



DE IRISERENDE OPPERHUID VAN BOA CONSTRICTOR

THE IRIDESCENT EPIDERMIS OF BOA CONSTRICTOR

A.A. Verveen, Poelwaaai 3, 2162 HA Lisse.
<http://www.verveen.eu>
en

Jeroen Rouwkema, Genevestraat 42,
7543 ZL Enschede.
<http://jeroenrouwkema.tripod.com>

Foto's A.A. Verveen; rasterelektronen
microscopische opnamen J. Rouwkema.

Samenvatting

Wanneer *Boa constrictor* in de zon ligt, ver-
toont het dier mooie structuurkleuren. De
dorsale en dorsolaterale schubben van de
opperhuid van *Boa constrictor* iriseren
loodrecht op de lichaamsas, gezien onder
een hoek van circa veertig graden. Nat
maken van de buitenkant laat het iriseren
verdwijnen. In tegenstelling tot de bij slan-
gen en hagedissen meestal gevonden
tweedimensionale rasters, wijst dit alles op
de aanwezigheid van een ééndimensionaal
buigingstralie, met evenwijdig aan de
lichaamsas lopende lijnen en een onderlin-
ge afstand van de orde van grootte van de
golfenlengte van blauw licht. Onderzoek met
behelp van een rasterelektronenmicros-
coop bevestigde de aanwezigheid van een
éénassig diffractietralie op de schubben,
maar niet ertussen. De lijnen lopen parallel
aan de lichaamsas. De onderlinge afstand
is 0,4 μm , wat inderdaad overeenkomt met
de golfenlengte van blauw licht. De oog-
schubben iriseren niet en zijn glad.

A.A. (Bert) Verveen, Poelwaaai 3,
2162 HA Lisse. <http://www.verveen.eu>
and

Jeroen Rouwkema, Genevestraat 42,
7543 ZL Enschede.
<http://jeroenrouwkema.tripod.com>

Photographs A.A. Verveen; scanning elec-
tron microscopic pictures J. Rouwkema.

Abstract

The dorsal and dorso-lateral scales of *Boa constrictor* show a beautiful iridescence when viewed perpendicularly to the body axis and at an angle of about 40 degrees or less. The iridescence disappears when the outside of the skin (or a sloughed skin) is wetted. In contrast with the more frequent two-dimensional hue of the scutes of lizards and scales of other snakes, these surface properties of light scattering suggest the presence of a one-dimensional optical grating, with the grooves or lines running in parallel to the main axis of the animal, and with line distances of the region of the wavelength of blue light. An investigation with the use of a scanning electron microscope confirmed the presence of a one-dimensional diffraction grating located on the body of the scales but not on the skin in between, and running parallel to the body axis. The distances between the lines of the grating are 0.4 μm , which indeed matches the wavelength of



Foto 1. Flitsfoto van een *Boa constrictor*, recht van boven genomen
Plate 1. Flash Plategraph of a *Boa constrictor* taken from above

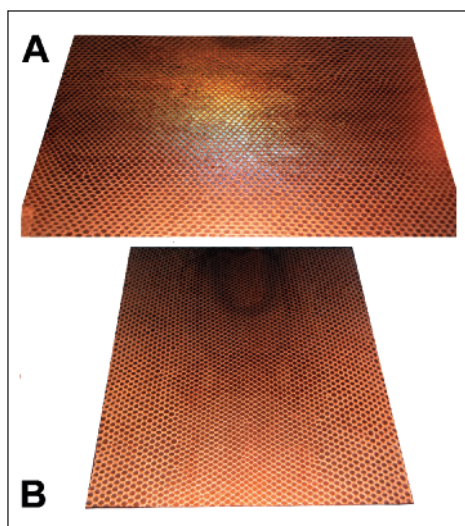
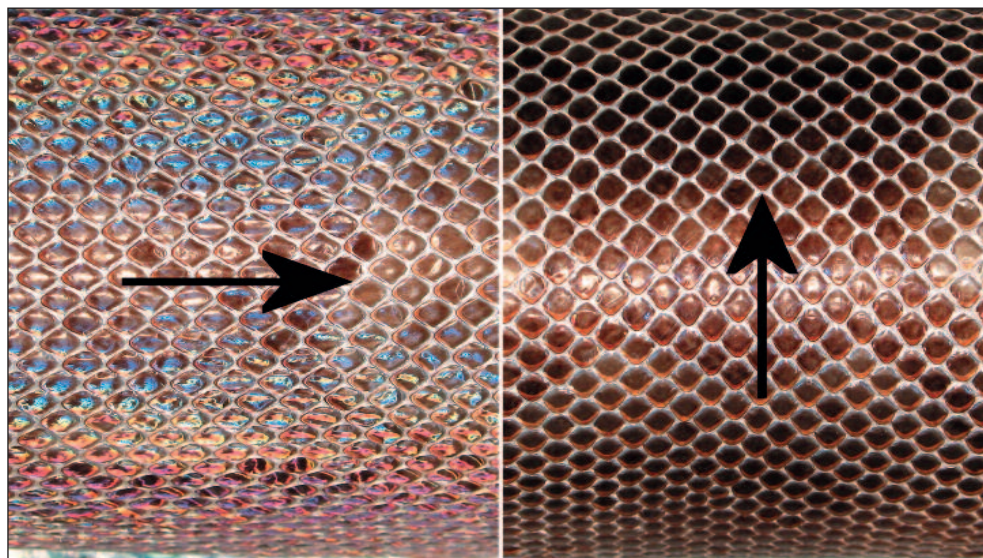


Foto 2A. Flitsfoto van de vervelde opperhuid van *Boa constrictor*, in de lengterichting (links, iriseert) en dwars (rechts: iriseert niet) rond een koker gevouwen. Pijl: lengteas van de slang, gericht naar de kop van het dier
 Plate 2A. Flash photo of the sloughed skin of a *Boa constrictor*, mounted around a hollow cylinder: lengthwise at left with iridescence, and transversal at right without iridescence.
 Arrow: longitudinal axis, directed towards the head of the snake.

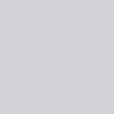
blue light. The scales of the eyes show no iridescence and are smooth.

The grating may be the result of a special property of the boid's keratin, and may be generated during the keratinisation of the epidermal skin upon losing its cell water near the end of the sloughing phase.

Introduction

Boa constrictor exhibits beautiful iridescent hues when viewed in bright sunlight or bright light from any other source, depend-

Foto 2B. Onder een hoek van circa 40 graden genomen foto van het iriseren van de opperhuid bij doorlichten. Pijlen als in foto 2A.
 Plate 2B. Iridisation upon the transmission of light through the sloughed epidermis. The picture was taken at an angle of about 40 degrees. Arrows see Plate 2A.



De oorsprong van dit fenomeen kan berusten op een speciale eigenschap van de keratine van de boa. De lijnen zouden dan op kunnen treden tijdens het keratiniseren van de opperhuid gedurende het indrogen ervan tegen het eind van de vervelfase.

Inleiding

Een in de zon of een ander fel licht liggende *Boa constrictor* heeft fraaie iriserende kleuren, afhankelijk van de hoek waaronder wij dit zien. Deze structuurkleuren (op de natuurkundige eigenschappen van de huid berustende kleuren) komen vooral op de donkerder gekleurde delen van de huid mooi uit. Op een van boven genomen flitsopname (foto 1) blijken de iriserende kleuren loodrecht op de lange as van het lichaam op te treden en kritisch van de reflectiehoek af te hangen (foto's 1 en 2).

In de literatuur was slechts één artikel over het iriseren bij slangen te vinden. In 1968 vonden Monroe en Monroe bij de indigoslang *Drymarchon corais* een twee-assig buigingstralie dat door de verbindingswanden tussen celrijen werd gevormd (zie plaat 14) hiervoor verantwoordelijk. Het iriseren treedt hierdoor zowel loodrecht op als evenwijdig aan de lichaamsas.

Omdat de structuurkleuren van de door hen onderzochte indigoslang twee assen vertoonden en dus van het ééndimensionale gedrag van de opperhuid van *Boa constrictor* verschilden, werd de vorming van deze kleuren bij de boa nader onderzocht.

Eigenschappen van de iriserende huid van *Boa constrictor*

Het iriseren zetelt in de opperhuid en is bij een opengeknipte en vlak gedroogde vervelling goed zichtbaar te maken, ook bij het

ent upon the angle of observation. These structural colours (colours based on the physical properties of the skin) are especially bright when situated upon a darker piece of skin. A flash photograph taken from above (Plate 1) shows that iridescence occurs perpendicular to the main axis of the body, and is critically dependant on the angle of reflection (Plates 1 and 2).

Only one paper could be found on the subject of snake skin iridescence. In the indigo snake *Drymarchon corais* Monroe and Monroe (1968) discovered a two-dimensional diffraction grating generated by the undulating walls between rows of cells (cf. Plate 14), responsible for the generation of these structural colours. The grating generated iridescence in parallel to, as well as perpendicular to, the body axis of the snake (Monroe & Monroe, 1968).

Since the structural colours of the indigo snake are based on the presence of a two-dimensional grating and, hence, differ from the one-dimensional behaviour of *Boa constrictor* skin the formation of structural colours in *Boa constrictor* was investigated in more detail.

Properties of the iridescent skin of *Boa constrictor*

Iridescence resides in the epidermis and may therefore be studied on a sample piece of sloughed skin, allowed to dry flat. Iridescence occurs both upon reflection and transmission of light. When viewed under a critical angle (of about 45 degrees) and perpendicular to the axis of the body, iridescence is pronounced within the region of the dorsal and dorso-lateral sides of the snake, (Plates 2A and 2B). It is absent if viewed in parallel to the axis of the snake (Plates 2A and 2B).





doorlichten ervan. Op het lichaam van de slang is het iriseren uitgesproken aanwezig in het gebied van rug en flanken, zowel loodrecht op de lichaamsas gezien (foto's 2A en B), als onder een hoek van circa 45 graden. Evenwijdig aan de lichaamsas treden geen structuurkleuren op (foto's 2A en B).

Wanneer de buitenkant van de huid met water (foto 3, rechts), aceton of olie wordt 'bevochtigd', verdwijnen de kleuren onmiddellijk, maar omkeerbaar: de kleuren komen terug wanneer deze stoffen zijn verwijderd. Applicatie aan de binnenkant heeft geen effect (foto 3, links), wat voor water is te verwachten, omdat deze kant *in situ*, dus in het dier zelf, ook vochtig is.

Bij nadere beschouwing blijkt, dat het iriseren beperkt is tot de schubben. De huid tussen de schubben vertoont geen structuurkleuren (foto 4).

Ofschoon alle kleuren van het spectrum optreden (foto 5, zie ook figuur 15), ligt het accent toch op hemelsblauw (foto 4).

Hypothese

Op basis van deze gegevens valt te verwachten, dat bij *Boa constrictor* een ééndimensionaal diffractietralie aanwezig moet zijn op de schubben, evenwijdig verlopend aan de lichaamsas en dus aan de as van de schubben zelf. De afmetingen van dit tralie zullen van de orde van grootte van de golflengte van blauw licht zijn (figuur 15). De huid tussen de schubben zal geen tralie bezitten en die van de buik vermoedelijk ook niet, of minder uitgesproken.

Omdat zo'n structuur het zien ernstig zou belemmeren, zullen de oogschubben er vrij van moeten zijn. Ook dit werd hier nader

Application of water (Plate 3, right), acetone or oil to the outside of the sloughed skin destroyed the colours reversibly in all cases, while application of these substances to the inside had no effect at all (Plate 3, left). This is to be expected since the *in situ* epidermis has a moist underside.

A close-up reveals that the presence of structural colours is restricted to the scales. The skin in between the scales does not exhibit structural colours (Plate 4).

Although all spectral colours are visible (Plate 5, cf. Plate 15) the overall impression remains a blue hue (Plate 4).

Hypothesis

These data suggest the existence of a diffraction grating on the corpus of the scales of *Boa constrictor*, with the grooves running parallel with the body axis, hence parallel with the axis of the scale itself. Its dimensions are expected to be of the order of the wavelength of blue light (Figure 15).

A grating will probably be absent on the skin between the scales and perhaps also on the abdominal scutes.

Since such a structure would hamper vision, the scales of the eyes have to be smooth. This was also investigated here. As expected no structural colours could be elicited from these scales, neither for reflective light nor upon transmission of light (Plate 6).

A lucky circumstance

During the autumn of 2005 an electron microscopic study by Jeroen Rouwkema appeared in *Lacerta*. He reported on the structure of the epidermis of the Corn

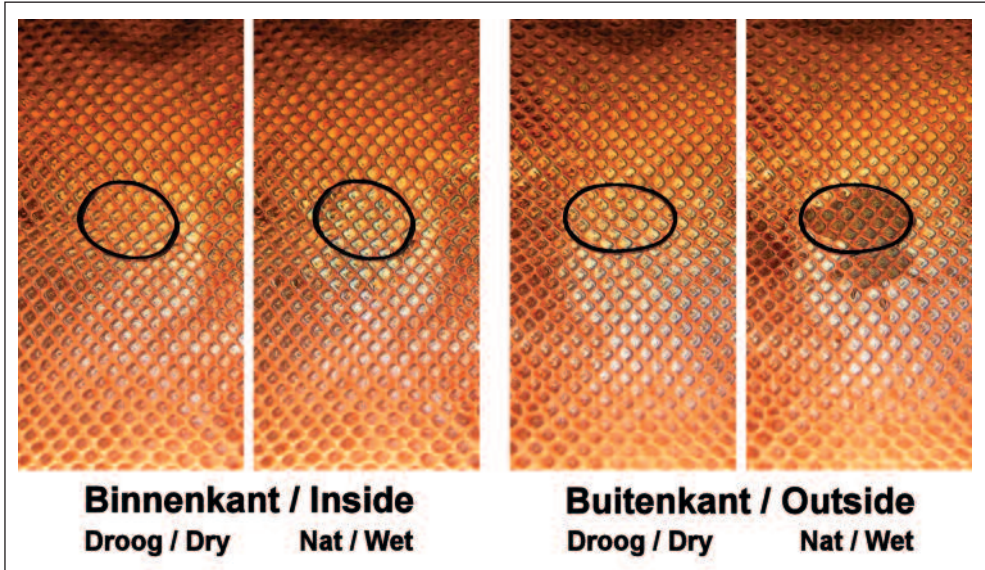


Foto 3. Invloed van een druppel water op het iriseren op doorlichting
Plate 3. A drop of water was applied to the sloughed skin in transmitted light



Foto 4. Iriseren op doorlichten, detailopname
Plate 4. Close-up of the iridescence upon the transmission of light

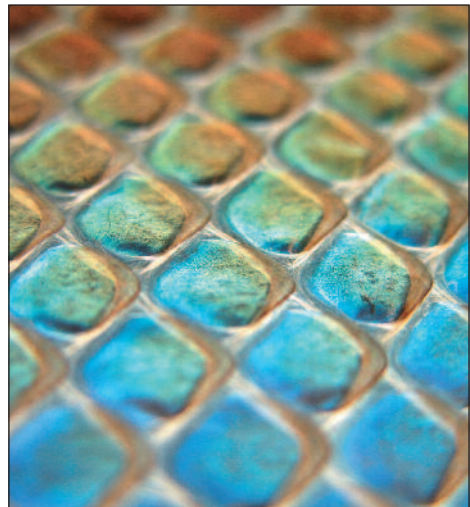


Foto 5. Als foto 4, maar iets schever opgenomen om de andere kleuren te laten zien
Plate 5. Similar to Plate 4, but taken in such a way as to show some of the other colours of iridescence

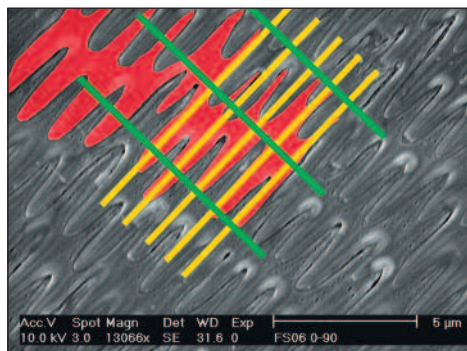


Foto 14. Scanning elektronenmicroscopische opname van de buitenkant van een dorsolaterale schub, detail. Buikschub van *Pantherophis guttatus*, met ingetekende cel (rood) en de twee tralierichtingen

Figure 14. Scanning electron microscopic pictures of the outside of a dorsolateral scale, detail.

Pantherophis guttatus abdominal scute. One cell drawn in red as well as the two grating directions



Foto 6.

snake *Pantherophis guttatus*. Upon contacting him early in 2006, regarding the afore-mentioned data, he agreed to investigate the shed skin of *Boa constrictor* with an electron microscope.

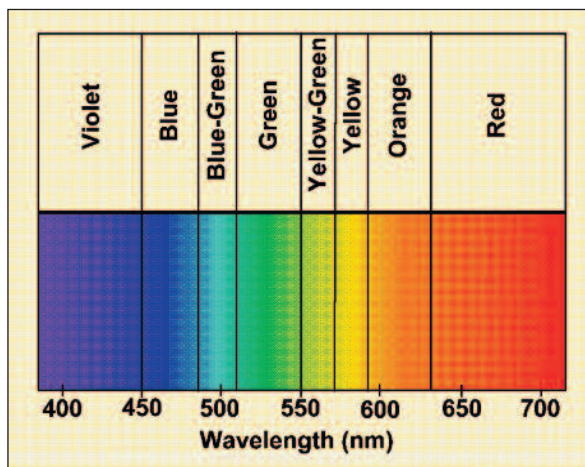
Scanning electron microscopy

• Material and methods

Pieces of the sloughed skin of an adult female *Boa constrictor* were examined with the use of a scanning electron microscope (SEM).

Several different pieces were cut from the sloughed epidermis: two pieces from the dorso-lateral region of the snake, one to study its outside structure, and the other for its inside. Two pieces taken from the sloughed abdominal epidermis were similarly studied.

For the outer sides of these skin preparations, pictures were taken from both the scales and from the region between the scales.



Figuur 15 / Figure 15

Uit / From:

<http://www.brother.com/europe/printer/advanced/lcv/lcfig03.gif>

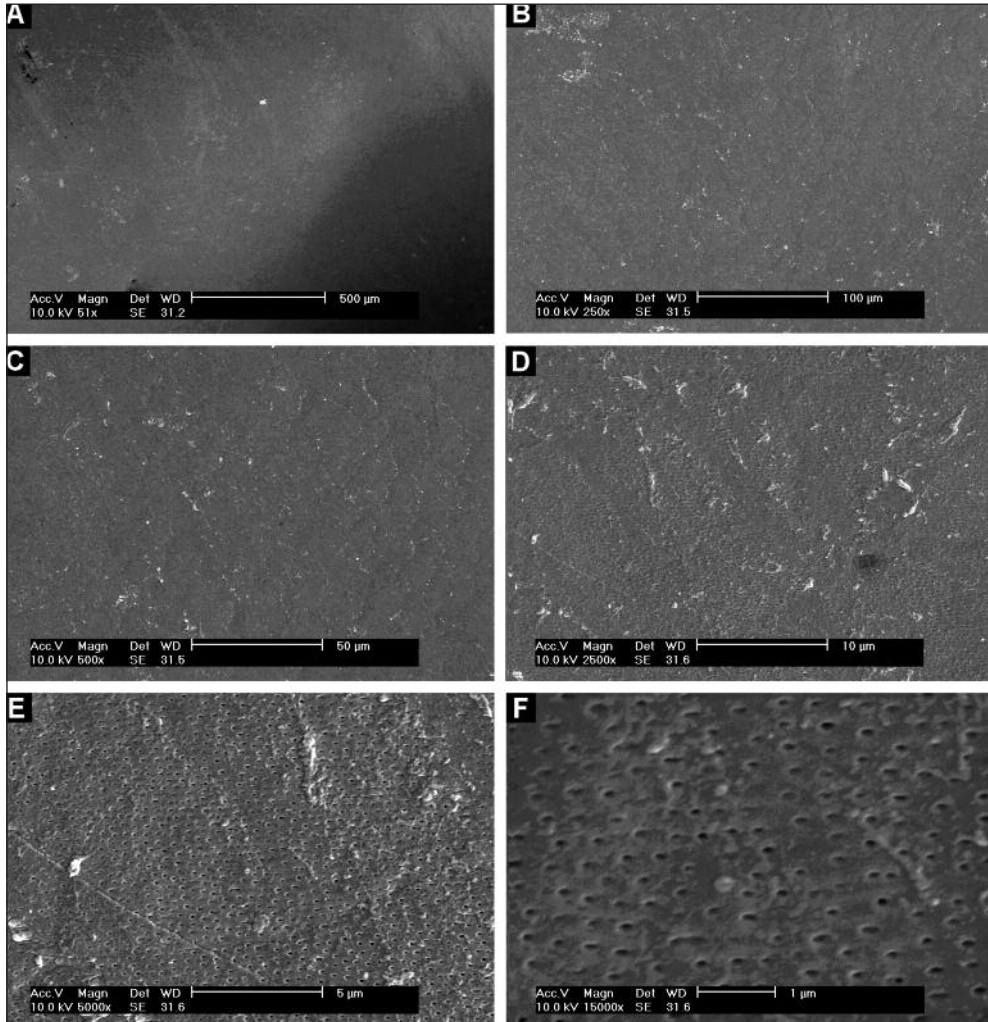


Foto 7
 Scanning elektronenmicroscopische opname van de buitenkant van een buikschub
 Plate 7
 Scanning electron microscopic pictures of the outside of an abdominal scute



onderzocht. Bij belichting en doorlichting bleek het inderdaad niet mogelijk te zijn structuurkleuren in de oogschubben op te wekken (foto 6).

Een gelukkige omstandigheid

Eind 2005 verscheen in *Lacerta* een artikel van Jeroen Rouwkema over een elektronenmicroscopische studie van de opperhuid van de rode rattenslang *Pantherophis guttatus*. Dit was een reden hem begin 2006 met de bovengenoemde gegevens te benaderen met de vraag de afgestroopte huid van een *Boa constrictor* elektronenmicroscopisch te onderzoeken.

Het elektronenmicroscopische onderzoek

• Materiaal en methoden

Voor het elektronenmicroscopische onderzoek werd de vervelde opperhuid van een destijds circa 12-jarige vrouwelijke *Boa constrictor* gebruikt.

Het hier te bespreken onderzoek heeft betrekking op twee stukjes van de opperhuid op de overgang van rug naar flank, waarvan één op de structuur van de buitenkant en het andere op die van de binnenkant werd bekeken. Twee stukjes van de buikzijde werden op dezelfde wijze bestudeerd. Ook werd de buitenkant van een oogkapje onderzocht. Voor de overgang van de rug op de flank werd vanwege het verschil in iriseren zowel een schub bekeken, evenals het niet iriserende tussen de schubben gelegen stuk opperhuid. Elk stukje werd op een speciale houder geplakt en onder vacuüm van een heel dun laagje goud voorzien om het elektrisch geleidend te maken. De stukjes werden vervolgens in een Philips XL30 ESEM-VEG rasterelektronenmicroscopie gebracht. Onder een werkspanning van 10 kV wer-

The outer scale of one eye was investigated for its outer structure only, since we expected a smooth scale.

Each skin piece was mounted on a special holder. A very thin layer of gold was applied under vacuum to ensure electrical conductivity of the preparation.

Each piece was then mounted in a Philips XL30 ESEM-VEG electron microscope. Pictures of the surface were taken under different magnifications using an operating voltage of 10 kV.

• Results

Neither the outside nor the inside of the abdominal scute showed an obvious grating structure (Plates 7 and 8), apart from rows of indentations visible at the highest magnification only. Distance between rows is about 0,3 μm (Plate 7F).

When observed from the inside of an abdominal scute (Plate 8) the borders of the cells are clearly visible (Plate 8D), while the rows of indentations are only vaguely visible (Plates 8E and 8F).

Zooming in onto a dorsolateral scale revealed the extensive presence of a simple diffraction grating on the body of the scales (Plates 9E and 9F), which is lacking in between the scales (Plates 11E and 11F).

The grating probably consists of a regular distribution of longitudinal folds of the keratin separated by seemingly smaller grooves. The grating runs in parallel to the head-tail direction of the scales and is, therefore, aligned with the longitudinal axis of the body of the snake.

The distance between the lines of the grat-

A.A. Verveen & Jeroen Rouwkema, 2007.
De iriserende opperhuid van *Boa constrictor*.
Litteratura Serpantium 27 (3): 117-136

A.A. (Bert) Verveen & Jeroen Rouwkema, 2007.
The iridescent epidermis of *Boa constrictor*.
Litteratura Serpantium 27 (3): 117-136

© Copyright :

Creative Commons Licentie

volgens: / according to:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

berust bij: / belongs to:

Litteratura Serpantium & A.A. Verveen

Zie: / See:

<http://www.verveen.eu/Page002PublicDomain.htm>

Men mag de inhoud van dit artikel gebruiken mits er adequaat naar wordt verwezen (zie hierboven) en dat het in de bijbehorende lijst van publicaties wordt opgenomen, dit alles naar goed wetenschappelijk gebruik.

Bij het publiceren van een foto of grafiek moet de auteur ervan in het onderschrift worden vermeld.

This paper may be used, but it is, of course, understood that any use of the work mentioned in this paper will be adequately referred to (see above), as well as mentioned in the list of references accompanying such a publication, on paper or for a different medium, according to good scientific and public usage.

The author of a picture or graph should be mentioned in the caption too.

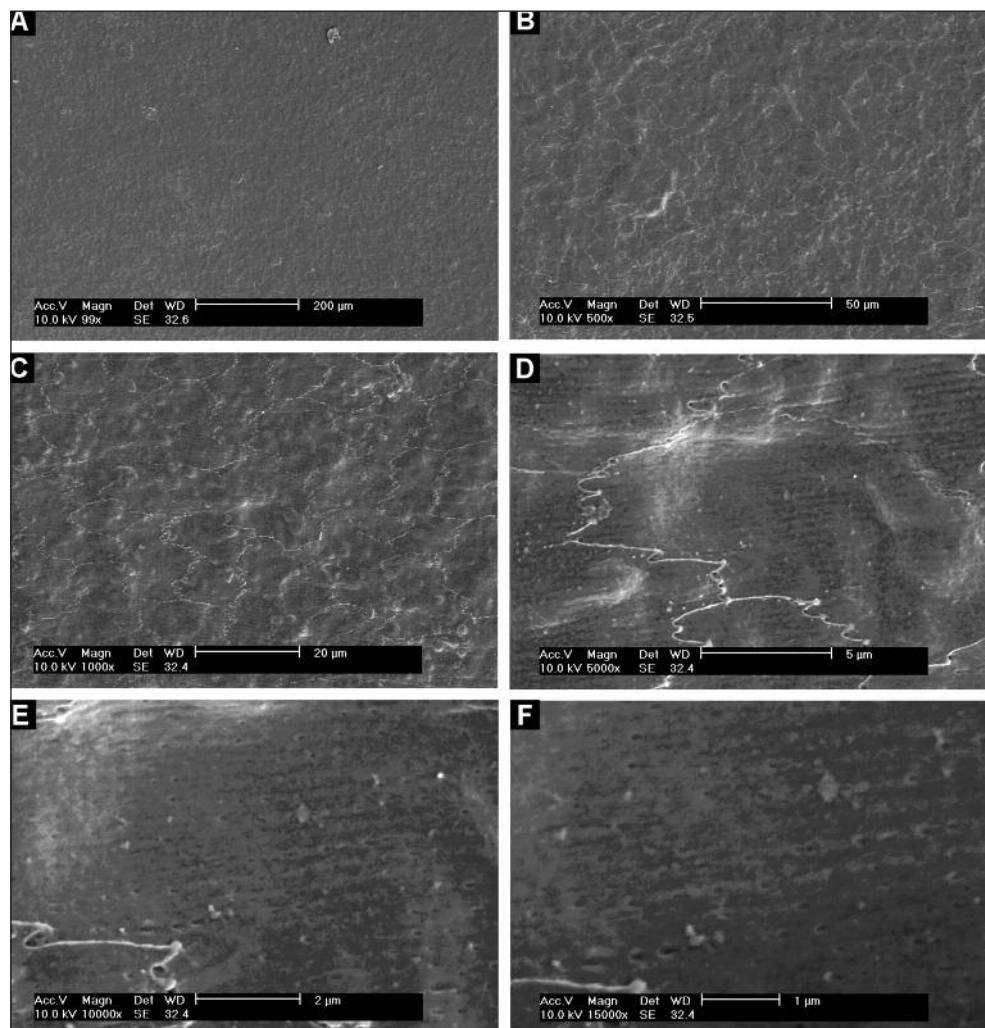


Foto 8
Scanning elektronenmicroscopische opname van de binnenkant van een buikschub
Plate 8
Scanning electron microscopic pictures of the inside of an abdominal scute

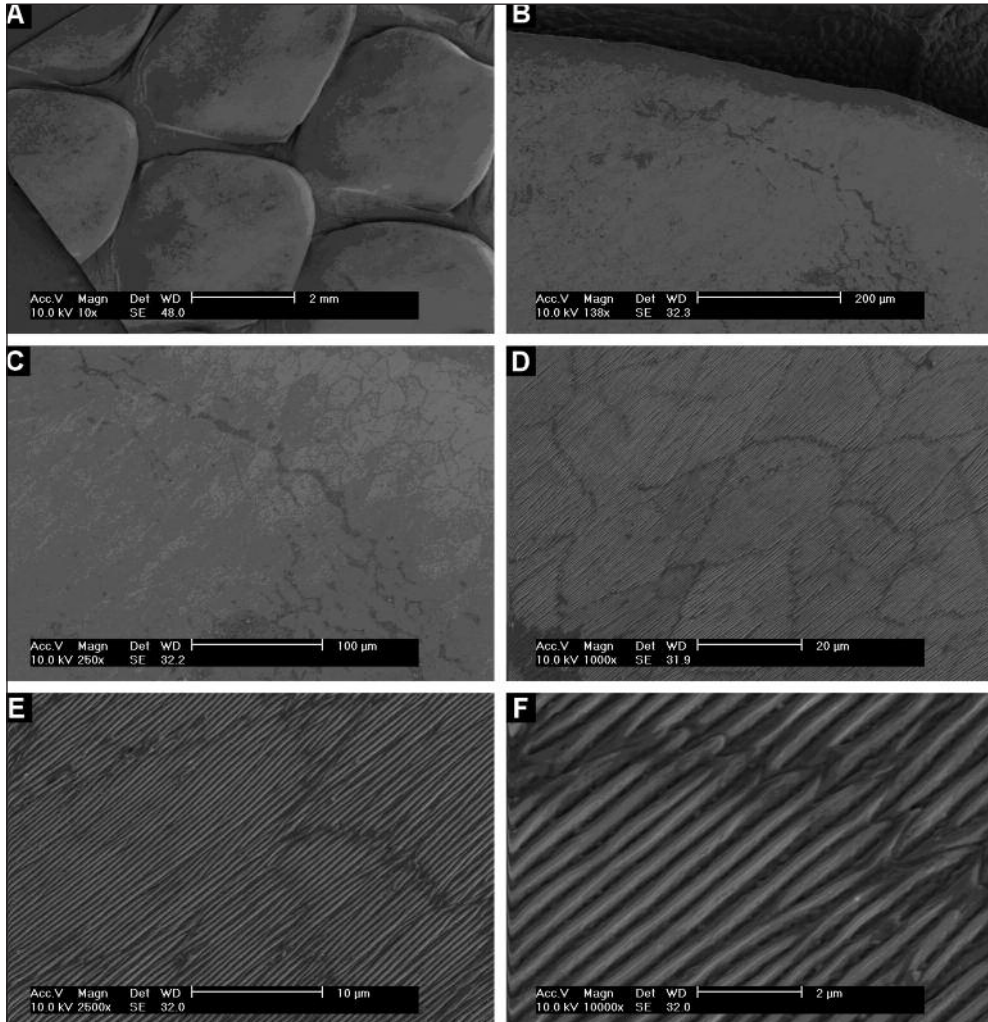


Foto 9
 Scanning elektronenmicroscopische opname van de
 buitenkant van een dorsolaterale schub
 Plate 9
 Scanning electron microscopic pictures of the outside
 of a dorsolateral scale



den bij verschillende vergrotingen foto's van het oppervlak genomen.

- Resultaten

Tijdens het inzoomen op de buitenkant van een buikschub, bleek er weinig spectaculairs te zien (foto's 7 en 8). Bij de grootste vergroting zijn reeksen putjes zichtbaar, gelegen op onderlinge afstanden van circa $0,3 \mu\text{m}$ (foto 7F).

Aan de binnenkant van een buikschub (foto 8) zijn de onderlinge afgrenzingen tussen de celwanden duidelijk zichtbaar (foto 8D), terwijl de putjes maar heel vaag zijn te zien, georganiseerd in flauw op het tralie lijkende reeksen (foto's 8 E en F).

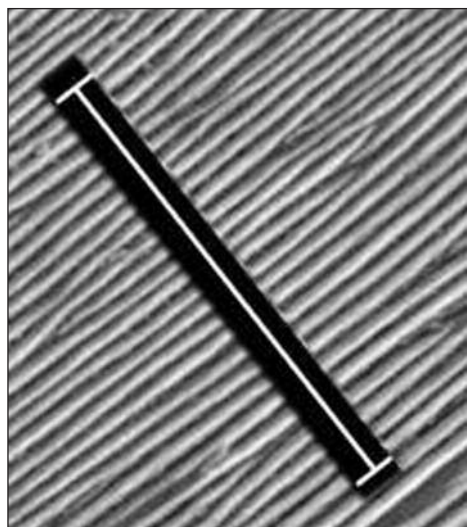


Foto 13
Scanning elektronenmicroscopische opname van de buitenkant van een dorsolaterale schub, detail.
25 tralielijnen passen op de eenheid van $10 \mu\text{m}$
Plate 13
Scanning electron microscopic pictures of the outside of a dorsolateral scale, detail.
The $10 \mu\text{m}$ unit covers 25 lines of the grating

ing is $0.4 \mu\text{m}$ (Plate 13), i.e. the grating contains 2500 grooves/mm.

Seen from the inside of the scutes a "gross negative print" of the grating was observed (Plates 10E and 10F).

The eye cap shows a smooth surface without any trace of a grating (Plate 12), as had been expected. Some scratches are present, while the borders in between the outer cells are visible at all different magnifications.

Discussion

The original observations with regard to the optical behaviour of the external side of the dorsal and dorso-lateral scales of the epidermis of *Boa constrictor* suggested the presence of a one-dimensional optical grating running in parallel to the main body axis of the snake. Investigations with the use of the scanning electron microscope confirmed this. The grating is, moreover, quite uniform and regular.

Sometimes a weak iridescence is visible within the ventral region. This may be explained by grid remnants in the shape of rows of small pits visible on the abdominal scutes (Plate 7F).

In his book Nassau (1983) mentioned that biological reflection gratings are relatively rare. Many iridising biological structures are based on thin-film interference, such as is responsible for the colours visible on soap bubbles and on oil-covered water surfaces. Gratings that have been discovered are usually of a rather complex structure (Vukusic & Sambles, 2003).

The one-dimensional grating of *Boa con-*

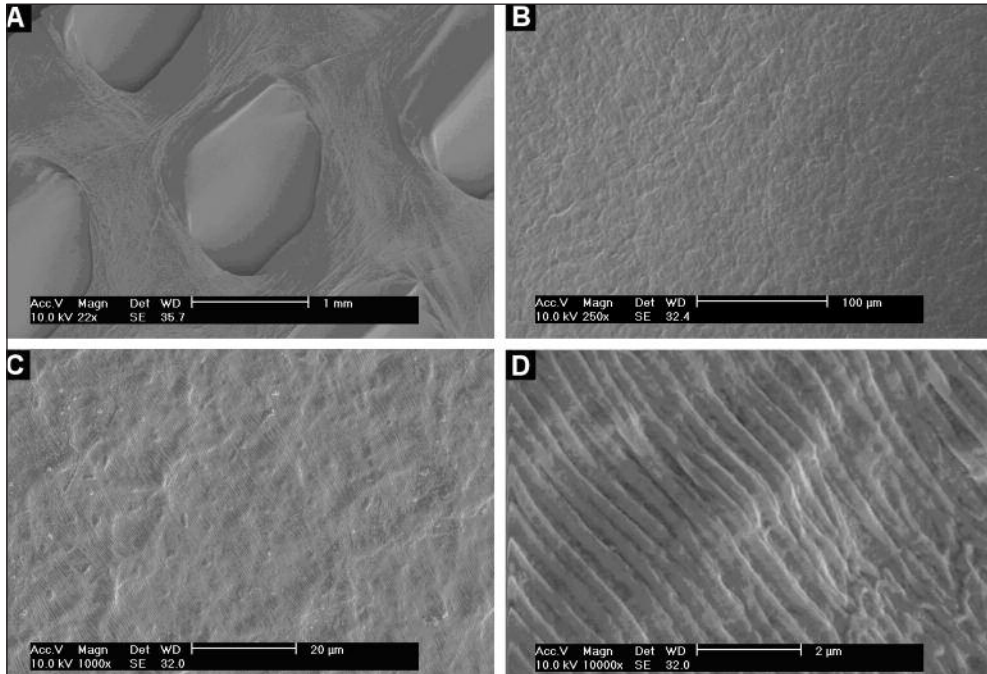


Foto 10
Scanning elektronenmicroscopische opname van de binnenkant van een dorsolaterale schub
Plate 10
Scanning electron microscopic pictures of the inside of a dorsolateral scale

Tijdens het inzoomen op een dorsolaterale schub blijkt, dat er inderdaad een ééndimensionaal tralie aanwezig is (foto's 9E en F). Zoals verwacht, ontbreekt dit tralie op de tussen de schubben gelegen delen van de opperhuid (foto's 11E en F).

Het tralie bestaat vermoedelijk uit in de lengte verlopende vouwen of ophopingen van keratine, die door smallere, ondiepe groeven van elkaar zijn gescheiden. De lijnen van het tralie lopen evenwijdig aan de kop-staartrichting van de schubben, dus evenwijdig aan de longitudinale as van het

strictor epidermal skin differs essentially from the two-dimensional grating found by Monroe and Monroe in 1968 for the epidermis of the indigo snake. This two-dimensional pattern is also present on the abdominal scales of *Pantherophis guttatus* (Rouwkema, 2005) and is depicted by the drawing in Plate 14. Here the epidermis consists of elongated lamellar cells, situated at right angles to the longitudinal body axis of the snake. They form the first grating (the green lines in Figure 14). The undulating teeth of the long sides of the intracellular walls form the second and narrow-

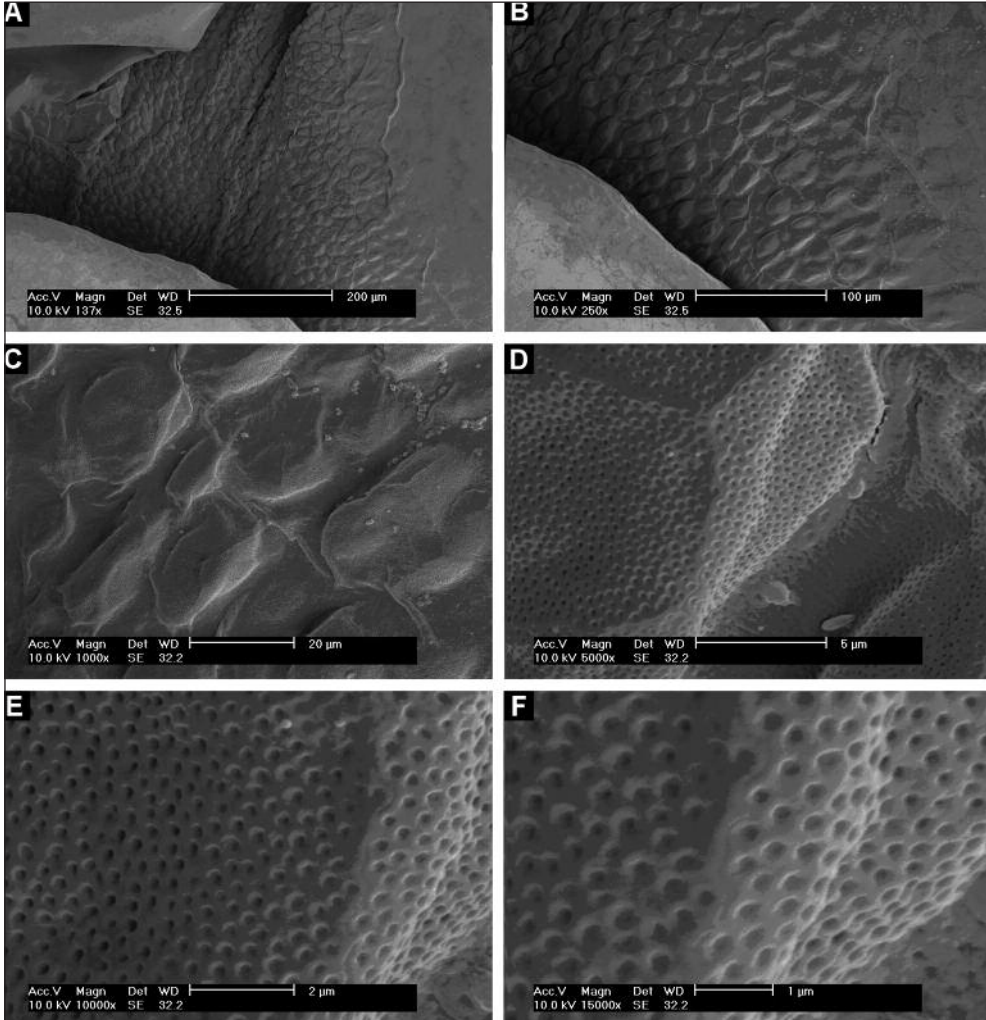


Foto 11
 Scanning elektronenmicroscopische opname van de huid tussen de dorsolaterale schubben
 Plate 11
 Scanning electron microscopic pictures of the outside of the skin in between dorsolateral scales



dier. Bij nameten bleek de onderlinge afstand tussen de lijnen $0,4 \mu\text{m}$ te zijn (foto 13), dus bevat het tralie 2500 lijnen per mm. Aan de binnenkant van deze schubben is een als het ware grove negatieve afdruk van het tralie aanwezig (foto's 10E en F).

Zoals werd verwacht is de schub van het oogkapje glad bij alle vergrotingen (foto 12). Hier en daar is een kras zichtbaar. Voorts zijn de onderlinge celwanden bij alle verschillende vergrotingen fraai zichtbaar.

Discussie

Het enkelvoudig diffractietralie dat op basis van de optische waarnemingen op de buitenkant van de opperhuid van *Boa constrictor* aanwezig werd verondersteld en evenwijdig moest lopen aan de hoofdas van het dier, bleek bij onderzoek met de scanningelektronenmicroscopie inderdaad zowel aanwezig te zijn als het veronderstelde richtingsverloop te bezitten. Het is bovendien een bijzonder strak en regelmatig tralie. Het zwakke iriseren dat soms over de buikhuid is te zien, kan berusten op de gevonden rangschikking van de daar aanwezige putjes in rijen (foto 7F).

In zijn in 1983 verschenen boek stelt Nassau op pagina 323, dat diffractietralies relatief zelden in de natuur optreden. Veel iriseren berust op dunnelaaginterferentie (bekend van het kleuren van zeepbellen en van dunne olielagen op water). Bovendien zijn de gevonden biologische diffractietralies meestal vrij ingewikkeld gebouwd (zie bijvoorbeeld het overzicht van Vukusic & Sambles (2003).

Het tralie van de opperhuid van *Boa constrictor* verschilt sterk van het tweedimensionale tralie dat in 1968 door Monroe en

er grating (the yellow lines in Figure 14), which runs parallel to the long axis of the snake's body. Two-dimensional gratings are present on the scales of at least some of the representatives of the lizards and the snakes: *Scincidae* (Irish *et al.*, 1988), *Uropeltidae* (Gower, 2003), *Colubridae* (Smith *et al.*, 1984, Irish *et al.*, 1988) and *Micrurus* (Smith *et al.*, 1984).

The diffraction grating of *Boa constrictor* is, however, not formed by the intercellular walls, where it continues more or less onto the grating of the next cell (Plate 9F). It consists of a regular and wave-like thickening or bending of the whole cellular surface, perhaps of the complete cell itself. This may be due to a property of the keratin of the boid cell itself, the grating pattern possibly occurring upon the cell losing its cell water.

Another question is, of course, what kind of mechanism aligns the grating so precisely to the main body axis of the snake.

The discovery of a simple one-dimensional diffraction grating on the epidermal skin of *Boa constrictor* which also is so beautifully aligned to its main body axis is, therefore, a nice surprise. A similar diffraction grating may, hence, be present on the outer side of the epidermis of other boas, such as the beautifully iridising rainbow boa, and, perhaps on that of pythons too.

One has, finally, to think about possible functions of these iridising structures. Smith *et al.*, (1984) reviewed the literature with regard to this question. For the two-dimensional grating the spinules may increase friction in the cephalic direction and hence facilitate propulsion, which is of

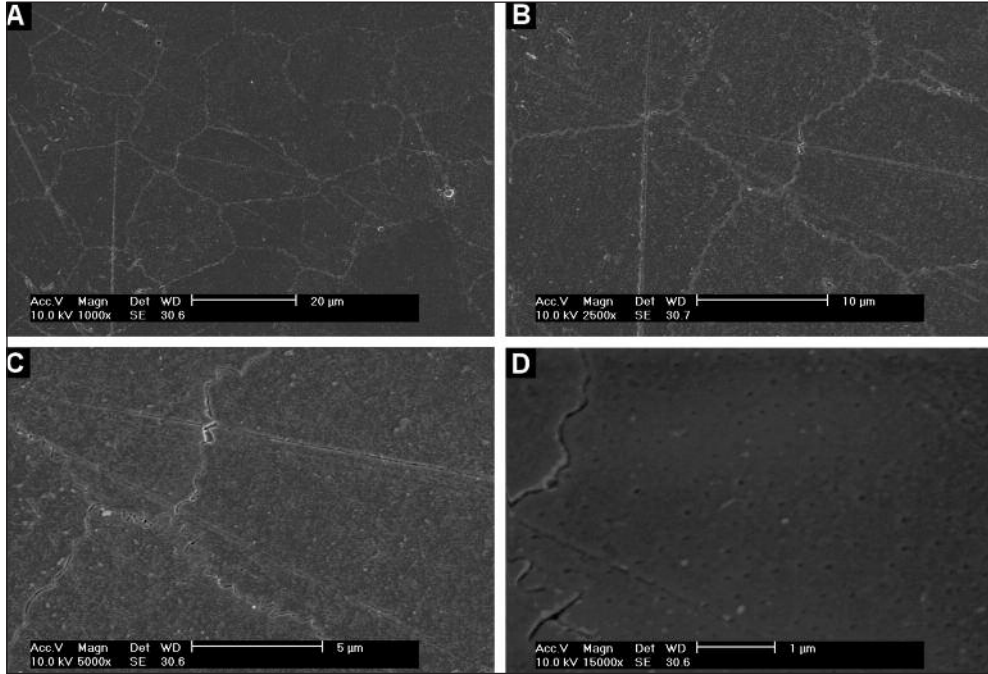


Foto 12
 Scanning elektronenmicroscopische opname van de buitenkant van de oog schub
 Plate 12
 Scanning electron microscopic pictures of the outside of the eye scale

Monroe bij de indigoslang werd gevonden. Een hierop lijkend patroon werd door Rouwkema bij *Pantherophis guttatus* gevonden (2006) en is in foto 14 nader ingetekend. De opperhuid van de schubben bevat langgerekte cellen met celwanden die parallel aan elkaar dwars loodrecht op de lichaamsas staan en het eerste tralie vormen (de groene lijnen in figuur 14). De golvende tanding van de lange wanden tussen de cellen vormt het tweede raster (de gele lijnen in figuur 14). Dit tralie loopt evenwijdig aan de lange as van de slang. Een tweedimensionaal raster komt voor bij tenminste enkele vertegenwoordigers van

special importance for fossorial snakes. Many fossorial snakes show a beautiful iridescence (Gower, 2003), such as Ruthven's Earthsnake *Geophis ruthveni* (Greene, 1997). Longitudinal ridges may facilitate removal of debris. These structures might possibly be involved in the conversion of solar radiation into heat. They also posed another and quite intriguing hypothesis: these structures may serve in the dispersal and retention of pheromones. Such a possibility seems plausible when one thinks, for instance, of the pheromone-induced courting behaviour of garter snakes (Shine *et al.*, 2004).





de hagedissen en de slangen: skinks (*Scincidae*, Irish en medewerkers, 1988), schildstaartslangen (*Uropeltidae*, Gower, 2003), ringslangen (*Colubridae*, Smith en medewerkers, 1984, Irish en medewerkers, 1988) en koraalslangen (*Micrurus*, Smith en medewerkers, 1984).

Het tralie van *Boa constrictor* wordt echter niet door de celwanden gevormd. Op die plaatsen loopt het meer of minder goed door op dat van de volgende cel (foto 9F). Het tralie wordt vermoedelijk gevormd door een regelmatige, golvende buiging of verdikking en verdunning van het hele oppervlak van de cel, of zelfs van de hele cel zelf. Het is mogelijk dat dit verschijnsel berust op een eigenschap van de keratine van deze cellen bij de boa, een patroon dat vermoedelijk optreedt wanneer de cel bij het keratiniseren indroogt.

Een volgende vraag is natuurlijk wat voor mechanisme dit tralie zo fraai evenwijdig aan de lengteas van het dier koppelt.

De aanwezigheid van een eenvoudig één-dimensionaal en parallel aan de lichaamsas gelegen buigingstralie op de epidermis van *Boa constrictor* vormt daarom een mooie ontdekking. Vermoedelijk zal een dergelijke tralie bij meer boa's (en pythons) aanwezig zijn, zoals bij de zo fraai iriserende regenboogboa.

Wat zouden functies van deze iriserende structuren kunnen zijn? Smith en medewerkers, (1984) bespraken de mogelijke functies ervan in hun publicaties van 1984 en op het Internet. Bij het tweedimensionale raster kunnen de naar achteren gerichte puntige uiteinden van de 'vingers' de achterwaartse weerstand vergroten en daar-

We may add, in addition, that iridescence may disrupt the outline of the snake and, hence, assist in its protection against predation (Plate 1). Another possibility may be that the grating may play a role in light transmission (Porter, 1967). Perhaps as protection against ultraviolet (UV) light penetration, for instance by increased reflection within this range? That the distance between the lines is $0.4 \mu\text{m}$ (400 nm), which corresponds with the wavelength of UV light (Figure 15) is suggestive. A nice titbit for the physicists among the readers of this journal?

Literatuur / References

Gower, D.J., 2003. Scale microornamentation of uropeltid snakes. *Journal of Morphology* 258: 249-268.

Greene, H.W., 1997. *Snakes, the evolution of mystery in nature*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.

Irish, F.J., E.E. Williams & E. Seling, 1988. Scanning electron microscopy of changes in epidermal structure occurring during the shedding cycle in squamate reptiles. *Journal of Morphology* 197: 105-126.

Nassau, K., 1983. *The physics and chemistry of color. The fifteen causes of color*. Wiley, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Monroe, E.A. & S.E. Monroe, 1968. Origin of iridescent colors on the indigo snake. *Science* 159: 97-98.

Porter, W.P., 1967. Solar radiation through the living body wall of vertebrates with emphasis on desert reptiles. *Ecological Monographs* 37 (4): 273-296.

mee de voortbeweging van de slang vergemakkelijken, in het bijzonder bij in zandige grond levende slangen. Juist deze dieren iriseren vaak bijzonder fraai (Gower, 2003), zoals op de foto van *Geophis ruthveni* op blz. 42 in Greene (1997) is te zien. Voorts kunnen de longitudinale geulen en richels een rol spelen bij het verwijderen van aangehecht vuil. Ook zouden deze structuren een rol kunnen spelen bij de conversie van schadelijke straling naar warmte. Zelf opperden zij de intrigerende hypothese dat deze structuren een rol kunnen spelen in het vasthouden en verbreiden van feromonen. Zo wordt het baltsgedrag bij de kousenbandslang opgewekt door een over de hele huid verspreid feromoon (zie Shine en medewerkers, 2004).

Hieraan kunnen wij nog toevoegen, dat het iriseren de slang zou kunnen beschermen door de herkenning ervan te bemoeilijken (foto 1). Tenslotte is het denkbaar dat het raster een rol speelt in de transmissie van bepaalde golflengten (Porter, 1967). Zo zou de golflengteafhankelijke reflectie de doorlaatbaarheid van ultraviolet (UV-) licht mogelijk kunnen verminderen, want de tralies van het raster liggen op onderlinge afstanden van $0,4 \mu\text{m}$ (400 nanometer), dus in het UV-gebied (figuur 15). Een kluijfe voor de fysici onder de lezers?

Rouwkema, J., 2005. Vervelling van *Pantherophis guttatus* (de Rode ratenslang). The shed skin of *Pantherophis guttatus* (the Corn snake). *Lacerta* 63 (5): 191-198.

Shine, R., T. Langkilde & R.T. Mason, 2004. Courtship tactics in garter snakes: how do a male's morphology and behaviour influence his mating success? *Animal Behaviour* 67, 477-483.

Smith, H.M., D. Duvall, B.M. Graves, R.E. Jones & D. Chizar, 1984. The function of squamate epidermatoglyphics. *Bull. Phil. Herpetol. Soc.* 1983-4. See: <http://www.herpetology.com/1phs30.html>

Vukusic, P. & J. R. Sambles, 2003. Photonic structures in biology. *Nature* 424: 852-855.

English corrections: Lawrence Smith.

