

## EIEREN: EEN TIJDLOOS ONTWERP

**Grote kans dat een ei dat met een snelheid van 240 kilometer per uur tegen de grond smakt heel blijft. Desondanks is breuk de grootste schadepost in de eierhandel. Sterk en toch breekbaar: wat is er zo bijzonder aan een ei?**

Een interessant vraagstuk voor tijdens het paasontbijt. Wat weegt zwaarder: een onbebroed ei, of hetzelfde ei wanneer er een volgroeid kuikentje in zit? Sommigen zullen denken: 'Eerst was het kuikentje er niet, dus moet het ei zwaarder zijn geworden.' Anderen volgen de redenering: 'Alles heeft zich binnenin het ei afgespeeld, dus zal het totale gewicht wel gelijk zijn gebleven.' De meerderheid zal tenslotte kiezen voor een gelijk gebleven gewicht. Maar ook dat antwoord is fout.

Eieren ademen. Want ook al zijn ze met het blote oog niet te zien: iedere eierschaal is voorzien van poriën. Bij een kippenei zijn dat er zo'n tienduizend. Bij een struisvogelei zijn het er zelfs tienmaal zoveel. Door die poriën moet zuurstof uit de omgeving worden opgenomen waardoor het dooiervet in voedingsstoffen kan worden omgezet. Door dezelfde poriën wordt kooldioxyde aan de omgeving afgegeven. Bij het omzetten van dooiervet in kuikenvlees komt net zoveel water vrij als er vet wordt gebruikt en dat water moet er ook uit, door de poriën. Een kippenei van 60 gram weegt daardoor na eenentwintig dagen broeden nog maar 51 gram: 12 gram kalkschaal en 39 gram kuikentje. Het ei heeft dus bijna een zesde van zijn gewicht verloren in de vorm van water.

Het bestaan van poriën in eierschalen werd in 1863 aangetoond door de Britse arts John Davy. Hij plaatste een ei in een fles met water en pompte de lucht boven het wateroppervlak weg met een vacuümpomp. Aan het oppervlak van het ei vormden zich luchtbelletjes. Nu heeft niet iedereen de beschikking over een vacuümpomp. Maar de luchtbelletjes kunnen ook zichtbaar worden gemaakt door de druk binnenin het ei te verhogen. Boor daartoe een tot in de 'luchtkamer' aan de bolle kant van het ei. Plaats daarin een rietje en dicht de kieren af met kaarsvet. Als het ei nu onder water wordt gedompeld en door het rietje wordt geblazen, ontsnappen luchtbelletjes door de poriën van het ei.

De 'luchtkamer', die net werd genoemd, kent iedereen van het gekookte eitje aan het ontbijt. Hij wordt gevormd door twee vliezen die het eiwit omringen en die alleen op die plaats van elkaar wijken om voor het kuikentje in aanleg een met lucht gevulde ruimte te vormen. Als een ei stukkokt komt dat doordat de lucht in de kamer door de warmte zo sterk uitzet. De schaal barst, en de inhoud loopt eruit. Daarom moet voor het koken eerst een gaatje in de bolle kant van het ei worden geprikt. Ongeprikte eieren kunnen zelfs exploderen als ze te snel worden opgewarmd of afgekoeld. Dat laatste gebeurt wel eens als kippen leggen bij extreme kou.

---

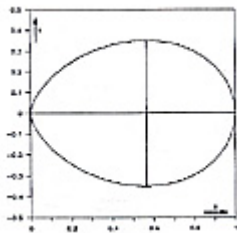
## HET WISKUNDIG EI

In de oölogie, of eierkunde (van het Grieks: ooön = ei) worden verschillende eivormen onderscheiden. Het eierclassificatiesysteem van Preston kent elliptische, subelliptische, ovale en peervormige eieren. Al die hoofdvormen kunnen nog kort, gemiddeld of langgerekt zijn, zodat er in totaal twaalf eivormen zijn.

Het ovale kippenei werd het eerste wiskundig beschreven door René Descartes (1596-1650). Veel van zijn zogenaamde Cartesiaanse ovalen kunnen eenvoudig worden geconstueerd met behulp van potlood, een stukje touw en punaises. Ook kan de vorm van het kippenei worden benaderd door cirkelboogjes.

In formulevorm luidt de platte afbeelding van een kippenei:

$$y = \pm b \{1/4 - (x^p - 1/2)^2\}^{1/2}$$



Hierbij is b de afmeting van de korte as van de ellips. De factor p dient om de ellips tot een ovaal te vervormen en moet een waarde hebben die groter is of gelijk aan 1.

---

Eieren: breekbaar. Die woorden zijn bijna synoniem. Want ook al kan een ei heel goed een over de schaal verdeelde drukbelasting weerstaan (een vers ei in de handpalm kapot drukken is een bijna onmogelijke opgave), toch zijn eieren zeer kwetsbaar. Ieder jaar telt de pluimveehouderij miljoenen kapotte eieren. Zes tot acht procent van alle eieren raakt beschadigd nog vóórdat ze bij de consument zijn. Wereldwijd betekent dit een onkostenpost van meer dan een miljard gulden.

Ingenieurs en biologen zoeken al meer dan twintig jaar lang naar het onbreekbare ei. Met elektronenmicroscopen zijn daartoe eieren tot in detail bekeken. De eischaal zelf werd zelfs laag voor laag met behulp van laserstralen gepeld. Uit dat wetenschappelijk onderzoek weten we nu dat de schaal uit minstens zes laagjes bestaat. Van binnen naar buiten zijn dat: twee schaalvliezen, een mammilaire (tepelvormige) laag, een pallisadelaag, een verticale kristallaag en een opperhuidje. De beide schaalvliezen zijn membranen, die zuurstof, kooldioxyde en waterdamp doorlaten. Evenals het opperhuidje om

de kalkschaal bestaan zij voornamelijk uit proteïnen. De overige lagen zijn opgebouwd uit calciumcarbonaat, in de kristalvorm calciet (kalkspaat).

In 1971 verkondigde Toby Carter nog dat de sterkte van de eischaal uitsluitend afhing van de kalklaag. Carter was hoofd van het toenmalige centrum van pluimvee-onderzoek in Edinburgh en op zijn advies gingen pluimveehouders extra kalk aan het voer van legkippen toevoegen. Maar nu is men erachter dat dit eerder de kip ten goede komt dat het ei. Het grootste deel van de kalk die nodig is voor het vormen van de eischaal onttrekt de hen namelijk aan haar eigen beendergestel. Daarbij kan het botgewicht met wel tien procent verminderen. Een paar jaar geleden vonden onderzoekers van de Universiteit van Glasgow bovendien een duidelijker verband tussen eischaalzwakte en veranderingen in de mammilaire laag. De schaalsterkte hangt dus eerder af van een juiste balans tussen zijn verschillende componenten.

Eén methode om de sterkte van een ei te testen was altijd het laten vallen van stalen kogeltjes op eieren. De eischaalsterkte werd dan uitgedrukt in de hoogte die een kogeltje moest hebben om de schaal te breken. Het probleem was alleen dat ieder te testen ei kapot ging en niet meer verder kon worden onderzocht. Hetzelfde gold voor proeven waarbij eieren vanaf grote hoogten werden gegooid. Ooit steeg in Engeland een vliegtuigje op om de grond met eieren te 'bombarderen'. Ondanks hun inslagsnelheid van 240 kilometer per uur bleef zestig procent van de uitgeworpen eieren heel. Maar de rest was niet meer dan een onmeetbare hoeveelheid eierstruif.

---

## EIERTIKKEN

Een oude gewoonte met Pasen is dat men elkaar eieren ten geschenke geeft. Het paasei staat daarbij als symbool voor opstanding en wedergeboorte. Toch heeft het paasei niets met het christelijk geloof te maken. Al in een oud Germaans graf van vóór onze jaartelling werden beschilderde eieren gevonden.

Het gebruik om op de 'paaswei' met eieren te spelen (eiertikken: het aantikken van eieren om te zien wie het ei met de hardste schaal bezat) is goeddeels verdwenen. Het ging zo. Te midden van koek- en eierkraampjes op de paaswei bewogen zich groepjes kinderen of volwassenen. "Wie wil eens tikken?" riep een van hen. Kwam iemand op de uitdaging af, dan vroeg de eerste weer: "Wil je spits of bol? Dat wil zeggen: het puntige of ronde uiteinde van het ei. De grote kunst bestond hierin dat het ei, dat de tikken moest opvangen, zodanig met de hand vastgehouden of omklemd werd, dat het zo lang mogelijk heel bleef.

Het duurde natuurlijk nooit lang of het ei, ook al was het hardgekookt, bezweek. Brak het niet, dan moest er bedrog in het spel zijn. Soms gebeurde het dat een

handige jongen van tevoren zijn ei leeggeblazen had en met gesmolten pek had gevuld. Ook houten eieren, die wit waren geverfd, schijnen wel eens te zijn gebruikt. Maar wee de bedrieger, wiens bedrog werd ontdekt! Na van top tot teen met eierstruif te zijn overdekt, werd hij op weinig zachtzinnige wijze van de paaswei verwijderd.

---

Tegenwoordig gaat het meten van eischaalsterkten dan ook door het uitoefenen van druk met gewichten. Eventuele schaalbreuken worden dan door opgespoord door het ei te 'schouwen'. Bij het schouwen wordt het ei van achteren verlicht.

Schouwen wordt in de pluimveepraktijk al sinds de jaren twintig gedaan om schaalbreuken in consumptie-eieren op te sporen en de embryonale ontwikkeling van broedeieren te volgen. Maar onlangs 'herontdekten' de onderzoekers van de universiteit van Glasgow het schouwen bij het meten van eischaalsterkten. Normaal zagen zij pas bij plaatsing van een gewicht van drie kilogram een plotselinge, stervormige barst ontstaan. Maar mét het schouwen was de aanleg van de barst al bij een druk met een gewicht van één kilogram te zien.

Hoe zouden eieren de druk nog zo lang kunnen weerstaan? "We hadden al langer een vermoeden dat eieren in hun binnenste een natuurlijke beveiliging tegen barsten hebben," zegt Maureen Bain van de betreffende pluimvee-onderzoeksgroep. "Door de eischaal met een elektronenmicroscoop laag voor laag af te tasten kwamen we er tenslotte achter dat de grootste weerstand tegen breken afkomstig is van de mammilaire laag. Barsten volgen immers altijd de weg van de minste weerstand. Als de ronde uitsteekseltjes van de mammilaire laag netjes zijn gerangschikt, barsten de eieren snel. Pas als ze volkomen willekeurig zijn verdeeld, zijn de eieren tegen sterkere druk beschermd."

Blijft dus de vraag of door aan het dieet van legkippen te sleutelen eieren van binnenuit kunnen worden versterkt. Of zou er iets aan de vorm van de eieren moeten worden verbeterd? Bij een bolvormig ei, zoals uilen die leggen, is de tegendruk van binnenuit aan alle kanten even groot. De meeste vogeleieren zijn echter elliptisch, ovaal of peervormig, al naar gelang de gevaren waaraan eieren blootstaan. Zeekoeten en alken leggen bijvoorbeeld peervormig eieren. Beide vogels broeden immers op de randen van kliffen. Door de vorm heeft het ei een zeer kleine draaicirkel en is de kans dat het naar beneden stort veel kleiner. Ook de eieren van Kievitten zijn langgerekt peervormig, zodat de vier eieren van een legsel met de punten naar elkaar toe in een heel klein, cirkelvormig nestje passen.

Het kippenei is ovaal en bewandelt nagenoeg precies de gulden middenweg. Het rolt bijna in een rechte lijn. Al in 1914 stelden twee Amerikaanse biologen, Pearl en Surface, dat we hier het gevolg zien van het domesticeren van de kip. Er is

gewoon geen enkele evolutionaire prikkel meer waarom kippen hun legsel beter zouden beschermen. Het zoeken naar het 'onbreekbare' ei is dus gewoon een menselijke illusie.

Tekst: Carl Koppeschaar

### **LITERATUUR:**

Gert van Maanen (samensteller): Het boek van het ei; Uitgeverij L.J. Veen, Amsterdam/Antwerpen, 1992.

Maureen Bain en Sally Solomon: Cracking the secret of eggshells; New Scientist, 30 maart 1991.

Robert Burton: Egg, nature's miracle of packaging; William Collins Sons and Co. Ltd., London, 1987.