

Hoe voorspel je het weer met een rol plakband?

Natuurkunde is overal in het dagelijks leven. Zelfs iets eenvoudigs als een rol plakband berust op allerlei interessante natuurkundige principes. Je kunt er zelfs het weer mee voorspellen!

Afbeelding 1. Het afrollen van een rol plakband. Een opname van het in het experiment gebruikte plakband.

Afbeelding: S. Kooij.

Plakband is, sinds het in 1930 op de markt is gebracht door Richard Drew, een onmisbaar item geworden in ieder huishouden of kantoor. Wie kent het niet: even iets provisorisch repareren met een plakbandje hier en daar? Of dat ene familielid dat zo van plakband plakken houdt, dat jij iedere keer de grootste moeite hebt om je cadeau uit te pakken.

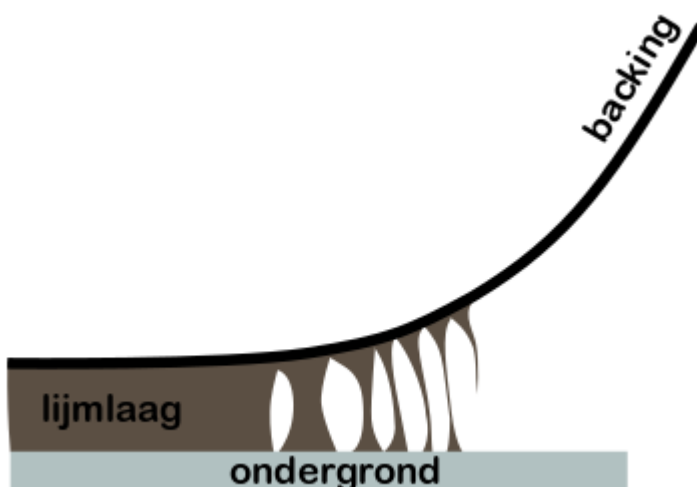
Naast plakband zijn er vele andere soorten tape, zoals ducttape, speedtape (wat wordt gebruikt om vliegtuigen te repareren, echt waar!), isolatietape, gaffertape, security tape, enzovoort. Allemaal werken ze door middel van een drukgevoelige zelfklevende lijmlaag die is aangebracht op een backing (bij plakband: het plastic gedeelte). De eigenschappen van de lijm en van de backing maken dat er zoveel verschillende soorten tape zijn. Iedere eigenschap is zodanig afgestemd dat het precies goed werkt voor de toepassing waar de tape voor bedoeld is. Neem bijvoorbeeld de Post-it: de lijm daarvan is erg zwak, waardoor je de notitie makkelijk overal kan opplakken, maar ook weer zonder problemen kan verwijderen. Grappig genoeg probeerde de uitvinder van de Post-it juist een heel sterke lijm te maken – een mooi voorbeeld van serendipiteit.

De fysica van plakband

Hoewel plakband op het oog een simpele uitvinding is, gaat er een hoop wetenschap achter schuil met veel onbegrepen fenomenen. Zo ontstaat er bij het lostrekken van plakband zichtbaar licht en zelfs röntgenstraling, genoeg röntgenstraling [om een röntgenfoto te maken](#). Dit gebeurt echter alleen in een vacuüm, dus je hoeft je geen zorgen te maken

wanneer je je cadeau aan het inpakken bent. Een ander fenomeen is dat, wanneer je een rol plakband te snel probeert af te rollen, dit met een schokkende beweging gaat, vergezeld door een sterk krakend geluid. Dit verschijnsel wordt *stick-slip* genoemd. Het is een fenomeen dat zich niet alleen tot plakband beperkt, maar bijvoorbeeld ook heel relevant is voor aardbevingen en wrijving. Omdat plakbandfabrikanten dit fenomeen juist als heel hinderlijk ervaren en het ook buiten plakband om een belangrijk onderwerp is, wordt hier veel onderzoek naar gedaan.

Maar teruggaand naar de basis: waarom plakt iets überhaupt? Als je denkt dat het simpelweg door adhesie komt (dat wil zeggen: de [vanderwaalskracht](#)), dan vind je met een rekensom al snel dat deze kracht veel te zwak is om de grote hoeveelheid energie te verklaren die nodig is om plakband los te trekken. Als je aan iets plakkerigs denkt, hebt je het snel over substanties zoals honing of hars. Allemaal stoffen die enerzijds makkelijk vervormen, maar anderzijds als een soort elastiek werken wanneer je ze uit elkaar probeert te trekken. En dit is precies wat een goede lijm doet: wanneer je druk uitoefent, vervormt de lijm en maakt het een zo goed mogelijk contact met de ondergrond. Als je het gelijmde voorwerp vervolgens los probeert te trekken werkt de lijm de beweging tegen door kleine elastiekjes, filamenten, te vormen die veel energie dissiperen – zie afbeelding 2. Dit verschijnsel zie je bijvoorbeeld als je twee dingen lijmt en weer meteen uit elkaar trekt: hierbij zie je heel veel kleine draden ontstaan die allemaal als kleine elastiekjes werken. Dat de lijm op plakband vervormt als je er druk op uitoefent is dus noodzakelijk voor een goede hechting. Maar wat gebeurt er als je geen druk uitoefent op de lijm, of extreem weinig? Vloeit de lijm heel langzaam of gedraagt die zich meer als een vaste stof?



Afbeelding 2. Het lostrekken van plakband. Illustratie van het losbreken van de tape van de ondergrond (ingezoomd). Er ontstaan filamenten die uitrekken en uiteindelijk losbreken. Bij normaal plakband is dit echter lastig te zien. Afbeelding: S. Kooij.

Een experiment

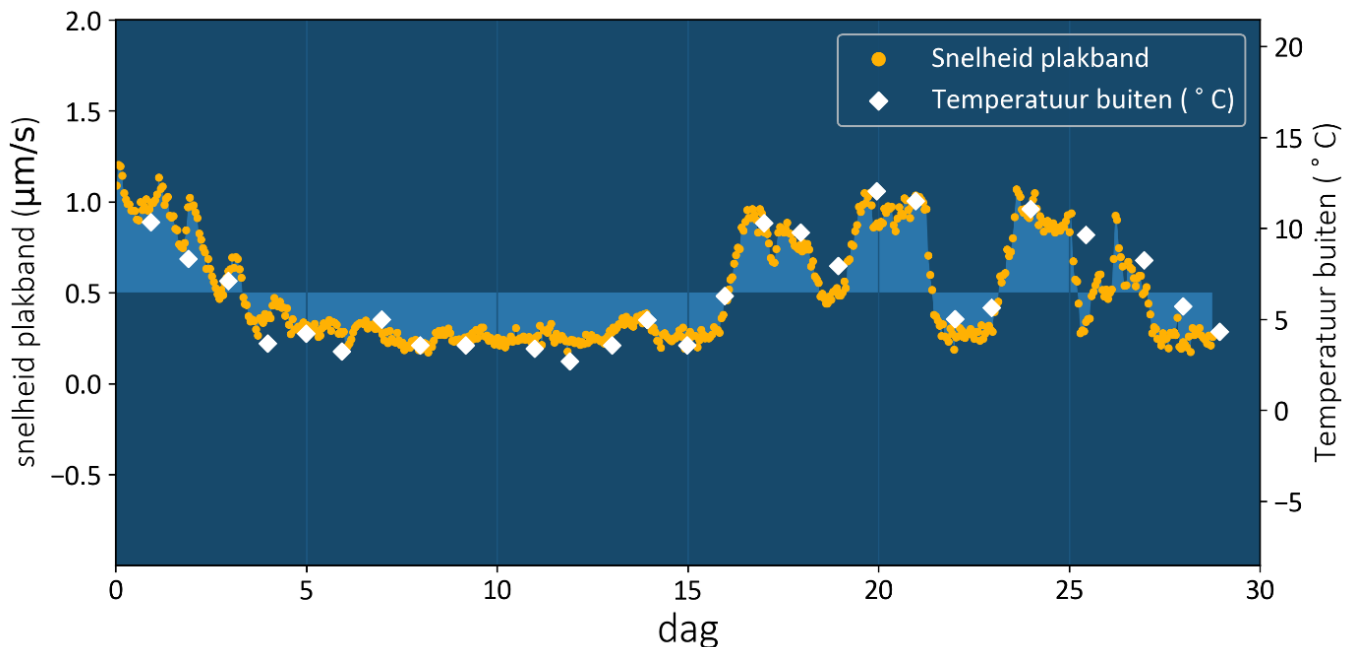
Deze vragen proberen we te beantwoorden door middel van een heel eenvoudig experiment dat je thuis ook zou kunnen doen – zie afbeelding 3. Neem een rol plakband en hang deze aan het plafond of de zijkant van een tafel, zodanig dat de rol onder zijn eigen gewicht vrij naar beneden kan rollen. Als je dit doet lijkt er niets te gebeuren: de rol blijft gewoon op zijn plek. Je zou dus kunnen denken dat de lijmlaag sterk genoeg is om het gewicht van de rol te dragen. Als je echter na een uur terug zou komen zou je al kunnen zien dat de rol een stuk naar beneden is “gevallen”. Het plakband rolt dus af onder zijn eigen gewicht – maar erg langzaam!



Afbeelding 3. De plakbandrol.Een rol plakband die langzaam naar beneden rolt onder zijn eigen gewicht.

Afbeelding: S. Kooij.

Als je het plakband erg hoog zou ophangen, en gedurende een maand de hoogte blijft meten, dan zie je iets gekks. De snelheid waarmee het plakband naar beneden valt verandert continu. Is het misschien de temperatuur in het lab die verandert? Nee, de thermostaat zorgt dat die temperatuur vrijwel constant is. Wat verandert er dan gedurende een maand dat invloed heeft op een rol tape die verder ongestoord in het lab hangt? Is het misschien het weer? Wanneer we de snelheid van het plakband vergelijken met de temperatuur *buiten* het lab, zien we een directe correlatie – zie afbeelding 4. Maar wacht even: dit zou betekenen dat je een rol plakband *binnen* kan ophangen, kijken hoe snel deze afrolt, en daarmee de temperatuur *buiten* bepalen! Dit kan niet kloppen. Wat blijkt echter: de snelheid waarmee de tape valt hangt heel sterk af van de luchtvochtigheid. Hoe vochtiger de lucht, hoe sneller de tape valt. En de luchtvochtigheid kan inderdaad nauw samenhangen met de temperatuur buiten – maar dat hoeft niet. Je zou dus een heel eenvoudige luchtvochtigheidsmeter kunnen maken door simpelweg een stuk tape op te hangen en de snelheid waarmee deze valt te meten.

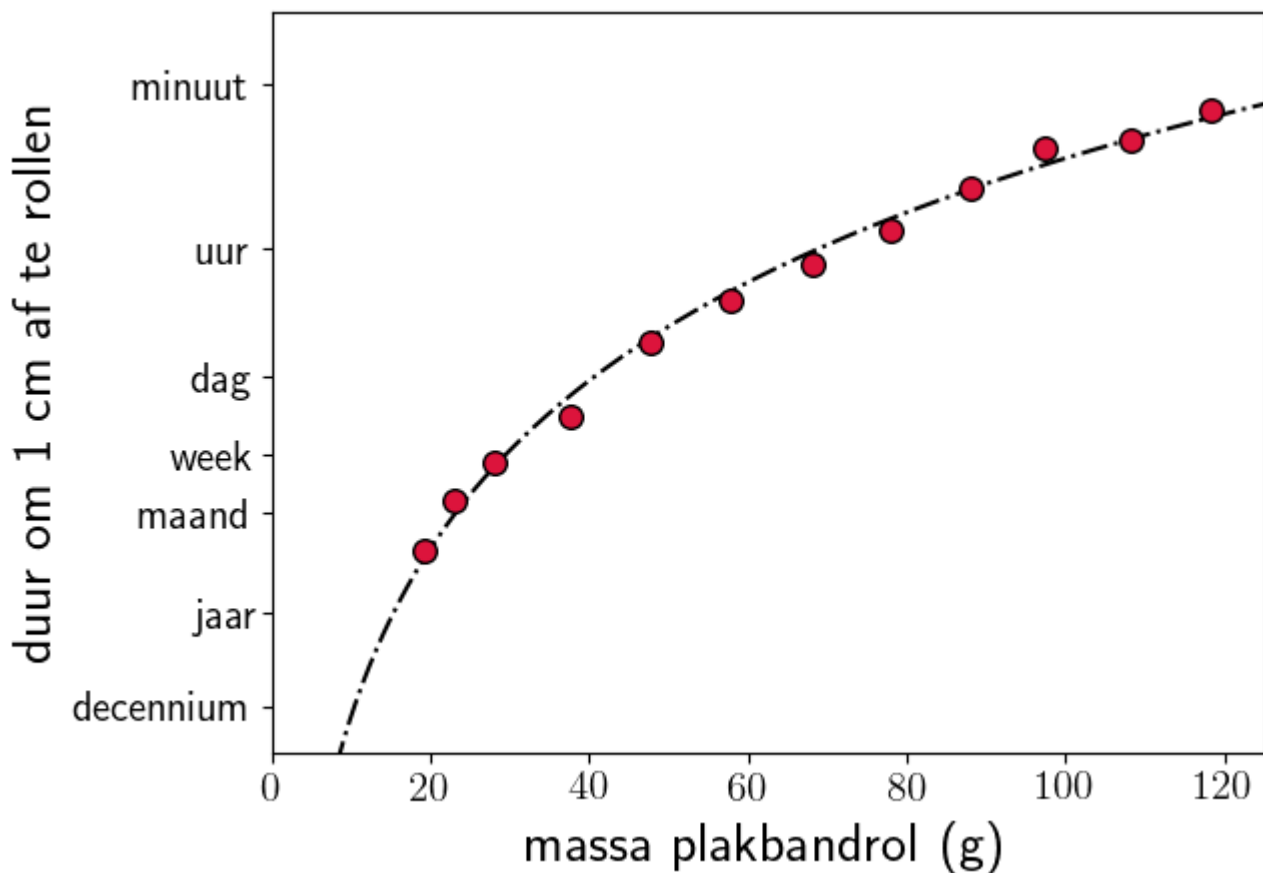


Afbeelding 4. Afrolsnelheid en buitentemperatuur.De snelheid van het afrollen van een rol plakband binnen,

en de temperatuur buiten. Afbeelding: S. Kooij.

Geduld is een schone zaak

Oké, nu hebben we een goedkope luchtvochtigheidsmeter uitgevonden, maar dit heeft onze vraag of lijm zich als vaste of als vloeistof gedraagt niet beantwoord. We weten alleen dat we, wanneer we de snelheid van de tape meten, goed moeten letten op de luchtvochtigheid. Als we nu de massa van het plakband langzaam kleiner maken en de luchtvochtigheid constant houden, hoe verandert de snelheid dan? Afbeelding 5 laat de tijdsduur om 1 cm af te rollen zien, als functie van de massa van de plakbandrol, waarbij langs de y-as een logaritmische schaal is gebruikt. Let wel: dit zijn metingen bij een relatieve luchtvochtigheid van minder dan 4%, dus als je dit thuis zou doen, gaat de tape veel sneller bij hetzelfde gewicht. Het soort tape maakt daarbij ook uit. Zoals je in afbeelding 5 kan zien neemt de duur heel sterk toe, van enkele minuten tot een week als we van ongeveer 110 naar 30 gram gaan.



Afbeelding 5. Massa en tijd. De tijdsduur om 1 cm af te rollen, uitgezet tegen de massa van de plakbandrol.

Afbeelding: S. Kooij.

In dit geval is het verband tussen de duur en de massa een machtsfunctie waarbij de exponent ongeveer 6 is. Dit betekent dat, als we de massa 2x zo klein maken, de duur om 1 cm af te rollen ongeveer $2^6 = 64$ keer zo groot is. Als we de massa 4x kleiner maken, dan beweegt het plakband al 4096x langzamer! Het plakband zit om een plastic rol die ongeveer 4,6 gram weegt, dus op het eind van de rol zal onder deze omstandigheden volgens de voorspelling de rol er meer dan 1000 jaar over doen om slechts 1 cm af te rollen! Dit betekent ook dat er geen (theoretische) massa is waarvoor de rol écht helemaal stilhangt, wat voor fysici een belangrijk verschil is met een proces dat echt zou stoppen. Wel beweegt de tape vaak zó langzaam dat hij effectief gezien stil hangt – niemand wacht immers 1000 jaar om te zien of een rol tape iets bewogen heeft. De metingen suggereren dus dat de tape zich meer als een vloeistof gedraagt dan als een vaste stof.

Een ander eenvoudig experiment waarmee je dit kunt illustreren is het volgende. Neem een rol plakband en trek aan het plakband met nét genoeg kracht om het plakband heel langzaam los te laten komen. Het plakband dat op die manier van de rol komt, is niet doorzichtig zoals normaal het geval is, maar troebel. Dit komt doordat de lijm niet gelijkmatig meer verdeeld is over de backing. Na een tijd wachten zie je echter dat het plakband weer doorzichtig wordt: de lijm vloeit dus!

Het effect dat de lijm soms langzaam beweegt heb je misschien wel eens opgemerkt wanneer je een poster of iets dergelijks met tape probeert op te hangen. De tape lijkt het te houden maar ineens – uren of misschien zelfs weken later – valt je poster plotseling toch van de muur. Na het lezen van dit artikel weet je dat dit waarschijnlijk komt omdat gedurende die tijd het plakband, langzaam maar zeker, beetje bij beetje, losgekomen is. Of misschien was het weer buiten gewoon wel anders!