

Homo Sapiens als (voorlopige) kroon op de evolutie

Henk Barendregt
Faculty of Science
Radboud University
Nijmegen, The Netherlands

In het volgende staan X en Y voor bepaalde verzamelingen *gegevens*

Een *functie* $f: X \rightarrow Y$ is een gegeven voorschrift dat aan een willekeurig element x van X en eenduidig bepaald element $y = f(x)$ van Y toevoegt

Voorbeeld. $X = Y = \mathbb{N}$ (natuurlijke getallen) en $f(x) = x^2$

Zo'n *specificatie* hoeft nog niet een berekeningsmethode in te houden:

$g(x)$ = het kleinste priemgetal p groter dan x Wat is $g(1000)$?

$h(x)$ = $\begin{cases} p & \text{als } p > x \text{ kleinste getal is zodat } p \text{ en } p + 2 \text{ priem zijn} \\ 0 & \text{als zo'n } p \text{ niet bestaat} \end{cases}$

Algoritme: methode (recept) dat bij een willekeurige x de bijbehorende $f(x)$ bepaalt

Berekening: toepassing (*application*) van het algoritme op een bepaalde x

$$f(36) = 36^2 = \dots = 1296$$

36
36

216
1080

1296

Manieren om berekeningen uit te voeren:

0 uit het hoofd

1 klassieke hulpmiddelen

2 analoge machines

3 digitale machines

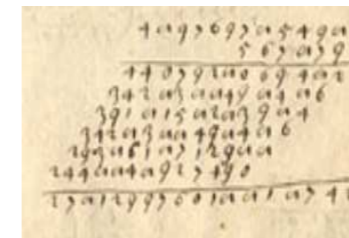
1a numerieke symbolen, 1b telraam

2a rekenlineaal, 2b passer en lineaal

3a calculator, 3b computer, 3c app



1a



1a



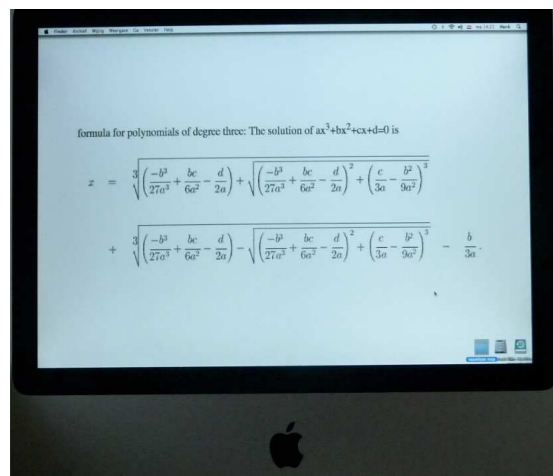
1b



3a



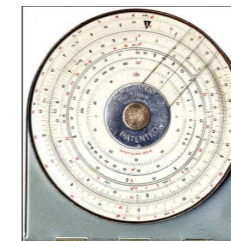
3a



3b



3c



2a



2b

Vele *kwantitatieve* problemen kunnen beantwoord worden door berekenen

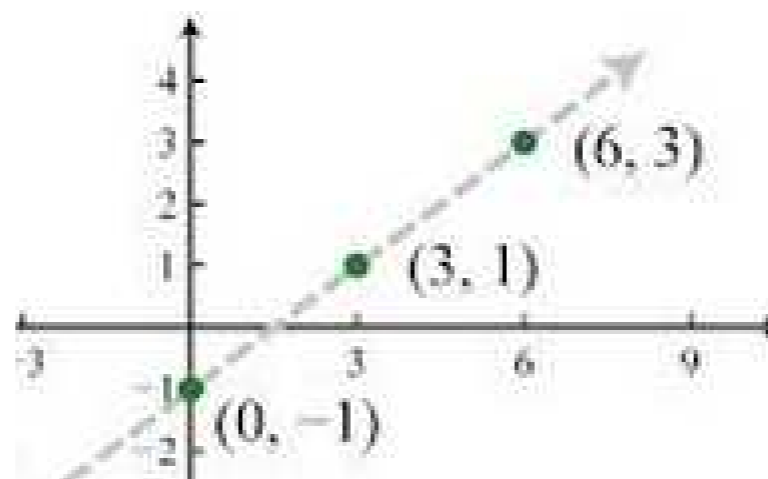
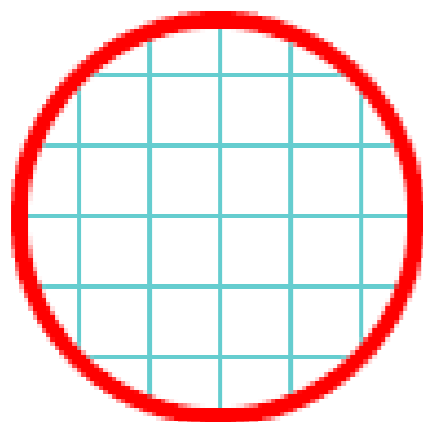
“Wat is de oppervlakte van een cirkel met straal 4m?”

Antwoord: $4^2\pi \text{ m}^2 = 50.2654824 \text{ m}^2$

Ook vele *kwantitatieve* problemen kunnen zo beantwoord worden

“Liggen de punten $A = (x_1, y_1)$, $B = (x_2, y_2)$ en $C = (x_3, y_3)$ in \mathbb{R}^2 op één lijn?”

Antwoord: dan en slechts dan als $(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) = (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)$



Ook in het dierenrijk is berekenen nuttig: de natuur heeft een electro-chemisch



berekeningsmodel geëvolueerd

Deze worden door vallen en opstaan geprogrammeerd tijdens de evolutie, ontwikkeld via **genen** gebruiken parallele berekening en zijn zeer efficiënt

Foto: Cathie Keifer; Video's: earth-touch.com & OneLifeOnScreen.com

Artist's impression: Biologische neurale netten (geëvolueerd)

Kunstmatige neurale netten (Hebb; Turing [11]: eind jaren 1940), vele varianten, zijn geïnspireerd door de biologische neurale netten

“vindt lokale minima in oppervlak door het laten rollen van een druppel water”

(Hopfield neurale netten)

Leibniz: “Kunnen **alle** problemen beantwoord worden door berekening?”

Turing [10]: Onmogelijk voor de klasse van **kwantitatieve** wiskundige problemen maar mogelijk voor vele **kwantitatieve** en **kwantitatieve** problemen: [Mathematica](#), [SPSS](#)

Hoe bewees Turing dit? Bewijs in drie stappen

Turing machine (TM) Realisatie: Mike Davey



1. Turing gaf een onderbouwde definitie van berekenbaarheid door de Turing machine te introduceren, met tweevoudig oneindige tape

en leeskop en instructies via een tabel; acties: *Links*, *Rechts*, *Schrijf(0)*, *Schrijf(1)*

Gekozen actie hangt af van gelezen **lokale input** i en van **toestand** s

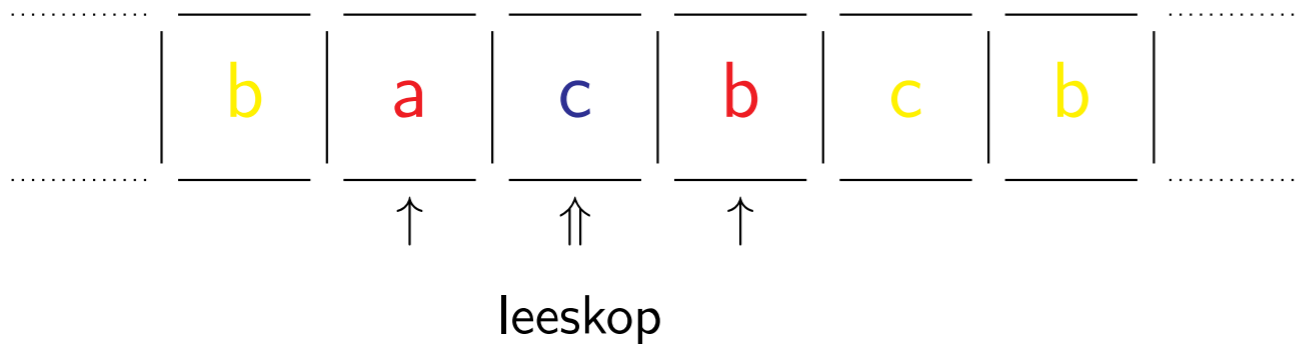
Er is een tabel met regels: $(i, s) \mapsto (a, s')$ bepalen ook nieuwe toestand

gaat door totdat machine mogelijk **stopt** (geen enkele regel is toepasbaar)

Beginwaarden op tape staan voor **globale input** I ; na stoppen staat daar de **output**

Turing stelde ‘berekenbaarheid’ gelijk aan berekenbaar door zo’n machine

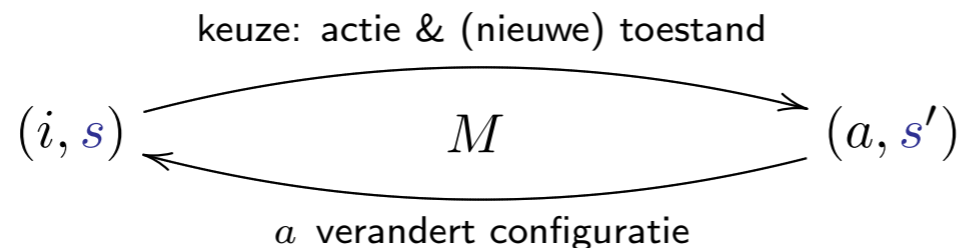
Een *configuratie* bestaat uit 'wereld': informatie op volledige tape
 focus: positie van de leeskop (op 'lokale input')



c is lokale input; er volgt actie, waarbij de configuratie meestal verandert
 volgende lokale input kan zijn a , b (na acties L, R) of $0/1$ (na Schrijf(0/1)) ipv c

De a en b zitten in de *periferie* van de leeskop

Twee fasen werking: acties hangen af van lokale input en toestand (volgens tabel)



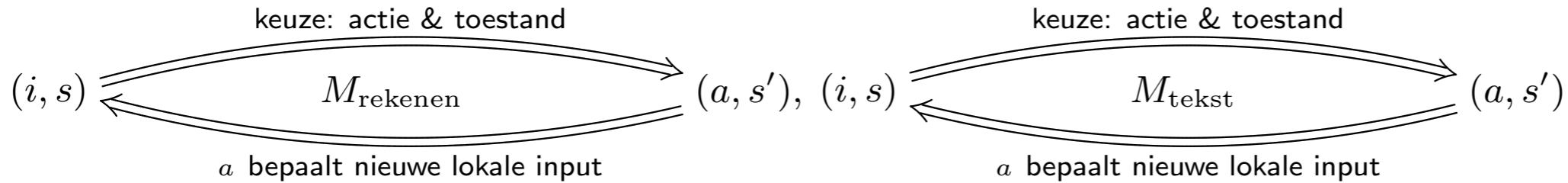
a verandert configuratie (wereld en focus)

2. Universele Turing Machine (UTM). De meeste machines hebben slechts één taak

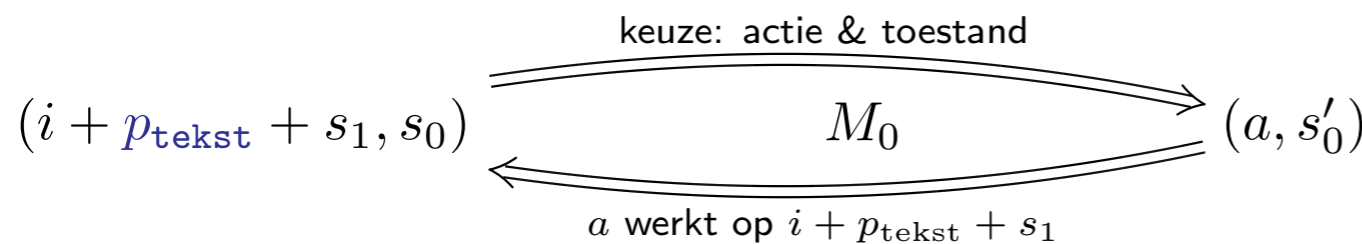
bijvoorbeeld rekenen



of text-verwerking



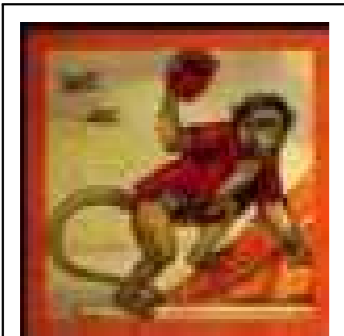
Deze kunnen vervangen worden door één universele Turing machine: de computer



voor verschillende taken (computing, text-verwerken, ... apps)

3. Probleem. Stopt UTM met programma p en globale input I ? Dit is Turing-onoplosbaar

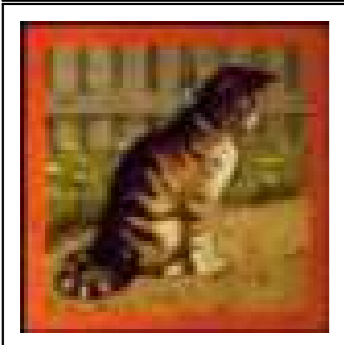
Bewustzijn is altijd
gericht op een **onderwerp**



i_1



i_2



i_3

Bewustzijn is altijd

gericht op een **onderwerp** en heeft **toestand** s : actie-neiging



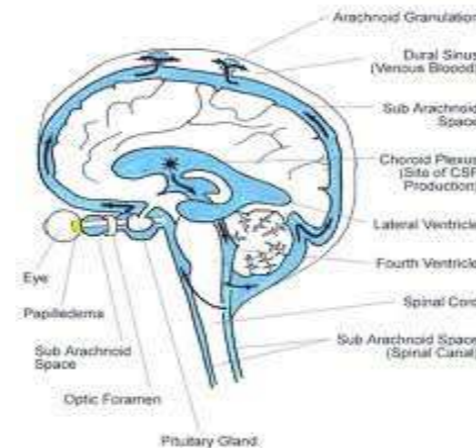
(i_1, s_1) angst



(i_2, s_2) verlangen



(i_3, s_3) vreugde



Hersenvloeistof

synapsen

(i, s) : samenwerking tussen **frontaal kwab** & **amandelkern** in het brein [9]

Een toestand wordt o.a. door het chemisch milieu in hersenvloeistof [12] bepaald

0. Behaviourisme: $i \mapsto a$ input (stimulus) bepaalt actie (response)

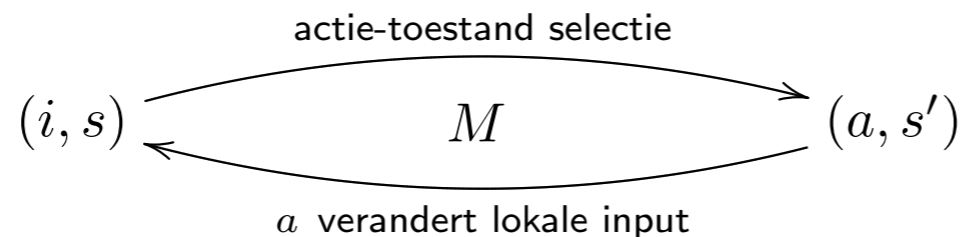
0. Behaviourisme: $i \mapsto a$ input (stimulus) bepaalt actie (response)

1. Ieder moment is er een paar (i, s) (kinetische gas theorie $s \in \mathbb{R}^{6 \cdot 10^{23}}$) welke verandert in een (re)actie a en een (mogelijk) nieuwe toestand s'


$$(i, s) \mapsto (a, s')$$

2. Dan verandert de actie a de scene en er komt nieuwe input

Samen geeft dit een twee-fase proces

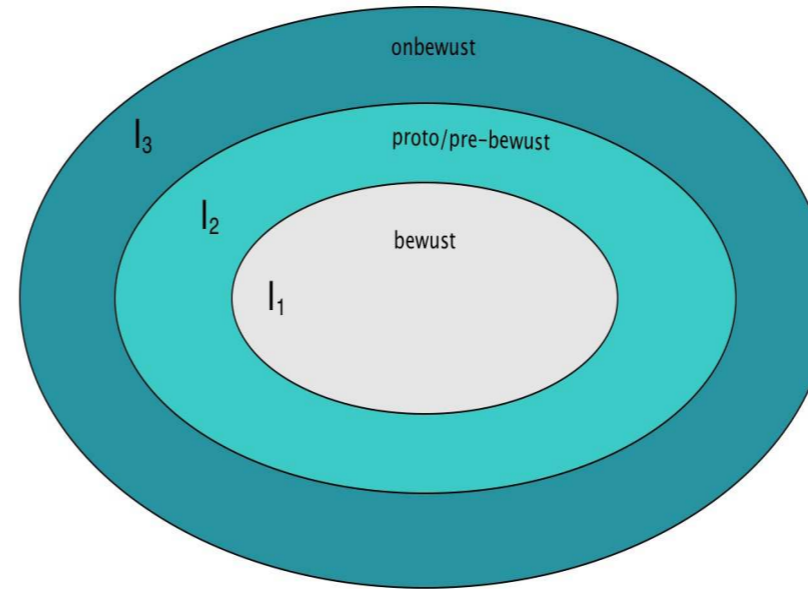


De transities verlopen via een neuraal net

Agent	lokale input	toestand	actie
Machine	0, 1	s, \dots	L, R, Write(-)
Mens	 , ...	angst, lust, vreugde, ...	aandacht, bewegen

Er zijn drie verzamelingen fenomenen $I_1 \subseteq I_2$

- I_3 kan (nu of later) aandacht krijgen
- I_2 kan nu aandacht krijgen
- I_1 krijgt nu aandacht (met reflectie?)
- $I_3 - I_2$ onbewust
- $I_2 - I_1$ pre/proto-bewust
- I_1 bewust



Auteur(s)		(van) $I_2 - I_1$	via	naar I_1
Edelman	[6]	<i>bewustzijn</i>	R	<i>reflectief bewustzijn</i>
de Bruijn	[4]	<i>onderbewustzijn</i>	R	<i>bewustzijn</i>
Hobson	[7]	<i>protobewustzijn</i>	R	<i>hogere-orde bewustzijn</i>
Lamme	[8]	<i>fenomenaal bewustzijn</i>	A	<i>toegangsbewustzijn</i>
Block	[3]			
Dehaene et al.	[5]	<i>prebewustzijn</i>	A	<i>bewustzijn</i>

A: *aandacht*, R: *reflectie*, gegevens herbeschouwd (meta-bewustzijn, *mindfulness*)

Discreetheid: vermijdt het probleem van biologische ruis (von Neumann)

psychologisch refractaire periode

thalamus-cortex verkeer

wagonwiel illusie

getraïnde fenomenologie

Bewustzijnsvormen

(reflectief-) bewust

pre-bewust

on-bewust ('subliminaal bewustzijn')

Operationele definities gegeven in [5]

Toestanden

Wiskundige noodzaak

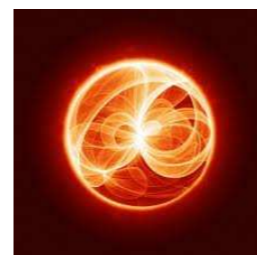
Homo Sapiens staat op (hybride) Turing niveau (\mapsto Church-Turing These)

Leren

$(i + s_1, s_0) \mapsto (i, s): \mapsto$ **leren/internaliseren**

Reflectie

$(i, s) \mapsto (i + s_1, s_0): \mapsto$ **flexibiliteit/deconditioneren**



Strange attractor loslaten



Johann Sebastian Bach (1685-1750)

Chaconne, uit Partita No.2 in D kleine terts, BWV 1004

Jascha Heifetz viool Geleerde berekeningen, gebaseerd op *memen*

A photograph of a printed musical score for a Sonata for Solo Violin by Béla Bartók. The title 'SONATA for Solo Violin' is at the top. Below it, 'BÉLA BARTÓK' and 'Edited by YEHUDI MENUHIN' are printed. The tempo is marked 'Tempo di ciaccona'. The score shows a single staff of music with various notes, rests, and clefs. A tempo marking '♩ = ca. 50' is present. The score ends with a double bar line and a final chord.

Ivry Gitlis viool Verwante *memen* 2 eeuwen later

-
- [1] Agnati, Fuxe. Volume transmission as a key feature of information handling in the central nervous system possible new interpretative value of the Turing's B-type machine. *Prog Brain Res*, 125, 2000, 3-19.
- [2] Barendregt, Raffone. Conscious cognition as a discrete, deterministic, and universal Turing machine process. Alan Turing - His Work and Impact. Eds. Cooper and van Leeuwen, Elsevier, 2013, 92-97.
- [3] Block, Consciousness, accessibility, and the mesh between psychology and neuroscience, *Behavioral and Brain Sciences*, 30(5-6), 2007, 481-499. Discussion 499-548
- [4] de Bruijn, A mathematical model for biological memory and consciousness, in: Fairouz D. Kamareddine (ed.), *Thirty Five Years of Automating Mathematics*, Kluwer Academic Publishers, 2003, 9-23
- [5] Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, Sergent. Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(5), 2006, 204-211.
- [6] Edelman, *The Remembered Present: A Biological Theory of Consciousness*, Basic Books, New York, 1990
- [7] Hobson, REM sleep and dreaming: towards a theory of protoconsciousness, *Nature Reviews Neuroscience* 10, 803-813.

-
- [8] Lamme [Why visual attention and awareness are different](#), *Trends in Cognitive Sciences*, 7(1), 2003, 12-18
- [9] Salzman, Fusi. [Emotion, Cognition, and Mental State Representation in Amygdala and Prefrontal Cortex](#). *Annu. Rev. Neurosci.* 2010(33), 173-202.
- [10] Turing. [On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem](#). *Proc. London Math. Soc.*, 2(42), 1937, 230-265.
- [11] Turing. [Intelligent machinery](#), report for National Physical Laboratory, published in *Machine Intelligence 7*, B. Meltzer and D. Michie (eds.) 1969; also in: Ince (ed). *Collected works of AM Turing — Vol 1: Mechanical Intelligence*. Elsevier Science Publishers, 1992, 3-23.
- [12] Veening, Barendregt. [The regulation of brain states by neuroactive substances distributed via the cerebrospinal fluid. A review](#). *Cerebrospinal Fluid Research*. 7(1), 2010.
- [13] Zylberberg, Dehaene, Roelfsema, Sigman. [The human Turing machine: a neural framework for mental programs](#). *Trends in Cognitive Sciences*, 2011, 15(7), 293-300.

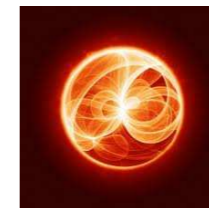
Mentaal evenwicht

Fundamentele **instabiliteit** van het bewustzijn

→ existentiële angst of 'verslaving'

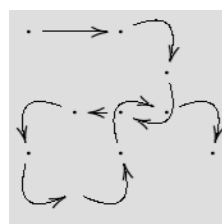
tegenzin, verlangen

gehechtheid voor de symptomatische stabilisering
(met **bijwerkingen!**)

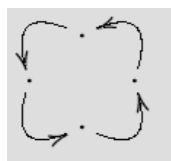


mindfulness

vermindert de frequentie van **verslavende toestanden** dmv



Turing Machine



Eindige Automaat

Weergave als dynamisch systeem

- zintuigelijke beperking
- mentale beperking: aandacht op huidige lokale input
mbv mindfulness creëert men afstand tot (i, s)
- inzicht in onze vicieuze cirkels: deautomatisering

De pomp stelling is niet geldig voor Turing machines (te veel input!)

In de (tijdelijke) meditative toestand wordt men als een eindige automaat (geen input)

waardoor de pomp stelling van toepassing wordt:

na een aantal keer het zelfde parcours bewust te doorlopen en stapt men eruit

via een eenmalige **reset** (bevrijdend inzicht)