

Ze zijn innovatief én controversieel, de hardloopschoenen (ook wel ‘superstappers’, ‘springveerschoenen’, ‘wondersloffers’ en ‘valspeelschoenen’ genoemd) waarmee Nike de afgelopen jaren de marathonwereld op zijn kop heeft gezet. Wat maakt de schoenen zo uniek? Bewegingswetenschapper Wouter Hoogkamer, tester van het eerste uur: ‘Een gouden combinatie van dempend schuim en een gebogen koolstofplaat.’

## De hardloopschoenrevolutie

### Jurgen van Teeffelen



Tijdens de Chicago Marathon op 13 oktober 2019 verbeterde Brigid Kosgei, lopend op de Nike Vaporfly NEXT%, het legendarische wereldrecord op de marathon van Paula Radcliffe (2:15:25, 13 april 2003, London) met 81 seconden tot 2:14:04.

Vijf jaar geleden krijgt Hoogkamer van zijn toenmalige begeleider prof. Rodger Kram een paar witte sportschoenen in zijn handen gedrukt: prototypes van het nieuwe schoeisel dat Nike in het kader van het ambitieuze ‘sub 2 project’ heeft ontwikkeld. Zo op het eerste oog zijn het doodnormale sportschoenen: wit, met aan de zijkant een donkerblauwe *swoosh*, het kenmerkende logo van de fabrikant. Alleen de zool, die is opvallend dik.

### Verrast

Aan Kram (naast zijn baan als hoofd van het ‘Locomotion Lab’ van de Universiteit van Colorado in Boulder tevens adviseur van het Amerikaanse sportschoenenconcern) is gevraagd om de schoenen in zijn laboratorium te testen. Het lijkt hem een mooie klus voor Hoogkamer, die dat jaar als post-doc bij hem begonnen is. Het verrast de Nederlander in eerste instantie, zo vertelt hij vijf jaar later vanuit zijn huidige kantoor op de Universiteit van Massachusetts in Amherst, waar hij sinds vorig jaar *assistant professor* is: ‘Rodger was onder meer naar Nike gegaan omdat we geld nodig hadden voor een vervolgstudie die we wilden opzetten. Een jaar eerder hadden collega’s namelijk laten zien dat atleten minder energie verbruik-

ten wanneer ze blootsvoets op een loopband liepen die was beplakt met het dempende materiaal dat ook in de tussenzool van een bepaald type hardloopschoen van Nike zat. Maar die energiebesparing trad niet op wanneer diezelfde atleten op dat type schoenen versus blootsvoets renden, waarschijnlijk omdat het gewicht van de schoenen het voordeel van het dempende materiaal teniet deed.<sup>1</sup>

### Ballast

Deze bevinding van Krams groep leverde een nieuw stukje van de puzzel waarop wetenschappers al tientallen jaren hun tanden stuk beten: geeft het lopen op schoenen met demping in de zool nu wel of niet energetisch voordeel? Afgaande op de bestaande literatuur kan het antwoord op deze vraag alle kanten op. Het hangt onder meer af van de geteste schoen en het materiaal in de zool. Bovendien speelt het gewicht van de schoen vaak door de resultaten heen. De stelregel is dat iedere 100 gram extra aan schoengewicht het zuurstofverbruik al gauw met 1% verhoogt.<sup>2</sup> Dit verklaart de conclusie van een meta-analyse dat het energieverbruik tijdens blootsvoets lopen vaak voordeliger is dan met schoenen aan en dat alleen minimalistische lichtgewicht schoenen

geen verschil geven ten opzichte van blote voeten.<sup>3</sup> Aan de andere kant laat het ook zien dat dempend materiaal in de schoenzool wel degelijk een energiebesparing tijdens het lopen kan geven.

In een studie uit 2012 vergeleken Kram en collega's het energieverbruik tijdens lopen op een loopband mét en zonder schoenen van 150 gram aan, terwijl ze de voeten/schoenen verzwaarden met loden strips van 150, 300 of 450 gram.<sup>2</sup> Voor beide condities leidde de extra ballast tot een toename van het zuurstofverbruik met 1% per 100 gram. Maar bij eenzelfde totaalgewicht aan de voeten was het zuurstofverbruik met schoenen aan wel 3 tot 4% lager dan zonder schoenen aan.

Deze experimentele bevindingen leveren een interessante uitdaging op voor schoenfabrikanten: ontwerp een hardloopschoen waarvan de zool is gemaakt van materiaal dat meer energiewinst oplevert dan het energieverlies door het (extra) gewicht van de schoen.

### Speciale loopband

Dat hier mogelijkheden liggen, laten studies zien waarin de demping van de ondergrond of de loopband waarop men rent wordt gemanipuleerd. Onderzoekers van Harvard bouwden een speciale loopband met een oppervlak waarvan de stijfheid gevarieerd kon worden van 75,4 tot 945,7 kN/m.<sup>4</sup> De 12½-voudige afname in stijfheid ging gepaard met een energiebesparing tijdens het rennen van maar liefst 12%. Een enorm effect, dat Hoogkamer aan het denken had gezet: 'Het lijkt erop dat het energieverlies tijdens lopen op een dempende ondergrond of schoen beperkt blijft omdat er minder spieren geactiveerd hoeven te worden om schokken op te vangen, zoals dat tijdens blootsvoets lopen op een harde ondergrond wel gebeurt. Je kan 'luiertje' lopen, simpel gezegd. Alleen was dit in de

studies die gedaan waren nog niet aangetoond. Om hier meer inzicht in te krijgen wilden we met EMG, krachtmetingen en video aan de slag, terwijl we proefpersonen op een stevige loopband zouden laten rennen waarop we verschillende soorten dempend materiaal konden bevestigen, zoals in de vorige studie in het lab was gedaan. Alleen was de loopband die we hadden hier niet geschikt voor, dus hadden we onze hoop gevestigd op een extra geldpotje van Nike.'

### Geheime schoenen

Als Hoogkamer dus een goed-gehumeurde Kram tegenkomt na diens bezoek aan het hoofdkwartier van de firma in Beaverton, denkt hij aan de slag te kunnen. Dat blijkt te kloppen, zij het met de witte schoenen die Kram hem overhandigt. Hij heeft ze bij de fabrikant al even aangetrokken en ze lopen fantastisch. Kram is nieuwsgierig wat deze geheime schoenen tijdens labmetingen zullen laten zien. De zool is gemaakt van het thermoplastische elastomeer PEBA (*poly-ether block amide*), door de fabrikant omgedoopt tot 'ZoomX' schuim. Het materiaal geeft aan de ene kant heel erg mee, wat van belang is voor het opslaan van energie tijdens het neerkomen op de grond, maar is aan de andere kant bijzonder veerkrachtig, waardoor tijdens de afzet van de looper efficiënt energie teruggegeven kan worden. PEBA is bovendien zeer licht spul, waardoor de schoenen ondanks hun dikke zool (31 mm ter hoogte van de hiel) slechts 200 gram wegen.

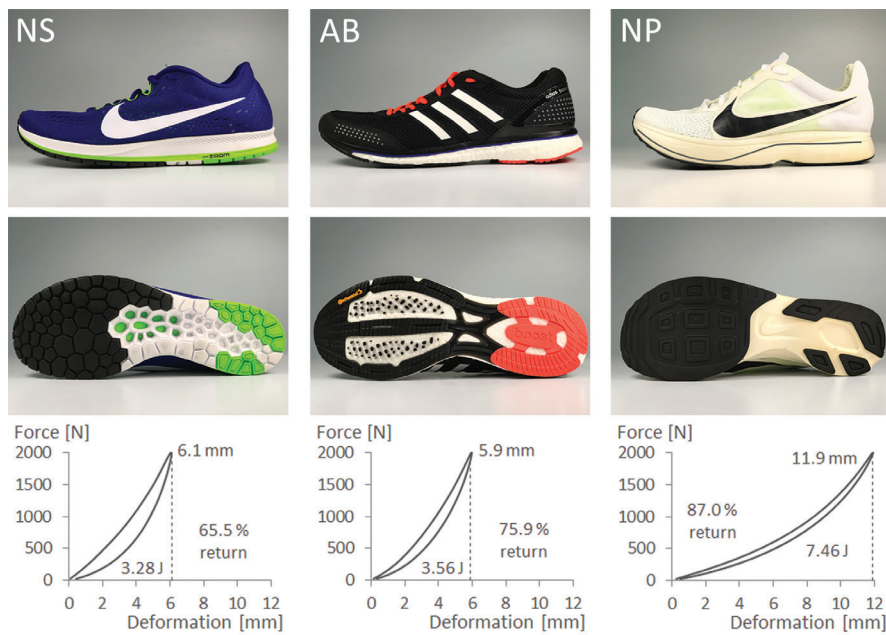
### Koolstofplaat

Maar er is meer dan alleen het lichte schuim. In het midden van de zool is over de hele lengte van de schoen een gebogen, lepelvormige koolstof tussenplaat toegevoegd. Hoogkamer weet dat zo'n stijve plaat in eerder onderzoek gelinkt was aan een energiebesparing van rond de 1%,

mogelijk omdat deze de hefboomwerking van de voet bij het hardlopen versterkt. Hij is snel akkoord met de veranderde onderzoeksplannen: 'Ik zag meteen mogelijkheden om de invloed van de schoen op het energieverbruik eens echt grondig te bepalen. Niet bij één loopsnelheid, zoals alle studies tot dusver gedaan hadden, maar bij meerdere snelheden en voor verschillende schoenen. Er was genoeg budget om een ruim aantal proefpersonen op te nemen in de studie en die ook nog eens financieel te compenseren.'

### 4%

Hoogkamer gaat aan de slag. Wanneer de studie<sup>5</sup> twee jaar later, in het najaar van 2017, wordt gepubliceerd, geven de resultaten het langverwachte antwoord op de vraag die al een tijdje door de hardloopwereld gonst: wat is er zo speciaal aan de schoenen waarop zoveel Nike lopers tegenwoordig hun successen behalen? Het podium van de Olympische marathon in Rio de Janeiro (2016) was geheel gevuld met dragers van het nieuwe schoeisel en ook de recente winnaars van de grote marathons vielen op door hun schoeisel met die dikke zolen. De fabrikant heeft de schoenen de naam Vaporfly gegeven en ze van kekke zomerse kleurtjes voorzien, maar het zijn verder gewoon dezelfde schoenen die Hoogkamer heeft onderzocht. De onderzoeksresultaten geven aan dat de schoenen inderdaad baanbrekend zijn. Want waar in vorige studies toevoegingen aan schoenzolen hoogstens een marginaal energetisch voordeel lieten zien, blijkt het zuurstofverbruik op de Vaporfly gemiddeld 4% lager te zijn ten opzichte van twee andere schoenen die in eerder onderzoek reeds als 'zuinig' uit de bus waren gekomen: de Zoom Streak 6 (Nike) en de Adizero Adios Boost 2 (Adidas), schoenen waar in 2015 nog de gehele top 10 van de marathonwereld op liep. Het is de belangrijkste



**Figuur 1** | Hoogkamer en collega's voerden mechanische tests uit op drie schoenmodellen: v.l.n.r. de Nike Zoom Streak 6 (NS), de Adidas Adizero Adios BOOST 2 (AB) en het Nike prototype (NP) dat later tot Vaporfly 4% gedoopt zou worden. De curves tonen de vervorming (x-as) en de energieterruggave tijdens een verticale tussenzoolbelasting met een piekkracht van ~ 2000 Newton en een contacttijd van ~ 185 ms. Door de verticale kracht vervormt de tussenzool van de schoen (bovenste curve in elke grafiek). Als de kracht weer afneemt, veert de tussenzool terug (onderste curve in elke grafiek). De gebieden tussen de beide curves geven de mechanische energie (J) aan die verloren is gegaan als warmte. De gebieden onder de onderste curves vertegenwoordigen de hoeveelheid elastische energie (J) die door de tussenzool wordt teruggegeven.

ste conclusie wanneer Hoogkamer de loopeconomie van 18 topatleten (10 km onder de 31 minuten) bij drie verschillende submaximale snelheden (14, 16 en 18 km/u) op de loopband heeft vergeleken. Prompt wordt aan de naam Vaporfly '4%' toegevoegd. Hoogkamer: 'Nike wist dat voor Eliud Kipchoge een energiewinst van 3% nodig was om het toenmalige wereldrecord van 2.02.57 van Dennis Kimetto te verbreken. Die 4% die wij vonden was daarom boven verwachting. Dat getal wilden ze wel op hun schoen plakken.' Dat iedere procent energiewinst die een schoen geeft tot een betere uitslag leidt, had eerder onderzoek van Hoogkamer al duidelijk gemaakt: door te spelen met het schoen-

gewicht liet hij zien dat een toename van de loopeconomie samen gaat met een betere tijd op een 3000 meter.<sup>6</sup> Een energievoordeel van 4% maakt het voor absolute toplopers mogelijk om bijna 3,5% van hun marathontijd af te snoepen, zo is de schatting.<sup>5</sup> In die 4% energiebesparing is het gewichtsvoordeel van de Vaporfly ten opzichte van de Adidas schoen waarop Kimetto in 2014 zijn wereldrecord liep nog niet eens verdisconteerd, geeft Hoogkamer aan. 'De Vaporfly is 50 gram lichter, maar daar hebben we tijdens onze metingen voor gecorrigeerd door er loden kogeltjes aan vast te maken.' Hoe efficiënt het lopen op de Vaporfly is, blijkt ook uit een studie<sup>7</sup> die werd gepubliceerd in 2019. Daarin werd

het rennen op de schoen vergeleken met rennen op spikes van slechts 128 gram (Nike Zoom Matumbo 3) en bleek de loopeconomie nog steeds 2,6% beter op de 75 gram zwaardere Vaporfly's. De auteurs concluderen dan ook dat de Vaporfly ook op de atletiekbaan een goede optie is.

**Gouden combinatie**

Een schoen waarop je 4% efficiënter kunt lopen: wat is het geheim? Hoogkamer tast ook nog grotendeels in het duister, zo moet hij toegeven. 'Natuurlijk lieten eerdere studies al zien dat bepaald dempingsmateriaal of de toevoeging van een koolstofplaat het energieverlies tijdens het hardlopen wat kan inperken, maar dan praat je over een winst van 1%. Dat is niks vergeleken met wat de Vaporfly laat zien. Het is de gouden combinatie van het ZoomX schuim en de koolstofplaat die het verschil maakt. Helaas konden wij de afzonderlijke bijdrage van die twee componenten niet ontrafelen in onze studie. Van meet af aan hebben we er bij de fabrikant op aangedrongen ons een schoen te geven met alleen het schuim in de zool bijvoorbeeld, maar dat kon niet. Ik heb zelf nog geprobeerd om de plaat eruit te peuteren, maar dat was onbegonnen werk.' In een mechanische test (zie figuur 1) weten Hoogkamer en zijn collega's het krachtenprofiel dat een loper tijdens het rennen met een snelheid van 18 km/u in verticale richting op de grond uitoefent, na te bootsen.<sup>5</sup> Niet alleen blijkt de zool van de Vaporfly twee keer zo ver te worden ingedrukt en op die manier meer energie tijdens de landing op te kunnen slaan, ook wordt die energie vervolgens tijdens de afzet met minder verlies teruggegeven. Het resultaat: een twee keer zo grote energieterruggave met de Vaporfly ten opzichte van de twee andere schoenen in het onderzoek. Daarnaast blijkt de Vaporfly in longitudinale richting dubbel zo stijf als de

andere schoenen. De fabrikant heeft dus goed werk afgeleverd, aldus Hoogkamer: 'In het verleden waren fabrikanten vooral bezig met het zo licht mogelijk maken van de schoen. Dat uitgangspunt heeft Nike losgelaten, hoewel het ZoomX schuim uiteindelijk natuurlijk wel superlicht is. Verder was het probleem bij het ontwerpen van een stijvere schoen met een koolstofplaat altijd, dat je het vaak lastiger maakt voor de enkel en de kuit als je de voet wilt helpen. Door de kromming van de tussenplaat, die voorheen meestal plat was, in de dikkere zool krijg je een stijve schoen bij de voet zonder problemen voor enkel en kuit.'

Hoe deze mechanische slimmigheden nu precies doorwerken naar een betere loopeconomie is nog steeds niet volledig duidelijk. Wanneer Hoogkamer en collega's de reactiekrachten tijdens het grondcontact bekijken, zien ze weliswaar een hogere piek in de verticale kracht, een lagere pasfrequentie en een langere contacttijd voor de Vaporfly ten opzichte van een ander model, maar deze verschillen zijn in de orde van 0,5-1,0 procent en kunnen slechts 20% van de variantie in energieafname van de Vaporfly ten opzichte van de andere schoen verklaren.<sup>5</sup>

## Ophef

De revolutionaire schoenen zijn niet door iedereen met open armen ontvangen. Liefhebbers van het pure hardlopen spreken over 'springveren' en atleten die het op schoenen van een ander merk moeten doen over 'schoendoping'. Hoogkamer knikt:

'Rodger zei laatst nog: "Wanneer wij onze studie niet hadden gedaan, was deze hele discussie er misschien nooit geweest". De Zuid-Afrikaanse bewegingswetenschapper Ross Tucker maakt zich daarbij vooral zorgen over de grote variatie tussen atleten. Het gerapporteerde energievoordeel van 3-4% in de drie studies die inmiddels gepubliceerd zijn<sup>5,7,8</sup> is een gemiddelde: sommige proefpersonen lijken amper te profiteren van de Vaporfly, andere juist veel meer.<sup>9</sup> Hoogkamer pareert de kritiek: 'Laat ik het eens omdraaien: misschien hadden de atleten die nu minder goed reageren op de Vaporfly juist weer minder nadeel op hun oude schoenen in vergelijking met de lopers die nu meer profijt hebben. Zwaardere lopers zijn op minimalistische schoenen ook in het nadeel vanwege hun gewicht. In onze studie deden alle 18 proefpersonen het uiteindelijk beter op de Vaporfly, maar ik had wel het idee dat het voor sommigen langer duurde om aan de schoenen te wennen.'

Hiellanders lijken iets meer energievoordeel te hebben op de Vaporfly, zo blijkt als de gemeten respons wordt uitgesplitst naar het type voetlanding.<sup>5</sup> Een uitgebreidere biomechanische analyse van hiellanders laat zien dat de heup en knie niet anders gaan bewegen wanneer op de Vaporfly

wordt gelopen, maar dat de beperking van het energieverlies dankzij de tussenplaat vooral optreedt bij de enkel en het metatarsophalangeale gewricht.<sup>10</sup>

## Opvolgers

Intussen is de Vaporfly 4% opgevolgd door de Vaporfly NEXT% (waarop Brigid Kosgei naar een nieuw wereldrecord op de marathon bij de vrouwen snelde) en de Alphafly NEXT% (waarop Eliud Kipchoge -onofficieel- de marathon binnen de twee uur liep). Ook heeft de wereldatletiekbond begin dit jaar regels gesteld aan de hardloopschoen: de zool mag niet dikker zijn dan 40 mm en mag maximaal één koolstof tussenplaat bevatten. Bij gebrek aan wetenschappelijke studies is nog onbekend wat het energievoordeel van de nieuwere modellen is en waar het woord 'NEXT' dus naar verwijst. Ook Hoogkamer weet het niet, want na het witte prototype van de Vaporfly heeft Kram hem geen andere geheime Nike schoen meer gegeven om te testen. Behalve dan voor hemzelf: Hoogkamer mocht een tijdje als zogeheten *weartester* de NEXT modellen aan zijn voeten doen wanneer hij in zijn vrije tijd ging hardlopen. En? Opnieuw een revolutie? 'Ze renden lekker. Meer kan ik er niet over zeggen.'

## Over de auteur

**Jurgen van Teeffelen** (1968) is sinds 2014 freelance wetenschapsjournalist. Tot die tijd werkte hij als gepromoveerd fysioloog aan universiteiten in Nederland (AMC, Maastricht) en de Verenigde Staten (Yale). Hij schrijft graag over wetenschap in relatie tot sport en bewegen. E-mail: [info@jurgenvanteeffelen.nl](mailto:info@jurgenvanteeffelen.nl), website: [www.jurgenvanteeffelen.nl](http://www.jurgenvanteeffelen.nl), podcast: <https://slimmer-presteren-podcast.nl/>.

1. Tung KD, Franz JR & Kram R (2014). A test of the metabolic cost of cushioning hypothesis during unshod and shod running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46 (2), 324-329.  
2. Franz JR, Wierzbinski CM & Kram R (2012). Metabolic cost of running barefoot versus shod: is lighter better? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (8), 1519-1525.  
3. Cheung RT & Ngai SP (2016). Effects of footwear on running economy in distance runners: A meta-analytical review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19 (3), 260-266.  
4. Kerdok AE et al. (2002). Energetics and mechanics of human running on surfaces of different stiffnesses. *Journal of Applied Physiology*, 92 (2), 469-478.  
5. Hoogkamer W et al. (2018). A comparison of the energetic cost of running in marathon racing shoes. *Sports Medicine*, 48 (4), 1009-1019.

6. Hoogkamer W et al. (2016). Altered running economy directly translates to altered distance-running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (11), 2175-2180.  
7. Barnes KR & Kilding AE (2019). A randomized crossover study investigating the running economy of highly-trained male and female distance runners in marathon racing shoes versus track spikes. *Sports Medicine*, 49 (2), 331-342.  
8. Hunter I et al. (2019). Running economy, mechanics, and marathon racing shoes. *Journal of Sports Sciences*, 37 (20), 2367-2373.  
9. <https://sportsscients.com/2020/02/running-shoe-tech-the-emperors-clothes-and-the-issues-for-the-integrity-of-running/>  
10. Hoogkamer W, Kipp S & Kram R (2019). The biomechanics of competitive male runners in three marathon racing shoes: a randomized crossover study. *Sports Medicine*, 49 (1), 133-143.