

BASISBOEK SYSTEMS ENGINEERING IN DE BOUW

BASISBOEK SYSTEMS ENGINEERING IN DE BOUW

Een methodische totaalaanpak van het bouwproces

ROBIN DE GRAAF

Copyright © 2014 R.S. de Graaf

Alle rechten voorbehouden. Alle auteursrechten en databankrechten ten aanzien van deze uitgave worden uitdrukkelijk voorbehouden. Deze rechten berusten bij de auteur.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen, mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Voorzover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de auteur. Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich te wenden tot de auteur. Ook voor het overnemen van een gedeelte van deze uitgave ten behoeve van commerciële doeleinden dient men zich te wenden tot de auteur.

Hoewel dit boek met veel zorg is samengesteld, kan voor de afwezigheid van eventuele (druk)fouten en onvolledigheden niet worden ingestaan en aanvaarden de auteur en uitgever deswege geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventueel voorkomende fouten en onvolledigheden.

Auteur email: robin@seindebouw.nl

WOORD VOORAF

Ik ben verschillende mensen zeer erkentelijk voor het becommentariëren van eerdere concepten van dit boek en voor het aanleveren van praktijkmateriaal. Hun waardevolle bijdrage was heel belangrijk voor de totstandkoming van de uiteindelijke versie. Mochten er onverhoopt zaken vergeten zijn of onjuist weergegeven, dan is dat vanzelfsprekend mijn verantwoordelijkheid en treft mijn medelezers geen enkele blaam. Ik wil graag de volgende mensen bedanken: Ron Beem, Marc van den Berg, Michel Boer, Tonny Boerkamp, John Brand, Nan Eelman, Mark Janssen, Willem Kalshoven, Evelien Klasens, Joyce Kloosterman, Gerton Mekkelholt, Jeroen Meijs, Jesse Mom, Shala Moafian, Thomas Munster, Geert Nijhoff, Sophie Roesthuis, Giny Steggink, Pieter Smit, Dick Stor, Laurens van Stralen, Janet Tabak, Ton den Toom, Karel Veenvliet, Marcel van de Ven, Arjan Visser, Lucien Vogels, Herwin Voortman, Frits Willems en George de Witte. Ook de Stichting Pioneering wil ik bedanken voor het bieden van een platform voor kennisuitwisseling. Het is een bron geweest voor veel praktijkvoorbeelden in dit boek.

Robin de Graaf
November 2014

INHOUDSOPGAVE

i	BASISPRINCIPES VAN SYSTEMS ENGINEERING	5
1	DE ESSENTIE VAN SYSTEMS ENGINEERING	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Definities van Systems Engineering	7
1.3	Basiskenmerken van Systems Engineering	9
1.4	Systeemdenken	9
1.5	Stakeholdergerichte aanpak	11
1.6	Scheiden van specificeren en ontwerpen	12
1.7	Levenscyclusbenadering	14
1.8	Uitvoeringsgericht	15
1.9	Transparante processen	17
1.10	Verificatie	20
1.11	Validatie	22
1.12	Samenvatting	25
1.13	Vragen	26
2	MEERWAARDE VAN SYSTEMS ENGINEERING	27
2.1	Inleiding	27
2.2	Herontwerpen verminderen	27
2.3	Beter voldoen aan belangen	28
2.4	Weerstand verminderen	28
2.5	Meerwerk reduceren	29
2.6	Faalkosten verminderen	30
2.7	Transparanter werken	31
2.8	Ruimte bieden voor kerntaken	31
2.9	Kiezen voor Systems Engineering	32
2.10	Samenvatting	34
2.11	Vragen	35
3	HET SYSTEMS ENGINEERING PROCESMODEL	37
3.1	Inleiding	37
3.2	De werking van Systems Engineering	37
3.3	Het Systems Engineering procesmodel	38
3.4	Het V-model	38
3.5	Samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer	42
3.6	Samenvatting	45
3.7	Vragen	45

ii	PROJECTVOORBEREIDING	47	
4	BRENG DE PROJECTOMGEVING IN KAART	49	
	4.1 Context	49	
	4.2 Systeendenken	49	
	4.3 Activiteiten	54	
	4.4 Activiteit 1: Formuleer ambitie en doelstellingen		55
	4.5 Activiteit 2: Stel het systeem vast	55	
	4.6 Activiteit 3: Analyseer de omgeving	56	
	4.7 Activiteit 4: Bepaal de wisselwerkingen	57	
	4.8 Activiteit 5: Documenteer en controleer	59	
	4.9 Verantwoordelijkheden	60	
	4.10 Aandachtspunten	60	
	4.11 Checklist	61	
	4.12 Samenvatting	61	
	4.13 Vragen	62	
5	VOER EEN STAKEHOLDERANALYSE UIT	63	
	5.1 Context	63	
	5.2 Activiteit 1: Inventariseer de stakeholders	63	
	5.3 Activiteit 2: Bepaal de positie van de stakeholders		67
	5.4 Activiteit 3: Betrek stakeholders	69	
	5.5 Activiteit 4: Documenteer en controleer	71	
	5.6 Verantwoordelijkheden	71	
	5.7 Aandachtspunten	71	
	5.8 Checklist	72	
	5.9 Samenvatting	72	
	5.10 Vragen	72	
iii	EISENANALYSE	73	
6	INVENTARISEER STAKEHOLDEREISEN	75	
	6.1 Context	75	
	6.2 Activiteit 1: Breng eisen en wensen in kaart		75
	6.3 Activiteit 2: Documenteer en controleer	83	
	6.4 Verantwoordelijkheden	84	
	6.5 Aandachtspunten	84	
	6.6 Checklist	86	
	6.7 Samenvatting	86	
	6.8 Vragen	86	
7	INVENTARISEER OVERIGE EISEN	87	
	7.1 Context	87	
	7.2 Activiteit 1: Inventariseer overige eisen	87	
	7.3 Activiteit 2: Documenteer en controleer	91	

7.4	Verantwoordelijkheden	91
7.5	Aandachtspunten	91
7.6	Checklist	92
7.7	Samenvatting	92
7.8	Vragen	92
8	MAAK HET PROGRAMMA VAN EISEN	95
8.1	Context	95
8.2	Activiteit 1: Maak eisen oplossingsvrij	96
8.3	Activiteit 2: Maak eisen SMART	98
8.4	Activiteit 3: Prioriteer eisen	103
8.5	Activiteit 4: Zet de eisen in het PvE	104
8.6	Activiteit 5: Controleer het PvE	108
8.7	Verantwoordelijkheden	110
8.8	Aandachtspunten	110
8.9	Checklist	111
8.10	Samenvatting	111
8.11	Vragen	111
iv	FUNCTIONELE ANALYSE EN ALLOCATIE	113
9	BEPAAAL DE FUNCTIONALITEIT VAN HET SYSTEEM	115
9.1	Context	115
9.2	Activiteit 1: Bepaal de taak	119
9.3	Activiteit 2: Bepaal de functies	119
9.4	Activiteit 3: Verdeel functies	120
9.5	Activiteit 4: Bepaal de primaire basisfuncties	121
9.6	Activiteit 5: Orden de overige functies	121
9.7	Activiteit 6: Leg functies vast in een helder schema	123
9.8	Activiteit 7: Controleer	126
9.9	Eisenloop	126
9.10	Verantwoordelijkheden	127
9.11	Aandachtspunten	128
9.12	Checklist	128
9.13	Samenvatting	128
9.14	Vragen	129
10	MAAK DE OBJECTENBOOM	131
10.1	Context	131
10.2	Activiteit 1: Koppel functies aan objecten	133
10.3	Activiteit 2: Maak de objectenboom	137
10.4	Activiteit 3: Controleer	139
10.5	Verantwoordelijkheden	139
10.6	Aandachtspunten	140

10.7	Checklist	140
10.8	Samenvatting	141
10.9	Vragen	141
V	MAAK HET ONTWERP	143
11	ONTWERP HET SYSTEEM	145
11.1	Context	145
11.2	Activiteit 1: Definieer evaluatiecriteria	146
11.3	Activiteit 2: Bedenk ontwerpalternatieven	149
11.4	Activiteit 3: Kies het beste ontwerpalternatief	153
11.5	Activiteit 4: Review het ontwerpalternatief	157
11.6	Activiteit 5: Documenteer en controleer	158
11.7	Ontwerploep	158
11.8	Ontwerpproducten	158
11.9	Verantwoordelijkheden	164
11.10	Aandachtspunten	165
11.11	Checklist	165
11.12	Samenvatting	165
11.13	Vragen	166
vi	VERIFICATIE EN VALIDATIE	167
12	VERIFICATIE EN VALIDATIE	169
12.1	Context	169
12.2	Activiteit 1: Maak een verificatiematrix	171
12.3	Activiteit 2: Bepaal de verificatiemomenten	172
12.4	Activiteit 3: Bepaal de verificatieverantwoordelijken	172
12.5	Activiteit 4: Bepaal de verificatiemethodes	174
12.6	Activiteit 5: Verifieer	176
12.7	Activiteit 6: Valideer	176
12.8	Verantwoordelijkheden	176
12.9	Aandachtspunten	178
12.10	Checklist	179
12.11	Samenvatting	179
12.12	Vragen	180
vii	UITVOERING	181
13	INTEGRATIE	183
13.1	Context	183
13.2	Activiteiten	183
13.3	Verantwoordelijkheden	184
13.4	Checklist	185
13.5	Samenvatting	185

13.6	Vragen	185	
14	UITVOERINGVERIFICATIE		187
14.1	Context	187	
14.2	Activiteiten	187	
14.3	Aandachtspunten	191	
14.4	Verantwoordelijkheden	192	
14.5	Checklist	192	
14.6	Samenvatting	193	
14.7	Vragen	193	
15	INGEBRUIKNAME	195	
15.1	Context	195	
15.2	Activiteiten	195	
15.3	Verantwoordelijkheden	196	
15.4	Checklist	196	
15.5	Samenvatting	197	
15.6	Vragen	197	
16	VALIDATIE	199	
16.1	Context	199	
16.2	Activiteiten	199	
16.3	Verantwoordelijkheden	200	
16.4	Checklist	200	
16.5	Samenvatting	201	
16.6	Vragen	201	
17	VOORBEELDCASUS	203	
17.1	De casus	203	
17.2	Meer lesmateriaal	203	
	REFERENTIES	205	
	Verklarende woordenlijst	207	

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1	Specificeren en ontwerpen	14	
Figuur 2	Het verschil tussen verificatie en validatie	24	
Figuur 3	Veel of weinig SE toepassen?	33	
Figuur 4	Het SE procesmodel	37	
Figuur 5	Het V-model	39	
Figuur 6	Overdrachtmomenten in het V-model	44	
Figuur 7	Kenmerken van een systeem	50	
Figuur 8	Een systeem als glassbox en blackbox	54	
Figuur 9	Voorbeeld van een systeemdiagram	60	
Figuur 10	Macht-Belang diagram	68	
Figuur 11	Communicatiestrategie	69	
Figuur 12	De eisenanalyse in het SE procesmodel	73	
Figuur 13	De basisstructuur van een key-driver schema	82	
Figuur 14	Key-driver schema voor een autoweg	83	
Figuur 15	De drie dimensies van eisenmanagement	109	
Figuur 16	De functionele analyse in het SE procesmodel	113	
Figuur 17	Structuur van een FAST diagram	116	
Figuur 18	FAST van een omleidingsroute	124	
Figuur 19	Het principe van allocatie	131	
Figuur 20	Vertakkingen van functies en objecten	132	
Figuur 21	Alternatieven voor functiekoppeling	133	
Figuur 22	Voorbeelden van designratio's	134	
Figuur 23	Effect van designratio <i>compact bouwen</i>	136	
Figuur 24	Effect van designratio <i>flexibiliteit</i>	137	
Figuur 25	Objecten als mini-projecten	138	
Figuur 26	De ontwerpstep in het SE procesmodel	143	
Figuur 27	Voorbeeld van een voorontwerp	160	
Figuur 28	Voorbeeld van een definitief ontwerp	161	
Figuur 29	Voorbeeld van een technisch ontwerp	163	
Figuur 30	Voorbeeld van een deel van een werktekening	164	
Figuur 31	Verificatie en validatie in het SE procesmodel	167	
Figuur 32	Integratie in de praktijk	184	

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1	Meetbaar maken van eisen	101
Tabel 2	Het PvE in SE stijl	106
Tabel 3	Bouwgerelateerde werkwoorden	117
Tabel 4	Bouwgerelateerde zelfstandige naamwoorden	117
Tabel 5	Actieve en passieve functies	126
Tabel 6	Requirements Allocation Sheet	127
Tabel 7	RAS met objecten	139
Tabel 8	MCA: Het wegen van de criteria	155
Tabel 9	MCA: Het afwegen van alternatieven	157
Tabel 10	PvE basisstructuur aangevuld met verificatie	173
Tabel 11	Voorbeeld van een deels ingevulde verificatiematrix	177

AFKORTINGEN

GW	Grond-, Weg- en Waterbouw
B&U	Burgerlijke en Utiliteitsbouw
SE	Systems Engineering
VO	Voorontwerp
DO	Definitief Ontwerp
TO	Technisch Ontwerp
MCA	Multi Criteria Analyse
RAS	Requirements Allocation Sheet
SOI	System of Interest
PvE	Programma van Eisen
SMART	Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch, Tijdgebonden
MFA	Multifunctionele Accomodatie
FAST	Functional Analysis Systems Technique
SEP	Systems Engineering Plan
KES	Klant Eisen Specificatie
CRS	Customer Requirements Specification
SBS	System Breakdown Structure
SRS	System Requirements Specification
WBS	Work Breakdown Structure
BOM	Bill of Material

INTRODUCTIE

Het ontwikkelen van gebouwen, woningen, civiele werken en andere objecten, is een ingewikkelde en complexe aangelegenheid die zich maar moeilijk laat sturen en beheersen. Er spelen vaak grote belangen, de benodigde kennis is verspreid over verschillende partijen, diverse disciplines moeten samenwerken en het gaat vaak om veel geld.

Om bouwprojecten succesvol te kunnen opstarten, ontwerpen, bouwen en beheren, is een goede samenwerking tussen de betrokken partijen van groot belang. Vanuit veel organisaties is er dan ook vraag naar methodieken om het ontwikkelproces te structureren, de inzet van middelen te beheersen en de samenwerking tussen de verschillende partijen te coördineren en aan te sturen. Systems Engineering (SE) is een methodiek die tegemoet kan komen aan deze vraag.

SE is een bouwprocesmethodiek om projecten op een gestructureerde wijze te definiëren, te ontwerpen en te bouwen zodat ze aansluiten op de behoeften van de opdrachtgevers, gebruikers en andere relevante partijen.

ACHTERGROND VAN SYSTEMS ENGINEERING

SE is een beproefde methodiek die ontwikkeld is in de Verenigde Staten. Eerst in de telefoniesector, maar later ook in de ICT, defensie-industrie en de bouwsector. Ook in Nederland is de aandacht voor SE de laatste tien jaar sterk toegenomen. Vooral in de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) is een omslag te zien van een traditionele aanpak van projecten naar een op SE gebaseerde aanpak.

Deze omslag wordt sterk beïnvloed door de twee grote opdrachtgevers in de GWW: ProRail en Rijkswaterstaat. Beide organisaties stellen SE verplicht voor al hun projecten met als gevolg dat partijen in de bouwsector de principes van SE moeten kunnen toepassen. Dit heeft de kennisontwikkeling rondom de methodiek een forse impuls gegeven. Zo hebben Rijkswaterstaat en ProRail in nauwe samenwerking met Bouwend Nederland en ONRI gezamenlijk de *Leidraad Systems Engineering* geschreven (ProRail *et al.* 2007). Deze leidraad vormt een basis om op een vergelijkbare manier te werk te gaan wanneer partijen kiezen om te werken met Systems Engineering. De leidraad wordt nog steeds verder doorontwikkeld en op dit moment is versie 3.0 de nieuwste versie (ProRail *et al.* 2013).

TOENEMENDE AANDACHT VOOR SYSTEMS ENGINEERING

Vanwege de kennis die al is opgedaan in de GWW en gezien de resultaten in andere sectoren, komt SE ook in de woning- en utiliteitsbouw steeds meer in de belangstelling te staan. Opdrachtgevers en opdrachtnemers zien de kansen die de methode biedt om projecten beter te structureren en te beheersen en daarmee de kosten te verlagen, de kwaliteit te verhogen en de ontwikkeltijd te verkorten.

Ook binnen het onderwijs en het onderzoek krijgt SE steeds meer aandacht. Op Nederlandse universiteiten wint onderzoek naar SE aan terrein en ook op de HBO bouwkunde en civiele techniek opleidingen wordt SE in toenemende mate gedoceerd.

WAAROM DIT BOEK?

De auteur heeft dit basisboek over SE geschreven omdat er vanuit de bouwsector een toenemende vraag is naar werknemers die kennis hebben van SE. Er is echter nog geen studieboek beschikbaar waarin de principes van SE worden uitgelegd. Wanneer belangstellenden op zoek gaan naar kennis om SE toe te passen of te doceren, blijkt dat deze kennis zeer gefragmenteerd is.

Boeken over de methode zijn schaars en een bijkomend probleem is dat de meeste boeken in het Engels zijn geschreven en gaan over andere sectoren, zoals de ICT, elektronica, of de vliegtuigbouw (Blanchard en Fabrycky 2010, Martin 1996, DoD 2001). Daardoor staan ze ver af van de dagelijkse bouwpraktijk. Daarom heeft de auteur, zelf docent, dit boek geschreven voor gebruik in het onderwijs. Het boek is op dit moment het eerste en enige Nederlandstalige studieboek over SE.

DOEL EN DOELGROEP

Het doel van het boek is om de kennis van SE op een praktische en effectieve manier over te brengen op studenten die bouwkundige en civieltechnische opleidingen volgen. Het boek geeft daarvoor inzicht in de essentie van SE en de mogelijkheden om de methode toe te passen in de praktijk. Het boek geeft studenten een beeld hoe SE werkt en hoe zij het zouden kunnen gebruiken in hun toekomstige werkveld.

Daarnaast kan het boek ook gebruikt worden door opdrachtgevers zoals woningbouwcorporaties, gemeenten en besturen van stichtingen. Voor deze groep zou het boek voldoende beeld moeten geven om te overwegen om SE, of delen ervan, in te voeren in de bedrijfsvoering.

Voor opdrachtnemers is het boek ook interessant. Zij kunnen het boek gebruiken om in te schatten wat het effect op hun bedrijfsvoering is indien opdrachtge-

vers besluiten SE te gaan gebruiken. Het boek kan de opdrachtnemer daardoor helpen om een standpunt te bepalen over SE.

HOE IS HET BOEK OPGEZET?

Dit boek is opgebouwd uit meerdere delen die met elkaar samenhangen. In het eerste deel wordt de essentie van SE behandeld en worden de redenen besproken waarom SE steeds belangrijker wordt voor bouwprojecten. Dit deel schetst een beeld van de dagelijkse bouwpraktijk en de uitdagingen waarmee de bouw zich geconfronteerd ziet op de korte en langere termijn. Het eindigt met een overzicht van het SE procesmodel. Dit model biedt de lezer op een beknopte wijze inzicht in alle stappen die doorlopen moeten worden voor een goede toepassing van de methodiek.

De overige delen beschrijven vervolgens hoe SE kan worden toegepast in bouwprojecten. Dit wordt gedaan in de vorm van een concreet stappenplan. In ieder deel komen de belangrijkste SE stappen aan bod en voorbeelden verduidelijken de toepassing van de theorie in praktijksituaties. Na het bestuderen van dit boek en het maken van de opgaven, is de lezer in staat om de principes van SE in de praktijk te brengen.

Tot slot hoort bij dit boek een website. Hierop staat een concreet praktijkvoorbeeld uitgewerkt. In het voorbeeld worden alle SE stappen uit het boek van begin tot eind toegepast op de ontwikkeling van een personeelskantine op een groot park. Het voorbeeld biedt daarmee een totaaloverzicht van alle SE stappen in actie. Tevens staat op deze website materiaal voor gebruik in het onderwijs, zoals lesplannen, powerpointsheets, antwoorden op de vragen uit het boek en voorbeeldtentamens met uitwerkingen. Het voorbeeld en het lesmateriaal zijn gratis te downloaden.

De website is te vinden op: www.seindebouw.nl

Deel I

BASISPRINCIPES VAN SYSTEMS ENGINEERING

In dit deel worden de essentie en de meerwaarde van Systems Engineering beschreven. Tevens wordt omschreven hoe een Systems Engineering ontwikkelingsproces eruit ziet. Dit deel is als volgt opgezet:

- Essentie van Systems Engineering (H1)
- De meerwaarde van Systems Engineering (H2)
- Het Systems Engineering ontwikkelingsproces (H3)

DE ESSENTIE VAN SYSTEMS ENGINEERING

1.1 INLEIDING

Bouwprojecten worden steeds complexer. Technologische ontwikkelingen gaan steeds sneller, er zijn steeds meer disciplines nodig om bouwprojecten te ontwikkelen en middelen worden steeds schaarser. En dat terwijl de ambities steeds hoger worden en er steeds meer behoefte is aan betrouwbare en betaalbare gebouwen, woningen en civiele werken die perfect aansluiten op de wensen van opdrachtgevers, gebruikers en de maatschappij.

In deze situatie waarbij middelen schaars zijn, ambities hoog en projecten complex, is er meer dan ooit behoefte aan methodieken om het bouwproces bestuurbaar en beheersbaar te houden. Eén van de mogelijkheden waarmee dat kan is door het bouwproces met Systems Engineering (SE) uit te voeren. Dit hoofdstuk gaat in op de essentie en kenmerken van SE.

1.2 DEFINITIES VAN SYSTEMS ENGINEERING

Er zijn veel definities voor SE en iedere bedrijfstak hanteert haar eigen omschrijving van de methodiek. Dit boek sluit aan bij de definitie van INCOSE. INCOSE staat voor de *International Council on Systems Engineering* en is een non-profit organisatie welke is opgericht in de Verenigde Staten. Het is één van de organisaties met een gevestigde reputatie op het gebied van SE (INCOSE 2011).

Sinds 1996 is ook een Nederlandse afdeling actief: INCOSE-NL. Beide organisaties werken nauw samen en vormen een professioneel platform voor SE. INCOSE ziet het als haar taak om SE verder te ontwikkelen en opgedane kennis uit te dragen. De definitie die INCOSE voor SE hanteert is de volgende:

"An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. SE considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs."

De termen uit deze definitie worden in de volgende paragrafen toegelicht.

1.2.1 *Systems*

SE is erop gericht om systemen te ontwikkelen. Een systeem is een verzameling van entiteiten, met de verzameling relaties die onderling tussen de entiteiten bestaan (Kramer en De Smit 1997). Een entiteit is een onderdeel van het systeem en wordt ook wel element of component genoemd. We noemen iets dus een systeem als het bestaat uit onderdelen die met elkaar samenhangen. Een systeem kan van alles zijn zoals een woning, een weg, een computersysteem, een stad, een vliegtuig, enzovoort. SE is bruikbaar voor alle projecten waarbij een systeem ontworpen moet worden.

1.2.2 *Interdisciplinary approach*

SE is een interdisciplinaire benadering. Met een discipline wordt een vakgebied bedoeld. Interdisciplinair betekent dat mensen uit meerdere vakgebieden zoals bouwkunde en installatietechniek moeten samenwerken om een project tot een succes te maken. Te denken valt aan samenwerking tussen aannemers, engineers, ontwerpers, installateurs en andere partijen. In een interdisciplinaire aanpak wordt vaak in teams aan een opdracht gewerkt.

1.2.3 *Business needs and technical needs*

Met de *business needs and technical needs* uit de definitie wordt bedoeld dat niet alleen de technische aspecten van het project belangrijk zijn, zoals de constructie en de installaties, maar ook de bedrijfsdoelen die een organisatie met het project wil bereiken. Bedrijfsdoelen kunnen bijvoorbeeld zijn om geld te verdienen aan een project, of om maatschappelijke doelstellingen te realiseren. Een project staat dus niet op zichzelf maar is een middel om bedrijfsdoelen te realiseren. SE kijkt zowel naar de technische als de bedrijfsdoelen.

1.2.4 *Meet user needs*

Met *meet user needs* wordt bedoeld dat SE veel aandacht heeft voor wat opdrachtgevers, gebruikers en andere belanghebbenden willen. Een *gebruiker* wordt hier dus opgevat in de brede zin van het woord, namelijk niet alleen de directe gebruiker, maar ook andere stakeholders. Het betekent tevens dat er wordt meegedacht met de stakeholders. Dit houdt meer in dan alleen datgene bouwen wat in het contract, programma van eisen, of een specificatie staat. Het gaat erom dat vanuit het beoogde gebruik wordt gedacht, ook als dit niet concreet is vastgelegd.

1.3 BASISKENMERKEN VAN SYSTEMS ENGINEERING

Afgezien van de definitie van SE geven ook de basiskenmerken van SE goed weer wat de methodiek inhoudt. Deze basiskenmerken worden besproken in de volgende paragrafen. De kenmerken zijn achtereenvolgens:

- Systeemdenken;
- Stakeholdergerichte aanpak;
- Scheiden van specificeren en ontwerpen;
- Levenscyclusbenadering;
- Uitvoeringsgericht;
- Transparante processen;
- Verificatie;
- Validatie.

1.4 SYSTEEMDENKEN

SE maakt gebruik van het systeemdenken. Met systeemdenken wordt een benadering bedoeld die ervan uitgaat dat alles met alles samenhangt; veranderingen in het ene systeem leiden tot veranderingen in het andere systeem. Systeemdenken probeert het gedrag van systemen te beschrijven en te begrijpen. Binnen het systeemdenken wordt zowel naar het grotere geheel gekeken als naar de verschillende onderdelen. De uitspraak "*Het geheel is meer dan de som der delen*" is een uitspraak vanuit het systeemdenken.

1.4.1 *Systeem*

Een systeem is eerder gedefinieerd als: "*Een verzameling van entiteiten, met een verzameling relaties die onderling tussen de entiteiten bestaan*" (Kramer en De Smit 1997). We noemen iets dus een systeem als het bestaat uit onderdelen die met elkaar samenhangen. Bijvoorbeeld, de *onderdelen* toilet, badkamer, woonkamer, slaapkamer en keuken vormen samen het *systeem* appartement. Maar het appartement is zelf weer onderdeel van het systeem appartementencomplex en dat appartementencomplex is weer een onderdeel van het systeem wijk. Andersom is ook te zeggen dat de badkamer als een systeem gezien kan worden dat zelf ook weer uit onderdelen bestaat zoals de douche en de wasbak. De douche bestaat vervolgens ook weer uit allerlei onderdelen.