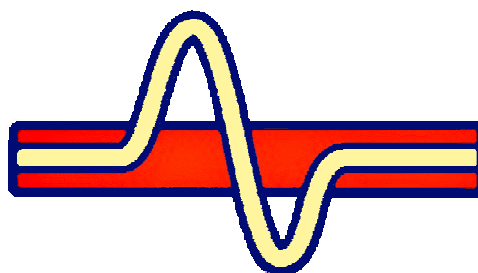


# Coach6



**Handboek Modelleren**

**Inhoudsopgave**

<b>Modelleren: Introductie</b> .....	<b>2</b>
Het modelvenster.....	3
De knoppenbalk van het modelvenster.....	4
<b>Introductie van de grafische modus</b> .....	<b>6</b>
Symbolen voor grafische variabelen .....	6
Een grafisch model maken.....	8
Een grafisch model bewerken .....	9
Een grafisch model omzetten naar een vergelijkingen- of tekstmodel.....	10
Hulpvariabelen definiëren op basis van gegevens .....	10
<b>Introductie van de vergelijkingenmodus</b> .....	<b>11</b>
Een vergelijkingenmodel maken .....	11
De modelvergelijkingen in vergelijkingenmodus .....	12
Modelvergelijkingen bewerken .....	13
Een vergelijkingenmodel omzetten naar een grafisch - of tekstmodel.....	14
<b>Introductie van de tekstmodus</b> .....	<b>15</b>
Een model maken in Tekstmodus .....	15
Conditionele opdrachten en lus-opdrachten gebruiken in een tekstmodel .....	15
<b>Het uitvoeren van een model en de modelinstellingen</b> .....	<b>16</b>
Numerieke methodes.....	17
<b>Simuleren</b> .....	<b>18</b>

**Vragen en oplossen van problemen**

Heeft u, bijv. n.a.v. de installatie nog vragen of problemen, kijk dan in de FAQ Software op de CMA-website (<http://www.cma-science.nl> rubriek ‘Ondersteuning’), of stuur uw vraag naar [helpdesk@cma-science.nl](mailto:helpdesk@cma-science.nl)

Hardware en software worden ontwikkeld en gedistribueerd door de Stichting CMA.

Tekst: Vincent Dorenbos, Ewa Kędzińska

Revisie 6.32, 15 februari 2011

© Stichting CMA, Amsterdam



Stichting CMA  
 Van Leijenberghlaan 124 (unit B),  
 1082 DB Amsterdam  
 Telefoon: 020 7600920  
 Fax: 020 7600929  
 E-mail: [info@cma-science.nl](mailto:info@cma-science.nl)  
 Internet: <http://www.cma-science.nl/>

## Modelleren: Introductie

Een modelleer-activiteit van Coach biedt een volledige omgeving om modellen van dynamische systemen te bouwen modelberekeningen uit te voeren. Hiermee kunnen bijvoorbeeld differentiaalvergelijkingen numeriek worden opgelost.

Er zijn drie verschillende vormen om dit te doen:

- de grafische modus;
- de vergelijkingenmodus; en
- de tekstmodus.

De grafische modus van Coach 6 is vergelijkbaar met andere software voor modelleren van Systeemdynamica (zoals Stella of PowerSim) die gebaseerd is op de 'stock and flow'-aanpak; (opslag en stroom) ontwikkeld door Prof. Jay. W. Forrester bij het MIT (VS) begin jaren '60.

Systeemdynamica is een werkwijze die wordt gebruikt om te begrijpen hoe systemen in de tijd veranderen. Centrale concepten van deze werkwijze zijn: het helder maken van de structuur van het systeem, het aangeven van de interactie tussen de elementen van het systeem (variabelen) en het gedrag van de elementen.

Je kunt de modelleeromgeving gebruiken om modellen te maken en te analyseren voor biologische, natuurkundige, scheikundige, economische, sociale en ecologische systemen.

In Coach 6 vind je het project 'Introductie Modelleren' met Coach-activiteiten om je de belangrijkste aspecten van modelleren in Coach uit te leggen. Verder zijn er projecten met voorbeeldmodellen voor alle vakken.

### Onderwerpen


- [Het Modelvenster](#)
- [Een model maken/wijzigen in de grafische modus](#)
- [Een model maken/wijzigen in de vergelijkingenmodus](#)
- [Een model maken/wijzigen in de tekstmodus](#)
- [Een modelberekening uitvoeren](#)
- [Het doen van simulaties aan de hand van een model](#)

## Het modelvenster


Het modelvenster is de plek waar je modellen bekijkt, maakt of bewerkt. Er zijn drie verschillende methoden om met modellen te werken:

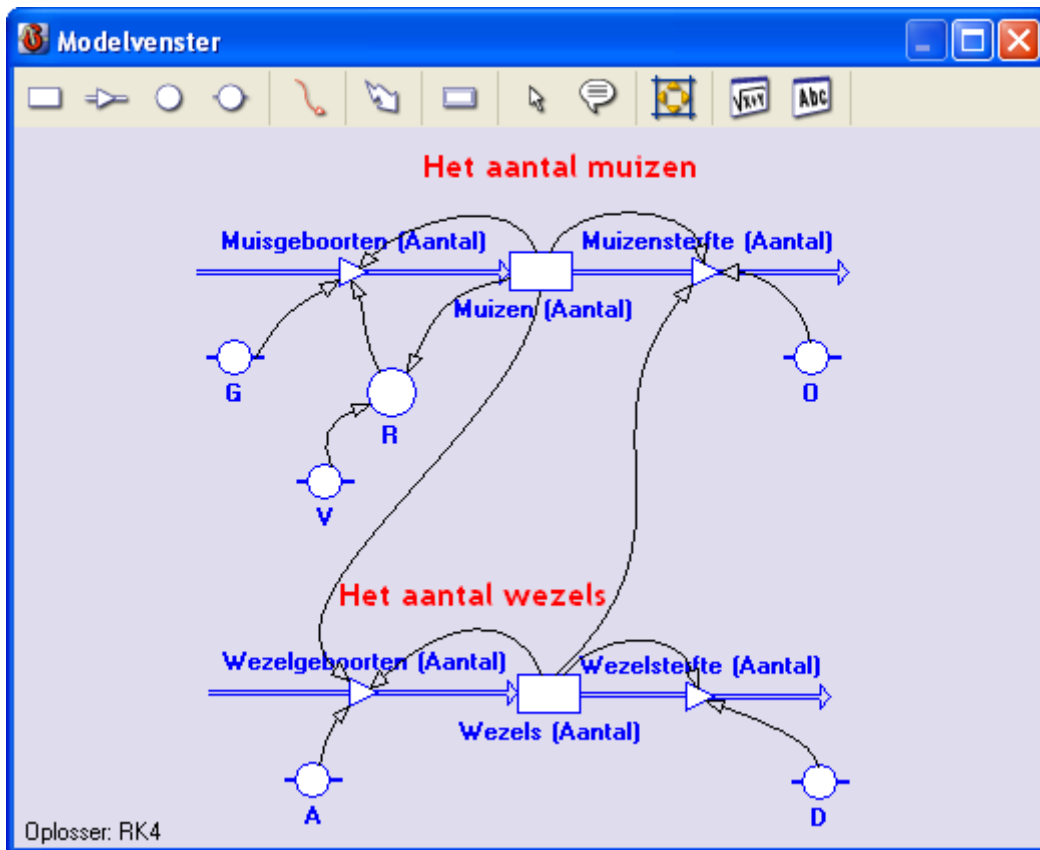
- [Grafische modus \(standaard\)](#),
- [Vergelijkingenmodus](#), en
- [Tekstmodus](#).

Het modelvenster ziet er enigszins verschillend uit in elke modus. Het snelmenu van het modelvenster opent zich door rechtsklikken in het venster. Het Modelvenster heeft een eigen [knoppenbalk](#) en het kan worden [ingekoppeld en losgekoppeld](#).

**N.B.:** Als het modelvenster ingekoppeld is, is het snelmenu van het modelvenster ook beschikbaar door een klik op de snelmenuknop  in de titelbalk van het venster.

### Het modelvenster tonen/verbergen

- Klik op de modelknop  (aan/uit-knop) om het modelvenster te openen.
- Klik de modelknop opnieuw om het venster te sluiten.








**Zie ook:**

- [Modelleren: Introductie](#)
- [Applicatievensters](#)
- [CoachTaal: Introductie](#)

**De knoppenbalk van het modelvenster**

De knoppenbalk van het modelvenster heeft de volgende knoppen (niet alle knoppen zijn altijd aanwezig):

	Kies een nieuwe Toestandsvariabele (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Kies een nieuwe Procesvariabele (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Kies een nieuwe Stroom (Grafische modus)
	Kies een nieuwe hulpvariabele (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Kies een nieuwe constante (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Kies een nieuwe relatiepijl (Grafische modus)
	Kies een nieuw Voorval (Grafische - en Vergelijkingenmodus)

	Open de dialoog van de eigenschappen van de onafhankelijke variabele (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Open de dialoog 'Notitie maken/bewerken' (Grafische - en Vergelijkingenmodus)
	Zoom het model zodat het beeldvullend in het modelvenster komt te staan (Grafische modus)
	Voeg een CoachTaalcommando in (Tekstmodus)
	Open de Grafische modus (Vergelijkingen- en Tekstmodus)
	Open de Vergelijkingenmodus (Grafische - en Tekstmodus)
	Open de Tekstmodus (Grafische - en Vergelijkingenmodus)

## Introductie van de grafische modus

De grafische modus van Coach biedt een eenvoudig te bedienen grafische omgeving voor het maken van modellen van dynamische systemen.

Deze modellen worden gebouwd met grafische elementen:

- Toestandsvariabelen (vergelijkbaar tot de 'Opslag'-variabele);
- Stromen;
- Hulpvariabelen;
- Constanten; en
- Voorvallen: om plotselinge, discrete veranderingen van toestandsvariabelen te modelleren.
- De relaties tussen de modelvariabelen worden gegeven door relatiepijlen.

### Onderwerpen

- [De symbolen voor grafische modellen](#)
- [Een grafisch model maken](#)
- [Een grafisch model bewerken](#)
- Een grafisch model omzetten naar een vergelijkingen- of tekstmodel

### Zie ook:

- [Introductie van de vergelijkingen-modus;](#)
- [Introductie van de tekstmodus](#)

## Symbolen voor grafische variabelen

In grafische modus wordt het gehele [Modelvenster](#) gebruikt voor de grafische structuur van het model. De variabelen van een model worden gerepresenteerd door grafische symbolen. De relaties tussen de variabelen worden aangegeven met lijnen (relatiepijlen) tussen de symbolen. Alle symbolen hebben een dialoog met eigenschappen die zich opent door dubbel te klikken op het symbool (of door rechtsklikken).

### Symbool Beschrijving

	<p><b>Toestandsvariabelen</b> worden gebruikt voor variabelen die in de tijd veranderen. Toestandsvariabelen kunnen telbare fysische grootheden voorstellen, zoals de hoeveelheid water in een badkuip, het aantal bomen in een bos, een bevolking, maar ook telbare niet-fysische grootheden zoals kennis of angst. Een toestandsvariabele wordt bepaald door een beginwaarde en door de in- en uitstromen. De beginwaarde mag als een formule worden gespecificeerd waarin de variabelen van binnenkomende relatiepijlen worden gebruikt. De standaardnaam van een toestandsvariabele is Toestand_# (waarbij # een getal voorstelt).</p>
	<p><b>Procesvariabelen</b> worden gebruikt voor het modelleren van chemische processen (reactievergelijkingen) of andere processen. Het zijn een soort toestandsvariabelen, die verbonden zijn met het reactieproces via de stoichiometrie van de reactie. De instroom in een procesvariabelen zijn de reactanten en de uitstroom van het proces is het reactieproduct. Procesvariabelen maken het mogelijk om onderzoek aan reactiekinetiek uit te breiden voorbij de meest eenvoudige reacties. Een procesvariabele wordt gedefinieerd door een formule voor de reactiesnelheid, die afhangt van de kinetische coëfficiënt <math>k</math>, de concentratie van de reactanten en hun stoichiometrische coëfficiënten. De getoonde ingaande en uitgaande coëfficiënten worden automatisch toegevoegd, gebaseerd op de in- en</p>

uitstromen in het procesvariabele symbool. Met de stoichiometrische coëfficiënten In en Uit zijn de formules voor de in- en uitstromen geheel vastgelegd. Hierdoor is het niet nodig om nog verbindingspijlen van het proces naar deze stromen te trekken. De standaardnaam van een procesvariabele is Proces\_# (waarbij # een getal voorstelt).



**Stroomvariabelen** staan voor activiteiten die leiden tot verandering van een toestandvariabele. Een stroom kan bijvoorbeeld water vertegenwoordigen die via een kraan in een badkuip stroomt, het aantal bomen in een bos dat gekapt wordt, de geboorten en sterfte in een populatie. Als de pijl van de stroom naar de toestandvariabele wijst, draagt de stroom positief bij aan de verandering van de variabele (instroom). Gaat de pijl uit van de toestandvariabele, dan draagt de stroom negatief bij tot de verandering van de variabele (uitstroom). De standaardnaam van een stroom is Stroom\_# (waarbij # een getal voorstelt). De naam van een stroom wordt standaard niet getoond in het model. Markeer de optie **Naam tonen** (in de eigenschappen van de stroom) om de naam te tonen. Door aanvinken van de optie **Conditie gebruiken** (ook in de eigenschappen), verschijnen extra velden waarmee een conditie kan worden samengesteld.



**Hulpvariabelen** zetten binnenkomende informatie (gegevens) om voor gebruik door een andere variabele in het model. Bijvoorbeeld in een populatiemodel berekent de hulpvariabele de snelheid van de populatiegroei. Een hulpvariabele wordt bepaald door een formule of door gegevens uit een tabelkolom. De standaardnaam van een hulpvariabele is Hulpvar\_# (waarbij # een getal voorstelt). Bij het definiëren van een hulpvariabele door een formule kan de formule-editor worden gebruikt. Door aanvinken van de optie **Conditie gebruiken** verschijnen extra velden waarmee een conditie kan worden samengesteld.



Het grafische symbool van een hulpvariabele die door gegevens uit een tabelkolom wordt gedefinieerd is verrijkt met een klein vierkantje in het symbool.



**Constanten** zijn variabelen waarin een constante waarde is opgeslagen. De waarde van een constante kan worden ingetypt of worden gekozen uit een database met bekende fysische constanten. Een constante die uit de database wordt gekozen is volledig gedefinieerd: de naam, eenheid, beschrijving (grootheid) en waarde worden in het model gekopieerd. Het is niet mogelijk om een variabele te relateren aan een constante. De standaardnaam van een constante is Const\_# (waarbij # een getal voorstelt).



Met een **Voorval** is het mogelijk een abrupte verandering in een toestandvariabele te modelleren, op basis van een conditie. Ze leiden tot een discrete verandering in een continu-variërend systeem.

De definitie van een voorval bestaat uit twee gedeeltes: een triggervoorwaarde en één of meerdere acties. De triggervoorwaarde wordt gedefinieerd door invoeren van een conditionele vergelijking. Een lijst met acties wordt gemaakt met behulp van de knoppen **Toevoegen** en **Verwijderen**. De acties kunnen alleen worden toegepast op toestandvariabelen. De standaardnaam van een Voorval is Voorval\_# (waarbij # een getal voorstelt). De naam van een Voorval wordt standaard niet getoond in het model. Door aanvinken van de optie **Naam tonen** (in de eigenschappen van het Voorval) kan de naam toch worden getoond.



De **Onafhankelijke variabele** is de variable die de stappen voor de verandering van de toestandvariabelen bepaalt. Standaard is het de tijd **t** met eenheid s. Deze variabele komt slechts één keer voor per model. De onafhankelijke variabele

le staat standaard niet in het modelvenster weergegeven, het symbool ervan is niet nodig voor het juist functioneren van het model. Wel is de stapgrootte ( $dt$ ) zeer belangrijk voor de nauwkeurigheid waarmee het model wordt doorgerekend. De dialoog met eigenschappen van de onafhankelijke variabele kun je openen door een klik op het knop voor de onafhankelijke variabelesymbool (als de variabele niet wordt weergegeven) of door dubbel te klikken op het symbool (als het wel wordt weergegeven). Markeer de optie **Symbool zichtbaar in modelvenster** om het symbool in het model te tonen. Dan is het mogelijk om de onafhankelijke variabele te verbinden met andere variabelen (dit komt in de praktijk nauwelijks voor).



**Relatiepijlen** leggen relaties tussen de variabelen van het grafische model. De variabele aan het eind van de pijl (waarop de punt van de pijl uitkomt) hangt af van de variabelen waarvandaan de pijl vertrekt.

## Een grafisch model maken

Bij het maken van een grafisch model werk je in het [modelvenster](#) en gebruik je de [knoppenbalk van het modelvenster](#).


1. Indien nodig wijzig je de onafhankelijke variabele. Standaard is dit de tijd  $t$  in s. (Dit is meestal alleen nodig indien je een andere eenheid van tijd wilt gebruiken).
2. Zet de grafische structuur van je model op.
  - Plaats alle [variabelesymbolen](#) in het modelvenster.
  - Plaatsen van *Toestandsvariabelen*, *Hulpvariabelen* en *Constanten*:
    - Klik op hun symboolknop in de knoppenbalk. De vorm van de cursor verandert in een kleine versie van het gekozen symbool.
    - Beweeg de muisaanwijzer naar het modelvenster en klik op het punt waar je het symbool wilt plaatsen.
 

**N.B.:** Een database met natuurconstanten is beschikbaar in de eigenschappendialoog van de constante.
  - Plaatsen van *Stroompijlen*:
    - Klik op de knop voor het Stroomsymbool in de knoppenbalk. De vorm van de cursor verandert in een kleine versie van het symbool.
    - Klik in een toestandsvariabele en sleep naar buiten (voor een uitstroom) of klik op een geschikte plek vòòr een toestandsvariabele en sleep de stroom in de toestandsvariabele totdat deze geselecteerd wordt (voor een instroom).
 

**N.B.:** Door het indrukken van de **<Shift>**-toets tijdens het slepen van een stroom, kun je de stroompijl een hoek van  $90^\circ$  laten maken.
- Hernoem de variabelen zodat ze betekenisvolle namen krijgen. Alle symbolen hebben standaardnamen die onder het symbool staan (de weergave is optioneel voor stroom- en voorval-symbolen). Om een naam te wijzigen: selecteer de naam (door er op te klikken) en typ de nieuwe naam. Je kunt de naam ook wijzigen in de eigenschappendialoog van het symbool.
- Trek relatiepijlen tussen de modelvariabelen:
  - Klik op het relatiepijlsymbool in de knoppenbalk. De vorm van de cursor verandert in een kleine versie van dit symbool.
  - Klik op de variabele waar de relatiepijl moet starten en sleep naar het symbool waar de pijl moet aankomen totdat dit symbool geselecteerd wordt. De richting van de pijl is belangrijk: de pijl moet eindigen in het symbool dat afhangt van het symbool waar de pijl vertrekt (bijv. als de versnelling afhangt van de kracht, dan trek je de pijl van de kracht naar de versnelling).



**N.B.:** De vorm van de relatiepijl en de plaats waar deze aankomt in het symbool kunnen achteraf nog gemakkelijk worden aangepast. Klik op de pijl totdat deze geselecteerd wordt (er verschijnen blokjes omheen). Door verslepen van de blokjes verandert de vorm en/of bochtigheid van de pijl. Ook kun je het punt van de pijl verslepen langs de rand van het symbool waar de pijl vertrekt of aankomt.

3. Voer formules en beginwaarden in. De symbolen die nog niet zijn gedefinieerd toonen een vraagteken '?'.
  - Dubbelklik op een symbool met een '?'. De eigenschappendialoog opent.
  - Voer formules in bij stromen, voorvallen en hulpvariabelen. Je kunt ze typen of samenstellen m.b.v. de formule-editor.
  - Voer beginwaarden in voor toestandsvariabelen. Je kunt ze typen of via een formule met de formule-editor definiëren.
  - Voer waarden in voor de constanten. Je kunt de waarde typen of kiezen uit een database met standaard natuurconstanten (te bereiken vanuit de eigenschappendialoog van een constante).
4. Zorg voor de juiste modelinstellingen:
  - Klik op de Instellingknop  in de activiteitknoppenbalk.
  - Definieer start- en stoptijdstippen of een stopconditie.
  - Kies de [integratiemethode](#). De standaardmethode is Euler.
5. Kies een manier om de modelgegevens in beeld te brengen. Rechtsklik een variabele-symbool en kies voor een diagram, tabel of waarde, of maak je eigen diagram/tabel door te klikken op hun [gele knop](#) in de [activiteitknoppenbalk](#).
6. [Voer je model uit](#).
7. Voer zonnodig wijzigen door om het te verbeteren. In de praktijk zul je, deze stappen herhalend, tot een juist model komen.

**Zie ook:**

- [Handboek Diagrammen, Tabellen & Gegevensverwerking: Introductie](#)

## Een grafisch model bewerken

### **Een symbool bewerken**

- Dubbelklik op een symbool in de modelstructuur.
- Je kunt nu de eigenschappen van het symbool bewerken.

### **Een selectie maken van meerdere symbolen**

- Klik op het eerste symbool om het te selecteren. Gebruik `<Ctrl>+click` om meerdere symbolen aan je selectie toe te voegen.
- Of-
- Sleep een gebied in het Modelvenster om de symbolen daarbinnen te selecteren.

### **Een symbool/selectie verplaatsen**

- Klik op een symbool om het te selecteren of maak een selectie van meerdere symbolen.
- Eén enkel symbool kun je verslepen met de muis. Om een selectie van meerdere symbolen te verplaatsen gebruik je de pijltjestoetsen.

### **Een symbool/selectie kopiëren**

- Maak een selectie van grafische symbolen.
- Rechtsklik de selectie en kies **Bewerken > Kopiëren** (of druk `<Ctrl>+C`).
- Rechtsklik het modelvenster en kies **Bewerken > Plakken** (of druk `<Ctrl>+V`). De gekopieerde elementen worden in het modelvenster geplaatst.

**Een symbool/selectie verwijderen**

- Selecteer een symbool of maak een selectie van meerdere symbolen en druk op **<Del>**.

**Het grafische model wissen**

- Rechtsklik het modelvenster en kies de optie **Model wissen**.
- Beantwoord de vraag met **Ja**. Het gehele model wordt verwijderd.

**Een grafisch model omzetten naar een vergelijkingen- of tekstmodel**

Grafische modellen kunnen worden bekeken in vergelijkingenmodus en in tekstmodus. Wijzigingen die worden gemaakt in vergelijkingenmodus worden door Coach tvertaald naar het grafische model.

Dit is echter niet het geval voor de tekstmodus. Zolang het tekstmodel hetzelfde blijft (of alleen de beginwaarden gewijzigd worden), is het mogelijk terug te gaan naar het grafische - of vergelijkingenmodel. Heb je wijzigingen in het tekstmodel aangebracht, dan verschijnt, bij overgang naar een andere modus, de waarschuwing dat de wijzigingen in het tekstmodel verloren gaan als je doorgaat. Het is niet mogelijk voor Coach om wijzigingen in het tekstmodel door te vertalen naar het grafische - of vergelijkingenmodel.

**Hulpvariabelen definiëren op basis van gegevens**

Voordat de definitie van een hulpvariabele op basis van gegevens kan gebeuren, moet een tabel met gegevens aanwezig zijn in de activiteit. Tabellen in Coach kunnen uit de volgende gegevenstypen bestaan:

- Grafiekgegevens die werden getekend m.b.v. de optie **Grafiek schetsen** en vervolgens omgezet werden naar een tabel met de optie **Schets naar tabel converteren** in het diagramsnelmenu.
- Gegevens die werden ingetypt in een kolom met verbinding 'handmatig'.
- Gegevens die werden **geïmporteerd** uit externe bestanden, zoals een Coach-resultaat, of een tekst- of spreadsheetbestanden.

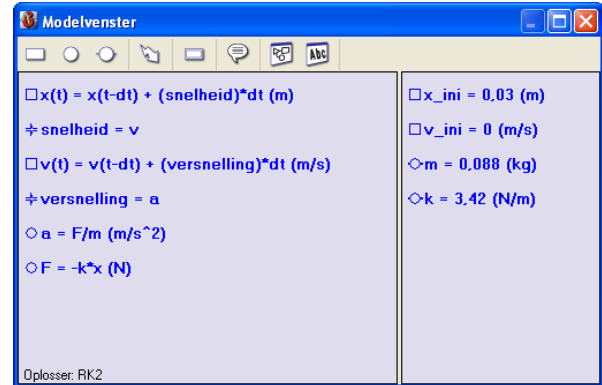
**Een hulpvariabele op basis van gegevens definiëren**

- Open de eigenschappendialoog van de hulpvariabele die je wilt definiëren (middels dubbelklikken).
- Markeer de optie **Gegevens** en klik op de knop **Definiëren**.
- Kies een tabel uit de **Tabel**-keuzelijst.
- Kies een tabelkolom achter **Verbinding** uit de keuzelijst in de sectie 'Variabele'. De grootte en eenheid van de gekozen kolom worden automatisch getoond.
- Kies een tabelkolom achter **Verbinding** voor de onafhankelijke variabele uit de keuzelijst in de sectie 'Onafhankelijke variabele'. Ook deze grootte en eenheid worden automatisch getoond.
- Klik op **OK**. De definitie van de hulpvariabele wordt door Coach getoond als: `hulpvar_# = <Tabelnaam> : <Kolomnaam>`.

## Introductie van de vergelijkingenmodus

In de vergelijkingenmodus toont het modelvenster van Coach de vergelijkingen die 'verborgen' zijn achter de grafische symbolen in grafische modus.

Je kunt deze vergelijkingen ook rechtstreeks invoeren in de vergelijkingenmodus. In plaats van grafische symbolen te kiezen, definieer je de variabelen, die door Coach in de vergelijkingen worden omgezet. Dit definiëren van de variabelen gaat op soortgelijke wijze als in de grafische modus, door het aanklikken van een symbool op de modelknoppenbalk en invullen van de eigenschappen. In de vergelijkingenmodus is het modelvenster verdeeld in twee vlakken: links staan de modelvergelijkingen en rechts staan de beginwaarden.



### Onderwerpen

- [De variabele-vergelijkingen](#)
- [Een vergelijkingenmodel maken](#)
- [Een vergelijkingenmodel bewerken](#)
- Een vergelijkingenmodel omzetten naar een grafisch of een tekstmodel

### Zie ook:

- [Introductie van de grafische modus;](#)
- [Introductie van de tekstmodus](#)

## Een vergelijkingenmodel maken

1. Indien nodig wijzig je de onafhankelijke variabele. Standaard is dit de tijd  $t$  in s (Dit gebeurt meestal alleen indien de eenheid van tijd anders moet zijn).
2. Maak modelvergelijkingen door [variabelen](#) te definiëren met de symbolen in de knoppenbalk.
  - Klik op het gewenste symbool.
  - Vul de naam- en weergave-eigenschappen in. Voor toestandsvariabelen gebruik je de knoppen **Instroom** en **Uitstroom** om stromen te creëren.
  - Je hoeft de definities niet meteen in te vullen. Je kunt evt. eerst alle variabelevergelijkingen maken. Voor vergelijkingen die nog niet volledig gedefinieerd zijn, toont Coach een vraagteken '?'.
  - Voer beginwaarden, formules en constanten in. Je kunt de waarde voor elke constante typen of kiezen uit een database met standaard natuurconstanten (te bereiken vanuit de eigenschappendialoog van een constante).
3. Zorg voor de juiste modelinstellingen.
  - Klik op de Instellingknop  in de Activiteitsknoppenbalk.
  - Definieer start- en stoptijdstippen of een stopconditie.
  - Kies de [integratiemethode](#). De standaardmethode is Euler.
4. Kies een manier om de modelgegevens in beeld te brengen. Rechtsklik een variabele-symbool en kies voor een idagram, tabel of waarde, of maak je eigen diagram/tabel door te klikken op hun [gele knop](#) in de [activiteitknoppenbalk](#).

5. [Voer je model uit](#) en voer zondig wijzigen door om het te verbeteren. In de praktijk zul je, deze stappen herhalend, tot een juist model komen.

**Zie ook:**

- [Handboek Diagrammen, Tabellen & Gegevensverwerking: Introductie](#)



## De modelvergelijkingen in vergelijkingenmodus

Bij het modelleren in vergelijkingenmodus wordt op elke regel een vergelijking voor een bepaalde modelvariabele gemaakt. Dit gebeurt via het kiezen van een variabelesymbool van de [modelknoppenbalk](#).

De manier waarop vergelijkingen van toestandsvariabelen worden weergegeven kun je instellen in de [modelinstellingen](#), optie **Notatiewijze**. Er zijn twee wijzen van noteren beschikbaar: de differentievergelijking en de differentiaalvergelijking.

Een toestandsvariabele wordt gedefinieerd door zijn beginwaarde en de nettostroom - de som van alle in- en uitstromen. De stromen worden toegevoegd door in de eigenschappen-dialog van de toestandsvariabele te klikken op de knoppen **Instroom** of **Uitstroom**. De stroomvergelijkingen worden na definitie automatisch door Coach aan het model toegevoegd. Ongedefinieerde stroomvergelijkingen tonen een vraagteken '?' en moeten gedefinieerd worden door erop te dubbelklikken en de eigenschappen in te vullen.

<b>Toestandsvariabele</b> -vergelijking	<i>Notatie: Differentievergelijking</i>
	<input type="checkbox"/> $Toestand_1(t) = Toestand_1(t-dt) + (Stroom_1 - Stroom_2) * dt$ $\neq$ $Stroom_1 = ?$ $\neq$ $Stroom_2 = ?$ <input type="checkbox"/> $Toestand_1_{ini} = 0$
<b>Toestandsvariabele</b> -vergelijking	<i>Notatie: Differentiaalvergelijking</i>
	<input type="checkbox"/> $dToestand_1 = (Stroom_1 - Stroom_2) * dt$ $\neq$ $Stroom_1 = ?$ $\neq$ $Stroom_2 = ?$ <input type="checkbox"/> $Toestand_1_{ini} = 0$
<b>Proces en Stroom</b> -vergelijking	$\Delta$ $Proces = k * Toestand_1 * Toestand_1 * Toestand_2$
	$\neq$ $Stroom_1 = (2) * (Proces)$ $\neq$ $Stroom_2 = (1) * (Proces)$ $\neq$ $Stroom_3 = (2) * (Proces)$
<b>Hulpvariabele</b> -vergelijking	$\circ$ $Hulpvar_1 = ?$

<b>Constante</b> -vergelijking	 Constante_1 = ?
<b>Voorval</b> -vergelijking	 Zodra h<0 Doe v = -0,9*v

### **Onafhankelijke variabele**

De vergelijking van de onafhankelijke variabele wordt niet getoond in het vergelijkingenmodel. Maar deze wordt wel (indirect) getoond in de vergelijkingen van de toestandsvariabele(n). De onafhankelijke variabele kan niet worden overschreven in de vergelijkingen; je kunt deze alleen aanpassen in de eigenschappendialoog van de onafhankelijke variabele, door op zijn symbool in de [modelknoppenbalk](#) te drukken.

### **Nieuwe variabele(n) tussenvoegen**

In formules die worden gebruikt om variabelen te definiëren kun je nieuwe variabelen (die nog niet in het model voorkomen) gebruiken. Zodra Coach zo'n nieuwe variabele opmerkt, verschijnt een nieuwe vergelijking met twee vraagtekens onder aan het model. Eerst moet je aangeven wat het type van de nieuwe variabele is in de dialoog **Variabele-type toewijzen** die verschijnt na dubbelklikken op de nieuwe variabele. Zodra het type van de variabele bekend is, opent de eigenschappendialoog en kun je de variabele verder definiëren.

## **Modelvergelijkingen bewerken**

### **Een vergelijking bewerken**

- Dubbelklik de vergelijking om de eigenschappendialoog ervan te openen
- Of-
- Klik op een vergelijking en gebruik de pijltjestoetsen om de cursor te verschuiven naar een variabele die je wilt wijzigen.

### **Een selectie maken van meerdere vergelijkingen**

- Klik op een klein grafisch symbool om één vergelijking te selecteren.
- Gebruik <Ctrl>+<click> om meerdere vergelijkingen aan je selectie toe te voegen.

### **Een vergelijking verplaatsen**

- Selecteer een vergelijking en verplaats deze naar een andere locatie met gebruik van de toetsen <PgUp> en <PgDn>.

### **Een selectie kopiëren**

- Maak een selectie van één of meer vergelijkingen.
- Rechtsklik de selectie en kies **Bewerken>Kopiëren** (of druk op <Ctrl>+<C>).
- Rechtsklik het modelvenster en kies **Bewerken > Plakken** (of druk op <Ctrl>+<V>). De vergelijking(en) worden gekopieerd naar het eind van het model.

### **Een selectie verwijderen**

- Maak een selectie van één of meer vergelijkingen en druk op <Del>.

**Een vergelijkingenmodel wissen**

- Rechtsklik in het modelvenster (buiten de vergelijkingen) en kies de optie **Model wissen**.
- Beantwoord de vraag met **Ja**. Het gehele model wordt verwijderd.


**Een vergelijkingenmodel omzetten naar een grafisch - of tekstmodel**

Vergelijkingenmodellen kunnen worden bekeken in grafische modus en in tekstmodus. Wijzigingen die worden gemaakt in de grafische modus worden door Coach vertaald naar het vergelijkingenmodel.

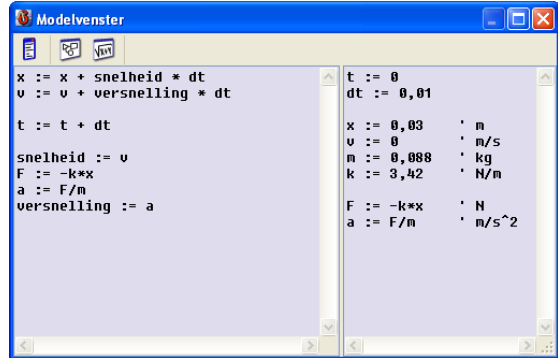
Dit is echter niet het geval voor de tekstmodus. Zolang het tekstmodel hetzelfde blijft (of alleen de beginwaarden gewijzigd worden), is het mogelijk terug te gaan naar het grafische - of vergelijkingenmodel. Heb je wijzigingen in het tekstmodel aangebracht, dan verschijnt, bij overgang naar een andere modus, de waarschuwing dat de wijzigingen in het tekstmodel verloren gaan als je doorgaat. Het is niet mogelijk voor Coach om wijzigingen in het tekstmodel door te vertalen naar het grafische - of vergelijkingenmodel.

## Introductie van de tekstmodus

Een grafisch model of vergelijkingenmodel wordt vertaald naar een tekstmodel na een druk op de

knop voor de tekstmodus .

Een tekstmodel wordt gemaakt volgens de regels van [CoachTaal](#); eigenlijk is het 'gewoon' een programma dat bestaat uit vergelijkingen om de modelvariabelen te berekenen en dat een aantal keren herhaald ('geïtereerd') wordt. Het aantal herhalingen ('iteraties') wordt aangegeven in de modelinstellingen. Deze modus is vrijwel hetzelfde als de tekstmodus van Coach 5.



In tekstmodus kun je modellen direct intypen aan de linkerkant van het modelvenster en de bijbehorende beginwaarden aan de rechterkant. De iteratiemethode kan niet worden gekozen. Je moet deze zelf programmeren. Modellen die ingevoerd of gewijzigd zijn in tekstmodus kunnen **niet** in grafische - of vergelijkingenmodus worden bekeken.

### Onderwerpen

- [Een tekstmodel maken](#)
- Voorwaardelijke opdrachten en lus-opdrachten gebruiken

### Zie ook:

- [Introductie van de grafische modus;](#)
- [Introductie van de vergelijkingenmodus](#)

## Een model maken in Tekstmodus

1. Na openen van het lege modelvenster in tekstmodus is de vergelijking voor de standaard onafhankelijke variabele tijd (naam: 't'; eenheid: 's') automatisch gedefinieerd.
2. Typ de modelvergelijkingen in. De vergelijkingen moeten geschreven worden volgens de regels (syntax) van CoachTaal. Coach geeft echter geen aanwijzingen als de regels niet correct worden geschreven. Echter, tijdens het uitvoeren van een model met syntax-fouten zal Coach aangeven wat niet correct is en de cursor plaatsen op de positie van de fout. Een paar algemene regels worden hier gegeven:
  - Constanten mogen zowel in het model als in de lijst met beginwaarden staan.
 

**N.B.:** De natuurconstantendatabase is beschikbaar via het menu **Bewerken** van het model-snelmenu.
  - Variabelen die gedefinieerd zijn in een uitdrukking die de variabele zelf weer bevat, zoals bijvoorbeeld *mijnvariabele:=mijnvariabele + dmijnvariabele* moeten in het model gedefinieerd worden. Om in staat te zijn om deze variabele tijdens de eerste iteratie te berekenen, is de beginwaarde voor zo'n variabele nodig.
  - Variabele krijgen elke iteratie een nieuwe waarde, dus moeten hun vergelijkingen in het model staan.
3. Typ de beginwaarden in. In tekstmodus, mogen beginwaarden ook als een uitdrukking (expressie) worden gegeven (indien deze expressie een getal oplevert).
4. Maak diagrammen of tabellen met gebruik van de [gele knoppen](#) beschikbaar in de [activiteit-knoppenbalk](#).
5. [Voer je model uit](#) en voer zondig wijzigen door om het te verbeteren. In de praktijk zul je, deze stappen herhalend, tot een juist model komen.

### Zie ook:

- [Handboek Diagrammen, Tabellen & Gegevensverwerking: Introductie](#)

## Conditionele opdrachten en lus-opdrachten gebruiken in een tekstmodel

In de tekstmodus open je met de knop voor de **CoachTaal-commandolijst**  de lijst met CoachTaal-commando's, die je kunt gebruiken bij het schrijven van je model. Het commando, dat je selecteert, wordt in het model geplaatst bij de cursorpositie. Het gaat m.n. om [conditionele opdrachten](#) en [lus-opdrachten](#).

De volgende conditionele (voorwaardelijke) opdrachten en lus-opdrachten zijn beschikbaar:

- **Als** [Conditionele expressie](#) **Dan** *Opdrachten* **EindAls**
- **Als** [Conditionele expressie](#) **Dan** *Opdrachten* **Anders** *Opdrachten* **EindAls**
- **Herhaal** *Opdrachten* **TotDat** [Conditionele expressie](#)
- **Repeteer** # *Opdrachten* **TotHier**  
**N.B.:** '#' is een getal, dat het aantal herhalingen aangeeft.
- **Zolang** [Conditionele expressie](#) **Doe** *Opdrachten* **EindDoe**
- **Zodra** [Conditionele expressie](#) **Doe** *Opdrachten* **EindDoe**

Als extra is de optie **Formule-editor** toegevoegd aan de lijst met commando's. Op deze manier kan de formule-editor op elke plaats in het model gestart worden.

**N.B.:** De database met natuurconstanten is beschikbaar in het submenu **Bewerken** van het model-snelmenu.

### Zie ook:

- [Handboek CoachTaal: Conditionele opdrachten](#)
- [Handboek CoachTaal: Lus-opdrachten](#)

## Het uitvoeren van een model en de modelinstellingen

Tijdens het uitvoeren van een model worden de waarden van de variabelen van het model berekend op grond van het gegeven model, de beginwaarden en de modelinstellingen.

### Modelinstellingen specificeren

- Klik op de Instellingknop  in de Activiteitsknoppenbalk.
- Geef de voorwaarden aan voor de onafhankelijke variabele
  - De **Startwaarde** (of 'beginwaarde') van de onafhankelijke variabele.
  - De **Stopwaarde** van de onafhankelijke variabele, of een voorwaarde (**Stopconditie**) waaraan voldaan moet zijn om de modelberekening te stoppen.
  - De **Stapgrootte** van de onafhankelijke variabele.
- In geval van grote gegevensseries kan het nuttig zijn slechts een deel van de berekende gegevens op te slaan. Dit kan met de optie **Opslaan elke # stappen**.
- Vink de optie **Modeluitvoer-paneel tonen** aan, om dit te tonen.
- Vink **Verbindingen automatisch tekenen** aan, als je wilt dat de relatiepijlen tussen de variabelen worden getekend volgens de definities van de variabelen (formules).
- Selecteer de gewenste **Integratiemethode** (meer informatie daarover vind je [hier](#)).
- Selecteer de **Notatiewijze** van de differentiaalvergelijkingen in de [Vergelijkingenmodus](#).
- De modelinstellingdialog in [Tekstmodus](#) is veel eenvoudiger en biedt slechts een beperkt aantal opties.



### Een model uitvoeren

- Klik op de groene **Startknop** om de modelberekening te starten.
- Modeluitvoering stopt als de tijd de stopwaarde bereikt of aan de stopconditie is voldaan (in grafische of vergelijkingenmodus), of, in Tekstmodus, als het aantal iteraties is bereikt. Druk op de rode Stopknop, of houdt <Esc> ingedrukt om de modeluitvoer te onderbreken.
- Daarnaast is het mogelijk om de modeluitvoer te bedienen via het Modeluitvoer-paneel of de Monitor.
- Het modeluitvoer-paneel is beschikbaar in de grafische - en vergelijkingenmodus. De modeluitvoering kan met de knoppen start, stop en pauzeren bediend worden. Om het modeluitvoer-paneel te tonen, markeer je de optie **Modeluitvoer-paneel** in het snelmenu van het modelvenster. Je kunt de loopsnelheid aanpassen met de schuif.
- Bij uitvoeren van een model met het modeluitvoer-paneel, worden standaard de waarden van alle variabelen in een geel informatievakje bij elke variabele getoond. Het monitorvenster is beschikbaar in Tekstmodus (zie volgende paragraaf).

### Een tekstmodel uitvoeren via de monitor

- Markeer de optie **Monitor** in het snelmenu van het modelvenster in tekstmodus (deze optie is standaard aan).
- Klik op de groene **Startknop** om de modeluitvoering te beginnen. Het monitorvenster opent zich. In dit venster kan de uitvoer van een tekstmodel regel-voor-regel gevolgd worden.
- Pas de uitvoersnelheid aan met de schuif (dit kun je ook tijdens de uitvoering doen).
- Met het **1**-knopje in de monitorbalk kun je één enkele modelregel uitvoeren, zodat je nauwkeurig kan zien wat het resultaat daarvan is.
- Klik op de groene knopje in de monitorbalk om regel-voor-regel uitvoer te starten.
- Wacht totdat de modelberekening voltooid is, of klik op de rode **Stopknop** of houd <Esc> ingedrukt om de modeluitvoer af te breken.

## Numerieke methodes

Er zijn drie numerieke methodes beschikbaar voor het oplossen van differentiaalvergelijkingen. De methodes zijn gerangschikt naar nauwkeurigheid (RK4 is het nauwkeurigst). Bij de Runge-Kutta methodes worden resp. 2 of 4 tussenpunten berekend in elke integratiestap. Bij tekstmodellen wordt vrijwel altijd Euler gebruikt.

Methodes	Numerieke implementatie
Methodes van Euler	Coach gebruikt de voorwaartse Eulermethode: $y_{n+1} = y_n + h * f(x_n, y_n)$
Tweede orde Runge-Kuttamethode (RK2)	Coach gebruikt de Middenpuntmethode: $k_1 = h * f(x_n, y_n)$ $y_{n+1} = y_n + h * f(x_n + 0,5h, y_n + 0,5k_1)$
Vierde orde Runge-Kuttamethode (RK4)	Coach gebruikt de klassieke vierde orde Runge-Kuttamethode: $k_1 = h * f(x_n, y_n)$

$$k_2 = h * f(x_n+0,5h, y_n+0,5k_1)$$

$$k_3 = h * f(x_n+0,5h, y_n+0,5k_2)$$

$$k_4 = h * f(x_n+h, y_n+k_3)$$

$$y_{n+1} = y_n + (k_1 + 2k_2+2k_3+k_4)/6$$

## Simuleren

Met simuleren kan je het effect van één enkele modelparameter op het model bestuderen. Je kunt steeds de waarde van deze parameter wijzigen en het model voor die waarde uitvoeren. Zo zie je wat het effect is van die parameter op het model.

### *Een simulatie gebruiken*

- Rechtsklik in het Modelvenster en kies de optie **Simuleren...**
- Kies een modelparameter uit de keuzelijst.
- Voer een parameterwaarde in in het veld **Waarde** of stel een waarde in met de schuifbalk na aanvinken van de optie **Bereik**.
- Klik op de knop **Uitvoeren** om de grafiek te tekenen van de modelberekening met de zojuist ingestelde waarde voor de gekozen parameter. De nieuwe grafiek heeft een andere kleur en de parameterwaarde wordt getoond langs de linker y-as.

Deze procedure kan je net zo vaak als gewenst herhalen voor andere waarden van de parameter. Een aantal grafieken wordt dan in hetzelfde diagram getekend. Tijdens het simuleren kan het diagram met de grafieken naar het klembord worden gekopieerd of afgedrukt worden (rechtsklikken in diagramvenster). Wordt de simulatiedialoog gesloten, dan wordt de laatste grafiek meegenomen naar het diagram. De andere grafieken gaan verloren.