

554

Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Bente M. Kristensen
Statens Husdyrbrugsforsøg

København 1983

Æggeskallens styrke **Litteraturstudium**

The strength of the egg shell
Study of literature

With English summary and subtitles



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

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1983

FORORD

De senere års indførelse af nye produktionssystemer til æglæggende høner - herunder navnlig æglægningsbure - har medført, at ægproducenterne i endnu højere grad end før lægger vægt på æggenes skalkkvalitet; selv forholdsvis små ændringer i skalkkvaliteten kan betyde væsentlige fald i andelen af æg med hel skal. Der er da også under undersøgelser hos danske ægpakkerier fundet ret betydelige procentandele af knækæg blandt leverancerne til pakkerne, og disse knækæg betyder, dels en reduktion i afregningsprisen for æggene, dels giver de anledning til store ulemper bl.a. i form af ødelæggelse af emballage.

For nærmere at få belyst de forskellige faktorerers indflydelse på forekomst af knækæg og dermed blive i stand til at anvise forholdsregler til nedbringelse af knækægsfrekvensen er med tilskud fra *Agudvalget* blevet iværksat et projekt. Projektets grundlag er undersøgelser hos ægproducenter med almindelige produktionsanlæg.

Som første del af projektet er udarbejdet et litteraturstudium, hvori er gennemgået såvel avlens, fodringens som miljøets indflydelse på æggeskallens styrke samt forekomst af knækæg. Af miljøfaktorer er navnlig beskrevet driftssystemets betydning for knækægsprocenten.

Litteraturstudiet er samlet og skrevet af *vid.ass. Bente M. Kristensen*, og det er renskrevet af *assistent Harriet Mikkelsen*.

Manuskriptet til studiet har været forelagt projektets styregruppe, der anbefalede dets publikation som beretning om projektet.

København, september 1983

J. Fris Jensen

	INDHOLDSFORTEGNELSE	Side
FORORD		3
SAMMENDRAG		5
SUMMARY		8
1 INDLEDNING		11
2 ÆGGESKALLENS DANNEELSE OG SAMMENSÆTNING		12
3 ANVENDELSE AF FLERE FORSKELLIGE METODER TIL MÅLING AF SKAL- STYRKEN		16
3.1 Vægtfylde		16
3.2 Stød		17
3.3 Deformering		20
3.4 Skalstyrkemålinger, relateret til knækægsprocenter i praksis		23
3.5 Laser-scanning		25
4 DRIFTSYSTEMETS BETYDNING FOR KNÆKÆGSPROCENTEN		26
4.1 Net- og bursystemer		26
4.2 Miljø		27
4.3 Burbund og burtype		30
4.4 Ægindsamling, ægvask og ægpakning		36
5 FODERETS BETYDNING FOR KNÆKÆGSPROCENT		40
5.1 Mineraler og vitaminer		40
Kalcium		40
Fosfor		41
Vitamin-D ₃		42
Vitamin-C		42
Mangan		42
Zink		43
Magnesium		43
Kobber		43
Natriumbikarbonat, natrium klorid og kalium		43
5.2 Protein		46
5.3 Energi, fedt m.m.		48
6 HØNERS BETYDNING FOR KNÆKÆGSPROCENTEN		49
6.1 Avl		49
6.2 Hønealder		59
Skalkvalitet		59
Forbedring af skalkvalitet via fodring		62
Forbedring af skalkvalitet via daglængdecyklus		63
Vindæg og tyndskallede æg		65
6.3 Målinger af knækægsprocenter i praksis		68
LITTERATUR		74

SAMMENDRAG

Æggeskallens styrke øges i takt med skaltykkelsen, d.v.s. at det især er tykkelsen af palisadelaget, der bidrager til skalstyrken, og styrken af dette lag kan variere fra høne til høne. Med stigende krumning på en æggeskal øges skalstyrken. Når æg støder til noget tungt og stift, øges den stødstyrke, som æggene udsættes for med stigende ægvægt. Skalstyrken falder endvidere med faldende sammenpresningshastighed, d.v.s. hastighed under ca. 10 mm pr. sekund.

Styrken af æggeskaller kan måles med en række forskellige metoder, der kan opdeles i destruktive og ikke-destruktive metoder; påvisning af revner sker lettest gennem lysning med en almindelig lyslampe. Små huller i hele æg kan være forårsaget af skarpe metalgenstande i bure eller af hønernes tånegle; disse huller kan også opstå, hvis et stykke skal er blevet slået af, f.eks. når æggene ruller eller støder mod hinanden i ægindsamlingssystemet; større huller i æggeskaller kan fremkomme efter hak med næb eller tånegl, eller hvis æggene falder på burgulvet under lægning; stjerne- og linieknæk fremkommer efter stød, og linieknæk dannes især i svage skaller.

Skalkvalitet er afhængig af hønerrace og hønæafstamning, og det er muligt at forbedre skalkvaliteten gennem selektion (heritabiliteter fra 0,26-0,65), men dermed sker der muligvis en nedsættelse i hønernes læggeprocent; der er således fundet en genetisk korrelation på -0,3 mellem disse to træk. Forsøg har endvidere antydnet, at 60 % af variationen i skalstyrke kan forklares ud fra forskel på skaltykkelse, medens 20 % kan forklares ud fra fordelingen af mammillære knuder i skallerne.

I en opgørelse under hensyn til afstamning af høner er der kun fundet en lav korrelation mellem vægtfylde af æg og knækægsprocent; en af årsagerne kan være, at afstamninger med svag skalstyrke natur-

ligt har mange knækæg, der jo ikke kan indgå i vægtfyldeundersøgelsen, og derfor vil vægtfyldemålet for de resterende æg blive for højt for disse afstamminger. Øvrige forhold, der kan tænkes at medvirke til en reduktion af korrelationen mellem vægtfylde og totalknæk, er bl.a. hønens/afstammingsens adfærd under og umiddelbart efter æglægning - herunder en stående og liggende position i læggefasen. Den mest effektive metode til forbedring af skalkkvalitet er derfor at lade hønerne gå på et gulv med en stor effektiv masse samt direkte selekttere for en lav knækægsprocent under lægning.

Med stigende hønælder falder skalkkvaliteten, fordi ægstørrelsen fortsat er stigende, medens skalvægten kun stiger i de første 3 til 5 måneder. Vindæg og dårligt forkalkede skaller produceres især i den første og sidste del af hønernes æglægningsperiode.

Et kalciumindhold på mere end 3,5 % virker kun lidt forbedrende på æggenes skalkkvalitet, men anvendelse af østersskaller kan øge skalkkvaliteten, og skalstyrken øges yderligere med en øget partikelstørrelse på østersskaller og kridt - fra pulveriseret kridt til partikler på 9,75 mm. Foder skal indeholde ca. 0,46 % ikke-phytinfosfor. Med læggeperiodens tiltagende længde kan en successiv forøgelse af foderets kalciumindhold og nedsættelse af dets fosforindhold muligvis virke forbedrende på skalkkvaliteten. Der skal være ca. 500 i.e. vitamin-D₃ og ca. 33 mg Mn pr.kg foder. Skalstyrken kan muligvis øges med et forøget Mn-indhold i foderet - 100-400 mg pr.kg; der skal være 50 mg zink pr.kg foder og mindst 0,5 g Mg pr.kg.

Forøgelse af foderets indhold af Na og Cl ud over NRC-normer på henholdsvis 0,15 og 0,08 % kan mindske æggenes skaltykkelse, medens tilsætning af natriumbikarbonat undertiden kan virke forbedrende på skalkkvaliteten. Skalkkvaliteten kan også forbedres ved successivt at nedsætte foderets proteinindhold (18-15 %) og øge dets Ca-indhold (2,75-4,25 %) fra læggeperiodens begyndelse og til dens slutning; men ved udelukkende at reducere proteinindholdet i en udstrækning (11,5 %), så vægtfylde af æg øges, sker der samtidig et fald i ægproduktionen. Forøgelse af foderets energi- og linolsyreindhold virker forøgende på ægvægten og dermed nedsættende på skalprocenten.

Der er kun en begrænset mulighed for at mindske faldet i skalkkvalitet med stigende hønælder med en forøgelse af foderets kalciumindhold eller ved anvendelse af forskellige kilder til vitamin-D₃ -akti-

vitet. Skalkkvaliteten kan forbedres, hvis man forlænger døgncyklus (maksimalt til 28 timer), d.v.s. enten perioden med lys eller perioden med mørke. Skalkkvaliteten kan derudover forbedres gennem anvendelse af en cyklus med lysperioder på 4 timer, adskilt af 4 timers mørke, eller lysperioder på 3 timer, adskilt af 3 timers mørke. Med disse ændringer i døgn- og lyscykler er der en tendens til en reduktion af læggeprocenten, men samtidig en stigning i ægvægten.

Med stigende antal høner pr.givet burareal øges knækægsprocenten. Det er især vigtigt, at hønerne holdes i ro i burene. Æggenes skal-tykkelse øges med stigende CO_2 -indhold i luften, men falder med stigende temperatur, medens skalstyrken også falder med stigende temperatur, fordi et stigende vandindhold i luften gør skallerne svagere; æggeskallers styrke falder jo, hvis de bliver våde.

Forsøg tyder på, at den laveste knækægsprocent opnås, hvis burbunden har en maskestørrelse på 7,62 x 2,54 cm i burets dybde x bredde-retning, en trådttykkelse på 2,05 mm og en hældningsvinkel på 7°; frekvensen af fod- og tåså øges dog med faldende trådttykkelse og stigende maskevidde. Med påsætning af polsterkant på ægren den nedsætter man knækægsfrekvensen; og knækægsprocenten er lavere i brede end i dybe bure.

En øget mekaniseringsgrad under ægindsamling og ægpakning øger knækægsprocenten. Det er vigtigt til stadighed at foretage en omhyggelig rengøring og justering af udstyret til ægindsamling, ægvask og ægpakning.

SUMMARY

The strength of the egg shell is increasing with the thickness of the shell; especially the palisade layer contributes to the shell strength, and the thickness and strength of this layer can vary from hen to hen. An increasing curvature of the shell may strengthen the egg. The greater the weight of the egg, the greater the force in collision with parts of the cage system. The strength of the shell is falling when speed of compression is falling, i.e. a speed less than 10 mm per second.

Strength of shells can be measured by various methods, e.g. destructive as well as non-destructive methods, but the best way of detecting cracks is made by hand candling. Small holes may be caused by sharp metal objects of cages or by the hen toe nails, but also by removal of a pimple of the shell resulting from egg collision within the egg collecting system. Peck of beak or toe nail may cause somewhat bigger holes, but also fall on the cage floor during laying can have this effect. Star and straight shaped cracks are owing to lumps, and it happens especially to thin shelled eggs.

The quality of the shell depends on both breed and strain of the hen. It is possible to improve the strength by selection (heritabilities of 0.26 - 0.65), but followed by a risk of a reduction of the laying percentage; e.g. a genetic correlation of -0.3 was found.

Some experiments indicated further that 60 % of the variation of shell strength might be owing to differences of shell thickness, and another 20 % may be due to different distribution of mammillary cores of the shell.

In a report, a low correlation was found between specific gravity of eggs and per cent cracked eggs for a specific strain, and a reason could be that eggs with thin shell result in many cracked eggs, which cannot be incorporated into the test of the specific gravity, and that is the reason why the specific gravity for the rest of the eggs

will be too high to represent the strain. Other conditions that might reduce the correlation between specific gravity and totally cracked eggs are for example the behaviour of the hen/strain during and immediate after the oviposition, and further either at sitting or at standing position during the laying. The most effective method of improving the shell quality is to have the hens on a floor with a big effective mass and to select for a low percentage of cracked eggs during oviposition.

The increasing age of the hens causes a poor shell quality because of the increasing egg size during the laying period, whereas the shell weight only increases during the first 3-5 months of the laying period.

Shell-less eggs and inadequately calcified shells are mainly produced during the first and last part of the laying period.

A calcium content of more than 3.5 % is of little effect on the shell quality, but the use of oyster shells and pulverized limestone may promote it and actually strengthen it further by use of bigger particle size - 9.75 mm -. The feed is to contain about 0.46 % non-phytin-phosphorus, but the shell quality might be improved as a result of a steady increase in calcium and decrease of phosphorus during the laying period. Also an increase of manganese in feed from 100 to 400 mg/kg may improve the shell strength. The feed is to include 50 mg zinc/kg and at least 0.5 magnesium/kg.

Increasing contents of sodium and chloride to more than the NRC-recommended levels - 0.15 and 0.08 respectively - may diminish the shell thickness, whereas addition of sodium bicarbonate may improve the quality of the shell. That would also be the case by decreasing content of protein (18-15 %) and increasing content of calcium (2.75-4.25 %) during the whole laying period. Reducing the protein content below 11.5 % results in an increase of specific gravity of eggs, but a drop of the egg production. Increases of energy and linoleic acid contents increase the egg weight and thus decrease the percentage of the shell.

Another way of preventing a poorer shell owing to the growing hen age is for example either an increase in calcium content of the feed or the use of various sources as to vitamin D₃-activity.

A prolonged day and night cycle (maximum 28 hours), that is to say either the light period or the dark period, may improve the shell quality, and so would a varying period with 4-hour light v. 4-hour dark or perhaps 3-hour light v. 3-hour dark. The changes of the cycle could lead to a decrease in egg production, but also to a higher egg weight.

The greater the number of hens/m², the higher the percentage of cracked eggs. The thickness of the shell increases at an increasing CO₂-content in the air; at too high a temperature, the thickness decreases and so does the strength of the shell. A high relative humidity weakens the shell and it is a well known fact that a wet shell is weak.

Experiments indicate that the lowest percentage of cracked eggs is obtained at a mesh size of 7.62 + 2.54 cm, a wire diameter 2.05 mm, and a bottom slope of 7° of the cage floor, but that a thinner wire and greater mesh size result in a greater frequency of feet damage. Stuffing of the egg cradle edge helps to lower the percentage of cracked eggs and so does the use of shallow cages contrary to deep cages.

Increasing mechanization of collecting and packing of eggs increases the percentage of cracked eggs. An important precaution is careful cleaning and adjustment of the technical facilities: Egg collection, egg washing, and egg packing equipment.

1 INDLEDNING

De senere års ændringer af produktionssystemer inden for ægproduktionen har hovedsagelig bestået i en mekanisering og automatisering af fodring, vanding og ægindsamling. Den sidste del omfattede transport af æggene på transportbånd ud af huset, samkøring af æggene fra flere burrækker ved hjælp af elevatorer samt sluttelig automatisk pakning af æggene.

Automatisering af ægindsamlingen har sammen med lægning af æg i bure betydet en alvorlig belastning af æggene, hvilket for en del ægs vedkommende betød, at æggeskallen er gået itu eller har fået en revne. Den første kategori går tabt med det samme, medens den sidste kategori vil blive afregnet med en reduceret pris. Knækæg kan gå i stykker i pakkerier eller i detailpakninger, så de ikke blot går tabt, men også kan give anledning til tilsmudsning af de andre æg.

Foruden automatiseringsgraden afhænger hyppigheden og graden af knækæg af såvel arvelige forhold som foderets sammensætning, men også af omhu med pasningen af høner og tekniske installationer; ud fra erfaringer fra den danske ægproduktion skønner man, at den gennemsnitlige knækægsprocent ligger omkring 10.

Det er af stor betydning for ægproduktionens økonomi, at knækægsprocenten er den mindst mulige - ikke blot, fordi der foretages fradrag i afregningen, men også, fordi æg går tabt, og ituslåede æg kan give betragtelige gener i selve produktionsanlægget.

Ved brug af faktoren "25 øre pr. æg i fradrag" på grund af knækæg med revner eller mindre huller kan den samlede reduktion i ægafregningen beregnes til ca. 23 mill. kr. pr. år. Deraf kan udledes, at en formindskelse af knækægsprocenten med én enhed, svarer til en forbedring af afregningen med 2,3 mill. kr.

På denne baggrund er påbegyndt et 4-årigt projekt, hvormed det er hensigten at belyse den eller de faktorer, der i særlig grad har indflydelse på frekvensen af knækæg, og dermed bedre muligheden for at vejlede ægproducenter angående måder at formindske knækægsp procenten. På grund af projektets særlige karakter valgte man at henlægge undersøgelserne til ægproduktionsanlæg hos producenter, dels for at få repræsenteret burkonstruktioner, afstamninger af høner og forskellige praktiske forhold, dels for at få en nær kontakt til ægproduktionen.

I løbet af den første del af projektet er blevet udarbejdet et betydeligt litteraturstudium, men også etableret samarbejde med en række ægproducenter, der er tilknyttet regnskabsbrugssystemet under Landsudvalget for Fjerkræ.

2 ÆGGESKALLENS DANNELSE OG SAMMENSÆTNING

Af de 21,5-25 timer, som det varer at danne et æg, tilbringer ægget 18-20 timer i skalkirtlen, hvor æggeskallen dannes. I følge Belyavin og Boorman (1981 b) består æggeskaller af 950 mg uorganisk stof pr.g; 98 % af dette er kalciumsalte, medens resten består af små mængder af fosfor, magnesium, jern og svovl. På ydersiden af de to hinder, der omgiver æggeviden, findes centre for krystallisation. Disse centre (mamillary core) indeholder protein. Radiært ud fra centrene aflejres krystallinsk CaCO_3 , og efterhånden, som krystallerne vokser, støder de op til andre krystaller, så der dannes et palisadelag. De dannede krystaller vokser ikke sammen, så der vedbliver at være porer i laget; antallet af porer varierer fra 7.000-17.000 pr.æg, og i følge Tyler (1969 b) er porerne nogenlunde ligeligt fordelt på en æggeskal.

Yderst på æggeskallen findes et tyndt lag, der benævnes kutikula, der er ca.10 μm tykt og opbygget af organisk materiale. Dannelsen af kalciumkarbonat-krystallerne kræver både Ca^{++} -ioner og CO_3^{--} -ioner,

og disse tilføres med blodet. Krystallerne dannes først langsomt, men derefter fortsætter dannelsen hurtigt og med konstant hastighed, indtil æggeleder dannes. Der sker ikke en oplagring af Ca^{++} i uterus, men det må tilføres, efterhånden som dannelse af skallen skrider frem. CO_2 findes i blodet enten som CO_2 , H_2CO_3 eller HCO_3^+ , og der sker da også et fald i blodets pH-værdi, efterhånden som æggeskallen dannes. Til den aktive overførsel af Ca fra blodet og ind i skalkirtelen medvirker et protein, der kan binde kalcium, og proteinets dannelse kræver tilstedeværelse af vitamin- D_3 . Dannelsen af CO_3^{++} sker ved hjælp af enzymet "carboanhydrase".

Forsøgsresultater af Buss og Stout (1981) antydede, at hønelinier, der lægger æg med tyk skal, har en større forøgelse i skalvægt pr. tidsenhed end hønelinier, der lægger æg med tynd skal. I forsøg af Buss og Guyer blev indsprøjet ^{45}Ca -intravenøst i høner fra linier med henholdsvis tyk og tynd skal. Uanset forskellen på skaltykkelse blev der dog deponeret den samme mængde af ^{45}Ca på hønernes æggeskaller (24-29 % af den injekterede dosis) i løbet af en 30 minutters periode.

Den normalt observerede forskel på hastighed af skaldannelse mellem de to typer af hønelinier kan være en konsekvens af, at høner fra linier med tyk skal bedre er i stand til at absorbere Ca fra tyndtarmen og derfor har et højere indhold af Ca i blodplasma end høner fra linier med tynd skal. Høner fra linier, der lægger tykskallede æg, har et højere indhold af kalcium og kalciumbindende proteiner i serum end høner fra linier, der lægger tyndskallede æg (Grunder et al., 1980). Desuden har de førstnævnte høner en større hastighed på aflejring af kalcium i skallen end de sidstnævnte, men der er ingen forskel på størrelsen af kalciumudskillelsen med urin eller i det totale indhold af fosfor i serum (Hunton, 1982).

Der blev udtaget blodprøver fra 7-mdr.-gamle høner henholdsvis 6 og 20 timer efter æglægning. Analyse af prøverne antydede en positiv korrelation mellem æggenes skalprocent og plasmaets indhold af $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, kalcium og østrogen; resultaterne antydede også, at skalkvalitet er tæt relateret til hønens evne til at omsætte kalcium og vitamin- D_3 (Soares og Ottinger et al., 1980).

Almindeligvis er mammillary cores (centre for skaldannelse) og kutikula veludviklet i tynde æggeskaller, men det uorganiske lag over

mammillary cores er tyndt (Carter, 1969 a). I forsøg af Arafa et al. (1982 b) blev fundet, at hønerne lagde de tungeste æg mellem kl.6.00 og 8.00. Ægvægten faldt gradvis i løbet af dagen; skalprocenten faldt lidt for æg, der blev lagt mellem kl.10.00 og 12.00, og blev øget for æg, der blev lagt om eftermiddagen. I dette forsøg indgik 3.600 høner af forskellige racer. Ægproduktionen fra én dag blev undersøgt, og æggene blev indsamlet med et interval på 2 timer i løbet af dagen; hønerne havde en daglængde på 15 timers kunstigt + naturligt lys. Æg, der lægges om eftermiddagen, er rundere, mindre og har desuden en højere vægtfylde end æg, der lægges om morgenen i følge forsøg af Roland (1978). I dette forsøg indgik høner, der havde 15 timers daglængde fra kl.5.00 til 20.00 eller 18 timers daglængde fra kl.2.00 til 20.00, og æggene blev indsamlet med 2 timers interval. Choi et al. (1981) anfører ligeledes, at æg, der lægges om eftermiddagen, har en højere vægtfylde end æg, der lægges om formiddagen.

Toledo (1982) udvalgte i forsøg æg til to grupper med næsten samme skaltykkelse (høj styrke (hs) = 356 μm ; lav styrke (ls) = 307 μm)), men med signifikant forskellig ($P < 0,05$) skalbrydningsstyrke (hs = ca.3,46 kg; ls = 2,09 kg). Skaller med lav styrke havde mindre mammillary knuder (bestanddele af mammillary cores), der endvidere var tættere beliggende end i skaller med høj styrke (hs = ca.115,4 knuder pr.cm^2 ; ls = ca.143 knuder pr.cm^2). Det antages, at det større mellemrumsareal ved mammillary cores i skaller med lav styrke i signifikant grad bidrager til deres relative svaghed; i alt indgik 3.000 æg i forsøget. Bunk og Balloun (1977); Hamilton et.al. (1979b) og Robinson og King (1970) anfører ligeledes, at unormal struktur af mammillary cores gør æggeskaller svagere. Elektron-mikroskopiske studier antyder, at skalstyrke er afhængig af skaltykkelse og arrangement af kalciumkarbonatkrystallerne i palisadelaget (skaltykkelsen + det svage indre lag i skallen). Defekter så som revner, hulrum og huller er blevet observeret i æggeskaller og specielt i skaller med lav styrke (Hamilton et al., 1979 b). På æggeskaller kan ses gennemskinnelige arealer (især under gennemlysning); disse arealer kan i følge Talbot og Tyler (1974 a) være opstået ved, at skallerne er blevet ødelagt (mekanisk), så vandrette og lodrette revner er fremkommet; disse revner opsuger en større vandmængde end resten af skallen.

Folkerts (1976) anfører, at gennemskinnelige streger muligvis kan fremkomme ved mekanisk ødelæggelse af skallens kutikula umiddelbart efter æglægning. Frekvensen af gennemskinnelige streger af æggeskaller er stigende med stigende luftfugtighed og antal høner pr. bur, hvilket antyder, at diffusion af vand og mekanisk ødelæggelse af skallen spiller en rolle ved dannelsen af de gennemskinnelige streger. Æggeskaller kan desuden have gennemskinnelige arealer, hvis der mangler et specielt uorganisk lag over mammillary cores; dette lag hindrer sædvanligvis passagen af vand fra den indre til den ydre del af ægget (Talbot og Tyler, 1974 b). Begge typer af gennemskinnelige arealer er i følge Tyler og Geake (1964) signifikant svagere end uigennemskinnelige arealer, og gennemskinnelige arealer, lavet ved mekanisk ødelæggelse op til 20 minutter efter æglægning, har i følge Tyler og Stranden (1969) en signifikant ($P < 0,001$) lavere gennemboringsstyrke end uigennemskinnelige arealer, men mærker, der bliver lavet 60 minutter efter æglægning, er ikke svagere end uigennemskinnelige arealer.

Både ruskallede og æg med gennemskinnelige streger havde en signifikant ($P < 0,05$) lavere brudstyrke end æg med normale skaller i forsøg af Garlich og Pakhurst (1975). Årsagen til denne ruhed kan være, at der er fæstnet æggehvidelignende rester til den ydre væg af den yderste skalmembran før skalaflejrings begyndelse. Tyler (1969a) fandt dog, at flager på en æggeskals buttede ende gav denne ende en unormal høj styrke. Der er mindst to typer æg med skalkorn; ved den første type er disse skalkorn fæstnet til den ydre overflade af skallen og kan let fjernes; ved den anden type er skalkornene fæstnet hele vejen gennem skallen fra membraner til skallens ydre overfalde. Ved omhyggeligt at fjerne toppen af denne anden type "Pimpled" skaller kan der observeres et hulrum, indeholdende et brun/hvidt pulverlignende stof (Arafa et al., 1982 a). Misdannede æg, vindæg og tyndskallede æg er almindelige under og efter et udbrud af Newcastle Disease, Infektøs Bronkitis eller kroniske respiratoriske sygdomme hos æglæggende høner; hvis én uge gamle hønekylinger får Infektøs Bronkitis kan det bevirke, at de senere lægger et stort antal misdannede æg (Wolford og Tanake, 1970). Høner, der har den respiratoriske sygdom "Adenovirus" lægger æg med deformerede skaller. Deformiteten kan bestå af en ophøjet rand omkring æggets midte eller af gennemskinnelige arealer på skallen (Schwartz, 1975).

3 ANVENDELSE AF FLERE FORSKELLIGE METODER TIL MÅLING AF SKALSTYRKE

3.1 Vægtfylde

Vægtfyldebestemmelse, der hviler på Arkimedes' lov, kan i følge Sørensen og Petersen (1982) foretages på følgende måde: Der fremstilles 9 saltopløsninger med stigende vægtfylde fra 1,0680 til 1,1000 med intervaller på 0,0040, ved nøjagtig udvejning af rensed salt og udmåling af vand fremstilles 10 l-opløsninger med hver sin vægtfylde. Saltopløsningernes vægtfylde er indstillet til en temperatur på +20°C. Ifald undersøgelserne bliver gennemført ved andre temperaturer, bliver korrektion foretaget i henhold til fysiske tabeller.

I en trådkurv sænkes 20-40 æg i opløsning nr.1 (laveste vægtfylde); æg, der flyder i overfladen, har en mindre vægtfylde end opløsning nr.1 og får karakteren 0 og fjernes derefter, hvorpå trådkurven med de resterende æg sænkes i opløsning nr.2; æg, der flyder i opløsning nr.2, får karakteren 1 og har en vægtfylde mellem 1,0680 og 1,0720 og så fremdeles. Ægmasse har en vægtfylde nær 1, medens vægtfylden for æggeskal er omkring 2, nylagte æg har derfor en vægtfylde i området "1,050-1,100".

Variationen i æggenes vægtfylde kan dog være lille. I forsøg af Swanson (1974), citeret af Voisey og Hamilton (1976), indgik 29 høneracer, fordelt på 29 gårde, men variationen i æggenes vægtfylde var kun på 0,5 % (fra 1,0855 til 1,0799); skalmængden er således kun én af de mange faktorer, der spiller en rolle for skalstyrke. På et æg med en høj gennemsnitlig skaltykkelse kan der desuden være et areal af skallen over æggets breddeakse, der er betydelig tyndere end den gennemsnitlige skaltykkelse (Tyler og Geake, 1965).

3.2 Stød

Knæk af æg bliver for det meste forårsaget af, at de støder mod en hård genstand f.eks. dele af et bur. Anderson og Carter har beskrevet en metode, der kan måle æggeskallers styrke ved stød samt indirekte måle den relative stødhastighed, der netop er tilstrækkelig til at knække en æggeskal, når ægget støder mod en genstand, der er tung og stiv. Forsøgsopstillingen er vist i fig. 3.1.

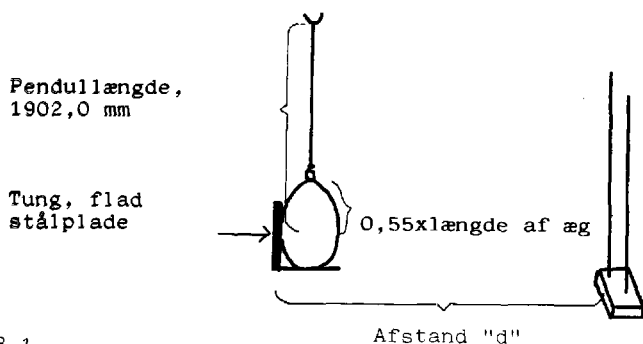


Fig. 3.1

Måling af skalstyrke ved stød (model: Anderson og Carter, 1976)

Fig. 3.1

Measurement of shell strength at impact

Målingen foretages som følger:

Ægget bliver trukket ud fra pladen ved hjælp af to stænger. Når stængerne trækkes væk, svinger ægget ned mod pladen; den afstand " D_c ", der er tilstrækkelig til at knække æggeskallen, bliver målt, og h_c = det lodrette fald ved knæk, samt v_c = stødhastighed ved knæk af ægget kan udregnes, som følger:

$$h_c = p \div (p^2 \div d_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$v_c = (2gh_c)^{\frac{1}{2}}$$

$$p = \text{pendullængde i mm}$$

$$g = \text{tyngdekraftkonstant} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Ved det første sving er $d = 10$ cm. Afstanden $\underline{d}$ bliver øget med 10 mm pr.stød, og ægget roterer 45° om sin aksel før det næste sving; derved undgås gentagne stød på eller nær ved det samme punkt på skallen. Rækken af stød fortsætter, indtil æggeskallen knækker. Anderson og Carter (1976) udførte forsøg med 5 æg fra hver af 30 høner, efter korrektion for æggenes alder og ridsethed kunne ligning 1 forklare 72,9 % af den totale variation i v_c ($R^2 = 72,9$).

$$v_c = k(T \div \epsilon) / (T \div e) (W_e \cdot R_a)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

hvor k = konstant for endelig styrke af skalmaterialet i palisadelaget ($T \div \epsilon$)

ϵ = tykkelsen af det svage indre lag i skallen

e = radius af mammillary cores $\sim 13 \mu\text{m}$

R_a = det reciprokke af den gennemsnitlige skalkrumning

T = skaltykkelsen

W_e = ægvægt

V_c = relative stødhastighed ved knæk af ægget.

Af ligning 1 ses, at æggeskallers stødstyrke er stigende med stigende værdi af $T \div \epsilon$. I forsøget af Anderson og Carter (1976) varierede værdien af ϵ fra 83-147 μm mellem forskellige høner. Carter (1971 a) og Carter (1970 b) fandt ligeledes, at forskellige høner og hønerecer havde forskellige værdier af ϵ , og det kunne tyde på, at variationen i dennes størrelse er under genetisk kontrol.

Værdier af ϵ blev fundet ved måling af æggeskallers stræknings- eller skærestyrke, der er lineært relateret til skaltykkelse $\div \epsilon$.

Når en flad plade presses mod en æggeskal, bliver skallen fladet ud. Krystalprismerne i skallen kan næsten ikke presses sammen, så en konsekvens af udfladningen er, at det udfladede areal bliver større; det betyder, at der er opstået strækningsbelastning i den nære

omkreds af kontaktpunktet. Knæk af en æggeskal bliver således påbegyndt på grund af en utilstrækkelig mængde af strækningsstyrke i skallen. Først dannes radiale revner, der adskiller skallen i segmenter, og derefter ringformede revner i hvert segment. Linieknæk opstår ligeledes på grund af en utilstrækkelig strækningsstyrke i æggeskallen. Strækningsstyrke af kridtagtige skaller er lavere end af glatte skaller af en lignende størrelse; desuden er det karakteristisk for et skørt materiale, at der er forskel på styrke mellem tilsyneladende ens teststykker. Styrken af et skørt materiale afhænger bl.a. af dets volumen og form samt af fordelingen af dets flager (Carter, 1970 c).

I følge Sørensen og Petersen (1982) kan æggeskallers brudstyrke måles ved vask i en ægvasker af fabrikat *Amerika*. Her udsættes den neddyppede kurv med æg for små frem- og tilbagegående rotationer - i alt 110 dobbeltbevægelser pr. minut og en vandring på 9° fra yderstilling til yderstilling. Vandet har en termostatreguleret temperatur på 40°C . Efter 30-60 minutters drift kan der let skelnes mellem æg med revnet, knækket eller krakeleret skal og æg med intakt skal.

Carter (1976) anfører, at variation i æggeskallers styrke under tilsyneladende ens forsøgsbetingelser samt samme skaltykkelse og krumning ikke alene skyldes, at de består af et skørt materiale, men at denne variation også er knyttet til hønerens identitet, d.v.s. at variation i værdien af ϵ og endelig strækningsstyrke (k) af palisadelaget ($T - \epsilon$) er af betydning.

En stigning på 1 % i V_m (hastighed for sammenpresning af en æggeskal) frembringer en stigning på 0,0034 MJ i E_f (gennemsnitlig energi, der er tilstrækkelig til at knække æggeskallen). Jo større V_m er, jo relativt mindre er effekten af E_f (Carter, 1977).

Carter (1976) anfører, at størrelsen af den ydre styrke, der kan knække en æggeskal, er afhængig af sammenpresningshastigheden - i alt fald, hvis hastigheden er under ca. 10 mm pr. sekund. Dette kan forklares således, at hvis en æggeskal bliver påvirket af en ydre styrke - f.eks. et lod, kan skallen knække til trods for, at loddet ikke umiddelbart er stort nok til at knække skallen; loddet vil nemlig forårsage en tiltagende adskillelse af mineralskallen fra den indre og mod den ydre overflade, og jo tungere loddet er,

jo hurtigere sker denne fordybningsproces. Skallen knækker, når adskillelsen er så fremskreden, at resten af de fast sammenføjede krystalsøjler ikke længere er tykke nok til at modstå loddets tryk; denne form for knæk (forsinket knæk) er normal, når æggeskaller knækker, men under en dynamisk belastning er forsinkelsen så kort, at den kun kan opdages under anvendelse af et meget fintmærkende apparat (Carter, 1978). Når en ydre styrke bliver sat på en æggeskal, vil denne styrke (via forsinket knæk) forårsage en indre skade, der er lokal usynlig og kumulativ (Carter, 1979).

Tyler og Moore (1965) anfører dog, at når en æggeskal bliver påvirket af en styrke, der umiddelbart er stor nok til at knække den, kan de dannede revner løbe lige såvel gennem en krystal som mellem krystallerne. I følge disse forfattere kan en æggeskal i udstrakt grad være ødelagt af stød på trods af, at ødelæggelsen ikke er synlig ved en omhyggelig undersøgelse med en lyslampe. Før forekomsten af indre knæk i en æggeskal kan der endog være sket ændringer i de individuelle krystaller i skallen.

3.3 Deformering

Voisey og Hamilton (1975) foretog i forsøg målinger af æggeskallers deformering gennem sammenpresning mellem flade stålplader med en hastighed på 0,05 cm pr.minut; måleapparatet er vist i fig.3.2. Styrkemåleren (F_g) standsede automatisk sammenpresningen, når ægget var blevet sammenpresset med det, der svarede til en styrke på 2 kg; deformering af ægget blev målt med måleren D. Fb-styrkemåleren var forbundet med den lodrette akse af en x-y-skriver, og deformeringsmåleren D var forbundet med den vandrette akse. I følge Voisey og Hamilton (1976) giver deformeringsmålinger på æggets midterdel den største sikkerhed, men hver måling skal udføres med samme sammenpresningshastighed (Voisey og Hamilton, 1977 b).

Under sammenpresning af en æggeskal dannes spændingsbelastning på den indre skaloverflade; æggeskallen knækker, når en spændingsbelastning i et punkt overskrider skalmaterialets styrke på dette punkt. Spænding og spændingshastighed i en æggeskal er proportional med deformeringen og hastigheden af deformering (Voisey og Hamilton, 1977 b).

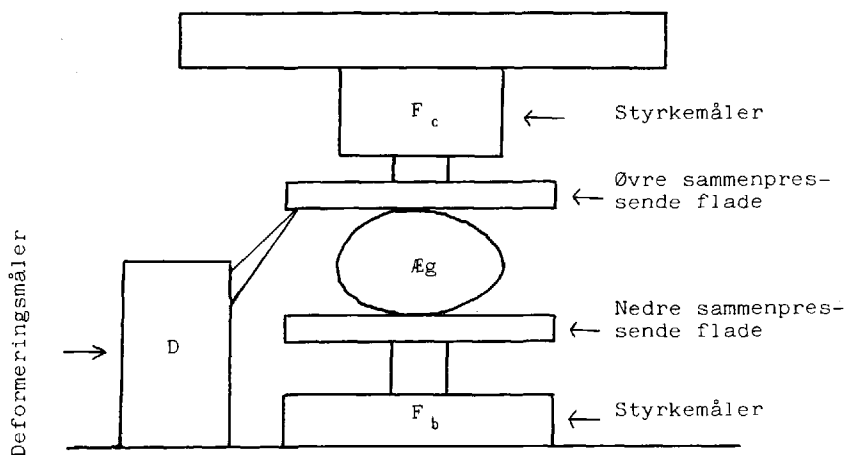


Fig.3.2 Apparat til måling af deformation (Voisey og Hamilton, 1975)

Fig. 3.2

Apparatus for measurement of deformation

Ved måling af deformation måles i følge Carter (1970 c) æggeskallens strukturstyrke, der fremkommer ved, at skallens form og tykkelse påvirker fordelingen af belastningen. Hvis krumningen er stor, er forøgelse i omkredsen af det udfladede areal stor, og derfor er spændingsbelastning høj, men tilstedeværelse af en stor krumning gør også skallen meget stiv, og det begrænser det areal, der kan blive udfladet.

I følge Voisey og Hamilton (1975) er den målte deformation summen af følgende 3 komponenter:

- 1) Lokal strukturel deformation i området, hvor styrken bliver påsat
- 2) Overfladesmuldring er lig med 10-13 % af den totale deformation
- 3) Deformation af hele skalstrukturen er lig med 20-30 % af den totale deformation.

De sidste komponenter bidrager ikke til at forudsige en æggeskals styrke ved statisk sammenpresning.

Når en æggeskal bliver sammenpresset mellem to flade plader, fandt

Carter (1970 a), at ca.93 % af variationen i æggenes deformation ($r = 0,96$) kunne forklares ud fra formlerne:

Deformering på æggeskallernes ender:

$$\frac{R_b}{(T_{e_b})^2} + \frac{R_n}{(T_{e_n})^2}$$

Deformering på æggeskallens midterdel:

$$\frac{R_1 \cdot B}{(R_1 + B/2) T_{e_1}^2} + \frac{R_2 \cdot B}{(R_2 + B/2) T_{e_2}^2}$$

Radius af den del af skallens krumning, der kan komme ind i en ring med en diameter på ca.0,75 cm, er angivet som følger: Ved æggets spidse ende " R_n "; ved æggets buttede ende " R_b "; ved æggets maksimale vidde "B" henholdsvis " R_1 og " R_2 ". T_e er lig skaltykkelsen ÷ radius af de mammillary cores (ca. 13 μ m).

En del af den tilbageværende deformation kunne forklares med variation i æggenes bruttoform og poritet (øget deformation med øget poritet). Deformering af æg øges i følge Carter (1969 b) med stigende luftfugtighed, men falder, som æggenes alder stiger. Voisey og Hamilton (1976) fandt, at knæk af en æggeskal gennemsnitlig øgede deformationen med 8 % under forudsætning af, at der ikke var revner nær det punkt, hvor deformeringsstyrken blev påsat.

Hældningen på styrkedeformeringskurven er lineær mellem en teststyrke på 0,25 og 1,75 kg, og denne hældning er højt korreleret med den styrke, ved hvilken æggeskallerne knækker under statisk belastning. Korrelationen mellem deformation og observeret knækstyrke under statisk belastning er maksimal ved en teststyrke på 1 kg, og 1 kg er derfor den optimale teststyrke (Voisey og Hamilton, 1976).

I forsøg af Voisey og Hamilton (1977 a) viste en regressionsanalyse, at ved hjælp af vægtfylden af æg kunne gøres rede for 66,2 % af variationen i knækstyrken gennem statisk belastning; måling af deformation kunne dog gøre rede for 71,8 % af denne variation.

I forsøg af Hamilton et al. (1979 a) viste en regressionsanalyse ligeledes, at med deformation kunne der gøres rede for en større

del af variationen i knækstyrken gennem statisk sammenpresning end med vægtfylde af æg, procent skal og skalvægt/enhedsareal af skallen. Procentandelen, som måling af deformation kunne gøre rede for, var dog faldende med hønernes stigende alder og var desuden afhængig af racen. Æggeskaller ville være stærkere, hvis 1) skallernes strækningsstyrke (skalmaterialeegenskab) blev øget således, at strækningsknækbelastning ikke blev nået ved en given deformation; 2) ved en given påsat styrke deformeredes skallen yderligere (elastisk, skalstrukturel egenskab) således, at mere energi blev absorberet, før skallen knækkede (Voisey og Hamilton, 1976).

Disse modstridende kriterier antyder, at det kan være logisk at selekttere for middelskalstivhed for at lave et kompromis mellem skallens fleksibilitet og skalmaterialeets styrke; hvilket muligvis er grunden til, at der endnu ikke er blevet fundet en høj korrelation mellem skaldeformeringsværdier og æggenes knækprocent i praksis (Voisey og Hamilton, 1977 a).

Styrken, der skal anvendes til at knække en æggeskal gennem sammenpresning mellem to flade plader med en given hastighed, der i følge Carter (1979) er tæt relateret til:

$$P_f = K \cdot St_u (T \div \epsilon) / R_a$$

hvor k = proportionalitets konstant

St_u = endelig styrke af materiale i palisadelag
($T \div \epsilon$)

T = skaltykkelsen

ϵ = tykkelsen af det svage indre lag i skallen

R_a = det reciprokke af den gennemsnitlige skalkrumning på belastningspunktet.

3.4 Skalstyrkemålinger, relateret til knækægsprocenter i praksis

Knækægsprocent og skalstyrke blev undersøgt på æg fra 12.000 høner i enkeltdyrbure. Skalstyrken blev målt på henholdsvis skaltykkelse, skalprocent, deformation (med et 1-kg-lod på ender og midterdel) og brudstyrke (på ender eller midterdel); fænotypiske korrelationer mellem disse værdier og knækægsprocent i praksis viste ingen rangor-

den med hensyn til disse indirekte metoder til måling af skalstyrke. Såvel genetiske som gruppekorrelationer viste dog, at brudstyrke var den bedste metode til at forudsige skalstyrke (tabel 3.1) (Petersen, 1977).

Tabel 3.1 Gruppekorrelationer mellem forskellige målinger af skalstyrke og andelen af knækæg (Petersen, 1977)

Table 3.1 Group correlation between different measurements of shell strength and percentage of cracked eggs

Skaltykkelse	-0,47
Skalprocent	-0,69
Deformering	
Midterdel	+0,73
Ender	+0,60
Brudstyrke på ender	-0,76

Petersen og Horst (1971) fandt ligeledes, at brudstyrke var den skalstyrkemåling, der var højst korreleret med procentandelen af knækkede æg ($r = -0,61$). Korrelationerne mellem andelen af knækkede æg og skalprocent, vægtfylde og deformation var på henholdsvis -0,56; -0,55 og 0,51, og knækægsprocenten blev fundet ved hjælp af gennemlysning af æg fra 450 høner (Hvid Italiener) i en æglægningsperiode på 9 måneder.

I forsøg af Wells (1967 a) blev dog fundet en korrelation mellem knækægsprocent ved æglægning i bure og vægtfylde af æg på -0,733, medens korrelationen mellem knækægsprocent og æggenes brudstyrke var på -0,678; der indgik 25 høner (Hvid Italiener x Buff Rock) fra 9-15 måneders alderen i forsøget. Wells (1967 b) fandt korrelationer mellem knækægsprocent med æglægning i redekasser og deformation, varierende fra 0,324 til 0,531, medens korrelationen mellem knækægsprocent og æggenes vægtfylde varierede fra -0,443 til -0,470.

Scholtyssek (1973), citeret af Petersen (1977), fandt, at deformation var tættere korreleret med andelen af knækæg end brudstyrke af æg, men kun gældende, når knækæggene blev inddraget med en konstant værdi. Brudstyrkemetoden synes at være den bedste, men i tilfælde af, at æggeskaller skal forblive intakte kan deformeringsmetoden anbefales (Petersen og Horst, 1971).

3.5 Laser scanning

Til undersøgelse af, om æggeskaller er knækket, kan man anvende "laser scanning". Et automatisk laser-scanning-system er i følge Bol (1981) i stand til at undersøge mere end 3.000 æg pr.time på hver af 12 kanaler af en ægvægtsorterings- og pakkemaskine.

Undersøgelsen foregår, som følger: Ægget bliver støttet af ruller på et transportbælte og ruller om sin længdeakse samtidig med, at det bliver belyst af en 2mw-HeNe-gas laser (bølgelængde = 632,8 mm). Laserstrålen bliver dog først ledt hen over overfladen af en symmetrisk linse, der er formet som et æg af gennemsnitsstørrelse, og rammer derved æggeskallen vinkelret - selv over enderne. Intensiteten af lyset, der udspringer fra æggets indre, når det bliver belyst af laserstrålen, korresponderer med skallens struktur.

Hvis laserstrålen strejfer et knæk i æggeskallen, kan strålen trænge ind i ægget uden hindring, og ægget skinner derved lysere. Lysglimet, der kan observeres, når laserstrålen scanner over et "hårknæk", har størst intensitet, hvis diameteren af laserstrålen er lig med eller mindre end hårknækvidden, fordi laserstrålen så vil kunne komme ind i ægget uden at blive svækket. Den del af lyset, der udspringer fra ægget, når det bliver belyst af laserstrålen, opsamles af en fotodetektor, der er placeret under de støttende ruller. Fotostrommen bliver transformeret til et signal af elektrisk spænding, der bliver forstærket og til sidst fremvist på en oscilloscope. Et hårknæk i æggeskallen afslører sig som en kort, stejl signalimpuls af en betragtelig styrke på oscilloscopen. Hvis laserstrålen bliver fokuseret vinkelret på skallen, skal fokusdybden være mindst lig med skaltykkelsen for at kunne komme igennem en hårknækåbning. Æggeskaller kan have en tykkelse på 0,4 mm, og ved denne tykkelse er det ikke muligt at fokusere laserstrålen skarpere end 20 μm i diameter. Den mindste åbningsvidde i æggeskallen, der derefter kan påvises med sikkerhed, er på 10 μm ; hårknæk i æggeskaller har en åbningsvidde fra 0 til adskillige gange 0,1 mm.

Laserstrålen i det automatiske laser-scanning-system er fokuseret til en diameter på 90 μm , og det er stort nok til at dække alle mulige skalformer og skaltykkelser på almindelige æg, fordi man derved opnår en fokusdybde på 10 mm. Med denne fokusdybde vil der i følge forsøg med en testmaskine kunne påvises hårknæk med en åb-

ningsvidde større end 50 μm ; med en mindre åbningsvidde falder påvisningsprocenten, og hårknæk med en åbningsvidde mindre end 20 μm kan ikke påvises. Det automatiske laser-scanning-apparat korrigerer signalimpulsen, så den ikke påvirkes af skaltykkelse, skalfarve samt position af æggeblomme, luft o.lign. i æggene.

Det automatiske laser-scanning-apparat er i følge Scott (1982) endnu ikke færdigudviklet; på nuværende udviklingstrin kan apparatet således ikke påvise en så stor procentandel af revner i æg, som man kan se med det blotte øje under gennemlysning med en almindelig lyslampe.

4 DRIFTSYSTEMETS BETYDNING FOR KNÆKÆGSPROCENTEN

4.1 Net- og bursystemer

Til undersøgelse af forekomsten af knækæg på forskellige driftssystemer og behandlingsmåder under ægindsamlingen blev i 1980 indsamlet data fra 42 regnskabsbrug, fordelt over hele landet, 19 brug med netdrift og 23 brug med burdrift. En statistisk bearbejdning af materialet viste ingen signifikant forskel på affaldsprocenter af æg fra de 2 driftssystemer; hvis der blev korrigeret til samme behandlingsmåde, blev der således fundet en knækægsp procent på 10,3 for burdrift og 9,9 for netdrift; behandlingsmåderne var enten ægbånd + vasker + pakker; ægbånd + pakkebord eller manuel indsamling (Sel-sing et al., 1982).

En undersøgelse i 52 besætninger viste, at i bursystemer var knækægsp procenten i hønernes 2.æglægningsår mere end det dobbelte af procenten i det 1.år; i andre driftssystemer (dybstrøelse m.m.) havde hønernes alder næsten ingen effekt på knækægsp procenten. De forskellige andele af knækæg fra de forskellige driftssystemer var ikke relateret til skalstyrke, målt med en deformeringsprøve. Knæk af æg under indsamling og pakning var endvidere ubetydelig i forhold til den store knækprocent, der blev fundet i rederne eller i burene (Leech

og Knowles, 1969). Antal høner pr.bur havde ingen indflydelse på vægtfylden af de producerede æg i forsøg af Wilson et al. (1967). Magruder og Nelson (1965), citeret af Wolford og Tanaka (1970), anfører ligeledes, at tæthed af høner på dybstrøelse eller i bure ingen indflydelse har på skaltykkelsen. I følge Kosar og Fort(1974), citeret af Shane (1981), bliver knækægsprocenten ikke påvirket af, om gulvarealet i bure varierer fra 350-470 cm² pr.høne. Hamilton et al. (1979 b) anfører dog, at antallet af høner pr.bur har indflydelse på knækægsprocenten i burene. I følge Folkerts (1976) bliver knækægsprocenten (kloskader) påvirket af antallet af høner pr.givet burareal. Der er en klar tendens til en forøgelse af knækægsprocenten med 1-2 % med en forøgelse af antallet af høner pr.bur fra 3-4 eller fra 4-5; en årsag hertil kan være, at der kommer flere ben i vejen for æggene, eller at den større belastning nedsætter burbundens naturlige elasticitet (Selsing et al., 1982).

Roland (1981) fandt, at antallet af "kropknækkede" æg (æg med ridser, streger og synlige knæk på æggets midte under lægning) var direkte relateret til antallet af høner pr.bur. I 30,5 x 45,7 cm bure med 4 høner var 33,8 % af æggene kropknækkede, men kun 8,3 %, når der gik 2 høner i disse bure.

4.2 Miljø

Procentandelen af kropknækkede æg kan reduceres ved at undgå al menneskelig aktivitet i hønsehusene efter kl.16.00, så hønerne holdes så meget i ro som muligt, og desuden med afkortning af perioden med lys i stalden. Kropknækkede æggeskaller er 20 % svagere under pres end normale skaller (Roland, 1981).

Håndtering af høner, (holdt i hænder i nogle få sekunder/dag), som ikke er vant hertil, kan i følge Hughæs og Black (1976 a) resultere i en signifikant ($P < 0,01$) nedsættelse af ægproduktionen. Håndtering af høner (både tilvønnede og ikke-tilvønnede) kan resultere i en øget knækægsfrekvens og frekvens af ophøjede rande på æggenes midterdel, fordi hønerne bliver stressede af håndtering; muligvis støder de skræmte høner mod en burside med en styrke, der er tilstrækkelig til at knække en æggeskal i æggelederen. Der er dog intet tegn på, at håndteringen nedsætter skalstyrken.

I de første formiddagstimer, efter at lyset er tændt i stalden, bør hønerne have mest mulige ro, da det er i de timer, at de fleste æg lægges; opsyn med høner og anlæg, håndindsamling af æg samt fodring bør undgås i denne periode (Selsing, et al., 1982).

Nervesystemet er involveret i æggeskallers dannelse, og hvis høner bliver skærmt, kan det bl.a. resultere i, at de lægger en øget procentandel af skalløse æg (Wolford og Tanaka, 1970).

Jagning af årgamle Hvid Italiener høner i folde (125 høner pr.fold) 3 gange om dagen nedsatte i signifikant grad ($P < 0,01$) æggenes skal-tykkelse med 0,008 mm i forhold til skaltykkelsen af æg fra 125 andre høner (kontrolhold), der ikke blev jaget i de 10 dage, som forsøget varede. Følgende ting havde dog ingen signifikant effekt på æggenes skaltykkelse: Mild rysten af høner under fjernelse fra kontrolreder, blæsning i en hundefløjte i et minut pr.time om dagen eller lyden af en radio, der spillede med middel styrke 24 timer om dagen (Stiles og Dawson, 1961).

Høner, opdrættet med lang daglængde i opdrætningstiden, lagde æg med en tyndere skal end høner med 12 timers lys pr.døgn. En times yderligere daglængde i æglægningstiden forringede skalkvaliteten med 0,0266 procentenheder; daglængden varierede fra 13-17 timer i forsøget (Petersen, 1971). I forsøg, referet af Petersen og Høj (1980), blev der fundet en positiv korrelation mellem luftens indhold af CO_2 og æggenes skalkvalitet. Æggenes skaltykkelse reduceres, når høner udsættes for høje temperaturer, hvilket tilsyneladende skyldes respiratorisk alkalose, der medfører tab af store mængder af CO_2 fra blodet. Høje temperaturer påvirker også æggeskallers mikroskopiske struktur - specielt den uorganiske del (Hamilton et al., 1979 b). Hvis temperaturen hos høner stiger med $1^\circ C$, falder skalprocenten med 0,0194 procentenheder, hvis temperaturen varierer fra $12,2$ til $21,5^\circ C$ (Petersen, 1971). Deaton et al. (1981) fandt, at høner, der var blevet udsat for en 24-timer-lineær temperaturcyklus fra $26,7$ til $35,0^\circ C$ pr.døgn, havde en signifikant ($P < 0,05$) lavere brudstyrke af æggeskaller, tyndere æggeskaller samt større fald i kropvægt end høner, der blev udsat for en temperaturcyklus fra enten $21,1$ til $35,0^\circ C$ eller fra $15,6$ til $35,0^\circ C$ pr.døgn.

Forsøgsresultater af Arad og Marder (1982 b) antydede dog, at hvis høner akklimatiseres til høje temperaturer (cyklus $30-44^\circ C$ pr.døgn),

har disse temperaturer kun en ringe effekt på æggenes skalkkvalitet. Hvis æg bliver afkølet før indsamling fra æglæggerhuset, reduceres knækægsprocenten, fordi skallernes styrke øges med faldende temperatur; temperaturer over 13°C reducerer i signifikant grad æggenes knækstyrke (Hamilton et al., 1979 b). I følge forsøg af Lott og Reece (1981) bliver æggeskallers styrke ikke påvirket af omgivelsernes temperatur (32,0 eller 4,4°C), hvis æggene bliver holdt under et konstant vandindhold i luften; derimod falder skalstyrken med stigende temperatur, hvis den relative luftfugtighed i rummet bliver holdt konstant, med stigende temperatur stiger luftens vandindhold ved samme relative luftfugtighed. Et stigende vandindhold i luften sænker således skalstyrken.

I forsøg af Lott et al. (1977) blev æg opbevaret ved en temperatur på 12,7°C og en relativ luftfugtighed på enten 10 eller 85 % i 3 dage; derefter blev de flyttet til et rum (varmt og fugtigt), så vand kondenserede på overfladen af æggene, og æggenes brudstyrke blev målt fra 0-60 minutter efter kondensationen. Brudstyrken af æg, der var blevet opbevaret ved den relative luftfugtighed 10 %, faldt på en lineær måde med 7 % (fra 3,8 til 3,5 kg) i løbet af de første 30 minutter efter kondensationen. Brudstyrken af æg, der var blevet opbevaret under den relative luftfugtighed 85 %, faldt med 3 % (fra 3,27 til 3,22 kg) i samme tidsrum; begge dele af forsøget blev udført med 280 æg.

Den relative luftfugtighed i opbevaringsrummet blev i et andet forsøg ændret enten fra 10-85 % eller fra 85-10 %, og æggenes brudstyrke blev bl.a. målt 0 og 24 timer efter disse ændringer i luftfugtigheden. I det første tilfælde faldt brudstyrken fra 3,70-3,15 kg og i det andet tilfælde øget fra 3,25-3,55 kg; hver del af forsøget blev udført med 240 æg. Lott et al. (1976) fandt ligeledes et signifikant fald i æggenes brudstyrke med stigende relativ luftfugtighed (85-10 %). Tyler og Geake (1964) anfører, at æggeskaller bliver svagere, når de bliver våde, men under tørring genvinder de igen deres styrke.

I tiden fra 3 minutter til 3 timer efter æglægning blev knækstyrken under statisk sammenpresning signifikant ($P < 0,01$) øget med 1,4-3,1 N, medens den ikke-ødelæggende deformation blev øget med 1,2-1,3 μm . Denne stigning i æggeskallers styrke kan skyldes den afkølede

proces eller muligvis ændringer af egenskaber i skallen efter æglægningen; der blev hverken fundet nogen konsekvent stigning i æggenes knækstyrke eller ikke-ødelæggende deformation, hvis æggene under lægning blev lagt på et trådgulv, dækket med skumgummi, frem for direkte på trådgulvet (Grunder et al., 1981).

4.3 Burbund og burtype

Under lægning bliver æggene udsat for et stød, hvis styrke bestemmes af faldhøjden samt af det burgulv, som æggene falder ned på. Når et æg falder på gulv, skal gulvet helst "bevæge" sig i samme retning som ægget, så skallen ikke deformeres så meget, at den knækker (Anderson et al., 1970 a). I følge Carter (1976) bliver sandsynligheden for knæk af en æggeskal stærkt påvirket af skaltykkelsen samt af gulvets masse og stivhed, når et æg falder på centrum af et trådgulv, (gulvets masse og stivhed er meget mindre end æggets masse og stivhed). Den faldhøjde, der er tilstrækkelig til at knække en æggeskal, er proportional med $(T_e/R_a)^2$, hvor R_a er det reciprokke af den gennemsnitlige skalkrumning; T_e er lig med den effektive skaltykkelse (skaltykkelse ÷ ϵ). Æggets masse og skalstivhed er i dette tilfælde uden betydning.

I tabel 4.1 er vist forskellige gulvmaterialers effekt på den faldhøjde, der gav en knækgsprocent på 50. Der blev i alt testet 210 æg, der faldt med længdeaksen lodret og den buttede ende nedad.

Tabel 4.1 Effekt af gulvmateriale og struktur på knækgsprocent
(Anderson et al., 1970 a)

Table 4.1 Effect of flooring and structure on the percentage of cracked eggs

Gulvtype:	Gulvets hældningsgrad	Faldhøjde(cm), der forårsagede 50 % knækkede æg
A almindeligt trådgulv	0	17,8
C plastdækket trådgulv	0	21,0
C plast fjernet fra tråd og sat under tråd	0	15,8
b hele gulvet af plast	12	3,6
a almindeligt trådgulv	12	18,0

Resultaterne i forsøget viste, at nettoeffekten af plastmaterialet var lille, men gunstig, når det blev lagt på trådnnet; ulempen ved den meget større masse af plastgulvet "b" opvejede plastics lidt større overfladeelasticitet (Anderson et al., 1970 a).

I forsøg af Anderson og Carter (1972) blev æggenes knækprocent undersøgt på forskellige gulvtyper (d.v.s. bestemmelse af den faldhøjde, der gav en knækægsprocent på 50), trådgulvene havde en maskestørrelse på 3,2 x 2,3 cm, og trådnettet sad fast på en stålramme; trådens diameter var på 2,05 mm og havde en vægt på 24,6 g pr.m; gulvene var ens bortset fra trådens beklædning, der var, som følger: Ingen, zink 2,7 g pr.m; plast 2,0; 3,0 eller 6,6 g pr.m. Zinkbeklædningen medførte en større knækægsprocent end den ubeklædte tråd. Det plastdækkede gulv bevirkede den laveste knækægsprocent, og det blev fundet, at den optimale mængde plastbelægning var 4 g pr.m tråd.

Den effektive masse af et burgulv, (massen af den lille del af gulvet i nærheden af stødpunktet, der skal accelereres af ægget umiddelbart efter stød), blev målt, når 4 vægte (hver på 910 g) blev op-hængt i hvert af gulvets 4 hjørner. Vægtene virkede kun i ringe grad forøgende på den effektive masse på gulvets midte på trods af, at de kun hang 7,2 cm fra midten. Det kan muligvis skyldes, at vægtene hang ned fra gulvet og altså ikke var stift fæstnet til det; noget lignende må antages at gælde, når høner står på et gulv. Gulvets effektive masse blev i dette forsøg målt ved at måle den faldhøjde, der gav en knækægsprocent på 50.

Klingauf et al. (1979) fandt det i tabel 4.2 viste knækægs- og snavsægsprocenter gennem en kombination af forskellige trådttykkelser, maskestørrelser og hældningsgrader på burgulve. Som det kan ses, falder knækægsprocenten med stigende maskestørrelse, faldende trådttykkelse og faldende hældning på gulvet. Med hensyn til fod- og tåsar var der færrest med maskestørrelsen 2,54 x 3,81 cm, 7 eller 9° hældning og trådttykkelsen 2,45 mm. Der var flest fodsår med maskestørrelsen 2,54 x 7,62 cm, 11° hældning og trådttykkelsen 2,05 mm.

Tabel 4.2 **Effekt af maskestørrelse, trådtykkelse og hældningsvinkel på knækægs- og snavsægsprocenter (Klingauf et al., 1979)**

Table 4.2 Effect of mesh size, wire diameter, and inclination on the percentage of cracked and dirt eggs

	Maske- størrelse, cm	Knækæg, % gns. i 12 mdr.	Snavsæg, % gns. i 12 mdr.
Hældningsvinkel, 7°	2,54 x 3,81	6,98	3,20
Trådtykkelse, 2,05 mm	2,54 x 5,08	7,10	2,41
	2,54 x 7,62	5,60	2,77
Hældningsvinkel, 9°	2,54 x 3,81	8,96	2,28
Trådtykkelse, 2,05 mm	2,54 x 5,08	7,65	2,16
	2,54 x 7,62	7,53	2,00
Hældningsvinkel, 11°	2,54 x 3,81	10,27	1,75
Trådtykkelse, 2,05 mm	2,54 x 5,08	9,89	2,49
	2,54 x 7,62	9,10	1,79
Hældningsvinkel, 7°	2,54 x 3,81	9,04	2,34
Trådtykkelse, 2,45 mm	2,54 x 5,08	6,66	3,24
	2,54 x 7,62	7,87	1,38
Hældningsvinkel, 9°	2,54 x 3,81	9,83	1,93
Trådtykkelse, 2,45 mm	2,54 x 5,08	8,67	2,39
	2,54 x 7,62	7,99	1,96
Hældningsvinkel, 11°	2,54 x 3,81	12,75	2,66
Trådtykkelse, 2,45 mm	2,54 x 5,08	12,64	1,89
	2,54 x 7,62	11,15	1,72

Inden for forskellige gulvtyper fandt Elson (1978) en tendens til, at procentandelen af knækkede æg faldt med faldende hældning på burgulve, men en gulvhældning på 3½° virkede dog forøgende på knækægsprocenten. Procentandelen af hullede æg blev øget, medens procentandelen af æg med stjerneknæk blev nedsat, eftersom gulvets hældninger blev mindsket. Det viste sig også, at æg med huller havde en forholdsvis god skalkkvalitet; de laveste knækægsprocenter blev observeret på de fleksible gulvtyper B og C samt med en 9½° hældning og vandret opsamlingsareal på gulvtypen A (tabel 4.3).

Med den lave hældningsgrad (3½°) kunne brug af rektangulære, sammen-svejsede trådgulve med tykkelsen 2,64 mm og maskevidden 7,5 x 2,5 cm tilsyneladende ikke befordre æggenes rullen fra buret (gulvtypen D). I forsøget indgik 1620 Hvid Italiener høner fra 20-72 ugers alderen, og der var 5 høner pr. bur og 27 bure pr. testet gulvtype.

Høj fremrulningshastighed af æg til ægrenden kan give knækæg; en sværere tråd øger afstanden ned til undertråden, så denne ikke kan bremse æg over en bestemt størrelse, men de accelererer hastigheden, indtil de støder mod et andet æg eller kanten af ægrenden (Selsing et al., 1982).

Af forsøg af Overfield (1976) fremgik, at forskellige typer burgulve havde den i tabel 4.4 viste effekt på knækægsprocenten. I forsøget indgik Hvid Italiener høner i et æglægningsår (20-72 ugers alder).

Tabel 4.3 Effekt af gulvtype på knækægsprocent og knæktype
(Elson, 1978)

Table 4.3 *Effect of battery cage floor design*
on the incidence of cracked egg shells and type of crack

	<u>Type af knæk,%</u>			<u>Totalt</u>	<u>Knæk-</u>
	<u>hul-</u>	<u>stjer-</u>	<u>li-</u>	<u>ant.te-</u>	<u>ægsp-</u>
	<u>ler</u>	<u>ne</u>	<u>nie</u>	<u>stede æg</u>	<u>cent</u>
A Sammensvejset tråd 5,0x2,5 cm					
rektangulære masker i 2,03 mm					
i diameter på metalstangsramme					
ved 9½°	13,9	42,0	44,1	7450	6,0
ved 9½° m/vandret opsamlingsareal	50,2	23,6	26,2	7618	3,4
ved 7½°	38,0	25,8	36,2	7911	4,5
ved 7½° m/vandret opsamlingsareal	53,8	23,5	22,6	8412	5,1
ved 5½°	49,5	24,5	26,0	8087	4,6
ved 3½°	64,8	17,6	17,6	8206	6,3
B Sammensvejset tråd 2,5x2,5 cm					
kvadratmasker; 1,63 mm					
i diameter på en træramme					
ved 11½°	8,2	49,9	41,9	7740	5,0
ved 7½°	60,5	20,6	18,9	8690	4,2
C Trådnnet 2,5 cm heksagonale masker,					
1,63 mm i diameter på en træramme					
ved 11½°	58,4	22,6	19,0	8714	3,5
ved 15½°	6,2	44,1	49,7	7156	4,5
D Sammensvejset tråd 7,5x2,5 cm					
rektangulære masker i 2,64 mm					
i diameter på en metalramme					
ved 5½°	37,4	26,0	36,6	7860	5,0
ved 3½°	48,5	26,2	25,3	1043	4,9

Tabel 4.4 Effekt af type af burgulv på knækægsprocent
(Overfield, 1976)

Table 4.4 Effect of cage floor design on the percentage of cracked egg shells

	Hældnings- grader	Knæk- æg, %
Trådnet 2,5 cm heksagonale masker, 1,63 mm diameter tråd på en træramme	9,5	13,2
	11,5	5,6
	13,5	5,6
Sammensvejset tråd 2,5 cm kvadratmasker, 1,63 mm diameter tråd på en træramme	5,5	11,7
	7,5	4,1
	9,5	4,3
	9,5*	7,8
Sammensvejset tråd 5,0x2,5 cm rektangulære masker, 2,03 mm diameter tråd på en metalramme	7,5	6,7
	9,5	12,0
	11,5	15,5
	9,5*	6,3
	11,5*	7,1

* Gulv bøjet opad for at give en vandret ægrende.

I følge de førnævnte forsøg af Klingauf et al. (1979); Elson (1978) og Overfield (1976) opnås de laveste knækægsprocenter på gulve med kvadratmasker, hvis de har en hældning på ca. 7°, og hvis tråddykkelsen er fra 1,63-2,03 mm i diameter. I følge forsøget af Klingauf et al. (1979) falder æggenes knækprocent med stigende maskevidde fra 2,54 x 3,80 cm til 2,54 x 7,62 cm. Ousterwood (1980), citeret af Shane (1981), anfører dog, at en forøgelse af maskevidden fra 3,8 x 2,5 cm og til 7,6 x 2,5 cm medførte en øget knækægsprocent. En yderligere hældning fra 7°-11° medførte ligeledes en øget knækægsprocent.

Tauson (1981) dækkede et stift burgulv (med maskevidden 2,54 x 6,99 cm) med plastnet, der havde en maskevidde på 2,54 x 2,54 cm, hvilket dog ingen signifikant effekt havde på æggenes knækprocent eller procentandelen af snavsede æg, men plastnettet havde en gunstig effekt på hønernes fødder; afkortning af hønens kløer med en klosliber påsat gødningsdeflektoren, virker muligvis nedsættende på procentandelen af huller i æg.

I følge forsøg, referet af Hansen (1981), nedsættes æggenes knækprocent, hvis ægrendekanten monteres med en polstret kant. Design af

burgulve har indflydelse på frekvensen af de forskellige typer af knæk, der forekommer i æggeskaller, d.v.s. at hvis æggene ikke hurtigt ruller ud fra burene, kan hønerne lave huller i dem gennem hak med næb eller kløer. Vægten af æggeskaller (mg/cm^2) med huller i gennemsnit større end skaller med stjerne- eller linieknæk, fordi sandsynligheden for fremkomst af disse huller er uafhængig af skalstyrke. Huller kan derudover fremkomme ved at fjerne et skal-korn på æggeskallen. En forøgelse af æggenes rullehastighed ud af burene øger frekvensen af knæk, som fremkommer under stød, d.v.s. stjerne- og linieknæk (Belyavin og Boorman, 1982).

Når et æg støder mod en del af et bur, der er tungt og stift, vil den stødhastighed, som kræves for at frembringe et knæk af skallen, kun i ringe grad blive påvirket af skallens tykkelse; burets masse og stivhed er ligeledes uden betydning, med en given stødhastighed øges den stødstyrke, som æggeskallen bliver udsat for med øget masse og stivhed af ægget (Carter, 1976).

I forsøg af Hughes og Black (1976 b) blev der observeret signifikant ($P < 0,01$) færre knækkede æg i brede end i dybe bure; burene var enten $40,7 \times 45,7$ cm; $61,0 \times 30,5$ cm; $45,7 \times 30,5$ cm eller $30,5 \times 45,7$ cm i bredde og dybde og med 4 høner i de første to typer og 3 i de sidste to typer af bure. Der var signifikant ($P < 0,001$) færre knækkede æg i bursystemets top og midterækker end i dets bundrækker; og der blev produceret flere æg af høner, der fra 30-70 ugers alder gik i brede bure, i sammenligning med høner, der i det samme tidsrum gik i dybe bure; denne forskel nærmede sig signifikans.

I forsøg af Bell et al. (1981) blev $30,5$ cm brede x $40,7$ cm dybe bure testet mod $40,7$ cm brede x $30,5$ cm dybe bure, og der gik enten 3 eller 4 høner pr.bur. Den brede burtype havde en tydelig fordel fremfor den dybe burtype med hensyn til ægproduktion, hønedødelighed, procent knækæg samt fodereffektivitet. I andre forsøg fandt Bell et al. (1981) ligeledes, at øget burbredde øgede fodereffektiviteten og for det meste nedsatte knækægsprocenten. Muir og Gerr (1978), citeret af Shane (1981), angiver ligeledes, at knækægsprocenten er lavere i brede end i dybe bure. I følge Hughes og Black (1976 b) kan dette skyldes, at når æggene spredes ud langs en større længde i opsamlingsarealet i brede bure, nedsættes sandsynligheden for en kollision; desuden nedsætter brede bure den kraft, hvormed æggene kolliderer, fordi æggenes rullehastighed nedsættes, når de

ikke lægges så langt fra ægrenden. Det er ikke alle forsøg, der viser, at brede bure har et fortrin fremfor dybe bure med hensyn til ægproduktion og knækægsprocent. I 20 forsøg med brede kontra dybe bure fandt man dog, at brede bure i gennemsnit havde et fortrin fremfor dybe bure med hensyn til procent knækæg, fodereffektivitet og hønedødelighed (Bell, 1981).

4.4 Ægindsamling, ægvask og ægpakning

Når æggene ruller ud af buret, er den opståede knækægsprocent i følge Johnston (1975), citeret af Hamilton et al. (1979 b), tæt relateret til vedligeholdelse af bure og indsamlingsbælter, f.eks. giver udstående tråd og skæv opstilling af indsamlingsbælter knækede æg, hvorfor en hyppig indsamling kan nedsætte knækægsprocenten.

Selsing et al. (1982) har undersøgt knækægsprocenten i forskellige indsamlingssystemer, og gennemsnitsværdier for 16 perioder er vist i tabel 4.5; høner fra 42 regnskabsbrug indgik i denne undersøgelse, der omfattede såvel net som bure.

Tabel 4.5 Procent knækæg i forskellige ægindsamlingssystemer
(Selsing et al., 1982)

Table 4.5 *Percentage of cracked eggs in various egg collecting systems*

	Manuel indsamling	Bånd og indsamlings- bord	Bånd, vasker og pakker
Gennemsnitlig knækægs- procent i 16 perioder	7,5	8,9	14,0

Almindeligvis er det kun en mindre procentandel af æggene, der knækker under transport på indsamlingsbælter. Under indsamlingen kan knækægsprocenten nedsættes med vedligeholdelse af det mekaniske indsamlingsmateriel, koordination af opsamlingsintervaller for at undgå ophobning på bælter samt sætte en passende hastighed på indsamlingsbælter (Hamilton et al., 1979 b). Toleman (1978) anfører endvidere, at æggenes knækprocent kan nedsættes med forsækning af boltehoveder, der springer frem i æggekanalen og med fjernelse af døde høner før ægindsamlingen.

Ydermere har antallet af vinkeldrejninger på bælter og dimensioner

af vinkelarealer betydning, d.v.s. at 0,5 % af æggene knækker hver gang, der bliver lavet en 90° drejning af dem på ægbælter (Hamilton et al., 1979 b). Toleman (1978) anfører, at 1 % af æggene knækker under en 90° drejning på ægbælter, men denne procentdel kan nedsættes ved at anbringe plastikstrimler på de ydre kanter af hjørnerne i vinkelarealet. Knækægsprocenten i vinkeldrejninger kan desuden nedsættes ved anvendelse af ægbælter, der kan bære æggene omkring hjørner (90°-180°) på en række vandrette rør samtidig med, at æggene holdes adskilte. Til lokalisering af de steder i et ægindsamlingssystem, hvor æggene muligvis vil knække, kan et elektronisk æg anvendes; dette æg er af klar plast og indeholder et stødfølsomt apparat, der lyser, hvis ægget får et stød.

I anlæg, hvor der monteres automatisk ægindsamling og -pakning, bør denne montering udføres af uddannede montører. I nyanlæg bør man altid sørge for at få den automatiske ægindsamling og eventuelt ægpakning efterjusteret af uddannede montører, når anlægget har været i drift i 1-2 måneder; det er i ægproducentens interesse til stadighed at foretage nødvendig rengøring og justering af det mekaniske udstyr. Under ægindsamlingen skal en person med jævne mellemrum have sin gang i stalden for at se og høre, om det tekniske udstyr fungerer tilfredsstillende, og i denne forbindelse skal især holdes øje med elevator og overgange, hvor æg skal fra et ægbånd til et andet (Selsing et al., 1982).

Brooks (1971), citeret af Hamilton et al. (1979 b), fandt, at gennemsnitlig 3,6 % af æggene var knækket, når de kom til vask og pakning, og under denne behandling knækkede yderligere 3,7 %. Hvis æggenes knækprocent skal nedsættes under disse operationer er det vigtigt at få det anvendte materiel til at fungere rigtigt, og at der er en tilstrækkelig mængde og kvalitet af arbejdskraft. Bell et al. (1975) fandt, at æggenes knækprocent under vask var på henholdsvis 0,91 og 1,84 hos flokke af høner, der gennemsnitlig var henholdsvis 49 og 90 uger gamle. Procentandelen af knækkede æg (før vaskeproceduren), der gik tabt under vask, var henholdsvis 7,8 og 11,5; i alt indgik 85 vaskemaskiner i forsøget, og 600 æg blev håndlyst før og efter vask i hver af maskinerne. Forsøg af Ball et al. (1976) viste, at der under vaskning var en vis del af æggene, der knækkede, men desuden blev æggenes skalstyrke målt på æggenes brudstyrke, i signifikant grad ($P < 0,01$) nedsat fra 4,52 til 4,34 kg med vask i

en almindelig type ægvasker med en vandtemperatur på 46°C. Æggenes skalstyrke blev målt efter én dags opbevaring ved 17°C, og dette tab i skalstyrke kan muligvis skyldes tab af kutikula; forsøget blev gennemført med 354 æg fra Hvid Italiener.

Laboratorieforsøg er blevet udført, der simulerede transport og opbevaringsbetingelser, med 7 typer æggekarton'er (til 12 æg). Karton'erne blev afprøvet enkeltvis og i 15 kartonkasser, der var lavet af fiberplader, og æggekarton'erne var også fremstillet af fiberplader eller formstøbt papirmasse eller polystyrene. Forsøgsresultaterne antydede, at æggekarton'ernes beskyttende virkning var mere afhængig af design end det materiale, som de var lavet af. Krydsede rækker af karton'er i 15 Kartonkasser virkede endvidere mere beskyttende på æggene end opstilling af karton'erne i samme retning i kasserne (Nethercote et al., 1974).

Orr et al. (1977) fandt, at knæk af æg, der fandt sted fra lægning til forsendelse til ægpakkeri, især var resultat af stød, medens knæk, der skete på ægpakkeriet eller under forsendelsen, især var af prestypen. Æggeskaller kan knække med et forsinket knæk, tidlige-re omtalt på side 8, hvis de opbevares i karton'er af et design, der tillader nogle af dem at bære belastninger, der er for små til at forårsage umiddelbare knæk, men store nok til at forårsage et forsinket knæk (Carter, 1978).

I forsøg af Anderson et al. (1969) øgedes knækægshfrekvensen fra top til bund af kartonæsker, pakket med bakker af æg. Der var endvidere en høj knækægshprocent i hjørnerne af æggebakkerne, medens den laveste knækægshprocent blev fundet i midten af bakkerne.

Under transport af æg sker der i følge Hamilton et al. (1979 b) kun ca.1 % knæk af æg, og denne procentandel bliver bl.a. påvirket af det middel, der bliver anvendt til læsning af æggekasser eller ægvogne i transportvogne, og om æggekasser eller ægvogne bliver fastgjort i transportvognene.

I tabel 4.6 er vist fordelingen af knækægshprocenter i forskellige forsøg fra æglægning til æggekarton'erne bliver bragt videre til forbrugerne (Hamilton et al., 1979 b).

Tabel 4.6

Fordeling af knækægsprocenter (Hamilton et al., 1979 b)

Table 4.6

Distribution of percentage of cracked egg shells

		Eggleton og Ross (1971)	Bezpa et al. (1972)	Bramhall et al. (1973)	Johnston og Ernst (1975)	Berry (1976)
		Gns., Varia- % tion,%	Gns., Varia- % tion,%	Gns., Varia- % tion,%	Gns., Varia- % tion,%	Gns., Varia- % tion,%
Æglægningspunkt	}	4,1 1,8-8,2	3,8 0-17,7	2,2 1,0-4,2	3,2 0,8-9,3 2,5 0 -3,6	3,5 0-35
Opsamling						
Mekanisk						
Manuel			0,3 0- 1,4			
Krydsende bæltter	}	5,3 -	1,4 0- 5,9	1,8 } 0,5-4,0	1,0 0 -7,4 1,2 0 -3,9 0,6 0,2-1,4	3,5 1-10 5,4 1-11
Elevator						
Akkumulator						
Vasker	}	5,8 0,8-15,0	1,4 }	1,1 0,6-3,1	1,5 0,5-2,6 1,4 0,2-6,7	2,7 0-11 3,5 0- 8
Pakker						
Transport						
Total		19,0 1,8-8,2	11,3 0,8-40,0	6,5 2,1-11,3	11,4 1,7-34,9	18,6 2-75

5 FODERETS BETYDNING FOR KNÆKÆGSPROCENTEN

5.1 Mineraler og vitaminer

Kalcium

Et lavere kalciumindhold i foder end 2,0 % mindsker æggenes skalkkvalitet, medens et indhold over 3 og 4 % øger skalstyrken (Wolford og Tanaka, 1970). I forsøg af Reichmann og Connor (1977) varierede foderets kalciumindhold fra 2,4-5,7 %, men den maksimale vægtfylde af æg blev opnået, hvis foderet indeholdt 4,3 % kalcium. En forøgelse af foderets kalciumindhold ud over 3,5 % virker kun i ringe grad forbedrende på æggenes skalkkvalitet (Belyavin og Boorman, 1981 b; Petersen, 1965). I forsøg af Vogt (1981) blev foderets kalciumindhold øget fra 3,64-4,97 %. Dette havde dog ingen effekt på den procentandel af æg, der blev frasorteret på grund af skalfejl fra hønernes 22,5-68,5 ugers alder. Hønens behov for kalcium stiger med stigende ægproduktion (Davidson og Boyne, 1970). Mindre end 3,5 % kalcium i foder havde en negativ effekt på ægproduktionen (læggeprocent ca.88) i forsøg af Gilbert et al. (1981), ægydelsen har stor betydning for opretholdelse af kalciumbalancen. Et højt kalciumindhold i foder kan dog have en negativ effekt på ægydelsen (Härtel, 1982; Reddy et al., 1968; Reichmann og Connor, 1977).

Et kalciumindhold i foder på 5 % forårsagede en lidt lavere ægydelse og en lidt højere hønedødelighed end foder med 3 % kalcium i forsøg, refereret af Petersen og Høj (1980). Med baggrund i dette anbefaler Vogt (1981), at foderets kalciumindhold ikke overskrider 4,5 %, og at hønens kalciumindtagelse ikke bliver større end 5 g pr.høne pr.dag. Petersen (1965) anfører dog, at kalciumindhold i foder fra 4,0-5,0-6,0 % ikke virker nedsættende på ægproduktionen. Hønens behov for kalcium stiger med stigende stressintensitet (Härtel, 1982). I følge Jensen (1980 a) anbefales følgende mængder af kalcium

i foder: 3,5 % til let race, 3,2 % til mellemsvær race og 2,5 % til svær race. Anvendelse af østersskaller som kalciumkilde kan virke forbedrende på skalkkvaliteten (Belyavin og Boorman, 1981 b; Petersen og Høj, 1980). Petersen og Høj (1980) anfører endvidere, at dette især gælder med et lavt kalciumindhold i foder (under 3,5 %), samt at æggenes skalstyrke øges med øget partikelstørrelse på østersskaller og kridt (fra pulveriseret kridt til partikler på 9,75 mm). Fodereffektiviteten påvirkes ikke af foderets kalciumindhold, hvis der anvendes isoenergetiske foderblandinger. En forøgelse af foderets kalciumindhold med stigende temperatur nedsætter ikke temperaturens negative virkning på æggenes skalkkvalitet.

I følge Ousterhout (1980) er det muligt at maksimere ægvægten i de tidlige produktionsmåneder ved at sænke foderets kalciumindhold i dette tidsrum. Med en forøgelse af foderets kalciumindhold, efterhånden som høner bliver ældre, maksimeres skalkkvaliteten, fordi skalvægten øges, medens stigningen i ægvægten begrænses. Forfatteren fandt, at en forøgelse af foderets kalciumindhold med 1 % nedsatte ægvægten ca. 0,4 g, og øgede skalvægten ca. 0,05 g; dette blev fundet, når foderets kalciumindhold varierede fra 2,75-4,75 % fra hønernes 28-64 ugers alder. Ægproduktion og fodereffektivitet blev ikke i signifikant grad påvirket af foderets kalciumindhold.

Fosfor

I en række forsøg forringede en forøgelse af foderets fosforindhold æggenes skalkkvalitet, hvilket bl.a. var tilfældet i forsøg af Hunt og Chancey (1970) og Taylor (1965). Belyavin og Boorman (1981 b) anfører, at den bedste skalkkvalitet opnås, hvis den totale fosforindtagelse er mindre end 0,5 g pr.høne pr.dag. I forsøg af Härtel (1982) gav en successiv forøgelse af foderets fosforindhold (totalt) fra 0,4-0,8 % også en negativ effekt på æggenes skaltykkelse, men for at sikre hønerne en maksimal ægydelse skal foderet indeholde 0,7-0,8 % totalt fosfor (0,46 % ikke-phytin-fosfor eller i alt 560 mg ikke-phytin-fosfor pr.høne pr.dag. Resultater i forsøg af Mikaelion og Sell (1981) antydede, at fasefodring med ikke-phytin-fosfor - henholdsvis 0,46; 0,36 og 0,26 eller 0,36; 0,26 og 0,16 % - i løbet af aldersintervallet fra 27.-39.; 39.-51. og 51.-71. uge kunne sikre en høj ægproduktion (læggeprocent ca. 80) uden at nedsætte hønækroppens indhold af fosfor; foderindtagelsen var 95-100 g pr.høne pr.dag.

Først med et højt kalciumpindhold i foder har fosfor en negativ virkning på skalstabiliteten; kalций har endvidere en fosforbesparende virkning (Härtel, 1982). I følge Jensen (1980 a) skal foder til æglæggende høner indeholde 0,6 % fosfor (totalt); NRC-normen er på 0,5 % fosfor (totalt). I dybstrøelse foregår en akkumulering af fosfor, som reducerer det nødvendige indhold i foder til 0,4 % (Hunt og Chancey, 1970).

Vitamin-D₃

Vitamin-D₃ er involveret i kalций- og fosformetabolismen. En mangelfuld tilførsel af vitamin-D₃ får hønerne til at lægge tyndskallede æg, behovet for vitaminet er på 500 enheder pr.kg foder (Jensen, 1980a); at øge foderets vitamin-D₃-indhold fra 320-960 i.e. pr.kg havde ingen effekt på æggenes skalprocent i forsøg af Hamilton (1980), og en forøgelse af foderets indhold af vitamin-D₃ fra 600-2400-9600-38400 i.e. pr.kg havde heller ingen effekt på forkalkning af æggeskaller i forsøg af Garlich og Wyatt (1971).

Vitamin-C

Vitamin-C er ikke et essentielt vitamin for høner, da de kan syntetisere det ud fra glukose, men skalkvaliteten er dog blevet forbedret, hvis der tilsættes en stigende mængde vitamin-C til hønernes foder (op til 500 mg pr.kg), men kun ved høje temperaturer (29-33°C) og så endda ikke i alle tilfælde (Belyavin og Boorman, 1981 b).

Mangan

Æglæggende hønens behov for mangan er på 33 mg pr.kg foder (Jensen, 1980 a); NRC-normen er på 25 mg pr.kg. I følge Wolford og Tanaka (1970) ligger behovet mellem 20-70 mg pr.kg foder. Forøgelse af foderets manganindhold fra 30-95 mg pr.kg gav ingen signifikant forøgelse af æggenes skaltykkelse (Halder og Huntley, 1978), medens forsøg af Whisenhunt og Maurice (1981) viste, at manganbehovet er større end 50 mg pr.kg foder (100-440 mg), hvis knækægsprocenten skal minimeres. Et ekstra indhold af mangan i foder (800 mg pr.kg) øger æggeskallens skønhed. Mangan modvirker den negative effekt af bly; med et højt manganindhold (800 mg pr.kg) vil tilstedeværelse af bly nedsætte knækægsprocenten. Forøgelse af foderets manganindhold fra 25-200 mg pr.kg øgede i signifikant grad ($P < 0,05$) æggenes

skalstyrke under en dynamisk belastning, men påvirkede ikke ægvægt eller skaltykkelse (Maurice og Whisenhunt, 1980). Manganindhold i hønekens opdrætningsfoder har betydning for skalkkvaliteten i æglægningsperioden (Belyavin og Boorman, 1981 b; Mathers et al., 1971).

Zink

Æglæggende hønens behov for zink er på 50 mg pr.kg foder, det indgår i enzymet "carboanhydrase", og såfremt zink mangler, vil der ikke være enzym til spaltning af H_2CO_3 til CO_2 og H_2O (Jensen, 1980a); NRC-normen er på 50 mg pr.kg foder. Forøgelse af foderets zinkindhold fra 50-180 mg pr.kg har ingen signifikant effekt på æggenes skaltykkelse (Holder og Huntley, 1978), men undertiden er der opnået en signifikant forbedring af skalkkvalitet med tilsætning af zink (100 mg pr.kg) eller zink proteinat til et basalfoder (Belyavin og Boorman, 1981 b).

Magnesium

Såfremt foderets indhold af magnesium er under behovet på 0,5 g pr.kg, vil ægvægten falde, og samtidig bliver æggene tyndskallede (Jensen, 1980 a); NRC-normen er på 0,5 g pr.kg foder. Forøgelse af foderets indhold af magnesium fra 1,5-2,5 g pr.kg har ingen effekt på æggenes skaltykkelse (Holder og Huntley, 1978), men et magnesiumindhold på 0,5-1,0 g pr.kg i foderet er tilstrækkeligt sammen med et normalt kalcium-, fosfor- og vitamin- D_3 -indhold. I praksis indeholder foderet meget mere end 2 g magnesium pr.kg, men retentionen synes at være meget lav (10 %) og afhængig af magnesiumkilden. Forsøg har antydnet, at et højere magnesiumindhold i foder end 2 g pr.kg kan virke forbedrende på skalkkvaliteten (Folkerts, 1976).

Kobber

Kobbermangel resulterer i produktion af store misdannede æg med rynkede skaller; kobber synes at være nødvendigt til syntese af æggeskalmembraner (Leach, 1980).

Natriumbikarbonat, natrium, klorid og kalium

Syre/basebalancen er en vigtig faktor, der påvirker æggenes skalstyrke. Under skaldannelsen sker et fald i pH-værdien i vædske og blod i skalkirtlen; denne acidose fremkommer under karbonatdannelsen i skalkirtlen, og hønerne kan delvis mindske acidosen ved hjælp

af hyperventilation samt udskillelse af syren med urinen. Forskellige stoffer er blevet tilsat foderet for at hindre eller mindske denne acidose og samtidig forbedre æggenes skalstyrke bl.a. med natriumbikarbonat (Hamilton og Thompson, 1980), og tilsætning af natriumbikarbonat kan undertiden virke forbedrende på skalkvaliteten (Belyavin og Boorman, 1981 b; Wolford og Tanaka, 1970).

Et indhold på 0,25 % natriumbikarbonat i foder kan levere den nødvendige mængde af bikarbonat til dannelse af æggeskaller igennem perioder med varmt vejr (Charles, 1975).

Forsøg af Odom et al. (1981) viste, at brug af kuldioxydholdigt drikkevand i perioder med varmt vejr (35°C) i signifikant grad kan nedsætte den fortynding af æggeskaller, der fremkommer i forbindelse med høje temperaturer. I følge Hamilton og Thompson (1980) sker der ikke et fald i pH-værdien i hønens blod, såfremt hønerne får foder, hvis $(Na + K)/Cl$ -forhold er højere end 1,5, hvilket muligvis kan forklare de forskellige resultater, der er opnået med tilsætning af natriumbikarbonat til forskellige foderblandinger.

I forsøg af Hamilton og Thompson (1980) observeredes en skalprocent på 7,62 og en læggeprocent på 22,4 med et $(Na + K)/Cl$ -vægtforhold i foder på 0,4, hvis dette forhold blev øget fra 0,40-1,92 (fra ca. $\pm 33,9-14 \text{ mEq}(Na + K \div Cl)/100 \text{ g foder}$), blev skalprocenten øget fra 7,62 til 8,32, og læggeprocenten steg til 51,0 ($\text{mEq} = \text{mg af stof i } 100 \text{ g pr. atomvægt}$). En yderligere forøgelse af $(Na + K)/Cl$ -forholdet fra 1,92 til 4,04 ($14,7-61,5 \text{ mEq}(Na + K \div Cl) \text{ pr. } 100 \text{ g foder}$) havde ingen effekt på de førnævnte produktionsegenskaber. $(Na + K)/Cl$ -forholdet blev ændret med ændring af foderets natrium- og kloridindhold. På trods af, at hønernes syre/basebalance blev påvirket af foderets $(Na + K)/Cl$ -forhold, blev der ikke fundet nogen korrelation mellem syre/basebalancen og æggenes skalstyrke.

I forsøg af Ernst et al. (1975) indeholdt kontrolfoderet 0,23 % natrium og 0,26-0,30 % klorid. Forsøgsfoderets indhold af klorid blev nedsat til 0,18 % med tilsætning af 0,20-0,30 % natriumbikarbonat og nedsættelse af dets indhold af natriumklorid, men dette havde dog ingen signifikant effekt på æggenes skaltykkelse eller ægproduktionen. Natriumbikarbonat tilsætningen nedsatte i signifikant grad ($P < 0,05$) procentandelen af æg med ru skaller i en periode med varmt vejr og havde en tendens til at virke nedsættende på andelen af

æg med knækkede eller bløde skaller (2,58 mod 3,22). I følge forsøg, refereret af Halloran (1980), kan æggenes skalkkvalitet forbedres gennem en forøgelse af foderets (Na + K ÷ Cl)-indhold, så hønernes indtagelse er på mindst 19 mEq pr.høne pr.dag. Den manglende effekt på skalkkvaliteten af en forøgelse af foderets Na-indhold og nedsættelse af dets Cl-indhold i forsøget af Ernst et al. (1975) skyldtes, at hønernes indtagelse af (Na + K ÷ Cl) var højere end 19 mEq pr.høne pr.dag med undtagelse af forsøget, der foregik om sommeren.

En forøgelse af foderets kaliumindhold fra 0,1-0,3 % kan øge skaltykkelsen, men ikke signifikant; normen for kaliumindhold i foder er på 0,1 % (Belyavin og Boorman, 1981 b). I forsøg af Vogt (1977) blev fundet, at en forøgelse af foderets kloridindhold fra 0,08-0,30 % (fra ca.22,2-16,8 mEq(Na + K ÷ Cl)/100 g foder) i signifikant grad ($P < 0,01$) nedsatte æggenes skaltykkelse, og endvidere blev fundet, at hønernes behov for klorid (til optimal ægydelse) blev dækket med 0,11 % klorid i foder (132 mg klorid pr.høne pr.dag). I dette forsøg blev hønerne fodret med foder, der indeholdt henholdsvis 0,08; 0,11; 0,16; 0,20; 0,24 og 0,30 % klorid; hver foderblanding blev fodret til 36 høner i 308 dage, og læggeprocenten var 85. En forøgelse af foderets kloridindhold, så natrium/kloridforholdet blev højere end 1:0,5-1:1,25, havde en negativ effekt på æggenes skalkkvalitet.

Foderets natrium- og kloridindhold havde dog kun en ringe effekt på æggenes vægtfylde i forsøg af Christmas og Harms (1982), hvor der blev fodret med foder, der indeholdt henholdsvis 0,08; 0,14 og 0,28 % klorid og 0,14; 0,17 og 0,28 % natrium. I dette forsøg varierede indholdet af mEq(Na + K ÷ Cl) fra 14,2-26,1 pr.100 g foder og viste en tendens til en lav ægproduktion, ægvægt og fodereffektivitet, hvis foderet indeholdt 0,08 % klorid - uanset dets indhold af natrium. Et lavt kloridindhold (0,08 %) og et højt natriumindhold (0,28 %) resulterede i en lav vægtfylde af æggene, i forsøget indgik 648 høner fra 71-91 ugers alderen. En forøgelse af foderets natriumindhold fra 0,16-0,25 % øgede knækægsprocenten fra 12,7-14,1 % i forsøg, refereret af Petersen og Høj (1980).

Summen af klorid, bikarbonat, fosfat og sulfat er så vidt muligt konstant i hønernes blod, men et æglægningsfoder med et lavt indhold af fosfat og klorid har en gavnlig indflydelse på æggenes skalkkvalitet (Petersen og Høj, 1980). I forsøg, refereret af Petersen og

Høj (1980), bevirkede en reduktion af foderets kloridindhold fra 2,51-0,86 g pr.3000 kcal OE ($16,3-21,0 \text{ mEq}(\text{Na} + \text{K} \div \text{Cl})/100 \text{ g foder}$) en forøgelse af æggenes skalprocent fra 8,58-8,72. Foder til æglæggende høner indeholder normalt 0,40-0,45 % natriumklorid, d.v.s. 0,16 % natrium og 0,24 % klorid (Christmas og Harms, 1982). I følge Jensen (1980 a) har høner behov for 0,50 % natriumklorid i foder, hvis de skal opnå optimal ægydelse; NRC-normen for natrium og klorid er på henholdsvis 0,15 og 0,08 %.

5.2 Protein

Iso-energetisk nedsættelse af foderets proteinindhold fra 20,0-11,5 % (0,65-0,42 % methionin+cystin) resulterede i et fald i ægvægt og skalvægt i følge forsøg af Roland (1980 b). Der blev ikke noteret nogen forøgelse i æggenes vægtfylde eller nogen effekt på ægproduktion og foderforbrug, og forøgelse af foderets kalciumindhold fra 3,00-4,25 % forhindrede ikke faldet i skalvægten; 16,0 og 13,5 % protein i foder (0,54 % methionin+cystin) havde samme effekt som 20 % protein. I forsøget indgik 560 høner, der havde været i æglægning i 14,5 måneder, og forsøget varede 2 måneder.

Fra 38-62 ugers alderen blev forskellige afstamninger af høner, fodret med foder, der havde forskelligt indhold af methionin, methioninindtagelsen var således på henholdsvis 300; 285; 270 eller 255 mg pr.høne pr.dag. Ægproduktionen blev ikke påvirket af ændringer i methioninindtagelsen, men en let reduktion i tilvækst for høner, der fik 255 mg methionin pr.dag. Den stigning i ægvægt, der fandt sted med stigende alder, var 1 og 2 g mindre under indtagelse af 270 eller 255 mg pr.høne pr.dag end med de to højeste methioninindtagelser. Skalkvalitet, målt på vægtfylde, var ens i alle behandlinger i løbet af de første 12 uger af forsøget, men derefter var der en signifikant mindre reduktion i skalkvalitet i de resterende 12 uger med de 3 laveste methioninindtagelser i sammenligning med en indtagelse på 300 mg pr.dag (Petersen et al., 1980).

Roland (1980 c) fandt i forsøg med 500 høner, at ændring i foderets proteinindhold fra 20,0-13,5 % (minimum 0,53 % methionin+cystin og med vekslende energi- og kalciumindhold) ikke i signifikant grad påvirkede ægvægt, skalvægt, vægtfylde af æg og ægproduktion, men men sænkning af foderets proteinindhold til 11,5 % (0,42 % methionin

+cystin) reducerede ægvægt og ægproduktion signifikant, medens skalmængden, der blev aflejret på æggene, forblev uændret og kunne derved hindre et fald i æggenes skalkkvalitet i de 5 første måneder af æglægningsperioden.

I forsøg af Ousterhout (1981) fik høner et foder, hvis proteinindhold faldt med 1 % (start 18,0 % og slut 15,0 %), medens kalciumindholdet blev øget med 0,5 % med intervaller på 12 uger (start 2,75 % og slut 4,25 %). Dette medførte en større ægvægt i begyndelsen af æglægningsperioden, kombineret med en signifikant ($P < 0,05$) langsommere stigningstakt i ægvægt med alder end foder, der indeholdt det gennemsnitlige protein- og kalciumindhold af det fasetildelte foder; den gennemsnitlige ægvægt i forsøgsperioden blev dog ikke påvirket af fasefodringen. Hvis foderets kalciumindhold blev øget gradvis i løbet af æglægningstiden, faldt skalkkvaliteten signifikant ($P < 0,01$) langsommere med hønealder end fodring med kontroloffoderet. Skalkkvalitet er en kombination af ægstørrelse og skalaflejring, så fasefodring er en effektiv metode til at forbedre skalkkvalitet hos ældre høner og maksimere ægvægten i de første måneder af æglægningsperioden.

De ovenfor anførte resultater af Roland (1980 b + 1980 c) tydede på, at skalkkvaliteten i højere grad påvirkedes ved kontrollering af hastigheden af forøgelsen i ægstørrelse end ved reduktion af ægstørrelsen ved hjælp af ændringer i foderets proteinindhold. Men der må udvikles en metode, der kan reducere hastigheden af forøgelse i ægstørrelse uden at påvirke den samlede ægproduktion, hvis denne metode skal anvendes kommercielt for at kunne opretholde en god skalkkvalitet (Roland, 1980 c).

Scheele og Versteigh (1981) fandt, at ægvægten i signifikant grad blev øget, når foderets lysinindhold blev øget fra 3,2 til 5,6 g pr.10 MJ OE. Der var en signifikant vekselvirkning mellem energi- og lysinindhold i foder. I energifattigt foder (11,3 MJ OE pr.kg) var lysinets effekt på ægvægten således 1,5 gange større end i energirigt foder (13,6 MJ OE pr.kg). Forøgelse af foderets lysinindhold nedsatte æggenes skalprocent væsentligt, medens den ingen effekt havde på skalvægten; (NRC-norm for lysin er på 5,0 g pr.10 MJ OE). Tilskud af methionin virkede ligeledes forøgende på ægvægten (Jensen, 1980 b) og dermed nedsættende på skalprocenten.

Methionin kan nedsætte hastigheden af kalciumpoptagelsen samt øge kalciumentretionen, hvilket resulterer i en større transport af kalций til knogler, derfor er det vigtigt med en tilstrækkelig mængde og kvalitet af protein i foder, fordi det påvirker såvel skalkvalitet som ægstørrelse og ægantal (Petersen, 1965). Hverken foderets proteinniveau (15-21 %) eller proteinkilde (animalske eller vegetabiliske produkter) eller aminosyretilsætninger (methionin og lysin) påvirker æggenes skalkvalitet (Wolford og Tanaka, 1970).

5.3 Energi, fedt m.m.

Foderets indhold af energi har en direkte effekt på den mængde foder, som hønerne æder, da foderindtagelsen er faldende med et stigende energiindhold, og derfor skal foderets indhold af forskellige næringsstoffer nøje afpasses efter dets energiindhold (Charles, 1975).

Ægvægten blev signifikant forøget med en forøgelse af foderets energiindhold fra 11,46-13,64 MJ OE pr.kg, hvorimod en forøgelse af foderets fedtindhold fra 2-8 % ingen effekt havde på ægvægten; energiindhold i foderet var konstant. Forøgelsen af foderets energiindhold nedsatte i signifikant grad æggenes skalprocent, men havde ingen effekt på skalvægten; kun sammen med et højt energiindhold i foder, 13,81 sammenlignet med 11,30 MJ OE pr.kg, resulterede en forøgelse af dets fedtindhold i en nedsat skalprocent, og fedtet bestod af en blanding af talg, svinefedt og sojaolie. I forsøget indgik 1008 høner fra 24-36 ugers alderen (Scheele og Versteigh, 1981). Den gennemsnitlige ægvægt blev øget med 1,4 g, når foderets indhold af OE blev øget fra 10,46 til 13,39 MJ pr.kg, og dette var resultat af en additiv effekt af en øget indtagelse af OE og linolsyre; i dette forsøg blev hønernes indtagelse af linolsyre øget fra 1,29-3,10 g pr.dag, forsøget gennemførtes med Hvid Italiener høner fra 27-67 ugers alderen (Groote, 1972). Jensen (1980 b) anførte ligeledes, at tilskud af linol- og linolensyre virkede forøgende på ægvægten, det samme var tilfældet med cholin og B_{12} , og d.v.s. at disse stoffer virker nedsættende på skalprocenten.

Energikilde (majs, byg, hvede, havre, animalsk fedt og vegetabilsk fedt) og et middel til højt energiindhold i foder havde ingen signi-

fikant effekt på æggenes skaltykkelse, men under høje temperaturforhold falder æggenes skaltykkelse, hvis høner fodres med et energirigt foder (Wolford og Tanaka, 1970). Petersen (1982) fandt, at høner, der fik foderet som pellet-cross, lagde lidt større æg og havde en større knækægsporcet end høner, der fik foderet som melfoder; anvendelse af melfoder i den sidste del af hønernes læggeperiode synes at reducere forekomsten af knækæg. Tykkelsen på høners æggeskaller bliver reduceret af følgende: DDT, thaledomide, lithium carbonate, mercuhydrin, cardalin acetazolamide, betaaminopropinitrile, arasan og røntgenbestråling. Der bliver endvidere produceret en høj procentandel af blødskailede æg, når foderet indeholder 0,1 % beta-aminopropinitrile eller 100 ppm arasan. Med et indhold på 200 ppm arasan i foder blev der ikke produceret æg med hårde skaller.

Antibiotika: "Chlorotetracycline, penicillin og oxytetracycline" kan undertiden virke forøgende på æggenes skaltykkelse, medens sulfanilamide nedsætter skaltykkelsen (Wolford og Tanaka, 1970). Et indhold på 1,5 ppm aflatoxin i foder nedsætter æggenes skalkvalitet. Svovl fra sulfastoffer kan virke nedsættende på aktiviteten af enzymet "Carboanhydrase" (Charles, 1975).

6 HØNERS BETYDNING FOR KNEKÆGSPROCENTEN

6.1 Avl

Skalkvalitet er afhængig af hønerace, hvilket bl.a. fremgik af forsøg af Rodda (1972), i hvilke skaltykkelsen hos Hvid Italiener høner gennemsnitlig var 9 % større end hos Rhode Island høner fra 33-65 ugers alderen.

Arafa et al. (1982 b) fandt de i tabel 6.1 viste skalprocenter hos de forskellige høneafstamninger, hvoraf der indgik 360 høner fra hver afstamning. Ægproduktionen fra én dag blev indsamlet og undersøgt på hvert af de to alderstrin.

Tabel 6.1 Forskellige høneafstammingers ægvægt og skalprocent
(Arafa et al., 1982 b)

Table 6.1 *Egg weight and per cent of shell of eggs*
collected from five strains of laying hens

Afstamning:	Skalprocent		Ægvægt	
	52 uger	64 uger	52 uger	64 uger
Hisex	9,5a	8,1a	62,3a	63,6ab
Nick	9,4a	8,5b	61,9a	62,6a
Ideal	9,4a	8,5b	65,6b	66,0bc
H og N Nick	9,8b	8,4b	60,2c	64,3ab
Shaver	9,5a	8,2a	66,7b	66,6c

a-, b-, c-værdier inden for en søjle med forskellig påskrift er signifikant ($P < 0,05$) forskellige.

Arad og Marder (1982 a) fandt en ægvægt, skaltykkelse og brudstyrke på henholdsvis 47,7 g; 370 μm og 3,94 kg hos æg fra Sinai høner, hvorimod disse værdier var på 58,1 g; 313 μm og 2,66 kg hos æg fra Hvid Italiener høner, og forskellen mellem de to høneracer med hensyn til disse værdier var signifikant ($P < 0,05$). Ægvægten forklarede ikke forskellen på skalkvalitet, men denne forskel var af genetisk oprindelse, og muligvis kan Sinai høneracen anvendes i en fremtidig selektion for en god skalkvalitet.

Philip og Washburn (1974) foretog sammenligninger af æggenes brudstyrke hos forskellige høneracer. På trods af, at vægtfylde af æg tilsyneladende var lavere hos afstamninger med brune æg (Warren og Hubbard) end hos afstamninger med hvide æg (Dekalb, Babcock og Hyline), var der en tendens til, at brudstyrke, målt under pres, var størst hos æg fra de brune ægafstamninger (tabel 6.2).

Ca. 722 æg blev indsamlet fra 20 høner af hver afstamning i en periode på én uge i 7. produktionsmåned. Før målingerne blev foretaget, blev æggene gennemlyst, og æg med skaldefekter, hårlinieknæk, tynde skaller og misdannede skaller blev kasseret og indgik ikke i undersøgelsen.

Tabel 6.2 Vægtfylde, ægvægt, bredde/længde og brudstyrke hos æg
fra forskellige høner. (Philip og Washburn, 1974)

*Table 6.2 Specific gravity, egg weight, width/length ratio and breaking strength
for various strains of hens*

Afstamning:	Warren	Hubbard	Dekalb	Babcock	Hyline
Vægtfylde af æg	1,083a	1,082a	1,084a	1,083a	1,087b
Ægvægt	67,0c	66,1bc	66,7bc	61,5a	63,3ab
Bredde/længde	73,0b	71,0a	72,0ab	71,0a	72,0ab
Brudstyrke (kg)	3,50b	3,31b	3,27b	3,04a	3,45b

a, b, c-værdier inden for en søjle med forskellig påskrift er signifikant ($P < 0,05$) forskellige.

En række forsøg har vist, at det er muligt at øge æggenes skaltykkelse ved hjælp af selektion. I forsøg af Poggenpoel (1981) blev 2 linier af Hvid Italiener, stammende fra samme basis population, selekteret for henholdsvis nedsat og øget vægtfylde af æg i løbet af 6 generationer, hvilket medførte en gennemsnitlig forskel på skaltykkelse på 0,067 mm i den 6. generation. Garwood et al. (1979) opnåede en 12 % forskel på brudstyrke af æg mellem hønelinier ved selektion i positiv og negativ retning i én generation med hensyn til brudstyrke.

I forsøg af Hartmann og Rauch (1981) blev 3 populationer af Hvid Italiener selekteret i både positiv og negativ retning for henholdsvis vægtfylde, deformation og brudstyrke i 3 generationer. Hønernes ægydelse blev ikke påvirket af denne selektion. I populationerne, der var selekteret for enten brudstyrke eller deformation, blev der observeret en højere ægvægt hos hønelinier med en dårlig skalkkvalitet end hos hønelinier med en god skalkkvalitet; under selektion for vægtfylde blev den modsatte tendens observeret. I tabel 6.3 ses selektionens effekt på knækægsprocenten, der blev fundet gennem gennemlysning af æg fra ægrenden i en periode på 3 måneder i hver generation.

Tabel 6.3 Effekt af selektion for skalkkvalitet på knækægsporcet
(Hartmann og Rauch, 1981)

Table 6.3 Effect of selection for egg shell quality
on the incidence of cracked egg shells

Generation af selektion	Selektionsfaktor og retning af selektion					
	brudstyrke		deformering		vægtfylde	
	+	-	+	-	+	-
	Andel af æg med knækkede skaller,%					
2	10	16	8	7	8	8
3	3	13	4	7	6	11
Gns.forskel	6,5	14,5	6,0	7,0	7,0	9,5
	-8,0		-1,0		-2,5	

Der blev observeret ændringer i de skalkkvalitetstræk, der ikke var under selektion i en given hønelineie, men som uselekeret træk blev brudstyrke påvirket i mindre grad end deformering og vægtfylde; inden for hver selekeret hønelineie var populationsstørrelsen på ca. 25 haner og 100 høner pr. generation, og 25-30 % af hønerne og 20-25 % af hanerne blev udvalgt til mødre og fædre til den næste generation. To gange i løbet af en produktionsperiode (generation) blev foretaget målinger af skalkkvalitet på alle producerede intakte æg hos de enkelte høner, der alle blev holdt i enkeltdyrbure. de fundne værdier blev efterjusteret for den læggeperiode, i hvilken de blev målt.

Sørensen et al. (1980) fandt heritabiliteter for skalkkvalitet (vægtfylde) fra 0,26-0,65; Tijen (1977 c) fandt h^2 -værdier for skaltykkelse og vægtfylde fra 0,4-0,5, men de højeste værdier blev fundet hos høner, der ikke tidligere var blevet selekeret for skalkkvalitet. Et gennemsnit af en række h^2 -værdier for skalkkvalitet fra litteraturen gav en værdi på 0,39 (Tijen og Kuit, 1970). h^2 -værdier for skalkkvalitet kan i følge Rodda (1972) være faldende i løbet af et æglægningsår, fordi den fænotypiske variation stiger, og dette er således en af grundene til, at der hurtigst opnås en forbedring af skalkkvaliteten imod slutningen af æglægningsperioden, hvis der selekteres på et tidligt stadium i perioden, og derved bliver generationsintervallet desuden forkortet.

Selektion for øget vægtfylde af æg inden for rene racer vil virke

forbedrende på æggenes vægtfylde hos høner, der er krydsninger af disse (Sheridan og Nicholls, 1981). Sheridan og Nicholls (1981) samt Tijen (1977 b) fandt ingen heterosiseffekt med hensyn til skalkkvalitet med krydsninger af forskellige høneracer, men Pevzner et al. (1976) fandt dog, at krydsninger af to linier af Hvid Italiener bevirkede en signifikant ($P < 0,05$) reduktion i knækægsprocenten, sammenlignet med den gennemsnitlige knækægsprocent hos forældrelinierne.

Ved selektion gennem 3 generationer i en population af Hvid Italiener høner forbedrede Tijen (1977 a) vægtfylden af æg fra 1,0918-1,0935, men det medførte samtidig en nedsættelse af læggeprocenten fra 75,6-70,8. I sammenligning med en linie, der blev selekteret for ægproduktion, var der en reduktion i ægproduktion, ægvægt og kvalitet af æggehviden hos denne linie, der blev selekteret for skalkkvalitet.

Det er ikke muligt at bestemme, om den observerede forskel på ægproduktion mellem linien, selekteret for skalkkvalitet, og linien, selekteret for ægproduktion i forsøget af Tijen (1977 a), skyldes genetiske korrelationer eller den kendsgerning, at der ikke blev selekteret for ægproduktion i den førstnævnte linie (Hunton, 1982).

I et forsøg, citeret af Ambrosen (1981), blev der holdt en basispopulation af høner som kontrol; 2 linier opstod af denne population ved selektion i løbet af 4 generationer. Den 1.linie blev selekteret for høj ægvægt, og 2.linie blev selekteret for højt ægantal. Selektion for ægvægt øgede denne med 12 % i forhold til kontrolpopulationen samt øgede skalkvægten med 8 %. Selektion for ægantal nedsatte skalkvægten med 3 %, men ændrede ikke ægvægten.

Sørensen et al. (1980) fandt en genetisk korrelation mellem ægvægt og skalkkvalitet på 0,12 og -0,13 i 2 hønepopulationer, men Perek og Snapir (1970) fandt en signifikant ($P < 0,01$) negativ genetisk korrelation mellem ægvægt og skalkkvalitet på -0,668. Ægydelse og ægvægt har i følge Sørensen et al. (1980) en genetisk korrelation på -0,15 til -0,36; selektion for øget læggeprocent vil således virke nedsættende på ægvægten; h^2 for ægvægt er på ca.0,5. Endvidere er fundet en genetisk korrelation mellem læggeprocent og skalkkvalitet på -0,3 (tabel 6.4).

Tabel 6.4

Genetiske korrelationer fundet med kovariansanalyse (Sørensen et al., 1980)

Table 6.4

Genetic correlations computed from analysis of covariance

	Antal æg	Lægge- procent	Alder, 1.æg	Æg- vægt	Hvide- højde	Vægt, 8 uger	Vægt 42 uger
1. Hønepopulation vægtfylde af æg	-0,13±0,06	-0,24±0,08	-0,08±0,08	0,12±0,06	-0,18±0,08	-0,07±0,10	0,01±0,10
2. Hønepopulation vægtfylde af æg	-0,27±0,11	-0,37±0,08	0,04±0,11	-0,13±0,10	0,00±0,11	-0,06±0,09	0,01±0,08

Tabel 6.5

Genetiske korrelationer,

udregnet som gennemsnit af faderkomponenter af varians og kovariansanalyse

(Emsley et al., 1977)

Table 6.5 Genetic correlations computed from average sire components of analysis of variance and covariance

	Produktion,%			Alder ved 1.æg	Høne- vægt, 32 ug.	Æg- vægt	Haugh en- heder	Længde/ dia- meter	Vægt- fylde
	1.æg t. 40 ug. alder	1.æg t. 60 ug. alder	1.æg t. 72 ug. alder						
Vægtfylde	-0,26	-0,24	-0,25	0,15	-0,10	0,03	-0,07	-0,01	
Skalkonsistens	0,06	0,09	-0,02	-0,12	0,20	0,24	-0,09	0,20	-0,22

Skalkonsistens: Sum af 0-3 points for hver af egenskaberne: Ruhed, rynke, asymmetri og knæk;
hvorved 0 = perfekt skal og 12 = dårligste skal

Shell texture score: Sum of 0-3 scores for each character: Roughness, wrinkle, asymmetry and crack.

Emsley et al. (1977) fandt de i tabel 6.5 viste genetiske korrelationer. Mindre kropvægt var associeret med færre skaldefekter (0,20) og tykkere skaller (-0,10); skaller med færre defekter har tykkere skaller (-0,22), rundere form (0,20) og en lavere ægvægt (0,24), medens vægtfylde af æg var negativt korreleret med ægproduktion = -0,2 til -0,3.

I en række forsøg er der dog ikke blevet fundet nogen negativ korrelation mellem skalkvalitet og ægproduktion, hvilket bl.a. var tilfældet i forsøg af Perek og Snapir (1970); Rodda (1972) og Tijen og Kuit (1970). Som gennemsnit af en række værdier fra litteraturen fandt Tijen og Kuit (1970) en korrelation mellem skalkvalitet og ægproduktion på -0,116.

I forsøg af McPhee et al. (1982) blev der heller ikke fundet nogen ændring i ægproduktion og gennemsnitlig æggemasse hos en linie af Australorp høner, der i løbet af 5 generationer var blevet selekteret for høj vægtfylde af æg; som kontrol blev den selekterede linie sammenlignet med en linie, der ikke var blevet selekteret i det samme tidsrum. Samtidig med forøgelse i vægtfylden af de producerede æg fra 1,087-1,092 faldt procentandelen af blødskallede æg, den var således på 6,3 % hos kontrollinien og 2,9 % hos de selekterede høner. Dette fald skete især i den første del af produktionsperioden, da begge linier havde den største procentvise produktion af blødskallede æg. Gennemsnitlig kropvægt, daglig foderindtagelse og gennemsnitlig ægvægt faldt med henholdsvis 0,28 kg, 7,5 g og 1,8 g ved selektionen. Æggehvidehøjden faldt med 2,1 Haugh-enheder under selektionen, hvis den blev målt inden for den 1.time efter æglægning, men efter opbevaring i 10 dage ved temperaturen 13°C og en relativ luftfugtighed på 78 % var æggehvidehøjden dog den samme som hos kontrollinien.

Forsøgsresultater af Rodda (1972) tydede på, at selektion for skaltykkelse ville resultere i nedgang i Haugh-enheder af æggehvide. I følge Kinney og Lowe (1968) er der en negativ korrelation mellem vægtfylde af æg og hvidekvalitet på -0,37.

I forsøg af van Toledo et al. (1980), citeret af Hunton (1982), blev der startet med en genetisk basispopulation, og 2 linier blev oprettet ud fra denne population ved selektion i forskellig retning med hensyn til skalstyrke. Efter 4 generationers selektion havde

linien med den høje skalstyrke en brudstyrke på 3,70 kg, medens brudstyrken var på 2,88 kg hos linien med de svage skaller - en forskel på 28 %; denne forskel blev observeret på trods af, at skallerne kun var lidt forskellige med hensyn til skaltykkelse 0,356 mm mod 0,307 mm. Det blev fundet, at mammillary cores i skallerne fra hønelinien med de svage skaller var mindre og tættere fordelt end i skaller fra hønelinien med stærke skaller, og denne forskel på struktur kunne muligvis gøre rede for 20 % af variationen i skalstyrke, medens 60 % kunne forklares ud fra forskel på skaltykkelse.

Sørensen og Petersen (1982) fandt en meget sikker kurvelineær sammenhæng mellem vægtfylde af æg med hel skal og knækægsprocent ($R^2 = 0,87$), hvor vægtfylden af ægget først blev bestemt, hvorefter ægget blev udsat for en særlig belastningsprøve, men under opgørelse med hensyn til hønens afstamning blev korrelationen mellem vægtfylde og knækægsprocent reduceret meget væsentligt, og det betyder, at avl for højere vægtfylde/skalprocent næppe giver grundlag for en avlsmæssig reduktion af knækægsfrekvensen. En af årsagerne hertil er, at afstamninger med svag skalstyrke har mange knækæg, som ikke kan indgå i vægtfyldeundersøgelsen, og derfor vil vægtfyldemålet for de resterende æg blive for højt for disse afstamninger. Øvrige forhold, der kunne tænkes at medvirke til en reduktion af korrelationen mellem vægtfylde og totalknæk er bl.a. hønens/afstammings adfærd under og umiddelbart efter æglægning - herunder stående eller liggende position i æglægningsøjeblikket.

I følge Carter (1976) har skaltykkelse betydning for knækægsprocent under lægning, ægmasse og skalstivhed er derimod uden betydning for den stødstyrke, som æggene udsættes for gennem fald fra en given højde og ned på et elastisk gulv med en lille effektiv masse. Anderson et al. (1970 b) anfører, at skaltykkelse, ægform og ægstørrelse kun spiller en lille rolle for knækprocenten af æg under lægning. I forsøg blev der ikke fundet nogen signifikant forskel på skaltykkelse af æg fra høner med lav knækprocent i forhold til æg fra høner med høj knækprocent under lægning. Wood-Gush og Gilbert (1969) anfører, at der er stor variation mellem de forskellige høner med hensyn til adfærd ved æglægning - specielt i den højde, som æggene falder fra 1,3 til 22,9 cm.

I forsøg af Carter (1971 b) indgik følgende 3 hønacer: a) middelvægt-alm. æglægningslinie; b) let vægt-alm. æglægningslinie; c)

Brun Italiener. Inden for hver race havde hønerne med den højeste knækægsprocent den signifikant ($P < 0,05$) højeste gennemsnitlige faldhøjde, og der var endvidere signifikant ($P < 0,05$) forskel på faldhøjden mellem de 3 høneracer. Selektion for en lav knækægsfrekvens under lægning er ensbetydende med selektion for en reduceret faldhøjde, og at æggets buttede ende lægges først. Denne selektion kan finde sted ved at lade høner gå på et gulv med en stor effektiv masse - eksempelvis med maskevidden 5,0 x 2,5 cm og tråddykkelsen 3,25 mm (10 SWG-gulv).

Den gennemsnitlige faldhøjde kan findes ved hjælp af ligningen:

$$h = 11,144 (ip/n)_{\text{justeret}}$$

og gælder generelt for høner af alle racer på et 10 SWG-gulv.

$$(ip/n)_{\text{justeret}} = (ip/n)_{\text{obs}} - 0,0910 - 0,5558(bc/ip) - 0,5437(t/r) + 1,1453(eh/n),$$

hvor b, c, e = normale æg med åbne skalødelæggelser i henholdsvis den buttede ende, den mellemliggende og den midterste del

h = normale æg med hårknæk

i = normale æg med åbne skalødelæggelser i en eller anden mellemliggende region

n = æg med skaller som originalt er normale

p = normale æg med åbne skalødelæggelser i en af enderne

r = registrerede æg af en hvilken som helst klasse

t = tyndskallede eller vindæg.

Carter (1971 b) fandt en h^2 -værdi for knæk af æg under lægning (ip/n) på 0,73.

Engstrøm (1982) fandt en h^2 -værdi på 0,48 for knæk af æg under lægning, desuden blev der fundet en korrelation på -0,78 mellem læggeprocent og knækægsprocent under lægning (tabel 6.6).

I forsøget indgik 368 Hvid Italiener høner fra 68-80 ugers alderen i enkeltdyrbure, æggene blev opsamlet fra ægrenden 2 gange om ugen og håndlyst; i alt blev håndlyst 18.000 æg, og alle æg blev vejlet.

Tabel 6.6 Heritabilitet på og genetiske korrelationer under diagonal.
Værdierne er baseret på fader/halvsøskende data
(Engstrøm, 1982)

Table 6.6 Heritabilities on and genetic correlations below the diagonal.
 The estimates are based on paternal halfsib data

	Knækægs- procent	Æg- vægt	Antal æg
Knækægsprocent	0,48±0,23		
Ægvægt	-0,14±0,28	0,71±0,31	
Antal æg	-0,78±0,33	0,00±0,40	0,23±0,16

Der er forskel på den frekvens, hvormed de forskellige høner lægger tynd- og blødskallede æg, og denne frekvens er positivt korreleret med frekvensen af åbne knæk under lægning ($r = 0,62$) (Carter, 1971b).

Siegel et al. (1978) fandt ligeledes, at frekvensen af knækæg under lægning var positivt korreleret ($r = 0,44-0,49$) med høners produktion af defekte æg (blødskallede, ekstra forkalkede eller æg med sammenpressede sider); selektion mod defekte æg under lægning kan dermed virke reducerende på antallet af knækæg.

Skalmaterialestyrken er reduceret hos høner, der lægger æg med kridt-agtige skaller, eliminering af dem ved selektion for blankhed vil øge den gennemsnitlige skalmaterialestyrke. Avlere burde selekttere for en ægform, der maksimerer strukturstyrken for en given mængde af mineralskal, d.v.s. for øget rundhed af æg (Carter, 1970 c); Hicks (1958) bestemte en h^2 -værdi for ægform (bredde i procent af længde) på ca.0,60, medens Kinney og Lowe (1968) fandt, at ægformen havde en heritabilitet på 0,28 hos høner af middelsvær race, hvori- mod Kinney et al. (1968) fandt en værdi på 0,61 for høner af racen Hvid Italiener. Tijen og Kuit (1970) fandt en værdi på 0,48 som gennemsnit af en række h^2 -værdier fra litteraturen; den genetiske korrelation mellem ægvægt og ægform er meget lille - +0,07 -; medens den er på 0,12 mellem vægtfylde af æg og ægform. I forsøg af Roland (1978) blev fundet, at der skal anvendes 42 mg mere skal pr.0,50 enhedsnedgang i formindeks (bredde/længde x 100) for at forkalke aflange æg til samme skaltykkelse som runde æg. Selektion for æg med rund form vil således tillade høner at producere tykkere skaller, hvis en given skalmængde er til rådighed.

6.2 Hønealder

Skalkkvalitet

En undersøgelse af knækægsprocenten i forskellige ægindsamlingssystemer viste, at øget mekanisering øger knækægsprocenten, og at problemet bliver større, jo ældre hønerne bliver (Selsing et al., 1982). I bure fandt Leech og Knowles (1969) en knækægsprocent på 4,22 hos høner, der var yngre end 1 år, men når hønerne var ældre end 1 år, var knækægsprocenten på 9,82; på dybstrøelse og i andre driftssystemer blev der fundet en gennemsnitlig knækægsprocent på 3,67, men her var knækægsprocenten næsten uafhængig af hønerens alder.

Som høners læggeperiode skrider frem, stiger ægvægt og ægstørrelse. Bramhall et al. (1973) fandt, at den procentvise fordeling af den totale knækægsprocent var følgende: 45,4 i ekstra store æg, 27,7 i store, 5,3 i medium og 0,5 i små æg; forsøget foregik med høner i bure. Æggene blev indsamlet manuelt, stillet på bakker, transporteret til vask, vasket og atter stillet på bakker. Den totale knækægsprocent var på 6,5, idet dog æg, der ikke kunne opsamles i burene, ikke var inkluderet. Forfatterne mente, at knækægsprocenten af store æg kunne mindskes, hvis disse æg ikke stilledes på bakke sammen med mindre æg, og hvis bakkernes stablingshøjde blev nedsat. Med stigende krumning på en æggeskal stiger skallens strukturstyrke, d.v.s. at æggeskallens krumning bl.a. afhænger af æggets størrelse. Med korresponderende punkter på to skaller af samme form, men med forskellig størrelse er krumningen direkte proportional med vægten af skallen og dermed med ægvægt^{1/3} (Carter, 1971 b). Når et æg støder til noget tungt og stift - f.eks. en del af et bur eller en væg - er stødstyrken mod æggeskallen stigende med stigende æggemasse; det samme gælder, når et æg støder mod et andet æg, der ligger frit på en vandret overflade (Carter, 1976).

Årsagen til den faldende skalkkvalitet med læggeperiodens tiltagende længde er i følge forsøg af Roland et al. (1975 a), at æggenes størrelse stiger, medens skalvægten (kalciumpføjningen) ikke stiger væsentligt. I forsøget indgik høner af 6 almindelige æglæggerracer (13 høner pr. race og 38 uger gamle), de blev i forsøgsperioden (1 år) fodret med en majs-sojablanding, der indeholdt 16,0 % protein og 3,0 % kalcium. Ægvægt, skalvægt og skaltykkelse blev bestemt med regelmæssige intervaller i løbet af forsøgsperioden (fig.6.1).

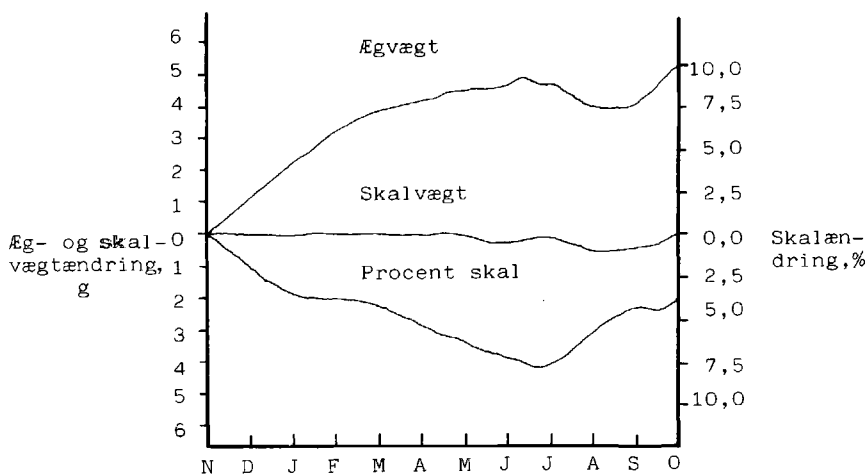


Fig.6.1 Effekt af hønealder på ægvægt, skalvægt og ændring i % skal (Roland et al., 1975 a)

Fig. 6.1 Effect of age of hen on egg weight, shell weight, and shell, %

Petersen og Høj (1980) fandt, at skalvægtens afhængighed af hønealder kunne beskrives ved hjælp af formlen:

$$\text{Skalvægt} = 0,970 - 0,025 \times \text{læggeperiode} + 0,078 \times \text{ægvægt, g},$$

hvor én læggeperiode er 4 uger.

I forsøget indgik 240 Hvid Italiener høner fra 23 ugers alderen og i 10 perioder á 28 dage frem. Ved indsætning af værdier i formlen kan ses, at skalvægten stiger med stigende ægstørrelse, men at skalvægtens stigning ikke er stor nok til at holde skalprocenten konstant. Petersen (1971) har tidligere fundet, at skalkvaliteten blev forringet med 0,0026 procentenheder for hver dag, hønernes alder steg fra 194-476 dage. Roland (1979) anfører ligeledes, at ægvægten stiger, medens skalaflejringen næsten forbliver konstant efter 3 måneders lægning.

Ægvægt, skalvægt og skalprocent blev målt på æg, der var blevet lagt i en 5-dages periode af høner fra 10 forskellige hønelinier af racen Hvid Italiener, og i alt 384 høner indgik i forsøget. Målin-

gerne blev foretaget, da hønerne var henholdsvis 165; 225; 277; 335; 390; 445 og 490 dage gamle, og ægvægten øgedes kontinuerligt hos alle hønelinier fra 165-490 dages alderen (gennemsnitlig med 32,2 %). Skalvægten blev øget fra hønernes 165-335 dages alder, men derefter forblev den næsten konstant. I den samlede periode (fra 165-490 dages alderen) faldt skalprocenten med 14,7 (Hamilton, 1978).

I forsøg af Belyavin og Boorman (1980) indgik 48 høner i enkeltdyr-bure. En gang ugentlig fra hønernes 20-80 ugers alder blev de producerede ægs vægtfylde målt; resultaterne antydede, at med læggeperiodens tiltagende længde blev mønsteret for fald i vægtfylde af æg forskelligt fra høne til høne. Der blev ikke fundet nogen signifikant relation mellem skalkkvalitet og læggeprocent; og uanset om en høne producerede æg med høj eller lav vægtfylde i læggeperiodens start, så blev der observeret pludselige fald i vægtfylden af de producerede æg.

Med stigende hønealder forekommer et stigende antal æg med svag skal, dels som følge af en reduktion i den gennemsnitlige skalprocent, dels som følge af en større spredning (Sørensen og Petersen, 1982). Med endrastisk forøgelse af ægstørrelse fra den ene dag til den anden hos unge høner (første 10 æg) eller hos ældre (14 måneders lægning) øges skalaflejringen, men ikke nok til at modstå en signifikant ($P < 0,05$) nedgang i skalkkvalitet i henhold til forsøg af Roland (1980 a); men forøgelsen i skalvægt hos ældre høner var dog på 7,5 %, hvis ægvægten blev forøget med 15,9 %. Tilsyneladende er det således muligt for høner at aflejre mere skal på æg, end de almindeligvis aflejrer, hvis de får de rigtige stimuli. Nedgang i skalkkvalitet med stigende hønealder kan i følge Petersen (1965) skyldes, at mængden af kalcium, som høner absorberer og tilbageholder til brug i skaldannelsen, falder med alderen, men derudover falder mængden af kalcium i skelettet, der er let disponibelt for skaldannelse.

Roland et al. (1978) viste dog, at gamle høner var i stand til at opretholde skalkkvalitet, ægvægt, ægproduktion og serum-kalcium i lighed med eller endog bedre end unge høner, i tilfælde hvor begge hold blev fodret med foder, der indeholdt en utilstrækkelig mængde kalcium, d.v.s. at fald i skalkkvalitet med stigende hønealder således ikke skyldes et fald i hønens evne til at absorbere kalcium eller udnytte kalcium i skelettet.

Procentandelen af æggeskallerne, der er ru eller med skalkorn, er stigende med stigende hønealder (Folkerts, 1976).

I forsøg af Arafa et al. (1982 a) blev det ligeledes fundet, at frekvensen af skalkorn på æggeskaller blev øget signifikant med stigende hønealder (23-71 uger), men andre faktorer end hønealder øger denne frekvens. Man fandt også, at frekvensen af skalkorn steg i signifikant grad med faldende vægtfylde af æg. På tykke æggeskaller bliver skalkorn sandsynligvis camoufleret. Der er også en tendens til forekomst af færre skalkorn på æggeskaller, der bliver lagt om eftermiddagen, end på skaller, der bliver lagt om morgenen.

Magnesiumindholdet i æggeskaller falder i følge forsøg af Hurnik et al. (1977) væsentligt fra hønens 52 til 70-ugers-alder (fra 0,35 til 0,32 %), og det er på tidspunkt, at der ofte findes en høj knækægsprocent. Æggeskallens kalciumindhold falder ligeledes med stigende hønealder (fra 35,5 til 32,8 % fra 24 til 70 ugers alderen), hvorimod fosfor- og proteinindholdet i æggeskaller er uafhængig af hønealder.

Forbedring af skalkvalitet via fodring

En forøgelse ud over normen af foderets kalciumindhold kan ikke hindre den faldende skalkvalitet med stigende hønealder (Roland et al., 1975 a), Vogt (1981) anførte, at tilsætning af kalcium til foder kun giver en begrænset mulighed for at øge æggenes skaltykkelse fra hønens 64,5 til 68,5 ugers alder, men en forøgelse af kalciumindtagelsen (x i g pr.hønedag) forøgede skaltykkelsen lineært (y i μm):

$$y = 317,3 + 8,0x$$

en kalciumindtagelse ud over en mængde på 5,5 g pr.høne pr.dag (ca.4 % i foder) virkede dog ikke yderligere forøgende på skaltykkelsen. Anvendelse af østersskaller som kalciumkilde i stedet for kridt formindsker ikke tilbagegangen i æggenes skalkvalitet med læggeperiodens tiltagende længde (Petersen og Høj, 1980).

I forsøg af Sauveur (1981) havde $25-(\text{OH})\text{D}_3$ en lidt gunstigere effekt på skalvægt/skalareal end vitamin- D_3 hos høner fra 42 til 60 ugers alderen, men Yannakopoulos og Morris (1979) anførte, at $25-(\text{OH})\text{D}_3$ ikke havde en gunstigere effekt på æggenes skaltykkelse end vitamin- D_3 hos 64 til 74 uger gamle høner, og det samme gjorde Hamilton (1980)

i forsøg med 92 til 104 uger gamle høner.

Solanum malocoxylon (SM) er en busk, der indeholder et glycosid af vitamin-D₃ (1,25-(OH)₂D₃). Effekten af denne kilde til vitamin-D₃-aktivitet kan undertiden være forskellig fra effekten af (1,25-(OH)₂D₃). I forsøg af Sauveur (1981) havde SM-vitamin-D₃ en lidt gunstigere effekt på æggenes skalkkvalitet end vitamin-D₃ hos 63 til 69 uger gamle høner. Det samme var tilfældet i forsøg af Morris (1977) med høner i 9. æglægningsmåned.

Azona et al. (1980) fandt, at det var muligt at hindre et fald i æggenes skalkkvalitet (mg pr. cm²) blot ved at tilsætte 0,1-0,3 % SM til foderet fra høners 70 til 76 ugers alder, den gennemsnitlige ægvægt blev tilsyneladende ikke påvirket af denne SM-tilsætning, hvorimod hønernes ægproduktion og kropsvægt viste en nedadgående tendens.

Azona et al. (1980) fandt, at vitamin-D₃, der stammer fra SM, ikke havde nogen effekt på 26 til 54 uger gamle høners skalkkvalitet. de fandt også, at et SM-indhold på mere end 0,4 % havde en giftig effekt, hvis det blev fodret i en kort periode (14 dage); et SM-indhold i foderet på 0,1 % eller mere over et længere tidsrum (28 uger) forøgede hønedeødeligheden. Ud over en nedsættelse af æggeskallers strukturstyrke med stigende hønæalder sker der en forringelse af skalmaterialets styrke, der ikke kan påvirkes gennem fodringen (Vogt, 1981).

Efter en fældnings- og æglægningspause forøges skaltykkelsen og skallens glathed. Jo lavere æggenes brudstyrke var hos hønerne før æglægningspausen, jo større bliver forbedringen af brudstyrken efter pausen. Æggenes skaltykkelse og glathed forøges desuden med øget længde af pausen (Wolford og Tanaka, 1970).

Forbedring af skalkkvalitet via daglængdecyklus

Skaltykkelse og skalstyrke blev forbedret hos 64 til 74 uger gamle høner ved hjælp af 28-timers-daglængdecyklus i stedet for en 24-timers-daglængdecyklus, som det kan ses af tabel 6.7; i dette forsøg af Yannakopoulos og Morris (1979) indgik 1440 høner i den 28-timers-cyklus (20 lys pr. 8 mørke) og 1440 høner i den 24-timers-cyklus (16 lys pr. 8 mørke).

Tabel 6.7

Effekt af døgncyklus på skalkvalitet
(Yannokopoulos og Morris, 1979)

Table 6.7

Effect of lighting treatments on egg shell quality

	Æg/100 høne- dage	Vægt gns., g	Total æg- fejl,%	Knæk u. gen.- lysn.,%	Foder- indt., g/dag	Skal- tyk., mg/cm ²
24-timers-cyklus	73,5	65,1	9,24	4,07	120,2	72,7
28-timers-cyklus	70,2b	69,1c	7,40a	2,81b	123,0	80,2c

a, b, c signifikant (P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001)
forskellig fra 24-timers-cyklus.

I forsøg af Nordstrom (1982) blev Hvid Italiener høner udsat for en 26-timers-cyklus (16 lys pr.10 mørke) eller en 27-timers-cyklus (16 lys pr.11 mørke) enten 56 eller 60 uger gamle; et kontrolhold gik i en 24-timers-cyklus (16 lys pr.8 mørke). Skalvægt, målt i mg pr.cm² ægoverflade, blev signifikant øget, da hønerne i én uge blev udsat for den lange døgncyklus fra 78,2 (24 timer) til 79,8 (26 timer) og til 82,7 (27 timer). Forøgelsen af skalvægt var størst hos høner på 27-timers-cyklus, men fordi ægvægten også blev signifikant øget med denne behandling (ikke 26-timers-cyklus), blev der ingen signifikant forskel på skalvægt pr.cm² ægoverflade i 26- og 27-timers-cykler.

Forskellige daglængder "cykler" havde ingen signifikant effekt på æglægningsværdien, justeret til 24-timers-basis, men fodereffektiviteten blev signifikant forbedret ved 27-timers-cyklen. Forlængelse af døgncyklus havde en gunstigere effekt på skalkvaliteten ved 56 end 60-ugers-alderen. I følge forfattere, refereret af Nordstrom (1982), vil skaltykkelseeffekten af en forøgelse af skalvægt delvis blive udlignet af den signifikante forøgelse af ægvægt, der er blevet observeret for cyklus på 27 timer eller længere. Den maksimale cykluslængde, som virker forbedrende på skalkvaliteten har en øvre grænse på ca.28 timer.

I forsøg af Nys og Mongin (1981) gik høner fra 244-262-dages-alderen ved en døgncyklus på 16-timers-lys og 8-timers-mørke, og dette fungerede som kontrol; fra 263-326-dages-alderen gik de i lysperioder på 3 timer, adskilt af 3-timers-mørke, eller i lysperioder på 4 timer, adskilt af 4-timers-mørke. Begge behandlinger bevirkede en

forbedret æggeskalkkvalitet (skalvægt pr.100 cm²) og en stigende ægvægt, men samtidig faldt foderoptagelse og læggeprocent, men fodereffektiviteten blev ikke påvirket i signifikant grad.

Bougon et al. (1981) fandt, at lysperioder på 3 timer, adskilt af 3-timers-mørke, i signifikant grad reducerede procentandelen af knækæg i forhold til lysperioder på 14 timer, afbrudt af 10-timers-mørke. Desuden blev foderoptagelse og ægproduktion nedsat og ægvægt øget med anvendelse af 3 lys pr.3 mørke timers cyklen; fodereffektiviteten blev forbedret. Forsøget blev udført med 1344 høner fra 49 til 65 ugers alderen.

En ændring i daglængden ændrer hønens alder ved 1.æg, og en forøgelse af hønens alder ved 1.æg mindsker antallet af æg med forskellige fejl i æggeskallen og giver en bedre skalstyrke - i følge Lacassagne og Mongin (1965), citeret af Jensen (1980 b).

Roland (1981) fandt, at procentandelen af kropknækkede æg, d.v.s. æg med ridser, streger og synlige knæk på æggets midte, øgedes med stigende hønealder - fra 0,9-5,4 og videre til 8,5 % -, eftersom hønerne blev henholdsvis 8; 11 og 14 måneder gamle; de havde 17-18 timers lys pr.døgn. Endvidere blev fundet, at en forøgelse af daglængden fra 16-19 timer pr.døgn øgede procentandelen af disse unormale æg fra 7,68-18,32, hvilket muligvis skyldes en forøget kropaktivitet i skaldannelsens kritiske perioder. Kropknækkede æg er 20 % svagere under pres end normale æg.

I følge forsøg er antallet af kropknækkede æg stigende med stigende hønealder. Roland (1977 a) fandt ligeledes en stigning fra 0,9 % hos 8 måneder gamle høner og til 8,5 % hos 14 måneder gamle høner, men den totale procentandel af unormale æg var dog ca. den samme, d.v.s. 20 % inden for de forskellige alderstrin. Størstedelen af de kropknækkede æg blev lagt før kl.10.00, og det viste sig, at frekvensen af kropknækkede æg var stigende med stigende antal høner pr.bur.

Vindæg og tyndskallede æg

I følge forsøg af Tijen (1981) produceres den største andel af dårligt forkalkede skaller og vindæg i løbet af hønernes første to æglægningsmåneder, og 1 % af den totale ægproduktion i hele æglægningsperioden bestod i dette forsøg af dårligt forkalkede skaller.

Frekvensen af disse æggeskaller syntes at høre sammen med hønelinien - Hvid Italiener - og at være mindre hos høner i bure end hos høner på dybstrøelse. Den totale ægproduktion syntes ikke at påvirke mængden af utilstrækkeligt forkalkede æggeskaller, men høner i grupper (4 høner pr.bur) producerede en lavere procentandel af disse æggeskaller end høner, der gik enkeltvis i bure. Temperaturen (15 og 21°C) havde ingen effekt på produktionen af utilstrækkeligt forkalkede æggeskaller. Høner producerer især de skalløse eller blødskallede æg i de første og de sidste 2 måneder af æglægningsperioden (Hester et al. 1980).

Af forsøgsresultater af Roland (1976) fremgik, at med en alder på henholdsvis 6; 10 og 13 måneder havde høner en ovulationsprocent på 91; 78 og 73, men henholdsvis 2,4; 5,1 og 10,6 % af disse æg kunne ikke samles op, fordi 47 % af de uopsamlelige æg var skalløse, 36 % ultratyndskallede og 17 % tyndskallede. Det konkluderedes, at ca.6,04 % af de æg, som blev lagt i løbet af de første 9 måneder, gik tabt på grund af en utilstrækkelig mængde af skal; de uopsamlelige æg blev opsamlet på plader af metal, der var placeret tilfældigt under 5,3 % af 45.000 høner i 24 timer.

Roland (1977 b) fandt, at tidspunktet for lægning af uopsamlelige æg fulgte mønstret for lægning af tykskallede æg (tabel 6.8), hønernes alder var uden betydning. Der indgik 6.652 høner i forsøg, og de havde enten lys fra kl.2.00 og 18 timer frem eller fra kl.4.00 og 16 timer frem. Forsøget viste, at uopsamlelige æg ikke var særegen for en høn race, og at disse æg blev lagt af høner i produktion (8 måneder gamle), og at frekvensen af disse æg derefter var stigende med stigende høn alder (17 måneder), det viste også, at gennemsnitlig 4,6 % af æggene var uopsamlelige.

I følge forsøg, refereret af Petersen og Høj (1980), er høner, der lægger vindæg og tyndskallede æg i stand til at absorbere og tilbageholde tilstrækkeligt kalcium til normal skaldannelse; disse høner har et højt indhold af kalcium i skalkirtelen, men de er åbenbart ikke i stand til at udnytte det til skaldannelse; desuden mangler hønerne evnen eller stimulansen til at mobilisere kalcium fra skelettet til dannelse af æggeskallen.

Tabel 6.8 Procentvis produktion af uopsamlelige og tykskallede æg
i relation til tidspunkt for æglægning
(gens.værdier med høner på forskellig alderstrin)
(Roland, 1977 b)

Table 6.8 Per cent production of uncollectable and hard-shell eggs
in relation to time of oviposition
(mean values for hens of different age)

Tidspunkt for æglægning	Type æg	
	uopsamle- lige	tyk- skallede
18.00 - 6.00	4,01a *)	6,05
6.00 - 8.00	0,83b	19,81
8.00 - 10.00	0,91b	30,25
10.00 - 12.00	0,52b	18,91
12.00 - 14.00	0,52b	14,23
14.00 - 16.00	0,56b	7,99
16.00 - 18.00	0,47b	2,81

*) værdier, efterfulgt af samme bogstav i samme søjle,
er ikke signifikant forskellige ($P < 0,05$)

Roland et al. (1975 b) udførte forsøg med 76 uger gamle høner, der lagde 21,7 % af deres ægproduktion (57,8 %) som skalløse eller ultratyndskallede æg. Forfatterne fandt, at de homostatisk mekanismer, der regulerer blodets indhold af kalcium, var normale, fordi blodets indhold af kalcium var normalt, og at det reproduktive system var af en normal størrelse og udseende. Dette antyder, at den primære årsag til skalløse og tyndskallede æg er fejl, der opstår under transporten af kalcium fra blodstrømmen til det reproduktive system. Når høner producerer ultratyndskallede eller skalløse æg skyldes det ikke manglende evne til at absorbere kalcium fra fordøjelseskana-len eller til at transportere det til blod, knogler eller æggeleder, men at de mangler evnen til at udnytte kalcium i den aktuelle skal-dannelsesproces, eller at de lægger æggene for tidligt (Roland et al., 1977).

I forsøg af Koga et al. (1982) blev fundet, at mikrostrukturen af blødska-llede ægs overflade varierede betydeligt fra de skaller, der udvikler sig normalt, til at bestå af uregelmæssigt formede aflejringer, hvilket antyder, at produktion af blødska-llede æg kan skyldes fysiologiske ændringer i skalkirtelen. Tilsyneladende er

blødskalet af æg således ikke altid et resultat af for tidligt lagte æg. Høner lægger æg med unormal og uregelmæssig overflade, hvis deres æggeleder kontinuerligt irriteres af en tråd (Koga et al., 1982); blødskalet eller skallede æg er i forsøg blevet fremkaldt af følgende: Sulfanilamider, -aminopropinitril, arasan, DDT, Newcastle sygdom, Infektøs bronchitis, kroniske respirationssygdomme, nembutal, natrium phenobarbital, acetylcholin og et foder, der manglede kalcium eller vitanmin-D₃ (Hester et al., 1980). Forskellige hønelinier har forskellig evne til at opretholde en god skalkvalitet (Jensen, 1980 b). DANÆG (1982) anbefaler at sætte høner ud efter 13-14 måneders æglægning for at mindske frekvensen af knækæg.

Selsing et al. (1982) konkluderede, at den gennemsnitlige affaldsprocent af æg kan nedsættes ved at udsætte høner efter 14 eller 15 perioder, men dækningsbidraget blev under de gældende forudsætninger 1 til 2 kr. lavere pr.høne i forhold til udsætning efter 16 perioder; dette er resultat af en økonomisk beregning på 137 hold høner i følge de på tidspunktet gældende normer og prisforhold. Hønerne gik enten i bure eller på net og havde afsluttet en 16-perioders æglægning i tiden fra maj 1976 til beregningstidspunktet - november 1980 -.

6.3 Målinger af knækægsprocenter i praksis

Belyavin og Boorman (1982) undersøgte knækprocent og knæktype hos æg under læggeperiodens forløb. I forsøget indgik 984 halvsvære høner fra 20-80-ugers-alderen og med 3 eller 4 høner pr.bur, hver havde 613 cm² gulvareal; nogle høner gik i enkeltdyrbure på 1227 cm².

En dags ægproduktion blev gennemlyst hver uge; knæk i æggene blev klassificeret i følgende grupper:

- 1.gruppe (under 4 mm i diameter)
- 2.gruppe (over 4 mm i diameter)
- 3.gruppe (æg med store huller).

Kassation af æg fra hønernes 20-80-ugers-alder skyldtes i 83 % af tilfældene knæk; samtidig med stigning i kassationsprocenten faldt æggene vægtfylde. Klassificering af knæk efter type viste, at huller, fremkommet efter hak med næb eller tånegl, var den dominerende

skalfejl i æglægningsperioden, men i følge Carter (1971 b) kan der også fremkomme huller omkring enderne, når æggene falder på burgulvet under lægning. Den høje procentandel af alvorlige knæk tidligt i æglægningsperioden i forsøg af Belyavin og Boorman (1982) kan skyldes skaldefekter, der opstod, da høner kom i lægning, procentvis forstørret opad (den lave knækprocent i denne periode). I laboratorieundersøgelser blev påvist en dårlig skalkvalitet i denne periode. Der var en høj procentandel af linieknæk, d.v.s. at skallerne var tynde (mg pr. cm^2). Den første kulmination med stjerneknæk i æglægningens 6. periode kan repræsentere en vekselvirkning mellem antallet af æg og skalstyrke, hvis det accepteres, at størstedelen af stjerneknækkene var resultat af kollision mellem æg; den anden kulmination med stjerneknæk sidst i æglægningsperioden var forbundet med et højt antal linieknæk, og det kan afspejle en generel nedgang i skalstyrke.

Knækkenes alvorlighed blev øget, som hønerne blev ældre. Hvis stødmængden fra omgivelserne var konstant, som æglægningsperioden skred frem, må man formode, at æggeskallerne blev mere sårbare. Forøgelse af hønernes vægt med stigende alder kan dog have forøget burgulvets bevægelse som et resultat af hønernes aktivitet, og det kan have bidraget til en forøgelse af knækprocenten ved stød; en forøgelse af ægvægten vil derudover betyde en forøgelse af bevægelsesenergien, som æggene opnår, når de ruller ned fra burgulvet og dermed en forøgelse i den stødstyrke, som æggenes udsættes for; forskellige eksempler herpå kan ses af tabel 6.9.

Fra 3 høneflokke blev indsamlet 6 æggeprøver, i hvilke antal intakte æg var lig med antal knækkede æg, og det totale antal æg af hver prøve varierede fra 20-44. Hønerne gik i bure enten med sammensvejet maskegulv eller med gulve af trådnæt. Fra de 3 flokke blev prøverne udtaget på forskellige tidspunkter, f.eks. da hønerne var henholdsvis 38; 40; 59; 61; 79 og 80 uger gamle. Af tabel 6.10 fremgår, at æg med huller var signifikant lettere og havde en signifikant højere vægtfylde end æg med linie- eller stjerneknæk.

Tabel 6.9

Knæktype og knækprocent afhængig af periode (Belyavin og Boorman, 1982)

Table 6.9

Cracked type and percentage of cracked egg shells depending on period

Periode:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kassation,%:	9,5	4,8	5,6	5,7	5,8	6,3	6,4	8,3	8,7	10,4	13,3	13,7	16,1	19,5	20,5
Vægtfylde:	1,085	1,086	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,084	1,082	1,082	1,081	1,080	1,080	1,079
Huller,%:	30,7	34,9	41,3	49,1	49,2	51,2	56,3	65,2	61,3	57,0	52,9	56,7	52,2	46,7	51,7
Stjerneknæk,%:	4,9	8,6	20,7	20,0	22,2	23,5	21,3	17,4	16,7	15,5	21,2	21,8	18,4	22,4	16,1
Linieknæk,%:	64,4	56,6	38,1	30,9	28,6	25,3	22,5	17,4	22,0	27,5	26,0	21,5	29,5	30,9	32,2
Knæk af 1.grad:	27,3	64,7	72,5	66,4	73,8	65,7	65,9	68,9	65,0	54,6	57,2	51,8	42,9	48,3	43,1
Knæk af 2.grad:	54,8	30,4	20,8	24,8	18,8	23,9	22,2	19,4	24,5	25,0	22,7	23,7	24,9	20,0	22,9
Knæk af 3.grad:	17,9	4,9	6,7	8,9	7,5	10,5	12,0	11,7	10,5	20,4	20,1	24,4	32,2	31,7	34,0

Størstedelen af de knæk, der her er medregnet, var af hulltypen, og det tyder på, at når æg knækker i praksis, så skyldes det ikke, at æggeskallen er svag. På trods af, at størstedelen af knækkene var huller, var vægtfylden af de knækkede æg signifikant lavere end for intakte æg, hvilket antyder, at skalmængden er en vigtig faktor for alle typer af knæk. Hønernes alder syntes ikke at påvirke typen af knæk (Belyavin og Boorman, 1981 a).

Tabel 6.10 Fysisk karakteristisk af knækkede æg (gennemsnitsværdier)

Klassificeret efter knæktype

(Belyavin og Boorman, 1981 a)

Table 6.10 *Physical characteristics of cracked eggs (mean values)*
classified by means of type of cracks

Knæktype:		Huller	Stjerne- knæk	Linie- knæk
Total,	%	44	32	24
Ægvægt,	g	61,4b	65,7a	67,7a
Æggeform, indeks- længde/maksimumbredde		1,53	1,56	1,54
Vægtfylde af æg		1,082a	1,076b	1,072b
Tør skalvægt,	g	5,012ab	5,140a	4,629b

a, b værdier med forskellig påskrift er signifikant forskellige
($P < 0,05$)

Forsøgsresultaterne tydede ikke på, at ægvægt eller ægform betød noget for æggenes knækfrekvens under lægning, men ægvægt og ægform har størst betydning, når æg kolliderer mod en stiv plade; i et sådant tilfælde er det især aflange og tunge æg, der knækker, og linieknæk er primært et resultat af sådanne stød (Belyavin og Boorman, 1981 a).

Leech og Knowles (1969) anfører, at hvis knæk forekommer i en enkelt linie, kan det kun være forårsaget af chokbølger inde i ægget, d.v.s. fremkommet under stød på æglægningstidspunktet, da ægget ikke havde nogen luftcelle til at absorbere chokket; knæk kan også fremkomme som følge af afkølingsstress af en uens dannet æggeskal.

I følge Carter (1971 b) dannes de fleste hårkknæk og knæk på æggets midterdel, når æg tipper over efter at være faldet på burgulvet eller rullet ned i ægrenden; under disse betingelser er kun få af

støddene store nok til at knække æggene, og det kan forventes, at knækfrekvensen bliver bestemt af skalstyrken, hvilket vil sige, at skaltykkelsen er en vigtig faktor, og frekvens af hårknæk og knæk på æggets midte er dermed et direkte mål for skaltykkelse - korrelationer på henholdsvis -0,39 og -0,48 -.

Når æggene falder på burgulvet under lægning, kan skallerne gå itu i enderne, og frekvensen af disse ødelæggelser er kun i ringe grad korreleret med skaltykkelsen (-0,10). Knæk kan klassificeres som værende af "stødtypen", hvis skallen er slået ind, og knæk udstråler fra stødpunktet og giver det udseende af et edderkoppespind, eller hvis en serie af knæk i skallen udstråler fra stødpunktet, og hvis der mangler en ring eller et hul på stødpunktet. Knæk i en enkelt linie, der igen kan være med eller uden linier, der udstråler mindre end 0,6 cm fra knæklinien, er især knæk af "prestypen" (Orr et al., 1977). Små huller i hele æg kan være forårsaget af skarpe metalgenstande i buret eller fra andre steder i det mekaniske ægindsamlings-system (Eggleton og Ross, 1971); i følge Berry (1976) er følgende forklaringer på disse små huller blevet fremsat: Tånegle, trådender eller et stykke afslået skal. Årsagen til punkturhuller er afbræk af små fremspring på skallen, der bl.a. kan ske ved, at æggene ruller eller støder mod hinanden i ægindsamlingssystemet, efter at de er væk fra rederne (Ackerman, 1976).

Siegel et al. (1978) fandt de i tabel 6.11 viste korrelationer mellem egenskaber hos høner og æg samt frekvensen af knækkede æg under lægning; forsøget foregik med populationer af Hvid Plymouth Rock høner, selekteret for høj kropvægt i henholdsvis 18 (HWS) og 13 (HWR) generationer, og hønerne gik enkeltvis i bure fra 8-9½ måneders alderen i forsøget.

Tabel 6.11

Korrelationer mellem knækægsprocent
og forskellige egenskaber hos høner og æg
(Siegel et al., 1978)

Table 6.11

*Correlations between the frequency of broken eggs
 and various traits for hens and eggs*

Selektionslinie:	HWS	HWR
Vægtfylde af æg	-0,26a	-0,44b
Ægproduktion indtil hønernes 10 mdrs.alder,%	-0,26a	-0,48b
35 ugers ægvægt	-0,06	0,06
Antal æg, lagt fra 8-9½ mdrs.alder:		
normale æg	-0,34b	-0,49b
defekte æg	0,44b	0,49b
24 ugers kropvægt	-0,09	0,09
38 ugers kropvægt	0,04	-0,26
38 ugers benlængde	-0,01	-0,19

a (P < 0,05); b (P < 0,01) signifikante værdier

LITTERATUR

- Ackerman, S.E., 1976. Eggshell punctures. Poultry Digest 35:75-76.
- Ambrosen, T., 1981. Egg quality as related to the hen age and selection for production. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands Pudoc, Wageningen, 250-257.
- Anderson, G.B. and Carter, T.C., 1972. The hen's egg: Shell cracking in eggs dropped on cage floors coated with plastic or zinc. British Poultry Science 13:115-122.
- Anderson, G.B. and Carter, T.C., 1976. The hen's egg: Shell cracking at impact on a heavy, stiff body, and factors that affect it. British Poultry Science 17:613-626.
- Anderson, G.B., Carter, T.C., and Jones, R.M., 1969. Some factors affecting downgrading in eggs, especially damage in transit. British Poultry Science 10:45-52.
- Anderson, G.B., Carter, T.C., and Jones, R.M., 1970a. Some factors affecting dynamic fracture of egg shells in battery cages. In: Freeman, B.M. and Gordon, R.F.: Factors affecting egg grading. British egg Marketing Board symposium No.6. Great Britain, T. and A. Constable, LTD Hopetoun Street, 53-69.
- Anderson, G.B., Carter, T.C., and Jones, R.M., 1970b. Some factors affecting the incidence of cracks in hen's egg shells. British Poultry Science 11:103-116.
- Arad, Z. and Marder, J., 1982a. Differences in egg shell quality among the Sinai Bedouin Fowl, the commercial White Leghorn, and their cross-breds. British Poultry Science 23:107-112.
- Arad, Z. and Marder, J., 1982b. Effect of gradual acclimation to high ambient temperatures on egg shell quality of the Sinai Bedouin Fowl, the commercial White Leghorn, and their cross-breds. British Poultry Science 23:113-119.
- Arafa, A.S., Hassanien, F.M., and Harms, R.H., 1982a. Relationship between age of hens, egg specific gravity, and time of day to pimpling egg shells. Poultry Science 61:385-387.
- Arafa, A.S., Harms, R.H., Miles, R.D., Christman, R.B., and Choi, J.H., 1982b. Quality characteristics of eggs from different strains of hens as related to time of oviposition. Poultry Science 61:842-847.

- Azcona, J.O., Bonino, M.F., Schang, M.J., Galligo, S.E., and Roland, R.L., 1980. Effect of calcinogenic substances from solanum malacoxilon on egg shell thickness and performance of laying hen. VI.European Poultry Conference 111:197-203.
- Ball, R.F., Hill, J.F., Logan, V., and Lyman, J., 1976. The effect of washing, oiling, holding, and temperature of eggs on shell strength. Poultry Science 55:335-340.
- Bell, D., 1981. Cage selection and management. Feedstuffs 53:20-24.
- Bell, D., Yates, L., and Adams, C., 1981. Egg shell damage as affected by cage shape. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 119-124.
- Bell, D., Swanson, M.H., and Johnston, G.W., 1975. Shell damage occurring in egg washers. Poultry Digest. 34:476-477.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1980. Decline in egg shell quality with age: Patterns for individuals compared with those of the flock. VI.European Poultry Conference, 107-112.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1981a. Physical characteristics of intact and cracked eggs. British Poultry Science 22:9-15.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1981b. Nutritional factors and egg shell strength. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 165-175.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1982. Crack type and severity as indications of shell quality. Poultry Science 61:591-594.
- Berry, J.C., 1976. Extending egg shell damage survey results into the field. Poultry Science 55:758-761.
- Bol, J., 1981. Laser scanning system for the automated inspection of eggs for haircracks. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 84-93.
- Bougon, M., Lahellec, C., and Protais, J., 1981. Influence of lighting programme on egg quality. In: Beuving G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 226-230.
- Bramhall, E.L., Swanson, M.H., and Johnston, G., 1973. Egg shell damage during handling, Poultry Digest. 32:12-13.
- Bunk, M.J. and Balloun, S.L., 1977. Structure and relationship of the mammillary core to membrane fibres and initial calcification of the avian egg shell. British Poultry Science 18:617-621.

- Buss, E.G. and Stout, J.T., 1981. Shell disposition rates in birds selected for thick and thin egg shell production. *Poultry Science* 60:477-481.
- Buss, E.G. and Guyer, R.B., 1981. A comparison of thick and thin egg shell lines of chickens for net absorption of calcium. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 239-249.
- Carter, T.C., 1969a. The hen's egg: Relationship between shell thickness and the amount of organic matter in the shell. *British Poultry Science* 10:165-174.
- Carter, T.C., 1969b. The hen's egg: Variation in shell deformation under static load with relative humidity and age of egg. *British Poultry Science* 10:311-319.
- Carter, T.C., 1970a. The hen's egg: Some factors affecting deformation in statically loaded shells. *British Poultry Science* 11:15-38.
- Carter, T.C., 1970b. The hen's egg: Factors affecting the shearing strength of shell material. *British Poultry Science* 11:433-449.
- Carter, T.C., 1970c. Why do egg shells crack. *World's Poultry Science Journal* 26:549-561.
- Carter, T.C., 1971a. The hen's egg: Variation in tensile strength of shell material and its relationship with shearing strength. *British Poultry Science* 12:57-76.
- Carter, T.C., 1971b. The hen's egg: Shell cracking at oviposition in battery cages and its inheritance. *British Poultry Science* 12:259-278.
- Carter, T.C., 1976. The hen's egg: Shell forces at impact and quasi-static compression. *British Poultry Science* 17:199-214.
- Carter, T.C., 1977. The hen's egg: Relationship of mean strain energy at fracture to shell compression speed, the nature of the compressing body and the location on the shell at the point of contact. *British Poultry Science* 18:205-211.
- Carter, T.C., 1978. The hen's egg: Fracture of shells loaded very slowly. *British Poultry Science* 19:669-679.
- Carter, T.C., 1979. The hen's egg: Evidence on the mechanism relating shell strength to loading rate. *British Poultry Science* 20:175-183.
- Charles, O.W., 1975. Nutritional factors affecting egg shell quality. *Poultry Digest*. 34:333-334.
- Choi, J.H., Miles, R.D., Arafa, A.S., and Harms, R.H., 1981. The influence of oviposition time on egg weight shell quality and blood phosphorus. *Poultry Science* 60:824-828.

- Christmas, R.B. and Harms, R.H., 1982. Performance of laying hens when fed various levels of sodium and chloride. Poultry Science 61:947-950.
- Danæg, 1982. Dansk Andels Æg. Informationsafdelingen, bilag 1-8.
- Davidson, J. and Boyne, A.W., 1970. The calcium and phosphorus requirement of laying hens. British Poultry Science 11:231-240.
- Deaton, J.W., Reece, F.N., McNaughton, J.L., and Lott, B.D., 1981. Effect of differing temperature cycles on egg shell quality and layer performance. Poultry Science 60:733-737.
- Eggleton, L.Z. and Ross, W.J., 1971. Observed egg shell damage in a mechanical gathering system. Poultry Science 50:1008-1013.
- Elson, H.A., 1978. Laying cage floor design and shell damage. Gleadthorpe Poultry Booklet, 52-60. Mansfield, England, Gleadthorpe Experimental Husbandry Farm.
- Emsley, A., Dickerson, G.E., and Kashyap, T.S., 1977. Genetic parameters in progeny test selection for field performance of strain-cross layers. Poultry Science 56:121-146.
- Engstrøm, G., 1982. Personlig meddelelse.
- Ernst, R.A., Frank, F.R., Price, F.C., and Burger, R.E., 1975. The effect of feeding low chloride diets with added sodium bicarbonate on egg shell quality and other economic traits. Poultry Science 54:270-274.
- Folkerts, J., 1976. Influence of feeding and husbandry on egg shell quality. V.European Poultry Conference, Malta, 580-593.
- Garlich, J.D. and Parkhurst, C.R., 1975. The comparison of rough, normal, and translucent egg shells with respect to shell strength and calcification. Poultry Science 54:1574-1580.
- Garlich, J.D. and Wyatt, R.D., 1971. Effects of increased vitamin-D₃ on calcium retention and egg shell calcification. Poultry Science 50:950-956.
- Garwood, V.A., Lowe, P.C., and Haugh, G.G., 1979. Method for improving egg shell strength by selection. British Poultry Science 20:289-295.
- Gilbert, A.B., Peddie, J., Mitchell, G.G., and Teague, P.W., 1981. The egg laying response of the domestic hen to variation in dietary calcium. British Poultry Science 22:537-548.
- Groote, G.D., 1972. A marginal income and cost analysis of the effect of nutrient density on the performance of White Leghorn hens in battery cages. British Poultry Science 13:503-520.
- Grunder, A.A., Guyer, R.B., Buss, E.G., and Claggett, C.O., 1980. Calcium binding proteins in serum: Quantitative differences between thick and thin shell lines of chickens. Poultry Science 59:880-884.

- Grunder, A.A., Thompson, B.K., Holland, K.G., and Hamilton, R.M.G., 1981. Shell strength by three hours after oviposition and influence of polyurethane foam covered cage floors. Poultry Science 60:1140-1144.
- Halloran, H.R., 1980. The ions came first. Feedstuffs 52:29-30.
- Hamilton, R.M.G., 1978. Observations on the physical characteristics that influence egg shell quality in ten strains of White Leghorns. Poultry Science 57:1192-1197.
- Hamilton, R.M.G., 1980. The effects of dietary phosphorus, vitamin-D₃, 25-hydroxy vitamin-D₃ levels on feed intake, productive performance, and egg shell quality in two strains of force-molted White Leghorns. Poultry Science 59:598-604.
- Hamilton, R.M.G., Hollands, K.G., Voisey, P.W., and Grunder, A.A., 1979b. Relationship between egg shell quality and shell breakage and factors that effect shell breakage in the field - a review. World's Poultry Science Journal 35:177-190.
- Hamilton, R.M.G. and Thompson, B.K., 1980. Effects of sodium plus potassium to chloride ratio in practical-type diets on blood gas levels in three strains of White Leghorn hens and the relationship between acid-base balance and egg shell strength. Poultry Science 59:1294-1303.
- Hamilton, R.M.G., Thompson, B.K., and Voisey, P.W., 1979a. The effect of age and strain on the relationship between destructive and nondestructive measurements of egg shell strength for White Leghorn hens. Poultry Science 58:1125-1132.
- Hansen, K.A., 1981. Rapport vedrørende knækægsundersøgelse hos J. Schmidt, Ø.Snogbæk. Big Dutchman.
- Hartman, W.G. and Rauch, H.W., 1981. Formation of lines differing in egg shell quality traits to investigate their relevance for the frequency of broken eggs. In: Beuving G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 271-278.
- Hester, Y.P., Wilson, E.K., Pierson, F.W., and Fabijanska, I., 1980. Plasma iorganic phosphate calcium and magnesium levels of hens which laid soft shelled or shell less eggs. Poultry Science 59:2336-2341.
- Hicks, Jr. A.M.F., 1958. Heritability and correlation analyses of egg weight, egg shape, and egg number in chickens. Poultry Science 37:967-975.
- Holder, D.P. and Huntley, D.M., 1978. Influence of added manganese, magnesium, zinc, and calcium level on egg shell quality. Poultry Science 57:1629-1634.
- Hughes, B.O. and Black, A.J., 1976a. The influence of handling on egg production, egg shell quality, and avoidance behaviour of hens. British Poultry Science 17:135-144.

- Hughes, B.O. and Black, A.J., 1976b. Battery cage shape: Its effect on diurnal feeding pattern, egg shell cracking, and feather pecking. *British Poultry Science* 17:327-336.
- Hunt, J.R. and Chancey, H.W.R., 1970. Influence of dietary phosphorus on shell quality. *British Poultry Science* 11:259-267.
- Hunton, P., 1982. Genetic factors affecting egg shell quality. *World's Poultry Science* 38:75-84.
- Hurnik, J.F., Summers, J.D., Reinhart, B.S., and Swierczewska, E.M., 1977. Effect of age on the performance of laying hens during the first year of production. *Poultry Science* 56:222-230.
- Härtel, V.H., 1982. Zwei faktorielle Untersuchungen über die Calcium und Phosphorwirkung bei Legehennen in Käfigen. *Archiv für Geflügelkunde* 46:20-35.
- Jensen, J.F., 1980a. Mineralstoffer til æglæggende høner. In: Jensen, J.F. Kompendium i fjerkræets avl og fodring, 1, Husdyrbrugsinstituttet, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, IV:1-12.
- Jensen, J.F., 1980b. Arvelige og miljømæssige faktorerers indflydelse på spiseægs kvalitet. In: Jensen, J.F. Kompendium i fjerkræets avl og fodring, 1, Husdyrbrugsinstituttet, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, XI:1-14.
- Kinney, T.B. and Lowe, P.C., 1968. Genetic and phenotypic variation in the regional red controls over nine years. *Poultry Science* 47:1105-1110.
- Kinney, T.B.Jr., Lowe, P.C., Bohren, B.B., and Welson, S.P., 1968. Genetic and phenotypic variation in randombred White Leghorn controls over several generations. *Poultry Science* 47:113-123.
- Klingauf, S., Wienken, A., and van Grooeheest, J., 1979. Short report. Cracked and dirty eggs shares in dependance of the cage installation. Big Dutchman, Deutschland.
- Koga, O., Fujihara, N., and Yoshimura, Y., 1982. Scanning electron micrograph of surface structures of soft shelled eggs laid by regularly laying hens. *Poultry Science* 61:403-406.
- Leach, R.M., 1980. Effects of nutrition on egg shell problems. *Poultry Digest*. 39:460, 308.
- Leech, F.B. and Knowles, N.R., 1969. An investigation on commercial farms of factors thought to contribute to egg cracking. *British Poultry Science* 10:139-147.
- Lott, B.D. and Reece, F.N., 1981. The effect of ambient air moisture and temperature on egg shell breaking strength. *Poultry Science* 60:142-144.
- Lott, B.D., Reece, F.N., and Drott, J.H., 1977. Time required for egg shell breaking strength to equilibrate in various moisture conditions. *Poultry Science* 56:257-259.

- Lott, B.D., Reece, F.N., and Chen, T.C., 1976. The effect of relative humidity on egg shell breaking strength. *Poultry Science* 55:665-668.
- Mathers, J.W., Longstaff, M., and Hill, R., 1971. The influence on shell formation of the pre-laying period for which a low-manganese diet is given. *British Poultry Science* 12:179-185.
- Maurice, D.V. and Whisenhunt, J.E., 1980. Response of egg shell quality to dietary manganese supplementation. *Poultry Science* 59:1567-1568.
- McPhee, C.P., Burton, H.W., and Fuelling, D.E., 1982. Selection for high specific gravity eggs in a flock of Australorp hens. *British Poultry Science* 23:215-223.
- Mikaelian, K.S. and Sell, J.L., 1981. Performance of laying hens fed various phosphorus levels continuously or fed decremental phosphorus levels. *Poultry Science* 60:1916-1924.
- Morris, K.M.L., 1977. The effect on egg shell thickness of the inclusion of the calcinogenic plant *solanum malocoxylon* in the diet of laying hens. *Veterinary Record* 101:502-504.
- Nethercote, C.H., Boisveny, C.N., and Fletcher, D.A., 1974. Egg carton tests. *Poultry Science* 53:311-325.
- Nordstrom, J.O., 1982. Shell quality of eggs from hens exposed to 26- and 27-hour light-dark cycles from 56 to 76 weeks of age. *Poultry Science* 61:804-812.
- Nys, Y. and Mongin, P., 1981. The effect of 6- and 8-hour light-dark cycles on egg production and pattern of ovipositions. *British Poultry Science* 22:391-397.
- Odom, T.W., Harrison, P.C., and Darre, M.J., 1981. The effects of carbonated drinking water on egg shell quality during high environmental temperature. *Poultry Science* 60:1704.
- Orr, H.L., Friars, G.W., Reinhart, B.S., and Pevzner, I.Y., 1977. Classification of shell damage resulting from egg handling practices. *Poultry Science* 56:611-614.
- Ousterhout, L.E., 1980. Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. *Poultry Science* 59:1480-1484.
- Ousterhout, L.E., 1981. The effects of phased feeding protein and calcium on egg weight and shell quality with four strains of White Leghorn hens. *Poultry Science* 60:1036-1042.
- Overfield, N.D., 1976. General aspects of egg quality. V. European Poultry Conference, Malta:569-575.
- Perek, M. and Snapir, N., 1970. Interrelationships between shell quality and egg production and egg shell weight in White Leghorn and White Rock hens. *British Poultry Science* 11:133-145.

- Petersen, C.F., 1965. Factors influencing egg shell quality - a review. *World's Poultry Science Journal* 21:110-138.
- Petersen, C.F., Steele, E.E., Sauter, E.A., and Parkinson, J.F., 1980. Improving egg shell quality by control of egg weight. *Poultry Science* 59:1650.
- Petersen, J. and Horst, P., 1971. Die Aussagefähigkeit verschiedener Prüfmethode über die Eischalenstabilität. *Archiv für Geflügelkunde* 35:46-52.
- Petersen, V.E., 1971. Some none-nutritional factors affecting the quality of the shell of the eggs. The National Institute of Animal Science, Copenhagen, Denmark, 1-7.
- Petersen, V.E., 1982. Indflydelse af foderets struktur på høners æggydelse og forekomst af knækæg. *Statens Husdyrbrugsforsøg, Medd.nr.418*.
- Petersen, V.E. og Høj, F., 1980. Kalciumniveau'ets og kalciumkildens indflydelse på æglæggende høners ydelse og æggenes skalkvalitet. 504. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Landhusholdningselskabets forlag, København.
- Petersen, V.J., 1977. Phänotypische und genetische Untersuchungen über die Aussagefähigkeit verschiedener Eischalenstabilitätsprüfmethode. *Archiv für Geflügelkunde* 41:13-17.
- Pevzner, I.Y., Friars, G.W., Orr, H.L., and Reinhart, B.S., 1976. The use of selection and strain crossing to reduce egg shell breakage. *British Poultry Science* 17:185-194.
- Philip, L.P. and Washburn, K.W., 1974. Shell evaluation of white and brown egg strain by deformation, breaking strength, shell thickness, and specific gravity. *Poultry Science* 53:1123-1128.
- Poggenpoel, D.G., 1981. Two-way selection for egg specific gravity. Production. VI. European Poultry Conference 2:122-129.
- Reddy, C.V., Sanford, P.E., and Clegg, R.E., 1968. Influence of calcium in laying rations on shell quality and interior quality of eggs. *Poultry Science* 47:1077-1083.
- Reichmann, K.G. and Connor, J.K., 1977. Influence of dietary calcium and phosphorus on metabolism and production in laying hens. *British Poultry Science* 18:633-640.
- Robinson, D.S. and King, N.R., 1970. The structure of the organic mammillary cores in some weak egg shells. *British Poultry Science* 11:39-44.
- Rodda, D.A., 1972. Breeding for late egg shell quality in the domestic hen. *British Poultry Science* 13:45-60.
- Roland, D.A., 1976. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. *Poultry Science* 55:2085.

- Roland, D.A., 1977a. Extent and cause of body checked and misshapen eggs. *Poultry Science* 56:1357-1358.
- Roland, D.A., 1977b. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. *Poultry Science* 56:1517-1521.
- Roland, D.A., 1978. The relationship of egg shape to time of oviposition and egg shell quality. *Poultry Science* 57:1723-1727.
- Roland, D.A., 1979. Factors Influencing shell quality of aging hens. *Poultry Science* 58:774-777.
- Roland, D.A., 1980a. The ability of young and old hens to change shell deposition with sudden natural drastic changes in egg size. *Poultry Science* 59:924-926.
- Roland, D.A., 1980b. Egg shell quality. I. Effect of dietary manipulations of protein, amino acids energy and calcium in aged hens on egg weight shell, weight shell quality, and egg production. *Poultry Science* 59:2038-2046.
- Roland, D.A., 1980c. Egg shell quality. II. Effect of dietary manipulations of protein, amino acids energy and calcium in young hens on egg weight shell, weight shell quality, and egg production. *Poultry Science* 59:2047-2054.
- Roland, D.A., 1981. Crack down on cracked eggs. *Poultry International* 20,7:38-53.
- Roland, D.A., Holcombe, D.J., and Harms, R.H., 1977. Further studies with hens producing a high incidence of non-calcified or partially calcified egg shells. *Poultry Science* 56:1232-1236.
- Roland, D.A., Putman, C.E., and Hilburn, R.L., 1978. The relationship of age on ability of hens to maintain egg shell calcification when stressed with inadequate dietary calcium. *Poultry Science* 57:1616-1621.
- Roland, D.A., Sloan, D.R., and Harms, R.H., 1975a. The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. *Poultry Science* 54:1720-1723.
- Roland, D.A., Sloan, D.R., and Harms, R.H., 1975b. Influence of hormonal extracts on hens producing eggs with non-calcified or partially calcified shells and factors associated with this condition. *British Poultry Science* 16:423-429.
- Saveur, B., 1981. Effect of dietary 25-(OH)D₃ and solanum malacoxylon on shell quality of brown eggs. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 194-202.
- Scheele, C.W. and Versteigh, H.A.J., 1981. Quality of eggs in relations to the nutrition of laying hens. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 203-212.

- Schott, V.I.J., 1982. Personlig meddelelse.
- Schwartz, L.D., 1975. Management of respiratory problems. Poultry Digest. 34:352-355.
- Selsing, P., Nielsen, K.J., Trabjerg, P., Christiansen, A., Larsen, G. og Møller, P., 1982. Rapport, 1-14.
- Shane, S.M., 1981. Assessing the influence of cage and equipment design on egg shell quality - a commercial perspective. In: Beuving G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wagennin-gen, 119-124.
- Sheridan, A.K. and Nicholls, P.J., 1981. The relationship between egg specific gravity and egg shell breaking strength in purbred and crossbred layer flocks. Proceeding, the Fourth Australian Poultry and Stock Feed Convention, 278-286.
- Siegel, P.B., van Middelkoop, J.H., and Reddy, P.R.K., 1978. Comparisons of frequencies and egg shell characteristics of broken and intact eggs with diverse populations of chickens. British Poultry Science 19:411-416.
- Soares, J.H. and Ottinger, M.A., 1980. Plasma concentration of $1.25(\text{OH})_2\text{D}_3$ estradiol and calcium. Poultry Science 59:1663.
- Stiles, P.G., Dawson, L.E., 1961. The effect of physical disturbance sound and light on the incidence of blood spots and other quality factors. Poultry Science 40:189-195.
- Sørensen, P., Ambrosen, T. og Petersen, Aa., 1980. Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. Acta Agriculturae Scandinavica 30:288-308.
- *) Se venligst bagest i litteraturlisten.
- Talbot, C.J. and Tyler, C., 1974a. A study of the fundamental cause of artificial translucent areas in egg shells. British Poultry Science 15:205-215.
- Talbot, C.J. and Tyler, C., 1974b. A study of the fundamental cause of artifical translucent areas in egg shells. British Poultry Science 15:197-215.
- Tauson, R., 1981. Reactions to different technical environments by caged laying hens. V. Rapport 91. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, Uppsala.
- Taylor, T.G., 1965. Dietary phosphorus and egg shell thickness in the domestic fowl. British Poultry Science 6:79-87.
- Tijén, W.F., 1977a. Shell quality in poultry as seen from the breeder's viewpoint. 1.Improvement reached after four years of selection and the effect on productivity. Poultry Science 56:1107-1114.

- Tijen, W.F., 1977b. Shell quality in poultry as seen from the breeder's viewpoint. 2. Search for heterosis effects. *Poultry Science* 56:1115-1120.
- Tijen, W.F., 1977c. Shell quality in poultry as seen from the breeder's viewpoint. 3. Heritabilities: Expected versus accomplished response. *Poultry Science* 56:1121-1126.
- Tijen, W.F., 1981. Environmental and genetic factors influencing the laying of sparsely calcified and shell less eggs. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 264-270.
- Tijen, W.F. and Kuit, A.R., 1970. The heritability of characteristics of egg quality, their mutual correlation, and the relationship with productivity. *Archiv für Geflügelkunde* 6:201-210.
- Toledo, B.V., 1982. Role of ultrastructure in determining egg shell strength. *Poultry Science* 61:569-572.
- Toleman, W.J., 1978. How to minimize egg damage with mechanised collection. *Poultry International*, 149-158.
- Tyler, C., 1969a. Structural flaws in some very strong egg shells. *British Poultry Science* 10:371-374.
- Tyler, C., 1969b. The distribution of pores in the egg shells of the domestic fowl: A further study. *British Poultry Science* 10:375-380.
- Tyler, C. and Geake, F.H., 1964. The effect of water on egg shell strength including a study of the translucent areas of the shell. *British Poultry Science* 5:277-284.
- Tyler, C. and Geake, F.H., 1965. Egg shell thickness patterns as shown by individual domestic hens. *British Poultry Science* 6:235-243.
- Tyler, C. and Moore, D., 1965. Types of damage caused by various cracking and crushing methods used for measuring egg shell strength. *British Poultry Science* 6:175-182.
- Tyler, C. and Strandén, N., 1969. The artificial production of translucent streaks on egg shells and various factors influencing their development. *British Poultry Science* 10:359-369.
- Vogt, V.H., 1977. Versuch über den Chloridbedarf im Legehennenfutter, *Archiv für Geflügelkunde* 41:124-129.
- Vogt, H., 1981. Increasing calcium contents in rations of laying hens with a high laying rate. In: Beuving, G., Scheele, C.W., and Simons, P.C.M. Quality of eggs. Spelderholt jubilee Symposia, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 176-185.
- Voisey, P.W. and Hamilton, R.M.G., 1975. Behaviour of egg shell under compression in relation to deformation measurements. *British Poultry Science* 16:461-470.

- Voisey, P.W. and Hamilton, R.M.G., 1976. Factors affecting the non-destructive and destructive methods of measuring egg shell strength by quasistatic compression test. British Poultry Science 17:103-124.
- Voisey, P.W. and Hamilton, R.M.G., 1977a. Observations on the relationship between non-destructive egg shell deformation and resistance to fracture by quasistatic compression for measurement of egg shell strength. Poultry Science 56:1463-1467.
- Voisey, P.W. and Hamilton, R.M.G., 1977b. The effect of deformation rate and other factors on the required to fracture egg shells in measuring shell strength. Poultry Science 56:1994-2002.
- Wells, R.G., 1967a. Egg shell strength. British Poultry Science 8:131-139.
- Wells, R.G., 1967b. Egg shell strength. British Poultry Science 8:193-199.
- Whisenhunt, J.E. and Maurice, D.V., 1981. The response of egg shell quality to dietary manganese and lead. Poultry Science 60:1609.
- Wilson, H.R., Jones, J.E., and Dorminey, R.W., 1967. Performance of layers under various cage regimes. Poultry Science 46:422-425.
- Wolford, J.H. and Tanaka, K., 1970. Factors influencing egg shell quality. A Review. World's Poultry Science Journal 26:763-780.
- Wood-Gush, D.G.M. and Gilbert, A.B., 1969. Observations on the laying behaviour in battery cages. British Poultry Science 10:29-36.
- Yannakopoulos, A.L. and Morris, T.R., 1979. Effect of light, vitamin-D and dietary phosphorus on egg shell quality late in the pullet laying year. British Poultry Science 20:337-342.
-

*) Sørensen, P. og Petersen, Aa., 1982. Skalkstyrkemåling og knækægsprocent set i et avlsmæssigt perspektiv. Statens Husdyrbrugsforsøg, Medd.nr.410.