtklasser kunne de stipulerede rationer følges overalt, og den gennemsnitlige foderoptagelse på lavt niveau har varieret fra 50 til 73% af optagelsen på højt niveau.

### III. Fordøjelighed og omsættelighed

Formålet med disse undersøgelser var primært at vurdere om fordøjelighed og omsættelighed var afhængig af de anvendte foderniveauer og dyrenes stigende legemsvægte (alder), samt at vurdere størrelsen af energitabene i gødning, urin og metan i relation til bruttoenergien under de givne forsøgsbetingelser. Desuden er der foretaget en vurdering af foderets indhold af omsættelig energi i de forskellige vægtklasser, dels experimentelt bestemt og dels beregnet på grundlag af foderets indhold af fordøjeligt organisk stof.

Fordøjelighedsforsøgene er gennemførte med bestemmelse af fordøjet tørstof (DDM), organisk stof (DOM), kvælstof (DN) og energi (DE). Der er ialt foretaget 51 forsøg på lavt foderniveau og 59 på højt niveau indenfor 6 vægtklasser fra 20–120 kg legemsvægt. På lavt niveau steg den optagne fodermængde fra omkring 600 til 2000 g dagligt igennem forsøgstiden, medens den på højt niveau steg fra omkring 850 til 3000 g (jvf. tabel 2.4). Disse fodermængder svarede til 550–1780 og 750–2680 g tørstof på henholdsvis lavt og højt foderniveau. De to foderblandinger A og B var ligeligt fordelt på de to niveauer, men de opnåede resultater er behandlet under eet, hvilket, i forbindelse med at forsøgsdyrene stammer fra 10 forskellige kuld, skulle give en relativ stor spredning på forsøgsresultaterne, som det kan forventes i praksis.

#### 3.1. Fordøjelighed af næringsstoffer og energi

##### 3.1.1. *Vurdering af nøjagtigheden ved bestemmelse af fordøjelighedskoefficienter (FK)*

Der er indledningsvis foretaget en vurdering af den nøjagtighed hvormed de forskellige FK-værdier er bestemt. Hertil er benyttet resultaterne fra vægtklasse 20–25, idet denne klasse omfatter 20 galte fra 7 forskellige kuld, hvorfor den må formodes at udvise en rimelig stor variation. Forsøgene er gennemført på lavt og højt foderniveau med ligelig fordeling mellem foderblanding A og B, (jvf. tabel 2.1.). Uanset at 8 balanceforsøg på grund af negativ energibalance udskydes af de følgende beregninger, er samtlige 40 fordøjelighedsforsøg inddraget i denne vurdering af variationen, som vist i følgende oversigt:

Bl.	Niv.	Bal.	DDM		DOM		DN		DE	
			%	SD	%	SD	%	SD	%	SD
A	L	10	80.6	2.17	82.5	2.20	79.0	3.36	80.7	2.45
A	H	10	80.8	1.98	82.5	1.88	77.8	4.31	80.0	2.30
B	L	10	83.6	1.59	85.3	1.52	79.6	3.33	83.6	1.77
B	H	10	83.6	1.94	85.2	1.86	78.3	2.97	82.7	2.16

Det fremgår af denne oversigt, at spredningen (SD) uanset foderblanding og niveau ligger imellem 1.5 til 2.5% for fordøjet tørstof, organisk stof og energi, medens spredningen er noget større for fordøjet kvælstof med SD-værdier imellem 3.0 og 4.3.

### 3.1.2. Fordøjelighedskoefficienternes afhængighed af foderniveau

Middeltallene for de individuelt målte FK-værdier for DDM, DOM, DN og DE på de to foderniveauer indenfor de enkelte vægtklasser er vist i tabel 3.1.

Middelfejlen på middeltallene (SEM) varierer i absolutte værdier fra 0.5 til 1.0% for DDM, DOM og DE, undtagen i vægtklasse 60–80 kg med de få observationer. Værdierne for DN har en noget større middelfejl med SEM-værdier fra 0.5–1.4%.

**Tabel 3.1 Fordøjelighed af tørstof (DDM), organisk stof (DOM), kvælstof (DN) og energi (DE) på lavt (L) eller højt (H) foderniveau**

*Table 3.1 Digestibility of dry matter (DDM), organic matter (DOM), nitrogen (DN) and energy (DE) on low (L) or high (H) feed levels*

Vægtkl. kg	20–25		25–35		50–60		60–80		80–100		100–120	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Niveau Balancer n	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6
DDM %	82.1	82.3	82.0	82.1	82.4	81.9	82.2	83.3	83.6	83.2	82.9	81.8
SEM	0.54	0.55	0.49	0.67	1.08	0.75	1.35	1.19	0.56	0.69	0.94	1.01
DOM %	83.8	83.9	83.8	83.8	84.2	83.7	83.9	84.9	85.5	85.1	84.9	84.0
SEM	0.53	0.53	0.48	0.63	0.97	0.66	1.18	1.18	0.54	0.63	0.85	0.91
DN %	78.8	78.0	78.8	77.9	80.8	78.4	81.1	80.8	83.5	80.1	81.6	79.5
SEM	0.95	0.85	0.59	0.69	0.84	0.51	1.30	1.14	0.50	0.68	1.41	1.30
DE %	81.3	81.5	81.4	81.3	81.8	81.2	81.4	82.5	83.2	82.7	82.4	81.4
SEM	0.58	0.59	0.52	0.67	1.03	0.72	1.28	1.51	0.60	0.69	0.97	0.97

Ved at sammenholde differencerne mellem lavt og højt foderniveau med de fundne SEM-værdier indenfor de enkelte vægtklasser ses det, at differencerne vedrørende DDM, DOM og DE ikke er signifikant forskellige. Middelværdierne for de to niveauer er derfor beregnede og angivet i tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Fordøjelighed af tørstof (DDM), organisk stof (DOM) og energi (DE). Middel-værdier for lavt og højt (L + H) foderniveau**

*Table 3.2 Digestibility of dry matter (DDM), organic matter (DOM) and energy (DE). Mean values of low and high (L + H) feed levels*

Vægtkl. kg		20-25	25-35	50-60	60-80	80-100	100-120
Niveau		L + H	L + H	L + H	L + H	L + H	L + H
Balancer n		31	32	15	7	13	12
DDM	%	82.2	82.0	82.1	82.8	83.4	82.3
SEM		0.39	0.37	0.65	0.90	0.44	0.69
DOM	%	83.9	83.8	83.9	84.4	85.3	84.4
SEM		0.37	0.39	0.58	0.83	0.41	0.62
DE	%	81.4	81.4	81.5	82.0	82.9	81.9
SEM		0.41	0.42	0.62	0.99	0.46	0.69

Samtlige FK-værdier for DN er derimod højere på lavt foderniveau end på højt niveau, og differencerne på 2.4 og 3.4% i vægtklasserne 50-60 og 80-100 er stærkt signifikante ( $P < 0.001$ ), medens differencen på 2.1% i vægtklasse 100-120 kg er signifikant ( $P < 0.05$ ), således at middelværdier for niveau ikke bør angives. En sammenstilling af FK-værdierne i de højere vægtklasser fra 60-120 kg viser en differens på 2.2% imellem DN(L) og DN(H) og denne differens er stærk signifikant (jvf. tabel 3.3.).

### 3.1.3. Fordøjelighedskoefficienternes afhængighed af legemsvægt

En vurdering af FK-værdierne for DDM, DOM og DE på lavt og højt foderniveau (tabel 3.2.) viser en stigning fra omkring 60 kg legemsvægt, og det samme er tilfældet for DN på begge niveauer (tabel 3.1.). Der er derfor foretaget en statistisk vurdering (t-test) imellem resultaterne opnået i klasse 20-25 kg mod resultaterne fra klasse 60-120 kg, således om det er vist i tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Fordøjelighed af tørstof (DDM), organisk stof (DOM), energi (DE) og kvælstof (DN) i relation til legemsvægt. Klasse 20-25 sammenlignet med klasse 60-120 kg legemsvægt**

*Table 3.3 Digestibility of dry matter (DDM), organic matter (DOM), energy (DE) and nitrogen (DN) in relation to live weight. Class 20-25 compared with class 60-120 kg live weight*

Vægtklasse	20-25			60-120			Differens (60-120)-(20-25)
	n	%	SEM	n	%	SEM	
DDM (L+H)	31	82.2	0.39	32	82.9	0.39	0.7 <sup>x(x)</sup>
DOM (L+H)	31	83.9	0.37	32	84.8	0.36	0.9 <sup>xxx</sup>
DE (L+H)	31	81.4	0.41	32	82.3	0.41	0.9 <sup>xxx(x)</sup>
DN (L)	12	78.8	0.95	16	82.3	0.64	3.5 <sup>xxx</sup>
DN (H)	19	78.0	0.85	16	80.1	0.59	2.1 <sup>(x)</sup>

<sup>xxx</sup> ( $P < 0.001$ )

<sup>xx</sup> ( $P < 0.01$ )

<sup>x</sup> ( $P < 0.05$ )

Det fremgår heraf, at de fundne differencer for DDM, DOM og DE er relative små, < 1% i absolutte værdier, men differencerne er stærkt signifikante. Med hensyn til DN er differencerne væsentlig højere med 3.5 og 2.1% på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og differencen på DN(L) er signifikant ( $P < 0.01$ ), medens den for DN(H) ligger i grænseområdet ( $0.05 < P < 0.1$ ).

### 3.2. Energिताb i gødning, urin og metan samt omsættelig energi

Værdierne for energिताb i gødning (FE), urin (UE) og metan (CH<sub>4</sub>E) og de deraf afledte værdier for omsættelig energi (ME) er bestemt individuelt, og middeltallene indenfor de enkelte vægklasser og foderniveauer er angivet i tabel 3.4., dels udtrykt i absolutte værdier og dels i forhold til bruttoenergi (GE).

**Tabel 3.4 Omsættelighed af bruttoenergi (GE). Energिताb i gødning (FE), urin (UE) og metan (CH<sub>4</sub>E) samt omsættelig energi (ME)**

*Table 3.4 Metabolizability of gross energy (GE). Loss of energy in faeces (FE), urine (UE) and methane (CH<sub>4</sub>E). Metabolizable energy (ME)*

Vægtkl.	kg	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120	
		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Niveau	n	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6
Balancer	n												
GE	kJ	10167	13883	14015	20610	19790	32976	24744	37923	24726	49439	32959	49464
FE	kJ	1919	2584	2623	3859	3605	6199	4616	6628	4159	8588	5796	9223
UE	kJ	326	384	423	542	676	1009	803	1023	1025	1706	1237	1547
CH <sub>4</sub> E	kJ	54	66	85	96	127	163	122	230	204	298	310	332
ME	kJ	7869	10849	10883	16113	15381	25605	19203	30042	19339	38848	25617	38363
FE/GE	%	18.9	18.6	18.7	18.7	18.2	18.8	18.7	17.5	16.8	17.4	17.6	18.6
UE/GE	%	3.2	2.8	3.0	2.6	3.4	3.1	3.2	2.7	4.1	3.5	3.8	3.1
CH <sub>4</sub> E/GE	%	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.8	0.6	0.9	0.7
ME/GE	%	77.5	78.2	77.7	78.2	77.7	77.7	77.6	79.2	78.2	78.6	77.7	77.5
SEM		0.50	0.56	0.48	0.66	1.09	0.75	1.48	1.38	0.62	0.66	1.04	0.96
ME/kg <sup>1)</sup>	MJ	12.75	12.88	12.80	12.89	12.82	12.80	12.80	13.06	12.89	12.95	12.81	12.79
ME/kg <sup>2)</sup>	MJ	13.00	13.03	13.00	13.01	13.07	13.00	13.01	13.18	13.29	13.22	13.20	13.04

<sup>1)</sup> Målt experimentelt (*Measured experimentally*)

<sup>2)</sup> Beregnet efter  $ME, kJ = 18.4 \times g \text{ ford. org. stof/kg foder}$   
(*Calculated according to  $ME, kJ = 18.4 \times dig. org. matter/kg feed$* )

Energitalbene i gødning, der svarer til 100-FK, ligger imellem 17–19% af bruttoenergien, medens energitalbene i urinen ligger på et lavt niveau imellem 3–4%, med en svagt stigende tendens for de højere vægtklasser. Målinger af metanproduktionen er foretaget i forbindelse med de udførte respirationsforsøg, og på grundlag heraf er energiindholdet beregnet, idet energien i 1 liter metan svarer til en forbrændingsvarme på 39.6 kJ. Energitalbet ved metanproduktionen er af et beskedent omfang fra 0.5–0.9% af bruttoenergien, med en stigende tendens for de højere vægtklasser.

Med disse energitab har den omsættelige energi varieret fra 77.5–79.2% af bruttoenergien med SEM-værdier fra 0.5–1.0% undtagen i klasse 60–80 kg, der kun omfatter få målinger, hvorfor SEM-værdierne steg til omkring 1.5%. En nærmere vurdering af differencerne mellem lavt og højt foderniveau indenfor de enkelte vægtklasser sammenholdt med SEM-værdierne viser, at disse differencer ikke er signifikante, hvorfor middeltallene kan beregnes, som vist i nedenstående oversigt:

Vægtklasse	kg	20–25	25–35	50–60	60–80	80–100	100–120
Balancer	n	31	32	15	7	13	12
ME/GE (L+H)	%	77.9	78.0	77.7	78.5	78.4	77.6
SEM		0.38	0.40	0.65	1.01	0.45	0.71

En beregning af ME/GE for klasse 60–120 kg legemsvægt giver et middeltal på 78.1% (SEM = 0.58) og denne værdi er ikke signifikant forskellig fra de målte værdier i klasse 20–25 kg, således som det var tilfældet med fordøjeligheden (DE/GE).

### 3.3. Omsættelig energi i foderet

Ved at sammenholde de daglige mængder af omsættelig energi (tabel 3.4.) med de respektive fodermængder (tabel 2.4.) kan foderets indhold af omsættelig energi beregnes for de forskellige foderniveauer og vægtklasser, som vist i tabel 3.4. Det fremgår heraf, at værdierne er særdeles konstante med det største udsving fra 12.8 til 13.1 ME, MJ/kg foder, samtidig med at værdierne er uafhængige af foderniveau og vægtklasse.

Udover disse experimentelt bestemte værdier er der foretaget en beregning af ME baseret på de målte værdier for fordøjet organisk stof. Tidligere undersøgelser *Thorbek et al.* (1975) viste flg. relation: ME, MJ/kg foder =  $18.4 \times g$  fordøjet organisk stof/kg foder. De med denne funktion beregnede værdier er angivet i tabel 3.4, og det fremgår heraf, at der er en rimelig god overensstemmelse mellem de målte og beregnede værdier for ME/kg foder, dog således at de beregnede værdier ligger systematisk over de målte værdier, med en gennemsnitlig afvigelse på 1.8%.

### 3.4. Diskussion

#### 3.4.1. Fordøjelighedskoefficienternes nøjagtighed

Nøjagtigheden på FK, angivet ved standardafvigelse (SD), variationskoefficient (CV %) eller middelfejl på middeltal (SEM) er betinget af flere forhold. Nøjagtigheden vil bl.a. være afhængig af den anvendte forsøgsteknik og antallet af forsøgsdyr, som diskuteret af *Madsen* (1963), og desuden er den afhængig af hvilket næringsstof, der er på tale. Udover disse forhold indgår dyrenes individuelle, genetisk betingede variationer i den fundne nøjagtighed.

Den nøjagtighed, hvormed FK bestemmes for de enkelte næringsstoffer og energi, følger stort set samme mønster. Således fandt *Just (Nielsen)* (1970) og *Thorbek* (1975), at nøjagtigheden, angivet ved SD, aftog i denne rækkefølge: DNFE (< 1.0), DOM og DE (1.0–2.0) samt DN (1.0–3.0), derefter fulgte fordøjet fedt og træstof med stor variationsbredde for SD-værdierne fra 2.0–18.0. En tilsvarende rækkefølge og nøjagtighed er fundet i de her fremlagte undersøgelser, hvor der er analyseret for DDM, DOM, DN og DE. Der er ved ovennævnte forsøg anvendt samme type opsamlingsbure og forsøgsteknik, og variationerne i SD-værdierne må derfor tilskrives forskelle i den analytiske nøjagtighed, hvormed de forskellige næringsstoffer kan bestemmes. Ved overgang til Stoldt-metoden til bestemmelse af råfedt og ved forbedrede analysemetoder til bestemmelse af træstof forøgedes nøjagtigheden på FK for fedt og træstof til en variation i SD-værdierne fra 2 til 7%, *Just (Nielsen)* (1970).

Selv om den analytiske nøjagtighed på kvælstofbestemmelser er stor, med CV-værdier under 1%, *Thorbek* (1975 og 1980b) er FK for N behæftet med noget mindre nøjagtighed end for DM, OM og GE. Dette må i nogen grad tilskrives, at de anvendte opsamlingsbure og respirationsanlæg har en sådan størrelse (1 m<sup>2</sup> henholdsvis 1.4 m<sup>2</sup> grundflade), at dyrene har en vis bevægelsesfrihed, hvilket forøger risikoen for kontamination mellem gødning og urin, hvorved nøjagtigheden på FK reduceres. Som diskuteret i detaljer *Thorbek* (1975) foretrækker vi, at dyrene har det komfortabelt i opsamlingsburene med en vis mulighed for at bevæge sig. I meget snævre bure risikerer man, at dyrene får en nedsat muskeltonus med en lavere passagehastighed gennem tarmen og dermed en reduceret gødningsudskillelse i opsamlingsperioden. Dette medfører, at samtlige fordøjelighedskoefficienter ligger på et højere niveau end svarende til praktiske forhold. I de større bure får man sandsynligvis et mere relevant niveau på bekostning af en lidt lavere nøjagtighed, men dette har ingen indflydelse på den nøjagtighed, hvormed kvælstofbalancen bestemmes, idet denne fremtræder som en differens mellem indtaget kvælstof og totalt udskilt kvælstof i gødning + urin.

#### 3.4.2. Fordøjelighedskoefficienternes afhængighed af foderniveau

I de foreliggende undersøgelser, hvor halvdelen af dyrene fik en reduceret fodermængde svarende til 50–73% af fodermængden på højt niveau, kunne der

ikke påvises nogen signifikante forskelle på FK af tørstof, organisk stof eller energi på de to niveauer indenfor de respektive vægtklasser, (tabel 3.1. og 3.2.) Dette er i overensstemmelse med, at *Breirem* (1935) fandt, at fordøjeligheden var uafhængig af fodermængden, så længe denne lå imellem vedligeholdelsesbehovet og 2–2.5 gange dette. *Madsen* (1963) konkluderer ligeledes, at den anvendte tørstofmængde ikke påvirker FK, hvilket også er fundet af *Sundstøl et al.* (1979).

Denne uafhængighed gælder dog ikke FK for kvælstof, hvor den endogene kvælstofudskillelse i gødningen (EFN) er afhængig af den optagne tørstofmængde, *Eggum* (1973). I de her fremlagte forsøg steg tørstofmængden fra 550 til 1800 g på lavt foderniveau, medens den på højt niveau steg fra 750 til 2800 g. Med denne kontrast viste det sig som forventet, at den tilsyneladende fordøjelighed af kvælstof i samtlige vægtklasser var lavere på højt end på lavt foderniveau. Fra 60–120 kg legemsvægt var der en stærk signifikant ( $P < 0.001$ ) differens på 2.2% i absolut værdi mellem DN(L) og DN(H), (tabel 3.3.). En beregning af EFN i henhold til den af *Eggum* (1973) fundne funktion hvor EFN, mg =  $127.3 + 0.49 \times g$  optaget tørstof viste, at EFN skulle stige fra 0.34–1.00 g på lavt foderniveau og fra 0.50–1.44 g på højt niveau, i gennemsnit svarende til henholdsvis 10.6 og 9.3% af den samlede kvælstofmængde i gødningen. Ved at anvende værdierne for EFN til beregning af »sand« fordøjelighed viste det sig imidlertid, at differencerne mellem DN(L) og DN(H) blev fastholdt og ikke formindsket, som det kunne forventes. Dette kunne tyde på, at den anvendte funktion, der er fundet ved forsøg med pattegrise ikke har gyldighed overfor større svin.

### 3.4.3. Fordøjelighedskoefficienternes afhængighed af legemsvægt

Eftersom der ikke kunne påvises signifikante forskelle på FK for DM, OM og GE som følge af foderniveau, er de målte værdier indenfor vægtklasserne slået sammen til en vurdering af en eventuel indflydelse af legemsvægten (alderen) på størrelsen af FK, (tabel 3.2.). Det fremgår heraf, at samtlige FK-værdier ligger på et noget højere niveau, når dyrene kommer over vægtklassen 60–80 kg, hvilket i dette forsøg svarede til en alder på omkring 5 måneder. En statistisk vurdering af forskellene mellem klasse 20–25 og 60–120 kg legemsvægt viste en mindre, men signifikant stigning på omkring 1% i absolutte værdier for DDM, DOM og DE, (tabel 3.3.). En tilsvarende vurdering af FK for kvælstof viste en stærk signifikant ( $P < 0.01$ ) stigning på 3.5% for DN(L) og en stigning på 2.1% for DN(H), med en P-værdi mellem 5 og 10%.

Ved at sammenligne FK-værdier fundet i forsøg med voksende svin (20–90 kg) med nær udvoksede svin (200 kg) på samme foder fandt *Breirem* (1935) en stigning på 1.5–2.0% for DDM, DOM og DE og op til 6.0% for DN for de store dyr, en stigning han satte i forbindelse med en forøget gæring, eftervist ved en

større metanproduktion. På den anden side kunne han ikke påvise nogen stigning i FK hos de voksende svin i relation til legemsvægt eller alder.

I forsøg med voksende svin har *Just (Nielsen) (1970)* og *Gädeken et al. (1980)* ikke kunnet påvise nogen indflydelse af vægt (alder) på FK, medens *Madsen (1963)* har fundet afhængighed hos galtgrise. I forsøg med galte fra 30–125 kg legemsvægt fandt *Jentsch & Hoffmann (1977)* en vis tendens til stigende FK med stigende legemsvægt, medens *Sundstøl et al. (1979)* fandt en udpræget stigning i FK, specielt for kvælstoffets vedkommende.

På grundlag af de her fremlagte undersøgelser, hvor FK har været bestemt indenfor 6 vægtklasser fra 20–120 kg må den registrerede stigning i FK tilskrives en forøget gæringsvirksomhed, der er registreret ved en stigning i metanproduktionen fra 1 til 9 liter om dagen. Den større stigning for DN skyldes dels at den absolutte proteinmængde er ringe i forhold til tørstofmængden, og dels er det muligt, at mikrofloraens behov for kvælstofholdige stoffer er så stort, at en relativ større del forgæres. Hvorvidt denne stigning i FK foranlediget af gæringsprocesser kan ligestilles med den enzymatiske fordøjelighed vil bl.a. være afhængig af hvilke gæringsprodukter, der dannes, og hvorledes disse absorberes og udnyttes af dyrene i deres stofskifte. Den relativt svage stigning i FK forårsaget af gæringsprocesser tyder på, at disse processer kvantitativt kun udgør en ringe del af de enzymatiske fordøjelsesprocesser under almindelige fodringsforhold af slagtesvin. Disse spørgsmål er indgående behandlet af *Just* og hans medarbejdere, hvorfor der her skal henvises til deres senere publikationer *Just et al. (1976, 1981, 1982 og 1983b)*.

#### 3.4.4. Energitab i gødning, urin og metan. Omsættelig energi

Energitabene i gødning med den her anvendte fodring udgjorde 17–19% af bruttoenergien, medens tabene i urin varierede fra 2.6–4.1% af GE (tabel 3.4.). Såfremt proteintilførslen står i et rimeligt forhold til proteinbehovet, vil energitabet i urin i almindelighed være fra 2–4% af bruttoenergien, som fundet af *Breirem (1935)*, *Just (Nielsen) (1970)*, *Verstegen (1971)*, *Wenk (1973)*, *Thorbek (1975)*, *Hoffmann et al. (1977)* og *Jentsch & Hoffmann (1977)*. I forsøg med delvis udvoksede svin på et højt protein-niveau kan energitabet i urin dog overstige 10% af GE, *Nehring et al. (1963)*.

I de her fremlagte resultater udgjorde energitabet i metan omkring 0.5% af bruttoenergien hos unge dyr stigende til omkring 1.0% i vægtklassen 100–120 kg. Metanproduktionen vil være afhængig af gæringsprocessernes omfang og dermed af foderets sammensætning og dyrenes størrelse (alder). Under almindelige fodringsbetingelser vil man kunne regne med, at energitabet i metan hos slagtesvin vil ligge imellem 0.2–1.0% af GE, som bl.a. fundet af *Verstegen (1971)*, *Hoffmann et al. (1977)*, *Jentsch & Hoffmann (1977)* og *van der Honing et al. (1982)*. Ved tidligere undersøgelser fandt *Breirem ((1935)* et gæringstab i metan på 1.0–2.5% stigende til 2.0–3.5% af GE hos svin på omkring 200 kg, der

havde været fodret med græs. De noget højere niveauer skyldes antagelig dels det anvendte foder og dels at de anvendte målemetoder (luftanalyser efter forbrænding) var behæftet med større usikkerhed end de i dag anvendte metoder (infrarødt princip).

Med de lave energitab i urin og metan vil den omsættelige energi i det væsentlige være determineret af den fordøjelige energi og udgøre 95–97% af DE under almindelige fodringsforhold, som fundet af *Breirem* (1935), *Just* (*Nielsen*) (1970), *Verstegen* (1971), *Thorbek* (1975), *Jentsch & Hoffmann* (1977) samt i de her fremlagte forsøg. I modsætning til DE er ME upåvirket af legemsvægt (alder), idet tendensen til stigende DE modvirkes af tendensen til et større energitab i urin og metan, hvorfor ME må anses for at være et bedre udtryk end DE for den mængde energi, der står til rådighed for omsætning i organismen, således som allerede fremhævet af *Breirem* (1935).

#### 3.4.5. Omsættelig energi i foderet

Med den meget konstante omsættelighed er indholdet af ME i det anvendte foder særdeles konstant med udsving fra 12.8 til 13.1 MJ, ME/kg foder, uafhængigt af foderniveau og dyrenes vægt/alder (tabel 3.4.). En bestemmelse af et fodermiddels indhold af omsættelig energi kræver, at der for hvert fodermiddel gennemføres en række balanceforsøg. Dette medførte, at *Nehring et al.* (1963), baseret på deres differensforsøg med udvoksede svin, fremlagde en regressionsligning til beregning af ME. Ligningen, der er baseret på foderets indhold af fordøjeligt protein ( $x_1$ ), fedt ( $x_2$ ), træstof ( $x_3$ ) og NFE ( $x_4$ ), har nu efter visse mindre ændringer følgende form, *Schiemann et al.* (1971):

$$\text{ME, kJ} = 20.8 x_1 + 36.6 x_2 + 14.3 x_3 + 17.0 x_4$$

Undersøgelser her i landet har vist, at denne ligning også har gyldighed overfor voksende svin, *Just* (*Nielsen*) (1975), *Thorbek* (1975) og *Just et al.* (1983b).

Som tidligere diskuteret, *Thorbek* (1975) kan man regne med at i et almindeligt sammensat svinefoder uden større fedtindhold vil ca. 80% af ME-indholdet stamme fra fordøjeligt NFE og 10–15% fra fordøjeligt protein. Det er derfor et spørgsmål, om man ikke under praktiske forhold kan opnå en rimelig sikkerhed ved at benytte indholdet af fordøjet organisk stof i stedet for de 4 næringsstoffer til beregning af ME. Dette ville reducere de kemiske analyser til kun at omfatte bestemmelse af tørstof og aske samt et skøn over fordøjeligheden af organisk stof i det pågældende fodermiddel. Ved at benytte afdelingens materiale omfattende 585 balanceforsøg med voksende svin under forskellige fodringsbetingelser opnåede vi følgende relation mellem ME og fordøjet organisk stof, *Thorbek et al.* (1975):

$$\text{ME, kJ} = \left( 18.4 \times \text{fordøjet organisk stof} \right) \pm 1.3\%$$

$s_b \qquad 0.04 \qquad n = 585$

Denne funktion blev anvendt til beregning af foderets indhold af ME på lavt og højt foderniveau indenfor de 6 vægtgrupper, og de beregnede værdier blev sammenlignet med de eksperimentelt fundne ME-værdier, (tabel 3.4.). Det viste sig, at der i alle vægtgrupper var god overensstemmelse mellem disse værdier, dog med en systematisk afvigelse på + 1.8% for de beregnede værdier, således at en faktor på 18.0 i stedet for 18.4 vil være at foretrække.

### 3.5. Konklusioner

1. En reduktion af foderindtaget med 27–50% af et nær ad lib. foder påvirkede ikke fordøjelighedskoefficienterne (FK) for tørstof, organisk stof og energi. Derimod var FK for kvælstof signifikant højere på det lave foderniveau.
2. FK for tørstof, organisk stof, kvælstof og energi var afhængig af dyrenes vægt (alder), med signifikant højere værdier for vægtklassen 60–120 kg sammenlignet med klasse 20–25 kg.
3. Energitalet i gødning, urin og metan var henholdsvis 17–19, 3–4 og 0.5–0.9% af bruttoenergien, hvorved den omsættelige energi varierede fra 77.5–79.2% af bruttoenergien.
4. Den omsættelige energi var uafhængig af foderniveau og dyrenes legems-vægt (alder).
5. Foderets indhold af omsættelig energi kan med rimelig sikkerhed beregnes på grundlag af dets indhold af fordøjeligt organisk stof efter flg. relation:  
$$\text{ME, kJ/kg foder} = 18.0 \times \text{g ford. org. stof/kg foder}.$$

## IV. Luftstofsifte og varmeproduktion

Til bestemmelse af energiomsætningen ved indirekte kalorimetri er det nødvendigt at gennemføre respirationsforsøg til måling af dyrenes luftstofsifte. Afdelingens respirationsanlæg, der fungerer efter det såkaldte åbne princip, er nærmere beskrevet af Thorbek (1969b, 1983). Ved disse målinger bestemmes dyrenes totale kulsyreproduktion, iltoptagelse og metanproduktion i forsøg over 24 timer. Værdierne for kulsyre- og metanproduktion indgår i opstilling af den såkaldte kulstofbalance, hvorved det er muligt at beregne dyrenes fedtaflejring, således som det vil fremgå af afsnit VI vedrørende energiomsætningen, (p. 47). Sådanne målinger over luftstofsiftet er samtidig det nødvendige grundlag for de varmetekniske beregninger, der indgår ved projektering af staldventilation og klima-anlæg. Formålet med dette afsnit har derfor været at fremlægge de resultater vi har opnået vedrørende luftstofsifte og varmeproduktion hos voksende svin indenfor vægtklasse 20–120 kg legemsvægt samt at angive regressionsligninger, der kan anvendes ved varmetekniske beregninger.

### 4.1. Luftstofsifte og varmeproduktion hos svin fra 20–120 kg

Middeltallene for kulsyre ( $\text{CO}_2$ ), ilt ( $\text{O}_2$ ) og metan ( $\text{CH}_4$ ) samt de beregnede respirationskvotienter ( $\text{RQ} = \text{CO}_2/\text{O}_2$ ) er tillige med dyrenes gennemsnitlige aldre og legemsvægte indenfor de respektive vægtgrupper angivet i tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Luftstofsifte og varmeproduktion. Middelværdier for kulsyreproduktion ( $\text{CO}_2$ ), iltoptagelse ( $\text{O}_2$ ), metanproduktion ( $\text{CH}_4$ ) og varmeproduktion (HE,CN) på lavt (L) eller højt (H) foderniveau**  
*Table 4.1 Gas exchange and heat production. Mean values of carbon dioxide production ( $\text{CO}_2$ ), oxygen consumption ( $\text{O}_2$ ), methane production ( $\text{CH}_4$ ) and heat production (HE,CN) on low (L) or high (H) feeding levels*

Vægtkl.	kg	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120	
		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Niveau	n	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6
Balancer													
Alder	Dage	90	93	120	120	150	152	171	172	216	212	247	244
Vægt	kg	22.8	23.2	30.4	31.5	53.9	57.2	67.7	70.8	94.6	98.1	110.8	110.6
SEM		0.97	0.40	1.12	0.76	1.73	1.26	2.30	3.57	2.25	1.59	2.59	2.52
$\text{CO}_2$	Liter	329	388	414	498	564	754	669	871	732	1075	886	1110
SEM		12.2	3.8	8.2	9.9	4.3	14.6	17.0	19.3	14.5	22.1	10.0	17.5
$\text{O}_2$	Liter	343	379	418	461	564	666	661	766	740	929	844	977
SEM		11.9	4.9	9.0	9.2	8.2	14.8	27.1	20.8	17.2	22.4	15.0	21.6
$\text{CH}_4$	Liter	1.2	1.7	2.1	2.5	3.3	4.4	3.3	6.0	5.1	7.7	7.8	8.5
RQ		0.96	1.03	0.99	1.08	1.00	1.13	1.01	1.14	0.99	1.16	1.05	1.14
HE(CN)	kJ	6986	7874	8560	9572	11545	14148	13493	16261	15002	19231	17504	20419
SEM		248	82	157	211	129	427	423	482	429	611	213	454

Samtidig er angivet den totale varmeproduktion (HE) målt ved CN-metoden, hvor HE(CN) beregnes som differens mellem den målte omsættelige energi (ME) og den aflejrede energi (RE), bestemt ved kulstof (C)- og kvælstof (N)-balancerne.

Variationskoefficienterne (CV %) har, bortset fra de første målinger på lavt foderniveau, ligget mellem 2–8% for CO<sub>2</sub>, 4–9% for O<sub>2</sub> og 3–9% for HE(CN). RQ-værdierne svingede omkring 0.96–1.05% for de svagt fodrede og fra 1.03–1.16% for de stærkt fodrede svin.

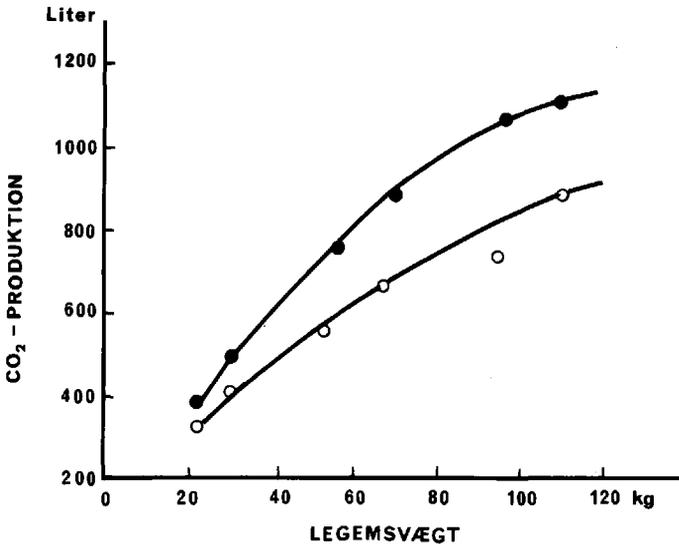


Fig. 4.1. Middelværdier for CO<sub>2</sub>-produktion på lavt (○) og højt (●) foderniveau  
*Mean values of CO<sub>2</sub> production on low (○) and high (●) feed levels*

Luftstofsiftet i relation til legemsvægten er vist grafisk i figur 4.1 og 4.2. Det fremgår heraf, at på højt foderniveau startede såvel CO<sub>2</sub>-produktionen som O<sub>2</sub>-optagelsen omkring 350 liter/24 timer, hvorefter CO<sub>2</sub>-produktionen steg til omkring 1150 liter ved 120 kg legemsvægt, medens O<sub>2</sub>-optagelsen steg noget mindre for at slutte ved 1000 liter pr. døgn.

Metanproduktionen har normalt et ringe omfang hos traditionelt fodrede slagtesvin. I de foreliggende undersøgelser startede metanproduktionen med omkring 1 liter ved 20 kg legemsvægt stigende til knap 9 liter ved 120 kg legemsvægt.

Varmeproduktionen i relation til legemsvægten er vist i figur 4.3. På højt foderniveau steg varmeproduktionen fra 7.3 MJ/24 timer ved 20 kg legemsvægt til 20.8 MJ pr. døgn ved 120 kg legemsvægt.

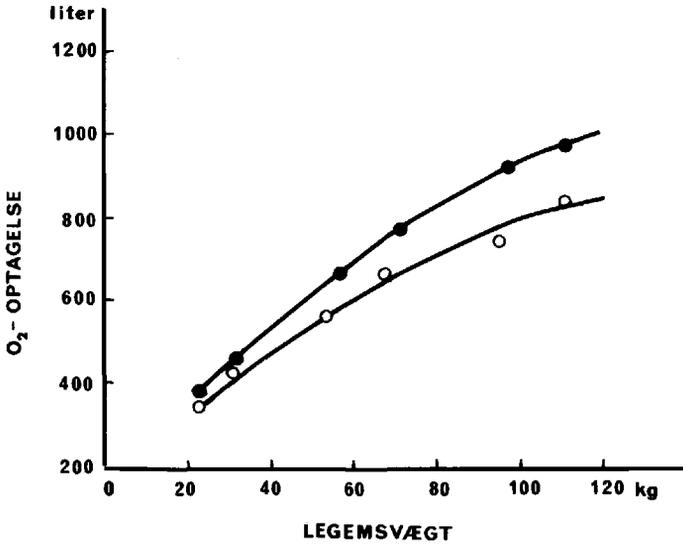


Fig. 4.2. Middelværdier for O<sub>2</sub>-optagelse på lavt (○) og højt (●) foderniveau  
 Mean values of O<sub>2</sub>-consumption on low (○) and high (●) feed levels

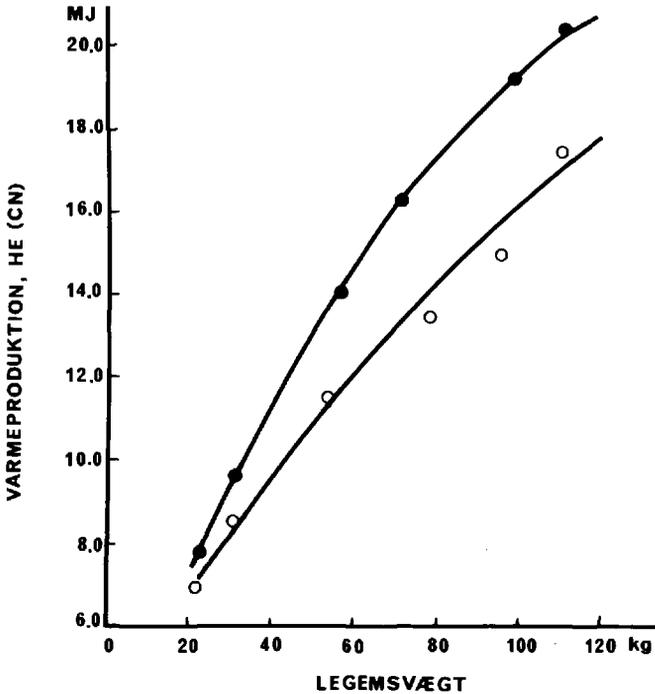


Fig. 4.3. Middelværdier for varmeproduktion på lavt (○) og højt (●) foderniveau  
 Mean values of heat production on low (○) and high (●) feed levels

#### 4.2. Funktioner til beregning af luftstofskefte og varmeproduktion

Samtlige individuelle målinger af luftstofskefte og varmeproduktion, omfattende 51 balanceforsøg på lavt og 59 forsøg på højt foderniveau, har været anvendt i forskellige regressionsanalyser. I første omgang blev de målte værdier sat i relation til de metaboliske legemsvægte ( $\text{kg}^{0.75}$ ), hvilket på højt foderniveau gav følgende ligninger:

- (1)  $\text{CO}_2, \text{liter}/24\text{h} = 68.9 + 31.7 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75}$   
 $s_I, s_b \quad 10.5 \quad 0.52$   
 RSD = 34.3    CV % = 5.3     $R^2 = 0.985$     n = 59
- (2)  $\text{O}_2, \text{liter}/24\text{h} = 113.7 + 25.9 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75}$   
 $s_I, s_b \quad 10.5 \quad 0.52$   
 RSD = 34.2    CV % = 5.9     $R^2 = 0.977$     n = 59
- (3)  $\text{HE}(\text{CN}), \text{kJ}/24\text{h} = 2303 + 546 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75}$   
 $s_I, s_b \quad 237 \quad 11.9$   
 RSD = 775    CV % = 6.4     $R^2 = 0.974$     n = 59

I samtlige ligninger var intercepten stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ). En tilsvarende beregning på lavt foderniveau gav regressioner, der var stærkt signifikant forskellige fra ligningerne på højt niveau, med F-værdier på henholdsvis 181, 67 og 70, således at total ligningerne ikke bør beregnes.

Da dyrene stort set har haft samme legemsvægt indenfor de enkelte grupper, medens de optagne fodermængder var forskellige, forekom det rimeligt at inddrage den optagne fodermængde, udtrykt ved bruttoenergien (GE) i en multipel regression. Beregningerne viste nu, at de forskellige ligningssæt ikke var signifikant forskellige på lavt og højt foderniveau, idet F-værdierne var henholdsvis 1.60, 0.45 og 1.19. Dette medførte, at total ligningerne nu kunne beregnes, hvilket gav følgende resultat:

- (4)  $\text{CO}_2, \text{liter}/24\text{h} = 90.3 + 10.3 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75} + 13.5 \text{ GE}, \text{MJ}$   
 $s_I, s_b \quad 4.9 \quad 0.50 \quad 0.35$   
 RSD = 23.1    CV % = 4.0     $R^2 = 0.991$     n = 110
- (5)  $\text{O}_2, \text{liter}/24\text{h} = 129.6 + 14.2 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75} + 7.3 \text{ GE}, \text{MJ}$   
 $s_I, s_b \quad 6.1 \quad 0.62 \quad 0.44$   
 RSD = 28.8    CV % = 5.3     $R^2 = 0.981$     n = 110
- (6)  $\text{HE}(\text{CN}), \text{kJ}/24\text{h} = 2617 + 273 \text{ LW}, \text{kg}^{0.75} + 171 \text{ GE}, \text{MJ}$   
 $s_I, s_b \quad 138 \quad 13.9 \quad 9.9$   
 RSD = 649    CV % = 5.8     $R^2 = 0.978$     n = 110

Indenfor biologien angives varmeproduktionen i Joule, medens de varmetekniske beregninger er baseret på enheden Watt med anvendelse af en varmeproduktionsenhed (ny vpe) defineret ved at 1 ny vpe = 1000 W total varmeafgivelse ved 20°C, *Strøm* (1978). Da 1 W svarer til 0.860 kcal/h eller 3.6 kJ/h vil 1 vpe svare til 3600 kJ/h, og de fundne ligninger for varmeproduktion kan derfor transformeres til ligninger, der imødekommer varmeteknikernes krav. Såfremt dyrene er fodret på et højt niveau kan ligning (3) anvendes transformeret til:

$$(3a) \quad \text{vpe} = \frac{0.640 + 0.152 \text{ LW,kg}^{0.75}}{24}$$

$$(3b) \quad \text{vpe} = 0.0267 + 0.00633 \text{ LW,kg}^{0.75}$$

Hvis dyrene er svagere fodret vil en ligning, der både omfatter metabolisk legemsvægt og energitilførsel, som vist i (6a) give et bedre estimat:

$$(6a) \quad \text{vpe} = \frac{0.728 + 0.0758 \text{ LW,kg}^{0.75} + 0.0475 \text{ GE,MJ}}{24}$$

$$(6b) \quad \text{vpe} = 0.0303 + 0.00316 \text{ LW,kg}^{0.75} + 0.00198 \text{ GE,MJ}$$

I de nævnte ligninger er energitilførslen angivet som bruttoenergi, hvor det i praksis vil være mere bekvemt at regne med vægtmængder eller foderenheder (FE<sub>s</sub>). I de her fremlagte undersøgelser indeholdt foderblandingerne 16.5 GE,MJ/kg, (jvf. tabel 2.3.). Uden at begå større fejl kan man regne med, at de foderblandinger, der i almindelighed anvendes til slagtesvin her i landet, indeholder omkring 16.5 GE,MJ eller 1 FE<sub>s</sub> pr. kg foder. Under denne forudsætning kan ligningerne (4), (5) og (6) transformeres til:

$$(7) \quad \text{CO}_2, \text{ liter/24h} = 90 + 10.3 \text{ LW,kg}^{0.75} + 223 \text{ FE}_s$$

$$(8) \quad \text{O}_2, \text{ liter/24h} = 130 + 14.2 \text{ LW,kg}^{0.75} + 120 \text{ FE}_s$$

$$(9) \quad \text{HE(CN), kJ/24h} = 2620 + 273 \text{ LW,kg}^{0.75} + 2822 \text{ FE}_s$$

$$(9a) \quad \text{vpe} = \frac{0.728 + 0.0758 \text{ LW,kg}^{0.75} + 0.784 \text{ FE}_s}{24}$$

$$(9b) \quad \text{vpe} = 0.0303 + 0.00316 \text{ LW,kg}^{0.75} + 0.0327 \text{ FE}_s$$

De nævnte ligninger er benyttet til at beregne luftstofsifte og varmeproduktion hos svin af Dansk Landrace fodret relativt stærkt efter den norm der er angivet af *Mortensen et al.* (1977). De opnåede resultater fra 20–120 kg legemsvægt angivet med intervaller på 10 kg er vist i tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Luftstofs-kifte og varmeproduktion hos svin af Dansk Landrace fodret nær ædelyst fra 20 til 120 kg legemsvægt. Beregnet på grundlag af de fundne regressionsligninger

*Table 4.2 Gas exchange and heat production in pigs of Danish Landrace fed near ad lib. from 20 to 120 kg live weight. Calculated according to the estimated regression equations*

Vægt-klasse kg	Foder-norm FE <sub>s</sub>	CO <sub>2</sub> produktion liter/h	O <sub>2</sub> optagelse liter/h	Total varme- produktion kJ/h	vpe <sup>1)</sup>
20- 30	1.2	19.7	18.0	377	0.105
30- 40	1.7	25.7	22.4	473	0.131
40- 50	2.1	30.7	26.2	554	0.154
50- 60	2.4	34.7	29.4	621	0.173
60- 70	2.6	37.8	32.0	675	0.188
70- 80	2.8	40.7	34.5	728	0.202
80- 90	2.9	42.7	36.5	769	0.213
90-100	3.0	44.7	38.4	806	0.224
100-110	3.1	46.6	40.3	847	0.235
110-120	3.2	48.6	42.2	885	0.246

<sup>1)</sup> 1 vpe = 1000 W = 3600 kJ/h

### 4.3. Diskussion

Luftstofskiftet og varmeproduktionen i de her fremlagte forsøg er bestemt med en nøjagtighed, der udtrykt ved variationskoefficienten (CV %), varierer fra 2-8% for CO<sub>2</sub>, 4-9% for O<sub>2</sub> og 3-9% for HE(CN), hvilket svarer til den nøjagtighed, der er opnået ved tidligere forsøg på afdelingen med svin fra 20-90 kg legemsvægt, *Just (Nielsen) (1970)* og *Thorbek (1975)*. Respirationsanlæggene blev som tidligere omtalt kalibreret med jævne mellemrum, og disse målinger viste, at anlæggene arbejdede med en nøjagtighed på 1.0-1.5% med hensyn til bestemmelse af CO<sub>2</sub>-produktionen. De fundne variationskoefficienter må således være udtryk for en relativ stor variation imellem dyrene med hensyn til deres luftstofs-kifte og varmeproduktion.

På det høje foderniveau steg respirationskvotienten (RQ) med stigende alder og stigende fedtaflejring (jvf. afsnit VI) fra 1.03 til 1.16, medens RQ på det lave niveau kun steg fra 0.96 til 1.05. Respirationskvotientens størrelse er nøje forbundet med de resorberede kulhydraters omdannelse til fedt. Da fedt har et lavere iltindhold end de resorberede kulhydrater, vil kulsyreproduktionen være større end iltoptagelsen, hvorved RQ-værdierne vil blive større end 1.0.

I et tidligere forsøg med galte og sogrise (20-90 kg), hvor fedtaflejringen var stor, opnåedes med anvendelse af det gamle respirationsanlæg en stigning i RQ fra 1.04 til 1.28, *Ludvigsen & Thorbek (1955)*. Med det nye anlæg måltet i 1964-66 en stigning fra 0.98 til 1.17 i forsøg med galte på relativt højt foderniveau, *Thorbek (1975)* hvilket svarer til de her fremlagte målinger, der er foreta-

get fra 1975–76. Med samme anlæg målte *Just (Nielsen)* (1970) i 1966–68 noget lavere RQ-værdier, stigende fra 0.91 til 1.12, til trods for en stor fedtaflejring. De lavere RQ-værdier skyldes antageligt, som angivet af *Just (Nielsen)*, at iltmålingerne har været behæftet med visse fejl, således at iltforbruget er registreret noget for højt. Dette forklarer samtidigt, hvorfor *Just (Nielsen)* fandt, at varmeproduktionen beregnet efter RQ-metoden var omkring 5% højere end ved CN-metoden, medens de tidligere målinger *Thorbek* (1975) og de her fremlagte resultater kun viste differencer på henholdsvis 2.4 og 3.1%.

De opnåede resultater vedrørende luftstofsifte og varmeproduktion viste krumme kurver med en aftagende stigning i forhold til stigende legemsvægt (jvf. fig. 4.1, 4.2 og 4.3), men i relation til metabolisk legemsvægt ( $\text{kg}^{0.75}$ ) opnåedes lineære funktioner. De beregnede regressionsligninger på højt foderniveau, (1), (2) og (3) var signifikant forskellige ( $P < 0.001$ ) fra ligningerne på lavt niveau. Den totale varmeproduktion er summen af det varmetab, der er forbundet med vedligeholdelsesprocesserne og det varmetab (termisk energi), der er forbundet med omdannelsen af fodermidlernes næringsstoffer til animalske produkter, som f.eks. protein og fedt under væksten. Ved at inddrage den optagne fodermængde, udtrykt ved bruttoenergien, sammen med den metaboliske legemsvægt i multiple regressionsberegninger ophævedes forskellen imellem ligningerne på de to foderniveauer, hvorved det blev muligt at beregne total ligningerne (4), (5) og (6). De fundne ligninger gav resultater svarende til de værdier, der er fundet i forsøg med svin fra 20–90 kg legemsvægt fodret på forskelligt niveau, *Just (Nielsen)* (1970), *Fuller & Boyne* (1972), *Wenk* (1973), *Thorbek* (1975) og *Christensen* (1983).

I de varmetekniske beregninger benyttes enheden vpe (1000 W) svarende til 3600 kJ/h, og med denne omregningsfaktor er ligning (6) transformeret til vpe-enheder i ligning (6a). I praksis vil det ofte være mere hensigtsmæssigt at angive fodringsintensiteten i kg foder eller  $\text{FE}_s$  i stedet for i bruttoenergi. Da de fleste foderblandinger til slagtesvin indeholder omkring 16.5 GE, MJ eller 1  $\text{FE}_s$  pr. kg foder kan ligningerne for luftstofsifte og varmeproduktion transformeres til:

$$\begin{array}{lll}
 (7) \quad \text{CO}_2, \text{liter}/24\text{h} & = & 90 + 10.3 \text{ LW, kg}^{0.75} + 223 \text{ FE}_s \\
 (8) \quad \text{O}_2, \text{liter}/24\text{h} & = & 130 + 14.2 \text{ LW, kg}^{0.75} + 120 \text{ FE}_s \\
 (9) \quad \text{HE(CN), kJ}/24\text{h} & = & 2620 + 273 \text{ LW, kg}^{0.75} + 2822 \text{ FE}_s \\
 (9b) \quad \text{vpe} & = & 0.0303 + 0.00316 \text{ LW, kg}^{0.75} + 0.0327 \text{ FE}_s
 \end{array}$$

Disse ligninger er i forbindelse med de af *Mortensen et al.* (1977) angivne fodernormer benyttet til at udarbejde en tabel over luftstofsifte og varmeproduktion hos relativt stærkt fodrede slagtesvin fra 20–120 kg legemsvægt, angivet med intervaller på 10 kg (jvf. tabel 4.2). De fundne resultater vedrørende vpe stemmer godt overens med de værdier, der er sammenstillet af *Strøm* (1978)

baseret på omfattende litteraturstudier. I det følgende skal der knyttes visse kommentarer til denne tabel.

*Sogrise kontra galte.* De her fremlagte resultater er baseret på forsøg med galte, og det er et spørgsmål om de har gyldighed overfor sogrise. *Just (Nielsen)* (1970) fandt i sine forsøg, at sogrisene i gennemsnit havde en varmeproduktion, der var 4.4% højere end hos galtene. En gennemgang af et ikke publiceret materiale fra afdelingen, omfattende 30 målinger på sogrise fra 20–80 kg legemsvægt, viste at disse havde en varmeproduktion, der var ca. 3% højere end hos galtene. Senere er der ved omfattende målinger på sogrise og galte fundet en gennemsnitlig forskel på 5.4%, stigende fra –2.4 til 6.1% med legemsvægten stigende fra 20 til 80 kg, *Christensen* (1983). I betragtning af, at spredningen på regressionsligningen udtrykt ved variationskoefficienten var 5.8%, vil det i praksis med de blandede stalde næppe være nødvendigt at tage hensyn til denne forskel i varmeproduktionen hos sogrise og galte.

*Staldforhold.* I forsøg med grupper af svin sammenlignet med svin i enkeltbure er det fundet, at varmeproduktionen nedsættes med 5–10% ved at dyrene er i grupper, *Close et al.* (1971) og *Verstegen & van der Hel* (1974). I det her forelagte forsøg, hvor svinene var i enkeltbure, skulle det betyde, at de i tabel 4.2 angivne værdier er vel høje for praksis, hvor dyrene går i grupper. På den anden side er dyrene målt under laboratorieforhold, uden træk og unødvendige forstyrrelser og med nedsat aktivitet, hvilket skulle give minimal-værdier. Disse to tendenser opvejer sandsynligvis hinanden så meget, at de i tabellen angivne værdier med rimelig nøjagtighed kan overføres til praktiske staldforhold.

*Kritisk temperatur.* Det er af *Verstegen & van der Hel* (1974) vist, at varmeproduktionen i den termoneutrale zone er konstant uafhængig af gulvtype, medens den stiger såfremt temperaturen kommer under den kritiske temperatur, og denne er stærkt afhængig af gulvtypen. De fandt således, at den kritiske temperatur for svin på omkring 40 kg legemsvægt var 12–13°C på asfaltgulve med strøelse og 14–15°C på asfaltgulve uden strøelse stigende til 19–20°C på cementtræmmer. De her foreliggende undersøgelser er gennemførte i den termoneutrale zone og skulle derfor have gyldighed i stalde, der ikke kommer under den kritiske temperatur.

*Racer.* Med den stigende anvendelse her i landet af forskellige racer samt krydsninger ville det være af interesse at vide om disse, med hensyn til varmeproduktion i forhold til metabolisk legemsvægt og foderoptagelse følger samme model som Dansk Landrace. Forsøg med krydsninger af Large White × Landrace, *Fuller & Boyne* (1972) og med Veredeltes Landschwein, *Wenk* (1973) viser resultater, der ligger indenfor de fundne regressioner med Dansk Landrace. Dette tyder på, at værdierne i tabel 4.2 kan anvendes overfor andre racer, men det ville være ønskeligt med flere undersøgelser indenfor dette område.

#### 4.4. Konklusioner

1. Målinger af luftstofskifte og varmeproduktion på lavt og højt foderniveau hos galte fra 20–120 kg legemsvægt ( $n = 110$ ) gav følgende regressioner i relation til metabolisk legemsvægt ( $\text{kg}^{0.75}$ ) og foderindtag (GE,MJ):

$$(4) \text{ CO}_2, \text{ liter/24h} = 90.3 + 10.3 \text{ LW, kg}^{0.75} + 13.5 \text{ GE, MJ}$$

$$(5) \text{ O}_2, \text{ liter/24h} = 129.6 + 14.2 \text{ LW, kg}^{0.75} + 7.3 \text{ GE, MJ}$$

$$(6) \text{ HE(CN), kJ/24h} = 2617 + 273 \text{ LW, kg}^{0.75} + 171 \text{ GE, MJ}$$

2. Til brug for varmetekniske beregninger kan ligningen for varmeproduktion transformeres til vpe-enheder, samtidig med at foderindtaget udtrykkes ved  $\text{FE}_S$ , resp. kg foder:

$$(9b) \text{ vpe} = 0.0303 + 0.00316 \text{ LW, kg}^{0.75} + 0.0327 \text{ FE}_S$$

3. De fundne ligninger er anvendt til beregning af tabel 4.2, vedrørende luftstofskifte og varmeproduktion hos relativt stærkt fodrede slagtesvin fra 20–120 kg legemsvægt.

## V. Kvælstofomsætning

Kvælstofomsætningen er målt individuelt i 51 balanceforsøg på lavt og 59 forsøg på højt foderniveau indenfor 6 vægtklasser fra 20–120 kg legemsvægt. Kvælstofaflejringen (RN) er bestemt som differens mellem indtaget kvælstof (IN) og kvælstoftab i gødning (FN) og urin (UN). De målte kvælstofaflejringer i relation til de fordøjede kvælstofmængder ( $DN = IN - FN$ ) indenfor de to foderniveauer er benyttet i regressionsligninger til at estimere kvælstofbehovet til vedligehold. Desuden er data for kvælstofaflejring på højt foderniveau benyttet i en kvadratisk funktion til bestemmelse af den maximale kvælstofaflejring indenfor vækstperioden fra 20–120 kg legemsvægt. På grundlag af den estimerede kurve for maximal kvælstofaflejring sammenholdt med de målte, maximale udnyttelsesgrader for fordøjet kvælstof er der sluttelig sammenstillet en tabel over normer vedrørende behovet af fordøjeligt protein til dækning af maximal proteinaflejring.

### 5.1. Kvælstoftab i gødning og urin samt kvælstofaflejring

Med de anvendte foder mængder (jvf. tabel 2.4) indenfor de enkelte vægtklasser steg IN, som vist i tabel 5.1, fra 16–53 g og fra 22–80 g N på henholdsvis lavt og højt foderniveau. Kvælstoftabet i gødningen (FN) varierede på lavt niveau fra 17–21% og fra 19–22% af IN på højt niveau, modsvarende de tidligere omtalte fordøjelighedscoefficients for kvælstof (jvf. tabel 3.1). Mængden af fordøjeligt kvælstof (DN) steg herved fra 13–43 g og fra 17–64 g N på henholdsvis lavt og højt foderniveau.

Kvælstoftabet i urinen (UN) var væsentligt større end kvælstoftabet i gødningen (FN), og i forhold til indtaget kvælstof (IN) var der en betydelig variation fra 33–54% af IN på lavt niveau og fra 28–50% på højt niveau. I forhold til fordøjet kvælstof ( $UN/DN = 100 - RN/DN$ ) var de tilsvarende tab 40–65% og 35–62%.

Kvælstofaflejringen (RN) steg indenfor vækstperioden 20–80 kg legemsvægt fra 6–19 g og fra 10–32 g N på henholdsvis lavt og højt foderniveau, hvorefter den var aftagende i klasse 80–120 kg. Den relative spredning (CV %) på kvælstofaflejringen indenfor klasse 20–80 kg varierede fra 5–23% og fra 6–12% på henholdsvis lavt og højt niveau, medens den i klasse 80–120 kg varierede fra 28–32% og fra 10–25% på de to niveauer. Udnyttelsesgraden ( $k_N$ ) udtrykt ved

**Tabel 5.1 Kvalstofomsætning. Middelværdier for indtag af kvælstof (IN), fordøjet kvælstof (DN), kvælstof i gødning (FN) og urin (UN) samt aflejret kvælstof (RN) på lavt (L) eller højt (H) foderniveau**

*Table 5.1 Nitrogen metabolism. Mean values of intake of nitrogen (IN), digested nitrogen (DN), nitrogen loss in faeces (FN) and urine (UN) and retained nitrogen (RN) on low (L) or high (H) feed levels*

Vægtkl.	kg	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120	
		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Niveau		Balancer											
	n	12	19	16	16	7	8	3	4	7	6	6	6
IN	g	16.26	22.21	22.40	32.94	31.53	52.70	39.25	60.61	39.64	79.60	53.07	79.0
DN	g	12.76	17.30	17.63	25.64	25.49	41.34	31.85	48.99	33.10	63.79	43.28	62.8
FN	g	3.50	4.91	4.77	7.30	6.04	11.36	7.40	11.62	6.54	15.81	9.79	16.1
UN	g	6.30	7.33	7.89	9.96	11.92	17.80	12.79	16.97	21.37	39.70	26.55	31.9
RN	g	6.46	9.97	9.74	15.69	13.57	23.54	19.06	32.01	11.73	24.09	16.72	30.9
SEM		0.43	0.22	0.39	0.38	0.69	0.53	0.55	1.89	1.25	2.49	2.15	1.2
CV	%	23.3	9.7	16.2	9.8	13.5	6.4	5.0	11.8	28.1	25.3	31.6	9.8
FN/IN	%	21.2	22.0	21.2	22.1	19.2	21.6	18.9	19.2	16.5	19.9	18.4	20.3
UN/IN	%	39.2	33.1	35.5	30.1	37.8	33.7	32.5	28.1	53.9	49.9	50.0	40.3
RN/IN	%	39.6	44.9	43.3	47.6	43.0	44.7	48.6	52.8	29.6	30.3	31.5	39.1
RN/DN	%	50.3	57.6	55.0	61.1	53.3	57.0	60.0	65.2	35.4	37.8	38.4	49.3
SEM		2.12	0.78	1.04	0.68	2.66	1.31	2.53	2.31	3.63	3.96	4.59	2.1
CV	%	14.6	5.9	7.6	4.5	13.2	6.5	7.3	7.1	27.1	25.5	29.3	10.8

aflejret kvælstof i relation til fordøjet kvælstof (RN/DN.) var derimod relativt konstant i vægtklassen 20-80 kg med middelværdier på 53.6 og 59.3% på henholdsvis lavt og højt foderniveau, som vist i tabel 5.2. I vægtklassen 80-120 kg faldt  $k_N$  til henholdsvis 36.8 og 43.6% på de to niveauer.

Som det fremgår af tabellen var den relative spredning (CV %) på  $k_N$  i klasse 20-80 kg 11.7 og 6.9% på henholdsvis lavt og højt niveau, medens den steg til 27.3 og 21.9% i klasse 80-120 kg for de to niveauer. Forskellen i udnyttelsesgra-

**Tabel 5.2 Aflejret kvælstof i relation til fordøjet kvælstof (RN/DN) på højt (H) og lavt (L) foderniveau indenfor vægtklasserne 20-80 og 80-120 kg legemsvægt**

*Table 5.2 Retained nitrogen in relation to digested nitrogen (RN/DN) on high (H) and low (L) feed levels in the weight classes from 20-80 and 80-120 kg live weight*

Vægtklasse	20-80				80-120				Differens (20-80)-(80-120)
	n	%	SEM	CV %	n	%	SEM	CV %	
RN/DN (H)	47	59.3	0.60	6.9	12	43.6	2.76	21.9	15.7 <sup>xxx</sup>
RN/DN (L)	38	53.6	1.02	11.7	13	36.8	2.79	27.3	16.8 <sup>xxx</sup>
Differens (H-L)		5.7 <sup>xxx</sup>				6.8 NS			

NS (P > 0.05)

<sup>xxx</sup> (P < 0.001)

den imellem de to vægtklasser på henholdsvis 16.8 og 15.7% for de to niveauer var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ). Forskellen i  $k_N$  på 5.7% mellem højt og lavt niveau i klasse 20–80 kg var ligeledes stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ), medens forskellen på 6.8% for klasse 80–120 kg ikke var signifikant ( $P > 0.05$ ), hvilket skyldes den store spredning på observationerne.

## 5.2. Kvælstofbehov til vedligehold

Indenfor klasse 20–25 kg legemsvægt er samtlige individuelt målte værdier for aflejret (RN) og fordøjet (DN) kvælstof sat i forhold til de respektive metaboliske legemsvægte, og relationen mellem  $RN/kg^{0.75}$  og  $DN/kg^{0.75}$  er vist grafisk i figur 5.1.

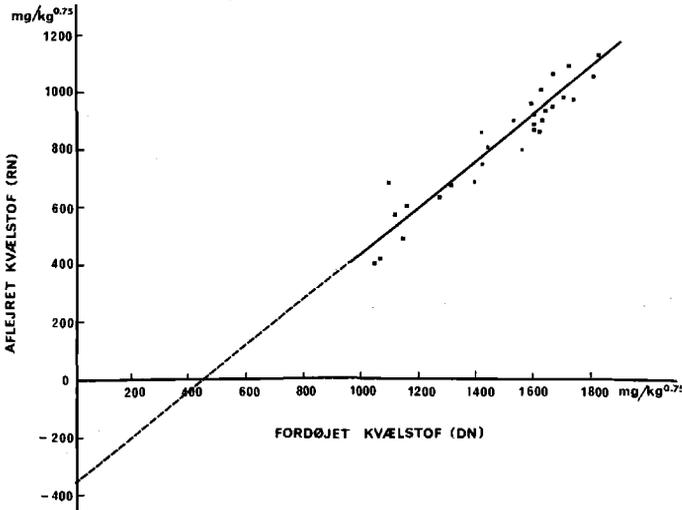


Fig. 5.1. Aflejret kvælstof ( $RN/kg^{0.75}$ ) i relation til fordøjet kvælstof ( $DN/kg^{0.75}$ ) i vægtklassen 20–25 kg

*Retained nitrogen ( $RN/kg^{0.75}$ ) in relation to digested nitrogen ( $DN/kg^{0.75}$ ) in the live weight group of 20–25 kg*

Med de anvendte fodermængder på lavt og højt foderniveau er der en stor variation fra 1050–1850 mg  $DN/kg^{0.75}$  og fra 400–1100 mg  $RN/kg^{0.75}$ . Kurven viser tydeligt en lineær afhængighed mellem aflejret og fordøjet kvælstof indenfor denne vægtklasse. Kurvens skæring med x-aksen angiver den mængde fordøjet kvælstof, som dyrene skal optage i nævnte vægtklasse for at sikre, at de kan være i kvælstoffligevægt ( $RN = 0$ ).

Tilsvarende beregninger og tegninger for de øvrige vægtklasser viste ligeledes lineær afhængighed mellem RN og DN, men med forskellige afskæringer på x-aksen. Som følge heraf er der foretaget regressionsberegninger efter følgende model:  $RN, \text{mg/kg}^{0.75} = I + b \text{ DN, mg/kg}^{0.75}$ , hvor intercepten (I) angiver kurvens skæring med y-aksen og regressionskoefficienten (b) angiver kurvens hældning. Kurvens skæring med x-aksen ( $RN = 0$ ), der angiver dyrets kvælstofbehov til vedligehold ( $DN_m$ ), beregnes ved  $-I/b$ . Regressionsberegningerne er foretaget indenfor hver af vægtklasserne 20–25, 25–35, 50–80 og 80–120 kg legemsvægt, hvorved der opnås en jævn fordeling af observationerne i de pågældende vægtklasser. Beregningerne gav nedenstående resultater:

*20–25 kg legemsvægt*

$$\begin{array}{rcll} RN, \text{mg/kg}^{0.75} & = & -353 + 0.792 \text{ DN, mg/kg}^{0.75} & \\ s_I, s_b & & 68.8 \quad 0.046 & \\ RSD = 59.3 & CV \% = 7.2 & R^2 = 0.912 & n = 31 \end{array}$$

*25–35 kg legemsvægt*

$$\begin{array}{rcll} RN, \text{mg/kg}^{0.75} & = & -256 + 0.740 \text{ DN, mg/kg}^{0.75} & \\ s_I, s_b & & 51.6 \quad 0.031 & \\ RSD = 53.8 & CV \% = 5.5 & R^2 = 0.951 & n = 32 \end{array}$$

*50–80 kg legemsvægt*

$$\begin{array}{rcll} RN, \text{mg/kg}^{0.75} & = & -195 + 0.699 \text{ DN, mg/kg}^{0.75} & \\ s_I, s_b & & 102.5 \quad 0.060 & \\ RSD = 99.6 & CV \% = 10.1 & R^2 = 0.873 & n = 22 \end{array}$$

*80–120 kg legemsvægt*

$$\begin{array}{rcll} RN, \text{mg/kg}^{0.75} & = & -122 + 0.486 \text{ DN, mg/kg}^{0.75} & \\ s_I, s_b & & 128.4 \quad 0.081 & \\ RSD = 160.8 & CV \% = 25.6 & R^2 = 0.613 & n = 25 \end{array}$$

På grund af den store individuelle variation indenfor klasse 80–120 kg legemsvægt (jvf. tabel 5.2) er regressionsligningen for denne klasse ret usikkert bestemt.

En beregning af  $-I/b$  indenfor de nævnte 4 vægtklasser gav følgende værdier for kvælstofbehovet til vedligehold: 446, 346, 279 og 251 mg DN/kg<sup>0.75</sup>. Disse værdier beskriver en krum kurve i relation til den gennemsnitlige legemsvægt i grupperne, som vist i figur 5.2.

Det daglige kvælstofbehov til vedligehold ( $DN_m$ /dag) indenfor klasse 20–120 kg legemsvægt er derefter beregnet ved at multiplicere de enkelte dyrs metaboliske legemsvægte med det estimerede behov for  $DN_m$ /kg<sup>0.75</sup> indenfor de pågældende vægtklasser. Ved at sætte dette beregnede behov i relation til meta-

bolisk legemsvægt kan den krumme kurve (fig. 5.2) transformeres til en lineær funktion, som vist i figur 5.3, der angiver middelværdierne indenfor de omtalte vægtgrupper.

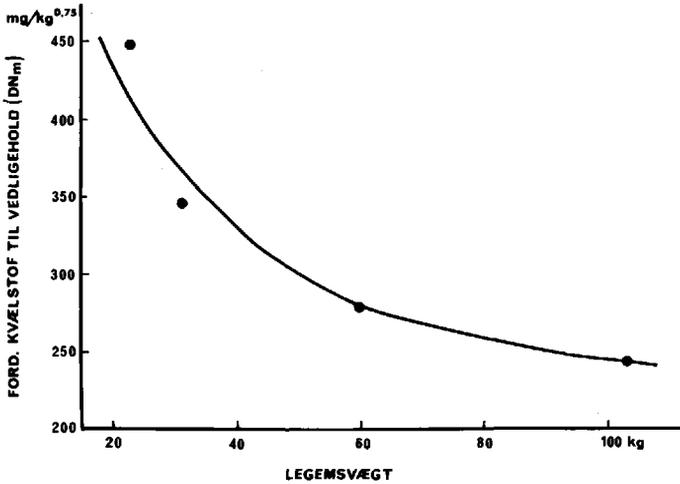


Fig. 5.2. Fordøjet kvælstof til vedligehold ( $DN_m/kg^{0.75}$ ) i relation til legemsvægt  
*Digested nitrogen for maintenance ( $DN_m/kg^{0.75}$ ) in relation to live weight*

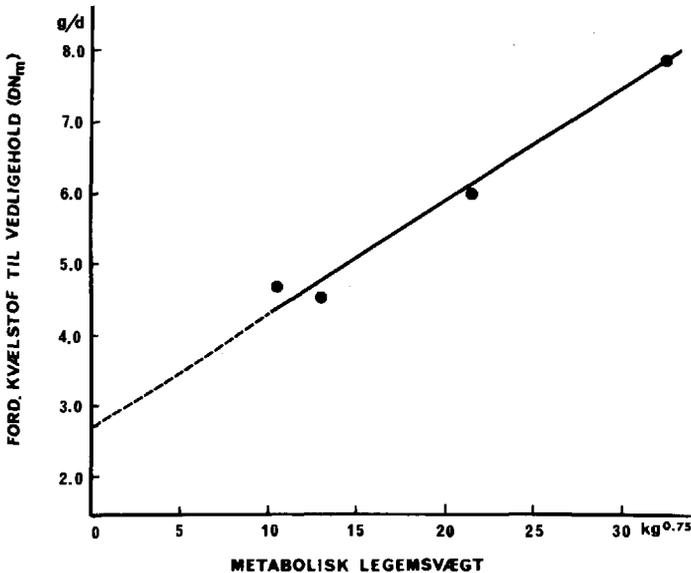


Fig. 5.3. Fordøjet kvælstof til vedligehold ( $DN_m/d$ ) i relation til metabolisk legemsvægt  
*Digested nitrogen for maintenance ( $DN_m/d$ ) in relation to metabolic live weight*

En regressionsberegning med anvendelse af samtlige beregnede individuelle værdier for  $DN_m$ /dag i relation til metabolisk legemsvægt gav følgende estimat over behovet af fordøjeligt kvælstof til vedligehold:

$$DN_m, \text{ g/dag} = 2.69 + 0.160 LW, \text{ kg}^{0.75}$$

$$s_r, s_b \quad 0.072 \quad 0.0035$$

$$RSD = 0.32 \quad CV \% = 5.7 \quad R^2 = 0.950 \quad n = 110$$

Den fundne funktion blev til slut benyttet til at beregne det daglige behov af fordøjeligt kvælstof til vedligehold ( $DN_m$ ), angivet med 10 kg's intervaller indenfor vægtklasserne 20–120 kg legemsvægt, som vist i tabel 5.3. Med anvendelse af faktoren 6.25 blev  $DN_m$  omregnet til behovet af fordøjeligt protein til vedligehold ( $DPROT_m$ ), og med afrundede tal er disse normer ligeledes angivet i tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Protein-norm angivet i fordøjeligt protein ( $DPROT_m$ ) til dækning af vedligeholdelsesbehovet**

*Table 5.3 Requirement of digestible protein ( $DPROT_m$ ) for covering the maintenance*

Vægtkl.	kg	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$DN_m$ <sup>1)</sup>	g	4.2	4.7	5.2	5.7	6.1	6.6	7.0	7.4	7.8	8.1	8.5
$DPROT_m$	g	26	30	33	36	38	41	44	46	49	51	53

1) Beregnet efter  $DN_m = 2.69 + 0.160 LW, \text{ kg}^{0.75}$   
 (Calculated according to  $DN_m = 2.69 + 0.160 LW, \text{ kg}^{0.75}$ )

### 5.3. Maximal kvælstofaflejring

Det er tydeligt, at kvælstofaflejringen på højt foderniveau ligger væsentlig over aflejringen på lavt niveau (tabel 5.1), men begge sæt af observationer følger det samme mønster med en stigning til et vist maximum og derefter et fald, efterhånden som dyrene bliver ældre. En sådan kurve kan beskrives ved en kvadratisk funktion af formen:  $y = I + b_1x - b_2x^2$ , hvor  $y = g$  aflejret kvælstof (RN),  $x = LW, \text{ kg}^{0.75}$  og  $x^2 = LW, \text{ kg}^{1.50}$ . De individuelle målinger vedrørende RN på højt foderniveau og de tilsvarende legemsvægte blev benyttet til beregning af den maksimale kvælstofaflejring over vækstperioden 20–120 kg. Beregningen gav følgende resultat:

$$RN, \text{ g} = -13.7 + 2.77 LW, \text{ kg}^{0.75} - 0.045 LW, \text{ kg}^{1.50}$$

$$s_r, s_b \quad 3.46 \quad 0.377 \quad 0.0087$$

$$RSD = 3.41 \quad CV \% = 18.5 \quad R^2 = 0.833 \quad n = 59$$

Den fundne ligning, som giver et maximum på 28.9 g RN ved 97 kg legemsvægt, er benyttet til en grafisk fremstilling af kvælstofaflejringen i relation til legemsvægten, som vist i figur 5.4.

I det tidligere omtalte forsøg foretaget i 1964–66 med 48 galte fra 20–90 kg legemsvægt gav en tilsvarende beregning for den maximale kvælstofaflejring følgende ligning:  $RN, g = 1.48 LW, kg^{0.75} - 0.027 LW, kg^{1.50}$ , med et maximum på 20.6 g RN ved en legemsvægt på 84 kg, Thorbek (1975). Denne ligning er ligeledes benyttet til en beregning af kvælstofaflejringen i relation til legemsvægten og er til sammenligning indtegnet på figur 5.4.

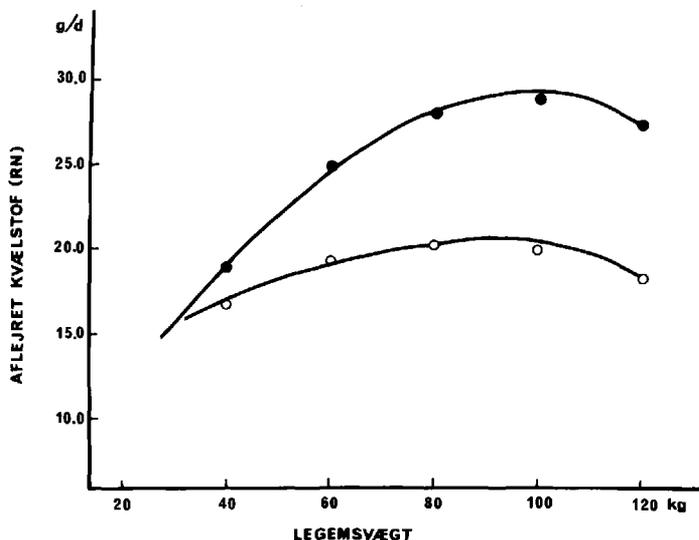


Fig. 5.4. Aflejret kvælstof (RN) i relation til legemsvægten i nærværende materiale (●) og i tidligere undersøgelser (○), Thorbek (1975)  
*Retained nitrogen (RN) in relation to live weight in the present material (●) and in former investigations (○), Thorbek (1975)*

#### 5.4. Proteinbehov til maximal proteinaflejring

Bortset fra vægtklasse 20–25 kg legemsvægt må de fordøjede kvælstofmængder på højt foderniveau anses for at have været tilstrækkelige til at sikre en maximal kvælstofaflejring i vækstperioden 25–120 kg. Som det fremgår af tabel 5.1 blev de højeste udnyttelsesgrader (RN/DN) fundet indenfor klasse 20–80 kg legemsvægt med  $k_N$ -værdier imellem 57–65%. Ved at sætte den gennemsnitlige udnyttelsesgrad til 60% og ved at sammenholde den med de fundne maximale

kvælstofaflejringer er der foretaget en beregning over den mængde fordøjet kvælstof (DN), der må anses for at være nødvendig til sikring af maximal kvælstofaflejring (RN), som vist i tabel 5.4.

Ved at multiplicere med 6.25 er, med afrundede værdier, angivet den maksimale proteinaflejring (RPROT) samt normer over den mængde fordøjeligt protein (DPROT), der skulle sikre en maximal proteinaflejring.

**Tabel 5.4 Protein-norm angivet i fordøjeligt protein (DPROT) til dækning af maximal proteinaflejring (RPROT)**

*Table 5.4 Requirement of digestible protein (DPROT) for covering maximum protein retention (RPROT)*

Vægtkl.	kg	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
RN <sup>1)</sup>	g	12.0	14.4	19.0	22.5	25.1	27.0	28.2	28.8	28.9	28.5	27.6
DN <sup>2)</sup>	g	20.0	24.0	31.6	37.5	41.8	45.0	47.0	48.0	48.2	47.5	46.0
RPROT	g	75	90	120	140	155	170	175	180	180	175	170
DPROT	g	125	150	200	230	260	280	290	300	300	290	280

<sup>1)</sup> Beregnet efter  $RN_{\max, g} = -13.7 + 2.77 LW, kg^{0.75} - 0.045 LW, kg^{1.50}$   
(Calculated according to  $RN_{\max, g} = -13.7 + 2.77 LW, kg^{0.75} - 0.045 LW, kg^{1.50}$ )

<sup>2)</sup> Beregnet med en udnyttelsesgrad (RN/DN) på 60%  
(Calculated with an efficiency (RN/DN) of 60%)

## 5.5. Diskussion

### 5.5.1. Kvælstoftab i gødning og urin samt kvælstofaflejring

Ved måling af kvælstofomsætningen hos voksende svin fodret efter gangse normer vil det i almindelighed vise sig, at kvælstoftabet i gødningen (FN) er en mindre, men relativt konstant del af den indtagne kvælstofmængde (IN) afhængig af foderets sammensætning, medens kvælstoftabet i urinen (UN) er væsentlig større med en betydelig variationsbredde. I de her fremlagte resultater varierede FN fra 17–22% af IN for begge foderniveauer, medens UN varierede fra 40–65% og fra 35–62% af fordøjeligt kvælstof (DN) på henholdsvis lavt og højt niveau. En nærmere inspektion af de opnåede værdier viste imidlertid, at UN/DN var ret konstant i vægtklassen 20–80 kg legemsvægt for begge foderniveauer med værdier fra 35–50%, hvorefter der skete en stigning til 51–65% i vægtklasse 80–120 kg.

Kvælstofaflejringen (RN) indenfor vækstperioden 20–80 kg steg fra 6–19 g og fra 10–32 g N på henholdsvis lavt og højt foderniveau, svarende til lavt og højt kvælstofindtag, hvorefter den var aftagende på begge niveauer i klasse 80–120 kg. Den relative spredning udtrykt ved variationskoefficienten (CV %) var stor med værdier fra 5–32%, dog således at variationen var lavest i vægtklassen 20–80 kg med gennemsnitlige CV-værdier på 12 og 7% for henholdsvis lavt og

højt foderniveau, hvorefter disse steg til 27 og 22% i klasse 80–120 kg (jvf. tabel 5.2). I tidligere forsøg *Thorbek* (1975) er der fundet lignende store variationskoefficienter for RN, samtidig med at det blev vist, at de enkelte dyr fastholder deres evne til høj eller lav proteinaflejring gennem vækstperioden, og at variationen omkring de individuelle aflejningskurver var ringe. En sammenligning imellem de fundne høje CV-værdier ved bestemmelse af RN med de lave værdier, omkring 3%, ved bestemmelse af fordøjet kvælstof (DN) tyder på, at der kun er ringe individuel variation med hensyn til fordøjeligheden, medens der er en overordentlig stor forskel imellem dyrene i deres evne til at opbygge de resorberede aminosyrer til protein. En forskel der træder særdeles stærkt frem for de højere vægtklasser.

I de her fremlagte forsøg, hvor dyrene stammede fra 10 forskellige kuld, var det tilstræbt, at den genetiske variation skulle være så stor, som det var muligt at opnå i en god brugsbesætning, for derved bedre at kunne generalisere ud fra de opnåede forsøgsresultater, og de fundne store variationskoefficienter for RN tyder på, at dette formål er opnået. Såfremt der eksisterer en tilsvarende stor individuel variation indenfor avlsbesætningerne, er det et spørgsmål om en sådan variationsbredde med hensyn til proteinaflejring, subsidiært kødfylde, ikke kunne udnyttes i avlsarbejdet. Det skulle være muligt at indkredse de dyr, der har ringere anlæg for proteinaflejring ved at bestemme den kvantitative udskillelse af kvælstof i urinen over en kortere opsamlingsperiode, f.eks. ved 25–35 kg og ved 50–60 kg legemsvægt med anvendelse af et standardfoder, og derefter udskyde de dyr af avlsarbejdet, hvor kvælstofudskillelsen i urinen er stor, da dette tyder på ringe anlæg for proteinaflejring.

Såfremt tilførslen af protein, aminosyrer (specielt lysin) og energi er tilstrækkelig til at dække dyrenes behov for proteinaflejring, vil en yderligere tilførsel ikke være i stand til at forøge denne aflejring, hvis størrelse for en given race og køn vil være afhængig af dyrenes alder/legemsvægt samt deres genetiske anlæg, som diskuteres af *Thorbek* (1975). I det foreliggende forsøg kan det på grundlag af foderets sammensætning skønnes, at dette har indeholdt omkring 0.7–0.8% lysin, hvilket på højt foderniveau har medført en lysintilførsel stigende fra 6.5 til 22.5 g/d. Bortset fra klasse 20–25 kg legemsvægt, hvor tilførslen antagelig har været for lav, er den tilførte lysinmængde i overensstemmelse med eller over de normer, der angives i litteraturen, som f.eks. *Clausen et al.* (1961), *Poppe & Wiesemüller* (1968), *Poppe et al.* (1980), *Cole et al.* (1980) og *Jacobsen* (1980). Da energitilførslen har været omkring 600 kJ/GE/g IN, hvilket skulle være tilstrækkelig til at sikre en optimal proteinsyntese *McCracken et al.* (1980), må de fundne værdier for RN på højt foderniveau, bortset fra klasse 20–25 kg, anses for at være maximale for galte af Dansk Landrace.

Udnyttelsesgraden ( $k_N$ ), udtrykt ved aflejret kvælstof i forhold til fordøjet kvælstof (RN/DN), var på højt foderniveau jævnt stigende fra 57–65% i klasse 20–80 kg og derefter faldende til omkring 44% i klasse 80–120 kg, og differencen

mellem de to vægtgrupper var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ), (jvf. tabel 5.2). De lavere  $k_N$ -værdier for de højere vægtklasser skyldes dels, at DN i henhold til den anvendte norm var stadigt stigende og dels at RN var aftagende på grund af dyrenes alder/legemsvægt. De fundne resultater tyder på, at det er muligt at opnå en maximal kvælstofaflejring i forbindelse med  $k_N$ -værdier på omkring 57–65%, hvilket er noget over de af *Homb* (1972) angivne værdier, men i overensstemmelse med de værdier, der er fundet bl.a. af *Just (Nielsen)* (1970), *Bowland et al.* (1970), *Wenk* (1973), *Jentsch & Hoffmann* (1977) og *Berschauer et al.* (1983).

Med anvendelse af den samme foderblanding på begge foderniveauer var energitilførslen i forhold til proteintilførslen ens på begge niveauer, men den absolut tilførte mængde af protein og lysin på lavt niveau var i hele vækstperioden væsentlig under de optimale normer, hvilket medførte de fundne lave værdier for RN og dermed også for  $k_N$ .

### 5.5.2. Kvælstofbehov til vedligehold

På grund af den store variationsbredde med hensyn til fordøjret kvælstof (DN) og aflejret kvælstof (RN) begge i relation til metabolisk legemsvægt, var det muligt indenfor de enkelte vægtklasser at benytte det foreliggende materiale til en vurdering af kvælstofbehovet til vedligehold. En grafisk vurdering viste en tydelig lineær afhængighed mellem aflejret og fordøjret kvælstof (jvf. fig. 5.1), og regressionser af  $RN/kg^{0.75}$  på  $DN/kg^{0.75}$  gav acceptable ligninger for vægtklasserne 20–25, 25–35 og 50–80 kg. Med den tidligere omtalte individuelle variation, der var særlig stor indenfor klasse 80–120 kg var ligningen for denne klasse mindre sikkert bestemt.

Ved at anvende de fundne intercepter og regressionskoefficienter kan kurvernes skæring med x-aksen beregnes ( $-I/b$ ), og de fundne værdier angiver den mængde  $DN/kg^{0.75}$ , der skal tilføres indenfor de forskellige vægtklasser for at holde dyrene i kvælstofligevægt, ( $RN = 0$ ). Beregningerne viste, at behovet af fordøjeligt kvælstof til vedligehold ( $DN_m$ ) ikke var konstant i forhold til den metaboliske legemsvægt, men aftog fra 446, 346, 279 til 251 mg  $DN/kg^{0.75}$  indenfor vægtgrupperne 20–25, 25–35, 50–80 og 80–120 kg legemsvægt.

I forsøg med galte fra 10–50 kg legemsvægt fandt *Burlacu et al.* (1978) et kvælstofbehov til vedligehold på 199 mg  $DN/kg^{0.75}$ , medens *Gruber et al.* (1981) fandt et gennemsnitligt behov på 236 mg  $DN/kg^{0.75}$  hos galte ved 20 kg legemsvægt. I et senere forsøg med pattegrise viste *Burlacu et al.* (1982) et behov på 322 mg  $DN/kg^{0.75}$ , medens *Berschauer et al.* (1983) fandt en variation fra 236–393 mg  $DN/kg^{0.75}$  i forsøg med orner fra 19–50 kg legemsvægt på 3 forskellige protein-niveauer.

Det foreliggende materiale, der omfattede galte fra 20–120 kg legemsvægt, viste tydeligt, at kvælstofbehovet til vedligehold udtrykt ved mg  $DN/kg^{0.75}$  var en krumlinet funktion af legemsvægten (jvf. figur 5.2), medens en beregning af

$DN_m/d$  i relation til metabolisk legemsvægt gav en lineær funktion (jvf. figur 5.3). En regressionsberegning viste, at det daglige behov af fordøjeligt kvælstof til vedligehold kunne udtrykkes ved ligningen:  $DN_m, g/d = 2.69 + 0.160 LW, kg^{0.75}$ . En CV-værdi på 5.7% og en  $R^2$ -værdi på 0.950 viste, at der var god overensstemmelse mellem den teoretiske regressionsmodel og de observerede data. Med en stærk signifikant intercept ( $P < 0.001$ ) viser ligningen tydeligt, at kvælstofbehovet til vedligehold ikke er proportionalt med den metaboliske legemsvægt, men en lineær funktion af denne. Et forhold der antageligt hænger sammen med, at vægten af leveren, der er et væsentligt organ i proteinomsætningen, ikke er proportional med den metaboliske legemsvægt, men aftagende med stigende legemsvægt/alder.

Den fundne funktion er benyttet til at beregne behovet af fordøjeligt protein til vedligehold hos voksende svin fra 20–120 kg legemsvægt, og er angivet med 10 kg's intervaller som vist i tabel 5.3. Normen er givet under forudsætning af en sufficient fodring med et lysinindhold i foderet på omkring 0.7–0.8%. De fundne værdier, stigende fra 26 til 53 g fordøjeligt protein pr. dag er noget over de værdier, der tidligere er angivet af *Lund* (1935) baseret på målinger af kvælstofudskillelsen i urin hos svin, der over et vist tidsrum var holdt på et kvælstoffrit foder.

### 5.5.3. Maximal kvælstofaflejring

Under forudsætning af en tilstrækkelig tilførsel af protein, aminosyrer og energi er der en øvre grænse for hvor meget kvælstof de enkelte dyr kan aflejre, betinget af deres alder/vægt og genetiske anlæg. Tifføres der mindre protein eller protein af en ringere kvalitet vil dette medføre en lavere kvælstofaflejring end biologisk muligt. I forsøg med galte fra 20–75 kg legemsvægt, hvor en optimal lysintilførsel blev reduceret med 40%, medførte dette en reduktion på gennemsnitlig 3.3 g kvælstof dagligt i forhold til det maksimalt opnåelige, *Thorbeck* (1977, 1980a). I det her fremlagte forsøg var lysintilførslen på det lave foderniveau ligeledes reduceret med omkring 40% i forhold til det høje niveau, hvilket medførte en reduktion i kvælstofaflejringen fra 3.5–14.2 g igennem vækstperioden, svarende til ca. 58% af aflejringen på højt foderniveau.

I dette materiale skulle lysintilførslen på højt foderniveau, bortset fra periode 20–25 kg legemsvægt, være rigelig til at sikre en maximal kvælstofaflejring. En beregning af de individuelt målte kvælstofaflejringer (RN) i relation til legemsvægten gav følgende ligning for den maksimale kvælstofaflejring hos galte af Dansk Landrace:  $RN, g/d = -13.7 + 2.77 LW, kg^{0.75} - 0.045 LW, kg^{1.50}$ . Denne kvadratiske funktion giver et maximum på omkring 29 g aflejret kvælstof ved ca. 100 kg legemsvægt, som vist i figur 5.4. Til sammenligning er indtegnet en tidligere funden kurve for maximal kvælstofaflejring hos galte, hvor maximum var omkring 21 g ved en legemsvægt på 84 kg, *Thorbeck* (1975). Begge forsøgsse-ri-er er udført med galte fra gode brugsbesætninger, men der er en tidsforskel på

ca. 10 år, idet de første forsøg er udført fra 1964–66, medens de sidste er gennemført fra 1975–76, hvilket tyder på, at der må være sket en væsentlig avlsmæssig forbedring af den Danske Landrace med hensyn til dens evne til proteinaflejring.

Da ornegrise har en større kvælstofaflejring end galte, *Ludvigsen* (1980), og da aflejringen ligeledes er større hos sogrise end hos galte, *Just (Nielsen)* (1970) og *Christensen* (1983) er det muligt, at disse har en større kvælstofaflejring end den her fundne funktion for galte. Det skal samtidigt fremhæves, at kvælstofaflejringen generelt vil være afhængig af det forudgående foderregime. Således vil en periode med for lav kvælstoftilførsel efterfulgt af en periode med sufficient tilførsel medføre en forøget kvælstofaflejring på grund af kompensatorisk vækst, *Gädeken et al.* (1980, 1983). I de her fremlagte forsøg, hvor halvdelen af dyrene gik fra højt til lavt foderniveau, medens den anden halvdel gik fra lavt til højt niveau, kunne en sådan effekt ikke påvises, antagelig på grund af en tilstrækkelig lang forperiode imellem målingerne.

I forsøg med galte fra 25–75 kg legemsvægt er der fundet kvælstofaflejringer stigende fra 15–24 g/d, *Bowland et al.* (1970) og *Sundstøl et al.* (1979), hvilket er noget under de resultater, der er fundet i de her fremlagte forsøg på højt foderniveau. I en undersøgelse over træstofindholdets indflydelse på kvælstofaflejringen fandt *Böhme et al.* (1982) en aflejring på 22–24 g N/d ved 65 kg legemsvægt, uafhængigt af om foderets træstofindhold steg fra 3.8 til 14.5%.

I forsøg med galte fra 30–125 kg legemsvægt har *Jentsch & Hoffmann* (1977) sat kvælstofaflejringen i relation til legemsvægt og tilvækst med anvendelse af en kvadratisk funktion. Kvælstofaflejringen i disse forsøg var omkring 19 g/d ved 45 kg legemsvægt, aftagende til 17 g ved 65 kg for yderligere at falde til 14 g ved 100 kg. Disse lave værdier, specielt for de højere vægtklasser, er under de værdier, der er opnået i de her fremlagte forsøg, hvilket kan skyldes forskelle i anlæg for proteinaflejring imellem de anvendte racer, men den væsentlige årsag er sandsynligvis, at den tilførte kvælstofmængde i de citerede forsøg var meget lav, således at det er tvivlsomt om den biologisk maksimale kvælstofaflejring er blevet opnået.

I forsøg med orner fra 19–50 kg legemsvægt har *Berschauer et al.* (1983) anvendt en kvadratisk funktion for kvælstofaflejringen alene baseret på mængden af fordøjet kvælstof. Med anvendelse af 3 forskellige proteinnormer kombineret med 3 forskellige fodernormer opnåede de en variation fra 0.46–1.85 g RN/kg<sup>0.75</sup>, svarende til en kvælstofaflejring fra 5.9–23.7 g/d ved en middel legemsvægt på 30 kg. Den fundne maximalværdi i dette forsøg med orner ligger en del over de resultater, vi har opnået i det foreliggende forsøg med galte (jvf. tabel 5.1), hvor maximalværdierne i relation til den metaboliske legemsvægt var ret konstante omkring 1.2 g RN/kg<sup>0.75</sup> i vægtgruppen 25–80 kg, hvorefter den aftog til ca. 0.8 g RN/kg<sup>0.75</sup> i gruppen 80–120 kg. De citerede forsøg er kun gennemførte indtil 50 kg legemsvægt, og den fundne maximalværdi på 1.85 g

RN/kg<sup>0.75</sup> kan næppe overføres til højere vægtklasser, da dette ville føre til uacceptable kvælstofaflejring.

#### 5.5.4. Proteinbehov til maximal proteinaflejring

Som diskuteret må de fundne værdier for RN, bortset fra klasse 20–25 kg, anses for at være de biologisk opnåelige gennemsnitsværdier for maximal kvælstofaflejring hos galte af Dansk Landrace. Forsøgene viste samtidigt, at det var muligt at opnå  $k_N$ -værdier på omkring 57–65%, hvilket svarer til de i litteraturen fundne værdier for maximal udnyttelsesgrad ( $k_N$ ). På grundlag af den fundne funktion for maximal kvælstofaflejring og med anvendelse af en  $k_N$ -værdi på 60% er der i tabel 5.4 foretaget en sammenstilling vedrørende behovet af fordøjeligt protein til dækning af maximal proteinaflejring, angivet med 10 kg's intervaller indenfor vækstområdet fra 20–120 kg. Den angivne norm er jævnt stigende fra 125 til 300 g fordøjeligt protein indenfor vægtgruppen 20–90 kg, hvorefter den er svagt aftagende til 280 g ved 120 kg legemsvægt, i overensstemmelse med at den maximale aflejningskurve for kvælstof begynder at aftage ved 90–100 kg. Den anførte norm forudsætter, at foderet indeholder et optimalt lysinindhold på omkring 0.7–0.8%, og at energitilførslen er tilstrækkelig til at sikre maximal kvælstofaflejring.

Den fundne norm er noget under den engelske norm, ARC (1967), der angiver et råproteinindhold i foderet aftagende fra 200–150 g/kg med stigende alder, svarende til omkring 160–120 g fordøjeligt protein/kg, og med et lysinindhold aftagende fra 0.9–0.7%. Under forudsætning af et foderindtag stigende fra 1.0–3.0 kg i klasse 20–90 kg skulle dette give en tilførsel af fordøjeligt protein stigende fra 160–360 g dagligt, hvilket antageligt er noget i overkanten for de højere vægtklasser, såfremt der ønskes en maximal udnyttelsesgrad.

Med en beregnet proteinaflejring varierende fra 90–130 g/d indenfor vægtklasserne 20–120 kg legemsvægt angiver Kielanowski (1972) et behov stigende fra 127–240 g DN ved en aflejring på 90 g protein og stigende fra 240–300 g DN ved en daglig aflejring på 130 g. De normer, der er beregnet på grundlag af de her fremlagte forsøg, svarer til disse angivelser.

De danske normer, Jacobsen (1980) angiver et proteinindhold i foderet aftagende fra 173–104 g ford. råprotein/FE<sub>s</sub> for normalt voksende svin fra 25–100 kg legemsvægt. Med en fodertilførsel stigende fra 1.10–2.80 FE<sub>s</sub> medfører dette en daglig tilførsel stigende fra 190–290 g ford. råprotein og en dertil svarende tilførsel af 9.0–14.0 g fordøjeligt lysin. Ud fra det foreliggende forsøgsmateriale må det skønnes, at den maximale proteinaflejring ved 25 kg legemsvægt næppe overskrider 100 g/d, således at en tilførsel på 190 g, som angivet i den danske norm, synes at være noget højere end nødvendigt, såfremt der ønskes en maximal udnyttelsesgrad. For de højere vægtklasser er der rimelig god overensstemmelse imellem de to normer, der begge slutter omkring 290–300 g ford. råprotein/d ved 90–100 kg legemsvægt. Såfremt dyrene skal

fortsætte udover denne vægtklasse, tyder det fremlagte materiale på, at proteintilførslen kan nedtrappes i overensstemmelse med den aftagende proteinaflejring.

### 5.6. Konklusioner

1. Målinger af kvælstofaflejringen (RN) på lavt og højt foderniveau hos galte fra 20–120 kg legemsvægt viste, at RN fra 20–80 kg legemsvægt steg fra 6–19 g og fra 10–32 g på henholdsvis lavt og højt foderniveau, hvorefter den var aftagende i klasse 80–120 kg. De lave værdier for RN på lavt foderniveau skyldtes en lav lysintilførsel.
2. Udnyttelsesgraden på højt foderniveau udtrykt ved  $k_N = RN/DN$  var jævnt stigende fra 57 til 65% indenfor klasse 20–80 kg og derefter faldende til omkring 44% i klasse 80–120 kg. Differensen var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ).
3. Behovet af fordøjeligt kvælstof til vedligehold ( $DN_m$ ) beregnet ved regression af  $RN/kg^{0.75}$  på  $DN/kg^{0.75}$  viste aftagende værdier fra 446, 346, 279 til 251 mg  $DN/kg^{0.75}$  for vægtklasserne: 20–25, 25–35, 50–80 og 80–120 kg legemsvægt.
4. Regression af  $DN_m/d$  på metabolisk legemsvægt gav flg. ligning over behovet af fordøjeligt kvælstof til vedligehold:  $DN_m, g/d = 2.69 + 0.160 LW, kg^{0.75}$ , med en stærk signifikant intercept ( $P < 0.001$ ). Denne funktion er benyttet til opstilling af en tabel over proteinbehovet til dækning af behovet til vedligehold (tabel 5.3).
5. Kvælstofaflejringen på højt foderniveau anses for at være den biologisk, maximale aflejring hos galte af Dansk Landrace. Aflejningskurven er krum såvel i relation til legemsvægt som til metabolisk legemsvægt, og den kan beskrives ved flg. kvadratiske funktion:  $RN, g/d = -13.7 + 2.77 LW, kg^{0.75} - 0.045 LW, kg^{1.50}$ , med et maximum på 29 g N ved 97 kg legemsvægt.
6. På grundlag af denne funktion for maximal aflejring og med anvendelse af  $k_N = 60\%$  som maximal udnyttelsesgrad er der opstillet en tabel over proteinnormer til dækning af maximal proteinaflejring hos galte af Dansk Landrace (tabel 5.4).

## VI. Energiomsætning

### 6.1. Almindelige principper og terminologi

Energiomsætningen kan måles efter 3 forskellige hovedprincipper enten ved direkte kalorimetri, indirekte kalorimetri eller ved sammenlignende slagteundersøgelser. Direkte kalorimetri kan foretages efter det adiabatisk princip eller efter det såkaldte »Gradient Layer« princip, medens indirekte kalorimetri udføres ved hjælp af respirationsanlæg, der fungerer enten med lukket eller åben luftcirkulation. De ved afdelingen benyttede anlæg er alle bygget med åben luftcirkulation, som nærmere beskrevet af *Thorbek* (1969b, 1983), *Thorbek & Neergaard* (1970) og *Chwalibog et al.* (1979).

Som tidligere omtalt (jvf. kapitel III) benyttes respirationsanlæggene til at bestemme den totale kulsyreproduktion, iltoptagelse og metanproduktion over 24 timer. Kulsyre- og metanproduktionen indgår i opstilling af den såkaldte kulstofbalance, der er nødvendig for at kunne beregne den aflejrede fedtmængde og dermed den energi, der er aflejret i fedt. Beregningerne foregår efter følgende princip:

$$\begin{aligned} \text{Indtaget C, g} - (\text{C i gødning, g} + \text{C i urin, g} + \text{C i CO}_2, \text{g} + \text{C i CH}_4, \text{g}) \\ = \text{Totalt aflejret C, g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Totalt aflejret C, g} - \text{C aflejret i protein, g} \\ = \text{C aflejret i N-frit materiale, g} \end{aligned}$$

Det N-fri materiale omfatter kulhydrat- og fedtgrupperne, men over en kortere opsamlingsperiode er forøgelsen af kulhydratmængden (Glykogen, glukose m.v.) så ringe, at C-aflejringen i N-frit materiale kan beregnes som fedt med et gennemsnitlig indhold af 76.7% C.

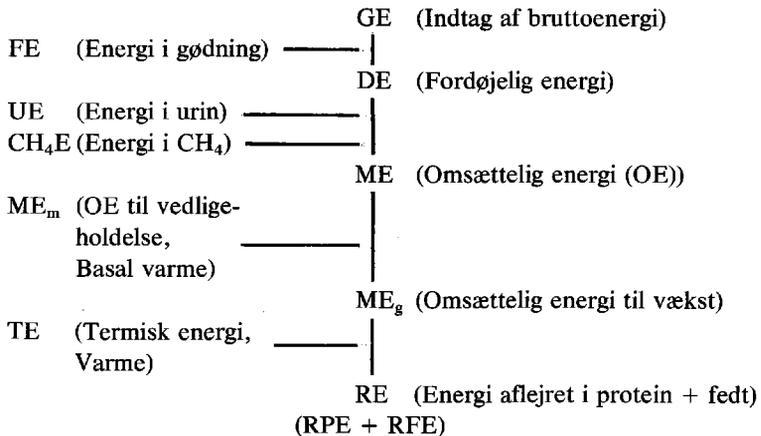
$$\begin{aligned} \text{C aflejret i N-frit materiale, g} \times 1.304 (\sim 100/76.7) \\ = \text{Beregnet aflejret fedt, g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beregnet aflejret fedt, g} \times 39.8 \\ = \text{Energi aflejret i beregnet fedt, kJ} \end{aligned}$$

Ved hjælp af den tidligere omtalte kvælstofbalance beregnes dels den aflejrede proteinmængde og den mængde energi, der er aflejret i protein, og dels den kulstofmængde, der er aflejret i protein med et gennemsnitligt indhold på 52% C.

$$\begin{aligned} \text{Indtaget N,g} - (\text{N i gødning,g} + \text{N i urin,g}) &= \text{Aflejret kvælstof,g} \\ \text{Aflejret kvælstof,g} \times 6.25 &= \text{Aflejret protein,g} \\ \text{Aflejret protein,g} \times 23.9 &= \text{Energi aflejret i protein,kJ} \\ \text{Aflejret protein,g} \times 0.52 &= \text{C aflejret i protein,g} \end{aligned}$$

På grundlag heraf kan for voksende dyr opstilles følgende energibalace:



Den samlede varmeproduktion omfatter såvel den basale varme fra vedligeholdelsesprocesserne som den såkaldte termiske energi. Denne er et udtryk for det varmetab, der er forbundet med foderets optagelse og resorptionsprocesserne samt det varmetab, der opstår ved de resorbere næringsstoffers omdannelse til animalske produkter, som f.eks. protein og fedt ved væksten. Ved indirekte kalorimetri bestemmes den samlede varmeproduktion, og kun ved gennemførelse af differensforsøg, hvor dyrenes vægt holdes så konstant som muligt, kan den termiske energi beregnes.

Ved indirekte kalorimetri beregnes den samlede varmeproduktion enten på grundlag af kulstof- og kvælstofbalancerne (HE,CN), idet  $HE(CN) = ME - RE$  eller på grundlag af luftstoftskiftet (HE,RQ), idet  $HE(RQ) = 16.18 \times \text{liter O}_2 + 5.02 \times \text{liter CO}_2 - 2.17 \times \text{liter CH}_4 - 5.99 \times \text{UN,g}$ , Brouwer (1965).

I det her fremlagte materiale er resultaterne baseret på CN-metoden, men desuden er der foretaget beregninger efter RQ-metoden for at sammenligne de

to beregningsmetoder. Regressioner af HE(RQ) på HE(CN) for samtlige observationer på lavt og højt foderniveau viste ingen signifikant forskel imellem de to niveauer, men gav følgende total ligning:

$$\text{HE(RQ), kJ} = 1.031 \text{ HE(CN), kJ}$$

$$s_b = 0.0022 \quad \text{CV} = 2.46\% \quad n = 110$$

Ligningen viser, at varmeproduktionen efter HE(RQ)-metoden gennemsnitlig har været 3.1% højere end efter HE(CN)-metoden.

## 6.2. Samlet energitab i gødning, urin og metan samt i varme

Middelværdier for det samlede energitab i gødning, urin og metan (FE + UE + CH<sub>4</sub>E) samt den totale varmeproduktion (HE, CN) er angivet for de enkelte vægtklasser og de to foderniveauer i tabel 6.1, såvel i absolutte værdier som i relation til optaget bruttoenergi (GE).

**Tabel 6.1 Energiomsætning. Middelværdier for bruttoenergi (GE), energitab i gødning, urin og metan (FE+UE+CH<sub>4</sub>E), omsættelig energi (ME), samlet varmetab (HE, CN), totalt aflejret energi (RE) samt energi aflejret i protein (RPE) og fedt (RFE) på lavt (L) eller højt (H) foderniveau**

*Table 6.1 Energy metabolism. Mean values of gross energy (GE), energy loss in faeces, urine and methane (FE+UE+CH<sub>4</sub>E), metabolizable energy (ME), total heat loss (HE, CN), total retained energy (RE) and energy retained in protein (RPE) and fat (RFE) on low (L) or high (H) feed levels*

Vægtkl. niveau balancer	kg n	20-25		25-35		50-60		60-80		80-100		100-120	
		L 12	H 19	L 16	H 16	L 7	H 8	L 3	H 4	L 7	H 6	L 6	H 6
GE	kJ	10167	13883	14015	20610	19790	32976	24744	37923	24726	49439	32959	49464
FE+UE+ CH <sub>4</sub> E	kJ	2298	3034	3132	4497	4409	7371	5541	7881	5387	10591	7342	11101
ME	kJ	7869	10849	10883	16113	15381	25605	19203	30042	19339	38848	25617	38363
HE(CN)	kJ	6986	7874	8560	9571	11545	14148	13493	16260	15002	19232	17504	20419
RE	kJ	883	2975	2323	6542	3836	11457	5710	13782	4337	19616	8113	17944
EM		202	91	158	207	295	518	337	333	465	590	312	626
CV	%	79.3	13.3	27.2	12.7	20.3	12.8	10.2	4.8	28.4	7.4	9.4	8.5
FE+UE+ CH <sub>4</sub> E)/GE	%	22.5	21.8	22.3	21.8	22.3	22.3	22.4	20.8	21.8	21.4	22.3	22.5
ME/GE	%	77.5	78.2	77.7	78.2	77.7	77.7	77.6	79.2	78.2	78.6	77.7	77.5
HE(CN)/GE	%	69.5	56.8	61.3	46.5	58.3	42.9	54.5	42.9	60.7	38.9	53.1	41.3
RE/GE	%	8.0	21.4	16.4	31.8	19.4	34.8	23.1	36.4	17.5	39.7	24.6	36.2
EM/ME	%	11.2	27.4	21.3	40.6	24.9	44.7	29.7	45.9	22.4	50.5	31.7	46.8
PE	kJ	964	1487	1452	2339	2024	3510	2843	4774	1750	3592	2494	4617
FE	kJ	-81	1488	871	4203	1813	7947	2867	9008	2587	16024	5619	13327
PE/RE	%	109.2	50.5	64.6	36.0	54.2	31.0	50.3	34.6	43.7	18.5	30.3	25.8

Som tidligere omtalt (jvf. tabel 3.4) udgjorde energitabet i gødning omkring 17–19% af GE, medens tabene i urin og metan var væsentlig lavere med værdier på henholdsvis 3–4% og 0.5–0.9% af GE. Som vist i tabel 6.1 varierede det samlede energitab i gødning, urin og metan kun fra 21–23% af GE på begge foderniveauer over hele forsøgsperioden fra 20–120 kg legemsvægt.

Det samlede energitab i varme (HE,CN) var betydeligt større med værdier, der varierede fra 39–70% af GE, og med de højeste værdier for begge niveauer indenfor vægtklasse 20–25 kg. I de følgende klasser varierede HE/GE omkring to sæt middelværdier for de to foderniveauer, uden signifikante stigninger eller fald. Middelværdierne er derfor beregnet for HE/GE tilligemed middelværdierne for energitabet i gødning, urin og metan i forhold til GE, som vist i tabel 6.2.

**Tabel 6.2** Energitab i gødning, urin og metan (FE+UE+CH<sub>4</sub>E) og samlet energitab i varme (HE,CN) samt aflejret energi (RE) i relation til bruttoenergi (GE) på lavt og højt foderniveau

*Table 6.2 Energy loss in faeces, urine and methane (FE+UE+CH<sub>4</sub>E) and total energy loss in heat (HE,CN) together with retained energy (RE) in relation to gross energy (GE) on low and high feed levels from 25–120 kg live weight*

Vægtklasse kg	25–120 Lavt foderniveau			25–120 Højt foderniveau			Differens (H – L) %
	n	%	SEM	n	%	SEM	
	(FE+UE+CH <sub>4</sub> E)/GE	39	22.2	0.34	40	21.8	
HE(CN)/GE	39	58.9	0.70	40	43.5	0.62	–15.4 <sup>xxx</sup>
RE/GE	39	18.9	0.73	40	34.7	0.70	15.8 <sup>xxx</sup>

NS (P > 0.05)

<sup>xxx</sup> (P < 0.001)

Det gennemsnitlige energitab i gødning, urin og metan indenfor klasse 25–120 kg legemsvægt var henholdsvis  $22.2 \pm 0.34\%$  og  $21.8 \pm 0.37\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau og forskellen på 0.4% var ikke signifikant (P > 0.05). Det gennemsnitlige samlede energitab i varme var henholdsvis  $58.9 \pm 0.70\%$  og  $43.5 \pm 0.62\%$  af GE på lavt og højt niveau, og forskellen på 15.4% var stærkt signifikant (P < 0.001).

### 6.3. Totalt aflejret energi

Middelværdierne for energiaflejrning (RE) bestemt på grundlag af kulstof- og kvælstofbalancerne steg fra 883–8113 kJ/d på lavt foderniveau indenfor vækstperioden 20–120 kg. På højt foderniveau steg RE fra 2975–19616 kJ/d indenfor klasse 20–100 kg legemsvægt, hvorefter der indtrådte et fald til 17944 kJ/d i den sidste vægtklasse, idet fodertilførslen var holdt konstant for at undgå evt.

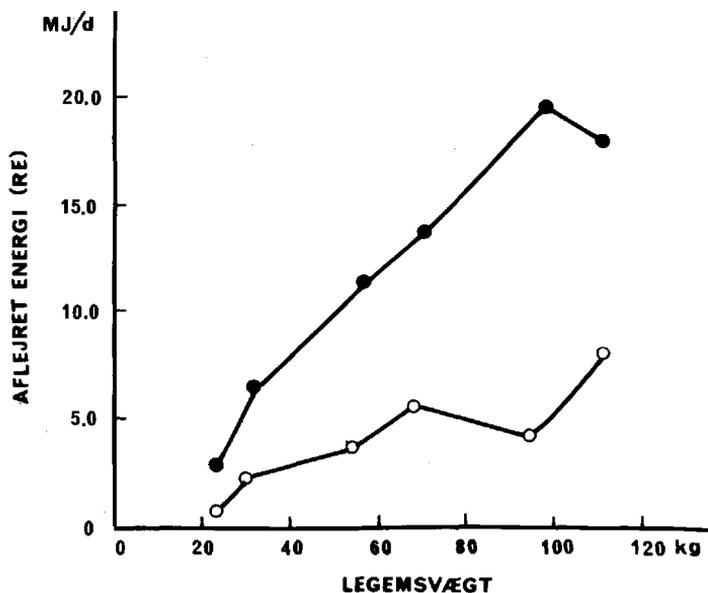


Fig. 6.1. Middelværdier for aflejret energi (RE) på lavt (○) og højt (●) foderniveau  
*Mean values of retained energy (RE) on low (○) and high (●) feed levels*

foderrester (tabel 6.1). Energiaflejringen udviste betydelige individuelle variationer med CV-værdier fra 9–28% og 5–13% på henholdsvis lavt og højt foderniveau, bortset fra klasse 20–25 kg på lavt niveau, hvor CV nåede helt op på 79%. De gennemsnitlige aflejrede energimængder i forhold til legemsvægten er vist i figur 6.1 for de to foderniveauer.

Den aflejrede energimængde i forhold til bruttoenergien (RE/GE) var relativt konstant indenfor hvert foderniveau i klasse 25–120 kg legemsvægt. De beregnede middelværdier for RE/GE indenfor dette vækstområde var  $18.9 \pm 0.73\%$  og  $34.7 \pm 0.70\%$  på henholdsvis lavt og højt niveau og differensen på 15.8% var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ), som det fremgår af tabel 6.2.

#### 6.4. Aflejret energi i protein og fedt

De aflejrede energimængder er fortrinsvis aflejret i protein og fedt. På grundlag af kvælstof- og kulstofbalancerne kan som tidligere omtalt de aflejrede mængder af protein og fedt samt de tilsvarende energimængder beregnes. De aflejrede energimængder i protein (RPE) og fedt (RFE) samt RPE/RE på de to foderniveauer indenfor klasse 20–120 kg legemsvægt er vist i tabel 6.1, medens forholdet RPE/RE i relation til legemsvægten er vist grafisk i figur 6.2.

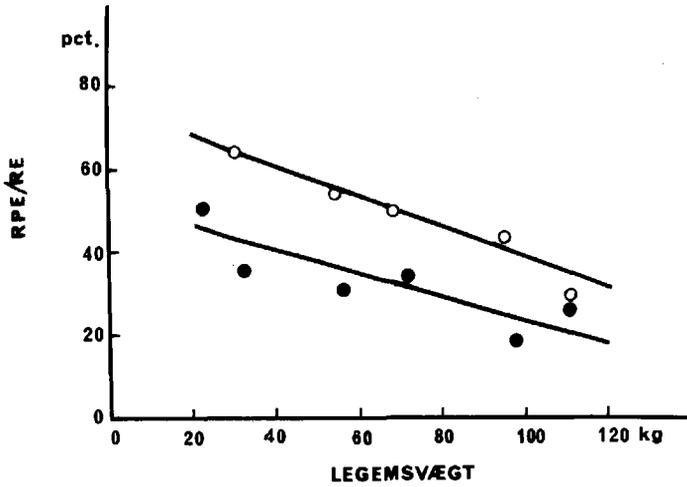


Fig. 6.2. Middelværdier for aflejret energi i protein (RPE) i relation til totalt aflejret energi (RE) på lavt (○) og højt (●) foderniveau  
 Mean values of retained energy in protein (RPE) in relation to total retained energy (RE) on low (○) and high (●) feed levels

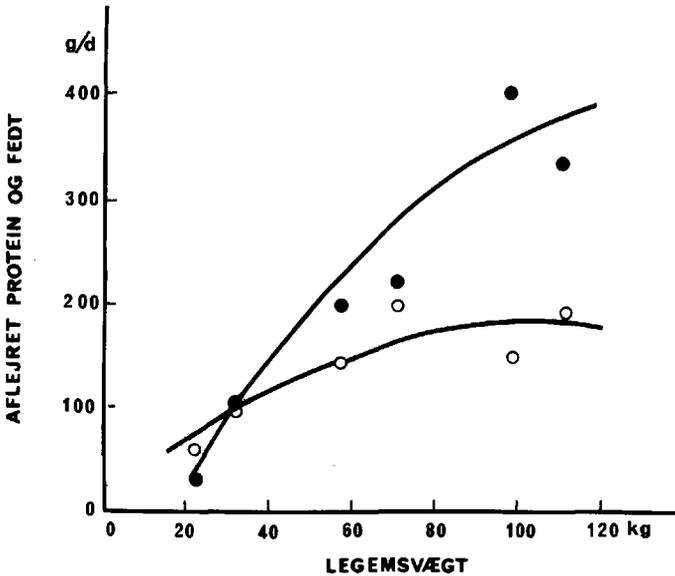


Fig. 6.3. Middelværdier for aflejret protein (○) og fedt (●) på højt foderniveau  
 Mean values of retained protein (○) and fat (●) on high feed level

Det fremgår heraf, at forholdet RPE/RE indenfor vækstperioden 20–120 kg faldt fra 68–31% og fra 46–18% på henholdsvis lavt og højt foderniveau.

De gennemsnitlige aflejrede vægtmængder af protein og fedt på højt foderniveau er vist i relation til legemsvægten i figur 6.3.

I klasse 25–35 kg legemsvægt var de aflejrede protein- og fedtmængder omtrent af samme størrelsesorden med ca. 100 g/d, hvorefter fedtmængden var jævnt stigende indtil 400 g/d i klasse 100–120 kg, medens proteinmængden steg til omkring 180 g ved 90 kg legemsvægt, hvorefter den holdt sig relativt konstant.

## 6.5. Diskussion

### 6.5.1. Almindelige principper

Målinger af kulstof- og kvælstofbalancer danner grundlaget for beregning af aflejret fedt og protein og de dertil svarende energimængder aflejret i de to komponenter efter CN-metoden. Selve balancerne måles i absolutte enheder af C og N, medens den videre beregning er baseret på visse almindeligt accepterede, konventionelle forudsætninger, *Brouwer (1965)*.

Den målte kvælstofaflejring transformeres således til proteinaflejring ved at multiplicere med faktoren 6.25, hvilket forudsætter, at aflejringen har fundet sted i kød eller organer med et kvælstofindhold på 16%. Aflejringen af kvælstof finder imidlertid også sted i f.eks. hud og hår med et andet kvælstofindhold, hvorved faktoren 6.25 ikke længere har fuld gyldighed. Dette forhold spiller antagelig en mindre rolle i forsøg med voksende svin, hvorimod det har større betydning i forsøg med fjerkræ og pelsdyr, *Thorbek et al. (1982b)*, i særdeleshed hvis man viderefører beregningerne over »aflejret protein« til »aflejret kød« med et vandindhold på omkring 75–77%, hvilket absolut ikke gælder for fjer, hår og hud.

Den målte kulstofaflejring i N-frit materiale transformeres til »beregnet fedt« ved at multiplicere med faktoren 1.304, hvilket forudsætter, at aflejringen har fundet sted i form af mættede fedtsyrer med et kulstofindhold på 76.7%. Afhængig af det anvendte foders sammensætning kan en del af aflejringen imidlertid finde sted i form af umættede fedtsyrer med et andet kulstofindhold, hvorved den nævnte faktor ikke længere har fuld gyldighed.

En afgørende forudsætning for at kunne transformere kulstofaflejringen til »beregnet fedt« er, at målingerne har fundet sted i relativt kortvarige balanceperioder, således at den aflejring, der har fundet sted i andet N-frit materiale som glukose, glykogen, knogler og mucopolysakkarider, er så ringe, at den kan lades ude af betragtning. Over en længere vækstperiode sker der imidlertid en betydelig aflejring af kulstof i de nævnte stoffer, og dette medfører, at en eventuel opsummering af »beregnet fedt« over et vist antal balanceperioder med tilhørende mellemp perioder uden målinger ikke kan forventes at være identisk med den fedtaflejring, der er målt ved sammenlignende slagteundersøg-

elser. Slagteforsøg såvel som balanceforsøg er til hvert sit formål særdeles anvendelige metoder, der blot ikke tillader en sammenligning over fedtaflejringen, medmindre der tages hensyn til den aflejring, der har fundet sted i ikke fedtholdigt materiale.

Med hensyn til varmeproduktionen (HE) kan denne enten beregnes efter CN-metoden som differens mellem omsættelig energi og aflejret energi bestemt ved kulstof- og kvælstofbalancer eller efter RQ-metoden baseret på målinger af luftstofskiftet. Begge metoder involverer et sæt af faktorer, *Brouwer* (1965), men som fremhævet af *Blaxter* (1972) kan selv det bedste sæt af faktorer kun give et estimat over varmeproduktionen, og den ene metode kan ikke foretrakkes fremfor den anden. I det foreliggende materiale gav en regression af HE(RQ) på HE(CN) en regressionskoefficient på 1.031, indenfor målinger i vækstperioden 20–120 kg, hvilket nøje svarer til tidligere opnåede resultater med voksende svin fra 20–90 kg, hvor regressionskoefficienterne steg fra 0.983 til 1.044 med en middelværdi på 1.024, *Thorbeck* (1975).

#### 6.5.2. Samlet energitab i gødning, urin og metan samt i varme

Det samlede energitab i gødning, urin og metan udgjorde i det fremlagte materiale gennemsnitlig  $22.2 \pm 0.34\%$  og  $21.8 \pm 0.37\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og forskellen på 0.4% var ikke signifikant ( $P > 0.05$ ). Hovedparten af dette energitab skyldes tabet i gødning, der udgjorde 17–19% af GE, et tab der vil være afhængig af fordøjeligheden af de komponenter, der indgår i de anvendte foderblandinger. Energitabet i urinen var kun 3–4% af GE, og dette tab skyldes fortrinsvis energi-indholdet i den udskilte urinstofmængde, der som tidligere omtalt vil være afhængig dels af den anvendte protein- og energinorm og dels af proteinblandingsens sammensætning m.h.t. essentielle aminosyrer (jvf. kapital V). Energitabet i metan var under 1% af GE, og dette tab vil dels være afhængig af foderets sammensætning, specielt dets indhold af træstof, og dels af dyrets alder/vægt og dermed udviklingen af blindtarmen og tyktarmen, hvor gæringsprocesserne finder sted.

Det samlede energitab i varme, omfattende såvel den basale varmeproduktion fra dyrets vedligeholdelsesprocesser som foderets termiske energi (jvf. skemaet side 48) var 2–3 gange større end energitabet i gødning, urin og metan. I vægtklasse 20–25 kg legemsvægt var energitabet særdeles højt med henholdsvis 70 og 57% af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau, hvilket antagelig hænger sammen med dyrenes større aktivitet i forbindelse med at den anvendte fodernorm var relativ lav for denne klasse. I de følgende vægtklasser var energitabet ret konstant med middelværdier på  $58.9 \pm 0.70\%$  og  $43.5 \pm 0.62\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau og forskellen på 15.4% var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ).

På grundlag af det foreliggende materiale (tabel 6.1) er det muligt at få et estimat over foderets indhold af termisk energi. Da der er anvendt samme

foderblanding, og da dyrene indenfor de enkelte vægtklasser har haft omtrent samme legemsvægt (tabel 4.1) og dermed samme vedligeholdelsesbehov på lavt som på højt foderniveau, vil stigningen i varmeproduktionen dermed være et udtryk for foderets termiske energi. Ved indenfor de enkelte vægtklasser at sætte den gennemsnitlige stigning i varmeproduktionen i relation til stigningen i bruttoenergi fandtes den termiske energi at udgøre fra 17–24% af GE med en middelværdi på 19%.

Bortset fra klasse 20–25 kg har det samlede energitab i gødning, urin og metan samt i varme været 81 og 65% af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau. Tilsvarende resultater er opnået af *Sundstøl et al.* (1979), der i forsøg med galte af kødfuld linie fra 25–75 kg legemsvægt fandt et samlet energitab på omkring 65% ved normal stærk fodring, medens det på grund af negativ energiflejring steg til over 100% ved fodring på vedligeholdelsesniveau. De fremlagte forsøg viser tydeligt, at energitabet i forhold til den tilførte energi er særdeles stort ved svag fodring, hvilket skyldes, at varmetabet ved vedligeholdelsesprocesserne er relativt uafhængig af foderniveau, hvorved dette kommer til at udgøre en meget stor procentdel af den tilførte bruttoenergi.

### 6.5.3. Totalt aflejret energi

Den samlede energiflejring på højt foderniveau var jævnt stigende fra 3.0–19.6 MJ i vækstperioden 20–100 kg, hvorefter den aftog til 17.9 MJ i sidste vægtklasse fra 100–120 kg (tabel 6.1 og figur 6.1). Da energitilførslen var konstant i de to sidste perioder for at undgå evt. foderrester, medførte det stigende energibehov til vedligeholdelse en faldende energiflejring. På lavt foderniveau steg energiflejringen fra 0.9–8.1 MJ i vækstperioden 20–120 kg, med et svagt fald fra klasse 60–80 til klasse 80–100 kg, hvilket skyldtes en konstant energitilførsel i disse to klasser.

Som omtalt under kvælstofaflejringen var der en stor individuel variation med hensyn til proteinaflejringen, og dette afspejler sig i den samlede energiflejring, hvor spredningen udtrykt ved variationskoefficienten gav CV-værdier fra 9–28% og fra 5–13% på henholdsvis lavt og højt foderniveau indenfor klasse 25–120 kg legemsvægt. Den totale energiflejring i forhold til den tilførte energi (GE) var relativ konstant indenfor denne klasse med middelværdier på  $18.9 \pm 0.73\%$  og  $34.7 \pm 0.70\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og differensen på 15.8% var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ).

I det her fremlagte materiale er der således på højt foderniveau opnået en energiflejring på omkring 35% af den tilførte bruttoenergi, medens det samlede energitab beløb sig til ca. 65%. Tilsvarende værdier er tidligere opnået af *Holmes* (1973) og *Sundstøl et al.* (1979) i forsøg med galte fra 25–70 kg legemsvægt. I forsøg med orner fra 30–90 kg var energiflejringen derimod kun ca. 26% af bruttoenergien, *Walach-Janiak et al.* (1980).

Energiflejringen i forhold til den tilførte energi vil være afhængig af hvor

meget energi, der aflejres i protein i forhold til energiaflejringer i fedt, idet energibehovet er størst ved proteinaflejringer, et forhold som vil blive diskuteret i det følgende kapitel. I et tidligere forsøg med 48 galte fra 20–90 kg legemsvægt fodret med 6 forskellige foderkombinationer steg energiaflejringeren således fra 20–45% af GE ved en fedtaflejring stigende fra 0–83% af den totale aflejring, *Thorbek* (1975). I forsøg med relativ høj fedtaflejring er der opnået tilsvarende høje energiaflejringer på 40–45% af GE, *Jentsch & Hoffmann* (1977) og *Gädeken et al.* (1983).

Forsøgene tyder således på, at voksende svin med en passende fedningsgrad kan opnå relativ høje udnytningsgrader på omkring 35–40% af GE. Tilsvarende værdier er fundet i forsøg med slagtekyllinger *Chwalibog & Thorbek* (1979), medens der i forsøg med voksende kalve fra 100–275 kg legemsvægt kun er opnået udnytningsgrader på omkring 16% af GE, *Thorbek* (1980b).

#### 6.5.4. Aflejret energi i protein og fedt

I det her fremlagte materiale steg energiaflejringeren i protein fra 2.4–4.3 MJ (udjævnede værdier) i klasse 25–120 kg legemsvægt på højt foderniveau, samtidig steg energiaflejringeren i fedt fra 4.0–16.0 MJ. Energiaflejringeren i protein i forhold til totalt aflejret energi (RPE/RE) aftog fra omkring 46–18% på højt foderniveau i klasse 20–120 kg legemsvægt, svarende til en stigning i fedtaflejringeren fra 54–82% af den totale aflejring (figur 6.2). En tilsvarende beregning på lavt foderniveau viste, at RPE/RE aftog fra 68–31%, svarende til at fedtaflejringeren kun steg fra 32–69% af den samlede energiaflejring på grund af den svagere fodring.

De aflejrede mængder af protein og fedt, udtrykt i vægtenheder, var af samme størrelsesorden på omkring 100 g/d i vægtklasse 25–35 kg på højt foderniveau (fig. 6.3). Derefter steg proteinaflejringeren til omkring 180 g ved 90 kg legemsvægt, hvorefter den holdt sig relativt konstant, medens fedtaflejringeren var jævnt stigende indtil 400 g/d. Som tidligere diskuteret vil den maximale proteinaflejring under forudsætning af sufficient fodring have en vis øvre biologisk grænse betinget af dyrenes anlæg for proteinaflejring i den pågældende alders/vægtklasse, hvorimod fedtaflejringeren vil være betinget af foderets koncentrationsgrad og den mængde foder, dyret er i stand til at optage.

I tidligere forsøg med Dansk Landrace opnåede *Just (Nielsen)* (1970) maximale aflejringer på omkring 125 g protein og 300 g fedt ved moderat fodring, med RPE/RE faldende fra 54–20%. Forsøg udført i 1964–66 med Dansk Landrace gav tilsvarende værdier på maksimalt 125 g proteinaflejring, men en højere fedtaflejring på op til 400 g på grund af en stærkere fodring, hvorved RPE/RE faldt til 17% ved 80 kg legemsvægt, *Thorbek* (1975).

Forsøg fra de senere år med svin af udvalgt kødfuld linie viste en maximal proteinaflejring på 148 g, *Sundstøl et al.* (1979), medens der i forsøg med galte af Tysk Landrace fra 25–100 kg legemsvægt opnåedes en gennemsnitlig maximal aflejring på 143 g protein og 370 g fedt i vægtklassen 55–100 kg, hvorved

energiflejringen i protein udgjorde 19% af den totale energiflejring, *Gädeken et al.* (1983).

I tidligere forsøg med svin af Tysk Landrace fra 30–110 kg legemsvægt var den maximale proteinaflejring relativ lav med omkring 110 g medens fedtaflejringen steg til 400 g, med RPE/RE faldende fra 30–14%, *Oslage et al.* (1966). I forsøg med galte af Tysk Landrace (DDR) steg fedtaflejringen fra 263–454 g indenfor vægtklassen 30–125 kg legemsvægt, *Jentsch & Hoffmann* (1977). Den høje fedtaflejring må antagelig ses på baggrund af en relativ stærk fodring, men med et lavt proteinindhold i foderet, hvorved proteinaflejringen var aftagende fra 117–87g, samtidig med at RPE/RE faldt fra 21–11%. I forsøg med svag fodring ( $1.4 \times$  vedligeholdelsesbehovet) faldt RPE/RE fra 29–15% og fra 53–15% på henholdsvis lavt og højt proteinniveau, *Schneider et al.* (1982).

De her citerede forsøg samt egne undersøgelser tyder på, at der med de nu udviklede racer kan opnås proteinaflejringer stigende fra omkring 75 til maksimalt 150–180 g/d indenfor vækstperioden fra 20–120 kg. Samtidig kan der ved relativ stærk fodring opnås fedtaflejringer fra omkring 80–400 g/d indenfor samme periode, hvorved RPE/RE vil være aftagende fra omkring 45–20%.

## 6.6. Konklusioner

1. En sammenligning imellem varmeproduktionen beregnet efter RQ- eller CN-metoden for samtlige observationer ( $n = 110$ ) på lavt og højt foderniveau gav flg. regression:  $HE(RQ) = 1.031 HE(CN)$  med  $s_b = 0.0022$  og  $CV = 2.46\%$ .
2. Det gennemsnitlige energitab i gødning, urin og metan indenfor klasse 25–120 kg legemsvægt var  $22.2 \pm 0.34\%$  og  $21.8 \pm 0.37\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og forskellen var ikke signifikant ( $P > 0.05$ ).
3. Det gennemsnitlige energitab i varme indenfor klasse 25–120 kg legemsvægt var  $58.9 \pm 0.70\%$  og  $43.5 \pm 0.62\%$  af GE på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og forskellen på 15.4% var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ).
4. Den totalt aflejrede energi (RE) steg fra omkring 0.9–8.1 MJ og fra 3.0–20.0 MJ på henholdsvis lavt og højt foderniveau med store individuelle variationer, hvor CV varierede fra 9–28% og fra 5–13%.
5. Den totale energiflejring i forhold til bruttoenergien (RE/GE) var, bortset fra klasse 20–25 kg, ret konstant med middelværdier på  $18.9 \pm 0.73\%$  og  $34.7 \pm 0.70\%$  på henholdsvis lavt og højt foderniveau, og forskellen på 15.8% var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ).
6. Protein- og fedtaflejringen var på højt foderniveau omkring 100 g/d i klasse 25–35 kg legemsvægt, hvorefter proteinaflejringen steg til omkring 180 g/d ved 90 kg legemsvægt, medens fedtaflejringen var jævnt stigende indtil 400 g/d. Aflejrerne svarede til en stigning fra 2.4–4.3 MJ i protein (RPE) og fra 4.0–16.0 MJ i fedt (RFE).
7. Forholdet RPE/RE aftog fra 68–31% og fra 46–18% på henholdsvis lavt og højt foderniveau indenfor vægtklassen 20–120 kg legemsvægt.

## VII. Energibehov til vedligehold og vækst

### 7.1. Metoder til bestemmelse af energibehov til vedligehold

Energibehov til vedligehold hos udvoksede dyr kan defineres som den mængde energi, der skal tilføres dyret for at holde det i ernæringsligevægt, det vil sige i en tilstand hvor det hverken aflejrer eller forbrænder energi fra kroppen, udtrykt ved at energibalancen (RE) er nul. Energibehovet kan enten angives i omsættelig energi ( $ME_m$ ) eller netto energi ( $NE_m$ ), afhængig af hvilket energisystem der anvendes ved den pågældende dyreart indenfor de nationale grænser. Med kendskab til energibehovet til vedligehold hos udvoksede dyr er det muligt at estimere den energetiske udnyttelsesgrad ved produktioner som fosterdannelse, mælke- og ægproduktion samt uldproduktion, produktioner der alle fortrinsvis finder sted hos udvoksede dyr.

Hos voksende dyr, hvor man ønsker en stadig tilvækst i form af aflejret protein og fedt, vil vægten og dermed behovet til vedligehold være stigende og  $RE > 0$ , hvorved vedligeholdelsesbehovet, udtrykt ved en tilstand, hvor RE skal være lig med nul, nærmere må betragtes som en teoretisk størrelse. På den anden side indgår denne værdi i mange beregninger, hvor man ønsker at vurdere den energetiske udnyttelsesgrad til vækst ( $k_{pf}$ ) eller til protein ( $k_p$ )- og fedt ( $k_f$ )-aflejring, hvorfor det kan være nødvendigt at have kendskab til dette behov også hos voksende dyr.

Der foreligger forskellige eksperimentelle metoder til bestemmelse af behovet til vedligehold ligesom forskellige beregningsmodeller kan anvendes, som udførligt beskrevet af *van Es* (1972), og hvortil der skal henvises. Her skal kun gives en kort oversigt over væsentlige metoder og modeller til bestemmelse af dette behov hos voksende svin med anvendelse af respirationsanlæg og indirekte kalorimetri.

#### 7.1.1. Hungerforsøg

Ved disse forsøg beregnes den samlede varmeproduktion ( $HE, RQ/24h$ ) på grundlag af målinger af iltforbrug og kulsyreproduktion hos fastende dyr, der har været uden foder, men med adgang til vand over et vist antal dage. Ved kontinuerligt at bestemme varmeproduktionen hos fastende svin af forskellig legemsvægt viser det sig, at denne i løbet af nogle dage indstiller sig på et ret konstant niveau afhængig af legemsvægten. Forudsætningen for at opnå konstante niveauer af  $HE(RQ)$  indenfor de forskellige vægtklasser er, at dyrene har et passende fedtlag inden forsøgets start, således at de dækker deres energibehov til vedligehold alene ved nedbrydning af deres fedtdepoter. Under denne forudsætning viser det sig, at varmeproduktionen er en funktion af den metabo-

liske legemsvægt ( $\text{kg}^b$ ) og kan udtrykkes ved følgende ligning:  $\text{HE}(\text{RQ}) = a \text{LW}, \text{kg}^b$ , hvor eksponenten  $b$  i almindelighed angives ved  $0.75$ . Denne funktion, ofte kaldet den basale varmeproduktion, angiver den lavest mulige varmeproduktion hos fastende, fedtrige dyr under forudsætning af, at forsøgene har været udført i den termoneutral zone, og at dyrene har haft den mindst mulige aktivitet. Denne ligning kan transformeres til energibehov til vedligehold ( $\text{ME}_m$ ), såfremt man kender udnyttelsesgraden ( $k_m$ ) af den omsættelige energi til processerne ved vedligehold.  $k_m$  sættes ofte til  $0.8$  svarende til en udnyttelsesgrad på  $80\%$ .

### 7.1.2. Fodringsforsøg på forskellige foderniveauer

Ved disse forsøg anvendes forskellig fodringsintensitet indenfor de enkelte vægtklasser, og udtrykkes den målte energiflejring i forhold til dyrets metaboliske legemsvægt ( $\text{RE}/\text{kg}^{0.75}$ ), vil denne ofte vise en lineær afhængighed af den tilførte energimængde ligeledes i relation til den metaboliske legemsvægt ( $\text{ME}/\text{kg}^{0.75}$ ), som demonstreret i figur 7.1. Kurvens skæring med x-aksen, der beregnes ved  $-1/b$ , angiver energibehovet til vedligehold, udtrykt ved  $\text{ME}_m/\text{kg}^{0.75}$  indenfor den pågældende vægtklasse ( $\text{RE} = 0$ ).

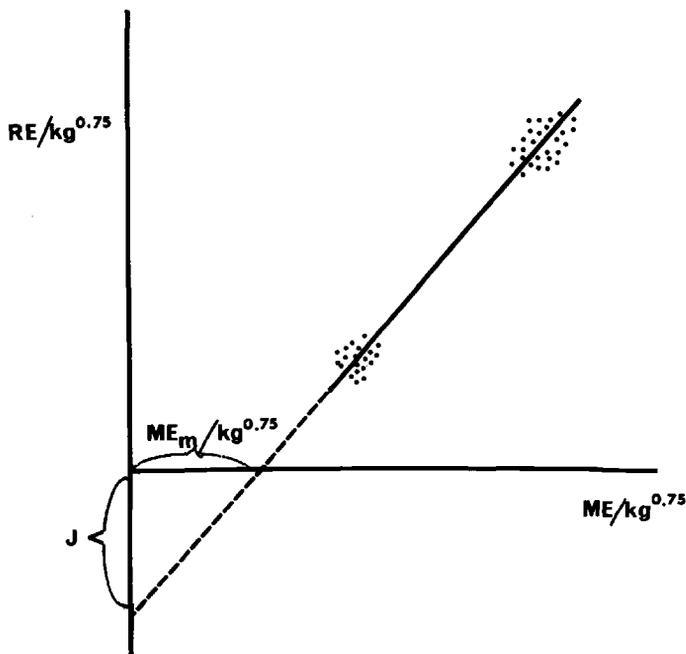


Fig. 7.1. Model til bestemmelse af energibehovet til vedligehold ( $\text{ME}_m/\text{kg}^{0.75}$ ) baseret på regression af  $\text{RE}/\text{kg}^{0.75}$  på  $\text{ME}/\text{kg}^{0.75}$

Model for determination of energy requirement for maintenance ( $\text{ME}_m/\text{kg}^{0.75}$ ) based on regression of  $\text{RE}/\text{kg}^{0.75}$  on  $\text{ME}/\text{kg}^{0.75}$

Såfremt  $ME_m/kg^{0.75}$  viser sig at være konstant for alle vægtklasser kan behovet til vedligehold angives generelt ved ligningen  $ME_m, kJ = b LW, kg^{0.75}$ , der angiver, at kurven går gennem nulpunktet, og at energibehovet til vedligehold er proportionalt med den metaboliske legemsvægt. Hvis det derimod viser sig, at  $ME_m/kg^{0.75}$  ikke er konstant over en længere vækstperiode, men viser lineær afhængighed mellem  $ME_m$  og metabolisk legemsvægt vil funktionen være af formen  $ME_m, kJ = I + b LW, kg^{0.75}$ , der angiver, at kurven har en vis afskæring (I) på y-aksen, samtidig med at b-værdierne i de to ligninger er forskellige. Det skal understreges, at den statistiske forudsætning for at kunne gennemføre disse beregninger er, at udnyttelsesgraden af omsættelig energi til aflejret energi er identisk ved lavt som ved højt foderniveau, et forhold som vil blive diskuteret senere.

En direkte bestemmelse af  $ME_m$  kan foretages, såfremt energitilførslen har været i nærheden af niveauet til vedligehold, hvorved energiaflejringen har været ringe. Ved at foretage en korrektion for denne aflejring kan man bestemme den mængde omsættelige energi, der skulle have været tilført for at opnå en energiaflejring omkring nul, svarende til  $ME_m$  for den pågældende vægtklasse.

Såfremt forsøgene har omfattet bestemmelse af energi aflejret i protein (RPE) og fedt (RFE), vil det være muligt samtidigt at beregne behovet til vedligehold og energiudnyttelsen til protein- og fedtaflejring ved at anvende følgende multipel regressionsmodel:  $ME = I + b_1 RPE + b_2 RFE$ , hvor I vil angive energibehovet til vedligehold for den pågældende vægtklasse, medens energiudnyttelsen til proteinaflejring vil være bestemt ved  $k_p = 1/b_1$  og energiudnyttelsen ved fedtaflejring vil være  $k_f = 1/b_2$ .

## 7.2. Energiforbrug til vedligehold og energetisk udnyttelsesgrad til vækst

Det foreliggende forsøgsmateriale vedrørende måling af energiomsætningen blev ved brug af forskellige statistiske modeller anvendt til estimation af energibehovet til vedligehold ( $ME_m$ ) og den energetiske udnyttelsesgrad til vækst ( $k_p$ ) samt den partielle udnyttelsesgrad ved protein ( $k_p$ ) og fedt ( $k_f$ )-aflejring. Beregningerne er overalt foretaget på grundlag af de individuelle målinger, der er angivet i hovedtabellerne.

### 7.2.1. Forsøg nær niveauet for vedligehold

Som tidligere omtalt var den stipulerede fodermængde på 500 g daglig i klasse 20–25 kg legemsvægt ikke tilstrækkelig til at alle dyr ( $n = 20$ ) kunne holde en positiv energiaflejring, hvorfor 8 dyr, der viste negativ aflejring, blev udskudt af beregningerne i denne gruppe (jvf. tabel 2.1). Af de resterende 12 balancer viste det sig, at 8 dyr havde en så lav energiaflejring, at energitilførslen måtte have været nær deres energibehov til vedligehold. Disse dyr er benyttet til en direkte bestemmelse af  $ME_m$ , som vist i tabel 7.1.

**Tabel 7.1** Energibehov til vedligehold ( $ME_m$ ) i vægtklasse 20–25 kg legemsvægt. Korrektion for aflejret energi i protein (RPE) og fedt (RFE)

*Table 7.1 Energy requirements for maintenance ( $ME_m$ ) in group 20–25 kg live weight. Correction for energy retained in protein (RPE) and fat (RFE)*

Dyr nr.	Bal. nr.	LW kg	Foder g	ME kJ	RPE kJ	RFE kJ	RE kJ	$ME_m^1)$ kJ/d	$ME_m^1)$ kJ/kg <sup>0.75</sup>
1	I	20.1	500	6502	965	-513	452	5721	603
9	I	18.4	500	6401	651	-576	75	6173	695
10	I	18.8	500	6512	803	-515	288	5977	661
11	II	22.8	500	6437	634	-226	408	5780	554
12	II	22.1	500	6455	639	-524	115	6177	606
18	II	27.9	700	9118	1123	-338	785	7872	648
21	II	25.5	700	8763	1059	-134	925	7348	647
22	II	24.9	700	9174	1146	-329	817	7883	707

<sup>1)</sup> Korrektion:  $ME = 1.5 \times RPE$ ,  $ME = 1.3 \times RFE$

Den tilførte fodermængde var på henholdsvis 500 og 700 g, svarende til en energimængde på gennemsnitlig 715 ME, kJ/kg<sup>0.75</sup>, hvilket i alle tilfælde viste sig at fremkalde en positiv proteinaflejring (RPE) og en negativ fedtaflejring (RFE), men dog således at den samlede energiaflejring (RE) var positiv. Den aflejrede energimængde var i gennemsnit kun 6% af ME, hvorfor det må anses for rimeligt på grundlag af de målte individuelle balancer at korrigere ME til de værdier, hvor energibalancen kunne forventes at blive nul. Korrektionerne er foretaget under den forudsætning, at  $ME = 1.5 \times RPE$  og  $ME = 1.3 \times RFE$ , faktorer der vil blive diskuteret senere. Beregningerne viste et gennemsnitlig behov til vedligehold indenfor den pågældende vægtklasse på  $ME_m = 640$  kJ/kg<sup>0.75</sup> med en CV-værdi på 7.9%.

### 7.2.2. Forsøg på lavt og højt foderniveau

Indenfor hver af de 6 grupper fra 20–120 kg legemsvægt, hvor energiomsætningen er målt på henholdsvis lavt og højt foderniveau, er der foretaget regressionser af  $RE/kg^{0.75}$  på  $ME/kg^{0.75}$ , som vist i modellen i figur 7.1. Med anvendelse af den tidligere omtalte lineære model, hvor  $RE/kg^{0.75} = I + b ME/kg^{0.75}$  kan  $ME_m$  beregnes som  $-I/b$ , og de opnåede resultater indenfor de enkelte vægtgruppe er vist i tabel 7.2.

Regressionsberegningerne viste at bortset fra klasse 20–25 kg legemsvægt varierede CV-værdierne fra 7–11% og  $R^2$  fra 0.954–0.982, hvilket viser en rimelig god overensstemmelse mellem de foreliggende data og den anvendte model. Regressionskoefficienterne (b), der angiver udnyttelsesgraden til vækst ( $k_p$ ) varierede fra 0.69–0.82 indenfor de enkelte vægtklasser. De beregnede værdier for  $ME_m$  aftog fra 627–439 kJ/kg<sup>0.75</sup> med legemsvægten stigende fra 20–120 kg legemsvægt, og indenfor denne vækstperiode følger værdierne en

**Table 7.2 Energy requirements for maintenance ( $ME_m/kg^{0.75}$ ) in pigs in different live weight groups**

Model: $RE/kg^{0.75} = I + b ME_m/kg^{0.75}$		$ME_m = -I/b$					
Vægtklasse	kg	20-25	25-35	50-60	60-80	80-100	100-120
Balance	n	31	32	15	7	13	12
Intercept	I	-434	-508	-423	-384	-371	-336
	$s_I$	38	35	48	56	31	42
Regr. coeff.	b	0.692	0.821	0.793	0.769	0.804	0.765
	$s_b$	0.040	0.033	0.046	0.052	0.033	0.044
RSD		33.3	37.4	41.6	29.1	35.6	28.9
CV	%	16.3	11.1	10.8	6.8	9.7	7.6
$R^2$		0.911	0.954	0.959	0.978	0.982	0.968
$ME_m$	$kJ/kg^{0.75}$	627	619	534	499	461	439

krum kurve, som vist i figur 7.2. Til sammenligning er indtegnet den tilsvarende krumme kurve fundet i et tidligere hungerforsøg med svin af forskellig legemsvægt, *Thorbeck & Henckel (1976)*.

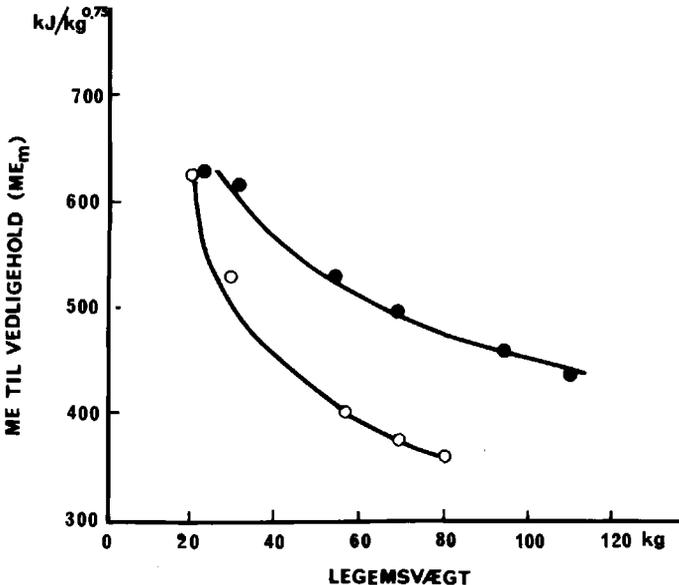


Fig. 7.2. Middelværdier for energibehov til vedligehold ( $ME_m/kg^{0.75}$ ) i relation til legemsvægten bestemt ved fodrings- (●) eller hungerforsøg (○)  
 Mean values of energy requirements for maintenance ( $ME_m/kg^{0.75}$ ) in relation to live weight determined in feeding (●) or starvation experiments (○)

Beregningerne og figuren viste tydeligt, at behovet til vedligehold ikke var proportionalt med den metaboliske legemsvægt, hvorfor det blev undersøgt, om der var linearitet mellem  $ME_m$  og  $kg^{0.75}$ . Til dette formål blev det individuelle, daglige behov til vedligehold beregnet ved at sammenholde de enkelte dyrs metaboliske legemsvægt med de estimerede værdier for  $ME_m/kg^{0.75}$  for de respektive vægtgrupper. Denne beregning viste, at der var lineær afhængighed mellem  $ME_m$  og  $kg^{0.75}$ , som det fremgår af figur 7.3, der angiver middelværdierne såvel i dette fodringsforsøg som i det tidligere omtalt hungerforsøg.

Samtlige individuelle data for  $ME_m$  såvel fra fodrings- som hungerforsøget tilligemed de respektive værdier for  $kg^{0.75}$  blev derefter benyttet til beregning af nedenstående regressionsligninger til estimation af det daglige energibehov til vedligehold:

$$\begin{aligned} \text{Fodringsforsøg: } ME_m, \text{kJ/d} &= 3143 + 359 LW, \text{kg}^{0.75} \\ s_I, s_b & \quad 87 \quad 4.3 \\ \text{RSD} &= 387 \quad \text{CV} = 4.0\% \quad R^2 = 0.985 \quad n = 110 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hungerforsøg: } ME_m, \text{kJ/d} &= 4060 + 210 LW, \text{kg}^{0.75} \\ s_I, s_b & \quad 192 \quad 10.2 \\ \text{RSD} &= 368 \quad \text{CV} = 4.8\% \quad R^2 = 0.946 \quad n = 26 \end{aligned}$$

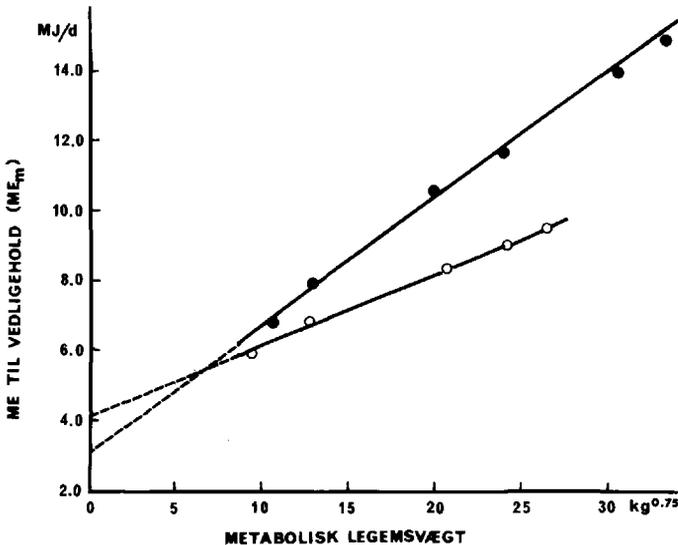


Fig. 7.3. Middelværdier for energibehov til vedligehold ( $ME_m$ /d) i relation til metabolisk legemsvægt bestemt ved fodrings- (●) eller hungerforsøg (○)  
*Mean values of energy requirements for maintenance ( $ME_m$ /d) in relation to metabolic live weight determined in feeding (●) or starvation experiments (○)*

I begge ligninger var intercepten stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ). Variationskoefficienterne var under 5% og  $R^2$  var 0.985 og 0.946, hvilket viser en god overensstemmelse mellem data og model. Den statistiske forudsætning for at opnå troværdige resultater af de nævnte regressionsligninger er, at  $k_p = k_f$  eller hvis dette ikke er tilfældet, da at forholdet mellem RPE og RFE er konstant, Henckel (1976).

I det her fremlagte materiale var dette forhold imidlertid ikke konstant indenfor de enkelte vægtklasser, men afhængig af foderniveau, som det fremgår af tabel 6.1. Da samtidig  $k_p$  må anses for at være lavere end  $k_f$ , blev data derefter benyttet i en multipel regressionsanalyse med metabolisk legemsvægt ( $\text{kg}^{0.75}$ ), aflejret energi i protein (RPE) og aflejret energi i fedt (RFE) som de uafhængigt variable i følgende model:  $ME = I + b_1 \text{kg}^{0.75} + b_2 \text{RPE} + b_3 \text{RFE}$ . Data blev samlet i tre grupper med 31 observationer i gruppe 20–25 kg, 32 observationer i gruppe 25–35 kg og de resterende 47 observationer i gruppe 50–120 kg, omfattende lavt og højt foderniveau indenfor hver gruppe. Regressionsanalyserne viste, at der ikke var signifikant forskel imellem ligningerne på lavt og højt foderniveau indenfor vægtgrupperne, og yderligere var der ingen signifikant forskel imellem vægtgrupperne. Samtlige 110 observationer blev derfor benyttet til beregning af en total regressionsligning, som vist nedenfor:

$$\begin{array}{rcccc} ME, \text{kJ} & = & 2615 & + & 345 \text{ LW, kg}^{0.75} & + & 1.82 \text{ RPE, kJ} & + & 1.16 \text{ RFE, kJ} \\ s_1, s_b & & 248 & & 13.1 & & 0.13 & & 0.034 \\ RSD & = & 857 & \text{ CV} & = & 4.8\% & R^2 & = & 0.992 & n & = & 110 \end{array}$$

Student's t-test for den fundne intercept var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ), hvilket viser, at ligningen ikke må tvinges gennem nulpunktet.

Til slut blev materialet benyttet i en multipel regression med to variable efter modellen:  $ME = I + b_1 \text{RPE} + b_2 \text{RFE}$  med anvendelse af de samme vægtgrupper, som angivet ovenfor. Beregningerne gav følgende værdier, som vist i tabel 7.3.

Analyserne viste, at parallelle regressioner med forskellige intercepter kunne accepteres ( $F = 2.06$ , NS), medens en total regression for alle grupper ikke kunne accepteres ( $F = 76.9$ ,  $P < 0.001$ ). Den parallelle regression gav fælles værdier på 1.48 og 1.33 for henholdsvis  $b_1$  og  $b_2$ , hvilket svarer til  $k_p = 0.68$  og  $k_f = 0.75$ . De fundne intercepter angiver det daglige energibehov til vedligehold ( $ME_m/d$ ) for de pågældende vægtgrupper, og ved at dividere med de gennemsnitlige metaboliske legemsvægte kan  $ME_m/\text{kg}^{0.75}$  beregnes. Denne beregning viste, at med stigende legemsvægt aftog behovet til vedligehold i relation til metabolisk legemsvægt fra 631–435  $\text{kJ}/\text{kg}^{0.75}$ .

**Tabel 7.3 Energibehov til vedligehold ( $ME_m$ ) og til energi aflejret i protein (RPE) og fedt (RFE) hos svin fra 20–120 kg legemsvægt**

*Table 7.3 Energy requirements for maintenance ( $ME_m$ ) and for energy retained in protein (RPE) and fat (RFE) in pigs from 20–120 kg live weight*

$$\text{Model: } ME = I + b_1 \text{ RPE} + b_2 \text{ RFE}$$

$$ME_m/\text{kg}^{0.75} = I/\text{kg}^{0.75} \quad k_p = 1/b_1 \quad k_f = 1/b_2$$

Vægtkl. kg	n	I	$s_1$	$t_1$	$b_1$	$s_{b1}$	$b_2$	$s_{b2}$	RSD	CV %	$R^2$
20– 25	31	6622	389	17.0	1.48	0.24	1.33	0.06	1509	8.4	0.933
25– 35	32	7317	460	15.9							
50–120	47	11954	598	20.0							

Parallel regression:  $F = 2.06$  NS  
 Total regression:  $F = 76.9$   $P < 0.001$

20– 25	$ME_m = 631 \text{ kJ/kg}^{0.75}$	} $k_p = 0.68$ $k_f = 0.75$
25– 35	$ME_m = 557 \text{ kJ/kg}^{0.75}$	
50–120	$ME_m = 435 \text{ kJ/kg}^{0.75}$	

### 7.3. Energinormer til vedligehold og vækst

På grundlag af den fundne funktion for maximal kvælstofaflejring (jvf. kapitel V) sammenholdt med resultaterne fra måling af energiomsætningen blev der sammenstillet en tabel over energinormer for vedligehold og vækst hos svin fra 20–120 kg legemsvægt, som vist i tabel 7.4.

**Tabel 7.4 Normer over energibehov til vedligehold og vækst hos svin fra 20–120 kg legemsvægt**

*Table 7.4 Energy requirements for maintenance and growth for pigs from 20–120 kg live weight*

Vægt- kl. kg	Vedligehold		Aflejret		Energibehov		Energibehov		Energibehov	
	$ME_m$ MJ	$FE_s$	Prot. g	Fedt g	Prot. ME,MJ	Fedt ME,MJ	til vækst ME,MJ	$FE_s$	Vedl. + vækst ME,MJ	Vedl. + vækst $FE_s$
20	6.55	0.52	75	80	2.65	4.23	6.88	0.55	13.4	1.07
30	7.76	0.62	90	100	3.18	5.29	8.47	0.68	16.2	1.30
40	8.87	0.71	120	140	4.24	7.40	11.64	0.93	20.5	1.64
50	9.91	0.79	140	180	4.94	9.52	14.46	1.16	24.4	1.95
60	10.90	0.87	155	220	5.47	11.63	17.10	1.37	28.0	2.24
70	11.85	0.95	170	260	6.00	13.75	19.75	1.58	31.6	2.53
80	12.77	1.02	175	300	6.18	15.86	22.04	1.76	34.8	2.78
90	13.66	1.09	180	340	6.36	17.98	24.34	1.95	38.0	3.04
100	14.52	1.16	180	370	6.36	19.57	25.93	2.07	40.5	3.23
110	15.37	1.23	175	390	6.18	20.62	26.80	2.14	42.2	3.37
120	16.19	1.30	170	400	6.00	21.15	27.15	2.17	43.3	3.47

Behovet til vedligehold er beregnet med anvendelse af funktionen:  $ME_m, \text{kJ/d} = 3140 + 360 LW, \text{kg}^{0.75}$  indenfor vægtklasser med 10 kg's intervaller fra 20–120 kg legemsvægt. De således beregnede værdier for  $ME_m$  er omregnet til  $FE_s$  ved at dividere med 12.5, idet foderet gennemsnitligt indeholdt 13.0 ME, MJ/kg (tabel 3.4) og med den givne sammensætning af foderet (tabel 2.2) må det skønnes at have indeholdt omkring 0.96  $FE_s/\text{kg}$ .

Energibehovet til vækst vil være afhængig af den aflejrede protein- og fedtmængde, hvorfor der i tabellen er angivet de mængder, der må skønnes maksimalt opnåelige indenfor de enkelte vægtklasser. Den maximale proteinaflejrning er tidligere beregnet (tabel 5.4) og den aflejrede fedtmængde er aflæst ud fra den udjævnede kurve for fedtaflejrning på højt foderniveau (figur 6.3). Med de fundne udnyttelsesgrader for protein- og fedtaflejrning, hvor  $ME = 1.48 \times RPE$  og  $ME = 1.33 \times RFE$  (tabel 7.3) er energibehovet til de anførte aflejringer beregnet ved at multiplicere med 35.31 og 52.88 for henholdsvis protein- og fedtaflejrning, idet 1 g protein indeholder 23.86 kJ og 1 g fedt 39.76 kJ. Det samlede energibehov til vækst udtrykt i ME er derefter omregnet til  $FE_s$ , som angivet ovenfor, og til slut er angivet det samlede behov til vedligehold + vækst, såvel i ME som i  $FE_s$ .

## 7.4. Diskussion

### 7.4.1. Generelle bemærkninger

Hos udvoksende dyr angives behovet til vedligehold ofte som  $ME_m = a LW, \text{kg}^b$ , hvor a er en konstant, medens b angiver den eksponent, hvormed legemsvægten skal opløftes for at give den metaboliske legemsvægt. Som indgående diskuteret bl.a. af Kleiber (1961), Blaxter (1972) og van Es (1972) står behovet til vedligehold i relation til dyrets overflade, og det er nu almindeligt accepteret, som foreslået af Kleiber (1932, 1965), at anvende eksponenten 0.75 til at udtrykke udvoksede dyrs overflade og dermed deres metaboliske legemsvægt.

Hos voksende dyr er det ligeledes almindeligt at anvende eksponenten 0.75 til at udtrykke deres metaboliske legemsvægt for bl.a. derved at lette sammenligningen dels imellem de forskellige arter og dels imellem udvoksede og voksende dyr indenfor samme art med hensyn til størrelsen af »a« i den nævnte ligning for behov til vedligehold.

Forskellige andre eksponenter har dog været bragt i forslag som f.eks. 0.57 af Breirem (1939), 0.61–0.62 af Hoffmann et al. (1979), 0.66 af Fowler et al. (1980), 0.60–0.62 af Brown & Mount (1982), 0.60 af Just et al. (1983a, 1983b) og 0.83 af Cleveland et al. (1983). Formålet med at anvende en anden eksponent end 0.75 hos voksende dyr skulle bl.a. være at opnå en bedre tilpasning til en konstant a-værdi gældende for hele vækstområdet. Som det vil blive diskuteret senere på

grundlag af de her opnåede resultater med voksende svin fra 20–120 kg legemsvægt, ser det imidlertid ikke ud til at man kan opnå en konstant a-værdi ved at anvende andre eksponenter end 0.75 som udtryk for den metaboliske legemsvægt.

#### 7.4.2. *Energibehov til vedligehold og energetisk udnyttelsesgrad til vækst*

Som tidligere nævnt var det planlagt at tilføre dyrene på lavt foderniveau 500 g foder i vægtklassen 20–25 kg legemsvægt. Ved forsøgsopførelsen af de første serier viste det sig imidlertid, at en del af dyrene havde en negativ energiaflejring, til trods for at energitilførslen svarede til omkring 625 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup>, hvilket skulle have været tilstrækkelig til dækning af deres energibehov til vedligehold. Disse dyr med negativ energiaflejring er som tidligere omtalt udsendt af det her fremlagte forsøgsmateriale, og i de følgende serier blev rationen sat op til 700 g/d i klasse 20–25 kg på lavt foderniveau.

Af det samlede materiale i klasse 20–25 kg legemsvægt på lavt foderniveau viste 8 balanceperioder en så lav energiaflejring (RE), at det var rimeligt direkte at beregne energibehovet til vedligehold ved korrektion af de målte lave protein- og fedtaflejringer (tabel 7.1). Beregningerne viste et behov på 640 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup> med en variationskoefficient på 7.9%, hvilket forklarer, hvorfor den oprindeligt stipulerede tilførsel på 500 g foder svarende til omkring 625 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup> i de fleste tilfælde ikke havde været i stand til at dække de unge dyrs energibehov til vedligehold.

Det samlede materiale bestående af henholdsvis 51 og 59 balanceforsøg på lavt og højt foderniveau har været benyttet i forskellige modeller til beregning af behovet til vedligehold hos voksende svin fra 20–120 kg legemsvægt. Fodertilførslen på højt foderniveau, bortset fra klasse 20–25 kg, svarede til omkring 1200 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup>, hvilket er nær de værdier, der er opnået i forsøg med svin fodret ad lib., *Close & Mount* (1978), *Böhme et al.* (1982), *v.d. Honing et al.* (1982) og *Schneider et al.* (1982). På lavt niveau svarede energitilførslen til gennemsnitlig 760 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup>, hvilket dels skulle sikre en rimelig energiaflejring og dels give resultater i tilstrækkelig stor kontrast til værdierne på højt foderniveau til opnåelse af en acceptabel sikkerhed på de foretagne beregninger.

Materialet blev først benyttet i en-dimensionale regressionsberegninger af RE/kg<sup>0.75</sup> på ME/kg<sup>0.75</sup> til bestemmelse af ME<sub>m</sub> indenfor 6 snævre vægtklasser fra 20–120 kg legemsvægt (tabel 7.2). Beregningerne viste, at med stigende legemsvægt aftog ME<sub>m</sub> fra 627 til 439 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup>, og bortset fra klasse 20–25 kg varierede CV-værdierne 7–11% og R<sup>2</sup>-værdierne fra 0.95–0.98, hvilket viser en god overensstemmelse mellem de foreliggende data og den anvendte statistiske model. Udnyttelsesgraden af omsættelig energi til vækst (k<sub>pr</sub>) varierede fra 0.69–0.82.

Denne en-dimensionale regressionsmodel til bestemmelse af  $ME_m$  og  $k_{pr}$  har været almindelig benyttet i forsøg med voksende svin over kortere eller længere vækstperioder. En sammenligning mellem de i litteraturen foreliggende værdier for  $ME_m$  fundet ved forskellige legemsvægte viser et energibehov til vedligehold aftagende fra 520–410  $ME, kJ/kg^{0.75}$  ved legemsvægte stigende fra 20–230 kg, samtidig med  $k_{pr}$ -værdier varierende fra 0.62–0.75, *McCracken & Gray (1972), Fuller & Boyne (1972), Verstegen et al. (1973), Holmes (1974), Müller & Kirchgessner (1979), Holmes et al. (1980) og Gädeken et al. (1983)*.

I det her fremlagte forsøgsmateriale beskrev værdierne for  $ME_m, kJ/kg^{0.75}$  en krum kurve i relation til legemsvægten (figur 7.2), men ved transformering til  $ME_m, kJ/d$  opnåedes en lineær funktion i relation til metabolisk legemsvægt (figur 7.3). En regression af  $ME_m$  på metabolisk legemsvægt gav følgende ligning til estimation af energibehovet til vedligehold hos voksende svin fra 20–120 kg legemsvægt:  $ME_m, kJ/d = 3143 + 359 LW, kg^{0.75}$ . Tilsvarende beregninger baseret på resultater fra hungerforsøg med svin fra 15–80 kg legemsvægt, *Thorbeck & Henckel (1976)* gav følgende ligning for dette behov:  $ME_m, kJ/d = 4060 + 210 LW, kg^{0.75}$ , og begge ligninger viste god overensstemmelse mellem data og den anvendte model.

Resultaterne fra fodringsforsøgene ligger væsentlig over de værdier, der er baseret på hungerforsøg med differencer stigende fra 8–28% med stigende legemsvægt. Resultaterne viser, at svin nedsætter deres energibehov til vedligehold ved hunger, hvilket er i overensstemmelse med resultater fra fodrede og ikke-fodrede rotter, der ved ændringer i deres kulhydrat- og proteinstofskifte nedsatte deres varmeproduktion med 15–30%, *Chudy & Schiemann (1969), Westerterp (1976) og Simon (1980)*. I forsøg med ikke-drægtige søer fandt *Müller & Kirchgessner (1979)*, at disse ved hunger nedsatte deres energibehov til vedligehold med 15%. Den stigende differens med stigende legemsvægt hænger antagelig sammen med, at de unge fastende dyr er mere urolige, stadig søgende efter foder og derfor med større aktivitet end de tilsvarende fodrede dyr, medens ældre, tungere svin har omtrent samme aktivitet uafhængigt af om de er fodrede eller i hunger, hvilket medfører, at differensen bliver størst hos de ældre dyr. De foreliggende resultater bekræfter de udtalelser, der er fremsat af *Fowler et al. (1980)* i en oversigtsartikel vedrørende svins energibehov til vedligehold og vækst, i hvilken de understreger, at resultater fra hungerforsøg ikke er anvendelige til estimation af behovet til vedligehold hos svin, der bliver fodrede.

Gyldigheden af de resultater, der fremkommer ved at anvende en-dimensionale regressioner til bestemmelse af  $ME_m/kg^{0.75}$  og  $k_{pr}$  på grundlag af fodringsforsøg på lavt og højt foderniveau, vil være betinget af, at visse forudsætninger er opfyldte. Dels skal der være proportionalitet mellem  $ME_m$  og metabolisk legemsvægt, og dels skal  $k_p$  være lig med  $k_f$ , eller hvis dette ikke er tilfældet, da skal forholdet  $RPE/RFE$  være konstant gennem den pågældende vækstperiode, *Henckel (1976)*.

Den første forudsætning vedrørende proportionalitet mellem  $ME_m$  og metabolisk legemsvægt må i det her fremlagte materiale anses for at være opfyldt vedrørende de målinger, der er foretaget indenfor de enkelte, snævre vægtintervaller. Derimod er forudsætningen, at  $k_p$  skal være lig med  $k_f$ , ikke opfyldt, da mange målinger har vist at  $k_p < k_f$ , f.eks. *Oslage et al. (1970)*, *Kielanowski & Kotarbinska (1970)*, *Thorbek (1970)*, *Kirchgessner & Müller (1974)*, *Close & Mount (1976)* og *Hoffmann et al. (1977)*. Dette medfører, at forholdet RPE/RFE derfor bør være konstant indenfor de enkelte vægtklasser, uafhængigt af foderniveau, og som det fremgår af tabel 6.1 er dette ikke tilfældet i det foreliggende materiale. Forholdet bevæger sig fra 1.7 og 0.6 på henholdsvis lavt og højt foderniveau i klasse 25–35 kg legemsvægt til 0.4 og 0.3 i klasse 100–120 kg, d.v.s. at først i den sidste vægtklasse er kravet om et konstant forhold, uafhængigt af foderniveau, nogenlunde opfyldt. De experimentelle vanskeligheder ved at opnå et konstant forhold er store om ikke umulige at imødekomme ved forsøg med voksende dyr, idet disse forsøger at opretholde den størst mulige proteinaflejrning selv på bekostning af fedtaflejrningen på lavt foderniveau. Dette medfører, at resultater opnået ved en-dimensional regression må behandles med nogen forsigtighed ved fysiologiske fortolkninger, et forhold der bl.a. er understreget af *Holmes et al. (1980)*.

Som diskuteret af *Fowler et al. (1980)* vil det muligvis være bedre at anvende multiple regressioner til bestemmelse af  $ME_m$ ,  $k_p$  og  $k_f$ . Der foreligger i litteraturen forskellige forslag til sådanne multiple regressionsmodeller som f.eks.  $ME_g = b_1 RPE + b_2 RFE$ , hvor  $ME_g = ME - ME_m$ . I forsøg over snævre vægtområder har denne model været benyttet med indsættelse af en fixeret værdi for  $ME_m/kg^{0.75}$ , *Kirchgessner & Müller (1974)*, *Close & Stainer (1980)* og *Gädeken et al. (1980)*, medens en funktion med intercept for  $ME_m$  har været benyttet i forsøg med svin over et større vægtområde, *Thorbek (1970)*. De opnåede udnyttelsesgrader varierede fra 0.50–0.70 for  $k_p$  og fra 0.70–0.77 for  $k_f$ , og som understreget af *Kirchgessner & Müller (1974)* vil udnyttelsesgraderne være stærkt afhængige af de værdier, der er indsat for  $ME_m$ .

En multipel regressionsmodel omfattende såvel energibehov til vedligehold som energibehov til aflejret protein og fedt blev først foreslået af *Kielanowski (1965)*, der som variable anvendte forsøgsalderen samt aflejret protein og fedt bestemt ved slagteforsøg. I en senere model anvendtes den metaboliske legemsvægt ( $kg^{0.75}$ ) i stedet for forsøgsalderen, *Kielanowski & Kotarbinska (1970)* og denne model:  $ME = b_1 LW, kg^{0.75} + b_2 RPE + b_3 RFE$  har været anvendt af en lang række forskere som *Gädeken et al. (1974)*, *Close & Mount (1976)*, *Hoffmann et al. (1977)*, *Holmes et al. (1980)*, *Berschauer et al. (1980, 1983)*, *Walach-Janiak et al. (1980)* og *Schneider et al. (1982)*. Resultaterne af disse undersøgelser viser en variation i energibehovet til vedligehold fra 400–560 kJ/kg<sup>0.75</sup> og en variation i  $k_p$ -værdierne fra 0.35–0.62 og i  $k_f$ -værdierne fra 0.70–0.91. Regressionsmodellen har i disse undersøgelser været anvendt

uden intercept, hvad der som diskuteret forudsætter proportionalitet mellem  $ME_m$  og metabolisk legemsvægt.

I det foreliggende materiale, der omfatter data fra voksende svin indenfor vækstrådet 20–120 kg legemsvægt, blev disse benyttet i den nævnte multipel regressionsmodel udvidet med intercept. Beregningerne gav følgende resultat:  $ME, kJ = 2615 + 345 LW, kg^{0.75} + 1.82 RPE, kJ + 1.16 RFE, kJ$  med  $CV = 4.8\%$  og  $R^2 = 0.992$ , hvilket viser en særdeles god overensstemmelse mellem data og den anvendte statistiske model. Intercepten var stærkt signifikant ( $P < 0.001$ ), hvilket viser, at data fra et større vækstråde ikke bør tvinges gennem nulpunktet. Det er muligt, at en del af den store variation, der er angivet i litteraturen specielt vedrørende  $ME_m$  og  $k_p$ , skyldes at ligningerne har været anvendt uden intercept, selv over større vægtområder. Ulempen ved at anvende en model med intercept er, at man ikke kan drage nogen fysiologiske konklusioner med hensyn til  $ME_m$ ,  $k_p$  og  $k_f$ , da ligningen ingen informationer giver vedrørende interceptens fordeling på de variable.

For at undgå dette problem med interceptens fordeling blev det foreliggende datasæt derefter anvendt i en multipel regressionsmodel med intercept, men kun med de to variable RPE og RFE, som anvendt af *Pullar & Webster* (1977) i forsøg med rotter. For at opnå en rimelig fordeling af data blev materialet delt i tre vægtgrupper fra 20–25, 25–35 og 50–120 kg omfattende såvel lavt som højt foderniveau. De 3 beregnede ligningssæt viste, at parallelle regressionskoefficienter kunne accepteres ( $F = 2.06$ , NS), medens en total ligning ikke kunne accepteres ( $F = 76.9$ ,  $P < 0.001$ ), (tabel 7.3). Den fælles regressionskoefficient for RPE var 1.48 svarende til  $k_p = 0.68$ , og for RFE var koefficienten 1.33, hvilket giver  $k_f = 0.75$ . Intercepten var stigende fra 6622 til 11954 kJ/d indenfor de 3 vægtgrupper. Såfremt dette tages som et udtryk for dyrenes samlede energibehov til vedligehold giver en division med den gennemsnitlige metaboliske legemsvægt for grupperne følgende værdier for  $ME_m$ : 631, 557 og 435 kJ/kg<sup>0.75</sup> for klasserne 20–25, 25–35 og 50–120 kg legemsvægt.

Med anvendelse af  $kg^{0.75}$  som udtryk for den metaboliske legemsvægt ses det, at  $ME_m$ , som fundet ved den en-dimensionale regressionsmodel, ikke er proportional med  $kg^{0.75}$  hos voksende svin indenfor 20–120 kg legemsvægt. Anvendelse af andre eksponenter end 0.75 som f.eks. 0.60, 0.66 eller 0.83 overfor de fundne intercepter gav flg. resultater for de tre vægtgrupper:  $ME_m = 1009, 932$  og  $843$  kJ/kg<sup>0.60</sup> eller  $ME_m = 836, 759$  og  $647$  kJ/kg<sup>0.66</sup>, medens eksponenten 0.83 gav  $ME_m = 491, 423$  og  $305$  kJ/kg<sup>0.83</sup>. Disse resultater tyder på, at selv med anvendelse af andre eksponenter end 0.75 er det ikke muligt at opnå proportionalitet mellem  $ME_m$  og metabolisk legemsvægt.

En sammenligning mellem de forskellige beregningsmodeller overfor det her fremlagte materiale viser, at indenfor vægtklassen 20–25 kg var  $ME_m$  ved direkte beregning med anvendelse af korrektioner for RPE og RFE  $640$  kJ/kg<sup>0.75</sup> (tabel 7.1), ved en-dimensionel regression var behovet til vedlige-

hold  $627 \text{ kJ/kg}^{0.75}$  (tabel 7.2), medens den multiple regression kun baseret på RPE og RFE gav en værdi på  $631 \text{ kJ/kg}^{0.75}$  (tabel 7.3). Disse resultater stemmer godt overens uanset beregningsmetoden, medens der er en større differens i den følgende vægtklasse fra 25–35 kg, hvor den en-dimensionale regression gav  $619 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ , medens den multiple regression gav  $557 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ . På grund af det forholdsvis ringe antal observationer indenfor de 4 vægtklasser fra 50–120 kg kunne de multiple regressioner ikke gennemføres for de enkelte klasser, men beregningen måtte foretages for den samlede gruppe, og den gav  $435 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ , medens de vejede middeltal fra de en-dimensionale regressioner gav  $484 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ . Det ser således ud til, at bortset fra den første vægtklasse, er  $ME_m$  beregnet efter den en-dimensionale regression omkring 10% højere end bestemt ved den multiple regressionsmodel.

Den sidste anvendte multiple regressionsmodel (tabel 7.3) gav en  $k_p$ -værdi på 0.68 og en  $k_f$ -værdi på 0.75, svarende til 35.3 ME, kJ/g protein og 52.9 ME, kJ/g fedt, gældende for hele vækstområdet fra 20–120 kg legemsvægt, hvilket tyder på, som tidligere angivet af *Pullar & Webster* (1977) i forsøg med rotter, at udnyttelsesgraden af ME til henholdsvis protein- og fedtaflejrning er uafhængig af foderniveau og legemsvægt/alders. Dette betyder, at intercepten udtrykker såvel det varmetab, der skyldes de processer, der foregår for at holde dyret i ernæringsligevægt, som det varmetab der finder sted ved protein- og fedt-turnover, samt det varmetab, der skyldes dyrets fysiske aktivitet. Samtlige disse tab indgår således i de beregnede værdier for  $ME_m$ , og det må forventes, at disse værdier aftager i forhold til den metaboliske legemsvægt, idet de energikrævende organer som lever og nyrer udgør en relativ større vægtdel af den metaboliske legemsvægt hos unge end hos ældre dyr. Samtidig er energiomsætningen pr. vægtenhed af de nævnte organer størst hos de unge dyr, hvorved turnover foregår med stor hastighed, hvilket yderligere forøger energibehovet til vedligehold i relation til metabolisk legemsvægt hos de unge dyr, således som det er fundet i disse forsøg.

Det skal fremhæves, at resultaterne er opnået i forsøg med svin, der havde en vis bevægelsesfrihed i deres opsamlingsbure med en bund på  $0.9 \text{ m}^2$  og i respirationsanlæggene, hvor arealet var  $1.4 \text{ m}^2$ . Som diskuteret tidligere, *Thorbeck* (1975), foretrækker vi, at dyrene befinder sig under forhold, der er så nær praksis som muligt, for derved bedre at kunne generalisere ud fra de opnåede resultater. Som fundet af *Halter et al.* (1980), *McCracken & Caldwell* (1980) og *Verstegen et al.* (1982) vil man kunne regne med, at svinenes aktivitet kan forøge deres varmeproduktion med 10–20%. Da små dyr bevæger sig mere end større og ældre dyr, vil dette ligeledes medføre, at de unge dyr får et relativt større  $ME_m$ -behov, såfremt denne aktivitet har været inkluderet i målingerne, således som det er sket i disse undersøgelser, og således som det finder sted under praktiske forhold.

### 7.4.3. Energinormer for vedligehold og vækst

Med den fundne funktion for energibehovet til vedligehold samt den energitiske udnyttelsesgrad ved protein- og fedtaflejring er energibehovet til vedligehold og vækst beregnet med 10 kg's intervaller fra 20–120 kg legemsvægt, som angivet i tabel 7.4. På grundlag af de fundne værdier for protein- og fedtaflejring er der foretaget et skøn over det maksimalt opnåelige, og disse værdier er ligeledes angivet. Energebbehovet er anført såvel i ME<sub>m</sub> MJ som i FE<sub>s</sub>, idet foderet skønnes at have indeholdt 0.96 FE<sub>s</sub>/kg.

Energebbehovet til vedligehold stiger fra 0.52 til 1.30 FE<sub>s</sub>, hvilket for de unge dyrs vedkommende er lidt over og for de ældres noget under de normer, der er angivet af *Just et al.* (1983a). Forskellen skyldes, at de nævnte forfattere har regnet med et konstant behov til vedligehold på 0.076 FE<sub>s</sub>/kg<sup>0.6</sup>, men som tidligere diskuteret vil en eksponent på 0.6 ikke medføre, at dette behov bliver konstant uafhængig af vægtklassen. Beregninger med et konstant, proportionalt behov vil medføre en norm, der er lidt for lav for de unge dyr og lidt for høj for de ældre dyr, som fundet af *Just et al.* (1983a), men forskellen har næppe større betydning i praksis.

Det samlede behov til vedligehold og vækst stiger fra 1.07 til 3.47 FE<sub>s</sub> med legemsvægten stigende fra 20–120 kg legemsvægt, hvilket er noget over den norm, der er angivet af *Mortensen et al.* (1977), men nær ved den norm, der er angivet af *Jacobsen* (1980) for hurtigt voksende svin, ligesom den stemmer overens med den af *ARC* (1967) angivne norm.

## 7.5. Konklusioner

1. Energebbehovet til vedligehold (ME<sub>m</sub>) bestemt ved regression af RE/kg<sup>0.75</sup> på ME/kg<sup>0.75</sup> fra forsøg med svin fodret på lavt og højt foderniveau indenfor snævre vægtklasser fra 20–120 kg legemsvægt viste, at med stigende legemsvægt aftog ME<sub>m</sub> fra 630 til 440 kJ/kg<sup>0.75</sup>.
2. Forsøgene viste, at ME<sub>m</sub> ikke er proportionalt, men lineært forbundet med den metaboliske legemsvægt (kg<sup>0.75</sup>) ved flg. funktion: ME<sub>m</sub>,kJ/d = 3143 + 359 LW,kg<sup>0.75</sup> med en stærk signifikant intercept (P < 0.001).
3. Anvendelse af andre eksponenter fra 0.60–0.83 til at udtrykke den metaboliske legemsvægt formåede ikke at fremkalde proportionalitet mellem ME<sub>m</sub> og metabolisk legemsvægt.
4. Den fundne funktion for ME<sub>m</sub> baseret på fodringsforsøg er 10–25% højere end en tidligere funden funktion baseret på værdier opnået ved hungerforsøg.

5. En multipel regressionsanalyse med 3 variable gav flg. ligning:  $ME, \text{kJ/d} = 2615 + 345 LW, \text{kg}^{0.75} + 1.82 RPE, \text{kJ} + 1.16 RFE, \text{kJ}$ . En stærk signifikant intercept ( $P < 0.001$ ) viser, at ligningen ikke må tvinges gennem nulpunktet, hvorfor der ikke kan drages nogen fysiologiske konklusioner af den fundne ligning.
6. En multipel regressionsanalyse med anvendelse af de to variable RPE og RFE indenfor 3 vægtgrupper fra 20–120 kg legemsvægt viste fælles regressionskoefficienter på henholdsvis 1.48 og 1.33, svarende til  $k_p = 0.68$  og  $k_f = 0.75$ , samtidig med at  $ME_m$  aftog fra 631 til 435  $\text{kJ/kg}^{0.75}$  med stigende legemsvægt.
7. Baseret på de opnåede resultater er der opstillet en tabel over energinormer til vedligehold og vækst hos svin fra 20–120 kg legemsvægt.

## VIII. English text

### 8.1. Introduction

In a former experiment at the Institute with 48 growing pigs from 20–90 kg live weight, *Thorbek* (1975) it was shown, that an energy requirement for maintenance of 820 ME, kJ/kg<sup>0.56</sup> as found by *Breirem* (1939) was not valid for the younger pigs, but a linear function with a constant term was preferable, as suggested by *Thorbek* (1970).

As a consequence a fasting experiment was then carried out with pigs from 15–80 kg live weight, by which a requirement for maintenance as  $ME_m$ , kJ/d = 4060 + 210 LW, kg<sup>0.75</sup> was found. The intercept was highly significant indicating, that  $ME_m$  is not proportional to metabolic live weight (kg<sup>0.75</sup>) but a linear function with a constant term, *Thorbek & Henckel* (1976).

By that time the literature indicated many different values for the maintenance ( $ME_m$ ), and for the efficiency of utilization of ME for growth ( $k_{pt}$ ) or protein ( $k_p$ ) and fat ( $k_f$ ) retention. Most of the experiments were carried out with younger pigs over a shorter period of growth and different models for calculation were applied such as one-dimensional regression, *Fuller & Boyne* (1972), *McCracken & Gray* (1972), *Verstegen et al.* (1973) and *Holmes* (1974) or multiple regression by *Kielanowski & Kotarbinska* (1970), *Close et al.* (1973), *Gädeken et al.* (1974) and *Kirchgessner & Müller* (1974).

In order to contribute to the solution of some of the problems connected with the determinations of  $ME_m$ ,  $k_{pt}$ ,  $k_p$  and  $k_f$  a systematic investigation with pigs measured on low and high feed levels over a broader range of live weight were planned at the Institute and carried out in 1975/76. The results obtained are presented here including data for digestibility, metabolizability, gas exchange and heat production together with data for the nitrogen and energy metabolism.

### 8.2. Materials and methods

#### *Outline of experiment*

The experiment was planned to include 28 barrows of Danish Landrace allocated in 6 live weight groups from 20–120 kg, but caused by severe attacks of diarrhoe one pig was excluded from the calculations. The pigs were on alternate low (L) or high (H) feed levels, with the half part starting from L to H and the other part from H to L in order to obtain approximately the same mean

age and live weight in each group independent of feed levels. The allocation of the pigs in the different live weight groups is shown in Table 2.1, in which the roman figures indicate the order of balance periods carried out with the individual pigs.

Twenty barrows were measured in group 20–25 kg live weight and afterwards 16 of the pigs were measured in group 25–35 kg, while the remaining 4 pigs were kept in individual pens in the sty being fed on high feed level until they could be measured in group 50–60 kg, and then they were slaughtered. After the measurements of the 16 pigs in group 25–35 kg 12 were slaughtered, while the remaining 4 pigs were kept in pens on high feed level until they could be measured in group 80–100 and 100–120 kg. During these measurements another lot of 8 barrows were brought to the laboratory and fed on high level in individual pens until 4 pigs could be measured in group 50–60 and 60–80 kg and 4 pigs in group 80–100 and 100–120 kg.

#### *Experimental animals and journals*

All pigs were castrated males of Danish Landrace originated from 10 different litters. They were delivered at a mean age of 65 days having a mean live weight of 17.5 kg. After arrival they were treated for 8 days with piperazin-di-hydrochloride against worms. As mentioned one pig, no. 26, was excluded from the experiment caused by diarrhoe, and pig no. 1 was excluded from period V because of feed residuals.

Caused by technical errors in the respiration measurements the following 5 periods were omitted: 6-I, 15-IV, 22-IV, 25-IV and 28-IV as indicated in Table 2.1. By calculation of the energy metabolism in pigs on low feed level in group 20–25 kg a negative energy retention was found in 8 pigs and the results were omitted. Thereby the whole material consisted of 51 balance periods on low and 59 balance periods on high feed levels as demonstrated in Table 2.1.

#### *Experimental techniques*

All measurements were carried out with 7-days preliminary periods followed by 7-days balance periods according to the technique applied at the Institute, *Thorbek* (1975). A 24-hours respiration experiment was placed in the middle of each balance period using open-air circulation respiration units, as described by *Thorbek* (1969b). The accepted set of factors proposed by *Brouwer* (1965) were used to calculate the gas exchange and the energy metabolism. The statistical analyses were performed in accordance with *Henckel* (1973).

#### *Feed compounds and their composition*

Two commercial feed compounds (A and B), commonly used in Denmark, were applied, equally divided between the pigs. The components used in the feed compounds and their chemical composition are shown in Table 2.2 and

2.3. In spite of the different components applied only slight differences appeared in the protein and energy content and thereby in the proportion between energy and nitrogen, and the results from the experiment are based on mean values from the feed compounds.

#### *Feeding plan*

The allocation of feed in the different live weight groups were based on experience from earlier investigations about how much the pigs were able to eat on high feed level without residuals. The pigs on low level were then given a ration supposed to give results with acceptable contrast to the pigs on high feed level, but still high enough to secure a reasonable rate of growth. The mean values of feed intake, gross energy and crude protein on low and high feed levels in the different live weight groups are shown in Table 2.4.

### **8.3. Digestibility and metabolizability**

The aim of this part of the investigation was primary to estimate the influence of feed level and live weight/age on the digestibility and metabolizability. Secondary the results were used to estimate the energy losses in faeces, urine and methane and consequently the metabolizable energy in the feed compound applied during the period of growth.

#### *Accuracy obtained in the digestibility experiments*

The results obtained in 40 digestibility experiments in the live weight group from 20–25 kg, including 20 pigs from 7 different litters on low and high feed levels, were used to estimate the accuracy in the digestibility experiments. The results shown on page 15 demonstrate, that the coefficients of digestibility were determined with a standard deviation (SD) between 1.5–2.5% for dry matter, organic matter and energy and between 3.0–4.3% of nitrogen.

#### *Influence of feed levels on the digestibility*

The mean values of the coefficients of digestibility for DM, OM, N and GE on low and high feed levels in the different live weight groups are shown in Table 3.1. The differences between DDM, DOM and DE on low and high feed levels were not significant, therefore mean values together with standard error of mean (SEM) were calculated for each live weight groups as demonstrated in Table 3.2. All digestibility coefficients for nitrogen (DN) were higher on low than on high feed level. The differences of 2.4 and 3.4% in groups 50–60 and 80–100 kg respectively were highly significant ( $P < 0.001$ ), while the difference of 2.1% in group 100–120 kg was significant ( $P < 0.05$ ).

### *Influence of live weight/age on the digestibility*

All digestibility coefficients showed a tendency to increase from about 60 kg of live weight (Table 3.1 and 3.2). A comparison (t-test) was carried out between the values obtained in group 20–25 kg and 60–120 kg as shown in Table 3.3. The differences concerning DDM, DOM and DE were relatively small, below 1%, but all highly significant. For DN on low level the difference of 3.5% was highly significant ( $P < 0.01$ ), while the difference of 2.1% on high feed level was on the borderline ( $0.05 < P < 0.1$ ).

### *Energy losses in faeces, urine and methane. Metabolizable energy*

The values for energy losses in faeces, urine and methane and consequently the metabolizable energy are measured individually as shown in the Main Tables. The mean values on low and high feed levels for each live weight group will be found in Table 3.4. The energy losses in faeces ranged between 17–19% and in urine between 3–4% of GE, while the energy losses in methane were no more than 0.5–0.9% of GE. The metabolizable energy varied from 77.5–79.2% of GE, with SEM-values varying from 0.5–1.5% during the growth period in question. No significant differences were found between ME/GE on low and high feed levels, and the mean value of  $78.1 \pm 0.58\%$  for both levels from 60–120 kg was not significant different from the value of  $77.9 \pm 0.38\%$  found in group 20–25 kg live weight, (cf. page 18).

### *Metabolizable energy in the feed compound*

The measured metabolizable energy in relation to feed intake is calculated individually and the mean values are shown in Table 3.4 for low and high feed levels in the different live weight groups. The values were very constant only varying from 12.8–13.1 MJ/kg feed, and no influences of feed levels or live weight/age were observed. A former established function, *Thorbek et al.* (1975) to estimate the amount of ME based on digested organic matter ( $ME, kJ = 18.4 \times \text{dig. organic matter, g}$ ) was applied on the material. The estimated values for ME were in average 1.8% higher than the measured values, (Table 3.4).

### *Discussion*

The accuracy by which the coefficients of digestibility are determined depends partly of the technique and number of animals applied, *Madsen* (1963) and partly of the nutrients in question together with the variation between animals in their digestive capability. The accuracy obtained in the present investigation concerning determination of digestibility coefficients for DM, OM and GE with SD-values varying between 1.5–2.5% are in accordance with former experiments at the Institute, *Just (Nielsen)* (1970) and *Thorbek* (1975). The lower accuracy obtained for DN with CV-values between 3.0–4.3% are undoubtedly connected with the movements of the pigs not being strictly

confined, as the floor in the metabolic crates is 1.0 m<sup>2</sup> and in the respiration units the size is 1.4 m<sup>2</sup>. As discussed in details by *Thorbeck* (1975) we prefer to keep the animals as close as possible to their normal conditions with some freedom to move around, especially for the younger pigs. Thereby the risk of contamination between faeces and urine, the latter having a relatively high concentration of nitrogen, is greater causing a lower degree of accuracy. In strict confinement a higher accuracy may be obtained, but with very little exercise the muscle tonus may be affected, thereby reducing the rate of passage in the intestine, causing higher digestibility coefficients for nitrogen, than can be expected under normal conditions. In nitrogen balance experiments, in which retained nitrogen is determined as the difference between intake of nitrogen and the sum of nitrogen excreted in faeces + urine, this lower accuracy in the determination of digested nitrogen is of no importance.

The digestibility coefficients for DM, OM and GE on high feed level were not significantly influenced by reducing the feed intake with 27–50% which is in accordance with results obtained by *Breirem* (1935), *Madsen* (1963) and *Sundstøl et al.* (1979). Contrary the digestibility coefficients for nitrogen was influenced by the feed levels, with values significantly lower on high level, especially for the older pigs. The endogenous nitrogen in faeces will increase with increasing intake of dry matter (DM), *Eggum* (1973), and in the present investigation the DM-intake increased from 550–1800 g on low level and from 750–2800 g on high level, thereby causing as expected a lower apparent digestibility of nitrogen on high feed level.

All digestibility coefficients in the present investigation showed a tendency to increase when the pigs were above a live weight of about 60 kg. Between 20–25 kg and 60–120 kg live weight the differences concerning DDM, DOM and DE were relatively small, below 1%, but all highly significant, while the differences of 3.5% and 2.1% for DN on low and high level respectively were significant or nearly significant. Influence of live weight/age on the digestibility has been found by *Breirem* (1935), *Madsen* (1963), *Jentsch & Hoffmann* (1977) and *Sundstøl et al.* (1979), while no influence was found by *Just (Nielsen)* (1970) or *Gädeken et al.* (1980). The increase in the apparent digestibility by increasing age may be explained by an increment of the fermentative processes in the older animals, causing a lower excretion of the different nutrients in the faeces and thereby a higher apparent digestibility. In the present experiment the methane production increased from 1–9 liter/d, indicating an increased fermentation.

The energy losses in faeces were between 17–19% of GE, while the energy losses in urine varied from 2.6–4.1% of GE, which are in accordance with results obtained by *Breirem* (1935), *Just (Nielsen)* (1970) *Verstegen* (1971), *Wenk* (1973), *Thorbeck* (1975), *Hoffmann et al.* (1977) and *Jentsch & Hoffmann* (1977). Energy losses in urine up to 10% of GE have been measured in experiments with pigs in which the protein intake was highly above the requirement,

*Nehring et al.* (1963). The energy losses in methane in the present material were quite small increasing from 0.5–1.0% of GE as found by *Verstegen* (1971), *Hoffmann et al.* (1977), *Jentsch & Hoffmann* (1977) and *van der Honing et al.* (1982). The metabolizable energy was about 95–97% of DE, but in contrast to DE it was independent of live weight/age.

The metabolizable energy (ME), varying only from 12.8–13.1 MJ/kg feed, was independent of feed levels and live weight/age. A former established function based on 585 balance experiments with pigs in which ME could be estimated according to:  $ME, kJ = 18.4 \times \text{digested organic matter, g}$ , *Thorbek et al.* (1975) was applied on the present material. The estimated values were 1.8% higher than the measured values, indicating that a factor of 18.0 may be preferred.

### Conclusions

1. A reduction of feed intake with 27–50% of ad lib. intake did not influence the digestibility coefficients of DM, OM or GE, but the apparent digestibility of N was significantly higher on low than on high feed levels.
2. The digestibility coefficients for DM, OM, N and GE were significantly higher in group 60–120 kg live weight than in group 20–25 kg.
3. Energy losses in faeces, urine and methane were 17–19, 3–4 and 0.5–0.9% of GE respectively, thereby ME varied from 77.5–79.2% of GE.
4. ME was independent of the feed levels applied and of the live weight/age of the animals.
5. ME can be estimated with a reasonable accuracy according to the function:  $ME, kJ = 18.0 \times \text{dig. organic matter, g}$ .

### 8.4. Gas exchange and heat production

The gas exchange including measurements of CO<sub>2</sub> production, O<sub>2</sub> consumption and CH<sub>4</sub> production were measured individually in 51 and 59 respiration experiments on low and high feed levels respectively. Each measurement was carried out over a period of 24 hours using respiration units with open-air circulation, as described by *Thorbek* (1969b).

#### *Gas exchange and heat production in pigs from 20–120 kg live weight*

The individual values for the gas exchange and heat production (HE, CN) calculated according to the CN-method are given in the Main Tables, while the mean values together with the age and live weight of the pigs in the different groups and different feed levels are shown in Table 4.1. The coefficients of variation (CV) varied, except for the first measurements on low level, from 2–8% for CO<sub>2</sub>, 4–9% for O<sub>2</sub> and 3–9% for HE(CN). The RQ-values varied from 0.96–1.05% and from 1.03–1.16% on low and high feed levels respectively,

showing increasing values with increasing live weight/age. The gas exchange and the heat production in relation to live weight are shown in Fig. 4.1, 4.2 and 4.3.

#### *Functions for estimation of gas exchange and heat production*

The individual values obtained for CO<sub>2</sub> production, O<sub>2</sub> consumption and heat production (HE, CN) on high feed level were regressed on metabolic live weight (kg<sup>0.75</sup>) and gave the equations shown in (1), (2) and (3). In all equations the intercepts were highly significant. Similar regressions on low feed level gave equations highly significant different from the equations obtained on high level, with F-values of 181, 67 and 70 respectively. By including the intake of GE in the regressions these differences were eliminated (F = 1.60, 0.45 and 1.19) and total equations as shown in (4), (5) and (6) were calculated. Equations (3) and (6) concerning the heat production were transformed to vpe-units, Strøm (1978) in which 1 vpe = 1000 Watts total heat production at 20 °C = 3600 kJ/h. The equations are given in (3b) on high feed level and in (6b) including intake of GE. Finally the intake of GE is transformed to intake of feed units (FE<sub>g</sub>) by an estimation of 1 FE<sub>g</sub>/kg = 16.5 GE/MJ/kg for the feed compounds in question, thereby the equations were used to tabulate gas exchange and heat production in growings pigs fed on high level from 20–120 kg live weight, (Table 4.2).

#### *Discussion*

The respiration units were frequently calibrated by means of CO<sub>2</sub>, showing an accuracy between 1.0–1.5% in the determination of the CO<sub>2</sub> production. In the present measurements with pigs the accuracy expressed by the coefficients of variation (CV) varied from 2–8% for the CO<sub>2</sub> production and from 4–9% for the O<sub>2</sub> consumption while it varied from 3–9% for HE(CN) being in accordance with former results, Just (Nielsen) (1970) and Thorbek (1975). Comparing the high accuracy of the units with the accuracy obtained in the measurements with pigs the results indicate a great individual variation in their gas exchange and heat production.

The values for the gas exchange and heat production showed curvilinear functions in relation to live weight, but linear functions in relation to metabolic live weight (kg<sup>0.75</sup>). Regression equations based on metabolic live weight showed highly significant (P < 0.001) differences between low and high feed levels. By including the intake of GE in the regression model the differences were eliminated and total regression equations could be calculated as shown in (4), (5) and (6). Results obtained by using the equations correspond to values found in experiments with growing pigs from 20–90 kg live weight being fed on different feed levels, Just (Nielsen) (1970), Fuller & Boyne (1972), Wenk (1973), Thorbek (1975) and Christensen (1983).

For practical use the GE-intake in the equations is substituted by feed units ( $FE_s$ ) by which the equations (7), (8) and (9) are obtained. In the design of environmental control systems in livestock buildings it is commonly used to express the heat loss in Watt, using a unit (vpe) based on a total heat loss of 1000 Watts at 20 °C, *Strøm* (1978). For that reason the equation for heat production (9) expressed in kJ is transformed to equation (9b) using vpe as the basis. The equations have been used to tabulate gas exchange and heat production in pigs of Danish Landrace fed near ad lib. from 20–120 kg live weight.

### Conclusions

1. Measurements of gas exchange and heat production in barrows of Danish Landrace (n = 110) fed on low and high feed levels from 20–120 kg live weight gave the following regression equations based on metabolic live weight ( $kg^{0.75}$ ) and intake of GE:
 

$CO_2$ , liter/24h	=	90.3 + 10.3 LW, $kg^{0.75}$ + 13.5 GE, MJ
$O_2$ , Liter/24h	=	129.6 + 14.2 LW, $kg^{0.75}$ + 7.3 GE, MJ
HE(CN), kJ/24h	=	2617 + 273 LW, $kg^{0.75}$ + 171 GE, MJ
2. Transformation of the equation for heat production to units of vpe and  $FE_s$  gave the equation:
 
$$vpe = 0.0303 + 0.00316 LW, kg^{0.75} + 0.0327 FE_s$$
3. The equations were used to tabulate gas exchange and heat production in pigs of Danish Landrace fed near ad lib. from 20–120 kg live weight, (Table 4.2).

### 8.5. Nitrogen metabolism

The nitrogen metabolism was measured individually in 51 balance experiments on low and 59 experiments on high feed levels in growing barrows of Danish Landrace allocated in 6 weight groups from 20–120 kg live weight.

#### *Losses of nitrogen in faeces and urine and retention of nitrogen*

The mean intake of nitrogen (IN) increased from 16–53 g and from 22–80 g on low and high feed levels respectively, (Table 5.1). The nitrogen losses in faeces (FN) varied from 17–21% of IN on low level and from 19–22% on high level. The nitrogen losses in urine (UN) showed a greater variation from 33–54% and from 28–50% of IN on low and high feed levels respectively. The nitrogen retention (RN) increased from 6–19 g on low level and from 10–32 g on high level. The efficiency of utilization ( $k_N$ ) expressed as retained nitrogen in relation to digested nitrogen (RN/DN) was fairly constant in group 20–80 kg live weight with mean values of 53.6% and 59.3% on low and high feed levels respectively, and the difference of 5.7% was highly significant ( $P < 0.001$ ). The values of  $k_N$  decreased in group 80–120 kg on both levels to 36.8% and 43.6%,

but the difference of 6.8% was not significant caused by the high SEM-values, (Table 5.2). The differences of 16.8% and 15.7% between the  $k_N$ -values for the two groups of live weight were highly significant for both feed levels, ( $P < 0.001$ ).

#### *Requirements of nitrogen for maintenance*

The relation between  $RN/kg^{0.75}$  and  $DN/kg^{0.75}$  in the live weight group from 20–25 kg ( $n = 31$ ) showed a linear curve (Fig. 5.1). The intersection between the curve and the x-axis indicates the nitrogen requirement for maintenance ( $DN_m$ ), defined as a state in which the nitrogen retention is zero. Similar calculations for the other live weight groups showed linearity as well, but with different slope of the curves and with different intersections. Regressions according to the model:  $RN, mg/kg^{0.75} = I + b DN, mg/kg^{0.75}$  were then carried out for the live weight groups from 20–25 kg ( $n = 31$ ), 25–35 kg ( $n = 32$ ), 50–80 kg ( $n = 22$ ) and 80–120 kg ( $n = 25$ ) and the equations obtained are given on page 36.  $DN_m$ , calculated as  $-I/b$ , gave decreasing values from 446, 346, 279 to 251  $DN, mg/kg^{0.75}$  for the 4 live weight groups in question, describing a curvilinear function to live weight, (Fig. 5.2). The curve was transformed to a linear one by calculating  $DN_m/d$  in relation to metabolic live weight, as shown in Fig. 5.3. By using the metabolic live weight for each individual and the estimated requirement for  $DN_m/kg^{0.75}$  for the live weight group in question all individual values ( $n = 110$ ) for  $DN_m/d$  were calculated and used in a regression on metabolic live weight with the following result:  $DN_m, g/d = 2.69 + 0.160 LW, kg^{0.75}$ , with  $CV = 5.7\%$  and  $R^2 = 0.950$ . The equation was used to tabulate the requirements for digestible nitrogen ( $DN_m$ ) and digestible protein ( $DPROT_m$ ) for maintenance in pigs from 20–120 kg live weight, (Table 5.3).

#### *Maximum nitrogen retention*

The individual values for retained nitrogen (RN) on high feed level from 20–120 kg and the corresponding values for metabolic live weight were used in a quadratic function to describe the maximum nitrogen retention. The calculation gave the following equation:

$$RN, g = -13.7 + 2.77 LW, kg^{0.75} - 0.045 LW, kg^{1.50}$$

$$s_1, s_b \quad 3.46 \quad 0.377 \quad 0.0087$$

$$RSD = 3.41 \quad CV \% = 18.5 \quad R^2 = 0.833 \quad n = 59$$

with a maximum of 28.9 g RN at 97 kg live weight. The curve for the nitrogen retention in relation to the live weight from 20–120 kg is shown in Fig. 5.4. together with the curve obtained in an earlier experiment in which the maximum was 20.6 g RN at 84 kg, Thorbek (1975).

#### *Requirements of protein for maximum protein retention*

The highest values for  $k_N$  (RN/DN) on high feed level were between 57–65%,

(Table 5.1). Using a mean value of 60% for maximum utilization together with function obtained for maximum nitrogen retention the requirements for digestible protein ( $N \times 6.25$ ) to cover the maximum protein retention were calculated for the different live weight groups and tabulated in Table 5.4.

### Discussion

The nitrogen retention (RN) in group 20–80 kg live weight increased from 6–19 g and from 10–32 g N on low and high feed levels respectively, and then it decreased slowly on both levels in the following groups from 80–120 kg. The relative variation was rather great with mean CV-values of 12% and 7% in group 20–80 kg, increasing to 27% and 22% in group 80–120 kg for the two feed levels in question. Similar variations were found in earlier experiments with growing pigs from 20–90 kg, *Thorbeck (1975)*, in which each pig kept its parameter during the period of growth with small variations around its retention curve, while the variations between the pigs were great. It is remarkable that pigs showed a rather small variation concerning their ability to digest nitrogen, with CV-values around 3%, while there is such a great variation in their ability to form body protein from the absorbed amino acids, which may be connected with differences in their genetic structures.

The feed compounds contained about 0.7–0.8% lysine by which the pigs on high feed level in the growth period from 20–120 kg received from 6.5–22.5 g lysine/d, being in accordance with or above the recommendations given by e.g. *Clausen et al. (1961)*, *ARC (1967)*, *Poppe & Wiesemüller (1968)*, *Poppe et al. (1980)*, *Cole et al. (1980)* and *Jacobsen (1980)*. The intake of energy in relation to nitrogen was about 600 kJ,GE/g N, supposed to be energy enough to secure maximum nitrogen retention, *McCracken et al. (1980)*.

The efficiency of utilization ( $k_N$ ) expressed by  $RN/DN$  was 57–65% in group 20–80 kg on high feed level, and then it decreased to about 44% in group 80–120 kg caused by increasing DN-values according to the norm applied and by decreasing RN-values in the older animals. The results indicate, that it is possible to obtain a high nitrogen retention combined with a high utilization about 60%, which is somewhat above the values given by *Homb (1972)* but in accordance with results obtained by *Just (Nielsen) (1970)*, *Bowland et al. (1970)*, *Wenk (1973)*, *Jentsch & Hoffmann (1977)* and *Berschauer et al. (1983)*.

Caused by the great variation in the values of  $RN/kg^{0.75}$  and  $DN/kg^{0.75}$  on low and high feed levels in the different live weight classes it was possible to use the data in regressions of  $RN/kg^{0.75}$  on  $DN/kg^{0.75}$  in order to estimate the requirements of digestible nitrogen for maintenance ( $DN_m$ ), calculated as  $-1/b$  in the different live weight classes. The calculation showed that  $DN_m$  decreased from 446–251 mg/kg $^{0.75}$  with the live weight increasing from 20–120 kg. Rather few information concerning  $DN_m$  can be found in the literature. A mean value of 236 mg/kg $^{0.75}$  for barrows at 20 kg live weight was reported by *Gruber et al.*

(1981), while values from 236–393 mg/kg<sup>0.75</sup> were found in experiments with boars from 19–50 kg live weight fed 3 different protein levels, *Berschauer et al.* (1983). The results obtained by *Burlacu et al.* (1978) in which DN<sub>m</sub> was 199 mg/kg<sup>0.75</sup> in barrows from 10–50 kg compared with results from experiments with piglets in which DN<sub>m</sub> was 322 mg/kg<sup>0.75</sup>, *Burlacu et al.* (1982) indicate, as found in the present material, that DN<sub>m</sub>/kg<sup>0.75</sup> decreases with increasing live weight/age. The results obtained showed linearity between DN<sub>m</sub> and metabolic live weight and a regression using all individual data gave the following equation for estimation of digestible nitrogen for maintenance: DN<sub>m</sub>, g/d = 2.69 + 0.160 LW, kg<sup>0.75</sup> with CV = 5.7% and R<sup>2</sup> = 0.950, showing a satisfactory agreement between data and the statistical model applied. The intercept was highly significant (P < 0.001), indicating that DN<sub>m</sub> is not proportional to kg<sup>0.75</sup>, which may be explained by the fact that the weight of the liver in relation to metabolic live weight decreases with increasing live weight/age.

With the intake of protein and lysine on high feed level and with the energy supply in relation to nitrogen it may be assumed that each pig on high level has reached its maximum nitrogen retention during the growth period in question. Any further supply of protein, lysine or energy will not increase the retention, as discussed in details by *Thorbek* (1975), and variations in RN will mainly be caused by differences in the genetic structures of the animals. The data from the measurements on high feed level were used in a quadratic function based on metabolic live weight to estimate the maximum nitrogen retention. The following equation was found: RN, g/d = -13.7 + 2.77 LW, kg<sup>0.75</sup> - 0.045 LW, kg<sup>1.50</sup> with a maximum of 28.9 g at 97 kg live weight. It should be stressed, that the equation was found in experiments with barrows of Danish Landrace, not influenced by compensatory growth. Other values can be expected with other races or different treatments as found by *Bowland et al.* (1970), *Jentsch & Hoffmann* (1977), *Sundstøl et al.* (1979) and *Böhme et al.* (1982). In experiments with boars from 19–50 kg live weight a quadratic function based on digested nitrogen has been applied, *Berschauer et al.* (1983), and variations from 0.46–1.85 g RN/kg<sup>0.75</sup>, corresponding to 5.9–23.7 g RN/d, were obtained by using 3 different levels of protein intake combined with 3 levels of energy intake. In the present investigation with barrows a rather constant value of 1.2 g RN/kg<sup>0.75</sup> was obtained in the growth period from 25–80 kg, and then it decreased to 0.8 g RN/kg<sup>0.75</sup> in group 80–120 kg. A value of 1.85 g RN/kg<sup>0.75</sup> as reported for a mean live weight of 30 kg will probably give unacceptable values if applied on heavier pigs.

Using the equation for maximum nitrogen retention and a maximum nitrogen utilization of 60% a norm for digestible protein to cover the maximum protein retention from 20–120 kg live weight was calculated, (Table 5.4). The norm increases from 125–300 g digestible protein in the growth period from 20–90 kg and then it decreases slowly to 280 g by a live weight of 120 kg. The norm is

slightly below the English norm *ARC* (1967), but in accordance with the calculations of *Kielanowski* (1972). The Danish norm, *Jacobsen* (1980) indicates an increment from 190–290 g digestible protein, but if the maximum protein retention cannot exceed 85 g/d at the beginning, a supply of 190 g/d seems to be rather high leading to a low utilization of the protein applied in the first groups. For the heavier pigs there is a good agreement between the norm and the results obtained in the present experiment.

### Conclusions

1. Measurements of nitrogen retention (RN) on low and high feed levels in barrows of Danish Landrace from 20–120 kg live weight showed that RN increased from 6–19 and from 10–32 g respectively on the two levels in the growth period from 20–80 kg and then it decreased slightly in the following periods.
2. The efficiency of utilization ( $k_N$ ) expressed as RN/DN increased from 57–65% on high feed level in group 20–80 kg and then it decreased to about 44% in the following groups, the difference being highly significant, ( $P < 0.001$ ).
3. The requirements of digestible nitrogen for maintenance ( $DN_m$ ) decreased from 446–251 mg/kg<sup>0.75</sup> by the live weight increasing from 20–120 kg.
4. The requirements of digestible nitrogen for maintenance can be estimated by the regression equation:  $DN_m, \text{ g/d} = 2.69 + 0.160 \text{ LW, kg}^{0.75}$  with an intercept being highly significant ( $P < 0.001$ ). A norm for the requirements in the different live weight groups is given in Table 5.3.
5. The nitrogen retention (RN) on high feed level, supposed to be maximum, can be described by the function:  $RN, \text{ g/d} = -13.7 + 2.77 \text{ LW, kg}^{0.75} - 0.045 \text{ LW, kg}^{1.50}$  with a maximum of 28.9 g/d at 97 kg live weight.
6. Based on the function for maximal nitrogen retention and calculating with a maximal utilization ( $k_N$ ) of 60% a norm for the requirements of digestible protein to cover a maximal protein retention in barrows of Danish Landrace is given in Table 5.4.

### 8.6. Energy metabolism

The general principles for measuring energy metabolism by indirect calorimetry using nitrogen and carbon balances to determine the energy retained in protein and fat are given in the first section as well as the terminology applied (cf. page 47).

#### *Energy losses in faeces, urine, methane and in heat*

The total energy losses in faeces, urine and methane, ( $FE + UE + CH_4E$ ) and in heat ( $HE, CN$ ) are shown as mean values on low and high feed levels in the

different live weight groups in Table 6.1. The mean energy losses in faeces, urine and methane in group 25–120 kg live weight were  $22.2 \pm 0.34\%$  and  $21.8 \pm 0.37\%$  of GE on low and high feed levels respectively, and the difference was not significant, (Table 6.2). The mean energy losses in heat were  $58.9 \pm 0.70\%$  and  $43.5 \pm 0.62\%$  of GE on the two levels in the same live weight groups and the difference of 15.4% was highly significant ( $P < 0.001$ ) as shown in Table 6.2.

#### *Total retained energy*

The mean values of total retained energy (RE) on both feed levels during the growth period in question are shown in Table 6.1 together with the CV-values, showing variations between 9–28% and 5–13% on low and high feed levels respectively. Retained energy in relation to intake of energy (RE/GE) was rather constant in the groups from 25–120 kg live weight with mean values of  $18.9 \pm 0.73\%$  and  $34.7 \pm 0.70\%$  on low and high feed levels respectively, and the difference of 15.8% was highly significant ( $P < 0.001$ ) as shown in Table 6.2.

#### *Energy retained in protein and fat*

The energy retained in protein (RPE) and in fat (RFE) and the proportion between RPE/RE on the two feed levels are shown in Table 6.1. The proportion of RPE/RE in relation to live weight is demonstrated graphically in Fig. 6.2 showing decreasing values from 68–31% and from 46–18% on low and high levels in relation to increasing live weight/age. The amount of retained protein and fat on high level in relation to live weight is shown in Fig. 6.3. In group 25–35 kg the gain of protein and fat was quite identical with 100 g/d, and then the fat gain increased to about 400 g/d in the last group from 100–120 kg, while the protein gain increased to a maximum of about 180 g/d at a live weight of 90–100 kg.

#### *Discussion*

The nitrogen and carbon balances are measured in absolute values of gram N and C, but then a transformation often takes place using accepted conventional factors. Nitrogen retention is transformed to protein retention by using the factor 6.25, assuming that the retention has taken place in muscles or organs with a nitrogen content of 16%. This assumption may be accepted for pigs, but for poultry and fur animals, in which a substantial part of the retained nitrogen is stored in feather or hair, this assumption is no longer valid, *Thorbeck et al.* (1982b). A further calculation from retained protein to gain in »meat« with 75–77% water will give very misleading results in experiment with these animals.

Carbon retained in N-free materials is transformed to »calculated fat« by using the factor 1.304, assuming that the retention has taken place in saturated fatty acids with a carbon content of 76.7%. Depending of the composition of the feed

compounds applied the carbon may be retained e.g. in unsaturated fatty acids with another carbon content, and then the factor is not quite valid.

The validity of the transformation to »calculated fat« depends very much of the duration of the balance periods. Over longer periods a part of the carbon is not only stored in fat but in other N-free materials such as glucose, glycogen, bones and mucopolysaccharides, *Thorbeck et al.* (1982b). In short term periods the storage in these components is negligible and the carbon retention can be calculated as »fat«, but over longer periods or in summation of periods for comparison with results from slaughter experiment this storage in other components than fat must be taken into account.

The heat production (HE) can be calculated according to the CN-method or RQ-method using a set of factors, *Brouwer* (1965), but as stressed by *Blaxter* (1972) »even the best set of factors can provide no more than a statistical estimate of the heat produced, and no preference for one of the two methods could be given«. In the present material both ways of calculations were applied on all the individual measurements and regression of HE(RQ) on HE (CN) gave a coefficient of 1.031 in the growth period from 20–120 kg, being in accordance with former experiments with growing pigs from 20–90 kg in which the coefficients of regression increased from 0.983–1.044 with a mean value of 1.024, *Thorbeck* (1975).

The mean energy losses in faeces + urine + methane were  $22.2 \pm 0.34\%$  and  $21.8 \pm 0.37\%$  of GE, not being influenced by the feed levels applied. The mean heat energy losses in heat, including heat from the maintenance processes as well as the thermal heat (TE, cf. page 48) were  $58.9 \pm 0.70\%$  and  $43.5 \pm 0.62\%$  of GE, and the difference of 15.4% was highly significant ( $P < 0.001$ ). The increment in heat production from low to high levels in each weight group can be considered to express the thermal heat as the mean live weights are close to each other for each group (Table 4.1) and the same feed compound has been applied. Such a calculation gave TE-values from 17–24% of GE with a mean value of 19%.

The mean total energy losses in faeces + urine + methane + heat were, except in group 20–25 kg live weight, 81% and 65% of GE on low and high feed levels respectively. The values are in accordance with results obtained by *Sundstøl et al.* (1979) from experiments with »meaty« barrows in which the total energy loss was 65% of GE on high feed level increasing to above 100%, when the pigs were fed near maintenance level.

The mean total retained energy (RE) was about 35% of GE on high feed level corresponding to values obtained by *Holmes* (1973) and *Sundstøl et al.* (1979) in respiration trials. In slaughter experiments with boars from 30–90 kg live weight a lower energy retention of 26% of GE was measured, *Walach-Janiak et al.* (1980). The energy retention in relation to intake of energy (RE/GE) depends on the energy in protein gain in relation to energy in fat gain, as the energy

requirement for storing energy in protein is greater than for storing it as fat, a problem which will be discussed in the following chapter. In an earlier experiment the values of RE/GE increased from 20–45% by the energy gain in fat (RFE) increasing from 0–83% of RE, *Thorbek* (1975), similar to the values of 40–45% obtained in experiments with high values of RFE, *Jentsch & Hoffmann* (1977) and *Gädeken et al.* (1983). Compared with other species the values of RE/GE are close to figures obtained in experiments with growing chickens, *Chwalibog & Thorbek* (1979), but far above the values around 16% found in experiments with growing calves from 100–275 kg live weight, *Thorbek* (1980b).

The energy retention in protein in relation to total energy retention (RPE/RE) decreased in the present material from 46–18% on high feed level and from 68–31% on low level (Fig. 6.2) indicating a higher energy retention in fat on high feed level. The protein and fat gain, expressed in weight unit, were rather identical with 100 g/d in the live weight group of 25–35 kg. The protein gain then increased to a maximum level of about 180 g/d in group 90–100 kg, while the fat gain continued to increase to about 400 g/d in the last group with the norm applied on high feed level. With a somewhat lower norm maximum values of 125 g protein and 300 g fat were obtained by *Just (Nielsen)* (1970). A maximum protein gain of 148 g was found by *Sundstøl et al.* (1979) in »meaty« pigs, while *Gädeken et al.* (1983) in experiments with pigs of »Deutsche Landrasse« obtained values of 143 g protein and 370 g fat.

In an earlier experiment with »Veredeltes Landschwein« from 30–110 kg live weight a relatively low protein retention with a maximum about 110 g combined with a high fat retention increasing to 400 g were found by *Oslage et al.* (1966). A high fat retention increasing from 263–454 g combined with a low protein retention decreasing from 117–87 g, presumeable caused by a very low protein intake, were obtained by *Jentsch & Hoffmann* (1977) in experiments with »Deutsches Edelschwein« or »Veredeltes Landschwein«.

The results obtained in the present investigation together with the values found in the literature seem to indicate, that with the races of to-day it is possible to obtain protein gain increasing from about 75 g to a maximum of 150–180 g/d combined with a fat gain from 80–400 g/d on high feed levels in the growth period from 20–120 kg.

### Conclusions

1. Comparison between heat production calculated according to the RQ or CN methods for alle observations ( $n = 110$ ) gave a regression of HE (RQ) = 1.031 HE (CN) with  $s_b = 0.0022$  and  $CV = 2.46\%$ .
2. The mean energy losses in faeces + urine + methane were  $22.2 \pm 0.34\%$  and  $21.8 \pm 0.37\%$  on low and high feed levels respectively in the growth period from 20–120 kg, with no significant difference ( $P > 0.05$ ).

3. The mean energy losses in heat (HE,CN) were  $58.9 \pm 0.70\%$  and  $43.5 \pm 0.62\%$  of GE on low and high feed levels respectively, and the difference of 15.4% was highly significant ( $P < 0.001$ ).
4. The total retained energy (RE) increased from 0.9–8.1 MJ/d and from 3.0–20.0 MJ/d on low and high feed levels respectively, with CV-values varying from 9–28% and from 5–13% on the two levels.
5. The energy retention in relation to energy intake (RE/GE) was rather constant with mean values of  $18.9 \pm 0.73\%$  and  $34.7 \pm 0.70\%$  on low and high feed levels respectively, and the difference of 15.8% was highly significant ( $P < 0.001$ ).
6. The protein and fat gain on high feed level were rather identical with 100 g/d in group 25–35 kg live weight, and then the fat gain increased to about 400 g/d in group 100–120 kg, while the protein gain increased to a maximum of about 180 g/d by a live weight of 90–100 kg.
7. The proportion of RPE/RE decreased from 68–31% and from 46–18% on low and high feed levels respectively from 20–120 kg.

### 8.7. Energy requirements for maintenance and growth

The energy requirements for maintenance ( $ME_m$ ) in adult animals can be defined as the amount of energy by which the anabolism and catabolism are balancing each other showing an energy retention around zero, ( $RE = 0$ ). In growing animals with their increasing live weight and with  $RE > 0$  the maintenance requirement must be considered as a more theoretical figure. On the other hand figures for  $ME_m$  are used in order to evaluate the energetic efficiency of utilization of ME in growth ( $k_{pt}$ ) or in protein ( $k_p$ ) and fat ( $k_f$ ) retention. Different methods and ways of calculating the energy requirements for maintenance in growing animals are described in the first section.

#### *Energy requirements for maintenance and energetics for growth*

The data obtained in the present material concerning energy metabolism are used in different ways to estimate  $ME_m$ ,  $k_{pt}$ ,  $k_p$  and  $k_f$ . All calculations are based on the individual figures presented in the Main Tables.

*Experiments near maintenance level.* Eight pigs in group 20–25 kg live weight on low feed level showed such a low energy retention that a direct estimation of  $ME_m$  could be carried out, as shown in Table 7.1. The feed intake of 500 g or 700 g daily, with a mean value of 715 ME, kJ/kg<sup>0.75</sup>, caused in all pigs a positive protein retention (RPE), a negative fat retention (RFE) but a positive energy retention (RE). The measured ME-values were corrected to values of ME supposed to give zero values of RE by using factors, to be discussed later, of  $ME = 1.5 \times RPE$  and  $ME = 1.3 \times RFE$ . This calculation gave a mean value of  $ME_m = 640$  kJ/kg<sup>0.75</sup> with CV = 7.9%.

*Experiments on low and high feed levels.* The energy metabolism was measured in 6 narrow live weight groups from 20–120 kg with the pigs being fed on low and high feed levels. By regression of  $\text{RE/kg}^{0.75}$  on  $\text{ME/kg}^{0.75}$  a linearity was obtained as shown in the model in Fig. 7.1 for each live weight group.  $\text{ME}_m$  was then calculated by  $-1/b$  and the results for the different groups are demonstrated in Table 7.2. Except for group 20–25 kg live weight, the regressions showed CV-values varying from 7–11% and  $R^2$  from 0.954–0.982, giving an acceptable accordance between data and the statistical model applied. The coefficients of regression ( $b$ ), indicating  $k_{pr}$ , varied from 0.69–0.82. The calculated values of  $\text{ME}_m$ , decreasing from 627–439  $\text{kJ/kg}^{0.75}$  with the live weight increasing from 20–120 kg, described a curvilinear function in relation to live weight, as shown in Fig. 7.2. For reason of comparison the curve found in experiment with fasting pigs from 15–80 kg live weight is indicated as well, *Thorbek & Henckel (1976)*. The curves can be transformed to linear functions by calculating  $\text{ME}_m/d$  in relation to metabolic live weight, as shown in Fig. 7.3.

By multiplying the metabolic live weight for each individual with the estimated requirement for  $\text{ME}_m/\text{kg}^{0.75}$  for the live weight group in question all individual values for  $\text{ME}_m/d$  ( $n = 110$ ) were calculated and regressed on metabolic live weight with the following result:  $\text{ME}_m, \text{kJ}/d = 3143 + 359 \text{ LW, kg}^{0.75}$  with  $\text{CV} = 4.0\%$  and  $R^2 = 0.985$ . A similar calculation from the fasting experiment ( $n = 26$ ) gave the equation:  $\text{ME}_m, \text{kJ}/d = 4060 + 210 \text{ LW, kg}^{0.75}$  with  $\text{CV} = 4.8\%$  and  $R^2 = 0.946$ . In both equations the intercepts were highly significant ( $P < 0.001$ ) and they showed a high degree of fit between data and the statistical model applied. Still the validity of the equations depends on the assumption that  $k_p = k_f$ , or if this is not the case then the proportion between RPE and RFE should be constant, *Henckel (1976)*.

In the present material this proportion was not constant in the different live weight groups, and  $k_p$  is generally accepted to be lower than  $k_f$ . For that reason the data were then used in a multiple regression with metabolic live weight ( $\text{kg}^{0.75}$ ), retained energy in protein (RPE) and retained energy in fat (RFE) as the independent variables in the model:  $\text{ME} = I + b_1 \text{ kg}^{0.75} + b_2 \text{ RPE} + b_3 \text{ RFE}$ . The data were sorted out in 3 groups with 31 observations in group 20–25 kg, 32 observations in group 25–35 kg and the remaining 47 observations in group 50–120 kg, including all observations on low and high feed levels. The regressions showed, that there were no significant differences between feed levels or between live weight groups, therefore all observations ( $n = 110$ ) were used in a total regression, which gave the following equation:  $\text{ME, kJ} = 2615 + 345 \text{ LW, kg}^{0.75} + 1.82 \text{ RPE, kJ} + 1.16 \text{ RFE, kJ}$  with  $\text{CV} = 4.8\%$  and  $R^2 = 0.992$ . A Student's  $t$ -test showed, that the intercept was highly significant ( $P < 0.001$ ), indicating that it is not allowed to force the equation through the origin.

Finally the material was then used in multiple regressions with only two variables according to the model:  $\text{ME} = I + b_1 \text{ RPE} + b_2 \text{ RFE}$ , and with the

data grouped as mentioned above. The results of the regressions are shown in Table 7.3, indicating that a parallel regression with different values of the intercept but with common regression coefficients could be accepted ( $F = 2.06$ , NS), while a total regression for all groups were not allowed ( $F = 76.9$ ,  $P < 0.001$ ). The common regression coefficients of 1.48 and 1.33 for  $b_1$  and  $b_2$  respectively correspond to  $k_p = 0.68$  and  $k_f = 0.75$ . For the 3 groups in question  $ME_m/kg^{0.75}$  was calculated by dividing the intercept's found with the mean metabolic live weight of the group, showing decreasing values from 631–435  $kJ/kg^{0.75}$  by increasing live weight.

#### *Norm for energy requirements for maintenance and growth*

Based on the results obtained concerning nitrogen and energy metabolism the energy requirements for maintenance and growth in pigs from 20–120 kg are calculated and tabulated in groups of 10 kg live weight, as shown in Table 7.4. The maintenance requirements are calculated according to  $ME_m, kJ/kg^{0.75} = 3140 + 360 LW, kg^{0.75}$  for the different groups, and the values are expressed in MJ as in  $FE_s$ , assuming 1 kg feed = 13.0 ME,  $MJ = 0.96 FE_s$ . The energy requirements for growth depend of the gain of protein and fat in the different classes. Based on the values from Table 5.4 and Fig. 6.2 the gain of protein and fat, supposed to be maximum values, are given in Table 7.4. The estimated maximum protein gain is transformed to energy retained in protein (RPE) by multiplying with 23.86 kJ, and with a  $k_p$ -value of 0.68 the ME requirement for protein retention is calculated. In a similar way the energy requirement for fat retention (RFE) is calculated by using a factor of 39.76 kJ/g fat and a  $k_f$ -value of 0.75. Then the total requirements for growth as well as for maintenance + growth are summarized and indicated in units of ME, MJ and  $FE_s$ .

#### *Discussion*

In adult animals the energy requirement for maintenance is often expressed as  $ME_m = a LW, kg^b$  in which  $LW, kg^b$  indicates the metabolic live weight being related to the surface of the animals as discussed in detail by e.g. Kleiber (1961), Blaxter (1972) and van Es (1972). In adult animals it is generally accepted as proposed by Kleiber (1932, 1965) to use 0.75 as the exponent  $b$ , thereby getting rather constant values for the factor »a«, independent of species.

In growing animals other exponents have been proposed such as 0.57 by Breirem (1939), 0.61–0.62 by Hoffmann *et al.* (1979), 0.66 by Fowler *et al.* (1980), 0.60–0.62 by Brown & Mount (1982), 0.60 by Just *et al.* (1983a, 1983b) and 0.83 by Cleveland *et al.* (1983). The advantage of using other exponents than 0.75 should be to obtain a better adaptation to a constant value of »a«, covering the whole period of growth. As it will be discussed later based on the results from the present investigation, this seems not be the case.

The feed intake on high level corresponded to about 1200 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup> in the material presented here, which is quite near the values obtained in experiments with growing pigs fed near ad lib., *Close & Mount (1978)*, *Böhme et al. (1982)*, *v.d. Honing et al. (1982)* and *Schneider et al. (1982)*. On low level the feed intake corresponded to about 760 ME,kJ/kg<sup>0.75</sup>.

The whole material consisting of 51 and 59 balance periods on low and high feed levels respectively were first used in one-dimensional regressions for each of the narrow live weight groups from 20–120 kg in order to calculate values for ME<sub>m</sub>. The calculation showed that ME<sub>m</sub> decreased from 627 to 439 kJ/kg<sup>0.75</sup> with increasing live weight/age, and the fit of the data to the statistical model was acceptable. The efficiency of utilization of ME for growth ( $k_{pf}$ ) varied from 0.69–0.82, with no pronounced tendency. This model is commonly applied in experiments with growing pigs over shorter or longer periods of growth. The literature indicates different values of ME<sub>m</sub> from 520 to 410 kJ/kg<sup>0.75</sup> with a tendency of the highest values found in experiments with younger pigs, the values of  $k_{pf}$  are given with variations from 0.62–0.75, *McCracken & Gray (1972)*, *Fuller & Boyne (1972)*, *Verstegen et al. (1973)*, *Holmes (1974)*, *Müller & Kirchgessner (1979)*, *Holmes et al. (1980)* and *Güdeken et al. (1983)*.

The values of ME<sub>m</sub>,kJ/kg<sup>0.75</sup> found in the present experiment described a curvilinear function in relation to live weight, (Fig. 7.2) but transformed to ME<sub>m</sub>,kJ/d a linear function in relation to metabolic live weight was found, (Fig. 7.3). A regression gave the equation: ME<sub>m</sub>,kJ/d = 3143 + 359 LW,kg<sup>0.75</sup>, while results from a former experiment with fasting pigs, *Thorbeck & Henckel (1976)* showed an equation of ME<sub>m</sub>,kJ/d = 4060 + 210 LW,kg<sup>0.75</sup>. Values obtained by using this equation are 8–28% below the values calculated from the equation with pigs being fed. The difference is smallest for the younger animals, as the young fasting pigs showed a higher activity, still looking for feed, than the pigs being fed. These results with pigs are in accordance with results obtained in experiments with rats in which the heat loss in fasting rats was 15–30% below the values obtained from rats being fed, *Chudy & Schiemann (1969)*, *Westerterp (1976)* and *Simon (1980)*. In an experiment with non-pregnant sows a reduction in the heat production of 15% in periods of starvation was measured by *Müller & Kirchgessner (1979)*. The results confirm the statement of *Fowler et al. (1980)* »that values obtained from fasting experiments are unsatisfactory as predictors of the maintenance requirements in pigs being fed.«

The validity of ME<sub>m</sub> and  $k_{pf}$  obtained from experiments using one-dimensional regressions depends of the assumption that ME<sub>m</sub> is proportional with the metabolic live weight and that  $k_p = k_f$ , and if this is not the case then RPE/RFE should be constant, *Henckel (1976)*. The present measurements were carried out in narrow live weight groups so the first assumption may have been met, but the second one cannot be accepted as many investigations have shown that  $k_p < k_f$ , e.g. *Oslage et al. (1970)*, *Kielanowski & Kotarbinska (1970)*, *Thorbeck*

(1970), *Kirchgeßner & Müller* (1974), *Close & Mount* (1976) and *Hoffmann et al.* (1977). This involves that the proportion RPE/RFE should be constant which has been impossible to obtain in the present investigation, (cf. Table 6.1). It is questionable whether it is possible at all to obtain constant proportions between RPE and RFE in growing pigs fed on low and high feed levels as protein retention has a priority against fat retention.

Discussed in detail by *Fowler et al.* (1980) an approach to solve the problems about the values of  $ME_m$ ,  $k_p$  and  $k_f$  may be to use multiple regression models. Such a model was first proposed by *Kielanowski* (1965) who used the age of the animals and their gain in protein and fat as the 3 independent variables in relation to ME. Later it was proposed to use  $kg^{0.75}$  instead of age, *Kielanowski & Kotarbinska* (1970), and that model:  $ME = b_1LW,kg^{0.75} + b_2RPE + b_3RFE$  have been used by many investigators, e.g. *Gädeken et al.* (1974), *Close & Mount* (1976), *Hoffmann et al.* (1977), *Holmes et al.* (1980), *Berschauer et al.* (1980, 1983), *Walach-Janiak et al.* (1980) and *Schneider et al.* (1982). The results have shown variations for  $ME_m$  from 400–560 kJ/kg<sup>0.75</sup>, with variations in  $k_p$ -values from 0.35–0.62 and in  $k_f$ -values from 0.70–0.91. The rather great variations may be caused by the model being applied without intercept, by which it is assumed that proportionality exists between  $ME_m$  and live weight, which is questionable over a longer range of growth.

A regression model with intercept have been used on the present data ( $n = 110$ ) giving an equation of  $ME, kJ = 2615 + 345 LW, kg^{0.75} + 1.82 RPE, kJ + 1.16 RFE, kJ$ , with  $CV = 4.8\%$  and  $R^2 = 0.992$ , showing a very good agreement between data and the statistical model applied. The intercept was highly significant ( $P < 0.001$ ), which indicates that the observations covering a great period of the growth period cannot be forced through the origin. The disadvantage by this model is that no physiological conclusions can be drawn from such an equation in which no information exists about the distribution of the intercept between the variables.

Finally a regression model, as proposed by *Pullar & Webster* (1977), with only RPE and RFE as the two variables was applied on the 3 live weight groups from 20–25 kg ( $n = 31$ ), 25–35 kg ( $n = 32$ ) and 50–120 kg ( $n = 47$ ). The calculations showed that a parallel regression for the 3 groups with common regression coefficients of  $b_1 = 1.48$  and  $b_2 = 1.33$  could be accepted ( $F = 2.06$ , NS), while a total equation must be refused, ( $F = 76.9$ ,  $P < 0.001$ ) (cf. Table 7.3). The common regression coefficients corresponded to  $k_p = 0.68$  and  $k_f = 0.75$ . By dividing the intercept's with the mean metabolic live weight of the group in question the following values for  $ME_m$  were obtained: 631, 557 and 435 kJ/kg<sup>0.75</sup> for the 3 groups. The pattern is the same as for the one-dimensional regression, that  $ME_m$  is not proportional to metabolic live weight ( $kg^{0.75}$ ) in the long period of growth from 20–120 kg. By dividing the intercept's with other values of metabolic live weight in which the exponents are different from 0.75

gave the following values for  $ME_m$ : 1009, 932 and 843 kJ/kg<sup>0.60</sup> or 836, 759 and 647 kJ/kg<sup>0.66</sup>, while an exponent of 0.83 gave values of 491, 423 and 305 kJ/kg<sup>0.83</sup>. The results indicate that the use of other exponents than 0.75 did not give proportionality between  $ME_m$  and metabolic live weight, and the use of a constant value of  $a$  in the equation  $ME_m = a LW, kg^b$  seems to be questionable for growing pigs over a longer span of growth.

The values of  $k_p = 0.68$  and  $k_f = 0.75$ , corresponding to 35.3 ME, kJ/g protein and 52.9 ME, kJ/g fat for the growth period from 20–120 kg, indicate that the efficiency of utilization of ME for protein and fat gain is independent of feed levels and live weight/age, as found in experiments with rats, *Pullar & Webster* (1977).

Decreasing values of  $ME_m/kg^{0.75}$  by increasing live weight as found in the present investigation could be expected as the weight of liver, kidneys and other organs, strongly involved in the energy metabolism, in relation to metabolic live weight decrease with increasing age. Furthermore the mitochondrial activity expressed per weight unit of the organs is highest in the young animals, thereby causing a higher heat loss than in older animals. Then it should be stressed that the present results are obtained from experiments in which the pigs are allowed some freedom to move around. As discussed earlier we prefer, that the animals are as comfortable as possible and near practical conditions in order to generalize the results obtained. A heat increment of 10–20% caused by activity has been found by *Halter et al.* (1980), *McCrahen & Caldwell* (1980) and *Verstegen et al.* (1982). With the smaller pigs moving more around than the heavier pigs, as found in the present experiment, the heat increment caused by the activity is included in the values estimated for  $ME_m$  thereby being closer to practice.

The norm for energy requirements for maintenance and growth is presented in Table 7.4, expressed in units of ME, MJ and in  $FE_s$ . The norm given by *Just et al.* (1983a) for maintenance is for the younger pigs slightly below and for the older pigs slightly above the norm calculated from the present experiment. The difference, being negligible for practice, is caused by the authors calculating with a constant value of  $ME_m$  during the whole period of growth. The norm for maintenance + growth presented here is slightly above the norm given by *Mortensen et al.* (1977) but in accordance with *Jacobsen* (1980) and *ARC* (1967).

### Conclusions

1. Energy requirements for maintenance ( $ME_m$ ) estimated by regression of  $RE/kg^{0.75}$  on  $ME/kg^{0.75}$  from experiments with pigs fed on low and high feed levels in narrow weight classes from 20–120 kg decreased from 630 to 440 kJ/kg<sup>0.75</sup> by increasing live weight.

2. The experiment showed, that  $ME_m$  is not a proportional but a linear function of metabolic live weight ( $kg^{0.75}$ ) with a regression of  $ME_m, kJ/d = 3143 + 359 LW, kg^{0.75}$ , showing a highly significant intercept ( $P < 0.001$ ).
3. Using other exponents from 0.60–0.83 for metabolic live weight gave no proportionality between  $ME_m$  and metabolic live weight.
4. The function for  $ME_m$  based on data from this feeding experiment is 10–25% higher than a function found in an earlier experiment with fasting pigs.
5. Using all data ( $n = 110$ ) in a multiple regression gave the equation:  $ME, kJ/d = 2615 + 345 LW, kg^{0.75} + 1.82 RPE, kJ + 1.16 RFE, kJ$ . A highly significant ( $P < 0.001$ ) intercept indicates, that the equation must not be forced through the origin, and no physiological conclusions can be drawn.
6. Multiple regression with two variables (RPE and RFE) in 3 groups from 20–120 kg live weight showed common regression coefficients of 1.48 and 1.33, corresponding to  $k_p = 0.68$  and  $k_f = 0.75$  for the whole period of growth, with  $ME_m$  decreasing from 631 to 435  $kJ/kg^{0.75}$  by increasing live weight.
7. Based on the results obtained a norm for the energy requirements for maintenance and growth for pigs from 20–120 kg live weight has been calculated, (Table 7,4).

## IX. Litteratur

- Agricultural Research Council. (1967). The nutrient requirements of farm livestock. Pigs No. 3. Technical Reviews and Summaries. ARC, London. 278 pp.
- Berschauer, F., Gaus, G. & Menke, K. H. (1980). Effect of body weight on efficiency of utilization of energy and protein in pigs. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 101-105.
- Berschauer, F., Close, W. H. & Stephens, D. B. (1983). The influence of protein:energy value of the ration and level of feed intake on the energy and nitrogen metabolism of the growing pig. 2. N metabolism at two environmental temperatures. Br. J. Nutr. 49, 271-283.
- Blaxter, K. L. (1972). Fasting metabolism and the energy required by animals for maintenance. Festschrift til Knut Breirem, 19-36. Mariendals Boktrykkeri, A.s., Gjøvik, Norge.
- Breirem, K. (1935). Undersøgelser over væksten hos svin. II. Energiomsætningen hos svin. Forsøgslab., København, Beretn. 162, 269 pp.
- Breirem, K. (1939). Der Energieumsatz bei den Schweinen. Tierernähr., 11, 487-528.
- Bowland, J. P., Bickel, H., Pfirter, H. P., Wenk, C. P. & Schürch, A. (1970). Respiration calorimetry studies with growing pigs fed diets containing from three to twelve percent crude fiber. J. Anim. Sci., 31, 494-501.
- Brouwer, E. (1965). Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism, Troon (1964). EAAP Publ. No. 11, 441-443. Academic Press, London.
- Brown, D. & Mount, L. E. (1982). The metabolic body size of the growing pig. Livestock Prod. Sci., 9, 389-398.
- Burlacu, G., Iliescu, M. & Cárámida, P. (1982). Efficiency of food utilization by pregnant and lactating sows. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 222-224.
- Burlacu, G., Iliescu, M. & Stavri, J. (1978). Efficiency of utilization of food energy by growing pigs. J. Agric. Sci., U.K. 90, 165-172.
- Böhme, H., Gädeken, D. & Oslage, H. J. (1982). Efficiency of utilization of metabolizable energy as influenced by different energy concentrations in rations for growing fattening pigs. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 206-209.
- Christensen, K. (1983). Personlig meddelelse.
- Chudy, A. & Schiemann, R. (1969). Zur energetischen Verwertung der Nähr- und Futterstoffe für Erhaltung und Fettbildung. Arch. Tierernähr., 4, 231-247.
- Chwalibog, A. & Thorbek, G. (1979). Protein and energy metabolism in broilers kept at different temperatures. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde., 42, 19-20.
- Chwalibog, A., Lind, J. & Thorbek, G. (1979). Description of a respiration unit for quantitative measurements of gas exchange in small animals applied for indirect calorimetry. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 41, 154-162.
- Clausen, H., Eggum, B. O., Hansen, V. & Madsen, A. (1961). Aminosyrer. Beretn. Landøk. Forsøgslab. og Samv. Danske Andels-Svineslagteri. Avls- og foderforsøg med svin. 83-99.

- Cleveland, E. R., Johnson, R. K., Mandigo, R. W. & Peo, E. R. Jr. (1983). Index selection and feed intake restriction in swine. II. Effect on energy utilization. *J. Anim. Sci.*, 56, 570-578.
- Close, W. H. & Mount, L. E. (1976). Gains in protein and fat in the growing pig in relation to environmental temperature. Proc. 7th Symp. on Energy Metabolism, Vichy (1976). EAAP Publ. No. 19, 173-176.
- Close, W. H. & Mount, L. E. (1978). The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. *Br. J. Nutr.*, 40, 413-421.
- Close, W. H. & Stanier, M. W. (1980). The energy requirements for growth in the early-weaned pigs. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 399-402.
- Close, W. H., Mount, L. E. & Start, I. B. (1971). The influence of environmental temperature and plane of nutrition on heat losses from groups of growing pigs. *Anim. Prod.*, 13, 285-294.
- Close, W. H., Versteegen, M. W. A. & Mount, L. E. (1973). The energy costs of maintenance and production in the growing pig. *Proc. Nutr. Soc.*, 32, 72A.
- Cole, D. J. A., Yen, H. T. & Lewis, D. (1980). The lysine requirements of growing and finishing pigs- the concept of an ideal protein. Proc. 3rd EAAP-Symp. on Protein Metabolism and Nutrition, Braunschweig (1980), EAAP Publ. No. 27, 658-671.
- Eggum, B. O. (1973). A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. *Forsøgslab., København, Beretn.* 406, 173 pp.
- Es, A. J. H. van (1972). Maintenance. In W. Lenkeit, K. Breirem & E. Crasemann: *Hdb. der Tierernährung*, Bd. II, 1-54. Parey, Hamburg & Berlin.
- Fowler, V. R., Fuller, M. F., Close, W. H. & Whittemore, C. T. (1980). Energy requirements for the growing pig. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 151-156.
- Fuller, H. F. & Boyne, A. W. (1972). The effects of environmental temperature on the growth and metabolism of pigs given different amounts of food. 2. Energy metabolism. *Br. J. Nutr.*, 28, 373-384.
- Gruber, F., Berschauer, F. & Menke, K. H. (1981). Proteinverwertung und Proteingrundumsatz bei Verfütterung von Mais-Soja-Rationen unterschiedlicher Aminosäurezusammensetzung an Ferkel. *Arch. Tierernähr.*, 31, 619-632.
- Gädeken, D., Böhme, H. & Oslage, H. J. (1980). Restriction of feed intake and compensatory growth responses in pigs. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 407-410.
- Gädeken, D., Böhme, H. & Oslage, H. J. (1983). Protein- und Energieumsatz bei wachsenden Schweinen unter Einfluss des kompensatorischer Wachstums. *Arch. Tierernähr.*, 33, 125-140.
- Gädeken, D., Oslage, H. J. & Fliegel, H. (1974). Der Energiebedarf für Eiweiss- und Fettsynthese bei wachsenden Schweinen. Proc. 6th Symp. on Energy Metabolism, Hohenheim (1973). EAAP Publ. No. 14, 169-172.
- Halter, H. M., Wenk, C. & Schürch, A. (1980). Effect of feeding level and feed composition on energy utilization, physical activity and growth performance of piglets. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 395-398.
- Henckel, S. (1973). Regression analysis. *Regnecentralen, København*. Thesis. 40 pp.
- Henckel, S. (1976). Statistical methods for estimation of maintenance requirement and efficiencies in animal production during growth. Proc. 7th Symp. on Energy Metabolism, Vichy (1976). EAAP Publ. No. 19, 145-148.
- Hoffmann, L., Jentsch, W., Klein, M. & Schiemann, R. (1977). Die Verwertung der Futterenergie- und Stickstoffumsatz im frühen Wachstumsstadium. *Arch. Tierernähr.*, 27, 421-438.

- Hoffmann, L., Schiemann, R. & Jentsch, W. (1979). Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Schweine. Arch. Tierernähr., 29, 93-109.
- Holmes, C. W. (1973). The energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature. Anim. Prod., 16, 117-133.
- Holmes, C. W. (1974). Further studies on the energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature, including measurements with fasting pigs. Anim. Prod., 19, 211-220.
- Holmes, C. W., Christensen, R. Carr, J. R. & Pearson, G. (1980). Some aspects of the energy metabolism of growing pigs fed on diets containing different concentrations of protein. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 97-100.
- Homb, T. (1972). Protein utilization in pigs of different weight. Festschrift til Knut Breirem, 61-82. Mariendals Boktrykkeri, A.s. Gjøvik, Norge.
- Honing, Y. van der, Jongbloed, A. W., Smits, B. & Wieman, B. J. (1982). Effect of substitution of cereals by carbohydrates from different byproducts or by animal fat on energy utilization by growing boars. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 202-205.
- Jacobsen, K. A. (1980). Økonomisk svinefodring. Landhusholdningsselskabets Forlag, København. 79 pp.
- Jentsch, W. & Hoffmann, L. (1977). Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Schweine. II. Energie- und Stickstoffumsatz im Mastabschnitt 30-125 kg. Arch. Tierernähr., 27, 491-507.
- Just (Nielsen), A. (1970). Alsidige foderrationers energetiske værdi til vækst hos svin belyst ved forskellig metodik. Forsøgslab. København, Beretn. 381, 212 pp.
- Just (Nielsen), A. (1975). Feed evaluation in pigs. Festschrift til Hjalmar Clausen, 199-220. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab, København.
- Just, A., Fernández, J. A. & Jørgensen, H. (1982). Forskelligt sammensatte foderblandingers indflydelse på absorptionen af protein og energi fra henholdsvis tyndtarm og blind-tyktarm samt absorptionsstedets betydning for udnyttelsen af den omsættelige energi. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Medd. nr. 429.
- Just, A., Jørgensen, H. & Fernández, J. A. (1981). The digestive capacity of the caecum-colon and the value of the nitrogen absorbed from the hind gut for protein synthesis in pigs. Br. J. Nutr. 46, 209-219.
- Just, A., Jørgensen, H. & Fernández, J. A. (1983a). Svinenes behov for FE<sub>s</sub> til vedligehold samt foderstyrkens betydning for foderforbruget og kroppens indhold af kød. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Medd. nr. 488.
- Just, A., Jørgensen, H. & Fernández, J. A. (1983b). Maintenance requirement and the net energy value of different diets for growth in pigs. Livest. Prod. Sci. (In press).
- Just, A., Rasmussen, O. K. & Hansen, H. L. (1976). Factors influencing the digestibility and efficiency of utilization of metabolizable energy (ME) in diets for growing pigs. 7th Symp. on Energy Metabolism, Vichy (1976). EAAP Publ. No. 19, 289-292.
- Kielanowski, J. (1965). Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism, Troon (1964). EAAP Publ. No. 11, 13-20.
- Kielanowski, J. (1972). Protein requirements of growing animals. In W. Lenkeit, K. Breirem & E. Crasemann: Hdb. der Tierernährung, Bd. II, 528-546. Parey, Hamburg & Berlin.
- Kielanowski, J. & Kotarbinska, M. (1970). Further studies on energy metabolism in the pig. Proc. 5th Symp. on Energy Metabolism, Vitznau (1970). EAAP Publ. No. 13, 145-148.

- Kirchgessner, M. & Müller, H. L. (1974). Energiaufwand für Wachstum und Proteinanzsatz frühentwöhnter Ferkel bei Ernährung mit verschiedenen Proteinen. Arch. Tierernähr., 24, 215-225.
- Kleiber, M. (1932). Body size and metabolism. Hilgardia 6, 315-353.
- Kleiber, M. (1961). The Fire of Life. John Wiley & Sons, New York & London. 454 pp.
- Kleiber, M. (1965). Metabolic body size. Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism, Troon (1964). EAAP Publ. No. 11, 427-435.
- Ludvigsen, J. B. (1980). Energy metabolism in boars, gilts and barrows fed diethylstilboestrol and methyltestosterone. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 115-118.
- Ludvigsen, J. B. & Thorbek, G. (1955). Virkningen af aureomycin på stofskiftet hos svin og stofskiftet hos galte og sogrise. Varmeproduktionen hos svin på forskelligt alderstrin med særlig henblik på staldventilation. Forsøgslab., København, Beretn. 283, 108 pp.
- Lund, A. (1935). Fysiologiske undersøgelser vedrørende svinenes vækst. N.J.F. Kongresberetn., København. 635-645.
- Madsen, A. (1963). Fordøjelighedsforsøg med svin. Forsøgslab., København, Beretn. 337, 191 pp.
- McCracken, K. J. & Caldwell, B. J. (1980). Effect of temperature and energy intake on heat loss and energy retention of early-weaned pigs. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 445-448.
- McCracken, K. J. & Gray, R. (1972). Calorimetric studies on growing pigs using a closed-circuit respiration chamber. Proc. Br. Soc. Anim. Prod., 1, 139-140.
- McCracken, K. J., Eddie, S. M. & Stevenson, W. G. (1980). Energy and protein nutrition of early-weaned pigs. I. Effect of energy intake and energy:protein on growth, efficiency and nitrogen utilization of pigs between 8-32 d. Br. J. Nutr., 43, 289-304.
- Mortensen, H. P., Madsen, A., Larsen, A. E. & Nielsen, E. K. (1977). Forskellige fodermængder til slagtesvin. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Medd. nr. 169.
- Müller, H. L. & Kirchgessner, M. (1979). Untersuchungen zum energetischen Erhaltungsbedarf von Sauen. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde., 42, 271-276.
- Nehring, K., Hoffmann, L. & Schiemann, R. (1963). Die energetische Verwertung der Furrerstoffe. III. Die energetische Verwertung der Kraftfutterstoffe durch Schweine. Arch. Tierernähr., 13, 147-161.
- Oslage, H. J., Fliegel, H., Farries, E. F. & Richter, K. (1966). Stickstoff-, Fett- und Energieansatz bei wachsenden Mastschweinen. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde., 21, 50-65.
- Oslage, H. J., Gädeken, D. & Fliegel, H. (1970). Über den energetischen Wirkungsgrad der Protein- und Fettsynthese bei wachsenden Schweinen. Proc. 5th Symp. on Energy Metabolism, Vitznau (1970). EAAP Publ. No. 13, 133-136.
- Poppe, S. & Wiesemüller, W. (1968). Untersuchungen über den Aminosäurenbedarf wachsender Schweine. Arch. Tierernähr. 18, 392-404.
- Poppe, S., Hermann, U. & Wiesemüller, W. (1980). Amino acid requirements of pig-breeding. Proc. 3rd EAAP-Symp. on Protein Metabolism and Nutrition, Braunschweig (1980). EAAP Publ. No. 27, 613-633.
- Pullar, J. D. & Webster, A. J. F. (1977). The energy cost of fat and protein deposition in the rat. Br. J. Nutr., 37, 355-363.
- Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. & Chudy, A. (1971). Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutsch. Landwirtschaftsverlag, Berlin. 344 pp.

- Schneider, W., Gaus, G., Michel, A., Susenbeth, A. & Menke, K. H. (1982). Effect of level of feeding and body weight on partition of energy in growing pigs. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 225-228.
- Simon, O. (1980). Stand der Kenntnisse zur Proteinsyntheserate bei Versuchsratte und Schwein. Arch. Tierernähr. 30, 89-98.
- Strøm, J. S. (1978). Varmeafgivelse fra kvæg, svin og fjerkræ som grundlag for varmetekniske beregninger. (Heat loss from cattle, swine and poultry as basis for design of environmental control systems in livestock buildings). Statens Byggeforskningsinstitut, København. SBI-Landbrugsbyggeri, 55, 47 pp.
- Sundstøl, F., Standal, N. & Vangen, O. (1979). Energy metabolism in lines of pigs selected for thickness of backfat and rate of gain. Acta Agric. Scand., 29, 337-345.
- Thorbek, G. (1969a). Studies on the energy metabolism of growing pigs. 4th Symp. on Energy Metabolism, Warsaw (1967). EAAP Publ. No. 12, 281-289.
- Thorbek, G. (1969b). Studier over energiomsætningen hos voksende svin. I. Opbygning og funktion af et nyt respirationsanlæg for svin. (Studies on energy metabolism in growing pigs. I. Construction and function of a new respiration plant for pigs). Forsøgslab., København, Beretn. 373, 46 pp.
- Thorbek, G. (1970). The utilization of metabolizable energy for protein and fat gain in growing pigs. Proc. 5th Symp. on Energy Metabolism, Vitznau (1970). EAAP Publ. No. 13, 129-132.
- Thorbek, G. (1975). Studies on energy metabolism in growing pigs. II. Protein and fat gain in growing pigs fed different feed compounds. Efficiency of utilization of metabolizable energy for growth. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn., 424, 193 pp.
- Thorbek, G. (1977). The energetics of protein deposition during growth. Nutr. Metab., 21, 105-118.
- Thorbek, G. (1980a). Protein and energy retention in growing pigs. Arch. Tierernähr. 30, 113-119.
- Thorbek, G. (1980b). Studies on protein and energy metabolism in growing calves. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn. 498, 104 pp.
- Thorbek, G. (1983). Stofskiftemålinger og energiomsætning hos husdyr. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Jubilæumsberetn. 45-55.
- Thorbek, G. & Henckel, S. (1976). Studies on energy requirements for maintenance in farm animals. Proc. 7th Symp. on Energy Metabolism, Vichy (1976). EAAP Publ. No. 19, 117-120.
- Thorbek, G. & Neergaard, L. (1970). Construction and function of an open circuit respiration plant for cattle. Proc. 5th Symp. on Energy Metabolism, Vitznau (1970). EAAP Publ. No. 13, 243-246.
- Thorbek, G., Chwalibog, A. & Henckel, S. (1982a). Energy requirements for maintenance and growth in pigs from 20-120 kg live weight. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 210-213.
- Thorbek, G., Chwalibog, A. & Henckel, S. (1983). Energetics of growth in pigs from 20-120 kg live weight. Z. Tierphysiol., Tierernähr., u. Futtermittelkde., 49, 238-249.
- Thorbek, G., Chwalibog, A., Eggum, B. O. & Christensen, K. (1982b). Studies on growth, nitrogen and energy metabolism in rats. Arch. Tierernähr., 32, 827-840.
- Thorbek, G., Chwalibog, A., Henckel, S. & Neergaard, L. (1975). Beregning af omsættelig energi på grundlag af fordøjet organisk stof. Statens Husdyrbrugsforsøg, København. Medd. nr. 53.
- Verstegen, M. V. A. (1971). Influence of environmental temperature on energy metabolism of growing pigs housed individually and in groups. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen, 71-2, 115 pp.

- Verstegen, M. W. A. & Hel, W. van der. (1974). The effects of temperature and type of floor on metabolic rate and effective critical temperature in groups of growing pigs. *Anim. Prod.*, 18, 1-11.
- Verstegen, M. W. A., Close, W., Start, I. B. & Mount, L. E. (1973). The effects of environmental temperature and plane of nutrition on heat loss, energy retention and deposition of protein and fat in group of growing pigs. *Br. J. Nutr.* 30, 21-35.
- Verstegen, M. W. A., Hel, W. van der, Brandsma, H. A. & Kants, E. (1982). Heat production of groups of growing pigs as affected by weight and feeding level. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 216-222.
- Walach-Janiak, M., Kotarbinska, M. & Kielanowski, J. (1980). Energy metabolism in growing boars. Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, Cambridge (1979). EAAP Publ. No. 26, 157-161.
- Weidner, K. & Jakobsen, P. E. (1962). *Dyrefysiologi II. Øvelsesvejledning for landbrugs-, mejeribrugs- og licentiatstuderende ved Den kgl. Vetr.- og Landbohøjskole*, DSR-Forlag, KVL, 118 pp.
- Wenk, C. (1973). Einfluss verschieden hoher Zufuhr von Futterenergi und Futterprotein auf den Gesamtstoffwechsel, die Mastleistung und die Schlachtkörperzusammensetzung wachsender Schweine. Diss. E.T.H., aku-Fotodruck, Zürich, 99 pp.
- Westerterp, K. (1976). How rats economize energy loss in starvation. Thesis. Rijksuniversiteit te Groningen, Netherlands, 81 pp.



## **Hovedtabeller I**

## MAIN TABLES I

	<b>Forkortelser</b>	<b>Abbreviations</b>
<b>Age:</b>	Alder	Age
<b>LW:</b>	Legemsvægt	Live weight
<b>Feed:</b>	Foder	Feed
<b>IDM:</b>	Indtag af tørstof	Intake of dry matter
<b>DDM:</b>	Fordøjet tørstof	Digested dry matter
<b>IOM:</b>	Indtag af organisk stof	Intake of organic matter
<b>DOM:</b>	Fordøjet organisk stof	Digested organic matter
<b>IN:</b>	Indtag af kvælstof	Intake of nitrogen
<b>DN:</b>	Fordøjet kvælstof	Digested nitrogen
<b>GE:</b>	Bruttoenergi	Gross energy
<b>DE:</b>	Fordøjet energi	Digested energy

## Series A. 1975

Per. No.	Feed Level	Age Days	LW kg	Feed g	IDM g	DDM g	IOM g	DOM g	IN g	DN g	GE kJ	DE kJ
<i>Pig No. 1</i>												
I	L	86	20.1	500	447	367	422	354	12.9	10.4	8257	6739
II	H	100	23.5	800	715	582	675	560	20.6	16.3	13210	10688
III	L	114	28.7	800	715	589	675	568	20.6	16.0	13210	10804
IV	H	128	34.5	1200	1072	874	1012	841	31.0	24.5	19816	15984
VI	L	240	97.5	1500	1340	1105	1265	1068	38.7	32.1	24769	20301
VII	H	254	107.0	3000	2681	2151	2530	2084	77.4	61.3	49539	39405
VIII	L	268	114.8	2000	1787	1456	1687	1409	51.6	42.2	33026	26755
<i>Pig No. 2</i>												
II	H	100	22.9	800	715	576	675	555	20.6	16.4	13210	10617
III	L	114	26.8	800	715	581	675	554	20.6	16.8	13210	10698
IV	H	128	32.3	1200	1072	872	1012	840	31.0	24.8	19816	15992
<i>Pig No. 3</i>												
II	H	102	24.1	800	713	604	678	584	21.5	17.5	13170	11037
III	L	116	27.6	800	713	611	678	592	21.5	17.9	13170	11206
IV	H	130	32.0	1200	1069	913	1017	883	32.3	26.4	19756	16698
<i>Pig No. 4</i>												
II	H	102	22.9	800	713	607	678	590	21.5	17.5	13170	11161
III	L	116	26.2	800	713	600	678	583	21.5	17.4	13170	11101
IV	H	130	31.7	1200	1069	901	1017	874	32.3	25.6	19756	16502
V	H	226	100.3	3000	2673	2216	2543	2162	80.7	64.7	49389	40725
VI	L	240	104.1	1500	1337	1135	1271	1102	40.4	34.5	24694	20826
VII	H	254	115.3	3000	2673	2259	2543	2197	80.7	67.0	49389	41455
VIII	L	268	120.3	2000	1782	1548	1695	1499	53.8	47.0	32926	28401
<i>Pig No. 5</i>												
I	H	93	21.1	800	715	588	675	566	20.6	16.7	13210	10766
III	H	121	27.4	1200	1072	866	1012	838	31.0	24.3	19816	15955
IV	L	135	30.9	800	715	585	675	565	20.6	16.8	13210	10749
<i>Pig No. 6</i>												
III	H	121	28.0	1200	1072	869	1012	838	31.0	24.0	19816	15960
IV	L	135	31.7	800	715	586	675	565	20.6	16.7	13210	10766
V	L	228	88.7	1500	1340	1088	1265	1052	38.7	31.8	24769	19925
VI	H	242	98.0	3000	2681	2183	2530	2110	77.4	62.3	49539	40011
VII	L	256	105.1	2000	1787	1449	1687	1403	51.6	42.0	33026	26566
VIII	H	270	114.9	3000	2681	2140	2530	2075	77.4	62.1	49539	39282

Per. No.	Feed Level	Age Days	LW kg	Feed g	IDM g	DDM g	IOM g	DOM g	IN g	DN g	GE kJ	DE kJ
<i>Pig No. 7</i>												
I	H	95	21.7	800	713	594	678	575	21.5	16.2	13170	10811
III	H	123	29.7	1200	1069	889	1017	861	32.3	24.7	19756	16242
IV	L	137	32.2	800	713	593	678	576	21.5	16.8	13170	10860
V	L	228	88.2	1500	1337	1117	1271	1084	40.4	33.1	24694	20483
VI	H	242	98.5	3000	2673	2247	2543	2181	80.7	63.9	49389	41173
VII	L	256	107.1	2000	1782	1480	1695	1440	53.8	43.3	32926	27155
VIII	H	270	116.9	3000	2673	2230	2543	2170	80.7	64.6	49389	40867
<i>Pig No. 8</i>												
I	H	95	20.5	800	713	610	678	590	21.5	17.4	13170	11191
III	H	123	28.3	1200	1069	912	1017	883	32.3	26.0	19756	16706
IV	L	137	31.4	800	713	598	678	581	21.5	17.3	13170	10947
<i>Pig No. 9</i>												
I	L	74	18.4	500	447	366	422	354	12.9	10.2	8257	6738
II	H	88	21.0	800	715	582	675	561	20.6	16.0	13210	10686
III	L	102	24.0	800	715	559	675	541	20.6	15.4	13210	10230
IV	H	116	31.2	1200	1072	850	1012	822	31.0	23.6	19816	15598
<i>Pig No. 10</i>												
I	L	72	18.8	500	447	372	422	358	12.9	10.5	8257	6831
II	H	86	21.7	800	715	585	675	563	20.6	16.2	13210	10704
III	L	100	25.5	800	715	571	675	550	20.6	16.1	13210	10432
IV	H	114	31.9	1200	1072	827	1012	803	31.0	23.1	19816	15150
<i>Pig No. 11</i>												
I	H	76	22.3	800	713	607	678	587	21.5	17.0	13170	11105
II	L	90	22.8	500	446	370	424	360	13.5	10.9	8232	6791
III	H	104	28.5	1200	1069	903	1017	877	32.3	25.6	19756	16569
IV	L	118	32.2	800	713	592	678	576	21.5	16.9	13170	10856
<i>Pig No. 12</i>												
I	H	74	21.7	800	713	606	678	586	21.5	17.4	13170	11099
II	L	88	22.1	500	446	371	424	361	13.5	10.9	8232	6795
III	H	102	28.4	1200	1069	913	1017	883	32.3	26.3	19756	16715
IV	L	116	31.8	800	713	589	678	574	21.5	17.1	13170	10799
<i>Pig No. 13</i>												
I	H	134	50.8	2000	1787	1453	1687	1401	51.6	40.4	33026	26644
II	L	148	55.1	1200	1072	879	1012	845	31.0	24.8	19816	16073
III	H	162	64.2	2300	2055	1648	1940	1587	59.3	46.0	37980	30104
IV	L	176	70.4	1500	1340	1080	1265	1042	38.7	30.4	24769	19754

Per. No.	Feed Level	Age Days	LW kg	Feed g	IDM g	DDM g	IOM g	DOM g	IN g	DN g	GE kJ	DE kJ
<i>Pig No. 14</i>												
I	L	140	48.6	1200	1072	866	1012	835	31.0	24.4	19816	15816
II	H	154	57.8	2000	1787	1436	1687	1385	51.6	40.5	33026	26189
III	L	168	63.1	1500	1340	1090	1265	1050	38.7	31.7	24769	19923
IV	H	182	73.5	2300	2055	1700	1940	1634	59.3	47.9	37980	31115
<i>Pig No. 15</i>												
I	H	134	55.6	2000	1782	1500	1695	1454	53.8	42.9	32926	27531
II	L	148	59.4	1200	1069	918	1017	889	32.3	27.3	19756	16858
III	H	162	68.1	2300	2049	1748	1950	1694	61.9	51.1	37865	32069
<i>Pig No. 16</i>												
I	L	140	52.5	1200	1069	905	1017	875	32.3	26.4	19756	16561
II	H	154	62.0	2000	1782	1473	1695	1426	53.8	41.6	32926	26848
III	L	168	69.5	1500	1337	1135	1271	1096	40.4	33.5	24694	20707
IV	H	182	77.4	2300	2049	1743	1950	1686	61.9	50.9	37865	31889
<i>Pig No. 17</i>												
I	H	84	24.9	900	804	642	759	620	23.2	17.9	14862	11749
II	L	98	28.7	700	626	496	590	479	18.1	13.9	11559	9074
III	H	112	33.6	1400	1251	1003	1181	966	36.1	27.3	23118	18262
IV	L	126	40.0	1000	894	703	843	681	25.8	19.7	16513	12865
<i>Pig No. 18</i>												
I	H	84	24.6	900	802	644	763	625	24.2	17.9	14817	11724
II	L	98	27.9	700	624	522	593	506	18.8	15.0	11524	9544
III	H	112	32.9	1400	1247	1034	1187	1003	37.7	29.0	23048	18872
IV	L	126	39.5	1000	891	732	848	713	26.9	21.0	16463	13415
<i>Pig No. 19</i>												
I	L	86	20.1	700	626	495	590	477	18.1	13.4	11559	9037
II	H	100	24.1	900	804	619	759	596	23.2	15.5	14862	11117
III	L	114	28.1	1000	894	722	843	696	25.8	19.6	16513	13171
IV	H	128	36.0	1400	1251	971	1181	938	36.1	25.6	23118	17684
<i>Pig No. 20</i>												
I	L	86	22.2	700	624	498	593	484	18.8	13.4	11524	9017
II	H	100	24.7	900	802	646	763	629	24.2	17.9	14817	11754
III	L	114	29.7	1000	891	734	848	712	26.9	20.5	16463	13366
IV	H	128	37.8	1400	1247	1048	1187	1014	37.7	29.4	23048	19132

Per. No.	Feed Level	Age Days	L.W kg	Feed g	IDM g	DDM g	IOM g	DOM g	IN g	DN g	GE kJ	DE kJ
<i>Pig No. 21</i>												
I	H	89	22.9	900	804	640	759	618	23.2	17.9	14862	11698
II	L	103	25.5	700	626	505	590	488	18.1	14.4	11559	9249
III	H	152	56.0	2000	1787	1415	1687	1377	51.6	40.0	33026	26032
IV	L	166	60.3	1200	1072	834	1012	813	31.0	24.7	19816	15391
<i>Pig No. 22</i>												
I	H	89	22.6	900	802	674	763	651	24.2	18.8	14817	12286
II	L	103	24.9	700	624	531	593	513	18.8	15.5	11524	9697
III	H	152	55.8	2000	1782	1495	1695	1450	53.8	42.5	32926	27369
<i>Pig No. 23</i>												
II	H	105	26.5	900	804	679	759	651	23.2	19.3	14862	12428
III	L	154	49.8	1200	1072	867	1012	838	31.0	24.7	19816	15965
IV	H	168	57.8	2000	1787	1421	1687	1377	51.6	39.4	33026	26095
<i>Pig No. 24</i>												
I	L	91	22.3	700	624	520	593	503	18.8	14.7	11524	9471
II	H	105	26.3	900	802	662	763	643	24.2	19.0	14817	12068
III	L	154	51.5	1200	1069	906	1017	881	32.3	26.6	19756	16629
IV	H	168	61.5	2000	1782	1502	1695	1457	53.8	43.5	32926	27508
<i>Pig No. 25</i>												
I	H	181	90.7	3000	2681	2173	2530	2102	77.4	60.8	49539	39911
II	L	195	93.3	1500	1340	1119	1265	1083	38.7	32.3	24769	20637
III	H	209	101.0	3000	2681	2113	2530	2062	77.4	57.0	49539	39072
<i>Pig No. 27</i>												
I	H	181	101.8	3000	2673	2282	2543	2215	80.7	67.2	49389	41937
II	L	195	99.5	1500	1337	1136	1271	1107	40.4	34.2	24694	20971
III	H	209	108.5	3000	2673	2249	2543	2190	80.7	65.4	49389	41368
IV	L	223	113.3	2000	1782	1497	1695	1462	53.8	44.0	32926	27654
<i>Pig No. 28</i>												
I	L	183	91.0	1500	1337	1134	1271	1101	40.4	33.8	24694	20830
II	H	197	99.5	3000	2673	2248	2543	2184	80.7	63.8	49389	41349
III	L	211	104.3	2000	1782	1438	1695	1411	53.8	41.2	32926	26452

## **Hovedtabeller II**

## MAIN TABLES II

	<b>Forkortelser</b>	<b>Abbreviations</b>
<b>LW:</b>	Legemsvægt	Live weight
<b>UN:</b>	Urin kvælstof	Urine nitrogen
<b>RN:</b>	Aflejret kvælstof	Retained nitrogen
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	CO <sub>2</sub> -produktion	CO <sub>2</sub> production
<b>O<sub>2</sub>:</b>	O <sub>2</sub> -optagelse	O <sub>2</sub> consumption
<b>CH<sub>4</sub>:</b>	CH <sub>4</sub> -produktion	CH <sub>4</sub> production
<b>GE:</b>	Bruttoenergi	Gross energy
<b>ME:</b>	Omsættelig energi	Metabolizable energy
<b>HE:</b>	Varmeproduktion	Heat production
<b>RPE:</b>	Aflejret protein-energi	Retained protein energy
<b>RFE:</b>	Aflejret fedt-energi	Retained fat energy
<b>RE:</b>	Aflejret total energi	Retained total energy

## Series A. 1975

Per. No.	Feed Level	LW kg	UN g	RN g	CO <sub>2</sub> l	O <sub>2</sub> l	CH <sub>4</sub> l	GE kJ	ME kJ	HE kJ	RPE kJ	RFE kJ	RE kJ
<i>Pig No. 1</i>													
I	L	20.1	3.9	6.5	280	311	0	8257	6502	6050	965	-513	452
II	H	23.5	6.7	9.7	373	372	2	13210	10277	7663	1439	1174	2613
III	L	28.7	8.4	7.6	410	440	3	13210	10234	8582	1138	514	1652
IV	H	34.5	9.6	14.9	495	472	3	19816	15363	9685	2219	3459	5678
VI	L	97.5	19.8	12.3	758	779	5	24769	19132	15947	1835	1350	3185
VII	H	107.0	32.3	29.0	1039	909	6	49539	37574	18842	4322	14410	18732
VIII	L	114.8	22.7	19.6	871	830	9	33026	25295	17239	2916	5141	8056
<i>Pig No. 2</i>													
II	H	22.9	8.0	8.4	377	378	2	13210	10176	7785	1259	1132	2391
III	L	26.8	6.9	9.9	387	389	1	13210	10236	8055	1472	709	2181
IV	H	32.3	10.5	14.3	503	476	3	19816	15348	9996	2134	3218	5352
<i>Pig No. 3</i>													
II	H	24.1	7.4	10.1	393	389	2	13170	10620	8090	1507	1024	2530
III	L	27.6	8.1	9.8	405	402	3	13170	10700	8339	1459	902	2361
IV	H	32.0	11.0	15.3	523	479	3	19756	16018	10288	2287	3443	5730
<i>Pig No. 4</i>													
II	H	22.9	7.5	10.0	386	389	3	13170	10687	7855	1489	1343	2832
III	L	26.2	7.9	9.4	398	386	1	13170	10665	8265	1405	995	2401
IV	H	31.7	10.8	14.7	495	455	3	19756	15822	9533	2197	4093	6289
V	H	100.3	42.9	21.8	1103	974	7	49389	38690	19927	3245	15518	18763
VI	L	104.1	19.5	15.0	789	805	5	24694	19687	16646	2243	798	3041
VII	H	115.3	34.8	32.2	1162	1038	8	49389	39469	21595	4802	13072	17874
VIII	L	120.3	24.7	22.2	909	881	6	32926	26902	17900	3315	5687	9002
<i>Pig No. 5</i>													
I	H	21.1	7.1	9.6	382	382	3	13210	10276	7809	1433	1035	2468
III	H	27.4	9.7	14.7	460	433	2	19816	15391	8813	2185	4393	6578
IV	L	30.9	8.5	8.3	391	398	2	13210	10271	8133	1244	894	2138
<i>Pig No. 6</i>													
III	H	28.0	8.8	15.2	478	454	3	19816	15350	9193	2270	3887	6157
IV	L	31.7	7.8	8.9	412	425	3	13210	10240	8675	1328	237	1565
V	L	88.7	23.3	8.5	750	755	4	24769	18653	15577	1270	1806	3076
VI	H	98.0	33.6	28.8	1080	913	9	49539	38076	19730	4291	14055	18345
VII	L	105.1	27.6	14.4	849	785	9	33026	25011	16652	2147	6212	8359
VIII	H	114.9	36.4	25.7	1113	945	11	49539	37223	20699	3829	12695	16524

Per. No.	Feed Level	LW kg	UN g	RN g	CO <sub>2</sub> l	O <sub>2</sub> l	CH <sub>4</sub> l	GE kJ	ME kJ	HE kJ	RPE kJ	RFE kJ	RE kJ
<i>Pig No. 7</i>													
I	H	21.7	7.3	8.9	375	373	2	13170	10380	7598	1332	1450	2782
III	H	29.7	9.2	15.5	476	438	2	19756	15718	9057	2313	4347	6661
IV	L	32.2	7.7	9.1	415	429	2	13170	10405	8791	1362	251	1613
V	L	88.2	17.0	16.1	692	691	4	24694	19417	13949	2394	3074	5468
VI	H	98.5	30.0	33.9	1086	917	5	49389	39526	19744	5051	14731	19782
VII	L	107.1	21.7	21.6	876	826	5	32926	25888	17360	3215	5313	8528
VIII	H	116.9	31.1	33.5	1125	979	5	49389	39186	20630	4989	13567	18556
<i>Pig No. 8</i>													
I	H	20.5	7.3	10.1	393	379	2	13170	10779	8037	1504	1239	2742
III	H	28.3	9.8	16.2	463	429	3	19756	16056	8646	2413	4998	7410
IV	L	31.4	8.4	8.9	406	416	3	13170	10410	8406	1321	683	2005
<i>Pig No. 9</i>													
I	L	18.4	5.9	4.4	290	305	2	8257	6401	6326	651	-576	75
II	H	21.0	7.2	8.8	364	362	1	13210	10267	7341	1315	1611	2925
III	L	24.0	7.1	8.3	387	397	1	13210	9754	8071	1238	446	1684
IV	H	31.2	9.3	14.4	467	444	3	19816	14972	9098	2143	3730	5874
<i>Pig No. 10</i>													
I	L	18.8	5.1	5.4	287	304	1	8257	6512	6225	803	-515	288
II	H	21.7	7.4	8.8	360	347	1	13210	10278	7208	1308	1761	3070
III	L	25.5	7.3	8.8	383	380	0	13210	10030	7948	1307	775	2082
IV	H	31.9	10.0	13.1	473	442	3	19816	14514	9316	1955	3243	5198
<i>Pig No. 11</i>													
I	H	22.3	6.2	10.8	379	358	2	13170	10710	7718	1615	1378	2993
II	L	22.8	6.7	4.3	282	298	1	8232	6437	6029	634	-226	408
III	H	28.5	9.8	15.9	465	413	3	19756	15913	8691	2371	4852	7222
IV	L	32.2	7.6	9.4	385	384	3	13170	10326	7945	1396	985	2381
<i>Pig No. 12</i>													
I	H	21.7	6.4	11.0	369	335	1	13170	10728	7421	1647	1661	3307
II	L	22.1	6.6	4.3	293	323	1	8232	6455	6341	639	-524	115
III	H	28.4	10.6	15.7	448	403	1	19756	16132	8190	2343	5598	7942
IV	L	31.8	8.2	8.9	389	385	5	13170	10214	8004	1333	878	2211

Per. No.	Feed Level	LW kg	UN g	RN g	CO <sub>2</sub> l	O <sub>2</sub> l	CH <sub>4</sub> l	GE kJ	ME kJ	HE kJ	RPE kJ	RFE kJ	RE kJ
<i>Pig No. 13</i>													
I	H	50.8	15.0	25.4	700	616	5	33026	25599	12673	3793	9133	12926
II	L	55.1	12.3	12.6	546	544	5	19816	15176	11131	1872	2173	4045
III	H	64.2	19.0	27.1	816	708	8	37980	28754	14901	4034	9818	13853
IV	L	70.4	11.8	18.6	635	607	5	24769	18731	12649	2776	3307	6082
<i>Pig No. 14</i>													
I	L	48.6	9.9	14.6	563	573	3	19816	15042	11650	2175	1218	3392
II	H	57.8	17.6	22.9	780	698	5	33026	25030	15136	3408	6485	9894
III	L	63.1	11.5	20.2	685	692	5	24769	18994	13957	3004	2033	5037
IV	H	73.5	16.8	31.1	888	796	8	37980	29754	16864	4641	8249	12890
<i>Pig No. 15</i>													
I	H	55.6	16.8	26.1	724	642	5	32926	26363	13070	3895	9397	13292
II	L	59.4	15.4	11.9	579	575	5	19756	15950	11774	1777	2399	4177
III	H	68.1	15.7	35.4	875	762	6	37865	30762	16257	5280	9225	14505
<i>Pig No. 16</i>													
I	L	52.5	9.4	16.9	559	563	0	19756	15999	11307	2524	2168	4692
II	H	62.0	17.6	24.0	830	714	2	32926	25844	16300	3573	5970	9543
III	L	69.5	15.0	18.4	687	684	0	24694	19885	13874	2748	3263	6011
IV	H	77.4	16.4	34.5	905	796	2	37865	30899	17020	5140	8739	13879
<i>Pig No. 17</i>													
I	H	24.9	7.1	10.8	397	393	2	14862	11284	8021	1604	1659	3263
II	L	28.7	6.8	7.1	358	376	1	11559	8652	7555	1060	37	1097
III	H	33.6	10.2	17.1	545	494	2	23118	17635	10425	2548	4662	7210
IV	L	40.0	7.4	12.2	458	475	1	16513	12352	9321	1823	1208	3031
<i>Pig No. 18</i>													
I	H	24.6	6.9	11.0	414	417	0	14817	11289	8511	1639	1139	2777
II	L	27.9	7.4	7.5	390	417	1	11524	9118	8333	1123	-338	785
III	H	32.9	11.2	17.8	574	521	2	23048	18217	11075	2651	4491	7142
IV	L	39.5	7.7	13.4	491	503	1	16463	12890	10161	1992	736	2729
<i>Pig No. 19</i>													
I	L	20.1	5.3	8.1	327	316	0	11559	8697	6780	1211	705	1916
II	H	24.1	7.2	8.3	384	356	0	14862	10740	7651	1231	1858	3089
III	L	28.1	8.2	11.4	443	416	3	16513	12596	8853	1703	2041	3743
IV	H	36.0	8.9	16.7	535	498	1	23118	17001	10303	2484	4213	6698

Per. No.	Feed Level	LW kg	UN g	RN g	CO <sub>2</sub> l	O <sub>2</sub> l	CH <sub>4</sub> l	GE kJ	ME kJ	HE kJ	RPE kJ	RFE kJ	RE kJ
<i>Pig No. 20</i>													
I	L	22.2	6.4	7.0	345	344	0	11524	8657	7229	1038	390	1428
II	H	24.7	8.4	9.6	408	389	0	14817	11322	8239	1431	1653	3084
III	L	29.7	9.1	11.5	464	458	1	16463	12803	9414	1709	1680	3389
IV	H	37.8	9.9	19.5	567	530	3	23048	18364	10836	2906	4622	7528
<i>Pig No. 21</i>													
I	H	22.9	7.4	10.5	413	417	2	14862	11222	8513	1570	1138	2709
II	L	25.5	7.3	7.1	370	375	3	11559	8763	7838	1059	-134	925
III	H	56.0	18.0	22.0	745	655	5	33026	24664	14055	3285	7324	10609
IV	L	60.3	12.6	11.6	574	592	3	19816	14587	12024	1726	837	2563
<i>Pig No. 22</i>													
I	H	22.6	7.3	11.5	402	396	1	14817	11794	8037	1718	2038	3757
II	L	24.9	7.8	7.7	391	405	3	11524	9174	8357	1146	-329	817
III	H	55.8	19.5	23.0	782	722	3	32926	26270	14695	3430	8144	11575
<i>Pig No. 23</i>													
II	H	26.5	8.5	10.8	405	393	3	14862	11818	8058	1602	2157	3760
III	L	49.8	11.0	13.7	569	574	4	19816	15075	11747	2043	1285	3328
IV	H	57.8	16.6	22.7	743	669	4	33026	24924	14076	3387	7461	10848
<i>Pig No. 24</i>													
I	L	22.3	6.4	8.3	332	339	1	11524	9057	6773	1233	1051	2284
II	H	26.3	8.2	10.8	404	375	4	14817	11483	8046	1611	1826	3437
III	L	51.5	12.9	13.7	556	527	3	19756	15839	11181	2048	2610	4658
IV	H	61.5	21.3	22.2	729	615	6	32926	26146	13177	3310	9659	12969
<i>Pig No. 25</i>													
I	H	90.7	43.4	17.4	981	857	5	49539	37926	16716	2593	18616	21210
II	L	93.3	21.7	10.6	686	685	8	24769	19374	13743	1585	4046	5631
III	H	101.0	24.4	32.6	1135	1040	9	49539	37323	21422	4864	11037	15900
<i>Pig No. 27</i>													
I	H	101.8	47.0	20.2	1059	903	9	49389	39752	18302	3010	18440	21450
II	L	99.5	21.6	12.6	742	754	6	24694	19565	15191	1885	2489	4374
III	H	108.5	32.6	32.8	1087	952	12	49389	39402	19327	4893	15182	20075
IV	L	113.3	30.1	13.9	911	872	9	32926	26015	18025	2068	5923	7991
<i>Pig No. 28</i>													
I	L	91.0	26.9	6.9	705	711	4	24694	19542	13960	1035	4547	5582
II	H	99.5	41.3	22.5	1143	1011	11	49389	39115	20967	3361	14787	18148
III	L	104.3	32.5	8.7	898	869	9	32926	24590	17849	1302	5439	6741