

# Tutorial Business Dynamics



Auteur : drs. ir. Maikel J. Mardjan MBM

Datum : juni '01

Versie : 1.2

Business Management Support Stichting  
p/a drs. ir. Maikel J. Mardjan MBM  
Hunze 58  
7333 HD Apeldoorn  
email: [info@bm-support.org](mailto:info@bm-support.org)

## **Voorwoord**

Een tutorial is een soort handleiding om iets te leren. Deze tutorial geeft een kleine inleiding in de wereld van de "bedrijfsdynamica". Met deze handleiding willen we iedere belangstellende in de gelegenheid wil stellen om de schoonheid, de eenvoud én de complexiteit van alledaagse problemen te demonstreren aan de hand van een zeer alledaagse ICT-praktijk situatie.

## Inhoudsopgave

Voorwoord .....	2
1. Inleiding.....	4
1.1 Dynamiek binnen ICT-projecten.....	4
2. Dynamiek in kaart brengen .....	5
2.1 Wat is dynamiek .....	5
3. Modelling .....	7
3.1 Hoe kan een model gaan werken .....	7
4 Het modelleringproces.....	13
4.1 Inleiding .....	13
4.2 Simulatie van het model .....	15
5. Conclusie en Aanbevelingen .....	20
Gebruikte literatuur .....	21

# 1. Inleiding

In de hedendaagse ICT bedrijfsindustrie is het essentieel om snel en adequaat nieuwe vaak zeer innovatieve projecten te starten. Veel van deze projecten draaien op mislukkingen uit. Technologie blijkt vaak toch te onvolwassen te zijn, projectbudgetten worden ruimschoots overschreden en deadlines worden vaak al helemaal niet gehaald. Het is dan ook niet verwonderlijk dat juist in de ICT-bedrijfstak veel tovenaars rondlopen met een "magic touch" om binnen uw bedrijf wel dat huzarenstukje van de grond te krijgen. ( Natuurlijk voor meer dan riante beloningen. )

In deze tutorial wordt aan de hand van een zeer herkenbare praktijk situatie uiteengezet hoe iedereen een magisch (=goed ) inzicht kan krijgen in de problematiek. Met behulp van het verworven inzicht is het wellicht mogelijk om zelf de (achteraf) logische besluiten van te voren te nemen.

In deze tutorial wordt de basis theorie van het vakgebied Business Dynamics uiteengezet. Dit gebeurt aan de hand van een praktijk situatie waarbij de complexiteit gaande weg steeds met meer elementen wordt uitgebreid.

## 1.1 Dynamiek binnen ICT-projecten

Binnen grote ICT-afdelingen of bedrijven worden nieuwe activiteiten vaak projectmatig georganiseerd. Dit biedt een aantal voordelen zoals bijvoorbeeld flexibele inzet van medewerkers en het los van bestaande organisatiestructuren kunnen werken aan product en/of procesvernieuwing. Helaas staan is het met de status van veel ICT-projecten slecht gesteld. Projecten lopen lang door, budgetten worden ruim overschreden en uiteindelijk voldoet de opgeleverde dienst of product niet aan de gewenste specificaties. Zie bijvoorbeeld hierover verschenen onderzoeksrapporten van de GartnerGroup, Standisch Group of The Wall Street Journal (April 30, 1998).

Om projectmanagers bij te staan zijn vele methodieken geïntroduceerd om projecten "IN-CONTROL" te krijgen en te houden. Vaak worden deze methodieken ondersteund met geavanceerde planningstools. Wat echter vaak onbekend is en ook in vele planningshulpmiddelen ontbreekt, is de grilligheid van de dynamische processen waarin een project loopt. In deze tutorial wordt ingegaan op hoe de dynamiek binnen ICT-projecten kan ontstaan en hoe met deze kennis de problematiek kan worden aangepakt.

Deze tutorial is als volgt opgebouwd:

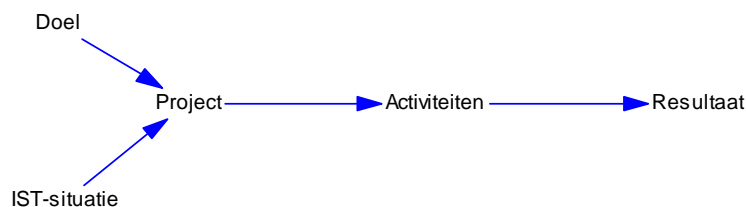
In hoofdstuk 2 wordt uiteengezet hoe cruciaal de factor tijd is binnen dynamische processen. Hoofdstuk 3 gaat in op welke wijze een model inzicht kan geven in de dynamica van een proces. In hoofdstuk 4 worden de uitgangspunten van het modelleren toegepast om een echt "probleem" inzichtelijk te maken én op te lossen.

## 2. Dynamiek in kaart brengen

### 2.1 Wat is dynamiek

Een vast gegeven dat geldt voor ieder project is dat het eindig is op een vastgestelde datum. De einddatum wordt vaak geschat op basis van empirische ervaringen van een projectmanager vaak in samenwerking met "experts". Vanaf de start van een project is derhalve vaak de enige constante factor de factor tijd. Het is vaak ook de factor tijd die zorgt voor de onbeheersbaarheid van een project.

In figuur 1 is een eenvoudige kijk op een project weergegeven. Vaak is sprake van een huidige situatie (IST-situatie) waarin iets in moet veranderen. Een doel wordt



**Figuur 1: Eenvoudige kijk een project**

geformuleerd en een project is geboren. Binnen een project starten vervolgens allerlei activiteiten om het doel (of doelstellingen) in te kunnen vullen en uiteindelijk is het gewenste resultaat bereikt. Echter het eindresultaat is vaak na hevige turbulentie tot stand gekomen en blijkt het resultaat toch niet meer overeen te komen met wat bij de start van het project de bedoeling was.

De factor tijd ( $t$ ) speelt een cruciale rol in het gehele traject:

- Om activiteiten te verrichten is tijd nodig;
- Het resultaat kan pas na een bepaalde tijd worden bepaald;
- De IST-situatie is afhankelijk van de tijd;
- Het doel kan door de tijd veranderen;

Systems Dynamics ( Dynamische Systemen) heeft een aantal kenmerken:

- Gedrag van complexe systemen staat voorop. ( Het begrijpen van.)
- Roots in niet-lineaire dynamica, feedback control (regeltechniek).
- Fundamenteel interdisciplinair

System dynamics is een methodiek om het leren in complexe systemen te verbeteren.

De principes zijn:

- 1- Onderzoek problemen vanuit verschillende perspectieven.
- 2- Uitbreiding maken van de grenzen van "ons" mentale model om lange termijn consequenties te overzien.

Feedback is een vorm van leren. Feedback speelt een belangrijke rol bij Systems Dynamics. Echter bij het leren is het goed bewust te zijn van een aantal "belemmeringen":

- Dynamische complexiteit.
- Geen volledige informatie.

Dynamische complexiteit kan ontstaan door:

- Niet lineariteit;
- Feedback
- Self organizing ( bv een projectteam zonder heldere opdracht definieert zelf een opdracht om effectief aan het werk te gaan)
- Adaptief (Eng adaptive, Binnen een project kan geleerd worden van opgebouwde ervaringen , bijvoorbeeld eigenschappen van medewerkers, dit kan een voordeel zijn, maar hoeft natuurlijk niet.)
- Historische afhankelijkheid
- "tightly" coupled systems ( ongrijpbare aantoonbare relaties)

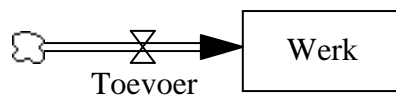
contra intuïtief (Eng. counterintuitive, oorzaak en gevolg liggen in tijd én plaats uitelkaar waardoor het gevolg van een gekozen beleid niet meer direct aanwijsbaar is bij concrete problemen. )

## 3. Modelling

### 3.1 Hoe kan een model gaan werken

Een van de problemen bij veel ICT-projecten is dat de hoeveelheid werk gedurende de eerste fase van het project sterk toeneemt.

De hoeveelheid werk is weer te geven als een "Stock". Een stock met de naam "werk" kan voor het voorbeeld dat in deze beschrijving centraal staat gezien worden als een voorraad (verzameling) van activiteiten die nog uitgevoerd dienen te worden.



**Figuur 1: Activiteiten voorraad**

De variabele in figuur 1 hebben de volgende betekenis:

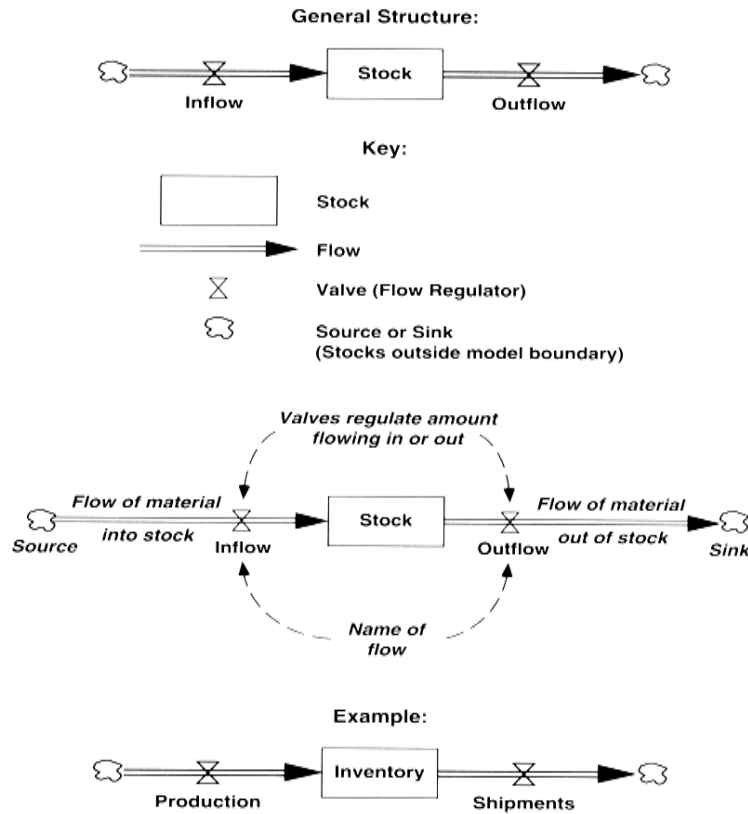
Toevoer: De snelheid waarmee nieuwe activiteiten aan de totale hoeveelheid werk worden toegevoegd. (Hier in deze figuur wordt verondersteld dat de toevoer oneindig is ! )

Werk: Voorraad van aantal activiteiten dat binnen het project dient te worden uitgevoerd.

Een van de beperkingen van CLD's is dat hiermee geen voorraad (stocks) en stromingen (flows) in naar voren komen. Stocks zorgen voor het dynamische gedrag van systemen. De redenen zijn:

- Stocks karakteriseren de toestand van een systeem. De toestand is de basis voor acties.
- Stocks zorgen dat een systeem een verleden en geheugen heeft.
- Stock zijn de bron van vertragingen ("delays")
- Stocks ontkoppelen de verschillende stromen in een systeem en zorgen voor een niet-evenwichtssituaties in een systeem.

Stocks : integraal (of state variable)  
 Flow : afgeleide (rate) of percentage



**Figuur 2: Overzicht modellering met Stocks en Flows**

In figuur 2 is een overzicht weergegeven van de basis bouwblokken waarmee Stock en Flow diagrammen gepresenteerd kunnen worden.

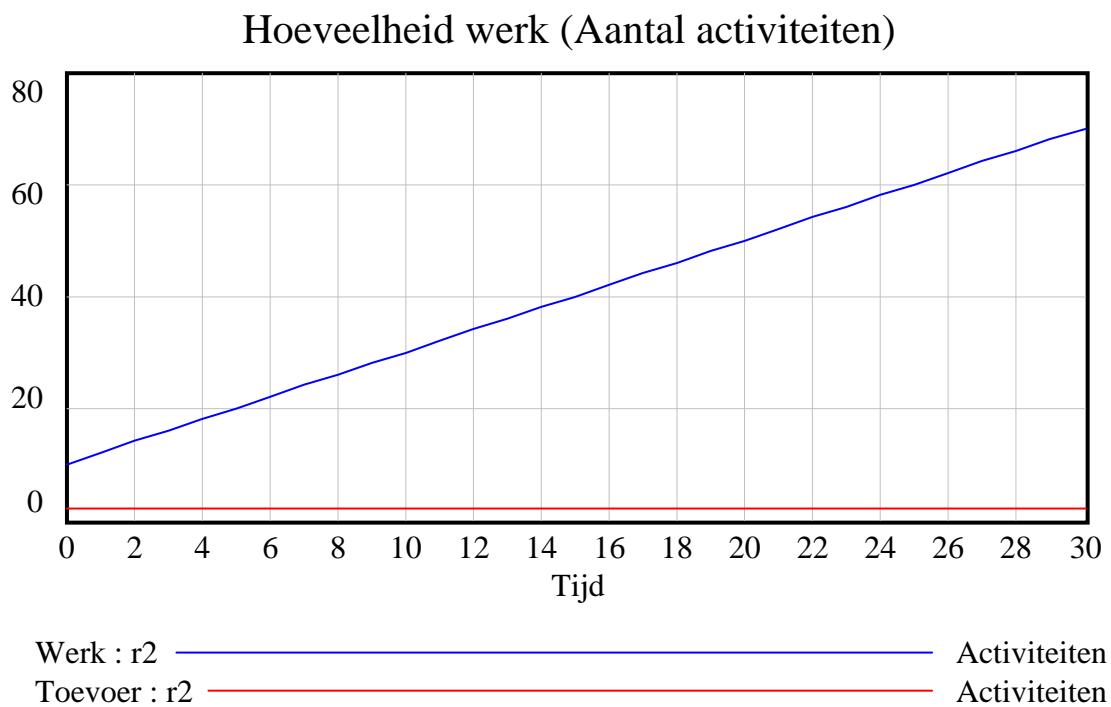
Uitgaande van een standaard toevoer van activiteiten voor een project is te berekenen dat:

- De hoeveelheid werk toeneemt met een bepaalde constante waarde (de variable "toevoer" ).
- De hoeveelheid werk neemt lineair toe.

In een figuur is dit schematisch als volgt weer te geven:



In figuur 3 geeft de blauwe (oplopende lijn) de toename van de hoeveelheid werk aan.



**Figuur 3: Lineaire toename van hoeveelheid werk**

De rode (constante) lijn geeft aan dat de toevoer (inflow) constant is. Uitgaande van de basis kennis van een Stock en flow diagram is de algemene vergelijking die ALTIJD voor een Stock kan worden opgesteld als volgt:

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Ingaand(s) - Uitgaand(s)] ds + Stock(t_0)$$

Voor de flow (verandering) geldt de algemene vergelijking:

$$\frac{d(Stock)}{dt} = \text{Netto verandering in een Stock} = Inflow(t) - Outflow(t)$$

De toevoer (constante ) van figuur 3 kan dus worden bepaald indien alleen het verloop van de hoeveelheid werk bekend is. Differentiëren van een lijn met karakteristiek  $y=ax+c$  geeft een constante.

Voor projecten is het zeer handig om met vastgestelde mijlpunten te werken. Dit zou kunnen zijn het aantal afgeronde actiteiten per tijdseenheid. Indien nu uitgegaan wordt van de volgende veronderstelling:

*Een ICT-project start vaak met een aantal onderzoek items. Uit deze onderzoek items volgen activiteiten die binnen dit project uitgevoerd dienen te worden.*

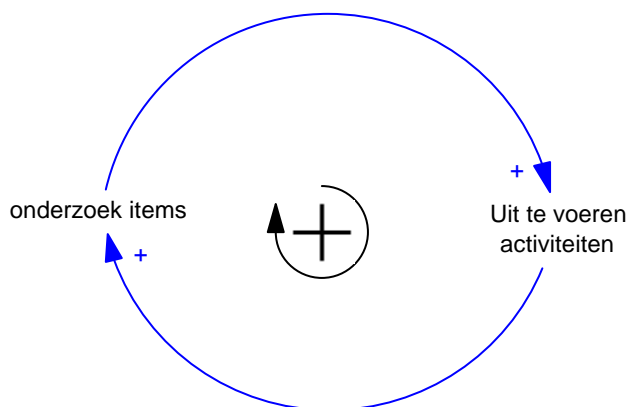
Het aantal activiteiten dat per onderzoek item uitgevoerd dient te worden kan gezet worden op:

$$\text{Aantal activiteiten} \geq \text{Aantal onderzoekitems}$$

Dit betekend dat één onderzoek item kan leiden tot minimaal één activiteit, maar ook tot 10 of meer activiteiten. Zo kan bij het onderzoek item "bruikbare hardware configuraties onderzoeken" leiden tot informatie inwinnen bij fabrikanten (=activiteit), testen uitvoeren (= activiteiten), literatuur onderzoek (=activiteit).

Bij het uitvoeren van activiteiten wordt vaak gestuit op nieuwe onderzoek items. Schematisch kan dit worden weergegeven als in figuur [?].

In figuur 3 ( Feedforward) is een Causal Loop Diagram weergegeven. Causale Loop



**Figuur 4: Feedforward**

Diagrammen zijn een zeer handig hulpmiddel voor het weergeven van de feedback structuur van systemen. Groot voordeel van CLD's (Causal Loop Diagrams) zijn:

- Maken het mogelijk om snel inzicht te krijgen in een hypothese met betrekking tot het waarom de dynamica in een systeem ontstaat.
- Vastleggen van mentale modellen van mensen.
- Zeer handig als communicatiemiddel om belangrijke feedback processen die een rol spelen bij een probleem uit te leggen.

Om een CLD-diagram goed te lezen is het van belang om uit te gaan van de volgende



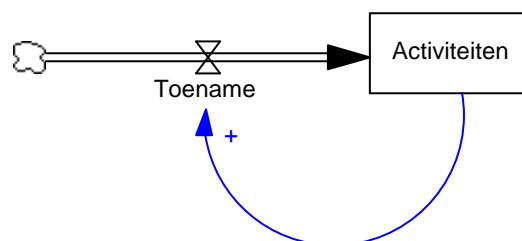
definities:

*Indien A een positieve invloed heeft op B, dan resulteert een verhoging (verlaging) van A in een waarde van B die groter (minder) is dan wanneer de variabele A niet zou zijn veranderd.*

Een ander veel gebruikte definitie is de volgende:

*Indien A een positieve invloed heeft op A, of indien A bij B wordt opgeteld, dan resulteert een verandering van B in dezelfde richting.*

Wat niet in het CLD is te zien, is hoe de toename van het aantal activiteiten loopt. Het CLD kan echter worden weergegeven als in onderstaande figuur:



Om inzicht te krijgen hoe in de tijd nu het aantal activiteiten toeneemt kan worden uitgegaan van de volgende formules:

(1)  $\text{Activiteiten} = \text{INTEG}(\text{Toename}, 10)$ . Ik ga uit van een start met 10 activiteiten.

Units Eenheden: Activiteiten

(2) FINAL TIME = 100

Units: Day

( The final time for the simulation., zie grafieken)

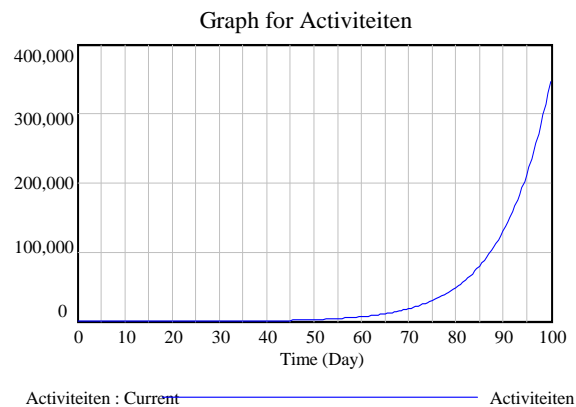
(3) INITIAL TIME = 0 The initial time for the simulation.

Units: Day

(6)  $Toename = 1 + \text{Activiteiten}/10$  : Dit betekent dat wordt uitgegaan van een constante toename van 1 activiteit per dag, met daarop verondersteld dat de toename weer afhankelijk is van het aantal activiteiten gedeeld door een factor 10. Zoals eerder vermeld geven meer activiteiten vaak weer meer werk en is dus sprake van feedforward.

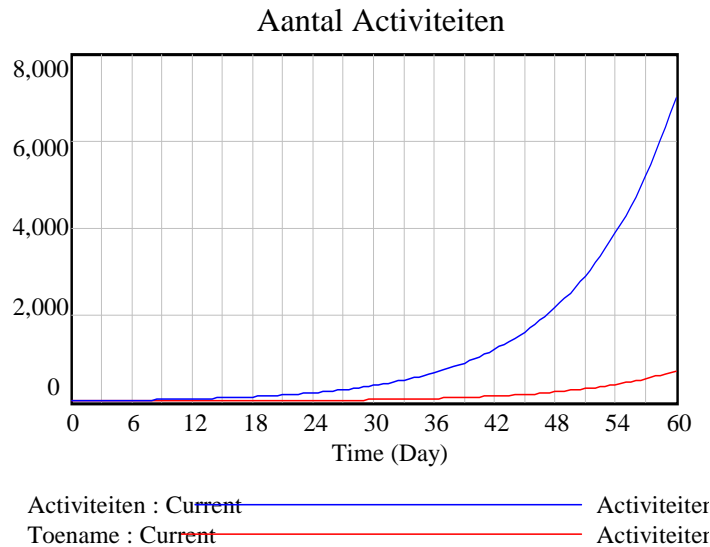
Units: Activiteiten/Day

Als het verloop van het aantal activiteiten in de tijd beschouwen kunnen de volgende grafieken worden geconstrueerd. (In deze tutorial is voor alle diagrammen, grafieken en simulaties gebruik gemaakt van het programma Vensim® .)



In bovenstaande figuur is een gekozen om het aantal activiteiten van dag 0 - tot dag 100 weer te geven. Duidelijk te zien is dat de problemen indien de activiteiten maar blijven toenemen ontstaan na 2 maanden. Het aantal activiteiten voor dit project loopt exponentieel op en indien niets structureel veranderd, gaat dit dus mis.

Indien het verloop van het aantal activiteiten van 0 tot 60 dagen (de eerste 2 maanden) wordt bekeken dan volgt onderstaande figuur:



In deze figuur is duidelijk te zien dat de toename (flow) op het aantal activiteiten oploopt, echter de toename hierop bij het aantal activiteiten is exponentieel. Om het gedrag van exponentiele functies goed te begrijpen, zijn een aantal kenmerken essentieel:

- De verdubbelingstijd  $t_d$  van een exponentiële functie is constant (Rule of 70:  $t_d = 0,7 \cdot 1/g$ ) [ Bij exponentiële groei ]
- Bij exponentiële afname is sprake van een constante "half-live" time.

$$S(t) = S(0) e^{g \cdot t}$$

Voor  $t=0$  geldt dan dat de waarde (inhoud) van een Stock gelijk is aan een aangeduid constante  $S(0)$ .

## 4 Het modelleringsproces

### 4.1 Inleiding

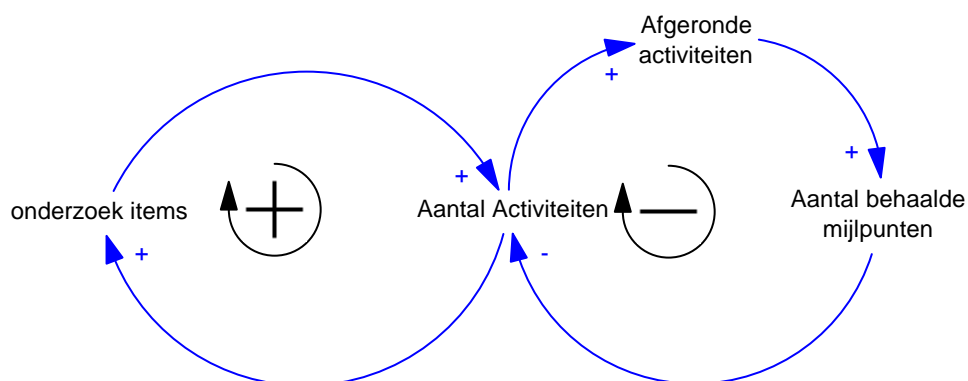
Het in de vorige paragraaf geschetste probleem van de toename van activiteiten is natuurlijk slechts een punt om van bewust te zijn bij ICT-projecten. In werkelijkheid spelen natuurlijk nog vele andere elementen ook een rol.

Om het probleem scherp te krijgen én omdat het onwaarschijnlijk is dat exponentieele groei ongeremd door kan gaan, wordt het model verder aangescherpt. Bij het modelleren is het van belang om een aantal basis uitgangspunten goed in de gaten te houden:

- 1- Ontwikkel een model om een specifiek probleem op te lossen, niet om een (generiek) systeem te modeleren. Dit betekent alle factoren die niet van belang zijn voor het probleem kunnen weggelaten worden. (Dit dient natuurlijk wel gemotiveerd kunnen worden. )
- 2- Start direct bij het definiëren van het probleem met modelleren.
- 3- Probeer "black-box" modellering te vermijden. Een black-box geeft geen inzicht in de variabelen die aangepast dienen of kunnen worden.
- 4- Test het model. Kijk eerst of het model door de "normale" toetsingsgevallen overleeft, kijk vervolgens eens naar uitzonderingssituaties, doe altijd een controle op eenheden (bij stock/flow diagrammen essentieel)

Het probleem dat in deze tutorial centraal staat is het onder controle houden van een ICT-project. In de vorige paragraaf kwam al naar voren dat:

- uitvoeren van onderzoek items geeft extra werk
- extra werk kan weer nieuwe onderzoek items opleveren
- bij een te grote stijging van activiteiten komt nooit meer iets (of alles) op tijd af.

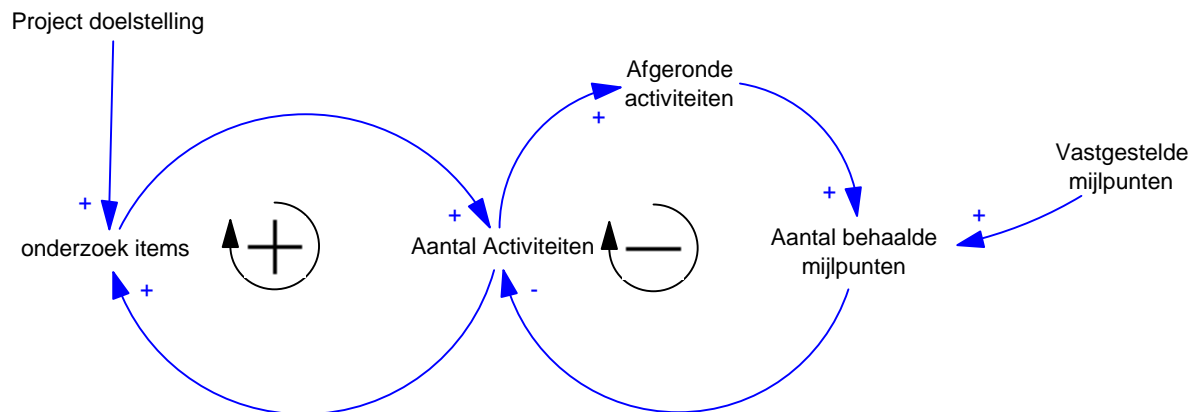


**Figuur 5: Feedforward en feedback**

In bovenstaande figuur is te zien dat het indien het aantal behaalde mijlpunten toeneemt, het aantal activiteiten afneemt. Dit wil zeggen dat wanneer mijlpunten worden behaald een aantal activiteiten niet meer hoeft te worden uitgevoerd. Het blijkt derhalve

van belang om bij een ICT-project goed de mijlpunten te definiëren. ( Dit betekent zo concreet mogelijk, meetbaar, "SMART".)

Het model van figuur 3 (feedforward en feedback) is nog niet correct. In het model lijkt het nu alsof het aantal behaalde mijlpunten intrinsiek wordt bepaald. Dit geldt ook voor het aantal onderzoek items. Een verbetering op dit model is:



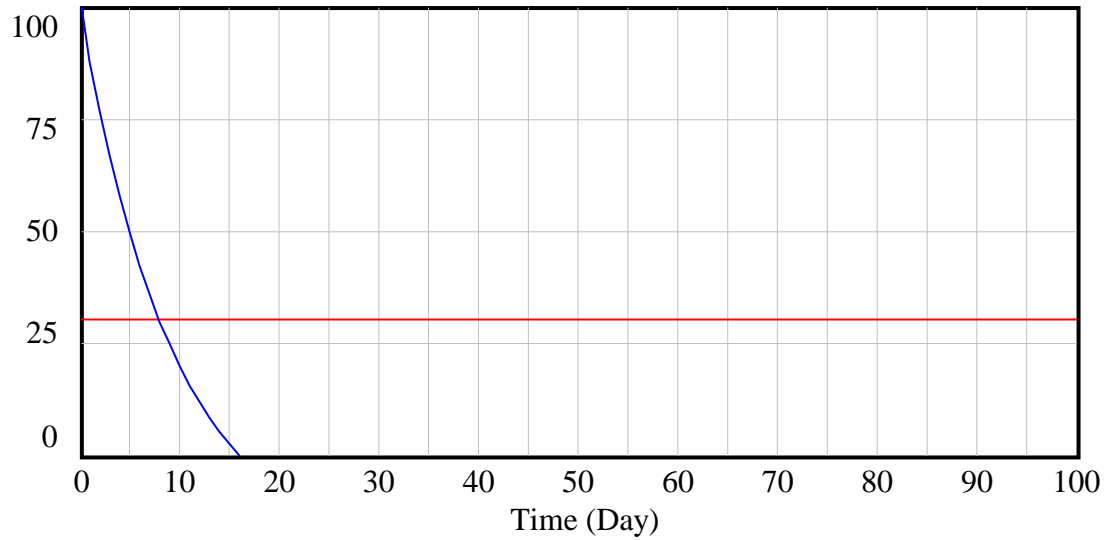
**Figuur 6: Verbeterd model met expliciete doelstellingen**

In bovenstaande figuur is te zien wat het DOEL is van de negatieve feedback lussen. Het doel van de feedback lus is dus het aantal vastgestelde mijlpunten te behalen.

## 4.2 Simulatie van het model

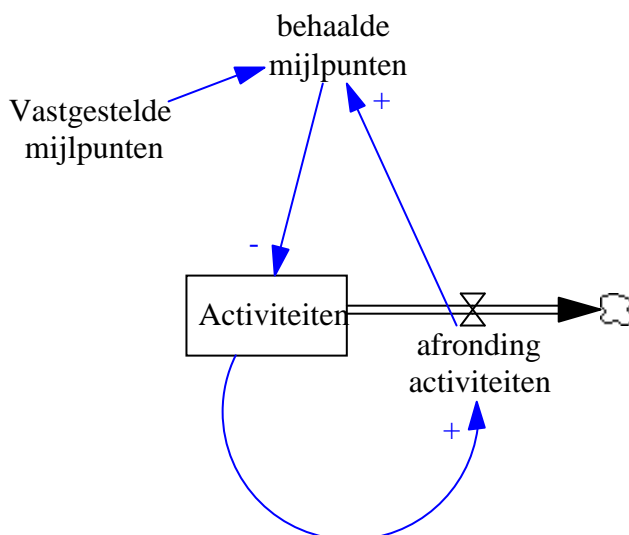
Eerder is al het gedrag van de feedforward lus beschreven (exponentieel groei model). Voordat het totale model van figuur 3 in de tijd wordt weergegeven zal eerst het linker deel (de terugkoppellus) worden beschreven.

## Afname aantal Activiteiten



Activiteiten : Current ————— Activiteiten  
 Vastgestelde mijlpunten : Current ————— Activiteiten

In deze figuur is als basis het CLD diagram van figuur 3 gebruikt. Echter om de grafiek te krijgen is het volgende model ingevoerd:

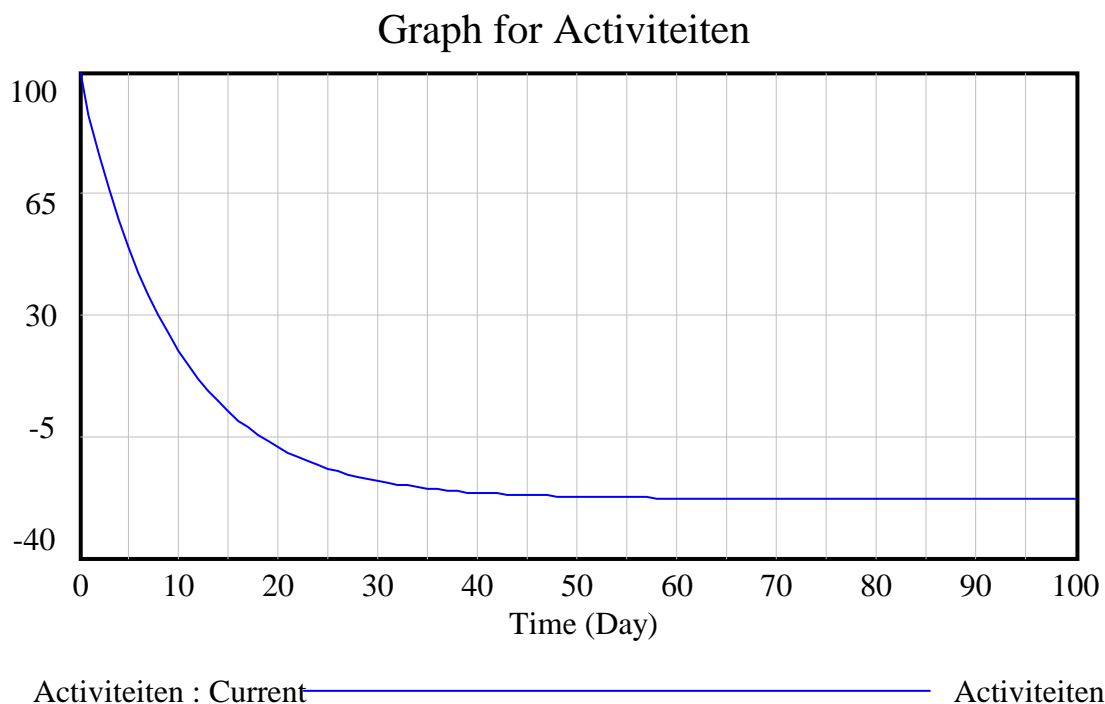


Nog steeds te zien is dat de basis principes van figuur 3 (het CLD) gelden:



- de "flow" van de afrondig activiteiten heeft een effect op het aantal behaalde mijlpunten.
- Aantal activiteiten heeft invloed op de "outflow" afrondig activiteiten. Blijkbaar wordt sneller gewerkt als de druk zeer hoog is.

Duidelijk te zien is het gedrag van exponentiële afname. Dit is nog beter te zien indien (even) de grens van 0 voor aantal activiteiten wordt verlaten...:

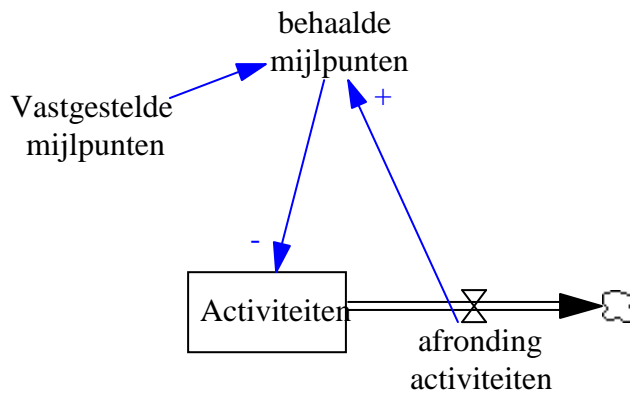


De gebruikte vergelijkingen zijn:

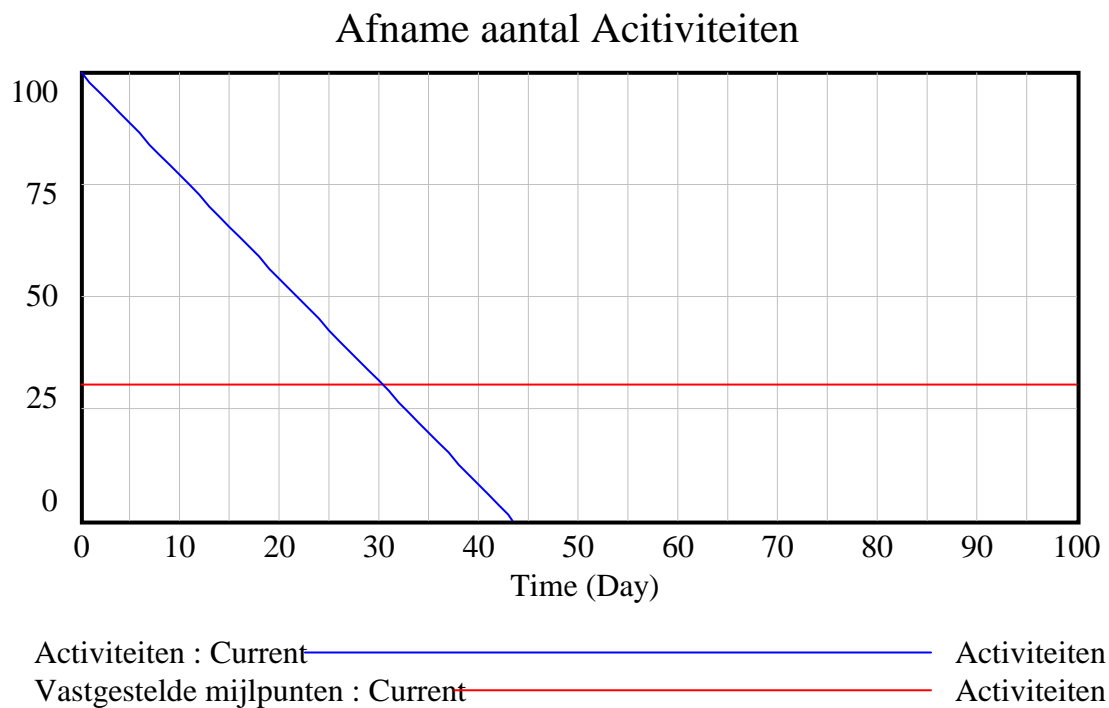
- (1)  $\text{Activiteiten} = \text{INTEG} (-\text{af ronding activiteiten} - \text{behaalde mijlpunten} * 0.01, 100)$   
Units: Activiteiten
- (2)  $\text{af ronding activiteiten} = 2 + \text{Activiteiten} / 10$   
Units: Activiteiten/Day
- (3)  $\text{behaalde mijlpunten} = \text{af ronding activiteiten} / 5 + \text{Vastgestelde mijlpunten}$   
Units: Activiteiten
- (4)  $\text{Vastgestelde mijlpunten} = 30$   
Units: \*\*undefined\*\*

Indien geen sprake zou zijn van terugkoppeling, maar een vast aantal activiteiten dat per dag kan worden uitgevoerd zou het verloop (outflow) lineair moeten zijn. Simulatie geeft aan dat dit inderdaad het geval is.

Simulatie van:

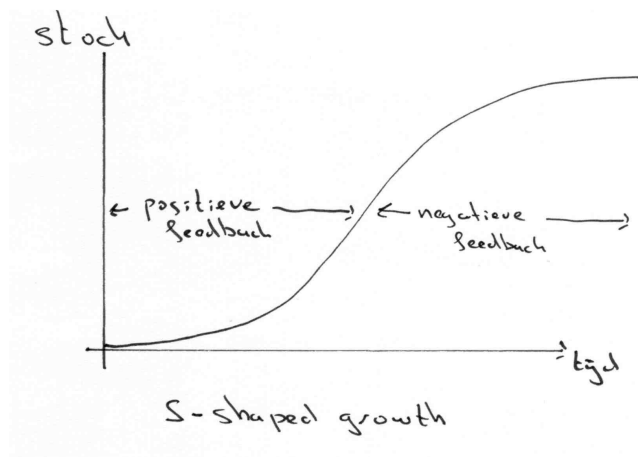


Geeft een lineair verloop van aantal activiteiten dat klaar is te zien:



Nu simulatie van het gehele model. Dus de feedforward én de feedback lus zoals weergegeven in figuur 3.

Het model zal de vorm van S-shaped growth laten zien. Het algemene gedrag van S-shaped growth is weergegeven in onderstaande figuur:



[ plaatjes + simulatie data invullen ]

Bij dynamische systemen is het van belang te weten waar het evenwicht zit én nog belangrijker wat de eigenschappen zijn van de evenwichtspunten. Twee belangrijke evenwichtspunten zijn:

- Statisch evenwicht; Dit betekent dat alle "flows" (stromen) uit en naar een Stock 0 zijn.
- Dynamisch evenwicht; Dit betekent dat alle inkomende en uitgaande stromen van een Stock in balans zijn.

Het gedrag (verloop) van dynamische systemen is moeilijk intuïtief exact te voorspellen. Belangrijke eigenschappen die helpen bij het "gevoel" krijgen voor het gedrag zijn:

- Is sprake van feedback/feedforward of beide ?
- Hoeveel "stocks" zijn in het systeem ? Het aantal stocks bepaald de orde van het systeem. Minimaliseren van het aantal stocks (indien dit gaat ivm de probleemstelling) is altijd aan te bevelen. Het gedrag is dan namelijk gemakkelijker uit te leggen aan anderen.
- Waar zit vertraging in het systeem (delays) ? Delays hebben een voorspelbaar gedrag op eenvoudige systemen. Bij complexe systemen helpt vaak alleen simulatie om inzicht te krijgen in het gedrag.

## 5. Conclusie en Aanbevelingen

Inzicht in exponentiële functies is essentieel om het gedrag van dynamische systemen goed te kunnen begrijpen. Daarnaast is het spelen met modellen en het trachten te voorspellen van het gedrag van systemen cruciaal voordat met simulaties software en anderen hulpmiddelen getracht wordt een antwoord te vinden op een probleemstelling. Vaak geeft het construeren van CLD's in combinaties met een vertaling naar Stock en Flow diagrammen al zoveel inzicht problemen snel "grijpbaar" worden.

In deze tutorial is aan de hand van een simpele probleemsituaties aangetoond hoe BD kan helpen om gevoel en inzicht in de onderliggende problematiek te krijgen.

Naast theorie vanuit de BD (Business Dynamics) is het vaak zeer handig om enige elementaire wiskundige principes te kennen om het gedrag van systemen (zeker 1<sup>ste</sup> orde) goed te kunnen begrijpen. Zo kan voor het bepalen van evenwichtspunten of stabiliteits in het tijddomein bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van rekentechnieken vanuit de regeltechniek. (S-domein, Laplace functies, pool-nulpunten diagrammen).

Om BD goed tot haar recht te laten komen is het bouwen van modellen bij de eerste fase van probleemdefinitie al cruciaal. BD moet natuurlijk altijd worden gebruikt in combinaties met andere bedrijfskundige theorieën en methodes om een probleem te diagnosticeren en op te lossen. BD vormt echter een belangrijke toevoeging op andere methodes aangezien het bij goed gebruik het een zeer krachtig controle middel is om na te gaan of een probleem echt opgelost is.

Nadeel van BD is dat het bouwen van modellen (zeker indien hiermee gesimuleerd dient te worden) tijd kost en een langdurig proces op zich kan zijn.

## **Gebruikte literatuur**

[1] Richardson, P.G, "Problems with causal-loop diagrams.", In: John D. Sterman, System Dynamics Review, no 2, 1986, p.158-170.

[2] Sterman, John D., Business Dynamics: System thinking and modeling for a complex world, McGraw-Hill, 2000.

[3] G. Honderd e.a, Regeltechniek, deel 1, Beschrijving van systemen in het s-domein, Heerlen, Open Universiteit, 1990.

Diverse "hand-outs" van:

<http://sysdyn.mit.edu/road-maps/rm-toc.html>