

# Een geval van regeneratie bij de kamsalamander

Annemarie van Diepenbeek

Tijdens een RAVON inventarisatieweek-end op 27 mei 2006 werd door de auteur met het schepnet een volwassen vrouwelijke kamsalamander (*Triturus cristatus*) aangetroffen waarbij de beide voorpoten ontbraken, maar waarbij de aangroei van nieuwe ledematen was begonnen. Het –overigens zeer levendige- dier werd gevangen in een poel in Dwingeloo (Drenthe). Een intrigerende waarneming. Deze bijzondere vangst was een goede gelegenheid om te zien of er inderdaad en in welke mate regeneratie plaatsvindt en om dit proces vast te leggen. Ook wordt kort ingegaan op het gedrag tijdens de observatieperiode.

## Inleiding

Het vermogen tot regeneratie bij salamanders, kikkers en padden is al heel lang bekend, getuige onder andere het volgend citaat uit 'Kruipende Dieren' (1862) van prof. H. Schlegel, genomen uit zijn beschrijving van de kamsalamander ('Water-salamander'). Schlegel schrijft: ...*"Het is vooral met deze soort, dat men proeven over het herstellingsvermogen heeft genomen. Het bleek hieruit, dat de in eenen zomer zes malen afgesnedene staart en poten telkens weder aangroeiden en, dat zelfs het weggenomen oog na verloop van twaalf maanden volkomen hersteld was"*.

Meer recente literatuur maakt melding van regeneratie, waarbij niet alleen de ledematen 'correct' herstellen, maar soms ook vertakkingen ontstaan, bijvoorbeeld twee voeten aan een poot (o.a. Griffiths, 1996). Bij staarten en ledematen is er vaak sprake van een herstelpercentage van 90% (Bryant, 1970). De regeneratie verloopt bij watersalamanders sneller dan bij kikkers en padden. Tijdens het larvestadium en zelfs na de metamorfose ontstane geamputeerde ledematen zijn ten tijde van het geslachtsrijp worden van de dieren weer geregenereerd (Veith & Viertel, 1993). Het snelle regeneratievermogen bij salamanders werd zelfs als een 'nadeel' beschouwd voor de individuele herkenning bij een Oostenrijks populatieonderzoek met gebruik van de teenknipmethode (Gutleb, 1991). Hierbij valt op dat regeneratie van tenen in dat onderzoek in een populatie (n = 353) Alpenwatersalamanders (*Mesotriton alpestris*) opvallend trager verliep dan in het geval van de kamsalamander waarover in dit artikel wordt bericht. In het Oostenrijkse onderzoek was na 40 dagen bij alle teruggevangen dieren nog geen enkele regeneratie zichtbaar. Een begin van regeneratie werd gevonden bij 14% van de

teruggevangen dieren tussen 40 en 80 dagen na amputatie en bij 55% na 80 tot 120 dagen. Bij terugvangsten tussen 280 en 360 dagen na amputatie was in 80% van de gevallen regeneratie opgetreden (in verschillende stadia). Bij deze 'vergelijking' moet uiteraard rekening worden gehouden dat het twee verschillende typen amputatie betrof en dat de kamsalamander in gevangenschap ruim voldoende voedsel kreeg aangeboden.

Voor het houden van de kamsalamander, een door de Flora- en faunawet beschermde soort, is van de Dienst Regelingen van het ministerie van LNV toestemming verkregen om het regeneratieproces te kunnen vastleggen.

## Omstandigheden tijdens de herstelperiode

### Voedsel

Gedurende de waterfase kreeg de kamsalamander twee of drie maal per week voedsel aangeboden, voornamelijk regenwormen. Deze werden direct – soms al terwijl de worm nog werd vastgehouden – en met een snelle, driftige hap- en slokbeweging gegeten. Tijdens het eten maakte het dier heftige kronkelbewegingen met het lichaam. Met het verorberen van relatief grote prooien (regenwormen tot wel 10 cm) had het dier weinig moeite.

Op 24 juni trad de landfase in, vanaf die dag verschoolde de kamsalamander zich op het land, onder een stuk boom-schors. Vanaf die datum ging ze ook niet meer het water in, ook niet om daar voedsel te zoeken. Als ze in het water (met daarin bewegende prooidieren) werd geplaatst, kroop ze direct terug op het droge. Het op land aangeboden voedsel werd niet of nauwelijks gegeten, ook niet als de bewegende wormen of rupsen met een pincet werden aangeboden.

### Water- en landfase tijdens verblijf

De kamsalamander werd in een paludarium van 60 x 35 cm bodemoppervlak gehouden, voor ongeveer 2/3 ingenomen door een waterbassin met een waterkolom van circa 10 cm hoog. De rest was als landhabitat ingericht.

Al na ongeveer twee maanden leek het dier nauwelijks nog gehinderd in zijn voortbeweging, ondanks de nog onvolledige regeneratie. Naar aanleiding van de resultaten van de röntgenopnames op 20 september (zie hierna) is echter besloten om het tot na de overwintering te houden, dit om te zien of er in het voorjaar – na nieuwe voedselopname – nog verder herstel van de beenderen zou optreden. Eind oktober werd het dier verminderd actief en overgeplaatst in een overwinteringsbakje met voldoende bosgrond, wat blad, mos en schors om daarin weg te kruipen. Met een tussenstap is het in een koudere omgeving geplaatst (ca. 4-8 graden). Wekelijks werd het dier op leven en welzijn gecontroleerd en werd de vochtigheid van het bodemmateriaal gecheckt.

In februari is het dier teruggeplaatst in het paludarium en met een tussenstap naar een warmere ruimte teruggebracht. Opvallend verschijnsel was dat het vrouwtje, dat gedurende de landfase van het voorafgaande jaar bijna niets had gegeten en dus weinig reserves kon hebben opgebouwd, dik en kennelijk eidragend uit de overwintering kwam. Na beëindiging van de winterslaap bleef de salamander slechts 10 dagen in het waterbassin van het aquarium. Voedsel dat werd aangeboden ter opvetting alvorens het dier terug te plaatsen in de natuur, werd niet opgenomen. Er was geen mannetje aanwezig om haar eieren te bevruchten en het vrouwtje tot ei-afzetting te stimuleren. Om het dier hiervoor de kans te geven is het op 28 april 2007 in de natuur teruggeplaatst en is afgezien van verdere observatie.

**Regeneratie ledematen**

Buiten de röntgenopnames is de regeneratie macroscopisch bekeken. Er heeft geen weefselonderzoek plaatsgevonden. De eerste zes weken is de aangroei van de beide voorpoten wekelijks fotografisch vastgelegd, daarna met een lagere frequentie. Ondanks de zorgvuldige hantering reageerde het dier telkens verstoord bij het vastpakken en het was zeer beweeglijk. Daarom is er van af gezien om de aangroei met een schuifmaat te meten en is volstaan met vastleggen daarvan in korte fotosessies. Op het moment van vangst, 27 mei 2006, was de aangroei van de voorpoten al begonnen, deze staken als stompe potloodpuntjes uit de beide schouders.

De voorpoten groeiden met circa 1 mm per week. Ter hoogte van de ellebogen en polsgewrichten ontstonden buigzame delen. Zelfs in het stadium waarin deze delen nog niet volgroeid waren, waren bij het lopen direct al de natuurlijke scharnierbewegingen te zien. Aanvankelijk verliep de groei en de vorming van beide voorpoten gelijkmatig, maar na de vorming van de ellebogen ontstond er verschil in de ontwikkeling. De linkerpoot groeide -ogenschijnlijk- uit tot een normale poot, waarbij het polsgewricht normaal leek en aanvankelijk ook



de vorming van de voet. Aan deze voet ontwikkelden zich echter 6 tenen, twee aan twee met elkaar vergroeid, waarbij de toppen tot een soort knotsjes verdikt waren (zie foto 3-9-2006). De rechtervoorvoet groeide uit tot één grote, puntig eindigende teen. Beide geregenereerde voorpoten zijn korter en dikker dan normaal.



28-5-2006,  
1 dag na de vangst

**A** 4-6-2006, herstel na 1 week

**B** 25-6-2006, herstel na 4 weken, buikzijde

**C** 25-6-2006, herstel na 4 weken, rugzijde

**D** 4-7-2006, herstel na 5 weken

**E** 9-7-2006, herstel na 6 weken

**F** 5-8-2006, herstel na 10 weken, detail poot

**G** 5-8-2006, herstel na 10 weken

**H** 3-9-2006, herstel na 14 weken; de linkervoorvoet eindigt in 3 dubbele, platte en stompe tenen.

**I** 26-4-2007, op de meetlat



De regeneratie heeft zich (uiterlijk) als volgt voltrokken.

- 27 mei vangst in poel; aangroei zichtbaar als korte stompjes vanuit schouders;  
 4 juni vanuit stompjes breken dunnere, puntige delen door;  
 12 juni groei van gepunte delen zet door; begin vorming linker elleboog  
 25 juni lengte bovenarmen circa een halve centimeter; begin elleboog aan linkervoorpoot;  
 4 juli linker elleboog wordt volledig;  
 9 juli rechter elleboog wordt gevormd, linkerpoot groeit sneller dan rechter;  
 14 juli linkerpols heeft zich gevormd en er is een begin van drie (platte, ronde) tenen aan de linkervoet; elleboog aan rechterpoot is gevormd;  
 5 augustus linkervoet nu met 3 brede, platte en stompe tenen; rechtervoet uitgegroeid tot één lange, puntige teen  
 22 augustus linkervoet 'gereed', tenen uitgegroeid tot 3 dubbele, paarsgewijs vergroeide tenen; rechtervoet met één teen toont geen verdere ontwikkeling;  
 3 september Bij alle tenen hebben de uiteinden zich geel gekleurd.

#### Voortbeweging

Zelfs direct na de vangst kon de salamander zich al redelijk vlot voortbewegen; het dier leek zich goed te kunnen redden. Het ontbreken van de voorste ledematen werd deels opgevangen door slangachtige golfbewegingen van het lichaam. Reeds tijdens de aangroeifase werden zowel op de waterbodem als op land (tijdens het fotograferen) de voorpoten al bewogen en gebruikt, ook toen het nog korte stompjes waren. Ze werden (ook tijdens het zwemmen) als normale voorpoten heen en weer bewogen en zodra ze lang genoeg waren, steunde de salamander er op. Direct na vorming van de ellebogen werden deze bij het lopen ook gebogen en gestrekt en het dier liep erop alsof het voeten waren.

#### Röntgenopnames

Om niet alleen de uiterlijke regeneratie te registreren, maar ook het herstel van de botstructuren, zijn er tweemaal röntgenfoto's gemaakt met behulp van een bij tandartsen in gebruik zijnd apparaat. De eerste keer gebeurde dat op 20 september 2006 en een tweede keer kort voor het terugzetten in de natuur, op 24 april 2007. Vooral de eerste keer waren de resultaten daarvan verrassend (zie foto's).

De kwaliteit van de foto's laat slechts beperkte conclusies toe, zeker wat details betreft. In de linkerpoot zijn zowel de structuren van het opperarmbeen (humerus) als een deel van een spaakbeen (radius) en ellepijp (ulna) te zien en delen van het handskelet. De rechterpoot vertoont een tenminste gedeeltelijk ontwikkeld opperarmbeen; spaakbeen en ellepijp lijken te ontbreken. In de in één teen eindigende linkervoet zijn drie achter elkaar gelegen kleine botjes te zien, die gezien hun lengte vermoedelijk teenkootjes zijn, al is dit laatste niet zeker (vergelijk met de opname van de intacte achterpoten). Het is echter niet ondenkbaar dat delen van de nieuwe botstructuren niet of onvoldoende verkalkt zijn en daarom onzichtbaar zijn op de röntgenopname; in theorie kunnen deze er dus wel zijn, maar (eventueel nog) niet zichtbaar (med. F. Pasmans, 2008). Ondanks het ontbreken van de onderarmbeenderen kon het dier zijn rechtervoerpoot dus normaal gebruiken voor zowel voortbeweging als voor ondersteuning. De poot lijkt daarbij als een soort stevige 'loopslurf' gewerkt te hebben.

De tweede keer werden foto's gemaakt om te zien of er in de vijf maanden die verstreken waren sinds de vorige opnames, nog wijzigingen hadden plaatsgevonden. Zoals verwacht, was dat niet het geval.

#### Oorzaken misvormingen of amputaties bij amfibieën

Misvormingen of amputaties van amfibieën kunnen meerdere oorzaken hebben. Enkele in de literatuur beschreven oorzaken worden hier aangehaald.

Een regelmatig voorkomende oorzaak is het afmaaien door maaimachines in weilanden, een habitatype waarin een soort als de bruine kikker (*Rana temporaria*) voorkomt.



Röntgenopname voorzijde 20-9-2006, 16 weken na vangst



Röntgenopname achterzijde 20-9-2006. Volledig intacte botstructuren van wervelkolom, staart en achterpoten.



Op 28-4-2007 werd de kamsalamander weer losgelaten

Een gedocumenteerde melding van een gewone pad (*Bufo bufo*) met ontbrekende achterpoten met afmaaien als mogelijke oorzaak, dateert ook uit het voorjaar (Van Gelder & Strijbosch, 1995). Overigens wist ook dit dier, net als de kamsalamander, zich 'efficiënt' voort te bewegen en slaagde er goed in voedsel te bemachtigen.

Een analyse van mogelijke oorzaken van misvormde achterpoten bij larven en juvenielen van de gewone pad in Rijnland-Pfalz (Duitsland) wordt gegeven in Veith & Viertel (1993). Daarin wordt met name de achtogige bloedzuiger (*Erpobdella octoculata*) genoemd als veroorzaker van afwijkingen aan vooral de achterpoten van juveniele gewone padden. Door middel van proeven toonden zij aan dat de gevonden afwijkingen (geheel of deels ontbrekende ledematen) bij net gemetamorfoseerde dieren veroorzaakt bleken te zijn tijdens hun larvestadium door parasitisme/predatie door deze bloedzuiger. Verder worden libellenlarven genoemd als veroorzakers van ontbrekende ledematen bij amfibieënlarven. Wanneer bij amfibieënlarven ledematen zijn op- of aangevreten, kan dit tijdens de metamorfose tot afwijkingen leiden. De auteurs verwijzen naar enkele andere onderzoeken, waarin gezocht is naar oorzaken van misvormingen en kleurafwijkingen bij verschillende soorten larven en juveniele padden en kikkers (o.a. rugstreppad (*Bufo calamita*) en groene pad (*Bufo viridis*)).

Verder kunnen misvormingen ontstaan door chemische verontreiniging, bijvoorbeeld door pesticiden, of sterke verzuring van de voortplantingswateren, door hybridisatie (bastardering) of door schimmelinfectie. Bij chemische verontreiniging, verzuring en schimmelinfectie is het waarschijnlijk dat per locatie meerdere individuen getroffen worden (Veith & Viertel, 1993).

Ook bij besmetting door de Chytrid schimmel (*Batrachochytrium dendrobatidis*), waardoor momenteel op allerlei plaatsen in de wereld vele amfibieënpopulaties gedece-meerd worden, kan misvorming van ledematen en staarten optreden (zie o.a. de websites van Dendrobatidae

Nederland en van de Nederlandse Vereniging van Dierentuinen en Amfibieën-crisis Werkgroep Dendrobatidae Nederland, 2009).

#### Mogelijke oorzaken amputatie kamsalamander

Het is gissen naar de oorzaak van de ontbrekende voorpoten bij deze kamsalamander. Het dier werd gevangen in een relatief kleine poel, waarbij enkele schepnetvangsten tientallen exemplaren van twee soorten salamanders bevatten (naast de kamsalamander ook kleine watersalamander (*Lisotriton vulgaris*). Predatie (bijvoorbeeld door vissen) is een mogelijkheid, maar hier uitgesloten omdat deze poel zo goed als zeker geen vis bevatte. Bij predatie eten grotere dieren normaliter kleinere. Grotere hebben dus relatief weinig kans gegeten te worden en alleen al gezien de soortsaamenstelling in de betreffende poel en het feit dat we hier te maken hadden met een volgroeide kamsalamander, lijkt predatie of kannibalisme hier onwaarschijnlijk. Misvormde of geheel of gedeeltelijk geamputeerde ledematen als gevolg van predatie door bijvoorbeeld larven van grote libellensoorten of bloedzuigers is alleen te verwachten bij larven of net gemetamorfoseerde dieren. Bij een aanval van een predator of soortgenoot zal een dier altijd proberen te ontsnappen aan zijn belager om zo zijn verwondingen beperkt te houden. Maar omdat de beide voorpoten op dezelfde lengte, namelijk tot aan de schouder, geamputeerd of weggevreten waren, lijkt deze optie hoogst onwaarschijnlijk. Incidenteel is van de (roofzuchtige) larven van de kniptor *Denticollis linearis* gemeld dat ze overwinterende amfibieën zouden aanvreten (Sauer, 1993).

Een mogelijkheid van predatie die ik nergens in de literatuur ben tegengekomen, maar die mij in het onderhavige geval echter heel plausibel lijkt, is de volgende. In winterslaap vormen de verstarde, koudbloedige dieren, vooral individuen die onvoldoende in nissen e.d. zijn weggekropen, een gemakkelijke prooi voor warmbloedige predatoren. Daarvan zijn voorbeelden bekend, zowel van warm-





Foto: Annemarieke Spitzen-Van der Sluijs

Vrouwelijke kamsalamander met aangevretten staart en poot te Winssen

bloedige als van koudbloedige winterslapers. Zo trof ik tijdens wintertellingen in kalksteengroeven meer dan eens een dode vleermuis, waarbij de (in winterslaaphouding buiten het lichaam uitstekende) polsen door vermoedelijk muizen waren opgegeten, o.a. een dode watervleermuis (*Myotis daubentoni*) op 28 januari 1995 in Fort Rhijnauwen (Utrecht). Ook vond ik op 27 maart 2006 langs het scherm naar een faunapassage in De Rips (Noord-Brabant) een volwassen vrouwtje kleine- of vinpootsalamander (*Lisotriton vulgaris/helveticus*), waarbij een achterpoot ontbrak; vermoedelijk was deze afgevreten tijdens de winterslaap. Een ander voorbeeld is een vrouwelijke kamsalamander met een stompvormige linkerachterpoot en een halve staart, op 10 juni 2006 aangetroffen in een tuinvijver in Winssen (zie foto).

Het is wellicht ook mogelijk dat ledematen gedurende de winterslaap dusdanig bevroren raken, dat ze afsterven.

De meeste geregistreerde waarnemingen van ontbrekende ledematen dateren uit het voorjaar, logisch omdat tijdens de waterfase of de trek naar voortplantingsplaatsen de meeste amfibieën worden waargenomen. Gezien het herstelvermogen mag er van worden uitgegaan dat, afhankelijk van de soort en ontwikkelingsfase waarin de verwonding heeft plaatsgevonden, ontbrekende lichaamsdelen na enige tijd, soms zelfs binnen enkele maanden, weer geheel of gedeeltelijk hersteld kunnen zijn. Uit het feit dat er in de vrije natuur echter aanmerkelijk meer juvenielen met ontbrekende lichaamsdelen worden gevonden dan volwassen dieren, blijkt dat de verwondingen of misvormingen de overlevingskansen wel nadelig beïnvloeden (Veith & Viertel, 1993). De nadelige effecten zijn ook gebleken uit experimenteel onderzoek met larven van de Koreaanse vuurbuikpad (*Bombina orientalis*) (Parichy & Kaplan, 1992).

#### Literatuur

Amfibieën-crisis Werkgroep Dendrobatidae Nederland, 2009. Chytridiomycose. Geen Paniek... maar wel tijd om actie te ondernemen. *Lacerta* 67(1): 35-38.

Bryant, S.V., 1970. Regeneration in amphibians and reptiles.

Endeavour 29(106): 12-17.

Gelder, J. van & H. Strijbosch, 1995. Adult common toads (*Bufo bufo*) with mutilated legs. *Alytes* 13(3): 105-108.

Griffiths, R.A., 1996. Newts and Salamanders of Europe. T. & A.D. Poyser Ltd, London: 17-18.

Gutleb, B. 1991. Phalangenregeneration und eine neue Methode zur Individualherkennung bei Bergmolchen, *Triturus alpestris* (Laurentie, 1768). *Herpetozoa* 4(3/4): 117-125.

Parichy, D.M. & R.H. Kaplan, 1992. Developmental Consequences of Tail Injury on Larvae of the Oriental Fire-Bellied Toad, *Bombina orientalis*. *Copeia* 1992(1): 129-137.

Sauer, F., 1993. 600 Käfer, nach Farbfotos erkannt. Fauna-Verlag, Karsfeld.

Schlegel, H., 1862. De dieren van Nederland. Gewervelde Dieren. Kruipende Dieren. A.C. Kruseman, Haarlem.

Veith, M. & B. Viertel, 1993. Veränderungen an den Extremitäten von Larven und Jungtieren der Erdkröte (*Bufo bufo*): Analyse Möglicher Ursachen. *Salamandra* 29(3/4): 184-199.

Websites met informatie en foto's over de Chytrid schimmel:

[www.gifkikker.nl/Vereniging/DendrobatidaeNederland](http://www.gifkikker.nl/Vereniging/DendrobatidaeNederland) (amfibieën-crisis)

[www.nvdzoos.nl](http://www.nvdzoos.nl)

#### Summary

Newts and salamanders have a remarkable ability to regenerate limbs and digits, after they have been (partly) amputated. In this case story both a description and a photographic report is given of the recovery of the fore limbs in an adult female crested newt (*Triturus cristatus*). The specimen with two amputated fore limbs was caught by the author in May 2006 in a small pond in the province of Drenthe (The Netherlands). To record the regeneration process, permission to keep the specimen in captivity was obtained from the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Regeneration from the shoulder down to the digits took 14 weeks. Although the regeneration of the limbs and digits seemed to be almost complete outwardly, radiographs showed that regeneration of the skeleton structure was only partial. Recordings were made until April 2007, the day the newt was released in its natural environment. It is imaginable that the recovery of the skeleton was in a further stage than visible in the radiographs, as radiographs may not show regenerated bones that have not been ossificated yet.

Remarkably the newt appeared hardly to be hampered by its lack of fore legs; locomotion during the recovery process was quite vivid. Possible causes of the amputation are mentioned –as described in literature– and also a hypothesis is formulated that states that the newt might have been mutilated during hibernation by a passing predator, e.g. a wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) or any other mouse or rat species.

#### Dankwoord

Dank gaat uit naar Bert Bruggeman te Nuenen voor het maken van de röntgenopnames. Verder worden bedankt Frank Pasmans (Universiteit Gent), Marja Kik (Universiteit Utrecht) en Matthias de Rooij (arts i.o. Catharina Ziekenhuis (Radiologie), Eindhoven) voor het becomingentariëren van de röntgenopnames.

**Annemarie van Diepenbeek (RAVON)**

Postbus 1413

6501 BK Nijmegen

[a.v.diepenbeek@ravon.nl](mailto:a.v.diepenbeek@ravon.nl)