

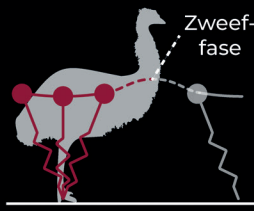
Grounded

VERSPILLEN VOGELS ENERGIE

Hoe onderscheid je

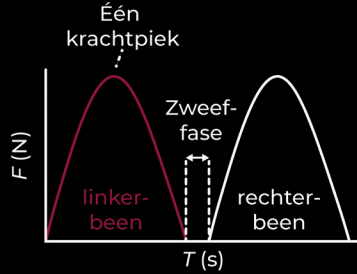
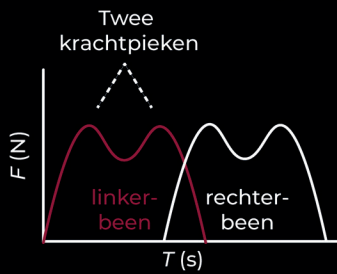
WANDELEN

RENNEN



Been scharniert: cirkelbeweging
Zweeffase als snelheid $> (g h)^{0.5}$

Been stuitert: inveerbeweging

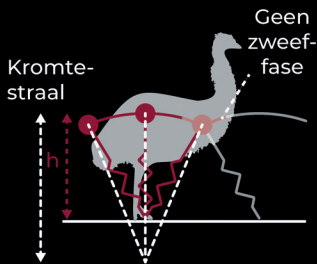


Wandelen en rennen kun je ook onderscheiden door het aantal pieken in de verticale grondreactiekracht

Grounded running: rennen zónder zweeffase

Voor het stuitende been geldt: kromtestraal $> h$
Hierdoor is rennen zónder zweeffase mogelijk

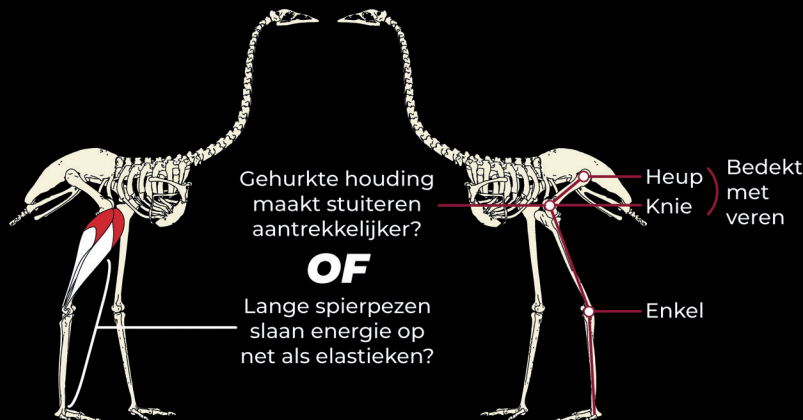
Er is maar één krachtpiek, dus het dier is aan het stuiten / rennen



Grounded running kost méér energie dan normaal rennen, maar vogels kiezen deze rentechniek alsnog. Dit noemen we de:

Grounded Running PARADOX

Dit kan aan twee anatomische kenmerken van vogels liggen, die je bij echte vogels *niet van elkaar kunt scheiden*. Met een natuurkundig model hebben we twee mogelijke oorzaken getest:



De emoe

Soortnaam:	<i>Dromaius novaehollandiae</i>
Leefgebied:	Australië
Lichaamsgewicht:	~30-50 kg
Topsnelheid:	~50 km/u

Emoes zijn, samen met struisvogels, de snelste tweevoeters op aarde. Dit hebben ze deels te danken aan hun lange poten, hoewel dit misschien moeilijk te zien is: bij vogels zijn het knie- en enkelgewricht verstopt achter het verendek. De beenspieren (bijna 1/3 van de totale massa van het dier) lopen tot net onder de knieën. Daaronder lopen vooral lange pezen. Deze geven de spierkrachten door, en slaan ook energie op tijdens het bewegen.

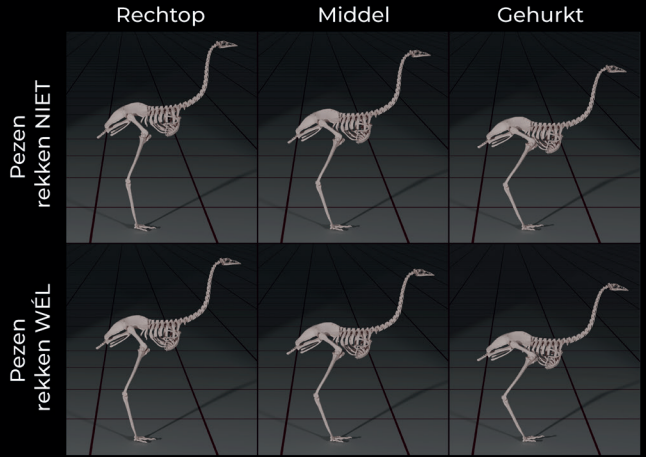
Running

MET HUN RENTECHNIEK?

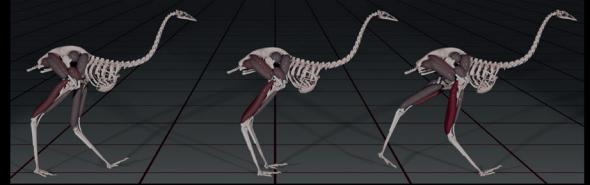


Digitaal EXPERIMENT

We hebben in emo-modellen de spieranatomie aangepast, om te simuleren hoe de rentechniek afhangt van anatomie



Door wiskundige optimalisatie 'leren' de modellen opnieuw bewegen met de aangepaste anatomie. In de uitlegvideo (scan de QR) zijn de simulaties te zien.



Doel: vind op elke snelheid de beweging met het laagste energieverbruik. Wandelen en (grounded) rennen verschijnen vanzelf als optimale bewegingen, afhankelijk van de snelheid.

UITKOMST

Hoe gehurkter een tweevoeter, hoe breder het bereik aan rensnelheden waarover **grounded running** optimaal is. Rekbaar pezen versterken het effect, maar zijn niet nodig.

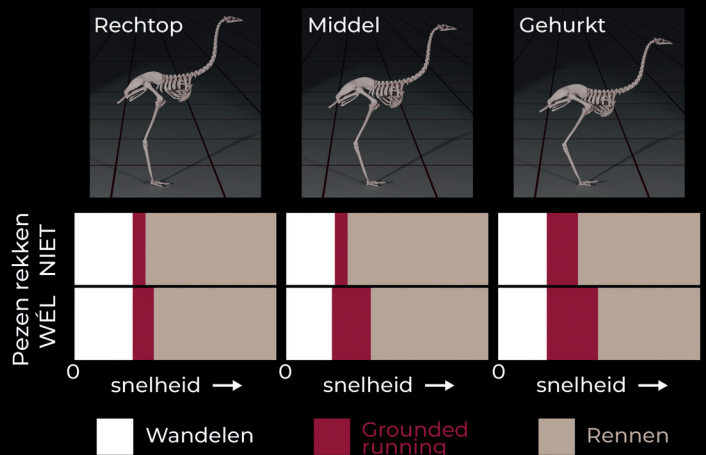
Biomechanisch model

Totale massa: 37,8 kg

Multibody dynamic-model op basis van CT-scans. Bewegingen, aangedreven door spierkrachten, worden berekend door de simulator. Het model maakt het mogelijk om te simuleren hoe aanpassingen aan de (spier)anatomie de bewegingen beïnvloeden, en schat ook het energieverbruik van de spieren tijdens de verschillende bewegingen.

Voor een artikel over de methode, zie *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde* 89-07 (2023).

Pasha van Bijlert
Universiteit Utrecht & Naturalis
a.m.vanbijlert@uu.nl



Paradox OPGELOST

Vogels verspillen geen energie met grounded running, zo besparen ze juist energie. Door hun gehurkte houding is grounded running juist **energetisch optimaal** voor vogels!

Lees het artikel in *Science Advances* (scan de QR code)
PA van Bijlert, AJK van Soest, AS Schulp, KT Bates. Muscle-controlled physics simulations of bird locomotion resolve the grounded running paradox. *Science Advances*. 2024. 10(39): eado0936.

