

Inleiding

We gaan in gedachten eventjes bloot, maar je hoeft niet helemaal naakt, je mag je sokken aanhouden. Onze huid wisselt warmte uit met de omgeving en dat kan grosso modo op 3 manieren: *warmtestraling* (infrarood), rechtstreekse *warmteoverdracht* tussen huid en lucht door *geleiding* en last but not least verdamping van getranspireerd vocht.

Uit- en instraling

Behalve dat jouw huid warmte uitstraalt wordt die ook aangestraald door de omgeving. Van belang is uiteraard alleen het netto-effect oftewel het verschil tussen die twee. De heren Josef Stefan en Ludwig Boltzmann hebben voor de warmtestraling een formule gevonden, de wet van Stefan-Boltzmann:

$$I = \sigma T^4 \quad [1]$$

Hierin is I de *intensiteit* van de straling, T de *absolute temperatuur* en σ (*sigma*) de *constante van Stefan-Boltzmann*.

De *intensiteit* is het *vermogen* ("wattage") per *oppervlakte*, met als eenheid W/m^2 ofwel watt per vierkante meter. *Vermogen* is *energie per tijd* en de bijbehorende eenheid, de watt, is gelijk aan 1 joule/seconde.

N.B. de watt en de kilowatt en zo gelden niet alleen maar voor elektriciteit maar voor *alle* soorten *energieverbruik* in een bepaalde *tijd*, en je moet ook de kilowatt alsjeblieft niet verwarren met het kilowattuur. De kilowatt betreft een *vermogen*, dat is de *snelheid* waarmee *energie* wordt verbruikt. Een kilowattuur is de hoeveelheid *energie* die je bij een *vermogen* van één kilowatt gedurende een uur verbruikt. Vergelijk het met de *stroomsnelheid* van een rivier (in bijv. kubieke meter per minuut) en een hoeveelheid water in een vijver (in kubieke meter dus). Een kilowatt is een kilowattuur per uur. En lees deze alinea gerust nog maar een keer...

De *absolute temperatuur* is de *temperatuur* geteld vanaf het absolute nulpunt, ofwel de graden Celsius plus 273. De eenheid is de kelvin (per se niet: graden kelvin, maar wél: graden Celsius), met als symbool: K (zonder graadteken, dus níét: °K, maar wél: °C).

En die σ (*sigma*), de *constante van Stefan-Boltzmann*, is een *natuurconstante* met de volgende waarde:

$$\sigma = 5.670367 \times 10^{-8} = 0.000\ 000\ 056\ 703\ 67\ \text{W/m}^2/\text{K}^4 \quad [2]$$

Uiteraard moeten we in deze wet van Stefan-Boltzmann de *huidtemperatuur* invullen en die is wat lager dan de *lichaamstemperatuur*. We gaan reken met een *huidtemperatuur* van:

$$T_{\text{huid}} = 32\ \text{°C} = 305\ \text{K}. \quad [3]$$

Verder veronderstellen we een *omgevingstemperatuur* van:

$$T_{\text{omgv}} = 20\ \text{°C} = 293\ \text{K}. \quad [4]$$

Dat is in je blootje best vol te houden, toch?

De gemiddelde *oppervlakte* van de menselijke huid is ongeveer $1.7\ \text{m}^2$, maar sommige gedeelten stralen elkaar aan, zoals de binnenzijdes der dijbenen en dat resulteert in een netto-effect gelijk aan nul. Eén binnendijbeen is pakweg $20 \times 40\ \text{cm}^2 = 0.08\ \text{m}^2$. Maal twee dus al $0.16\ \text{m}^2$. We zullen gaan rekenen met een effectieve *huidoppervlakte* (die ik in het vervolg bedoel met het woord *huid*) van:

$$A_{\text{huid}} = 1.5\ \text{m}^2 \quad [5]$$

Voor de bruto *uitstraling* door de huid geldt nu:

$$I_{r,h,u}(32\ \text{°C}) = \sigma T_{\text{huid}}^4 = 5.670367 \times 10^{-8} \cdot 305^4 \approx 490\ \text{W/m}^2 \quad [6]$$

en:
$$P_{r,h,u}(32\text{ °C}) = A_{\text{huid}} \cdot I_{r,h,u} = 490 \cdot 1.5 = 735\text{ W} \quad [7]$$

Die P komt van het latijnse *potentia* = *vermogen*. De subscripten r , h en u staan voor radiatie (straling dus), huid en uitgestraald, en straks verschijnt er ook nog een i . Drie keer raden...

Ter vergelijking: $1\text{ pk} = (75\text{ kg}) \cdot (g = 9.80665\text{ m/s}^2) \cdot (1\text{ m/s}) = 735.49875\text{ W}$. Zo'n stralend figuur ben jij dus. In je blootje. Dahajjenieged8è?

Maar je wordt ook aangestraald door je omgeving en die hadden we vastgesteld op $20\text{ °C} = 293\text{ K}$, dus die *aanstraling* (of *instraling*) is:

$$I_{r,h,i}(20\text{ °C}) = \sigma T_{\text{omgv}}^4 = 5.670367 \times 10^{-8} \cdot 293^4 \approx 418\text{ W/m}^2 \quad [8]$$

dus:
$$P_{r,h,i}(20\text{ °C}) = A_{\text{huid}} \cdot I_{r,h,i} = 418 \cdot 1.5 = 627\text{ W} \quad [9]$$

Het verschil tussen beide *intensiteiten* is:

$$\Delta I_{r,h} = I_{r,h,u}(32\text{ °C}) - I_{r,h,i}(20\text{ °C}) = 490 - 418 = 72\text{ W/m}^2 \quad [10]$$

Die Δ is Grieks. Het is de Griekse hoofdletter *Delta* ofwel een D en daarmee duiden we het Latijnse woord *differentia* = *verschil*. Per saldo geldt voor de netto *uitstraling* door de huid dus een *vermogen* van:

$$P_{r,h}(20\text{ °C}) = A_{\text{huid}} \cdot \Delta I_{r,h} = 1.5 \cdot 72 = 108\text{ W} \quad [11]$$

Als we dat willen omrekenen naar kilocalorieën per dag (in de voedingswereld noemen ze die kilocalorieën gewoon calorieën omdat ze in kcal de k van kilo niet schijnen te snappen, de domoren...), dan moeten we eerst weten dat:

$$1\text{ calorie} \approx 4.2\text{ joule} \quad [12]$$

en uiteraard geldt:
$$1\text{ etmaal} = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86\,400\text{ seconde} \quad [13]$$

zodat:
$$P_{r,h}(20\text{ °C}) = 108\text{ W} = 108 \cdot \frac{86400}{4.2 \cdot 1000} = 2222\text{ kcal/dag} \quad [14]$$

Hé, da's herkenbaar, toch? Is onze dagelijkse voedingsbehoefte niet pakweg 2000 to 2500 kcal/dag?

In een ruimte waar veel mensen bij elkaar zijn wordt het vaak al gauw aan de warme kant, nietwaar? Wel, iedere mens is dus een straalkacheltje van grofweg 100 watt!

Als nu de omgevingstemperatuur daalt van 20 °C naar $10\text{ °C} = 283\text{ K}$ wordt de *instraling* gelijk aan:

$$I_{r,h,i}(10\text{ °C}) = \sigma T_{\text{omgv}}^4 = 5.670367 \times 10^{-8} \cdot 283^4 \approx 364\text{ W/m}^2 \quad [15]$$

en de netto *warmteuitstraling* door je huid is dan:

$$P_{r,h}(10\text{ °C}) = A_{\text{huid}} \cdot (I_{r,h,u}(32\text{ °C}) - I_{r,h,i}(10\text{ °C})) = 1.5 \cdot (490 - 364) = 189\text{ W} \quad [16]$$

Dat is flink meer dan $P_{r,h}(20\text{ °C}) = 108\text{ W}$! De huid zal daardoor flink afkoelen en dan minder hard gaan stralen, maar ze zal moeten afkoelen tot $\sqrt[4]{(I_{r,h,i}(10\text{ °C}) + \Delta I_{r,h})/\sigma} = 23\text{ °C}$ om dit *instralingsverlies* geheel te compenseren. En dat voel je dus.

Bovendien hebben zelfs magere scharminkels een isolerende vetlaag die ervoor zorgt dat het *tempo* van het *warmteverlies* van 't hele lijf hier toch nog duidelijk onder kan blijven. Maar na niet al te lange *tijd* zul je waarschijnlijk niet meer bloot willen blijven. Da's te bibbibbibbibberig. De dikkerds winnen dit wedstrijdje echter ruimschoots van de spillebenen.

In dit gedachtenexperiment zul je echter toch nog even bloot moeten blijven. Geen kleding die isoleert of verdamping tegengaat of de *warmteuitstraling* belemmert.

Rechtstreekse warmteoverdracht

Gezien de bovenstaande resultaten is *uitstraling/instraling* dé essentiële factor als het gaat om de gemiddelde warmtebalans van de naakte huid. Maar er is ook rechtstreekse warmteoverdracht. Ik ga daar niet aan rekenen. Feit is echter dat lucht een vrij slechte warmtegeleider is. En er blijft een dun laagje door de huid opgewarmde lucht min of meer rond het lijf hangen. Dankzij die slechte *warmtegeleiding* door lucht heeft dat een isolerend effect.

Maar heb jij 't ook geleerd? Op de basisschool? Warme lucht stijgt op, nietwaar? Inderdaad, niet waar. Lucht zet uit bij opwarming en dikt in bij afkoeling. Uitgezette lucht is per kubieke meter lichter, ingedikte is zwaarder. En lichte lucht stijgt op. Nee, alweer fout. De zware lucht wordt harder aangetrokken door de *zwaartekracht* en duikt onder de lichte, die dan geen andere keus heeft dan opstijgen. En toen het café gesloten werd hadden de biljarters ook geen keus. Er komt dus voortdurend nieuwe, koudere lucht die de opgewarmde vervangt en dan zelf weer wordt opgewarmd door de huid en zo gaat dat maar door, dus je hebt wel een permanent *warmteverlies*, maar bij windstilte is dat gering.

Gaat het echter waaien, dan wordt dat isolerende laagje telkens weggeblazen en dat gaat uiteraard sneller naarmate het harder waait. Je *warmteverlies* wordt dan dus ook duidelijk groter en je hebt het eerder koud. De mate waarin dat gebeurt heet de *windchillfactor*. Je kunt het als volgt zelf uitproberen: stap bij windstilte en een temperatuur van 10 °C in je blootje naar buiten. Wat? Daar pieker je niet over? Zwak hoor... Doe dat echter niet op of aan een voor het openbaar verkeer bestemde plaats die voor ongeklede recreatie niet geschikt is, want dat is een overtreding van artikel 430a van het Wetboek van Strafrecht¹. Je zult worden gestraft met geldboete van de eerste categorie². Het O.M. hanteert in 2019 voor deze overtreding (feitcode D 511)³ een standaardboete bij eerste overtreding van €95. Meet hoe lang je het in die outfit buiten volhoudt en herhaal die meting bij *windkracht* 5 of zo. Uiteraard heb ik het nu over de *gevoelstemperatuur*.

Verdampingswarmte

Een duidelijk effect heeft de verdamping van water dat zich op de huid bevindt. Op <https://nl.wikipedia.org/wiki/Zweten> staat (d.d. 2019-01-03): *Een mens produceert per etmaal tussen de 100 en 8000 ml zweet*. Weet je nog dat een liter water een kilo weegt? We hebben dus de volgende boven- en ondergrens voor het *transpiratiedebiet*:

$$Q_{tr,min} = \frac{0.1 \text{ kg}}{24*60*60 \text{ seconde}} \approx 0.000\ 001\ 16 \text{ kg/s} \quad [17]$$

en:
$$Q_{tr,max} = \frac{8 \text{ kg}}{24*60*60 \text{ seconde}} \approx 0.000\ 092\ 6 \text{ kg/s} \quad [18]$$

Laten we veronderstellen dat zelfs die 8 liter niet van je lijf gutst, maar volledig verdampt. De *verdampingswarmte* van water bedraagt:

$$\Delta H_{vap} = 2256 \text{ kJ/kg} \quad [19]$$

¹ https://wetten.overheid.nl/BWBR0001854/#BoekDerde_Titeldeelll_Artikel430a

² <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/straffen-en-maatregelen/vraag-en-antwoord/hoe-hoog-zijn-de-boetes-in-nederland>

³ Feitcode D 511 op bladzijde 149 in de tekstenbundel 2019 van het Openbaar Ministerie: https://www.om.nl/publish/pages/47829/tekstenbundel_2019.pdf (bevat zo ongeveer alle overtredingen en boetebedragen)

en dat is best veel. Het resulteert in het volgende *warmteverlies* door verdamping:

$$P_{tr,min} = \Delta H_{vap} \cdot Q_{tr,min} \approx 2.6 \text{ W} \quad [20]$$

en:
$$P_{tr,max} = \Delta H_{vap} \cdot Q_{tr,max} \approx 209 \text{ W} \quad [21]$$

Het *maximaal koelend vermogen door transpiratie* is dus legtrug twee keer zo groot als je normale warmteverlies bij 20 °C. Maar in de praktijk zul je dat maximum niet halen, het gutst van je lijf.

Nu is het zo dat waterdamp bij elke *temperatuur* een zogeheten *verzadigingsdampdruk* heeft. En hoewel dat eigenlijk geen eigenschap is van de lucht, maar van de waterdamp zelf, mag je van mij best zeggen dat dat de *maximumhoeveelheid* waterdamp is die de lucht bij die *temperatuur* kan bevatten. De werkelijk heersende *waterdampdruk* heet de *absolute dampdruk*. De *relatieve vochtigheid* is:

$$\phi = \frac{\text{absolute dampdruk}}{\text{verzadigingsdampdruk}} \quad [22]$$

Hoe hoger nu deze *relatieve vochtigheid* is, hoe minder gemakkelijk het water verdampt en dan gaat het van je voorhoofd gutsen.

Bij een *omgevingstemperatuur* van 30 °C = 303 K is de instraling:

$$I_{r,h,i}(30 \text{ °C}) = \sigma T_{omgv}^4 = 5.670367 \times 10^{-8} \cdot 303^4 \approx 478 \text{ W/m}^2 \quad [23]$$

dus:
$$P_{r,h}(30 \text{ °C}) = A_{huid} \cdot (I_{r,h,u}(32 \text{ °C}) - I_{r,h,i}(30 \text{ °C})) = 1.5 \cdot (490 - 478) = 18 \text{ W} \quad [24]$$

Maar... bij 30 °C zal de *huidtemperatuur* inmiddels duidelijk hoger dan die 32 °C zijn, zeg 35 °C, en dan krijgen we:

$$I_{r,h,u}(35 \text{ °C}) = 5.670367 \times 10^{-8} \cdot 308^4 \approx 510 \text{ W/m}^2 \quad [25]$$

dus:
$$P_{r,h}(30 \text{ °C}) = A_{huid} \cdot (I_{r,h,u}(35 \text{ °C}) - I_{r,h,i}(30 \text{ °C})) = 1.5 \cdot (510 - 478) = 48 \text{ W} \quad [26]$$

Maar het netto *uitstralingsvermogen* is nog steeds meer dan gehalveerd. Het valt echter ruimschoots binnen $P_{tr,max}$, dus 't valt met zweten best te compenseren. Tenzij de *relatieve vochtigheid* te hoog is. Dan noemen we het benauwd, we zweten terwijl dat niet verdampt en dan hebben we het echt warm. Een goede reden dus om bloot te blijven, dan kunnen we maximaal transpiratie verdampen via ons volledige huidoppervlak.

Net als het isolerende luchtlaagje blijft ook de waterdamp enigszins rond het lichaam hangen. Maar waterdamp is veel lichter dan lucht en zal dus per saldo omhoog gaan. Als 't warm is is dat dus wel prettig. Kun je meer verdampen. En een briesje zorgt voor nog meer afvoer van zowel de isolerende luchtlaag als deze waterdampwolk om je heen.

Nu kan lucht van 15 °C beduidend meer waterdamp bevatten dan lucht van 5 °C. En je moet (je?) beseffen dat de poriën nooit helemaal voor de volle 100% dicht zijn. Er zit altijd wel transpiratievocht op de huid. En uiteraard is dat bij 15 °C beslist meer dan bij 5 °C. En bij 15 °C zal dat gemakkelijker en dus meer verdampen dan bij 5 °C. En dat vergt meer *warmte* die aan de huid wordt onttrokken. Een ander resulteert erin dat droge lucht van 15 °C kouder kan aanvoelen dan lucht van 5 °C. Bij vochtig (miezerig) weer is 15 °C in je blootje best een *tijd* vol te houden, maar bij lage *relatieve vochtigheid* (dus droog of zogenaam mooi weer) is 15 °C in je blootje onaangener dan 5 °C. Probeer het maar. Je durft 't wél! Gewoon meten hoe lang je het volhoudt. Je moet natuurlijk wel een beetje hard voor jezelf zijn... En als er een stevige wind waait wordt het duidelijk veel frisser. Of juist onfrisser, hangt er vanaf wat voor wind het is. Harde klinken, zachte stinken.

Ik heb wel eens op televisie gezien dat er mensen ergens in de Alpen in hun blootje aan het skiën waren. Vonden ze leuk, prettig, aangenaam. En ze zeiden dat dat helemaal niet koud aanvoelt en ze zagen er ook helemaal niet verkleumd uit of zo. Geen kippenvet. En ik ben een gezonde jongen, dus heb ik de dames in dat gezelschap natuurlijk even aan een visuele inspectie onderworpen. Ze hadden het zo te zien echt niet koud. En toen ik er eindelijk in was geslaagd om even niet naar die bloteriken te kijken zag ik dat ze zich, weliswaar in de stralende zon, hoog in de bergen in de sneeuw bevonden. Dat laatste is nogal wieses, ze waren immers aan het skiën. Ik schat dat het amper boven het vriespunt was. Dan is de verdampingssnelheid erg dicht bij nul. Niet helemaal nul, zelfs sneeuw verdwijnt immers (door verdamping) voor de zon. Maar dus vrijwel geen afkoeling door verdamping. Het was kennelijk goed vol te houden.

Effect van kleding

Wat? Ben je nou nog steeds bloot? Hoeft niet meer hoor! Het zal duidelijk zijn dat kleding (of beddengoed) de isolerende luchtlaag op zijn plek houdt, en ook de verdamping van vocht tegenhoudt. Dan heb je het minder koud. En kwatta wordt aan alle ogen onttrokken. Jammer. De biljarters hadden al geen keus meer en nou hebben ze ook al niks meer zich op te concentreren. Maar de rechtstreekse *warmteoverdracht* van de kleding naar de omgeving zal op den duur in evenwicht komen met die van de huid naar de kleding, dus op de lange duur kun je het dan toch koud krijgen. Maar het *warmteverlies* is veel indirecter en de *windchillfactor* merk je ook niet meer direct met je huid. En hoe slechter de *warmtegeleiding* van de kleding is, hoe beter die dus isoleert en hoe langer je het volhoudt. Als die *warmtegeleiding* laag genoeg is, ofwel als de *isolatiewaarde* groot genoeg is, zal je kleding niet meer *warmte* doorlaten dan wat je lijf produceert en aan de binnenzijde *warmte* teruggeven aan de huid. De *isolatiewaarde* hangt natuurlijk ook samen met hoe goed de kleding de lucht vast kan houden. Daarom is een dikke wollen trui zo lekker warm. De eigenlijke isolatie komt door de lucht die daarin zit.

Vanzelfsprekend wordt de kleding ook aangestraald door de *huiduitstraling* en dus opgewarmd. Natuurlijk straalt de kleding door zijn eigen *temperatuur* aan de binnenkant rechtstreeks terug naar de huid en ook dat houdt je warm. Maar als (dunne) kleding door te veel *warmtegeleiding* aan de buitenkant vrijwel net zo warm wordt als op de huid zal aldaar de *uitstraling* door de kleding uiteindelijk ook gelijk worden aan de *huiduitstraling* en dan kun je het toch weer koud krijgen. Maar als de kleding ook nog de straling behoorlijk reflecteert (aan de binnenkant wel te verstaan) dan werkt het pas echt goed. Dan krijg je je eigen *uitstraling* meteen terug en dan wordt de *warmte* echt binnengehouden. Blijf je lekker warm van. Misschien wel té warm. Warmtestuwing. Kun je aan doodgaan.

En zo werkt in principe ook het broeikaseffect. Terugstralen. Niet zozeer door reflectie als wel door re-emissie na absorptie. Behalve een echte broeikas. Die werkt anders. De broeikas is de uitzondering op de regel van het broeikaseffect. De invallende (*zonne*)straling gaat dwars door het glas heen en warmt de lucht op in de kas. Die *warmte* kan dan alleen maar door *geleiding* dwars door datzelfde glas weer ontsnappen. Maar glas is een slechte warmtegeleider en een goede stralingsdoorlater. Dan is de *instraling* groter dan het *warmteverlies* met opwarming als resultaat.

En een in de zon geparkeerde witte auto wordt van binnen net zo *g#vernakend* heet als een zwarte. De *instraling* gaat namelijk door de ruiten en niet door het dak en al helemaal niet door de motorkap naar het interieur. Bovendien zegt de zichtbare kleur niets over de mate waarin infrarood wordt gereflecteerd. En dat dak mag best wat *stralingswarmte* absorberen, dat wordt vooral aan de buitenkant van de auto weer uitgestraald. En de lak mag best wat infrarood doorlaten want eronder zit metaal en dat reflecteert goed. Om de *autointerieurtemperatuur* binnen de perken te houden moet je de ramen blinderen met reflecterend materiaal. Het liefst aan de buitenkant, voordat de straling is binnengedrongen. En je moet die ramen natuurlijk open laten staan. Vindt 't dievengilde ook veel fijner.

Verder wordt de verdamping van transpiratievocht door kleding natuurlijk ook duidelijk tegengegaan. Heb jij ook de ervaring dat je, als je op de fiets stevig doortrapt, met een regenpak uiteindelijk minstens zo nat wordt als zonder? Zelfs als het regent? Maar zweet van pakweg *lichaamstemperatuur* is thermisch duidelijk minder onaangenaam dan het regenwater. Regen is nooit warm want die ontstaat immers juist doordat het koud is daarboven. Daarenboven komt daar nog bovenop dat 't daarboven bovendien heel vaak zo is dat regen zelfs als sneeuw begint.

De beste bescherming tegen de *kou* heb je dus met waterdampdichte kleding die aan de binnenkant een goede infraroodreflector is. Isolatie zorgt vooral voor *vertraging* van het *energieverlies*. Maar de spieren blijven *warmte* produceren en zolang die het verlies kunnen bolwerken is er niets aan de hand. Als je het koud hebt dan werk je gewoon niet hard genoeg. Slappeling.

Vrouwen vs. mannen

De gemiddelde vrouw is een koukleum. En da's jammer, want de mannen zouden haar zo graag in d'r blootje willen zien. Haar *gevoelstemperatuur* is duidelijk lager dan die van 'n man. Dat is vrij eenvoudig objectief te verklaren. Denk, ondanks haar fraaie ronde vormen, eens even aan een kubus, bijvoorbeeld van klei. En snijd die in gedachten doormidden. Dan verandert de hoeveelheid klei niet, maar de *oppervlakte* van die totale hoeveelheid klei wordt vergroot met tweemaal die van het snijvlak. Kleinere voorwerpen hebben in verhouding een groter oppervlak. En vrouwen zijn gemiddeld iets kleiner dan mannen, dus per kilogram *lichaamsgewicht* heeft een gemiddelde vrouw meer huid dan een man en daardoor zal ze meer *warmte* kwijtraken.

Verder worden bij vrijwel alle sporten de mannen en vrouwen strikt gescheiden. Een goede uitzondering daarop is het in Nederland uitgevonden korfbal, maar ook daar is het beslist niet zo dat de heren tegen de dames strijden. Zou niet eerlijk zijn, want mannen zijn sterker dan vrouwen. Ze hebben meer spierweefsel. En het zijn met name de spieren die de *lichaamswarmte* produceren. Maar ook de hersenen kunnen er wat van, ze gebruiken 25 tot 30 watt. Een kwart van je totale *energieverbruik* vindt plaats in je hoofd. Bij sommigen is dat zinloze verspilling, maar ja. En een vent met ballen heeft nog een tweetal goede warmteproducenten. Jawel. Daarom hangen die als het ware buiten het lichaam zodat ze die door grootschalige celdeling geproduceerde warmte kwijt kunnen. Maar al met al produceren mannen dus meer *warmte* dan vrouwen en ze hebben verhoudingsgewijs minder huidoppervlak om die kwijt te raken. Daarom hebben vrouwen het veel eerder koud dan mannen. Vrouwen hebben wel een dikkere isolerende vetlaag. Hebben ze ook nodig, anders zouden ze helemaal verkleumen. Kijk maar op de camping als het 's avonds begint af te koelen. De dames trekken veel eerder dan de mannen iets warm aan. Echte kerels blijven in hun blote bast zitten. Binnenhuisarchitecten rekenen met een verschil van grofweg 2 °C.

Wat voel je?

Je feitelijke warm/koudervaring is de combinatie van de *huidtemperatuur* en de *snelheid* waarmee je *warmte* kwijtraakt. Door de gevoeligheid voor de *warmtekwijtraaksnelheid* kun je vrij snel reageren en op tijd een jas aantrekken, voordat je echt afkoelt. Krijg je het toch koud, dan ga je klipberen en tabberpanden en dan kun je misschien niet meer zo goed uit de kleren. Tja, dat krijg je als je articuleren niet goed articuleert. De spieren worden aan het werk gezet en produceren *warmte*. Totdat je weer enigszins op *temperatuur* bent.

