

# Wat is Systems Engineering?

Regelmatig wordt bij het uitleggen van wat Systems Engineering (ook wel 'SE' genoemd) nu eigenlijk is, gerefereerd aan het feit dat het in de jaren-40 is ontstaan bij Bell Telephone Laboratories, waarna het spoedig door de defensie- en ruimtevaart industrieën is geadopteerd. Ook wordt dan genoemd dat we Systems Engineering gebruiken bij complexe systemen, waarbij het systeem opgedeeld wordt (decomponeren) in hapklare brokken. Tot slot zie je in domeinen waar Systems Engineering nog in de kinderschoenen staat, dat het door organisaties één-op-één wordt geassocieerd met het schrijven van eisen en/of contracteren van nieuwe systemen. Echter, wat Systems Engineering nu werkelijk inhoudt kom je bij die publicaties in Nederland maar zelden<sup>1</sup> tegen.

INCOSE hanteert de volgende definitie van Systems Engineering: **“An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs.”**

Vrij vertaald betreft het een Interdisciplinaire benadering die bijdraagt aan het realiseren van succesvolle systemen. Met Systems Engineering streven we ernaar om niet alleen de technische- maar ook de bedrijfsdoelen van de klanten (belanghebbenden) na te streven, met als doel om een kwaliteitsproduct te bieden dat aan de gebruikersbehoefte voldoet. Treffend hierbij zijn de termen: 'Interdisciplinair', 'succesvolle systemen', 'bedrijfsdoelen' naast de technische doelen en tot slot het in 't oog houden van de 'gebruikersbehoefte'.

Deze INCOSE definitie is de meest recente en beschrijft de doelen van het toepassen van Systems Engineering. SE dient de bedrijfsdoelen en moet leiden tot succesvolle systemen. SE is dus niet alleen een technisch speeltje, maar toepassing ervan heeft effect op de hele organisatie. Het is een wijze van werken én denken. Ter ondersteuning van deze doelen gebruikt INCOSE de processen zoals gedefinieerd in de ISO15288 standaard. Deze zijn globaal onder te verdelen in organisatie brede-, project specifieke- en technische processen. De onderlinge samenhang is in de processen t.b.v. overeenkomsten vastgelegd. Naast de INCOSE definitie bestaan andere definities zoals van de US Department of Defense (DOD). De DOD definitie benoemt de klassieke SE gerelateerde (technische) processen en het iteratieve karakter daarvan. In hoofdlijnen komen deze processen overeen met de in ISO15288 gedefinieerde “Technische processen”.

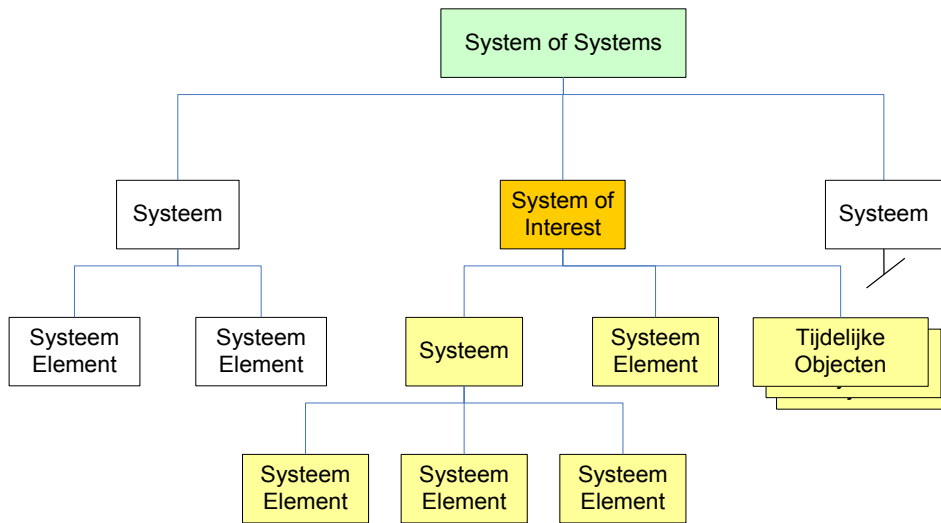
***Systems Engineering is het vinden van de juiste balans tussen Inhoud, Proces en Attitude.***

## Systemen:

De term SE bestaat uit de begrippen 'Systems' en 'Engineering'. Om te beginnen bij de eerste van de twee; SE betreft dus Systemen. Systemen bestaan per definitie uit delen die alleen samen het systeem zijn functie kunnen laten vervullen. Deze delen bestaan op hun beurt uit systemen of niet verder op te splitsen systeem elementen. De onderstaande figuur illustreert de opdeling van systemen (SBS) zoals die binnen INCOSE en in de ISO15288 zijn vastgesteld.

---

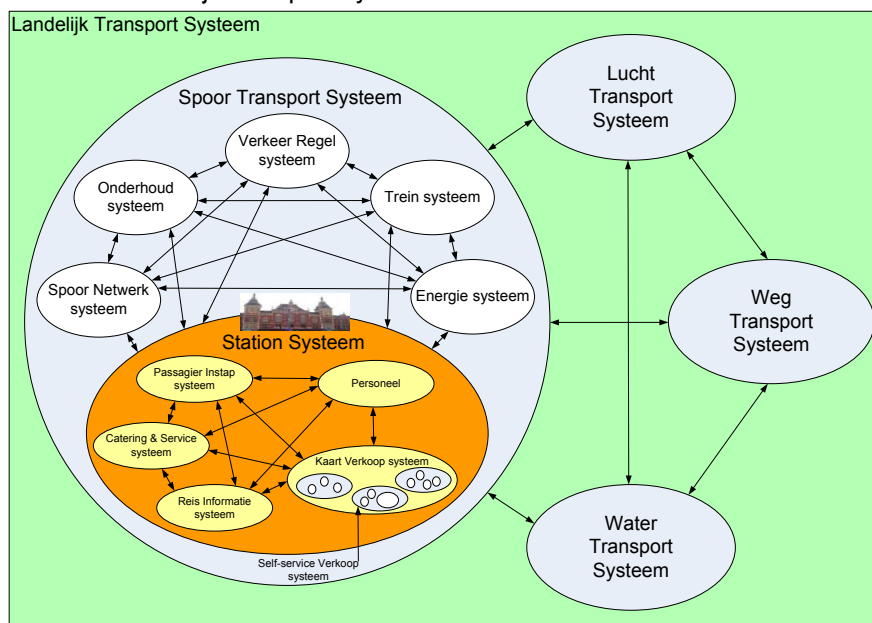
<sup>1</sup> Uitzonderingen hierop zijn o.a. publicaties van universiteiten en internationaal erkende specialisten, maar ook publicaties die gedaan worden in het kader van internationale INCOSE symposia.



Afbeelding 1: Opdeling van systemen (SBS) zoals die binnen INCOSE en in de ISO15288 zijn vastgesteld.

In de bovenstaande figuur is ook sprake van het “System of Interest” (Sol) en het “System of Systems” (SoS). Het Sol benoemt het systeem dat letterlijk onze interesse heeft. Voor een piloot is dat het vliegtuig terwijl voor de luchtverkeersleiding het Sol het luchtverkeersleidingssysteem is, waarbij een vliegtuig een System Element is. Zoals de naam al doet vermoeden zijn tijdelijke objecten die zaken die noodzakelijk zijn om het systeem tot stand te laten komen, maar die daarna geen deel uitmaken van het uiteindelijk operationele systeem.

Als alternatief voor de hiërarchische SBS, illustreert de onderstaande figuur de samenhang tussen de lucht-, weg-, water- en spoortransportsystemen (het SoS: ‘Landelijk transport systeem’), waarbij het spoortransportsysteem op haar beurt uit een aantal systemen bestaat. In deze weergave is het stationsysteem het System of Interest, met de systemen waaruit deze is opgebouwd. Let wel, voor de directeur van de Self-Service verkoopmachine fabrikant is dat systeem het Sol, terwijl voor het ministerie van V&W het landelijk transport systeem het Sol is.

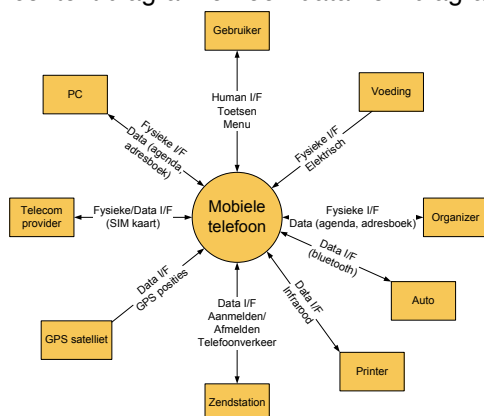


Afbeelding 2: Een alternatieve doorsnede van een systeem, waarin de samenhang tussen systemen is weergegeven.

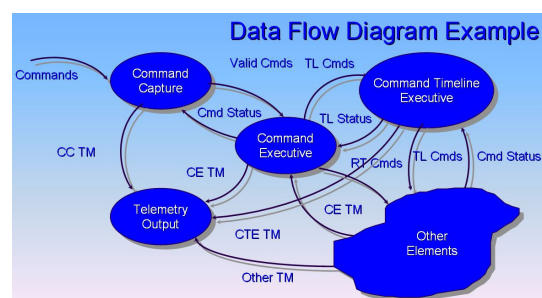
Sinds een aantal jaren groeit binnen INCOSE het besef van de kracht van het System of Systems (SoS). Het SoS beschrijft de samenhang tussen omvangrijke en autonome systemen. N.a.v. de Tsunami van eind 2005 is INCOSE betrokken bij het modelleren van een SoS waarmee m.b.v. diverse waarnemings- en informatiesystemen (satellieten, trilling meters, golfhoogtemeters, communicatiesystemen, etc.) mensen in de toekomst eerder gewaarschuwd kunnen worden over een dreigend Tsunami gevaar. Voor meer informatie hierover, zie het UN project genaamd GEOSS (<http://earthobservations.org/geoss.shtml>).

De bovenstaande uitleg over systemen en de getoonde figuur benoemen de hiërarchische decompositie van systemen. Deze wordt ook wel System Breakdown Structure, of SBS genoemd. Echter, dit is zeker niet de enige wijze van het beschrijven of decomponeren van een systeem. Op de eerste plaats kunnen we een systeem ook opdelen naar aspecten. In tegenstelling tot de technische en fysieke decompositie, zijn aspecten doorsneden van een systeem met betrekking tot b.v. beveiligingsinstallaties of risico's. Deze zaken doorkruisen het complete fysieke systeem. Zo zitten in een tunnel in zowel de civiele constructie als de installaties en de besturing zaken t.a.v. de veiligheid van de weggebruiker verwerkt. Deze aspecten overstijgen dus de verschillende disciplines en fysieke delen van het systeem. Om deze goed te overzien moeten we dus over de schutting van het eigen werkgebied durven, willen en kunnen kijken. Dit is één van de interdisciplinaire aspecten van Systems Engineering. Ten tweede moeten we beseffen dat bij het beschrijven van een systeem, het noodzakelijk is dat gebruikers en belanghebbenden ieder verschillende beelden van een systeem hebben. De ontwerper denkt bij een brug die een pont gaat vervangen, in de fysieke delen, terwijl de architect zich voornamelijk richt op de architectonische aspecten, de weggebruiker denkt in tijdwinst, de wegbeheerder in hoeveelheden verkeer en de noodzakelijke onderhoud, terwijl het ministerie van V&W denkt in ontsluiting van het land aan de beide zijden van de rivier. James Martin heeft zeer goede publicaties geschreven over dit onderwerp. INCOSE leden kunnen deze vrij ophalen via de iPub omgeving op [www.incose.org/ipub](http://www.incose.org/ipub).

Tot slot kan het niet vaak genoeg benadrukt worden dat we systemen op meerdere manieren kunnen modelleren. Naast de SBS kunnen of zelfs moeten we ook gebruik maken van technieken als Tijdweg-diagrammen, Netwerk diagrammen, Functionele diagrammen (FFBD en FAST), "Praat plaatjes", Context diagrammen, operationele scenario's, etc. Hieronder zijn twee voorbeelden gegeven van resp. een context diagram en een data flow diagram.



Afbeelding 3: Een context diagram, met een mobiele telefoon als System of Interest (SoI) en die zaken in de omgeving waar de telefoon een fysiek raakvlak mee heeft.

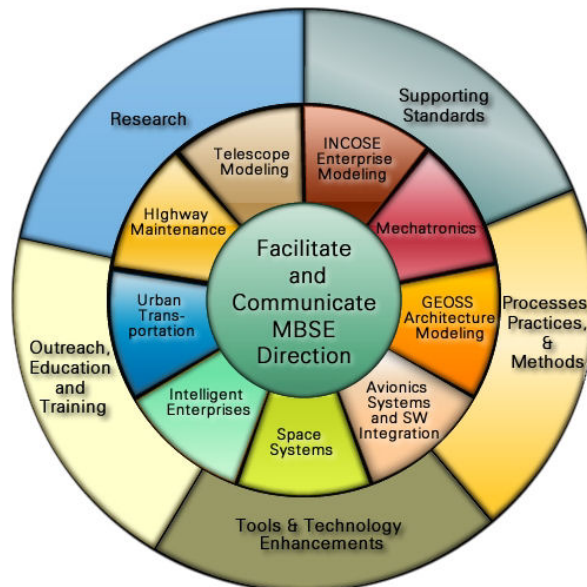


Afbeelding 4: Een data flow diagram toont de informatiestromen tussen de delen van het systeem.

## Engineering:

Ten tweede bestaat het begrip SE uit de term Engineering. Ja, SE wordt toegepast binnen technische systemen waarvoor engineering noodzakelijk is. Let wel, engineering is in dezen de Engelse term die meer omvat dan het ontwerpen of bouwen van systemen. Het gaat om de engineering activiteiten gedurende de complete levenscyclus van het systeem. INCOSE kent vele werkgroepen die zich richten op de inhoud van de diverse aspecten van engineering. Deze werkgroepen betreffen aandachtsgebieden van life-cycle denken, belanghebbenden beheer t/m het toepassen van systems engineering t.b.v. het optimaal gebruik van operationele systemen. Voor een overzicht van die werkgroepen zie [www.incose.org/](http://www.incose.org/).

Een werkgebied dat nu binnen INCOSE veel aandacht krijgt is het modelleren van systemen (Model Based Systems Engineering (MBSE)). Binnen domeinen waar de klassieke SE processen tot de dagelijkse wijze van werken behoren, wordt nu MBSE toegepast om de interne en onderlinge samenhang + gedrag van systemen te modelleren. Deze modellen moeten kunnen worden gebruikt gedurende de complete levenscyclus van het systeem. De onderstaande figuur illustreert de aandachtsvelden van MBSE.



Afbeelding 5: Aandachtsvelden van Model Based Systems Engineering (MBSE).

Ongetwijfeld overbodig om te stellen, Systems Engineering is niet een administratieve en puur proces gerichte aanpak. Om goed SE te kunnen toepassen is inhoudelijke kennis van het specifieke domein onontbeerlijk. De processen, methoden en technieken uit Systems Engineering moeten we daar toepassen waar noodzakelijk. Het gebruik ervan dient bij te dragen aan het beheersen van de onderkende risico's. We dienen ten allen tijde te voorkomen dat we processen toepassen omdat die nu eenmaal in een handboek of leidraad beschreven staan.

## Human Factors:

Hiervoor hebben we Systems Engineering vooral vanuit technisch perspectief beschouwd. Echter, een belangrijke conditie voor goed Systems Engineering is de menselijke component. Kennis en attitude zijn bepalende aspecten hiertoe.

- Met kennis doelen we primair op het begrip van zowel project- & organisatie processen als op de technisch inhoud van een project / systeem. Een goed Systems Engineer heeft vooral brede inhoudelijke kennis en kent de juiste kanalen om verdiepende kennis te rekruteren zodra nodig.
- Attitude betreft de houding van de systems engineer t.a.v. partners en partijen die betrokken zijn bij het project. Systems engineering gaat voor een groot deel om communicatie en daarvoor is een overeenkomstige attitude noodzakelijk. De goede Systems Engineer is nieuwsgierig, doortastend en weet tot het juiste niveau door te vragen om de echte behoefte boven tafel te krijgen.

## Systems Engineering in Nederland:

Ook in Nederland zien we domeinen waar SE al decennia wordt toegepast (Defensie, lucht- en ruimtevaart, consumenten elektronica, etc) en domeinen waar de mogelijkheden van SE nog ontdekt (moeten) worden. We zullen moeten accepteren dat, afhankelijk van de volwassenheid van SE binnen het domein, processen, methoden en technieken als de normaalste zaak van de wereld worden gezien of dat we er nog mee moeten leren werken. In de Nederlandse GWW sector hoor je soms mensen roepen dat alles nog niet efficiënt genoeg en optimaal wordt ingevuld. Echter, we moeten hierbij met de volwassenheid t.a.v. SE in de GWW sector rekening houden. Zo is het voor deze sector nog niet zinvol om diepgaand met MBSE te gaan werken, terwijl basale technieken als goed specificeren, verificatie & validatie nog onder de knie moet worden gekregen. Ter ondersteuning hiervan laat het Capability Maturity Model Integrated (CMMI) van het Carnegie Mellon Institute mooi zien dat we getrapd naar een hogere volwassenheid moeten zien te komen en dat we niet het hoogst haalbare in één keer kunnen realiseren. INCOSE Nederland en de Internationale evenementen als Symposia en de Int'l Workshops bieden het ideale platform om van elkaar te leren bij het verder ontwikkelen van Systems Engineering binnen ons eigen werkveld.

Paul Schreinemakers

## Referenties:

Incose website: [www.incose.org](http://www.incose.org)

iPub omgeving (alleen voor leden): <http://www.incose.org/ProductsPubs/symposia/ipub.aspx>

INCOSE werkgroepen: <http://www.incose.org/practice/techops/>

GEOSS: <http://earthobservations.org/geoss.shtml>

INCOSE handboek v3.1 (alleen voor leden) <https://connect.incose.org/default.aspx>

Leidraad Systems Engineering in de GWW sector: <http://www.leidraadse.nl/>

CMMI: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>

J. Martin, Systems are Imaginary—Systems are Not Real: Some Thoughts on the Nature of Systems Thinking, INCOSE 2007

P.Schreinemakers & E. Elich, The Systems Engineer – a Communicating Saté Skewer, INCOSE 2009

Note: de afbeeldingen uit dit artikel zijn afkomstig van: How2SE BV, INCOSE.org en Wikipedia