

## SAMEN OF IEDER-VOOR-ZICH?

A.A. Verveen

SYSTEMICA  
1982, 2, 347-354

Bij het nu in de politiek gangbare woord 'inleveren' denken wij bij voorbaat aan 'slachtoffers' en 'afwentelaars'. De onderliggende partij (slachtoffer) moet het gelag betalen, terwijl de bovenliggende (afwentelaar) zich de handen wrijft omdat hij of zij er (op korte termijn gezien) 'goed van af gekomen'.

Is de afwentelaar er inderdaad goed van af gekomen? Zo langzamerhand begint het door te dringen, dat hiermee toch een vicieuze cirkel in de hand wordt gewerkt, die voor allen op den duur nadelige gevolgen oproept.

Waarom is het moeilijk, om samen de problemen onder ogen te zien?

- Eén faktor is in ieder geval duidelijk aan te wijzen: een direkt nadeel wordt onmiddellijk gevoeld, ervaren. Het is moeilijk om daar doorheen te kijken (dit te 'nemen') in afwachting van een verbetering op langere termijn. Daar komt nog bij, dat de toekomst niet valt te voorspellen in termen van zekerheid. Een gunstige verwachting van een nu als nadelig ervaren maatregel biedt nog geen zekerheid. Dat wij er bovendien aan gewend zijn geraakt op zekerheid te spelen begint zich tegen ons te keren.

Over een langere tijd gezien zou een, volgens het criterium 'voordeel' genomen optimale (d.w.z. op de best mogelijke situatie gerichte) beslissing heel anders uit kunnen pakken dan op korte termijn het geval is. Wanneer wij de tijd -- hier onze verwachtingen over de toekomst -- mee laten spelen, spreken wij over 'dynamisch optimaliseren'.

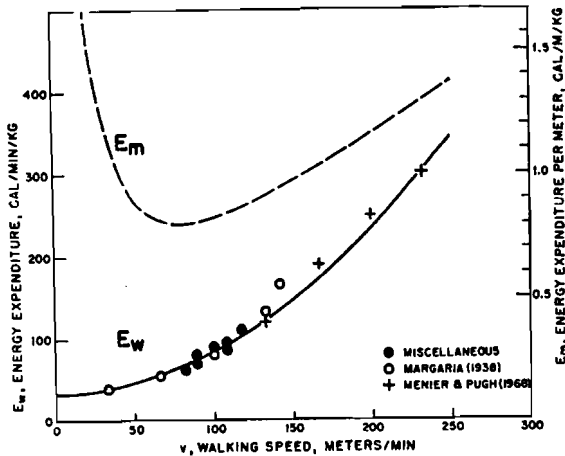
- Ook hebben wij er vaak geen oog voor, dat samenwerking voor ons als sociale eenheid gunstig kan zijn, ondanks dat wij er individueel elk op achteruit gaan. Deze spanning tussen optimaal voor ons als sociale eenheid versus 'ideaal' voor elk van ons als individu, voert ons mede in de problemen zolang wij het individu absolute prioriteit blijven geven boven het kollektief.

Ik kan deze stellingname alleen maar toelichten aan voorbeelden uit de (arbeids)fysiologie; maar ik denk, dat de geschiedenis die ons ook kan verschaffen. De voorbeelden, die mij voor ogen staan, hebben op ons lopen betrekking.

## Lopen kost energie

Lopen kost ons energie en wel meer naarmate wij harder lopen (Figuur 1:  $E_w$ ). Per tijdseenheid gezien, is ons energieverbruik het laagst wanneer wij niet lopen. Als wij ernaar zouden streven ons energieverbruik zo gering mogelijk te doen zijn -- te minimaliseren -- dan houdt dat in, dat wij ook proberen zo min mogelijk te lopen. Dit valt -- voor volwassenen -- niet te ontkennen:

De auto reduceert de tijd, die wij nodig hebben om ons te verplaatsen. Voor grotere afstanden is het gebruik daarvan dus heel zinnig. Maar wat beweegt volwassen mensen om zelfs voor afstanden van een paar honderd meter toch nog in de auto te stappen en niet de fiets of benenwagen te nemen?



Figuur 1. Energieverbruik bij vrij lopen.  
 Getrokken lijn: per minuut ( $E_w$ ); gebroken lijn: per meter ( $E_m$ ).  
 Uit Zarrugh, m.e.a., 1974

Het lijkt er op, dat minimalisering van ons energieverbruik onbewust een belangrijke rol speelt bij beslissingen over ons handelen. Ook de bij in dierentuinen levende en van ruim voedsel voorziene volwassen dieren valt het op, dat zij 'lui' zijn: zich maar heel weinig bewegen.

Tegenwoordig is men meer bereid voor korte afstanden een onszelf meer energie kostende verplaatsingsmethode te gebruiken: omdat wij nu leren, dat niet-meer-lopen schadelijk is voor onze gezondheid, nemen wij dan bewust het besluit de auto te laten staan, of daarnaast te gaan joggen. Wij hebben dan onze niet-lopen-prioriteit (een voorbeeld van statisch optimaliseren) verlegd, onder invloed van een ab-

strakt doel op lange termijn: meer-gezond-blijven. Wij gebruiken nu twee criteria: zo min mogelijk lopen (minimalisering van ons energieverbruik) en zoveel mogelijk lopen (maximalisering van onze gezondheid op langere termijn). Omdat het laatste doel moeilijk precies is te beschrijven (hoeveel moet ik dagelijks lopen -- of fietsen -- om mijn gezondheid te bevorderen?) kiest elk een andere combinatie: ieder tracht een optimaal punt te vinden tussen twee eisen, die met elkaar in strijd zijn. Beide eisen (factoren) geven wij kennelijk elk een bepaald gewicht in een nieuw criterium (een 'kriterium-functie'), dat wij voor de optimalisatie in deze situatie gebruiken. Omdat de tijd (onze toekomstige gezondheid) hierin een rol speelt, is hier sprake van dynamisch optimaliseren.

Af te leggen weg; totale energieverbruik

Wanneer wij vrij wandelen -- zonder haast lopen -- dan valt het op, dat wij een bepaalde snelheid prefereren, met een daarbij horende stap-frekwentie en stap-lengte. Wij lopen dan niet met de laagste snelheden van Figuur 1. Uit onderzoek aan volwassen mensen blijkt, dat hun voorkeurssnelheid ongeveer 80 meter per minuut is, een kleine 5 km/uur. Wanneer wij de waarden voor het energieverbruik per minuut,  $E_v$ , van Figuur 1 door de bijbehorende snelheid delen, krijgen wij het energieverbruik per strekkende meter:  $E_m$ . Deze kromme staat ook in Figuur 1 als functie van de loop-snelheid getekend.

Uit deze figuur zien wij, dat de optimale snelheid voor een minimaal energieverbruik per strekkende meter, dus over de afstand genomen, bij ongeveer 80 meter per minuut ligt, de bovengenoemde snelheid die wij bij vrij wandelen kiezen. Deze optimale snelheid blijkt geslachts-onafhankelijk te zijn en de (normale) verschillen in de lengte van de benen spelen geen rol. Hoe dit voor kinderen ligt, is niet bekend.

Samengenomen is er bij volwassen mensen van de volgende optimaliseringen sprake:

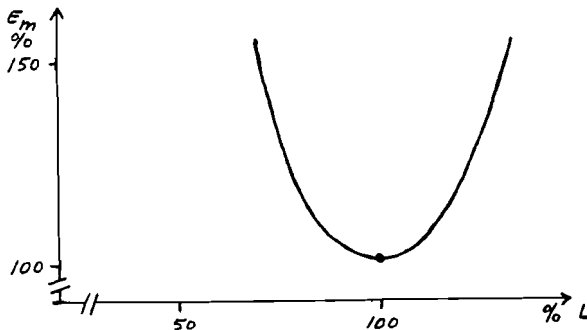
1. Wij kiezen voor zo min mogelijk lopen (minimalisering van ons energieverbruik per eenheid van tijd),
2. maar als wij toch moeten lopen, minimaliseren wij de hoeveelheid energie die voor de af te leggen afstand (over een groter tijdsbestek) nodig is.

Ons optimalisatie-kriterium -- waar wij ons niet van bewust zijn -- is dus om bij vrij lopen die snelheid te nemen, die met het laagste totale verbruik van energie overeenkomt. Hier is sprake van statisch optimaliseren: tijdens acties gebruiken wij een criterium (namenlijk: minimaal energieverbruik) voor de optimalisatie van onze acties, waarin het tijdsverloop geen rol speelt.

## Staplengthte

Bij geforceerd lopen (denk aan marcheren) kunnen wij snelheid en staplengthte niet vrij kiezen. Het energieverbruik in deze situatie is onderzocht aan volwassenen die op een lopende band moesten lopen. Daarbij bleek, dat bij elke snelheid een bepaalde staplengthte en stapfrequentie werden gekozen, waarbij stap-lengthte en -frequentie ongeveer evenredig met elkaar zijn: wij hollen met meer en grotere passen. Wanneer wij slenteren zijn onze passen zowel langzamer als korter.

Wanneer men echter op de lopende band de snelheid konstant houdt en de pasfrequentie (dus ook de paslengthte) varieert -- door de pasfrequentie met behulp van een metronoom voor te schrijven -- dan blijkt, dat elke afwijking van de vrij gekozen pas-lengthte (en -frequentie) meer energie kost (Figuur 2). De vrij gekozen paslengthte is -- bij iedere snelheid -- die lengthte (met bijbehorende frequentie) waarbij wij wederom de minste hoeveelheid energie verbruiken. De (onbewuste) keuze van ons looppatroon berust ook weer op de (onbewuste) toepassing van het optimalisatie-kriterium: minimalisering van ons totale energieverbruik. Dit is uiteraard een zinnig criterium voor de situatie waarin voedsel schaars is (wat voor het grootste deel van de mensheid gold en nog geldt): wij voeren onze handelingen steeds zo uit dat zij ons het minste kosten; wij proberen alles steeds zo goedkoop mogelijk te doen. Kennelijk zowel onbewust als bewust.



Figuur 2. Energieverbruik per meter,  $E_m$ , bij een konstante loopsnelheid, als functie van de staplengthte L. Vrije staplengthte en bijbehorend energieverbruik zijn elk op 100 % gesteld.

Afgeleid uit Fig. 6 van Zarrugh, e.a., 1974.

Ik vermoed, dat wij hier met een fundamenteel optimalisatie-kriterium te maken hebben. Het speelt niet alleen een rol in ons maatschappelijk handelen, maar ook -- of juist -- in onze onbewuste lichamelijke processen. De maatschappelijke rol ervan zou best uit de lichamelijke voort kunnen vloeien. In dat geval doen wij er slecht aan, wanneer wij de rol ervan proberen te ontkennen of tegen te gaan. Wij kunnen beter proberen die te integreren.

Ik zal dat toelichten aan de voorbeelden van samen wandelen en van geforceerd wandelen.

### Samen wandelen

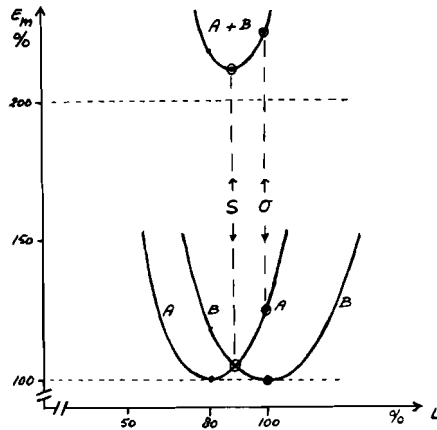
Wanneer twee personen gelijk oplopen, zal het weinig voorkomen, dat beiden dezelfde beenlengte en dus dezelfde pas-lengte en -frequentie hebben. Zij zullen elk hun eigen paslengte kiezen. Beiden gebruiken dan de geringste hoeveelheid energie (die zowel voor mannen als voor vrouwen bij circa 80 meter per minuut gelijk is:  $3,4 \text{ J.m}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  of  $0,82 \text{ cal.m}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ ) (Figuur 3: de 200 % lijn).

Wanneer zij bij deze snelheid hun paslengte variëren, zal voor elk van hen het energie-verbruik stijgen (Figuur 3). Uit onze ervaring weten wij, dat bij het met z'n tweeën lopen een, eveneens onbewust verlopend, proces van 'gelijkschakeling' optreedt, wanneer wij elkaars voetstappen kunnen horen (wij vormen dan een 'gekoppeld' systeem). Wij passen onbewust onze frequenties aan elkaar aan: de langste gaat wat langzamer en de kortste wat sneller lopen.

Omdat deze situatie niet naar energieverbruik is onderzocht, kan ik over wat volgt geen harde uitspraken doen. Ik vermoed echter, dat de nieuwe loopfrequentie valt te voorspellen:

Wij kunnen de krommen van Figuur 2 en 3 met hyperbolen benaderen. De grafiek van het totale energieverbruik van beiden samen vormt dan ook weer een hyperbool. Het minimale energieverbruik van beiden samengenomen, ligt dan precies boven het snijpunt (S) van de twee afzonderlijke hyperbolen (Figuur 3). Met andere woorden: ieder kiest onbewust die gezamenlijke frequentie, die voor beiden samen als gekoppeld systeem een minimaal energieverbruik inhoudt.

Het synchronisatie-proces -- het onbewust komen tot een gezamenlijke frequentie -- is een van de in ons lichaam veel voorkomende processen. Synchronisatie is in feite een algemene eigenschap van systemen (met eigen frequenties van een activiteit), die met elkaar zijn of worden gekoppeld (zie: Ypey e.a., 1980 voor een beschrijving van dit proces in hartcellen). In ons voorbeeld voert het fundamentele synchronisatieproces tot een socialisatie-proces: elk 'levert extra energie in' opdat beiden samen tot een minimaal energieverbruik komen. De per individu verhoogde kosten voeren tot het laagste gezamenlijke kosten-nivo voor beider activiteit.



Figuur 3. Energieverbruik,  $E_m$ , van twee personen, A en B, met verschillende beenlengten:  $A < B$ , bij gelijke loopsnelheid van 80 meter per minuut.

Voor elk is het verbruik bij variatie van de staplengte aangegeven: de krommen A en B. De kromme  $A + B$  beschrijft het gezamenlijke verbruik voor de situatie dat beiden dezelfde pas-lengte en frekwentie aanhouden.

S: gezamenlijk en individueel energieverbruik in het snijpunt van A en B; O idem voor de situatie dat A het tempo dikteert. De 200 % lijn geeft het energieverbruik van beiden samen bij niet-gearmd samen wandelen aan.

Dit socialisatie-proces door synchronisatie voert voor het hele systeem (dit tweetal mensen) tot een optimale situatie, waarin zij samen weer het goedkoopst uit zijn, ondanks het feit dat het ieder-voor-zich voor elk goedkoper is.

Dat het synchronisatieproces tevens tot een optimale situatie aanleiding geeft, kan toevallig zijn -- of in de evolutie vanwege deze lage kosten zijn uitverkoren -- omdat ieder niet kan weten, welke frekwentie voor beiden samen de goedkoopste frekwentie is. Voor meer ingewikkelde processen, zoals vele sociale processen, zullen wederzijds begrip (of door de groep op de leden uitgeoefende dwang) de afzonderlijke activiteiten moeten laten aanpassen om voor de gehele groep een optimale situatie te verkrijgen, waarbij elk van de leden meer of minder ver van het eigen optimum komt te staan.

Dat het trouwens bij het samen wandelen niet altijd optimaal verloopt, kan ik aan het volgende voorbeeld toelichten.

## Gearmd wandelen

Wanneer twee mensen gearmd wandelen, kan het gebeuren, dat een (in ons geval persoon B) het tempo voorschrijft. Wij hebben dan met een sterk en eenzijdig gekoppeld systeem te maken (Figuur 4a).



Figuur 4. Gearmd wandelen van A en B: een sterk gekoppeld systeem.

a: B schrijft A het tempo voor en luistert niet naar A: een klassiek hiërarchisch systeem.

b: A en B luisteren naar elkaar: een teruggekoppeld systeem.

In dat geval zal degene die het tempo dikteert, B, op zijn eigen optimum zitten (O in Figuur 4a). De ander, A, bevindt zich dan ver van het eigen optimum. Het kost haar of hem erg veel energie. Het totale energieverbruik van beiden samen ligt dan ook boven het optimum van het systeem (Figuur 3).

Wanneer diktator B een goede en blijvende relatie op prijs stelt, zal B (tenzij A in feite diens slaaf is) toch luisteren (Figuur 4b), zodat het systeem dan niet meer eenzijdig is gekoppeld en naar het optimum voor het geheel kan streven, dus naar situatie S (Figuur 3). Het systeem is dan van een eenzijdig gekoppeld, of klassiek hiërarchisch systeem overgegaan in een teruggekoppeld systeem (Figuur 4b).

De bereidheid om naar elkaar te luisteren en daarop met 'afzien' te reageren, door alle betrokkenen, vormt een basisvoorwaarde voor het totale systeem om tot een optimale situatie te komen. Dwang is gevaarlijker, omdat dat het luisteren uitsluit, zodat het niet zeker is, dat dan een optimum wordt bereikt, omdat er geen terugkoppeling is. De delen (leden) kunnen worden overbelast, wat, als dat niet wordt gemerkt of veranderd, tenslotte het hele systeem in elkaar zal doen storten. Maar indien de leden niet naar elkaar willen luisteren gaat het beslist mis, zodat in dat geval toch maatregelen zullen moeten worden genomen. Een goede maatregel -- wanneer daar tenminste nog tijd voor is -- zal een 'opvoeden tot luisteren en reageren met afzien' in moeten houden; dus een scholing.

## Referenties

Ypey, D.L., Van Meerwijk, W.P.M., Ince, C., Groos, G.  
Mutual entrainment of two pacemaker cells.  
*J. Theor. Biol.* 86, 731-755 (1980).

Zarrugh, M.Y., Todd, F.N., Ralston, H.J.  
Optimization of energy expenditure during level walking.  
*Europ. J. appl. Physiol.* 33, 293-306 (1974).

